

NAUKA MULARSTWA.

NAUKA
MULARSTWA.

OPRACOWAŁ

JAKÓB HEILPERN,
Inżynier.

Wydawnictwo Zgromadzenia Mularzy w Warszawie.

Tom I.

CZĘŚĆ DRUGA.

Materyały mularskie.

Z 148 drzeworytami w tekście.

WARSZAWA.

Skład główny w księgarni Gebethnera i Wolffa.

1896.

i 2. 2527



~~B.1516~~

Дозволено Цензурою. Варшава, 19 Октября 1895 года.



№.143

Druk Rubieszewskiego i Wrotnowskiego, w Warszawie, Nowy-Świat, 3-1.

BZ07PK/010-03

SPIS PRZEDMIOTÓW.

Dział II. Materiały mularskie.

Str.

Wstęp. Materiały budowlane. Stacje doświadczalne. Klasyfikacja materiałów budowlanych	3
Rozdział I. Kamienie rodzime (naturalne) i ziemie (str. 7—177).	
Wiadomości wstępne. Kamienie rodzime (naturalne) jako materiały budowlane; ich zalety i własności zasadnicze	7
Skład chemiczny kamieni rodzimych	8
Skład mineralogiczny skał	9
Budowa wewnętrzna czyli złożenie skał	19
Pochodzenie skał	21
Rozdzielenie skał	22
Przekształcanie się skał	23
Formacje czyli utwory	23
Skały występujące w Królestwie Polskiem i prowincjach ościennych	27
Klasyfikacja kamieni budowlanych rodzimych (naturalnych)	28
I. Skały wybuchowe	28
Skały wybuchowe dawniejsze (plutoniczne) i nowsze (wulkaniczne)	28
1) Granit	28
2) Syenit	36
3) Zieleńce (zielonoskały): dyoryt, dyabaz, gabbro (eufotydy), wężowiec (serpentyt)	38
4) Porfiry: porfir felzytowy, porfiryt, melafir (porfir czarny)	41
5) Skały trachytowe: trachyt właściwy, dźwiękowiec (fonolit), obsydan, pumeks, perłowiec (perlit)	45

	<i>Str.</i>
6) Skały pyroksenowe: doleryt (szaroskał), bazalt (słupień) . . .	46
7) Lawa	49
II. Skały przeobrażone czyli metamorficzne (tępki krystaliczne)	50
1) Gnejs	50
2) Krzemieńce (krzemienioskały, kwarcyty): skała kwarcowa (kwarcyt właściwy), itakolumit (kwarc giętki), łupek krzemienny, rogowiec (zanokcica, zanokcień), jaspis, kwarcyt wód słodkich (kamień młyński, kwarc dziurkowaty, spróchniały)	52
3) Granulit (leptynit, bielec, białoskał)	53
4) Łupek łuszczkowy (mikowy)	54
5) Łupek łojkowy (talkowy, magnezyowy)	55
6) Łupek zielonkowy (chlorytowy)	55
7) Łupek amfibolowy (hornblendowy) i skała amfibolowa (skała hornblendowa, amfibolit)	56
8) Łupek gliniany pierwotny i fyllad (fyllit)	56
III. Skały osadowe	57
1) Łupek gliniany	57
2) Wapienie	61
Wapień krystaliczny (ziarnisty) czyli marmur biały.	62
Wapień zbity (pospolity)	64
Wapień przejściowy (szarowakowy)	65
Wapień węglowy (górski)	66
Cechstein (wapień permski czyli peneński)	67
Wapień muszlowy	67
Wapień kajprowy	70
Wapień liasowy (czarny)	70
Wapień ikrowcowy (oolitowy) czyli ikrowiec (oolit); grochowiec (pizolit)	71
Wapień jurajski biały; kamień litograficzny	72
Wapienie alpejskie	75
Kreda; opoka	75
Grubowapień (wapień piaszczysty, wapień wód słodkich, wapień jeziorny)	78
Wapień krzemionkowy (marmur granitowy)	80
Wapień ślimakowy	80
Uwagi ogólne o wapieniach	80
Marmury barwne	81
3) Margle (skorupisze)	86
4) Dolomity	89
5) Gips; bezwodyn (anhydryt)	92
6) Piaskowiec	95
Spoiwo piaskowców. Piaskowce krzemieniste, żelaziste, wapniste, gliniaste, marglowe, bitumiczne	95

	<i>Str.</i>
Waka szara (szarowaka, szarogłaz, tromat)	98
Piaskowiec węglowy	99
Piaskowiec czerwony nowszy	100
Piaskowiec pstry	101
Piaskowiec kajprowy	102
Piaskowiec jurajski	104
Piaskowiec kredowy	105
Piaskowce formacyj trzeciorzędowych	107
Uwagi ogólne o piaskowcach	110
IV. Zlepienie (konglomeraty), okrucowce czyli druzgoty (brekcyje) i martwice (tufy)	112
1) Okrucowce gnejsowe i zlepieniec szarowakowy	113
2) Zlepieniec czerwony	114
3) Zlepieniec kwarcowe i okrucowce kwarcytowe	114
4) Zlepieniec zieleńcowe, okrucowce zieleńcowe i martwice zieleńcowe	115
5) Zlepieniec porfirowe, okrucowce porfirowe i martwice porfirowe	116
6) Zlepieniec trachytowe, okrucowce trachytowe i martwice trachytowe	116
7) Tras	119
8) Zlepieniec bazaltowe, okrucowce bazaltowe i martwice bazaltowe	120
9) Zlepieniec wapienne, okrucowce wapienne i martwice wapienne	121
10) Gomfolit czyli nagelflu (rumolep różnorodny)	124
V. Kamienie odosobnione i ziemie	124
1) Kamienie narzutowe czyli polne (głazy naniesione, błędne czyli erratyczne, kamienie dzikie)	124
2) Żwir i piasek	127
3) Martwica krzemionkowa (okrzemkówka, ziemia wymoczkowa, ziemia dyatomeowa, mąka skalna)	132
4) Glina	133
Glina porcelanowa (kaolin)	134
Gliny plastyczne (ciągliwe)	134
Glina fajkowa	135
Glina ogniotrwała	135
Glina łupkowa (łupek węglowy); il łupkowy (łupek ilasty, iłołupek); il gliniasty	136
Glina garncarska	137
Gliny ceglarskie	137
Glina margłowa; tegel	138
Glina piaszczysto-wapienna (mamutowa) czyli loss	138
Glina piaszczysta; szluf i szlik	139

	<i>Str.</i>
Ogólne własności fizyczne glin	139
Własności chemiczne gliny	141
Zastosowania gliny	143
5) Ziemia	143
Własności ogólne kamieni rodzimych	144
1) Wytrzymałość	144
Wytrzymałość na ściskanie	145
Zależność wytrzymałości od składu mineralogiczne- go i porowatości	145
Zależność wytrzymałości od wymiarów, kształtu i sposobu obróbienia	146
Spostrzeżenia nad zależnością wytrzymałości od cię- żaru właściwego, twardości i barwy	147
Klasyfikacja kamieni rodzimych oparta na ich wy- trzymałości	147
Próba wytrzymałości na ściskanie	148
Wytrzymałość na rozciąganie	150
Wytrzymałość na wyginanie	151
Wytrzymałość na przesuwanie (ścinięcie)	151
Obciążenie bezpieczne	151
Współczynniki sprężystości	151
2) Trwałość. Odporność skał na działania chemiczne i mecha- niczne czynników atmosferycznych	152
Wpływ zmian temperatury	153
Wpływ mrozu	154
Wpływ klimatu	156
Działanie mechaniczne wody	156
Wietrzenie	156
Wpływ wilgoci skalnej	158
Wpływ roślinności na trwałość kamieni	159
Trwałość różnych skał	160
Próba trwałości. Uwagi ogólne. Próba przez zamrażanie bezpośrednie. Próby stosowane przez Böhme'go. Próby przez zamrażanie sztuczne. Próba zalecona przez prze- pisy departamentu dróg żelaznych w Rosyi. Próby za- lecone przez Brard'a, Tetmajer'a, Hauenschild'a i Braun'a	161
Sposoby zwiększania trwałości	164
Szlifowanie. Polerowanie. Powłoki z kitu kamienne- go, smoły, asfaltu i t. p. Malowanie farbą olejną. Licowanie. Pokrywanie blachą cynkową. Uwagi ogólne o powłokach	164
Sylikatyzacja	165
Barytowanie	166
Paratinowanie	166
Fluatacja	166

	Str.
Inne sposoby	167*)
3) Twardość. Miara twardości. Skala Mohs'a. Twardość różnych skał. Zużywanie. Próba twardości i zużywania . . .	167
4) Porowatość. Współczynnik porowatości. Współczynnik przepuszczalności. Kamienie rodzime jako dobre i złe przewodniki ciepła.	169
5) Ogniotrwałość	170
6) Barwa	170
Rozdrabnianie kamieni rodzimych	171
Rozsadzanie kamieni za pomocą ognia	171
Rozsadzanie za pomocą ładunku wapna	172
Rozsadzanie prochem	172
Rozsadzanie za pomocą klinów	172
Obrabianie kamieni rodzimych	173
Dostawa i zastosowania kamieni rodzimych	175
Dostawa i miary handlowe kamieni rodzimych	175
Zastosowania kamieni rodzimych. Osadzanie w murze kamieni profilowanych	176
Rozdział II. Kamienie sztuczne palone (wyroby ceramiczne) (str. 178—277).	
Zalety kamieni sztucznych. Wyroby ceramiczne	178
Klasyfikacja wyrobów ceramicznych	179
I. Wyroby ceglarskie	180
Cegła jako materiał budowlany	180
A) Glina do wyrobów ceglarskich	181
1) Właściwości gliny używanej do wyrobów ceglarskich	181
2) Wydobywanie i przygotowywanie gliny	183
Wydobywanie i dowożenie gliny	183
Szychtowanie i przewietrzanie (gnojenie)	184
Rozmiękczenie (dołowanie) i ustalanie stopnia plastyczności	184
Przerabianie (wygniatanie).	185
Mieszarki: mieszarki nożowe (glinokrajnie), mieszarki walcowe, mieszarki złożone.	185
Pławienie (odplawianie) czyli szlamowanie	186
3) Formowanie (strychowanie)	187
4) Suszenie	187
5) Wypalanie	188
Piecze	189
Piec polowy	189
Piec otwarty	192
Piec przesklepiony zwyczajny (piec holenderski)	192
Piec piętrowy	193
Piec leżący	193

*) Patrz nadto pod wyrazem „Testalin“ w Skorowidzu.

	<i>Str.</i>
Piec okrągły	193
Ulepszenia i kombinacye powyższych typów	193
Piece pierścieniowe ciągłe	194
Piece kanałowe ciągłe	197
Piece gazowe	197
Piece naftowe	197
Uwagi ogólne o wypalaniu	197
Wpływ wypalania na ciężar i wymiary wyrobów	198
Wpływ wypalania na barwę wyrobów	198
Gatunki cegły ze względu na stopień wypalenia: cegła niedopalona (niedopałka), cegła dobrze wypalona (wiśniówka), zendrówka (cegła przepalona)	198
Uwagi ogólne o piecach	199
B) Gatunki wyrobów ceglarskich	200
1) Cegła	200
Cegła zwyczajna	200
Cegła licowa (licówka)	201
Części cegły (trzy czwartej cegły czyli dziewiątka, połówka, ćwiartka czyli kwaterka, połówka podłużna, ćwiartka podłużna)	203
Cegła lekka, porowata (gąbczasta, tufowa)	204
Cegły puste (rurowe) i dziurowane (drażone, dęte)	205
Cegła posadzkowa (brukówka) i płyty posadzkowe	211
Cegły do stropów	213
Cegły kominowe (kominówki) i piecowe (piecówki)	215
Cegły do kolumn okrągłych (pierścieniowe)	216
Cegła wcięta (felcowana)	216
Cegła na studnie (studniówka, studniarka, klinówka, cembrówka)	216
Cegła do sklepień (sklepieniówka, sklepowka)	216
Cegły do odachowań murów odosobnionych	217
Cegły modelowe (fasonowe, szablonowe, profilowane, kształtówki)	217
Klinkier (cegła wodotrwała)	220
Cegła ogniotrwała (ogniówka, szamotka, trzopówka)	221
2) Dachówka	222
Karpiówka czyli dachówka płaska (zwyczajna) i półkarpiówka	222
Gaśior	223
Dachówka holenderska (holenderka) czyli flamandzka (esówka)	223
Załamanka	224
Dachówka rzymska (włoska)	224
Dachówka z zakładką (felcowana) czyli francuska	224
Kwadratka i dachówka sześciokątna	225

	<i>Str.</i>
Dachówki z wylotami	226
Dachówki polewane	226
3) Rury	226
Rury drenowe (dreny) czyli sączki	226
Rury do odprowadzania wody, ścieków, gazów i t. p.	227
Rury do kanałów dymowych i powietrznych (wentylacyjnych)	228
C) Własności ogólne wyrobów ceglarskich	229
1) Wytrzymałość	230
Zależność wytrzymałości od składu i stopnia wypalenia	230
Wpływ porowatości	230
Wytrzymałość na ściskanie	232
Wyniki doświadczeń nad wytrzymałością cegły i muru z cegły, oraz nad wpływem nasycenia cegły wodą	232
Wpływ węgla wapnia na wytrzymałość cegły suchej i nasyczonej wodą (doświadczenia Tetmajer'a)	235
Wytrzymałość cegieł wyrabianych w Rosyi	236
Wytrzymałość cegieł wyrabianych w Królestwie Polskiem. Doświadczenia Jelenkin'a nad ceglami z okolic Warszawy	237
Klasyfikacja cegły oparta na jej wytrzymałości	241
Obciążenie bezpieczne murów z cegły	242
Próba wytrzymałości na ściskanie	243
Wytrzymałość na rozciąganie	244
Wytrzymałość na przesuwanie (ściananie)	245
Wytrzymałość na wyginanie	245
Wytrzymałość rur	245
2) Trwałość	245
Wpływ zmian temperatury	245
Wpływ mrozu	246
Działanie wody. Wietrzenie	247
Próby trwałości	248
Próba na mróz	248
Próba na sole rozpuszczalne	248
Próba na węglan wapnia, iskrzyk, gips i inne przymieszki szkodliwe	249
Sposoby zwiększenia trwałości	250
Środki przeciwdziałające wpływowi przymieszek szkodliwych.	250
Zabezpieczenie wyrobów od przystępu wody i kwasu węglanego do ich wnętrza	252
3) Barwa i wykwit	253
4) Twardość	256
5) Porowatość	256

	<i>Str.</i>
6) Ciężar	259
7) Cechy zewnętrzne dobroci cegły	259
D) Zabarwianie i polewanie wyrobów ceglarskich	261
Cegły powleczone (angobowane)	261
Cegły polewane (glazurowane). Polewy	262
Cegły zadymione	264
Cegły smołowane	264
Zabarwianie dachówek	265
E) Zapotrzebowanie i dostawa wyrobów ceglarskich	265
Warunki szczegółowe umowy	265
Sortowanie (rozgatunkowanie) i odbiór	267
Miary handlowe	267
II. Wyroby garncarskie, kamionkowe, terrakotowe, majolikowe i fajansowe	267
Wyroby garncarskie. Garnki do sklepień	267
Wyroby kamionkowe	268
Wyroby terrakotowe	269
Płyty mozaikowe z gliny palonej	271
Płyty enkaustowe (inkrustowane)	273
Wyroby majolikowe i fajansowe (mezza-majolica)	276
Płyty z ozdobami wypukłymi (płaskorzeźbami)	276
Płyty fajansowe	276
Majolika szwajcarska (majolica-sgraffito)	276
Płyty majolikowe	277
Kafle	277

Rozdział III. Materiały wiążące (zaprawy) (str. 278—474).

Zadanie zapraw i ich własności zasadnicze. Klasyfikacja zapraw. Zaprawy mechaniczne i chemiczne	278
I. Zaprawa gliniana	280
Własności i zastosowania zaprawy glinianej	280
Zaprawa szamotowa	281
II. Wapno.	281
Wapno palone jako materiał główny zapraw	281
1) Własności węgla wapnia	282
Własności chemiczne	282
Wpływ przymieszek	282
Badanie wapienia.	283
2) Wypalanie wapna	283
Temperatura palenia; czas trwania palenia; wapno palone, przepalone i niedopalone	283
Wypalanie wapna w stosach, dołach i piecach polowych	285
Wypalanie w stosach	286
Wypalanie w dołach.	286
Wypalanie w piecach polowych	286
Piecze stałe. Uwagi ogólne o piecach stałych	286

Piece okresowe (peryodyczne): piece leżące; piece stojące zwyczajne; piec Mihalik'a; piece piętrowe (piece Petot'a); piec Fink'a; piec o rusztach bocznych Heeren'a; piece baniaste; piece okresowe o płomieniu krótkim; piec lejowy; piece do jednoczesnego wypalania wapna i cegły	288
Piece ciągłe: piece ciągłe o płomieniu długim; piec Rumford'a; piec rüdersdorfski; piec S. Hoffmann'a; piec ciągły Fink'a; piece stojące francuskie; piece ciągłe o płomieniu małym; piece gazowe; piece pierścieniowe i kanałowe	291
3) Własności wapna palonego	295
Ciężar i objętość	295
Własności chemiczne tlenku wapnia; gaszenie (lasowanie); przyczyna narastania; woda wapienna; wapno cukrowe; ciasto wapienne (wapno białe); mleko wapienne; wapno zwiędnięte	295
Wpływ przymieszek; wapno tłuste i chude	298
Skład chemiczny niektórych gatunków wapna palonego	298
4) Przechowywanie (magazynowanie) wapna palonego; wapno odleżałe	299
5) Zapotrzebowanie, dostawa i odbiór wapna palonego	300
6) Zastosowania wapna palonego	302
7) Zaprawy wapienne i ich klasyfikacja	302
III. Zaprawa powietrzna czyli zaprawa wapienna zwykła	306
Uwagi ogólne	306
1) Gaszenie (lasowanie) wapna	306
Gaszenie mokre. Zalety i niedogodności gaszenia mokrego	307
Główniejsze sposoby gaszenia mokrego; porównawcza ich ocena	308
Woda. Własności wody do gaszenia wapna	310
Ilość wody	310
Wydajność wapna	311
Skrzynia wapienna	311
Grace	312
Doły	313
Przechowywanie wapna gaszonego w dołach	313
Gaszenie suche	315
Sposoby gaszenia suchego; porównawcza ich ocena	315
Woda	317
Wydajność	317
Przechowywanie wapna gaszonego na sucho	318
2) Przygotowywanie zaprawy powietrznej	318
Piasek. Własności piasku do zaprawy. Wpływ kształtu i wielkości ziarn. Wpływ gatunku ziarn. Wpływ przy-	

	<i>Str.</i>
mieszek. Próba odręczna dobroci piasku. Oczyszczanie.	
Przyrządy do oczyszczania. Piasek wiślany	319
Woda do zaprawy	322
Ilości stosunkowe ciasta wapiennego i piasku. Wpływ ilości piasku na wytrzymałość zaprawy. Wyniki doświadczeń Ziurek'a	323
Ilość wody	325
Wydajność zaprawy	325
Mieszanie ciasta wapiennego z piaskiem	325
3) Własności ogólne zaprawy powietrznej	327
Tężenie: wiązanie się, twardnienie. Przyczyna twardnienia. Szkodliwość sztucznego suszenia murów i oszczędzania wody przy wznoszeniu murów	327
Wytrzymałość	331
Wytrzymałość ciasta wapiennego	331
Wytrzymałość zaprawy na ściskanie	331
Wytrzymałość zaprawy na rozciąganie	331
Wpływ mrozu na zaprawę	332
Wpływ wieku zaprawy na jej wytrzymałość	333
Wytrzymałość muru	334
Rozszerzalność liniowa	334
Wpływ przymieszek gliny, pucolan, wapna niegaszonego. Zaprawa Lorient'a. Zaprawa Smirke'go. Zaprawa Artus'a. Zaprawy z popiołem	334
4) Dostawa i odbiór wapna gaszonego, piasku i zaprawy gotowej	336
Dostawa i odbiór wapna gaszonego	336
Dostawa i odbiór piasku	337
Dostawa i odbiór zaprawy gotowej	337
IV. Zaprawy wodotrwałe (wodne) czyli hydrauliczne	338
Uwagi ogólne	338
A) Pucolany (przymieszki wodotrwałe)	339
1) Pucolany naturalne	340
Pucolana właściwa czyli ziemia pucolanowa	340
Tras	342
Ziemia santorynowa	345
2) Pucolany sztuczne	345
Żużle z pieców wielkich	346
Popioły	346
Mączka ceglana; zaprawa Fleuret'a	348
Inne przymieszki wodotrwałe	348
B) Wapno wodotrwałe (hydrauliczne).	349
C) Cement rzymski	353
D) Cement portlandzki	357
Uwagi ogólne. Fabryki cementu portlandzkiego	357

	<i>Str.</i>
1) Wyrabianie (fabrykacja) cementu portlandzkiego	360
Materiały surowe: węgiel wapnia i glina	360
Mieszanie materiałów surowych: mieszanie suche, pół- mokre i mokre	362
Formowanie i suszenie	363
Wypalanie cementu	363
Piecze okresowe	363
Piecze ciągłe	366
Wpływ palenia na masę cementową	367
Rozdrabnianie masy cementowej palonej	368
2) Pakowanie i przechowywanie (magazynowanie) cementu portlandzkiego	368
Pakowanie w beczki i worki. Ciężar beczki i worka ce- mentu. Przewóz	368
Przechowywanie (magazynowanie)	369
Zmiany cementu podczas przechowywania	369
3) Własności ogólne cementu portlandzkiego	371
Złożenie i barwa	371
Ciężar właściwy	371
Ciężar rzeczywisty	371
Skład chemiczny	371
Wpływ nadmiernej ilości tlenków wapnia i magnezu	372
Wpływ domieszek gipsu, żużli, sody, soli i t. d. Fałszo- wanie cementu. Domieszka farb	375
4) Zaprawy z cementu portlandzkiego	378
Wybór cementu	378
Woda i piasek. Woda; ilość wody; piasek; ilość stosun- kowa piasku	378
Wydajność	382
Przygotowywanie zaprawy	382
5) Własności ogólne zaprawy z cementu portlandzkiego	383
Tężenie	383
Wiązanie się zaprawy	383
Twardnienie	385
Wpływ ilości wody na przebieg tężenia	386
Wpływ gatunku wody i jej temperatury na przebieg tężenia	386
Wpływ temperatury powietrza na przebieg tężenia	387
Wpływ kwasu węglanego na przebieg tężenia	387
Tężenie w wodzie. Twardnienie dodatkowe	387
Współdziałanie czynników mechanicznych w tężeniu	388
Skamienienie zaprawy	389
Trwałość	389
Wpływ mrozu	389
Wpływ gorąca	390

	<i>Str.</i>
Wpływ wapna swobodnego	390
Wpływ kwasów, zasad, soli, smoły, olejów, smarów i ścieków kanałowych	391
Wykwity	392
Stalność objętości	392
Pęcznienie	392
Zsychanie czyli kurczenie się	393
Porowatość. Zaprawy nieprzemakalne	394
Wytrzymałość	395
Wpływ nadmiaru wapna	395
Wpływ ciężaru właściwego	396
Wpływ miarkości	396
Wpływ czasu wiązania. Igła Vicat'a	397
Wpływ temperatury wody	397
Wpływ gęstości zaprawy. Gęstomierze. Igła Vicat'a grubsza	397
Wpływ piasku	397
Współczynniki przeciętne wytrzymałości na ściskanie i rozciąganie	398
Stosunek wytrzymałości na ściskanie do wytrzymałości na rozciąganie	398
Wytrzymałość na przesuwanie (ściananie)	398
Wytrzymałość na złamanie	399
Współczynnik sprężystości	399
Wyniki doświadczeń	399
Wytrzymałość połączenia zaprawy z murem	399
Klasyfikacja cementów portlandzkich oparta na ich wytrzymałości	405
Wpływ własności na sposób stosowania cementu portlandzkiego	405
6) Zaprawa wapienno-cementowa	409
Zaprawa cementowo-wapienna	409
Zaprawa wapienno-cementowa	409
Ilości stosunkowe składników w zaprawie wapienno-cementowej	410
Przygotowywanie zaprawy wapienno-cementowej	411
Własności zaprawy wapienno-cementowej	411
Zaprawa z cementu portlandzkiego i wapna wodotrwałego	412
Zaprawa Ambroselli'ego	412
7) Rozpoznawanie stopnia dobroci cementu portlandzkiego	413
Rozbiór chemiczny *	413
Doświadczenia mechaniczne	413
Warunki normalne	414
Normy pruskie dla ujednostajnienia dostawy i badania cementu portlandzkiego	415

Warunki techniczne dla odbioru cementu portlandzkiego, obowiązujące w Rosyji	419
Przyrządy i narzędzia do prób, wskazanych przez warunki normalne	428
Doświadczenia dodatkowe, niewskazane przez warunki normalne	432
Oznaczenie ciężaru rzeczywistego	432
Oznaczenie wytrzymałości na ściskanie	433
Porowatość	433
Odporność na działanie mrozu	434
Wytrzymałość połączenia zaprawy z kamieniem	434
Sposprzeżenia nad zmianami temperatury podczas tężenia	434
Próby odręczne	434
Oznaczenie prędkości tężenia	434
Wytrzymałość połączenia zaprawy z kamieniem	435
Stałość (niezmiennność) objętości	435
Próba ogólna	436
8) Malowanie wypraw z cementu portlandzkiego	436
E) Cementy mieszane	437
Cement selenitowy Scott'a i zaprawa selenitowa	437
Cement Schott'a; cement Landrin'a	438
Cementy magnezowe i dolomitowe; cement medina; albo lith; cjalith	438
Cementy barytowe	439
Cementy marglowe	439
Cementy białe	440
Cement ogniotrwały	440
F) Cementy pucolanowe	441
Cement żuźlowy	441
Składniki cementu żuźlowego	441
Żuźle z pieców wielkich; ich skład i własności. Ziarnowanie czyli drobienie (granulowanie) żuźli; wpływ ziarnowania żuźli na własności cementu. Suszenie i rozdrabnianie żuźli. Ciężar właściwy mączki żuźlowej	442
Wodan wapnia (wapno gaszone); ciężar właściwy mączki wapiennej	444
Mieszanie składników	444
Własności cementu żuźlowego	445
Ciężar	445
Tężenie	445
Trwałość	446
Wytrzymałość	446
Zastosowania cementu żuźlowego	447

	<i>Str.</i>
Odmiany cementów pucolanowych	448
V. Betony	448
Uwagi ogólne. Beton lany i ubijany	448
1) Beton powietrzny (wapienny)	449
2) Beton wodotrwały (hydrauliczny)	450
Kamyki do betonu	450
Ilości stosunkowe składników	451
Przygotowywanie betonu	452
Wydajność	452
Własności	453
Ciężar	453
Wytrzymałość	454
Porowatość	456
Zmiany objętości	456
Betonowanie	456
Betonowanie bez przystępu wody	456
Betonowanie w wodzie	457
Błoki betonowe	457
Zastosowania betonu.	457
Beton Coignet'a	457
Beton cendrynowy	458
Betony cementowe ze szkieletem żelaznym (konstrukcye Monier'a)	459
Siderocement	464
VI. Gips	464
Uwagi ogólne. Gips palony i gaszony; gips przepalony (martwy) i wo- dotrwały (hydrauliczny)	464
Wypalanie gipsu	465
Rozdrabnianie gipsu palonego	466
Opakowanie, przewóz, miary handlowe	467
Rozpoznawanie stopnia dobroci gipsu palonego	467
Zastosowania gipsu	467
Zaprawa gipsowa	468
Zaprawa gipsowo-wapienna	470
Beton gipsowy.	471
Ściany gipsowe ze szkieletem żelaznym (ściany Rabitz'a)	471
Maszyny do przygotowywania zapraw i betonu	471
Uwagi ogólne.	471
Maszyny typów dawnych	472
Mieszarka	473
Maszyny kieratowe	473
Młynki	473
Maszyny o osiach nieuzbrojonych (maszyny z bębenkami)	473
Bębni o osi poziomej	473
Bębni o osi nieco pochylonej	474

	<i>Str.</i>
Bębenki pochylone na osi poziomej	474
Maszyny o osiach uzbrojonych	474
Maszyny o osiach pionowych	474
Maszyny o osiach poziomych	474
Maszyny o osiach pochylonych	474
Rozdział IV. Kamienie sztuczne niepalone. (str. 475—506).	
<i>I. Wyroby z gliny i ziemi</i>	475
Surówka czyli cegła niepalona	475
Pacówka (cegła egipska, cegła podolska, lempaca) . . .	476
Cegły ziemiste Cointereaux'a i Isenard'a	477
<i>II. Kamienie sztuczne o spoiwie wapiennem i cementowem.</i>	477
Kamienie dawniejsze	477
Cegły wapienno-piaskowe (cegły Bernhardt'ego) . . .	478
Odmiany cegły wapienno-piaskowej: cegły Coignet'a; piaskowce wapienne sztuczne	480
Cegły reńskie (piaskowce pumeksowe, kamienie martwi- cowe).	480
Kamienie Lebrun'a	481
Kamienie korkowe	481
Kamienie betonowe i wyroby z masy cementowej . . .	481
Wyroby z cementu portlandzkiego i rzymskiego:	
Bloki (masywy) betonowe. Wyroby z cementów prędko i powoli tężących. Kamienie Dumesnil'a. Kamienie nieprzemakalne G. B. Barl'a i J. A. Dou- glas'a. Kamienie Lallier'a. Kamienie Winkel- mann'a. Marmury sztuczne (Similipierre; Simili- marbre). Kamienie Zuber'a. Piaskowce sztuczne. Cegły i dachówki z masy cementowej: cegły Vi- ctoria; dachówki z Staudach. Rury betonowe. Płytki cementowe Böcklen'a	481
Wyroby z cementu magnezyowego: Cajalith, Albo- lith. Kamienie bostońskie	485
Wyroby z cementu Scott'a	485
Utwardnianie i utrwalanie wyrobów z cementu port- landzkiego i rzymskiego: Sposób Puscher'a. Flu- atacya. Sposoby Magaud'a, Reissig'a i Artus'a . . .	485
Zabarwianie wyrobów cementowych: Farby do wy- robów cementowych. Cementy polichromiczne. Malowanie wypraw cementowych farbami stereo- chromicznymi. Płyty mozaikowe. Imitacje kamie- ni rodzimych. Polerowanie masy cementowej . . .	487
<i>III. Wyroby z masy gipsowej</i>	489
Odlewy gipsowe: Odlewy; formy. Dobroć odlewu. Odlewy zmniejszone.	489
Utrwalanie i utwardnianie odlewów gipsowych: Powło-	

ki nieprzemakalne. Enkaustowanie. Fluatacja. Ałunowanie; gips ałunowy (cement Keene'go, angielski cement marmurowy, cement Mac Lean'a, gips cementowy). Marmury gipsowe. Cement Parian. Utrwalanie za pomocą szkła wodnego. Bronzowanie. Imitacje kamieni rodzimych. Masa Walz'a i Kreitmayer'a zastępująca masę gipsową	490
Stiuk i stucco-lustro (stucco-lucido)	493
Stiuk zwyczajny czyli wapienny i stiuk barokowy	493
Stiuk gipsowy (marmur gipsowy, marmur stiukowy): Stiuki na murze i drzewie. Imitacje marmuru, granitu i porfiru. Szlifowanie i polerowanie stiuku. Stiuki z gipsu ałunowego (cementu Keene'go) i z gipsu borakowego (cementu Parian). Marmur-marezzo. Scaliogla. Mozaika i terazzo. Kameotypia	493
Stucco-lustro	496
Kamienie o spoiwie gipsowem: Marmur sztuczny z Auvergne; kamienie Schäffer'a, Pöstges'a, Dumesnil'a	496
Płytki gipsowe Mack'a	497
Wyroby z alabastru i gipsu włóknistego	497
Trójkamień (trójkamieniak, trypolit).	497
IV. Kamienie sztuczne o spoiwie ze szkła wodnego, smoły, żywicy, asfaltu, i t. p.	499
Kamienie o spoiwie ze szkła wodnego: Kamienie Ransome'a. Kamienie Ordway'a, Ott'a, Schellinger'a, Vogelbach'a i Wieland'a, Struck'a	499
Kamienie o spoiwie ze smoły, żywicy, asfaltu i t. p. Lawy metalowe Orsi'ego. Kamienie Hutchins'a, Jeyes'a, Wethered'a. Masa Löw'a. Kamienie Simon'a i Petit'a, Berkel'a, Richter'a	501
V. Kamienie żuźlowe, okrzemkówkowe i kamienie z odpadków fabrycznych	502
Kamienie żuźlowe: Odlewy z żużli ciekłych („Ironbrick“). Kamienie z żużli mielonych i wapna. Cegły z żużli ziarnowanych (granulowanych). Odmiany kamieni żuźlowych	502
Kamienie okrzemkówkowe	504
Cement azbestowy	504
Kamienie Terp'a	504
Ksylolit („drzewo kamienne“)	504
Magnezyt	505
Kamienie z różnych odpadków fabrycznych. Cegły z wapna gazowego. Cegły Thomas'a. Wartość techniczna tego rodzaju wyrobów	506

Rozdział V. Materiały pomocnicze (str. 507—531).

I. Asfalt	507
Smola ziemna (kopalna)	507
Asfalt	508
Ciasto asfaltowe	509
Asfalt lany i ściskany (prasowany, walcowany)	509
Bitumy i gudrony	510
Asfalt sztuczny i bitumy sztuczne	511
Ciężar i wytrzymałość asfaltu	512
Zastosowania asfaltu	512
Zastosowania asfaltu ściskanego (prasowanego) i ko-	
stek asfaltowych	512
Zastosowania asfaltu lanego i płyt asfaltowych	514
Naprawy pokładów asfaltowych	515
Beton asfaltowy	515
Pisłń asfaltowa	515
Rury asfaltowe	516
II. Kity	516
Własności ogólne kitów	516
Kity mineralne	516
Szkło wodne	516
Siarka	517
Ołów	517
Opilki żelazne	517
Kit asfaltowy	517
Kit dla piaskowca	517
Kit do uszczelniania spoin w piecach żelaznych	517
Lavaoid	517
Kity roślinne	518
Kity olejne: Cement olejny Kreye'go. Cement ciastowy	
(mastyksowy). Kit szklarski (okienny). Kit dla drze-	
wa. Kit wodotrwały. Kit do wypełniania spoin kamie-	
ni ciosowych. Kit do spoin kamieni ciosowych pod-	
wodnych. Kit do spajania miedzi z piaskowcem.	
Kit do spoin piaskowca. Kit do spoin zewnętrznych	
kamienia. Kit do murów podwodnych. Kit wodo-	
otrwały dla rur z żelaza lanego. Kity z bieli oł-	
wianej i minii	518
Kity żywiczne: Kit do spoin piaskowca. Kit dla ka-	
mieni. Kit do murów podwodnych. Kit do drzewa	
w wodzie (kit morski)	519
Kity gumowe: Guma arabska. Kit dla odlewów gi-	
psowych, kamieni, szkła, porcelany i t. p.	519
Kity zwierzęce	519
Klej i karuk	519

	<i>Str.</i>
Kit kazeinowy	520
Kit krwisty	520
III. Farby i powłoki	520
Farba i powłoka. Barwniki. Farby przezroczyste i anilinowe. Farby nieprzezroczyste (pokrywające). Malowanie wypraw (tynków). Wybór farby	520
1) Farby wodne i barwniki do farb wodnych	521
Farby wodne	521
Farba wapienna i farba krwista	521
Farba klejowa	522
Farba mleczna	522
Farba kazeinowa	522
Farby ze szkłem wodnym (farby stereochromiczne)	522
Barwniki do farb wodnych	523
2) Farby olejne i barwniki do farb olejnych	526
Farby olejne. Farby woskowe. Malowanie wypraw (tyn- ków)	526
Barwniki do farb olejnych	527
3) Smoła	527
Smoła drzewna	527
Smoła z węgla kamiennego (smoła gazowa)	527
Zastosowania smoły	527
IV. Szkło	528
Szkło, jego własności, gatunki i zastosowania	528
Kamienie szklane	528
Kostki ze szkła dętego	528
Płyty szklane	529
Wyroby z t. zw. szkła drutowego	529
Szkło wodne	529
V. Mech	530
Zastosowania w budownictwie mchu leśnego i mchu wo- dnego	530
VI. Słoma i trzcina	530
Słoma. Zastosowanie słomy do krycia dachów	530
Trzcina. Trzciniowanie ścian i sufitów. Tkaniny trzcinowe	530
Literatura do działu II	532
Skorowidz alfabetyczny do działu II	553

Ważniejsze omyłki druku.

<i>Stronica</i>	<i>Wiersz</i>	<i>Zamiast</i>	<i>Winno być</i>
24	2 od dołu	porfirowych i felzytowych,	porfirowych (felzytowych),
78	18 „ „	Piaskowiec	Wapień
142	13 „ „	tracąc alkowicie	tracąc całkowicie
362	14 „ „	zwilgoconym,	zwilżonym,
442	4 od góry	pochodzące	pochodzących
464	10 od dołu	krystalicznej	krystalizacyi
465	21 „ „	krystalicznej	krystalizacyi
540	8 „ „	24	42

W części pierwszej tomu I-go

zauważone zostały dodatkowo następujące omyłki ważniejsze :

<i>Stronica</i>	<i>Wiersz</i>	<i>Zamiast</i>	<i>Winno być</i>
25	12 od dołu	$(-a-b)^3 = -a^3 - 3a^2b + 3ab^2 - b^3$	$(-a-b)^3 = -a^3 - 3a^2b - 3ab^2 - b^3$
26	10 od góry	$3^2 = 27$	$3^3 = 27$
499	7 „ „	rozdziału VI	rozdziału VIII
513	8 „ „	Lina druciana 313.	Lina druciana 313. 497.
484	Podane w wierszach 6—3 od dołu współczynniki sprężystości kamieni wyrażono przez pomyłkę w <i>kg</i> na <i>cm</i> ² zamiast w <i>t</i> na <i>cm</i> ² , a przytem zacierpnięto je ze źródeł dawniejszych. Zamiast tych współczynników stosować należy współczynniki sprężystości podane w części drugiej tomu I, na str. 151, oparte na badaniach nowszych.		
487	Współczynniki podane w ustępie: D) <i>Grunt</i> wyrażają <i>obciążenie bezpieczne</i> gruntu w <i>kg</i> na <i>cm</i> ² i w pudach na cal kwadr.		
495	Tablica obliczona jest na zasadzie wzoru: $P_1 = 162\ 000 \frac{a^4 - d_1^4}{l^2}$, podanego na str. 404, co w tytule tablicy zaznaczonem być winno.		
527	Dodać w skorowidzu: Żelazocyjanek potasu (żółta sól Gmelin'a) 463.		

DZIAŁ II.

MATERYALY MULARSKIE.

W S T Ę P.

1) *Materyały budowlane.* Ciała, z których składają się budowle, nazywają się *materyałami budowlanemi* (fr. matériaux de construction; n. Baumaterialien, Baustoffe). Materyały budowlane są albo *rodzime* (*przyrodzone, surowe*) (fr. matériaux naturels; n. rohe oder natürliche Baumaterialien), albo też *sztuczne* (fr. matériaux artificiels; n. künstliche Baumaterialien). Rodzimemi nazywają się materyały, które przed użyciem podlegają tylko zmianie kształtu, a więc tylko działaniom mechanicznym; sztucznymi zaś — materyały, które przed użyciem podlegają zmianom chemicznym lub fizycznym ich materyi. Ten podział materyałów budowlanych, na rodzime i sztuczne, nie daje się ściśle przeprowadzić i ma wogóle znaczenie tylko drugorzędne.

Materyały budowlane pochodzą przeważnie z królestwa kopalnego; królestwo roślinne dostarcza tak niezbędnego niemal materyału, jakim są różne gatunki drzewa budowlanego; z królestwa zwierzęcego zaś stosowane są tylko wyjątkowo niektóre ciała, mające w budownictwie znaczenie podrzędne.

W budowni materyały podlegają głównie działaniom sił mechanicznych (ściskaniu, rozciąganiu, wyginaniu i t. p.) oraz wpływom chemicznym i fizycznym, wynikającym z działania powietrza, wody, zmian temperatury i t. p. Zdolność przeciwdziałania siłom mechanicznym nazywa się *wytrzymałością statyczną* albo *mocą* materyału; odporność zaś na wpływy czynników chemicznych i fizycznych nazywa się *wytrzymałością techniczną* albo *trwałością* materyału. Te własności zasadnicze, wytrzymałość i trwałość, są zależne głównie od składu chemicznego i ustroju fizycznego danego materyału. Nadto uwzględniane są przy wyborze materyałów do budowni także inne własności, zwłaszcza *twardość, porowatość, ciężar właściwy (gatunkowy)* i *barwa*.

Własności te ujawniają się w rozmaitych materyałach w stopniu bardzo różnym; każdy materyał bowiem posiada pewne własności znamienne wyróżniające go z pośród innych materyałów i ograniczające zakres jego zastosowań, tak, że materyał odpowiedni dla jednych, może być nieodpowiednim dla innych celów. To też przy wyborze materyałów do budowni oceniane być winny przede wszystkim te własności, które ze względu na przeznaczenie danego materyału są niezbędne lub pożądane.

Wytrzymałość mechaniczna braną jest pod uwagę głównie w materyałach,

które mają być wystawione na znaczniejsze obciążenia, przyczem uwzględnioną być winna jakość i wielkość sił, którym materyał w budowlu ma podlegać. Znaczną trwałością odznaczać się winny przedewszystkiem materyały wystawione na bezpośredni wpływ czynników atmosferycznych, na zmienne działanie wilgoci i suszy, na niezwykłe zmiany temperatury i t. p. Materyały wystawione na zużywanie się przez tarcie, jak w pokładach ulic i chodników, w posadzkach i stopniach schodów, winny mieć znaczną twardość, gdy tymczasem materyały, które mają być obrabiane przez przyciosanie, piłowanie, wiercenie i t. p., winny mieć twardość mniejszą. Dla pewnych konstrukcyj, jak np. dla niektórych fundamentów, pożądane są materyały o znacznym ciężarze właściwym, gdy tymczasem dla innych części budowlu, jak np. dla ścian przedziałowych w piętrach wyższych budynku, odpowiedniejszymi są materyały lżejsze. Materyały służące do wiązania z sobą innych materyałów, jak zaprawy i kity, winny mieć zdolność przekształcania się stopniowo z masy miękkiej, lepkiej, na masę twardą, kamienistą. Materyały brane do murów otaczających pomieszczenia mieszkalne, winny być, ze względów zdrowotnych, dostatecznie porowatemi; gdy tymczasem materyały do konstrukcyj, wystawionych na parcie wody, winny być nieprzemakalnymi, a tem samem możebnie ściślemi. — Jeżeli budowlu ma być nie tylko wytrzymałą, trwałą i użyteczną, lecz także piękną, to oprócz własności powyżej wymienionych, wymagane są pewne *własności estetyczne* materyału, z których najważniejszymi są: barwa piękna i połysk; nadto poszukiwane są dla celów estetycznych materyały dające się łatwo obrabiać w pewne kształty i dające się wygładzać przez szlifowanie, polerowanie i t. p., a niekiedy także materyały, które mogą być otrzymywane w sztukach niepospolitej wielkości. — Wreszcie *względy ekonomiczne* nakazują oddawać pierwszeństwo materyałom, znajdującym się w pobliżu miejsca budowy, gdyż sprowadzanie materyałów z okolic odleglejszych wpływa na zwiększenie kosztu budowlu.

Poznanie znamienych własności różnych materyałów budowlanych, oznaczenie miejscowości, z których materyały te pochodzą, opisanie sposobów wydobywania materyałów rodzimych i wyrabiania materyałów sztucznych, wreszcie wskazanie zakresu zastosowań każdego materyału i sposobów przygotowywania materyałów do użytku, stanowi przedmiot *nauki o materyałach budowlanych*. Nauka ta tworzy niezbędną podstawę wykształcenia technicznego. Skoro albowiem materyał w budowlu winien być wystawiony na działanie tylko takich czynników, jakie ze względu na swe własności trwale znosić może, to od umiejętnego wyboru materyałów i od umiejętnego wyzyskania ich własności, zależy w wysokim stopniu wytrzymałość, trwałość, użyteczność, piękno i stosunkowatność budowlu. — Doniosłość wpływu własności materyałów na budowlę uznawaną była już w starożytności, jak o tem świadczy nie tylko staranny wybór materyałów w budowlach starożytnych, lecz także ta okoliczność, że wydobywanie i przygotowywanie najważniejszych materyałów budowlanych pozostawało pod zarządem lub bezpośrednim nadzorem władz państwowych. Dzieje budownictwa wskazują, że w okresach największego rozkwitu sztuki budowlanej, stale spostrzegać się daje największa staranność w wyborze materyałów i największa umiejętność w wyzyskiwaniu ich własności znamienych.

2) *Stacye doświadczalne.* Badanie materyałów nie zawsze może być uskuteczniane przez budowniczego: wymaga ono bowiem zazwyczaj dłuższego czasu, kosztownych urządzeń, dostatecznej wprawy, oraz gruntownej znajomości niektórych gałęzi nauk przyrodniczych. Z tego powodu dla badania własności materyałów budowlanych urządzone są *stacye doświadczalne*, t. j. pracownie mechaniczno-techniczne i pracownie chemiczne, oddane do użytku ogólnego, a mające na celu nie tylko oznaczanie współczynników wytrzymałości i sprężystości materyału, jego twardości, składu chemicznego i ustroju fizycznego, lecz także badanie zachowywania się materyału wobec wilgoci, czynników atmosferycznych, zmian temperatury i t. p., a nadto, udzielanie wskazówek odnośnie do najodpowiedniejszych sposobów wydobywania lub wyrabiania i przygotowywania do użytku różnych materyałów. Stacye takie są więc cenną pomocą, zarówno dla budowniczego, jako też dla dostawców i wytwórców materyałów budowlanych. Odnośne doświadczenia wykonywane są na żądanie, za opłatą, obliczaną zazwyczaj na podstawie taksy, ustanowionej dla danej stacyi. Ponieważ wyniki tych doświadczeń mogą mieć bezpośrednie znaczenie w zastosowaniu tylko wtedy, gdy przemawia za nimi powaga niewątpliwej bezstronności sądu, oraz sumienności w ustaleniu i zestawieniu odnośnych danych, przeto zadaniu swojemu odpowiadają w zakresie szerszym tylko stacye, pozostające pod zarządem lub przynajmniej pod nadzorem władz państwowych. Obecnie jednak, obok stacyj państwowych, istnieją także stacye prywatne, a niektóre z nich, działalnością swoją, zdobyły sobie zaufanie i zasługują na chlubne wyróżnienie.

W ostatnich dziesiątkach lat podjęte były gorliwe usiłowania w celu ujednostajnienia sposobów oznaczania własności materyałów. Owocem tych usiłowań są normy jednostajne dla cementów, obowiązujące w różnych państwach, oraz obfity materyał nagromadzony do opracowania takichże norm dla żelaza i stali: dzięki zaś naradom międzynarodowym osób zajmujących się badaniami materyałów, odbytym w Monachium (1884 r.), Dreźnie (1886 r.), Berlinie (1890 r.) i Wiedniu (1893 r.), przyjęte zostały jednostajne sposoby wykonywania doświadczeń nad materyałami budowlanymi w pracowniach mechanicznych różnych krajów, co niezależnie od zasadniczej doniosłości naukowej, przedstawia tę dogodność, że umożliwia porównawcze ocenianie własności materyałów jednogatunkowych. Niemniej jednak zaznaczyć należy, że w kierunku tym niemają jeszcze do zrobienia pozostało.

Francya, jak w wielu innych gałęziach wiedzy technicznej, tak i w dziedzinie badań nad materyałami budowlanymi wyprzedziła inne państwa. We Francyi przeprowadzone były pierwsze doświadczenia nad wytrzymałością materyałów, a dzięki pracom i usiłowaniom Rondelet'a, Vicat'a i innych, oznaczanie współczynników wytrzymałości jest tam tak rozpowszechnione, że współczynniki te służą za normy handlowe dla niektórych materyałów, zwłaszcza dla kamieni budowlanych, co tem bardziej jest godnem uwagi ze względu, że przepisy budowlane we Francyi są w ogóle łagodne. Urzędowe doświadczenia nad wytrzymałością materyałów wykonywane są w *Institut statistique* w Paryżu, gdzie w niespełna 9 lat przeprowadzono przeszło 10 000 doświadczeń tego rodzaju na skutek żądań osób prywatnych. Wzorowo prowadzoną jest pracownia mechaniczno-techniczna przy Szkole dróg i mostów (*Ecole de Ponts et Chaussées*) w Paryżu, pozostająca pod kierunkiem prof. Leona Durand-Claye'go, który zarazem zarządza pracownią chemiczną tejże szkoły. Nadto pracownie mechaniczno-techniczne znajdują się we wszystkich niemal ważniejszych miastach portowych: Boulogne, Dunkerque, Dieppe, La Rochelle i in. Pracownia w Boulogne zaliczana jest do najlepszych. W tych pracowniach nadmorskich badane są jednak tylko materyały przeznaczone do robót portowych.

W Anglii zajmowali się skutecznie badaniami materyałów: Barlow, Clark, Fairbairn, Hodgkinson, Kirkaldy, Bennie, Stephenson, Telfort, Tredgold i inni: w Ameryce zaś *Franklin-Institute*, a w czasach nowszych inżynier Thurston.

W Austrii państwowe stacye doświadczalne urządzone są przy szkołach politechnicznych w Wiedniu (pod kierunkiem prof. Jenny'ego), w Pradze (pod kierunkiem prof. Gollner'a), w Budapeszcie i Gradcu, oraz przy akademii górniczej w Leoben, a od pewnego czasu podjęte są starania w celu urządzenia takiejże stacji przy szkole politechnicznej we Lwowie, przy której istnieje już od 1886 r. „*krajowa ceramiczna stacya doświadczalna*“. Nadto istnieje w Wiedniu stacya doświadczalna prywatna, założona w 1878 r. przez prof. H. Hauenschild'a, znanego chlubnie z licznych prac naukowych o materiałach budowlanych, oraz stacya miejska dla badania materiałów wiążących wodotrwałych, założona w 1879 r. kosztem i staraniem zarządu miasta.

W Niemczech najdawniejszą z istniejących jest państwowa pracownia mechaniczno-techniczna przy szkole politechnicznej w Monachium, założona w 1871 r., która do 1894 r. pozostawała pod kierunkiem prof. Bauschinger'a. Dwie także pracownie są czynne w Berlinie, z tych jedna dla badania kamieni budowlanych, pod kierunkiem prof. Böhme'go, druga zaś dla badania metalów, pod kierunkiem prof. Spangenberg'a i Finckner'a. Takie same pracownie istnieją w Dreźnie i Chemnitz, oraz przy zarządzie głównym dróg żelaznych państwowych w Strassburgu, przy zarządzie warsztatów mechanicznych marynarki w Kielu i Wilhelmshaven, nadto przy niektórych zarządach hut, fabryk i t. p. Z pomiędzy stacji doświadczalnych prywatnych zasługują na wyróżnienie: pracownia Michaelis'a w Berlinie dla cementów, pracownia techniczno-chemiczna prof. H. Hauenschild'a w Berlinie, pracownia Seger'a i Aron'a w Berlinie dla wyrobów ceramicznych, oraz pracownia chemiczno-techniczna redakcyi „Töpfer- u. Ziegler-Zeitung“ w Berlinie.

W Szwajcaryi istnieje kilka pracowni mechanicznych, z których najpoważniejszą jest pracownia przy szkole politechnicznej w Zurychu, pozostająca pod kierunkiem prof. Tetmajer'a.

W Rosyi istnieje państwowa pracownia mechaniczna dla materiałów budowlanych przy Instytucie inżynierów komunikacyj w Petersburgu, pozostająca pod kierunkiem prof. Bielelubskiego i pracownia dla materiałów wiążących przy Towarzystwie architektów w Moskwie. Dobrze urządzoną ma być pracownia przy zarządzie dróg żelaznych Południowo-Zachodnich; nie jest ona wprawdzie oddaną do użytku ogólnego, wyniki jednak jej badań ogłaszane są w czasopismach technicznych i nie mało przyczyniają się do wyświeślenia własności niektórych materiałów budowlanych.

W Warszawie od 1894 r. jest czynną pracownia mechaniczna miejska, zaopatrzona głównie w przyrządy do badania materiałów wiążących.

3) Klasyfikacya materiałów budowlanych. Zazwyczaj przyjmuje się podział materiałów budowlanych na trzy grupy:

I) Materiały główne czyli *zasadnicze*: A) Kamienie rodzime (naturalne) i ziemie, B) Kamienie sztuczne, C) Drzewa i D) Metale.

II) Materiały wiążące czyli *łąszące*: A) Zaprawy, B) Kity i C) Asfalt.

III) Materiały drugorzędne, dodatkowe, albo pomocnicze: farby i powłoki, szkło, kauczuk, gutaperka, konopie, mech, słoma i trzcina.

Podział ten nie jest jednak ścisłym, gdyż niektóre materiały mogą oczywiście być głównymi w jednych, drugorzędnymi zaś lub wiążącymi w innych konstrukcyach; tak np. żelazo jest materiałem głównym w konstrukcyach żelaznych, drugorzędnym zaś zazwyczaj w konstrukcyach mularskich i drewnianych; również cement jest w budowlach betonowych materiałem głównym, a w innych zazwyczaj tylko wiążącym i t. p.

W dziele niniejszem mówić będziemy jedynie o materiałach używanych do robót mularskich. Ze względów praktycznych uznaliśmy za właściwe materiały te ugrupować w sposób następujący:

- I) Kamienie rodzime (naturalne) i ziemie.
- II) Kamienie sztuczne palone (wyroby ceramiczne).
- III) Materiały wiążące (zaprawy).
- IV) Kamienie sztuczne niepalone.
- V) Materiały pomocnicze.

ROZDZIAŁ I.

Kamienie rodzime (naturalne) i ziemie.

Kamienie rodzime (naturalne) (fr. pierres; n. natürliche Steine), stanowią część składową skorupy ziemskiej, występują na jej powierzchni wszędzie, już to w postaci skał, już to w postaci części od skał odłączonych: kamieni narzutowych (polnych), żwiru, piasku. W budownictwie znajdują zastosowanie zarówno kamienie wydobywane w kamieniołomach, tak zwane *kamienie łomowe*, jako też kamienie narzutowe. Jedne i drugie mogą być brane do robót albo bezpośrednio w stanie surowym, t. j. w postaci, w jakiej wychodzą z kamieniołomu lub w jakiej znajdują się w przyrodzie, albo też w stanie obrobionym w pewne kształty prawidłowe i w tym wypadku nazywają się *kamieniami obrobionemi* albo *ciosami*.

Kamień rodzimy (naturalny) jest najdawniejszym, obok drzewa, materiałem konstrukcyjnym. Łączy on w sobie wszystkie własności dobrego materiału budowlanego, a wytrzymałość, trwałość i własności estetyczne ujawniają się w kamieniach rodzimych w tak różnorodnym stopniu, że dla każdego celu budowlanego znajduje się w przyrodzie obfity wybór kamieni, czyniących zadość wymaganiom technicznym. To też poznanie własności kamieni rodzimych wywarło wpływ wybitny na rozwój budownictwa i stylów budowlanych, a niezbędność tego materiału budowlanego odczuwaną była od najdawniejszej starożytności tak silnie, iż w okolicach, w których niema kamieni rodzimych, starano się je zastąpić przez kamienie sztuczne, zwłaszcza przez cegłę. Stąd poszło, że wyrób cegły jest jedną z najdawniejszych gałęzi przemysłu.

Kamienie rodzime w porównaniu ze sztucznymi posiadają głównie następujące zalety: a) znajdują się w przyrodzie w stanie gotowym i niema potrzeby ponosić kosztów na ich wyrabianie; b) dzięki wysokiej wytrzymałości na zgniecenie, mogą znosić wielkie obciążenia, przy stosunkowo małej powierzchni przekroju poprzecznego; c) z powodu znacznej spójności cząstek i znacznej twardości, dają się często doskonale polerować; d) mogą często być wydobywane w wielkich sztukach pojedynczych (monolitach); e) mają zazwyczaj wygląd piękny. Obok tych zalet przedstawiają kamienie rodzime pewne niedogodności: nie znajdują się mianowicie w każdej miejscowości i częstokroć muszą być sprowadzane niemałym kosztem z okolic dalszych; wydobywanie ich i obrabianie wymaga urządzeń kosztownych i stosunkowo znacznego nakładu pracy, co wpływa na pod-

wyższenie ich ceny; pojedyncze kamienie brane do robót, różnią się zazwyczaj wielkością, a często także kształtem, co utrudnia łączenie kamieni w układy, czyniące zadość warunkom konstrukcyjnym.

Kamień sztuczny jest tem cenniejszym, im własności jego są bardziej zbliżone do własności kamieni rodzimych. Przy obecnym rozwoju techniki, wyrób kamieni sztucznych, a zwłaszcza cegły, doprowadzony jest do takiej doskonałości, iż często oddaje im się pierwszeństwo przed kamieniami rodzimymi, nawet przy jednakowej cenie. — Główniejsze zalety kamieni sztucznych w porównaniu z rodzimymi, wskazane są w uwagach wstępnych do rozdziału następnego.

1) Skład chemiczny kamieni rodzimych. Skorupa ziemi zawiera wprawdzie wszystkie znane pierwiastki chemiczne, lecz tylko niektóre z tych pierwiastków wchodzi w skład kamieni. Pierwiastki te, łącząc się pomiędzy sobą w rozmaity sposób, tworzą minerały, z których powstają kamienie, już to jako spójenie cząstek jednego i tego samego minerału, już to jako połączenie dwóch lub kilku minerałów.

Najważniejsze części składowe kamieni są: krzem, glin, wapń, magnez, żelazo, potas i sól.

Tlen, jak w przyrodzie w ogóle, tak i w świecie kopalnym, zajmuje stanowisko wybitne: zmieszany z azotem tworzy powietrze atmosferyczne, w związku z wodorem tworzy wodę, z glinem tworzy glinę, z krzemem tworzy kwarc; niema kamienia, który by tlenu w sobie nie zawierał.

Wodór ma dla nas tu znaczenie głównie jako składnik wody, która była kolebką wielu skał i najważniejszym czynnikiem zmian i przeobrażeń w utworach geologicznych; przenika ona, w postaci wilgoci skalnej, zarówno ściśle granity, jak i lżejsze piaskowce.

Azot, stanowiący część składową powietrza, w związku z tlenem daje kwas azotny, który łącząc się z zasadami (alkaliami) tworzy sól azotną, zwaną *saletrą nurową*, niszczącą najmocniejsze kamienie.

Węgiel w związku z tlenem występuje jako dwutlenek węgla, potocznie zwany kwasem węglanym; zaś z tlenem i wapniem — jako węglan wapnia (wapień).

Krzem w związku z tlenem daje krzemionkę, która w najczystszej postaci występuje w kryształach górnych. Kamienie, w których krzemionka, czy to w stanie odosobnionym, czy też w związkach, jest wybitną częścią składową, odznaczają się wielką wytrzymałością i twardością; natomiast kamienie, których wybitną częścią składową jest kwas węglany, są znacznie miększe i mniej wytrzymałe.

Siarka występuje w przyrodzie albo w stanie czystym, zwłaszcza w pobliżu wulkanów, albo też w związkach z metalami, jak w niektórych skalach. Związki jej z tlenem i wodorem: kwas siarczany i siarkowodór, mają dla nas pewne znaczenie ze względu na przyczynę wietrzenia kamieni.

Chlor jest pierwiastkiem lotnym, który w przyrodzie występuje zawsze w związkach z metalami; z sodem tworzy sól kuchenną, a z wodorem — chlorowodór, który rozpuszczony w wodzie stanowi kwas solny.

Glin występuje w przyrodzie tylko w postaci *glinki*, która jest związkiem glinu z tlenem i stanowi ważną część stałej skorupy ziemi. Glinka rzadko występuje w stanie odosobnionym, czystym jako szafir i rubin, lub zanieczyszczonym jako szmergiel, który w proszku używany jest do polerowania. W bardziej złożonych związkach występuje glin tylko z krzemionką w spatach polnych (feldspatach) i łyszczykach (mikach) i ma ważne znaczenie w wytworach rozkładu tychże. Te wytwory rozkładu, w postaci gliny, używane są do wyrobu kamieni sztucznych, zwłaszcza cegły. W skałach bowiem glin występuje zazwyczaj w związku z zasadowymi solami kwasów krzemianych, jako sól podwójna, która na powietrzu z czasem się rozkłada, a w skutek tego kamienie takie mają trwałość rozmałą, często bardzo nieznaczną.

Żelazo występuje w skałach w związkach tlenowych, stanowi przeważnie materią zabar-

wiąjącą kamień i przyczynia się często do znacznego spotęgowania piękności barw, lecz przy większej ilości staje się groźnem dla trwałości kamienia.

Mangan występuje w niektórych wapieniach w związkach tlenowych, jako barwnik, i nie ma większego wpływu na skład i trwałość kamienia.

Wapń w związku z kwasem węglanym tworzy węglan wapnia, wchodzący w skład marmurów, kredy i wapieni; z kwasem siarczanym występuje jako siarczan wapnia czyli gips, alabaster i selenit; z kwasem fosfornym tworzy apatyty i fosforyty; w związkach z krzemionką i innymi pierwiastkami wchodzi w skład krzemiaków; w połączeniu z tlenem tworzy tlenek wapnia zwany *wapnem*. Wapń w związkach z krzemionką występuje w wielu skalach, często jednak pod wpływem kwasu węglanego przeobraża się na węglan wapnia i odosobnioną krzemionkę — i staje się pierwszą przyczyną wietrzenia kamienia.

Magnez w związkach z kwasem węglanym występuje jako magnezyt i dolomit; a w rozlicznych związkach z krzemionką tworzy kamienie trwałe, barwy ciemnej, jak amfibol, węzowiec (serpentyń), zielonka (chloryt) i łyszczyk (mika).

Potas występuje w skalach zawsze jako krzemian potasu, najczęściej jednocześnie z glinem i żelazem, rzadziej z magnezem. Potas jest częścią składową spatów polnych (feldspatów) i łyszczyków (mik) i może być wylugowany wodą, zawierającą kwas węglany; daje jednak związki trwalsze aniżeli wapń i powinowały z potasem sól.

Sól zachowuje się podobnie jak potas; daje jednak związki mniej trwałe i występuje także często z związkami wapiennymi, zwłaszcza w spatach polnych (feldspatach). Z chlorem tworzy sól kuchenną.

Jednakowe związki nieorganiczne mają jednakowe lub przynajmniej podobne kształty zewnętrzne i własności. Takie związki, mające jednakowy skład chemiczny, jednakowe kształty zewnętrzne i jednakowe własności fizyczne, nazywają się *mineratami*. Wszystkie skały są więc właściwie tylko połączeniami minerałów. Z własności przeto minerałów, wchodzących w skład skały, można często wnosić o własnościach skały; lecz należy przytem zawsze uwzględnić sposób powstania danej skały i stopień jej rozkładu, gdyż przy jednakowym nawet składzie mineralogicznym, skały w rozmaity sposób utworzone, lub w różnym stopniu rozkładu się znajdujące, przedstawiają zazwyczaj odmienne własności chemiczne i fizyczne.

2) Skład mineralogiczny skał. Każda skała składa się z cząstek jednego lub kilku minerałów. Cząstki, z których skała się składa, czyli jej *części składowe* albo *składniki*, są albo niezbędne dla utworzenia i istnienia danej skały, albo też znajdują się w niej jedynie przypadkowo, nie stanowiąc bynajmniej o jej naturze. W pierwszym wypadku składniki zwane są *głównemi*, *zasadniczemi*, *istotnemi* albo *znamiennemi*; w drugim wypadku zaś — *przybocznemi*, *drugorzędnemi* albo *przypadkowemi*. Tak np. w granicie: spatek polny, kwarc i łyszczyk są składnikami istotnemi, gdyż po usunięciu któregokolwiek z tych składników lub po zastąpieniu jednego z nich przez inny minerał, skała przestanie być granitem. Granit jednak oprócz tych trzech składników istotnych, zawiera często jeszcze inne części składowe, jak np. hornblendę, turmalin, granat i t. d.; są to składniki przyboczne granitu, albowiem mogą one wprawdzie niekiedy być przyczyną pewnych drugorzędnych cech znamiennych danej skały i mogą mieć wpływ na jej własności, lecz nie stanowią o jej naturze, gdyż po usunięciu tych składników, skała nie przestałaby być granitem.

Składniki przyboczne ze względu na sposób ich powstawania różniowane są jako *konkrecye* i *sekrecye*.

Konkrecye są to składniki, które powstały wewnątrz masy skalnej przez krystalizację około jądra środkowego; mają one kształt okrągławy, kulkowaty, gronowaty, nerkowaty, tablicowaty albo soczewkowaty; zbudowane są albo z włókien promienistych albo też z skorup współśrodkowych; składają się zaś częścią z cząstek mineralnych obcych, wyraźnie odbijających od otaczającej je masy skalnej, częścią zaś z cząstek mało różniących się od danej masy skal-

nej. Przy tworzeniu się konkrety tworzy się więc najprzód jądro, następnie zaś powstają części zewnętrzne. Najczęściej występuje w konkretych prawidłowo rozwinięta postać kryształów i wtedy, w odłamie skały, końce kryształów sterczą na zewnątrz. Konkrecye tworzą naprzykład: granat w granicie, iskrzyk w wapieniu i glinie łupkowej, gips w glinie i t. d.

Sekreccye są to cząstki mineralne tworzące powłokę, niekiedy bardzo ciekłą, na powierzchni ścianek przestrzeni pustych w skale (np. komórek, pęcherzyków i t. d.), albo też zapelniające takie przestrzenie puste. Sekreccye powstają jako osad z wody, która dostała się do przestrzeni pustych w skale; w sekreccyach przeto tworzą się najprzód części zewnętrzne, następnie zaś wewnętrzne. Jeżeli sekreccya nie zapelnia całej przestrzeni pustej, to widoczne są w odłamie kryształy, o końcach skierowanych ku wnętrzu; takie nagromadzenia kryształów na ściankach przestrzeni pustej w skale, zwane są *czerepem* albo *geodą* (fr. *géode*, *druse*; n. *Druse*). Sekreccye w komórkach, kształtu kulistego, gruszkowatego lub migdałowego, nazywają się *migdatami*; sekreccye w przestrzeniach pustych podłużnych, szczelinowatych, nazywają się *żyłami*; sekreccye zaś w przestrzeniach pustych kształtu nieprawidłowego zwane są *gniazdami*. Żyły barwne, występujące w wielu skałach, zwłaszcza zaś w marmurach, są to sekreccye, różniące się składem i własnościami od danej masy skalnej i mające wskutek tego często wpływ ujemny na jej wytrzymałość i trwałość. Sekreccye tworzą: kwarc, spat wapienny, spat brunatny, zeolit, ametyst i t. d.— Do sekreccyj zaliczyć także należy ciałka mialkie, pyłkowate, nie mające kształtu wyraźnego, stanowiące w skale barwnik, a nasycające ją zazwyczaj tak dokładnie, że tylko pod drobnowidzem można je od masy skalnej odróżnić. Takimi są związki żelaza, które nadają skale barwę żółtą, czerwoną, brunatną lub fioletową; mialko sproszkowane: grafit i bitum, nadające skale barwę ciemno-szarą do czarnej; bardzo drobne luszczyki zielonki (chlorytu) i związki wanadu, nadające skale barwę zieloną i t. d.

Oprócz cząstek mineralów znajdują się w niektórych skałach okruchy innych skał dawniejszych oraz *skamieniałości* czyli *skamieliny*, t. j. szczątki przedwiecznych istot organicznych. Te składniki nie zawsze są przybocznymi; niekiedy należą do składników istotnych skały. W skałach najdawniejszych, zwanych *pierwotnymi* albo *archaicznymi*, skamieniałości niema i dla tego skały te zwane są także *bezszybowymi* (*azoicznymi*).

Skała składająca się z cząstek drobnych (kryształów, ziarn, blaszek i t. d.) jednego tylko mineralu nazywa się *jednostajną* albo *pojedyńczą*, zaś skała złożona z cząstek dwóch lub kilku mineralów nazywa się *niejednostajną* albo *słaboną*. Skałami jednostajnymi są np. wężowiec, kwarc, margiel, dolomit, wapień, gips; niejednostajnymi zaś są np. granit, porfir i t. p. Często można rozpoznać nawet okiem nieuzbrojonym czy skała jest jednostajną czy też niejednostajną. W niektórych jednak skałach niejednostajnych części składowe są tak drobne i tak ściśle z sobą złączone, że można je rozpoznać tylko pod dobrą lupą albo przy pomocy drobnowidza (mikroskopu), wskutek czego skała ma wygląd jednostajnej; takie skały nazywają się *pozornie jednostajnymi* albo *pozornie pojedyńczymi*.

Ze względu na sposób łączenia się z sobą cząstek składających skałę, różniane są dwie główne grupy skał: skały *krystaliczne* i *zlepkowe*. Krystaliczną nazywa się skała złożona ze zrosniętych z sobą ściśle i bezpośrednio cząstek krystalicznych, i zależnie od wielkości tych cząstek może być: *wielokrystaliczną* (*makrokrystaliczną*), *drobnokrystaliczną* (*mikrokrystaliczną*) albo *sbitą*, *skrytokrystaliczną* (*kryptokrystaliczną*). Zlepkową nazywa się skała złożona z okruchów skał dawniejszych, niezrosniętych z sobą bezpośrednio, lecz połączonych, jak gdyby kitem, ciałem innym, stanowiącym *spoiwo* czyli *lepiszcze*. Tak np. granit jest skałą krystaliczną bo składa się ze zrosniętych z sobą ściśle i bezpośrednio cząstek spatu polnego, kwarcu i łyszczyku; piaskowiec zaś

jest skałą zlepkową, gdyż składa się z ziarn piasku, połączonych spoiwem. — Z powyższego określenia wynika bezpośrednio, że wszystkie skały jednostajne (pojedyncze) są skałami krystalicznymi, gdy tymczasem skały niejednostajne (złożone) mogą być albo krystalicznymi, albo też zlepkowymi.

Z minerałów wchodzących w skład skal najważniejszymi są:

1) *Kwarc (kwarciec)* (fr. quartz; n. Quarz), najtrwalszy i najpospolitszy z minerałów; z pomiędzy kamieni zwykłych najtwardszy, uderzany stalą wydaje iskry; w warunkach zwykłych nietopliwy; nie rozpuszcza się w wodzie, ani w zasadach (alkaliach), ani niemal w żadnych kwasach; występuje w licznych odmianach. W stanie krystalicznym występuje niekiedy w krzemieniakach, t. j. w skałach, w których skład wchodzi przeważnie krzem; najczęściej jednak pojawia się w postaci ziarn okrągłych. Daje się z trudnością rozłupywać. Zazwyczaj jest bezbarwny i przezroczysty, często szary z połyskiem olejnym, rzadziej różowy lub czerwony; niekiedy ma barwę czarną, niebieską lub zieloną, lecz przy tych barwach rzadko występuje jako składnik skał. Stanowi część składową skał krzemieńcowych (kwarcytów); wraz ze spatem polnym (feldspatem) występuje przeważnie w granulitach i felzytach (porfirach czerwonych czyli kwarcowych); wraz ze spatem polnym i łyszczykiem (miką) — w granitach i gnejsach; z łyszczykiem samym — w łupkach łyszczykowych, nadto pojawia się we wszystkich piaskowcach i wielu okruhowcach w postaci kamienia kwarcowego (krzemienia). Jako składnik przyboczny występuje często w syenitach i trachytach. Nie pojawia się natomiast nigdy w amfigenach (leucytach), labradorach i sklistynach (augitach). Z powodu trudnej łupliwości może być dokładnie obrabiany, o ile składa się z cząstek nieregularnych, drobno- i równoziarnistych i wtedy daje się dobrze polerować, przyczem przyjmuje połysk piękny i trwały.

Pod względem składu chemicznego kwarc jest krzemionką (dwutlenkiem krzemu), z przymieszką niewielką tlenków żelaza, tytanu i innych pierwiastków metalowych, oraz ciał węglowych.

Ciężar właściwy kwarcu: 2,5—2,8. — Twardość: 7.

Z licznych odmian kwarcu najważniejszymi są: *kwarc pospolity, kryształ górny, ametyst, chalcedon, jaspis, rogowiec, łupek krzemienisty, krzemień i agat*; z tych: chalcedon, jaspis, łupek krzemienisty i krzemień są skrytokrystaliczne. Okruchy różnych odmian kwarcu występują w postaci otoczków i żwiru, albo też tworzą piasek kwarcowy.

Kwarc pospolity jest wółprzezroczysty lub nieprzezroczysty, bezbarwny lub barwy białej w różnych jej odcieniach (*kwarc mleczny*), czerwono-białej do różowej (*kwarc różowy*), żółtej, brunatnej, krwistej lub okrowej (*kwarc żelazisty*), dymno-szarej (*kwarc dymny*), zielonej (*prazem*), niebieskiej (*kwarc szafirowy*), żółtej lub czerwonej z połyskiem migotliwym (*awantury*). Najwięcej rozpowszechnionym i najważniejszym jest *kwarc mleczny*, który występuje w postaci skał, oraz żył w innych skałach, albo też stanowi składnik istotny skał (jak np. w granitach).

Kryształ górny, najczęściej przezroczysty, bezbarwny (*kryształ górny szlachetny*), albo też barwy dymno-szarej (*topaz dymny*) do czarnej (*moryon*), rzadziej żółtej (*cytryn*); występuje niekiedy wewnątrz ziarn kwarcu w marglach, oraz w postaci kryształów w wapieniu ziarnistym i gipsie ziarnistym. Znajduje się głównie w szczelinach i jamach skał kwarcowych, niekiedy w postaci kryształów wielkich, mających przeszło 80 cm długości.

Ametyst, najczęściej barwy fioletowej lub lila, występuje głównie wewnątrz ziarn chalcedonu, agatu i rogowca w migdałowcach i porfirach, nadto w postaci otoczków.

Chalcedon, przeświecający lub nieprzezroczysty, barwy białej do szarej w różnych odcieniach, rzadziej pstry; występuje niekiedy w węzłowcach, głównie jednak napotyka się w szczelinach i komórkach innych skał, oraz jako osad źródeł gorących.

Jaspis, nieprzezroczysty, barwy żywej czerwonej, niebieskawe, żółtej; zawiera glinę; znajduje się w piasku niektórych rzek (np. Nilu).

Rogowiec (zanoklica, zanokcień), nieprzezroczysty, barwy żółtawej, szarej, brunatnej; pospolity; tworzy często warstwy w wapieniu muszlowym.

Łupek krzemienisty czyli *kamień lidyjski (lidy)*, nieprzezroczysty, barwy szarej do niebieskawo-czarnej, często przerośnięty żyłami białymi kwarcu, łupkowy; występuje w postaci skał oraz otoczków; przechodzi stopniowo w łupek gliniany.

Krzemień, nieprzezroczysty, najczęściej połyskujący; barwy dymno-szarej, żółtawej, do brunatnej, czarnej, brudno-czerwonej; występuje w postaci otoczków, tworzy nadto gniazda i warstwy w kredzie.

Agat, różnych barw, występuje w licznych odmianach, głównie w migdałowcach i porfirach, a także w postaci otoczków.

2) *Spat polny* (fr. feldspath; n. Feldspath), zwany także *feldspatem*, *polnikiem*, *polowcem*, *porcelanicem*, *skalaniem*, którego wytwory wietrzenia stanowią istotną część składową ziemi rodzanej, wchodzi w skład wielu skał, zwłaszcza granitów, gnejsów, syenitów i t. d.: zachowuje się obojętnie wobec kwasów: w temperaturze wysokiej topi się na szkło; wchodzi w skład polewy porcelanowej. W skałach występuje najczęściej jako: *ortoz*, *albit* i *plagioklaz*.

a) *Ortoz (ortoklas)* czyli *spat polasowy* (fr. orthose, orthoclase; n. Orthoklas, Kalifeldspath), przezroczysty albo nieprzezroczysty; trudno topliwy; barwy najczęściej białej, przechodzącej podczas wietrzenia w żółtą, czerwoną, ceglastą, szarą, zielonawą; daje się łatwo rozłupywać w dwóch prostopadłych do siebie kierunkach; w powierzchni odłamu ma często połysk perłowy. W skałach występuje przeważnie w postaci kryształów, wyróżniających się kształtem, którego przecięcie podłużne jest sześciokątem nieforemnym, wydłużonym, a przecięcie poprzeczne — czworobokiem, zbliżonym do ukośnika. Kryształy te są widoczne w powierzchniach odłamu kamienia i w powierzchniach szlifowanych. Ortoz z kwarcem występuje w granulitach, z kwarcem i łyszczikiem — w granitach i gnejsach, z amfibolem — w syenitach; z proszkim kwarcowym tworzy masę zasadniczą porfirów. Ortoz nie występuje nigdy razem z labradorem ani sklistynem. Wytworem wietrzenia ortozu jest *ziemia porcelanowa* czyli *kaolin*.

Skład chemiczny ortozu: krzemionki 64,7%, glinki 18,4%, potasu 16,9%.

Ciężar właściwy: 2,5—2,6. — Twardość: 6.

Z odmian ortozu najważniejszymi są:

Ortoz szlachetny czyli *adular* (fr. adulaire; n. Adular, edler Feldspath), przezroczysty albo przeświecający, barwy najczęściej białej, niekiedy z odcieniem niebieskawym (*kamień księżycowy*), albo z odcieniem migotliwym niebieskim i zielonym (*ortoz labradorowy*); tworzy czerepy w granitach, gnejsach i t. d.

Ortoz pospolity, przeświecający albo nieprzezroczysty; barwy najczęściej czerwonej; bardzo rozpowszechniony jako składnik skał, tworzy konkrety w porfirach, sekrecyie zaś i czerepy w granitach, gnejsach, syenitach i t. d.

Ortoz szklisty (spat lodowaty, lodzień, sanidyn, ryakolit) (fr. ryacolite, feldspath vitreux; n. glasiger Feldspath, Sanidin, Rhyakolith), przezroczysty albo przeświecający; bezbarwny, białawy albo szary, nigdy czerwony; w odłamie często z połyskiem szklistym. Występuje w trachytach i dźwiękowcach.

b) *Albit* czyli *spat sodowy* (fr. albite; n. Albit), niekiedy przezroczysty, częściej przeświecający; barwy białej w różnych odcieniach; z połyskiem słabszym niżeli ortoz; łatwiej niżeli ortoz wietrzeje; w kwasach nie rozkłada się. Wraz z ortozem, z którym często bywa zrosnięty, występuje w granitach, gnejsach, syenitach, porfirach i trachytach; niekiedy jednak występuje w skałach, w których niema ortozu, tak np. wraz z amfibolem w zieleńcach, z amfibolem i magnetytem w porfirach czarnych (melafirach); nadto napotyka się w szaroskałach (dolerytach), słupieniach (bazaltach), sklistynach (augitach) i jest w ogóle najczęściej pojawiającym się w skałach spatem polnym. Odmiany: *peryklit* i *perysteryt*.

Skład chemiczny albitu: krzemionki 68,68%, glinki 19,48%, sodu 11,84%.

Ciężar właściwy: 2,59—2,66. — Twardość: 6,0—6,5.

c) *Plagioklaz* jest nazwą zbiorową kilku odmian spatu polnego. Tu należą: oligoklaz, andezyn, labrador, anortyt.

Oligoklas (fr. oligoclase; n. Oligoklas), przeświecający; barwy najczęściej jasnej, białej, szarej, żółtej, czerwonej, zielonej; ma połysk szklisty w powierzchni odłamu; stanowi ważny składnik wielu skał, tak np. z ortozem lub bez ortozu występuje w granitach, gnejsach, syenitach, porfirach, trachytach, zieleńcach i t. d.

Skład chemiczny: krzemionki 64,83%, glinki 22,07%, tlenku wapnia 3,02%, sodu 10,06%.

Ciężar właściwy: 2,6—2,7. — Twardość 6.

Andezyn (fr. andésine; n. Andesin), podobny do oligoklaz; występuje głównie w trachytach.

Skład chemiczny: krzemionki 59,84⁰/₀, glinki 25,46⁰/₀, tlenku wapnia 6,97⁰/₀, sodu 7,73⁰/₀.

Labrador (*labradoryt*) (fr. labradorite; n. Labrador, Labradorit), zazwyczaj przeświecający; rzadko bezbarwny, najczęściej szary, niekiedy białawy lub niebieskawy; z połyskiem żywszym aniżeli ortoz; łatwo wietrzeje. Występuje wraz z sklistynem i zielonką w dyabazach i dyorytach, z sklistynem i magnetytem—w szaroskałach (dolerytach) i słupieniach (bazaltach), nadto znajduje się w gabbro. Nie występuje nigdy w skałach zawierających kwarc lub amfibol.

Skład chemiczny: krzemionki 53,01⁰/₀, glinki 30,07⁰/₀, tlenku wapnia 12,35, sodu 4,57⁰/₀.

Ciężar właściwy: 2,64—2,82.—Twardość: 6.

Anortyt (fr. anorthite; n. Anorthit), przezroczysty lub przeświecający; barwy białej lub szarawo-białej; trudno topliwy; w zgęszczonym kwasie solnym rozkłada się; występuje w gabbro, dyorycie, słupieniu.

Skład chemiczny: krzemionki 43,16⁰/₀, glinki 36,72⁰/₀, tlenku wapnia 20,12⁰/₀.

Ciężar właściwy: 2,71—2,76.—Twardość: 6.

3) *Amfigen* (*leucyt*) (fr. amphigène, leucite; n. Leucit), barwy białej do popielato-szarej, żółtawo-białej, czerwono-białej, rzadziej blado-czerwonej; z połyskiem szklistym w odlamie; o krawędziach przeświecających, rzadziej przezroczysty; łatwo rozkłada się w kwasach. Występuje tylko w skałach wulkanicznych, wraz z ortozem szklistym, sklistynem i magnetytem. Składa się z krzemionki (55,02⁰/₀), glinki (23,40⁰/₀) i potasu (21,58⁰/₀). Ciężar właściwy: 2,46—2,5. Twardość: 5,5—6,0.

4) *Obłocznik* (*nefelin*) (fr. néphéline; n. Nephelin), przezroczysty lub tylko przeświecający w krawędziach; trudno łupliwy; bezbarwny albo też barwy białej, żółtawo-szarej, czerwono-szarej do krwistej, zielonawo-szarej do zielonej, żółtawo-białej do żółtawo-zielonej; z połyskiem szklistym na powierzchniach kryształów i z połyskiem tłustym, woskowym, w odlamie; występuje najczęściej w postaci pięknych kryształów podwójnych, kształtu graniastosłupa sześciobocznego; rozkłada się zupełnie w kwasie solnym. Stanowi składnik szaroskał (dolerytów), law, dźwiękowca, słupienia i t. d.—Odmiana: *eleolit* (fr. éleolite, pierre grasse; n. Eleolit) występuje głównie w syenicie cyrkonowym.

Obłocznik zawiera przeciętnie: krzemionki 41,24%, glinki 35,26%, sodu 17,04%, potasu 6,46%.

Ciężar właściwy: 2,55—2,65.—Twardość: 5,5—6,0.

5) *Sossuryt* (n. Saussurit) jest nazwą zbiorową niektórych wytworów z przemian spatów polnych. Zależnie od gatunku spatu polnego, skład chemiczny i własności sossurytu mogą być różne. Najczęściej sossuryt jest w dotknięciu szorstki, złożenie ma ziarniste lub zbite, odlam nierówny, barwę białawą, zielonawą, niebieskavo-szarą, niekiedy z połyskiem migotliwym, szklistym lub perlowym. Występuje głównie w gabbro.

6) *Łyszczyk* czyli *mika* (*łyszczak*, *błyszczak*) (fr. mica; n. Glimmer). Łyszczyki łupią się na blaszki małe, miękkie i sprężyste, mające połysk perłowy do metalicznego. Układ tych blaszek w skale bywa bardzo rozmaity, np. nieregularny w granitach, równoległy w gnejsach. Od układu blaszek zależy w wysokim stopniu możność obrabiania danego kamienia w kształty ciosów foremnych, płyt i słupów. Kamienie zawierające wiele łyszczyku stosunkowo prędko się zużywają. Ważniejsze odmiany łyszczyków są:

Łyszczyk potasowy czyli *biały* (*muskowit*, *fengit*, *szkło kamienne*, *szkło moskiewskie*, *szkło maryjskie*) (fr. verre de Muscovie, Damourit; n. Kaliglimmer, Muscovit, Marienglas, Moscovitisches Glas), przezroczysty lub przeświecający; bezbarwny lub białawy, często z odcieniem żółtawym, szarawym, zielonawym, czerwonoawym, albo też barwy żółtej, brunatnej, czerwonej, szarej, zielonej; z połyskiem perlстым; znajduje się niekiedy w tafłach wielkich, przezroczystych, mających do 0,5 m szerokości, a branych w miejsce szkła do okien okrętów i do otworów rewizyjnych w piecach hutniczych, częściej jednak występuje w postaci blaszek i łuszczyków, rzadko w postaci kryształów ostrosłupowych i graniastosłupowych. Z pomiędzy łyszczyków najpospolitszy, stanowi składnik wielu ważnych skał; wraz z kwarcem tworzy łupkę łyszczykową, z ortozem i kwarcem stanowi zasadnicze części składowe granitu i gnejsu oraz niektórych trachytów, wraz z wytworami wietrzenia spatów polnych wchodzi w skład łupków ilastych, a z piaskiem kwarcowym występuje w wielu piaskowcach.

Skład chemiczny: krzemionki 45,20%, glinki 38,46%, potasu 11,82%, wody 4,52%.

Ciężar właściwy: 2,76 — 3,1.—Twardość: 2,0 — 3,0.

Odmiana: *serycyt*, występuje jako składnik w gnejsach i niektórych łupkach łyszczykowych.

Łyszczyk magnezowy (łojkowy) czyli czarny (biotyt) (fr. mica magnésien, biotite; n. Magnesglimmer, Biotit, Meroxen), przeświecający lub nieprzezroczysty, w blaszkach cienkich niekiedy przezroczysty; barwy zielonej, żółtej, czerwono-żółtej do czerwonej, brunatnej, szarej, czarnej; wietrzeje łatwiej aniżeli łyszczyk biały. Występuje jako składnik wielu skał; w granitach stanowi część składową, nie dającą się polerować; w syenitach, gnejsach, porfirach i zieleńcach zastępuje często amfibol, od którego różni się mniejszą twardością i połyskiem perlistym lub metalicznym; występuje nadto w trachytach, dźwiękowcu, słupieniu, szaroskałach i łupku łyszczykowym.

Skład chemiczny: krzemionka, glinka, tlenek magnezu, tlenek żelaza, potas, woda, w ilościach zmiennych.

Ciężar właściwy: 2,7 — 3,2. — Twardość: 2,5 — 3,0.

Odmiana: *margaryt* (fr. margarite; n. Margarit, Perlglimmer, Kalkglimmer), występuje w niektórych skałach wraz z zielonką lub korundem.

Łyszczyk litynowy czyli łuszczkowiec (fr. mica violet; n. Lithionglimmer) występuje w dwóch odmianach, jako *lepidolit* (fr. lépidolite; n. Lepidolith) i *cyruwaldyt* (n. Zinnwaldit), różni się od łyszczyku białego tylko przez niewielką zawartość litynu, rubidu, cesu i fluoru; stanowi niekiedy składnik granitu.

Ciężar właściwy: 2,8 — 3,2. — Twardość: 2 — 3.

7) *Amfibol* czyli *hornblenda* (fr. amphibole; n. Amphibol, Hornblende), wółprzezroczysty albo nieprzezroczysty, rzadko barwy jasno-wodnistej lub białej, najczęściej barwy ciemnej: zielonej, brunatnej, szarej i czarnej; znajduje się zazwyczaj w postaci kryształów, kształtu graniastosłupów wydłużonych, zakończonych u góry daszkiem i mających na powierzchni rozłupania żywy połysk szklisty lub perłowy; po silnym rozżarzeniu przyjmuje postać sklistynu. W skałach występuje najczęściej wraz z ortozem, albitem i kwarcem, zaś nigdy z labradorem; stanowi masę zasadniczą skały amfibolowej i łupków amfibolowych; napotyka się nadto w niektórych granitach, syenitach, porfirach, trachytach, słupieniach, zieleńcach, szaroskałach, dolomitach i wapieniach.

Skład chemiczny bardzo zmienny, przeciętnie zawierają amfibole: krzemionki 48,24⁰/₀, glinki 10,01%, tlenniku żelaza 14,45%, tlenku magnezu 16,06%, tlenku wapnia 11,24%; nadto w skład amfibolów wchodzi często tlenek żelaza.

Ciężar właściwy: 2,8 — 3,4. — Twardość: 5 — 6.

Najważniejsze odmiany amfibolu są:

Tremolit (grammatyt, kalamit) (fr. tremolite, grammatite; n. Tremolit, Grammatit, Calamit), barwy białej, szarej, jasno-zielonej; napotyka się głównie w wapieniu krystalicznym i dolomicie.

Promieniec (aktynol) (fr. actinote; n. Strahlstein, Aktinolith), barwy zielonej, popielato-zielonej, brunatnej i czarnej; napotyka się w łupku magnezowym, zielonkowym i łyszczykowym, oraz w wapieniu ziarnistym i w niektórych skałach rudonośnych; stanowi masę zasadniczą niektórych łupków amfibolowych.

Hornblenda pospolita (n. hornblende; n. gemeine Hornblende), barwy brudno-zielonej, ciemno-oliwkowej; napotyka się w bardzo wielu skałach, najczęściej w granicie syenitowym, syenicie, zieleńcach, trachytach, lawach, łupkach zielonkowych i łyszczykowych, wapieniu krystalicznym i skałach rudonośnych; stanowi masę zasadniczą skały amfibolowej i wielu łupków amfibolowych.

Hornblenda słupieniowa (bazaltowa) (n. basaltische Hornblende), barwy brunatno-czarnej; znajduje się często w słupieniu, trachytach i dolerycie.

Azbest (amiant, len górny, drzewo górne, korek górny, miętusia) (fr. amiante, asbeste; n. Amiant, Asbest, Bergkork, Bergleder, Bergholz, Bergflachs, Hanferz), występuje w kryształach bardzo cienkich, włoskowatych, tworzących niekiedy masę włóknistą albo pilśniową, miękką; barwę ma białą albo zieloną; w węzłowcu tworzy często grube żyły; napotyka się nadto w żyłach i szczelinach różnych skał.

Nerkowice (nefryt) (fr. néphrite; n. Nephrit, Beilstein, Nierenstein) jest hornblendą miążką, zbitą, barwy zielonej; występuje w Azji i na Nowej Zelandyi, w postaci skały podobnej do wężowca; od najdawniejszej starożytności używany był na wyroby ozdobne.

8) *Pyroksen* (fr. pyroxène; n. Pyroxen), najczęściej barwy zielonej, a także brunatnej, szarej, czarnej, rzadko bezbarwny lub biały; z połyskiem szklistym lub migotliwym; występuje najczęściej w postaci kryształów graniastostłupowych, łupliwych, rzadziej w postaci ziarn; pod względem składu i wyglądu zbliżony do amfibolu; napotyka się wraz z albitem i labradorem w dyabazach, porfirach czarnych (melafirach), trachytach i słupieniach; nie pojawia się nigdy z ortozem ani kwarcem, natomiast niekiedy z magnetytem.

Skład chemiczny bardzo zmienny; przeciętnie zawierają pyrokseny: krzemionki 46,57⁰/₀, glinki 10,00⁰/₀, tleniku żelaza 13,96⁰/₀, tlenku magnezu 7,75⁰/₀, tlenku wapnia 21,72⁰/₀.

Ciężar właściwy: 2,9 — 3,5. — Twardość: 5 — 6.

Odmiany ważniejsze są:

Sklistyn czyli *augit* (fr. augite; n. Augit), najczęściej barwy czarnej do brudno-zielonej; stanowi ważny i często napotykaną składnik wielu skal, zwłaszcza dyorytu, dyabazu, porfiru czarnego, trachytu, słupienia; występuje nadto w postaci skały sklistynowej (augitowej). Do sklistynów zaliczają *omfacyt*.

Dyopsyd (fr. diopside; n. Diopsid), najczęściej barwy białawej lub jasno-zielonej, niekiedy bezbarwny; występuje w omfacytach i szmargdytach.

Malakolit, barwy zielonej, często ciemno-zielonej, rzadko żółtej i brunatnej; występuje głównie w syenicie, wapieniu ziarnistym i skałach rudonośnych. Do malakolitów należą: *hedenbergit* (fr. hedenbergite; n. Hedenbergit), barwy zielono-czarnej, oraz *salit*, *fassait*, *baikalit* i *azbest pyroksenowy*.

9) *Mignik (diallag, bastyt)* (fr. Diallage; n. Diallag, Schillerspath), składem zbliżony do pyroksenu; ma barwę szarą w różnych odcieniach, a także zieloną do tombakowo-brunatnej; w kwasie solnym nie rozkłada się; występuje najczęściej w grubych tablicach, łupiących się łatwo na blaszki cienkie, niesprężyste, mające połysk perłowy albo metaliczny. Wraz z labradorem stanowi zasadniczą część składową eufodytów (gabbro); występuje nadto w wężowcu.

Ciężar właściwy: 3,2 — 3,4. — Twardość: 4.

Odmiany: *Smaragdyt* (fr. smaragdite, diallage vert-clair; n. Smaragdit), barwy jasno-zielonej, występuje w gabbro. *Spizowiec* czyli *bronzyt* (fr. bronzite; n. Bronzit), barwy ciemno-bronzonej, oliwkowej i ciemno-zielonej, prawie czarnej, występuje w skale mignikowej, wężowcu, porfirze czarnym i niektórych słupieniach.

10) *Hypersten (paulit)* (fr. hypersthène; n. Hypersthen, Labradorische Hornblende, Paulit), barwy zielonej i brunatnej do czarnej, często z połyskiem miedziano-czerwonym; w kwasach nie rozkłada się; z plagioklazem tworzy skalę hyperstenową (hyperstenit); jako składnik występuje w gabbro, porfirze czarnym i niektórych trachytach; napotyka się nadto w postaci otoczków.

11) *Zielonka (zieleń)* czyli *chloryt* (fr. chlorite; n. Chlorit) występuje w postaci tabliczek, albo też nagromadzeń tablic lub blaszek, nadto w postaci mas jednostajnych, łupkowatych; rozłupuje się na blaszki bardzo cienkie, miękkie i giętkie, lecz niesprężyste; barwę ma zieloną w różnych odcieniach od zielonawo-białej do czarnawo-zielonej, z połyskiem słabo szklistym lub woskowym, a na powierzchniach łupliwości — perłowym; cienkie blaszki są niekiedy przezroczyste lub przeświecające. Z kwarcem albo bez kwarcu tworzy lupek zielonkowy (chlorytowy); zastępuje lyszczyk w niektórych granitach, syenitach i łupkach lyszczykowych, zaś lojek — w niektórych łupkach lojkowych; w postaci proszku bardzo miękiego nasycza niektóre skały (np. dyabazy), nadając im barwę zieloną. Odmianami chlorytu są *pennin* i *klinochlor (rypidolit)*.

Ciężar właściwy: 2,8 — 3,0. — Twardość: 1 — 1,5.

12) *Łojek* czyli *talk* (fr. talc; n. Talk), krystaliczny, występuje zazwyczaj w postaci nagromadzeń tabliczek pogiętych, skorup lub łuszczyk; jest miękki i giętki, w dotknięciu tłusty; rzadko bezbarwny lub biały, najczęściej ma barwę zieloną w różnych odcieniach, z połyskiem perłowym lub woskowym. Odmiana skrytokrystaliczna, pozornie zbita, nosi nazwę *stoninca (stoninnika)* czyli *steatytu (kredy hiszpańskiej)* (fr. stéatite, blanc d'Espagne, craie de Briançon; n. Steatit, Speckstein), barwy białawej. Łojek występuje w postaci skal, tworząc łupki lojkowe; zastępuje lyszczyk w granicie protoginowym; napotyka się nadto w wężowcu i w skałach rudo-

nośnych. Słoniniec tworzy buły, gniazda i warstwy w niektórych skałach, zwłaszcza w łupku łyszczykowym.

Skład chemiczny łojku: krzemionki 63,52%, tlenku magnezu 31,72%, wody 4,76%.

Ciężar właściwy: 2,6 — 2,8. — Twardość łojku: 1, słońca: 1,5.

Łojek używany jest do krycia dachów; w przemyśle ma liczne zastosowania jako smar do maszyn, jako materiał do wyrobów garncarskich i t. d.

13) *Węzowiec* czyli *serpentyń*, zwany także *ofitem* (fr. serpentine, ophiolite; n. Serpentin, Schlangenstein, Ophit), przeświecający lub nieprzezroczysty, zbity i skrytokrystaliczny do ziarnistego; barwy przeważnie zielonej i żółto-zielonej do żółtej, a także zielonawo-białej do żółtawo-białej, zielonawo-czarnej, zielonawo-czerwonej, brunatnawo-zielonej do brunatnej, rzadziej czerwonej; często pstry z plamami, żyłami, smugami, pasami i t. d.; z połyskiem słabo-woskowym lub jedwabnym. Występuje w postaci skały, tworzącej wielkie pokłady, a także kłęby i żyły; niekiedy napotyka się jako część składowa innych skał, zwłaszcza niektórych wapieni. Daje się łatwo obrabiać i pięknie polerować; z tego powodu używany jest na wyroby ozdobne, a dla ogniotrwałości znajduje zastosowanie w piecach wielkich. — Na wyroby ozdobne brany jest głównie *węzowiec szlachetny* (fr. serpentine noble; n. edler Serpentin), wyróżniający się większym stopniem przeświecania, barwami czystszy i jaśniejszy i odłamem muszlowym połyskującym. — Inne odmiany: *mormolit*, *antygoryt*, *chryzotyl* czyli *azbest węzowcowy*, *metaksyt*, *szwajceryt*.

Skład chemiczny: krzemionki 43,50%, wody 13,04%, tlenku magnezu 43,46%.

Ciężar właściwy: 2,5—2,7. — Twardość: 3—4.

14) *Dysten* (fr. disthène; n. Disthen), przezroczysty lub przeświecający w krawędziach; bezbarwny albo biały, niebieski, zielony, żółty, czerwony, szary; z połyskiem szklistym, a na ścianach łupliwości — perłowym; pojawia się w postaci kryształów graniastostupowych, wydłużonych. Odmiana: *blekitiec* (*cyanit*) (fr. cyanite; n. Cyanit), barwy szafirowo-blekitnej. Dysten występuje niekiedy w pokładach grubych; z granatem tworzy skałę *cyanitową*; jako składnik znajduje się w granicie, głównie zaś w łupku łyszczykowym.

Skład chemiczny: krzemionki 37,02%, glinki 62,98%.

Ciężar właściwy 3,5—3,7. — Twardość: 4—7.

15) *Granat* (fr. grenat; n. Granat), przezroczysty, często tylko przeświecający albo nieprzezroczysty, topliwy, występuje w postaci pięknych kryształów, niekiedy zaś w postaci ziarn kanciastych lub okrągłych. Barwę ma zazwyczaj piękną. Stanowi składnik niektórych skał krystaliczno-ziarnistych i łupkowych, najczęściej jednak napotyka się w granicie, węzowcu, gnejsie, granulicie, wapieniu ziarnistym, ławach, trachytach, łupku łyszczykowym, łupku zielonkowym i eklogicie (omfacycie); wraz z hornblendą i magnetytem tworzy skałę granatową. Odmiany czyste, przezroczyste, cenione są jako kamienie drogic.

Granaty są krzemianami o składzie bardzo zmiennym. — Ciężar właściwy 3,15—4,3. — Twardość 6,5—7,5.

Odmiany ważniejsze są: *Granat biały*, barwy wodnisto-jasnej lub białej. *Granat szlachetny* (*almandyn*) (fr. almandin; n. Almandin, edler Granat), barwy pięknej czerwonej, niekiedy czerwono-brunatnej, często z odcieniem niebieskawym lub żółtawym; stanowi składnik węzowca, gnejsu, łupku łyszczykowego, eklogitu i t. d. *Cynamiec* (*hessonit*, *kanele*) (fr. succinit, xanthine; n. Hessonit, Kaneelstein, Zimmtstein), barwy żółtej do cynamonowo-brunatnej. *Agrestnik* (*grossular*) (fr. grossulaire; n. Grossular), barwy zielonej. *Granat pospolity*, najczęściej barwy brunatnej, niekiedy żółtej i zielonej, znajduje się w węzowcu, łupku łyszczykowym, gnejsie, granicie i t. d.; stanowi jedną z zasadniczych części składowych skały granitowej. *Topazolit*, barwy żółtej. *Melanit* (fr. melanite; n. Melanit), barwy czarnej, znajduje się w skałach wulkanicznych, wapieniu ziarnistym i skałach rudonośnych. *Pyrop* czyli *granat czeski*, krwisty; wkropiony w węzowcu w postaci ziarn okrągłych; występuje także w postaci ziarn luźnych, między innymi w piaskach pomiędzy Wieprzem a Wisłą. *Kołofonit*, barwy żółtej i brunatnej; w skałach rudonośnych.

16) *Epidot* (*pistacyt*) (fr. épidote; n. Epidot, Pistazit), przezroczysty lub przeświecający, niekiedy nieprzezroczysty, barwy przeważnie zielonej, żółtawej do brunatnawo-zielonej, żółtej, brunatnej, szarej, rzadziej czerwonej lub czarnej; z połyskiem szklistym, perłowym lub dyamentowym. Tworzy często czerepy w szczelinach, rysach i żyłach innych skał; przecina w postaci cienkich żyłek granity Tatr przy Morskiem Oku, na Krywanii oraz w Magórcie i Bocea, nadto

w dolinie Bystrzycy na granicy Bukowiny; stanowi składnik granitu, gnejsu, syenitu, zieleńców, wapienia ziarnistego i t. d.

Epidot jest krzemianem glinu i wapnia, o składzie zmiennym, zawiera zawsze tlenek żelaza.

Ciężar właściwy: 3,3—3,5. — Twardość: 6—7.

Odmiana: *zoizyt* czyli *epidot biały*, barwy białawej do szarej, żółtej, zielonej, rzadziej czerwonej; występuje jako składnik w skałach krzemieńcowych, eklogicie i t. d.

17) *Perydot* (fr. *péridot*; n. *Peridot*) występuje głównie w dwóch odmianach, jako *oliwiec* i *chryzolit*.

Oliwiec (*olwin*) (fr. *olivine*; n. *Olivin*), przezroczysty, przeświecający lub nieprzezroczysty, barwy najczęściej oliwkowo-zielonej, która podczas wietrzenia przechodzi w żółtą, brunatną lub czerwoną; stanowi składnik znamienny słupienia, porfiru czarnego, gabbro; napotyka się nadto w łupku lojkowym, dolomicie, szaroskałach, lawach, meteorytach i t. d., oraz w postaci ziarn luźnych, okrągłych, pokrytych powłoką czarną, w ziemi ornej i w piaskach, między innymi w wielu miejscowościach Królestwa Polskiego, gdzie lud uważa kamienie te za kule spadłe z nieba.

Chryzolit (fr. *chrysolite*; n. *Chrysolith*) występuje w luźnych kryształach i ziarnach w Egipcie, Małej Azji i Brazylii; przezroczysty, barwy pięknej jasno-zielonej; ceniony jako kamień drogi.

Skład chemiczny perydotów: krzemionki 40,98⁰/₀, tlenku magnezu 49,18⁰/₀, tlenniku żelaza 9,84⁰/₀.

Ciężar właściwy: 3,19—3,50. — Twardość: 6—7.

18) *Tytanit* (*sfen*) (fr. *sphène*, *titanite*; n. *Titanit*, *Sphen*), barwy żółtej do brunatnej, zielonej, rzadziej czerwonej; stanowi składnik granitu, syenitu, gnejsu, dyorytu, dźwiękowca, wapienia krystalicznego i t. d.

Skład chemiczny: krzemionki 30,27⁰/₀, kwasu tytanowego 41,51⁰/₀, tlenku wapnia 28,22⁰/₀.

Ciężar właściwy: 3,4—3,6. — Twardość: 5,0—5,5.

19) *Turmalin* (*skoryl elektryczny*) (fr. *tourmaline*; n. *Turmalin*, *Schörl*, *Aschenzieher*) rzadko bezbarwny, najczęściej czarny, a także szary, żółty, brunatny, zielony, czerwony, niebieski, niekiedy pstry; z połyskiem szklistym. Odmiany przezroczyste, barwy pięknej, poezytują się za kamienie drogic. Występuje jako składnik w granicie, gnejsie, łupku łyszczykowym, łupku zielonkowym, łupku lojkowym, wapieniu ziarnistym, dolomicie. Z kwarcem tworzy skały, jak skalę turmalinową, lupek turmalinowy, skalę topazową.

Turmalin jest krzemianem, składu bardzo złożonego i zmiennego, zawierającym kwas borny, a także fluor i glinę.

Ciężar właściwy: 2,94—3,25. — Twardość: 7,0—7,5.

20) *Staurolit* (*staurolit*, *granatyt*) czyli *krzyżeń* (fr. *staurotide*, *croisette*; n. *Staurolith*, *Taufstein*), przeświecający lub nieprzezroczysty; barwy brunatnej do czarnawo-brunatnej; z połyskiem szklistym. Znajduje się jako składnik w łupku łyszczykowym, łupku gliniwym.

Ciężar właściwy: 3,3—3,8. — Twardość: 7,0—7,5.

21) *Glaukonit* (fr. *glauconie*; n. *Glaukonit*), barwy zielonej; występuje przeważnie w postaci ziarn drobnych, już to luźnych, tworzących piasek, już to wkropionych w różne skały wapienne, piaskowcowe, gliniaste, zwłaszcza formacji kredowej i formacji trzeciorzędowych.

22) *Dolomit* (fr. *dolomie*; n. *Bitterspath*, *Braunspath*, *Perlspath*, *Bitterkalk*), bezbarwny lub biały, często szary, żółty, brunatny, czerwony, zielony lub czarny; rozkłada się w kwasie solnym. Tworzy skalę dolomitową; występuje w postaci żył w innych skałach, oraz jako składnik w wapieniu, marglach i t. d.

Skład chemiczny: węgla magnezu 45,65⁰/₀, węgla wapnia 54,35⁰/₀.

Ciężar właściwy: 2,8—3,0. — Twardość: 3,5—4,5.

23) *Spat wapienny* (*kalcyt*) (fr. *spath calcaire*; n. *Kalkspath*, *Calcit*, *Kalk*), węgiel wapnia, występuje w postaci kryształów różnego kształtu, a także w postaci skał krystaliczno-ziarnistych (*wapień krystaliczny* czyli *marмур*), zbitych (*wapień zbity*), ziemistych (*kreda*), rzadziej w postaci mas włóknistych (*wapień włóknisty*); w stanie czystym bezbarwny, najczęściej jednak przez domieszki najrozmaiciej zabarwiony; w kwasach burzy się. Odmiana przezroczysta: *spat islandzki* (fr. *spath d'Islande*; n. *Isländischer Doppelspath*). Spat wapienny jest obok kwarcu minerałem najpospolitszym; w licznych odmianach tworzy całe pasma gór; występuje we wszystkich formacjach.

Ciężar właściwy: 2,5—2,8. — Twardość: 3.



MD. 143

24) *Aragonit* (fr. arragonite; n. Aragonit, aragonischer Kalkspath) różni się od spatu wapiennego kształtem kryształów; przezroczysty lub przeświecający; bezbarwny, biały, czerwony, zielony, fioletowy. Tworzy grochowce i wapień piankowy; stanowi osad niektórych źródeł gorących, zwłaszcza w Karlsbadzie (*kamień sprudłowy*); tworzy czerepy w słupieniu; występuje jako składnik w gipsie i glinie oraz w niektórych skałach rudonośnych.

Aragonit jest węglanem wapnia; zawiera często w niewielkiej ilości węglan strontu, rzadziej węglan ołowiu (*tarnowicyt* pod Tarnowicami na Szląsku pruskim) i węglan magnezu.

Ciężar właściwy: 2,8—3,0. — Twardość: 3,5 — 4,0.

25) *Mylnik* czyli *apatyt* (*agustyt*) (fr. apatite; n. Apatit, Agustit), przezroczysty, przeświecający lub nieprzezroczysty; bezbarwny lub biały, często szary, niebieski, zielony, żółty, czerwony, brunatny; z połyskiem szklistym; występuje w kryształach słupowych; często w postaciach nerkowatych (*stafelit*), lub w bryłach ziarnistych, włóknistych, ziemistych (*fosforyt* i *osteoit*). Odmiana barwy jasno-zielonej nosi nazwę *szparagowca* (fr. asparagolite; n. Spargelstein). Mylnik tworzy czerepy, gniazda, żyły, w różnych skałach; stanowi składnik granitu, syenitu, trachytów, słupienia, dźwiękowca, łupku łojkowego; w pokładach występuje jako fosforyt i stafelit.

Skład chemiczny: tlenku wapnia 49,98⁰/₀, kwasu fosforowego 42,26⁰/₀, wapnia 3,97⁰/₀, fluoru 3,79⁰/₀.

Ciężar właściwy: 2,92—3,25. — Twardość: 5.

26) *Boracyt* (fr. boracite; n. Boracit), boran magnezu; bezbarwny, biały, żółtawy, szarawy, zielonawy; w kwasach rozpuszcza się; topliwy. Napotyka się jako składnik w gipsie. Odmiana: *stassfurtyt*.

Ciężar właściwy: 2,9—3,0. — Twardość: 7.

27) *Brzemień* (*baryt*) czyli *spat ciężki* (*brzemiospat*) (fr. barytine; n. Baryt, Schwerspath), przezroczysty, przeświecający albo prawie nieprzezroczysty; bezbarwny albo biały, często żółtawo-biały, żółty, czerwono-biały, czerwony, brunatny, szary, rzadziej niebieskawo-biały, niebieski, zielony; trudno topliwy. Występuje w wielkich masach. Odmiana włóknista nosi nazwę *kamienia bolońskiego*.

Ciężar właściwy: 4,3—4,7. — Twardość: 3,0—3,5.

28) *Niebieskiec* czyli *modryn* (*celestyn*) (fr. célestine; n. Coelestin), siarczan strontu; przezroczysty, przeświecający albo nieprzezroczysty; bezbarwny, biały, niebieski, rzadziej czerwony; występuje głównie w kopalniach siarki i soli.

Ciężar właściwy: 3,9—4,0. — Twardość 3,0—3,5.

29) *Gips*, wodny siarczan wapnia, występuje w ogromnych pokładach; kryształy gipsu napotyka się w glinach, marglach, piasku, torfie i ziemi rodzajnej. Odmiana: *bezwodny* (*anhydryt*), bezwodny siarczan wapnia.

Nadto znajdują się w różnych skałach: *sól kopalna* (w glinach, marglach, dolomitach, gipsie oraz w lawach); *siarka* (w postaci ziarn wkropionych oraz gniazd i warstw w gipsie, marglu, wapieniu); *grafit*, zazwyczaj zanieczyszczony przez tlenek żelaza, tlenek wapnia, glinę, krzemionkę (w postaci ziarn wkropionych, gniazd i warstw, w łupkach, wapieniach, porfirach; jest składnikiem zasadniczym skał grafitowych); *łutwotopek* czyli *kryolit* (w granitach, syenitach); *łopnik* czyli *fluspat* (*fluoryt*) (rzadko tworzy skały; często występuje wraz z brzemieniem w skałach rudonośnych); *beryl* (*szmaragd*) (w granicie, gnejsie, łupku lyszczykowym); *szłoto* (w granicie, trachytach, łupku glinianym, łupku lyszczykowym, łupku łojkowym, piaskach dyluwialnych i aluwialnych); *platyna* (wraz ze złotem w piaskach napływowych); *antracyt* (*błyszcz węgle*) (w szarowacie, łupku glinianym, łupku krzemionkowym i t. d.). Ważnymi składnikami wielu skał są też *żelaziaki*, zwłaszcza *magnetyt*, *iskrzyk*, *żelaziak brunatny*, *żelaziak czerwony*. Magnetyt występuje w postaci wielkich mas zbitych, a jako składnik skał w postaci wkropionych drobnych ziarn czarnych, zwłaszcza w granicie, syenicie, gnejsie, łupku zielonkowym, łupku łojkowym i t. d. Iskrzyk znajduje się w postaci drobnych ziarn i blaszek, przeważnie w zielenicach i łupkach; pod wpływem tlenu powietrza i wilgoci zamienia się na siarczan żelaza (witryol żelazny) i wskutek tego ujemnie wpływa na trwałość kamienia, którego część składową stanowi. Żelaziak czerwony (hematyt) tworzy warstwy i żyły w granicie, gnejsie, łupkach i wapieniach; w niewielkiej domie-

szcze stanowi barwnik wielu mineralów; z krzemionką tworzy krzemień, z gliną tworzy żelaziak czerwony ilowy, zaś z wapnem — porfir bezkwarcowy, lyszczykowo-syenitowy (*minet*). Żelaziak brunatny z gliną tworzy rudę żelazną brunatną gliniastą i okrowatą, zaś zanieczyszczony przez domieszkę gliny, piasku, kwasu fosforowego i siarki, tworzy rudę darniową i bagnistą.—Związkiem tlenowym żelaza zawdzięcza wiele skal piękne zabarwienie, często jednak z ujmą dla trwałości.

3) *Budowa wewnętrzna czyli złożenie skał*. Zasadnicze własności techniczne skały, jej wygląd zewnętrzny, sposoby wydobywania i obrabiania, a także wytrzymałość i trwałość, są zależne nie tylko od własności mineralów wchodzących w skład danej skały, lecz także i to przeważnie od kształtu i wielkości jej składników, oraz od sposobu ich skupienia i wzajemnego ułożenia względem siebie. Sposób skupienia i wzajemnego ułożenia względem siebie cząstek, tworzących dany kamień, nazywa się jego *budową wewnętrzną* albo *złożeniem* (fr. texture, structure; n. Gefüge, Textur, Struktur).

Pod względem kształtu rozróżniamy: a) *złożenie ziarniste* (fr. texture granulaire; n. körniges Gefüge), gdy cząstki są okrągłe lub mają kształt wielościanów foremnych; b) *złożenie blaszkowate* albo *luskowe* (fr. texture lamellaire; n. blättriges Gefüge), gdy części składowe są płaskie; c) *złożenie łupkowe* (fr. texture schisteuse; n. schieferiges Gefüge), gdy blaszki przechodzą w całej masie równoległe do siebie; d) *złożenie mieszane* (fr. texture mixte; n. gemischtes Gefüge), gdy pomiędzy częściami ziarnistymi przechodzą blaszki równoległe, które przylegając do ziarn przyjmują kształt falisty; e) *złożenie włókniste* (fr. texture fibreuse; n. sehniges Gefüge), oraz *iglaste* lub *pręcikowe* (fr. texture bacillaire; n. stangenförmiges Gefüge), gdy części składowe mają kształt wydłużony w jednym kierunku, przy stosunkowo małym przekroju poprzecznym.—Złożenie ziarniste widzimy np. w marmurze karraryjskim; łupkowe — w łupkach; mieszane często w gnejsach; włókniste — w marmurach oniksowych czyli t. zw. alabastrach wschodnich. W skałach krystalicznych niejednostajnych, przeważa w zasadzie złożenie płaskie, blaszki i luski, pomiędzy którymi układają się równoległe części ziarniste i pręcikowe.

Pod względem wielkości, części składowe przedstawiają niezliczone stopniowania, od okazów mających po kilka stóp do bardzo drobnych dających się rozpoznać tylko pod dobrym drobnowidzem. W złożeniu ziarnistym rozróżnia się zazwyczaj złożenia: *wielkoziarniste*, *gruboziarniste*, *drobnoziarniste* i *mialkoziarniste*. Jeżeli składniki są tak małe, że ich okiem nieuzbrojonym odróżnić nie można, to złożenie nazywa się *zbitem* albo *skrytoziarnistym* (fr. structure compacte; n. dichtes Gefüge).

Gdy składniki są tak ściśle z sobą spojone, iż skała przedstawia się jako masa jednostajna, bez żadnych śladów ustroju krystalicznego, jak w łupku opalowym i obsydianie, złożenie nazywa się *bezpостaciowem* lub *amorficznem* (fr. structure amorphe; n. amorphes od. gestaltloses Gefüge); gdy zaś składniki są tak słabo z sobą spojone, że rozcierają się w palcach czyli łatwo oddzielają się od siebie, jak w kredzie, złożenie nazywa się *ziemistym* (fr. structure terreuse; n. erdige Struktur).

W masie skały ziarnistej, zbitej i bezpostaciowej, znajdują się niekiedy oddzielne kryształy lub ziarna krystaliczne jednego lub kilku gatunków mineralów.

Złożenie takie nazywa się *porfirowem* (fr. structure porphyrique; n. Porphyr-Struktur); występuje ono typowo w porfirach; tak np. porfir czarny (melafir) zawiera kryształy labradorowe zabarwione augitem; porfir kwarcowy obfituje w kryształy ortozu i t. d.

Niektóre skały złożone są z małych kulek ściśle złączonych spoiwem. Kulki te są wewnątrz albo zbite albo też przedstawiają współśrodkowe skorupy, przecięte cienkimi włóknami, rozchodzącymi się promienisto ze środka. Złożenie to, podobne do ikry rybiej, nazywa się *ikrowem* albo *oolitycznem* (fr. structure oolitique; n. oolitische Struktur); widzimy je w wielu wapieniach, zwanych *ikrowcami* (*oolitami*). Odmianą tego złożenia jest *złożenie grochowe* czyli *pisolitowe* (fr. structure pisolitique; n. Erbsenstein-Struktur), w którym kulki wielkości grochu przedstawiają budowę skorup współśrodkowych z promieniami włóknistymi. Wewnątrz tych kulek znajdują się często ciała obce, np. ziarnka piasku, drobne okruszyny granitu, spatu polnego i t. p. Skały o takim złożeniu nazywają się *grochowcami* (*pisolitami*). Przykład złożenia grochowego widzimy w t. zw. *kamieniach karlsbadzkich*, tworzących się w gorących źródłach Karlsbadu.

Ponieważ złożenie rozpoznaje się na powierzchni świeżego odlamu skały, przeto mówi się też często o *odłamach* ziarnistych, zbitych i t. d. Nadto ze względu na ogólny kształt powierzchni odlamu, rozróżnia się odłam *płaski* czyli *równy* (fr. cassure plane; n. ebener Bruch), którego powierzchnia jest gładką i płaską, *muszłowy* (fr. cassure conchoïdale; n. muschelartiger Bruch) i *nierówny* (fr. cassure inégale), którego powierzchnia nie jest gładką. Odłam muszłowy, zależnie od głębokości wgłębień i wysokości części wypukłych, może być *muszłowym głębokim* (*doskonałym*), albo też *muszłowym płytkim* (*niedoskonałym*). Odłam nazywa się *haczykowatym* (n. hackiger Bruch), gdy na powierzchni jego widoczne są małe kolce, zagięte w końcach haczykowato; zaś *sadziorowatym* (fr. cassure esquilleuse; n. splitteriger Bruch), gdy na powierzchni odlamu widoczne są małe drzazgi, nieodłączone od masy skalnej.

Niekiedy odłam ma wygląd powierzchni spiekłej, szklistej i wtedy nazywa się *szklistym* (fr. cassure vitreuse; n. glasiger Bruch); niekiedy znowu jest jakby złożony z drobnych kryształków i wtedy nazywa się *cukrowym* (fr. cassure saccharoïde; n. zuckeriger Bruch).

Cząstki mineralne nie wypełniają całej objętości skały; w każdej skale są więc pory, t. j. przestrzenie wolne pomiędzy cząstkami ją składającymi. Gdy pory są bardzo małe i nie mogą być rozpoznawane okiem nieuzbrojonym, skała nazywa się *ściśłą*; gdy zaś pory można zobaczyć okiem nieuzbrojonym, skała nazywa się *porowatą* (fr. roche poreuse; n. poröses Gestein). Jeżeli w skale znajdują się przestrzenie próżne, kuliste, niewielkie, to złożenie nazywa się *dziurkowatym* (fr. structure poreuse; n. poröse Struktur); gdy te przestrzenie próżne są większe, kuliste lub kształtu nieregularnego, powstaje złożenie *komórkowe* (fr. structure caverneuse; n. zellige Struktur); gdy wreszcie te przestrzenie próżne mają kształt elipsoidalny i są nieliczne, złożenie przyjmuje nazwę *pecherszykowego* (fr. structure cellulaire; n. blasige Struktur). Gdy przestrzenie próżne, rozmaitych kształtów, zajmują większą część objętości skały, powstaje *złożenie szałowe* (fr. stru-

cture de scorie; n. schlackige Struktur), które widzimy w wielu lawach; a gdy te przestrzenie są jeszcze większe, tak, iż masa kamienna stanowi jedynie cienkie ścianki, jak np. w pumeksie, złożenie nazywa się *gąbkowem* albo *piankowem* (fr. structure spongieuse ou écumeuse; n. schwammige od. schaumige Struktur). Niekiedy przestrzenie próżne mają kształt wydłużony i nieco spłaszczony, podobny do migdałów; złożenie takie nazywa się *migdałowem* (fr. structure d'amygdaloïde; n. Mandelstein-Struktur); najczęściej w złożeniu tem przestrzenie owe są zapełnione obcą masą mineralną, a wtedy skała zowie się *migdałowcem* albo *migdałnikiem*.

Porowatość skały ma wpływ na jej własności techniczne i higieniczne. W porach kamienia bowiem skraplają się pary atmosferyczne, a nagromadzona woda zamarzając może kamień rozsadzić; porowatość jednak jest pożądaną ze względów higienicznych w kamieniach branych do murów otaczających pomieszczenia mieszkalne. Od stopnia porowatości zależy też w pewnym stopniu podatność kamienia do obróbki i polerowania.

4) Pochodzenie skał. Skały istniejące powstawały w różnych okresach rozwoju ziemi, a niektóre z nich powstają także obecnie. Skały, które tworzą się obecnie, powstają głównie pod wpływem trzech czynników: ciepła, wody i powietrza, działających oddzielnie, najczęściej zaś łącznie; skały dawniejsze powstały najprawdopodobniej pod wpływem tych samych czynników.

Zgodnie z poglądami obecnie w nauce najpowszechniej przyjętemi, rozróżniamy głównie dwie grupy skał: Jedne wydobyły się prawdopodobnie przez wybuchy z wnętrza ziemi, w postaci płynnej masy ognistej, która następnie stopniowo ochładzając się skrzepla; są to *utwory wybuchowe* czyli *skały wybuchowe* (fr. roches igneuses, roches éruptives; n. pyrogene Gebilde). Drugie powstały w ten sposób, iż okruchy skał wybuchowych, odłączone wskutek wietrzenia od mas skalnych, osadzały się na dnie mórz i innych wód, gdzie, po części przy współdziałaniu istot organicznych, łączyły się w nowe skały; są to *utwory osadowe* czyli *skały osadowe* (fr. roches de sédiment; n. sedimentäre Gebilde). Pierwsze są *skałami szbitymi, krystalicznymi*, pochodzenia ogniowego, nie zawierają żadnych skamieniałości i dla tego zwane są też *skałami bezżyciowymi (azoicznymi)* (fr. roches azoïques; n. azoische Gesteine), nie występują w postaci warstw i odznaczają się najczęściej znaczną twardością. Drugie są pochodzenia wodnego i dla tego zwane są *skałami neptunicznymi*; przedstawiają wyraźne *warstwy (ulawicenia)*, powstałe wskutek stopniowego osadzania się w wodach; zawierają zazwyczaj skamieniałości zwierząt i roślin oraz *odciski* (fr. empreintes; n. Abdrücke) organizmów przedwiecznych i miewają bardzo rozmaitą twardość. Pomiędzy temi dwiema grupami zasadniczemi, znajduje się grupa przejściowa *skał przobrażonych* czyli *metamorficznych* (fr. roches métamorphismiques; n. metamorphische Gesteine), zwanych także *łupkami krystalicznymi* (n. krystallinische Schiefergesteine), które są warstwowe, lecz nie zawierają żadnych skamieniałości i pod względem składu mineralogicznego są zbliżone do skał wybuchowych; powstały one prawdopodobnie z połączenia skał wybuchowych z najdawniejszemi skałami osadowemi.

Do skał wybuchowych zaliczane są: *skały wybuchowe dawniejsze* czyli *pierwotne*, zwane *plutonicznymi* (fr. roches plutoniques; n. plutonische od. primäre Gebilde) i *skały wybuchowe nowsze*, zwane *wulkanicznymi* (fr. roches volcaniques; n. vulkanische Gebilde). Pierwsze wydobyły się z wnętrza ziemi w okresach dawniejszych, bez pośrednictwa właściwych wulkanów; drugie są pochodzenia późniejszego i wydobyły się przez kratery wulkanów w postaci lawy.

Skały wybuchowe, wydobywając się z wnętrza ziemi w postaci masy ogniasto-płynnej, torowały sobie drogę przez skały osadowe i zastygały na powierzchni, lub pod powierzchnią tych skał, albo też pod pokrywą wód morskich. Stąd pochodzi, że często przecinają one utwory osadowe nad nimi położone w sposób rozliczny, przyczem nigdy nie tworzą warstw, jak skały osadowe, lecz występują w postaci *żył, kłębów, kopuł, pokryw* i *potoków*.

Żyłami (fr. veines, filons; n. Gänge) nazwano skały wybuchowe, które wypełniają szczeliny, znajdujące się w skałach wybuchowych tego samego lub innego jak żyły gatunku, albo też w osadowych.

Kłębanami (fr. amas, typhons; n. Stöcke) nazywają się skały wybuchowe tworzące masy okrągłe, kuliste, elipsoidalne lub klinowate.

Kopułami (fr. coupeaux; n. Kuppen) nazywają się skały wybuchowe mające kształt stożkowaty lub ostrosłupowy.

Pokrywami (fr. nappes; n. Decken) są masy skalne wybuchowe spoczywające poziomo i rozpościerające się na znacznej przestrzeni.

Potokami (fr. coulées; n. Ströme) są skały wybuchowe, które rozpościerając się głównie w jednym kierunku, posiadają znaczną długość i podobieństwo do potoków.

5) Rozdzielenie skał. W skałach zarówno wybuchowych, jako też przeobrażonych i osadowych, znajdują się najczęściej rysy, pęknięcia i szczeliny, które powstały wskutek niejednostajnego zmniejszania się objętości masy skalnej: w utworach wybuchowych podczas krzepnięcia skał, a w utworach osadowych podczas twardnienia skał. Przez takie szczeliny masa skalna podzieloną bywa na oddzielne bryły, co stanowi tak nazwane *rozdzielenie skał* (fr. séparation; n. Absonderung). Jeżeli bryły mają kształt nieoznaczony, nieforemny, to rozdzielenie nazywa się *nieforemnem*; jeżeli zaś bryły mają kształt foremny, zbliżony do kształtu graniastosłupa, kuli i t. p., to rozdzielenie nazywa się *foremnem*.

W rozdzieleniu foremnem odróżnia się, zależnie od kształtu brył, rozdzielenia, *słupowate, kuliste, płytowe* i *równoległościenne*.

Rozdzielenie słupowate pojawia się często w granitach, porfirach felzytowych, syenitach, trachytach, dźwiękowcach (fonolitach), dolerytach, anamezytach i słupieniach (bazaltach). W rozdzieleniu tem bryły mają kształt słupów mniej lub więcej foremnych, najczęściej pięciokątnych, rzadziej trójkątnych i dziewięciokątnych. Słupy są albo proste albo powyginane; pionowe, poziome albo pochylone w różnych kierunkach, przyczem odległość pomiędzy wierzchołkami jest niekiedy większą, niekiedy zaś mniejszą aniżeli pomiędzy podstawami; niekiedy znowu słupy rozchodzą się z jednego punktu promienisto w różnych kierunkach. Powierzchnia słupów bywa gładka albo chropowata.

Rozdzielenie kuliste jest dalszem następstwem rozdzielenia słupowatego. Kule, na które rozdzielają się skały, złożone są najczęściej z pewnej liczby skorup współrodkowych, zawierających wewnątrz jądro twarde. Rozdzielenie kuliste okazują niektóre porfiry, dyabazy, anamezyty, głównie zaś bazalty.

Rozdzielenie płytowe jest również następstwem słupowatego, a pochodzi od licznych szczelin, idących prostopadle lub skośnie do osi słupa. Grubość płyt, na które rozdzielają się skały, bywa rozmaita, niekiedy nie większa niż cal, rzadko zaś przekracza stopę. Na płyty rozdzielają się porfiry felzytowe, dźwiękowce (fonolity) i słupienie (bazalty).

Rozdzielenie równoległościenne pojawia się głównie w skałach osadowych; pochodzi ono od szczelin idących prostopadle do płaszczyzn uwarstwienia, wskutek czego skały rozdzielają się na kostki sześciennie lub na bryły, zbliżone kształtem do prostopadłościanów i równoległościanów.

6) Przekształcanie się skał. Skład mineralogiczny skał wybuchowych i niektórych osadowych bywa zmienny, gdyż zmienia się często nie tylko sposób nagromadzenia części składowych, lecz także ich wielkość i ilość stosunkowa. Takie zmiany stanowią zjawisko, zwane *przekształcaniem się* albo *przecho-
dzeniem skał*.

Najważniejsze i najczęściej napotymane wypadki są następujące:

a) *Do składników danej skały przybywa składnik nowy.* Łupek łyszczykowy, składający się z łyszczyku i kwarcu, przyjmując do składu swego spat polny, przechodzi stopniowo w gnejs. Marmur ziarnisty, przyjmując łyszczyk, przechodzi w łupek wapienny. Kwarcyt, przyjmując łyszczyk, przechodzi w łupek łyszczykowy. Granulit, przyjmując kwarc, przechodzi w granit.

b) *Jeden ze składników skały stopniowo zanika.* Zachodzą tu te same zmiany, lecz w porządku odwrotnym; tak np. granit, tracąc kwarc, przechodzi w granulit i t. d.

c) *Ilość stosunkowa jednego ze składników zwiększa się nadmiernie.* Granit, przez zwiększenie się ilości stosunkowej łyszczyku, przechodzi stopniowo w gnejs. Gnejs, przy zwiększaniu się ilości stosunkowej spatu polnego, przechodzi stopniowo w granit. Wskutek zwiększenia się ilości stosunkowej składników przyboicznych (drugorzędnych), składniki te mogą stać się istotnymi (głównymi), zwłaszcza w skałach osadowych; tak np. wapienie z okruchami kamiennymi przechodzą w okrucowce; wapienie, zawierające skamieniałości, przechodzą w zlepieńce.

d) *W miejsce zanikającego składnika wstępuje składnik nowy.* Granit może przejść stopniowo w granit syenitowy, jeżeli zanikający łyszczyk zastąpiony zostanie przez hornblendę.

e) *Składniki zmieniają swą wielkość.* Dyoryt i dyabaz, przez zmniejszenie wielkości ziarn, przechodzą w porfir dyorytowy lub dyabazowy. Doleryt, w tychże warunkach, przechodzi w slupień (bazalt). Zmiana wielkości składników może być przyczyną także przekształcania się skał osadowych; tak np. zlepieńce przechodzą w piaskowce i naodwrot; zaś z piaskowca może powstać margiel.

f) *Złożenie ziarniste przechodzi w łupkowe.* Zmiana ta występuje, gdy składniki blaszkowate układają się równolegle. W ten sposób może granit przejść w gnejs, a gnejs — w łupek łyszczykowy.

g) *Złożenie łupkowe przechodzi w ziarniste.* Zmiana ta może powstać, gdy podczas zwiększania się składników, zanika ich układ równoległy. W ten sposób z łupku hornblendowego może powstać skała hornblendowa; zaś z łupku dyorytowego — dyoryt ziarnisty.

h) *Złożenie ziarniste przechodzi w porfirowe.* Przyczyną tej zmiany jest zwiększanie się jednych składników, gdy inne jednocześnie maleją. W ten sposób melafir czyli porfir czarny (bazaltyt) przechodzi w porfir sklistynowy (augitowy).

i) *Złożenie zbite przechodzi w porowate lub komórkowate.* Zmiany te występują głównie w skałach osadowych.

Z powyższego wynika, że kamienie z jednego i tego samego kamieniołomu pochodzące, mogą różnić się pod względem składu i własności.

7) Formacje czyli *utwory*. Masy skalne, które przypuszczalnie powstały w jednej i tej samej epoce, obejmuje się nazwą ogólną *formacji* albo *utworu* (fr. formation; n. Formation, Gebilde).

Wiek względny skał osadowych oznaczany bywa na podstawie znajdujących się w nich skamieniałości zwierząt i roślin; w formacjach osadowych bowiem, współczesnych sobie, znajdują się zawsze jednakowe skamieniałości znamienne. W skałach wybuchowych skamieniałości niema; czas powstania tych skał może jednak być oznaczony na podstawie ich składu mineralogicznego, gdyż do składu skał pewnej oznaczonej formacji wybuchowej, wchodzi zawsze jednakowe minerały. Nadto dla ocenienia epoki wybuchu każdej oddzielnie skały brano

są pod uwagę jeszcze inne okoliczności, a głównie wzajemne ułożenie względem siebie skał osadowych i wybuchowych. Każda albowiem skała wybuchowa jest oczywiście młodszą od tych wybuchowych i osadowych, na których spoczywa, których szczeliny zapelnia, lub których odłamki w sobie zawiera; każda zaś skała osadowa jest młodszą od tych wybuchowych, na których spoczywa lub których odłamki w sobie zawiera.

Na podstawie skamieniałości znamionnych, znajdujących się w formacjach osadowych, można formacje te nie tylko odróżniać jedną od drugiej, lecz także rozdzielać każdą z nich na niżej i wyżej leżące pokłady, czyli tak zwane *piętra*, z których każde odznacza się pewnemi, tylko jemu właściwemi, szczątkami organizmów. Formacje, które prawdopodobnie bezpośrednio po sobie powstawały i które zbliżone są pod względem składu mineralogicznego, ułożenia, skamieniałości i t. p., tworzą *grupę formacyj*.

Wszystkie formacje osadowe podzielono na cztery następujące grupy:

A) *Grupa formacyj azoicznych (beżyciowych) czyli pierwotnych*. Grupa ta obejmuje formacje: laurentyjską, hercyńską i hurońską.

1) *Formacja laurentyjska* czyli *formacja gnejsu pierwotnego* składa się głównie z różnych odmian gnejsu, nadto z kwarcytów, wapieni krystalicznych, granitu, granulitu, grafitu, granatu, syenitu.

2) *Formacja hercyńska* czyli *formacja gnejsu młodszego* składa się głównie z dyorytu, węzowca (serpentytu), porfirów.

3) *Formacja hurońska* czyli *formacja łupku pierwotnego* składa się głównie z łupków pierwotnych łyszczykowych i glinianych, wapieni i dolomitów krystalicznych, łupków chlorytowych, talkowych i grafitowych.

Skały tych formacyj pierwotnych, których całkowita grubość wynosi przeszło 100 000 stóp, nie zawierają prawie żadnych skamieniałości, należą do najstarszych i tworzą podstawę, na której spoczywają utwory późniejsze.

B) *Grupa formacyj paleozoicznych* albo *pierwszorzędowych* obejmuje formacje: syluryczną, dewońską, węglową i permską.

1) *Formacja syluryczna* składa się głównie z szarych wak, łupków szarowakowych i glinianych, kwarcytów, wapieni i piaskowców szarowakowych.

2) *Formacja dewońska* składa się głównie z piaskowców, zlepieńców (konglomeratów), szarych wak, łupków glinianych i wapieni.

3) *Formacja węglowa* składa się głównie z wapieni ciemnych, szarych wak, piaskowców, zlepieńców, łupków krzemionkowych, różnych odmian łupków glinianych i gliny łupkowej. Jako utwory podrzędne występują w formacji węglowej: pokłady węgla kamiennego, antracytu, sferosyderytu gliniastego i żelazka magnetycznego. Niekiedy jeszcze w warstwach spodnich formacji węglowej znajduje się także gips, dolomit, anhydryt i sól kamienna. W formacji węglowej odróżniane są dwa piętra: a) *piętro dolne*, czyli t. zw. *formacja podwęglowa*, składa się z osadów wód morskich; b) *piętro górne*, czyli t. zw. *formacja węglowa właściwa*, składa się z osadów wód słodkich.

4) *Formacja permska* składa się z różnorodnych zlepieńców, okrucowców porfirowych, martwic porfirowych i felzytowych, piaskowców, glin i ilów łupkowych, łupków marglowych i miedzianych, wapieni, dolomitów i gipsu.

W formacyi permskiej odróżniane są dwa piętra: a) *Piętro dolne*, zwane w Niemczech *formacją czerwoną* (Rothliegendes, Rothtdliegendes), obejmuje skały zabarwione przez tlenek żelaza na różne odcienie barwy czerwonej, zwłaszcza zaś piaskowce czerwone, zlepieńce brunatno-czerwone, gliny łupkowe pstre, wapienie czerwone. b) *Piętro górne*, zwane w Niemczech *formacją cechsteinnu* (Zechstein-Formation), obejmuje margle łupkowe smolne, łupki miedziane, gipsy smolne, sól kamienna, a głównie wapienie i dolomity.

W skalach formacyj pierwszorzędowych, których grubość ogólna wynosi niekiedy przeszło 50 000 stóp, znajdują się liczne skamieniałości organizmów, przeważnie morskich; tylko w warstwach wyższych tych formacyj znajdują się szczątki jestestw wód słodkich i lądowych. W okresie formacyj pierwszorzędowych rośliny były przeważnie skrytopłciowe naczyniowe, z rodzaju: kalamitów czyli skrzypów drzewiastych (Calamiteae), paproci (Filices), sygilaryj i lepidodendronów czyli widlaków drzewiastych (Lycopodia vel Selagines). Rośliny te za życia dochodziły często do rozmiarów olbrzymich. Większa część zwierząt tego okresu należała do mięczaków, polipów i szkarłupniów (Echinodermata).

Formacje: sylureczna i dewońska, były uważane dawniej (do 1839 r.) za jedną, którą nazywano *formacją przechodową* albo *formacją szarej waki*.

c) *Grupa formacyj mezozoicznych* albo *drugorzędowych* obejmuje formacje: tryjasową, jurajską i kredową.

1) *Formacja tryjasowa* składa się głównie z piaskowców różnobarwnych, wapieni przechodzących w dolomity i margle, margłów szarych i różnobarwnych, glin i ilów łupkowych pstrych. W pośród margłów występują bardzo często także pokłady anhydrytu, gipsu i soli kamiennej. W formacyi tryjasowej odróżniane są trzy piętra: a) *Piętro dolne*, czyli t. zw. *formacja piaskowca pstrego*, składa się głównie z piaskowców różnobarwnych o spoiwie gliniastem, krzemionkowym lub żelazistym, nadto z ilów łupkowych pstrych i czerwonych, glin, margli, gipsów, soli kamiennej i dolomitów z uwarstwieniem falistym (n. Wellendolomite, Röthdolomite). b) *Piętro środkowe*, czyli t. zw. *formacja wapienia muszłowego*, składa się z pewnych odmian wapieni, nazwanych głównym wapieniem muszłowym, wapieniem piankowym (n. Schaumkalk), wapieniem terebratulowym i enkrynitowym albo trochitowym. Wapienie te, zawierając w składzie swoim węglan magnezu i węglan tlenku żelaza albo też glinę, przechodzą w dolomity i margle. Oprócz wapieni muszłowych w piętrze tem znajdują się: dolomit, gips, anhydryt, sól kamienna, gliny. c) *Piętro górne*, czyli *formacja kajpru*, składa się głównie z margłów pstrych i czerwonych, ilów łupkowych pstrych, glin, gipsu, anhydrytu, soli kamiennej, wapieni dolomitowych i dolomitów.

2) *Formacja jurajska* składa się głównie z wapieni, margłów, piaskowców, oraz glin łupkowych i ciągliwych (plastycznych), warstwujących się często z dolomitami. Formacja jurajska, z powodu znajdujących się w niej licznych pokładów wapienia ikrowego, bywa także nazywana *ikrową* czyli *oolitową*. Odróżniane są trzy piętra: a) *Piętro dolne*, nazwane *liasem*, a także *jurą spodnią* albo *czarną*, składa się przeważnie z glin łupkowych i zwyczajnych, najczęściej szarych, brunatnych albo czarnych, po większej części smolnych, nadto z piaskowców i wapieni, oraz z łupków marglowych smolnych, często przechodzących w łupki palne. b) *Piętro środkowe*, nazywane *dogger'em*, a także *jurą środkową* albo *brunatną*, składa się głównie z piaskowców, glin ciemnych, margli i wapieni.

c) *Piętro górne*, nazywane *malm'em*, a także *jurą wierzchnią* albo *białą*, składa się przeważnie z wapieni jasnych oraz margli i dolomitów wapiennych. Niekiedy margle wapienne jury białej posiadają złożenie łupkowe i tworzą t. zw. *kamień litograficzny* (kamienie litograficzne w Solenhofen).

3) *Formacja kredowa* czyli *formacja piaskowca kostkowego* składa się głównie z piaskowców kostkowych czyli ciosowych (n. Quadersandsteine), przechodzących niekiedy w zlepienie gruboziarniste, niekiedy zaś w piasek kwarcowy, nadto z piaskowców zielonych, które od znajdujących się w nich ziarn okrągłych glaukonitu, przezwane zostały *glaukonitowemi*; a także z wapieni marglowych, margli zwyczajnych, kredowych i glaukonitowych, kredy białej czyli wapienia ziemistego, martwicy kredowej, gliny zwyczajnej i ciągliwej (plastycznej). Formacja kredowa podzieloną została na sześć pokładów: a) *Piętro wealdeńskie* albo *hastynskie* tworzy przejście od formacji jurajskiej do kredowej, a składa się z piaskowców i glin łupkowych ciemnych. b) *Piętro neokomieńskie* składa się głównie z piaskowców, wapieni, zlepieńców, margli zielonych (glaukonitowych) i glin niebieskawych. c) *Piętro gault* składa się z margli łupkowych chudych, takichże glin, oraz glin ciemnych, ciągliwych (plastycznych), często glaukonitowych, nadto z piaskowców jasno-brunatnych i białych. d) *Piętro cenomanieńskie* składa się z piaskowców kostkowych, często glaukonitowych, margli, glin łupkowych i glin ciemnych ciągliwych (plastycznych). e) *Piętro turońskie* składa się z piaskowca kostkowego, margli, wapieni marglowych. f) *Piętro senońskie* składa się z kredy białej, martwicy kredowej, piasków, margli wapiennych, piaskowców kostkowych i wapieni gliniastych.

Formacje drugorzędowe, których grubość całkowita dochodzi do 3500 stóp, tworzą często łóżysko rud metalowych, zwłaszcza żelaznych, ołowianych, miedzianych i cynkowych, a w osadach kredowych znajdują się niekiedy także żyły asfaltu, jak np. w Kr. Hannowerskiem. Formacje drugorzędowe zawierają liczne ślady (odciski) i skamieniałości roślin szyszkowych, a głównie sagowcowych i paproci, oraz zwierząt, zwłaszcza polipów, mięczaków (amonitów i belemnitów), ryb i t. d. Z formacji tryjasowych piętro dolne (piaskowice pstry) jest osadem nadbrzeżnym, zawierającym nieliczne skamieniałości roślin lądowych; piętro środkowe (wapień muszlowy) jest osadem wód morskich, zawierającym skamieniałości jestestw morskich; piętro dolne (kajper) jest w ogóle ubogiem w skamieniałości, zawiera albowiem tylko nieliczne szczątki roślin lądowych oraz najdawniejszych ptaków i zwierząt ssących. Formacja jurajska jest ubogą w szczątki roślin, lecz zawiera liczne skamieniałości zwierząt, zwłaszcza żółwiów, krokodyli, ryb, jaszczurek latających, ptaków, nadto polipów morskich, jeży morskich, małży, oraz licznych odmian brzuchonogów (głównie belemnitów i amonitów), raków długoogonowych i jaszczurów. Formacja kredowa zawiera także mało śladów roślin, lecz bardzo liczne skamieniałości zwierząt; w formacji tej występują po raz pierwszy rośliny okrytosiennie; ze zwierząt zaś rozwinęły się głównie: otwornice (foraminifery), gąbki, jeże morskie, małże, amonity i belemnity, mszanki, a po raz pierwszy wystąpiły: kraby (raki krótkoogonowe) i ryby kościste.

D) *Grupa formacji cenozoicznych* czyli *trzeciorzędowych* i *czwartorzędowych*. *Formacje trzeciorzędowe* czyli *molassowe* obejmują formację eoceniczną, formacją oligoceniczną, formacją mioceniczną i formacją plioceniczną. *Formacje czwartorzędowe* czyli *poplioceniczne* obejmują formację dyluwialną czyli napływy dawniejsze i formacją aluwialną czyli napływy nowsze.

1) *Formacja eoceniczna* składa się głównie z piaskowców i wapieni numulitowych (tak nazwanych z powodu znajdujących się w nich licznych skorup

otwornie rodzaju *Nummulites*), nadto z wapienia gruboziarnistego paryskiego, gliny ciągliwej (plastycznej), piasku, węgla brunatnego.

2) *Formacja oligoceniczna* składa się z gipsu, gliny, margli, węgla brunatnego, piasków (zawierających niekiedy bursztyn), wapieni jasnych, kwarców i zlepieńców.

3) *Formacja mioceniczna* składa się głównie z wapieni, węgla brunatnego uwarstwionego z gliną i piaskiem, soli kamiennej, piasków z bursztynem.

4) *Formacja plioceniczna* składa się z węgla brunatnego, marglu gliniastego, piasku obfitującego w łyszczyk i ziarna wapienia, kwarcu wód słodkich, zlepieńców.

5) *Formacja dyluwialna* czyli *napływy dawniejsze (epoka lodowa i początki epoki kamiennej)*. Napływy dawniejsze składają się ze żwirów i piasków, okrągłaków, kamieni narzutowych czyli polnych, gliny, gliny piaszczysto-wapiennej czyli mamutowej (*löss*), wapieni wód słodkich.

6) *Formacja aluwialna* czyli *napływy nowsze (koniec epoki kamiennej, epoka brązu, epoka żelaza, okres historyczny ziemi)*. Napływami nowszymi są: ziemia nasypowa, rudy błotne żelaza, torf, martwica wapienna, martwica krzemionkowa, piaski morskie, korale, lawy wulkaniczne nowsze.

W formacjach trzeciorzędowych występują typy zwierząt i roślin, zbliżone do typów obecnie żyjących, lub wcale od nich nie różniące się. W formacji dyluwialnej znajdują się pierwsze ślady bytu człowieka, oraz liczne skamieniałości i szczątki mamuta, niedźwiedzia jaskiniowego, jelenia kopalnego, nosorożca pierwotnego, łosia olbrzymiego, wołu pierwotnego i innych zwierząt ssących dziś już nie istniejących, nadto odciski i szczątki różnych roślin, jeszcze obecnie istniejących, jako to: sosny pospolitej, świerku, modrzewia, dębu, cisu, brzozy, klonu jaworowego.

8) *Skąły występujące w Królestwie Polskiem i prowincjach ościennych*. Skąły wybuchowe nie występują wcale w Królestwie Polskiem, z wyjątkiem jednej tylko skały porfiru felzytowego, znajdującej się w pobliżu wsi Golonoga w pow. będzińskim, pomiędzy stacyami Żąbkowicami i Strzemieszycami drogi żelaznej Warszawsko-Wiedeńskiej. Skała ta, wynurzająca się z piasków w kształcie kopuły, jest już nadwietrzala i do celów budowlanych nie jest wcale wyzyskiwana. Wobec tego niektóre kamienie wybuchowe, a zwłaszcza granity, stanowiące niezbędny niemal materiał budowlany, są sprowadzane do Królestwa Polskiego z prowincyj ościennych, a głównie ze Szląska pruskiego i Galicyi, rzadziej z gub. wołyńskiej, Finlandyi i Norwegii. Na Szląsku pruskim ze skał wybuchowych, oprócz granitu, znajdują się porfiryty, dyabaz i gabbro; w Galicyi zaś, oprócz granitu, występuje głównie porfir felzytowy i porfir czarny (melafir); wreszcie w gub. wołyńskiej i podolskiej, w t. zw. *plycie granitowej ukraińskiej*, oprócz granitu, znajdują się głównie porfiry, porfiryty i dyoryty.

Skąły osadowe różnych formacyj występują obficie zarówno w Królestwie Polskiem, jako też w prowincjach ościennych.

Miejscowości, w których znajdują się w Królestwie Polskiem i prowincjach ościennych skały, ważniejsze pod względem budowlanym, są wskazane szczegółowo poniżej przy opisie odnośnych skał. Tylko w niektórych jednak z tych miejscowości skały są wyzyskiwane prawidłowo; często natomiast z powodu już to

zbyt znacznej głębokości, w której skała spoczywa, już to niedogodnego dowozu do głównych miejsc zbytu, już to wreszcie współzawodnictwa innych materiałów budowlanych, zwłaszcza cegły i drzewa, skały nie są wydobywane wcale albo są wydobywane w ilości niewielkiej na potrzeby jedynie okolicy najbliższej.

9) Klasyfikacja kamieni budowlanych rodzimych (naturalnych). Klasyfikacją kamieni budowlanych rodzimych można oprzeć albo na ich składzie chemicznym, albo na ich składzie mineralogicznym, albo wreszcie na ich pochodzeniu.

Klasyfikacja oparta na składzie chemicznym rozróżnia: a) *skały krzemionkowe*, do których należą: granit, syenit, porfiry, gnejs, piaskowce, lawy i słupień (bazalt); b) *skały wapienne*, do których należą: wapień ziarniste i zbite, kreda i margle; c) *skały gliniaste*, do których należą: gliny i łupki; d) *skały gipsowe*, mające przedstawiciela w gipsie.

Klasyfikacja oparta na składzie mineralogicznym rozróżnia: a) *skały niejednostajne*: granit, syenit, gnejs, łupek łuszczkowy, porfiry; b) *skały jednostajne*: kwarc ziarnisty, wapień ziarnisty (marmur biały), gips, łupek łojkowy (magnezyowy), łupek amfibolowy, wapień szarowakowy, wapień muszlowy, grubowapień, kreda, martwice wapienne; c) *skały pozornie jednostajne*: słupień (bazalt), trachyt, łupek gliniasty, łupek krzemionkowy, piaskowce; d) *okruchowce i ślepieńce*; e) *ziemie*: gliny, margle, ziemia rodzajna, ziemia nasypowa.

Klasyfikacja oparta na poglądach odnośnie tworzenia się skał i ich pochodzenia geologicznego, przyjęta w dziele niniejszem, rozróżnia pięć grup kamieni rodzimych: a) *skały wybuchowe (zbite)*, zarówno *dawniejsze (plutoniczne)* jako też *nowsze (wulkaniczne)*; b) *skały przeobrażone* czyli *łupki krystaliczne*; c) *skały osadowe (neptuniczne)*; d) *okruchowce* czyli *drużgoty (brekcyje)*, *ślepieńce (konglomeraty)* i *martwice (tufy)*; e) *kamienie odosobnione* i *ziemie*.

I. Skały wybuchowe.

Do *skal wybuchowych dawniejszych (plutonicznych)* należą: 1) granit, 2) syenit, 3) zieleńce czyli zielonoskały (dyoryt, dyabaz, gabbro i wężowiec czyli serpentyn), oraz 4) porfiry. Do *skal wybuchowych nowszych (wulkanicznych)* należą: 5) skały trachytowe, 6) skały pyroksenowe (doleryt czyli szaroskał i bazalt czyli słupień) i 7) lawy.

Granit, porfiry, skały trachytowe i lawy trachytowe są bogate w krzem, zaś syenit, zieleńce, skały pyroksenowe i lawy pyroksenowe są ubogie w krzem.

1. Granit.

Granit (fr. granit; n. Granit) składa się ze spatu polnego (feldspatu), kwarcu i łuszczku (miki), złączonych z sobą w jedną masę ziarnistą. Te składniki główne granitu są stale z sobą zrosnięte powierzchniami krystalicznymi, przyczem ziarna różnej wielkości spatu polnego i kwarcu tworzą razem masę skalną, w której łuszczek rozrzucony jest nieregularnie we wszystkich kierunkach, w postaci

blaszek i tabliczek. Nieregularny układ ływczyku stanowi główną różnicę pomiędzy granitem a gnejssem i ma doniosłe znaczenie ze względu na zastosowania granitu.

Złożenie granitu jest ziarniste, we wszystkich odmianach od gruboziarnistego do miałkoziarnistego.

Złożeniu ziarnistemu zawdzięcza granit swą nazwę, pochodzącą od wyrazu łacińskiego *granum* (ziarno). Niekiedy jednak ma granit złożenie porfirowe; złożenie takie powstaje, gdy w masie skalnej osadzone są pojedyncze kryształy większe spat polnego i gdy przytem ływczyk nagromadzony jest w postaci gniazd.

Nie tylko wielkość, lecz i ilość stosunkowa składników głównych granitu bywa bardzo rozmaita. W zasadzie przeważa ilościowo spat polny, zaś kwarc występuje najczęściej w ilości większej aniżeli ływczyk.

Barwa granitu jest zależną od barwy jego składników; a że spat polny przeważa ilościowo, przeto barwa granitu zależy głównie od barwy spat polnego.

Spat polny pojawia się w granitach głównie w dwóch odmianach: jako ortoz i oligoklaz. *Ortoz* występuje najczęściej w postaci wyraźnych kryształów lub ziarn nieregularnych, blaszkowatych; ma zazwyczaj barwę czerwoną albo też białą lub białawą, rzadziej szarą lub żółtawą, niekiedy zieloną; jest nieprzezroczysty, z połyskiem szklistym lub perłowym. Obok ortozu występuje często *oligoklaz*, mający zazwyczaj barwę białawą lub szarą, z połyskiem słabym, tłuszczowym i łatwiej aniżeli ortoz wietrzejący.

Kwarc występuje w granicie najczęściej w postaci kanciastych ziarn krystalicznych, mających odłam muszłowy i silny połysk tłuszczowy lub szklisty; ma barwę zawsze szarą, lecz w różnych odcieniach od białawo-szarej do dymnoszarej.

Ływczyk znajduje się w granicie w postaci cienkich blaszek i tabliczek, o połysku żywym, metalicznym; występuje w dwóch odmianach: jako *ływczyk potasowy*, z połyskiem jasnym, często białawo-srebrnym, i jako *ływczyk magnezowy (tojkowy)*, z połyskiem ciemnym, brunatnym, czarno-żelaznym.

Jako składniki przyboczne, przypadkowe, pojawiają się w granitach: hornblenda, turmalin, granat, mylnik (apatyt), pinit, topnik (fluspat), andaluzyt, beryl, oraz żelaziak błyszczący, żelaziak magnetyczny i ruda cynowa.

Skład chemiczny granitu daje przeciętnie (według H. Credner'a): krzemionki 72%, glinki 16%, tlenotleniku żelaza 1,5%, tlenku wapnia 1,5%, tlenku magnezu 0,5%, potasu 6,5%, sodu 2,5%.

Z licznych odmian granitu wymieniamy tylko najważniejsze:

a) *Granit właściwy* składa się przeważnie z ortozu białego, zawiera mało oligoklazu lub albitu, obficie zaś kwarc oraz ływczyk biały i czarny.

b) *Granityl* składa się przeważnie z ortozu czerwonego, zawiera obficie oligoklaz, zaś mało kwarcu i mało ływczyku magnezowego, czarnawo-zielonego; niekiedy w granitycie znajduje się sklistyn (augit).

c) *Protogyn* czyli *granit tojkowy (talkowy)* (fr. granit talqueux, proto-gyne; n. Protogingranit), zwany także *granitem alpejskim* (n. Alpengranit), składa się z ortozu białego, połyskującego, gruboziarnistego, z oligoklazu zielonawego, matowego, o ziarnach drobnych, z kwarcu drobno-ziarnistego barwy szarej do fioletowo-szarej, z ływczyku w postaci tabliczek czarnych lub ciemno-zielonych.

nych, zawierających tlenek żelaza i z mineralu łojkowego (talkowego), blaszkowatego, barwy zielonej, nasycającego często oligoklaz. Łojek jest tu przyczyną zabarwienia zielonego masy kamiennej i wywołuje skłonność do złożenia łupkowego, wskutek czego protogyn przechodzi często w gnejs protogynowy.

d) *Granit muskowitowy* (n. Muskovitgranit) składa się ze spatu polnego, kwarcu i łyszczyku potasowego czyli białego.

e) *Granit gruboziarnisty* czyli *pegmatyt* (fr. pegmatite; n. Pegmatitgranit) składa się z dużych kryształów ortozu i kwarcu białego oraz dużych tabliczek łyszczyku srebrno-białego, a często zawiera także turmalin.

f) *Półgranit* czyli *granitello* (fr. granitello; n. Halbgranit, Granitello), miałkoziarnisty, barwy szarej, z wyglądu podobny do piaskowca, składa się przeważnie ze spatu polnego i kwarcu, zawiera mało łyszczyku.

g) *Granit czerwony wschodni*, niezależnie od innych składników istotnych granitu, zawiera przeważnie ortoz czerwony i hornblendę.

h) *Granit syenitowy (hornblendowy)* zawiera zazwyczaj mało kwarcu i łyszczyku, natomiast stosunkowo dużo hornblendy; przechodzi często w syenit.

i) *Granit turmalinowy* wyróżnia się obfitością turmalinu; przechodzi często w kwarcyt turmalinowy.

k) *Granit pismowy* (fr. granit graphique; n. Schriftgranit), gruboziarnisty, ubogi w łyszczyk, zawiera duże kryształy ortozu, pomiędzy którymi przewijają się kryształy pręcikowe kwarcu, tworzące na prostopadłych do nich powierzchniach odłamów kształty, podobne do głosek hebrajskich. Z tego powodu granit ten zwany jest także *kamieniem żydowskim*. Zasługuje na wzmiankę raczej jako osobliwość, aniżeli jako kamień budowlany.

Granit jest jedną z najpospolitszych i najwięcej rozprzestrzenionych skal wybuchowych. Najdawniejsze wybuchy granitu nastąpiły przed utworzeniem się pokładów formacji sylurycznej; epoka jednak głównych wybuchów granitu przypada na czas po osadzeniu się formacji przechodowych (sylurycznej i dewońskiej) i przed osadzeniem się formacji permskiej, jakkolwiek niektóre granity wybuchyły jeszcze znacznie później, po utworzeniu się formacji węglowej, a nawet tryjaskowej, jurajskiej i kredowej. Granity, wydobywając się z wnętrza ziemi, torowały sobie drogę przez inne skały, zwłaszcza przez łupki krystaliczne i zastęgały na ich powierzchni. Stąd pochodzi, że większe masy granitu tworzą zazwyczaj kopuły i pokrywy, mniejsze zaś—żyły i kłęby. Granit ujawnia najczęściej rozdzielenie słupowate. Słupy, wskutek wietrzenia na powierzchni, przyjmują często postać nieforemną, poszczerbioną, a oddzieliwszy się od ogólnej masy skalnej, tworzą głazy odosobnione, zalegające stoki gór granitowych. Głazy takie mają zazwyczaj kształt elipsoidalny, gdyż krawędzie ostre wskutek wietrzenia z czasem zaokrąglają się. Często też stoki gór granitowych pokryte są gruzem granitowym, powstałym z wietrzenia granitu i tworzącym pokłady, o grubości do 1 m.

Granit występuje na wielkich przestrzeniach we wszystkich częściach ziemi i tworzy rdzeń wielkich pasm górskich, zwłaszcza w Alpach szwajcarskich, Karpatach, Tatrach, Pirenejach, Himalaju, w górach Kruszcowych i w górach Ameryki północnej i południowej oraz Afryki środkowej i południowo-wschodniej. We Francji występują granity w częściach środkowych kraju i na stoku wschodnim Wogezów; w Szwajcaryi: na górach Montblanc i Ś-go Gotarda; w Hiszpanii: w Sommo-Sierra; w Niemczech i Austrii, w bardzo wielu miejscowościach,

zwłaszcza zaś: w Czarnym lesie badeńskim (badischer Schwarzwald), Odenwaldzie, lesie turyngskim (Thüringerwald), na Harcu, w górach Sosnowych (Fichtelgebirge), lesie czeskim (Böhmerwald), górach Olbrzymich (Riesengebirge), Sudetach, Luzacyi i t. d. Najwięcej cenione są w Niemczech granity pochodzące z łomów turyngskich (w Ilmenau, Ruhla, Brotterode, Zella i Suhl), saskich (w Gersdorf i Kamenz, Bautzen i Bischofswerda, Grossenhain, Meissen, Berbersdorf, Saupersdorf, Schneeberg-Neustädtel i Crimmitschau), bawarskich (Wiesau, Pfreimhof, Nabburg, Cham i Kothmaissling, Plattling, Vilshofen, Schärding, Neuhaus, Pramhof, Marienthal, Zwiesel, Bodenmais) i szląskich (Striegau, Strehlen i Fischbach, Scheffelstein czyli Fürstenstein i Spremberg). W Austro-Węgrzech doskonale granity wydobywane są z łomów w Riedbach, Mauthausen, Hamberg i Eibenstein. Słynny granityt wydobywany jest z łomów lombardzkich pod Baveno. Skandynawia posiada łomy wyborowego granitu pod Ramnäs i Ytterby, Carlskrona, Bergabo, oraz pod Chrystyanią i na wyspie Bornholm.

W Galicyi granity, stanowiące wyborny materiał budowlany, występują głównie na południe od Zakopanego, w Tatrach i Karpatach, a w części wschodniej kraju tworzą brzegi Dniestru. W Tatrach granity tworzą szczyty gór Krywania i Łomnicy, oraz szczyty wzniesień koło Morskiego Oka i Czarnego Stawu.

W Finlandyi granity łamane są w wielu miejscowościach, zwłaszcza w gub. wiborgskiej, nad jeziorem Ładogą i na wysepkach tegoż jeziora. Najwięcej cenione są granity z łomów znajdujących się w okolicach Sierdobola, Hangeudy około Drotingsbeer, Piuterłaksa, Simoły, Senio około Wyborga, oraz wsi Pitkaranda na wyspie Rochkume jeziora Ładogi.

Granit serdobolski, z łomów pod m. Sierdobolem na brzegu zachodnim jeziora Ładogi, składa się z ortozu białego, kwarcu szarego i łyszczyku czarnego. Zależnie od stosunku ilościowego tych składników rozróżniane są odmiany: biała, szara i ciemno-szara. Złożenie bywa różne: drobnoziarniste, średnioziarniste i gruboziarniste. Odmiany obfitujące w łyszczyk mają często złożenie łupkowe i przechodzą w gnejs granitowy. Granit serdobolski, pomimo znacznej w ogóle zawartości łyszczyku, daje się pięknie polerować, gdyż łyszczyk występuje tu najczęściej tylko w postaci bardzo drobnych blaszek rozsianych równomiernie w masie skalnej jednostajnej, złożonej z kwarcu i ortozu. Odmiany, w których blaszki łyszczyku występują w postaci większych lub mniejszych nagromadzeń, mają wytrzymałość mniejszą i nie dają się polerować. Z granitu serdobolskiego wykonane są liczne budowle, między innymi filary mostu Mikołajewskiego na Newie, karyatydy ermitażu w Petersburgu i t. d. W łomach obecnie wyzyskiwanych granit ten znajduje się w ilości niewielkiej.

Granit hangeudski wyróżnia się złożeniem jednostajnym, miałkoziarnistym. W odtłamie ma barwę różową z odcieniem słabym fioletowym, a na tle różowawem wkropione są drobne punkty czarne. Składa się z ziarn drobnych ortozu ciemno-różowawego lub czerwonego, z ziarn również drobnych kwarcu jasno-szarego i z niewielkiej ilości łyszczyku szarego. Odznacza się wielką odpornością na wpływy zmian atmosferycznych, jakkolwiek pod tym względem ustępuje granitom serdobolskim. Z granitu hangeudskiego wzniesiono w początku XVIII stul. fort „Gustaw Adolf“ na wysepce Hange jeziora Ładogi.

Granit piuterłaski, z łomów w pobliżu wsi Piuterłaksu, nieopodal Wiborga, oprócz składników istotnych granitu zawiera w znacznej ilości oligoklaz i hornblendę. Złożenie ma wygląd porfirowego, a to z powodu, że w masie skalnej, złożonej ze spatu polnego, kwarcu, łyszczyku czarnego i hornblendy, osadzone są duże kryształy ortozu czerwonego, otoczone oligoklazem zielonawym, o polysku tłustym. Granit piuterłaski pomimo dość znacznej twardości daje się łatwo obrabiać, a nadto daje się polerować, lecz jako zawierający znaczną ilość oligoklazu ma wytrzymałość niewielką i prędko wietrzeje. Z tego powodu zwany jest przez tuziemców

rappa - kiwi (kamień zgnily). To też do robót budowlanych używane są tylko odmiany lepsze, z wnętrza skał wydobywane. Z granitu piuterkaskiego wykonane są w Petersburgu kolumny zewnętrzne kościoła Ś-go Izaaka i kolumna monolitowa pomnika Aleksandryjskiego.

Granity wyborgskie używane są głównie w dwóch odmianach wydobywanych z łomów w Senio i pod Simolą. Granit z łomów w Senio, w pobliżu Wyborga, o złożeniu gruboziarnistym, składa się z ortozu czerwonego, kwarcu ciemno-szarego, prawie czarnego i łyszczyku czarnego. Ilościowo przeważa ortoz, który niekiedy osadzony jest w masie skalnej w postaci dużych kryształów, co złożeniu nadaje wygląd porfirowy. Granit ten przechodzi często w porfir granitowy.—Granit z łomów pod Simolą ma barwę ciemno-szara, a na tle tej barwy odbijają się pięknie wkropione w masę skalną kryształy ortozu. Masa skalna składa się z kwarcu i spatu polnego, ze znaczną ilością blaszek drobnych łyszczyku.

Granit rochkumski, wydobywany w okolicach wsi Pitkaranda na wysepce Rochkume jeziora Ładogi, składa się ze spatu polnego białego, kwarcu białego i łyszczyku czarnego w postaci bardzo drobnych blaszek. Wyróżnia się obfitością łyszczyku i z tego powodu ma barwę ciemno-szara.—W okolicach jeziora Ładogi i m. Wyborga, istnieją jeszcze liczne inne łomy, już dziś poczęści wyczerpane, z których różnemi czasy granit dostarczany był do poważniejszych robót budowlanych. Z tych granitów wykonano bulwarki Newy, kolumny wewnętrzne kościoła Ś-go Izaaka i t. p. Do fundamentów tegoż kościoła użyty był granit z łomów położonych na północ-wschód od jeziora Ładogi, w parafii Imbolaks.

W gub. oloneckiej występują granity głównie nad jeziorem Onegą i na pograniczu finlandzkim, tworząc pagórki kopulaste. Nadto występują granity w kilku innych miejscowościach tejże gubernii, lecz w ilości niewielkiej.—W gub. bessarabskiej granit tworzy progi Jampolskie rzeki Dniestru.—W gub. jekaterynowslawskiej granit występuje nad rzekami: Mokrą Wolkowachą, Kalmiusem, Kalczykiem i Dubowką; miejscami tworzy pagórki, mające przeszło 40 m wysokości.—W gub. taurydzkiej granity znajdują się w górze Ajudag.—W gub. woronieskiej granit występuje po obu brzegach Donu, zwłaszcza poniżej Pawłowska.

Granit woronieski łamany pod Pawłowskiem jest średnioziarnisty, barwy czerwono-szarej; składa się z ortozu cielisto-czerwonego, kwarcu brudno-szarego i łyszczyku czarnego. Ilościowo przeważa ortoz, którego kryształy mają często do 1½" długości, gdy tymczasem łyszczyk występuje miejscami w nagromadzeniach znacznie większych. W masie skalnej rozszkana jest hornblendą czarna w postaci kryształów, a niekiedy miejsce jej zajmują zielonawe wytwory wietrzeńnia. Granit woronieski jest więc właściwie granitem syenitowym. Masa skalna przecięta jest często żyłami granitu gruboziarnistego, składającego się tylko z ortozu i kwarcu. Grubość tych żył wynosi do 1½ stopy. Z granitu woronieskiego wykonany jest piedestał pomnika cesarza Piotra I-go w Woroneżu.

W gub. podolskiej granit występuje nad rz. Bohem, na przestrzeni od m. Proskurowa do Wozniesienska leżącego już w gub. chersońskiej, nadto nad rzekami: Rową i Murafą, oraz w okolicach Międzyboża, Nowokonstantynowa, Winnicy, Niemirowa i Braclawa. W gub. chersońskiej granit znajduje się w znacznej ilości nad rzeką Dnieprem, a zwłaszcza nad Bohem, na przestrzeni od Olwipola do wsi Aleksandrówki. Skały te w gub. podolskiej, wołyńskiej i chersońskiej stanowią część t. zw. *plyty granitowej ukraińskiej*, złożonej z różnych skał krystalicznych, głównie zaś z granitów, gnejsów, porfirów i dyorytów, w przeróżnych odmianach, a rozciągającej się na olbrzymiej przestrzeni od brzegów Horynia, aż po nad Doniec. Na Dnieprze i Dniestrze skały te tworzą progi; w części wschodniej Polesia wołyńskiego, wystają one swobodnie z pośród napływów nowszych; na całej pozostałej zaś przestrzeni są przykryte przez utwory młodsze, tak, że obnażenia ograniczają się do dna parowów i łożysk rzecznych. Z granitów wchodzących w skład tej płyty najpospolitszym jest granitył, barwy czerwonej lub

szarej, występujący w okolicach Żytomierza, Iskrościa, Ilnatpola, Waśkowiec i Michajłówka, Noryńska, Dubiszcz, Andryjowa, Toporyszcz, Mohiły, Bech, Papirni na Wołyniu; rzadszemi są: granityt amfibolowy przy wsi Tryhurje, granit właściwy gruboziarnisty w Deneszach nad Teterewem, oraz granit muskowitzowy, różowy, w postaci żył (granit napisowy) we wsi Dubiszczach.

Granit z nad Bohu występuje w licznych odmianach. Około wsi Aleksandrówki ma barwę jednolitą ciemną, prawie czarną, z ziarnami różowemi granatu. Odmiana ta składa się z ziarn małych spatu polnego białego, kwarcu i znacznej ilości blaszek drobnych lyszczyku czarnego.— W okolicach wsi Achmezetki wydobywany jest granit, o takim samym składzie mineralogicznym, lecz nie zawierający ziarn granatu. Barwa tej odmiany jest jasno-szara, miejscami z odcieniem żółto-brunatnym, pochodzącym od znajdującego się w masie skalnej żelaziaka brunatnego.— Granity z nad Bohu brane są na fundamenty oraz na bruki ulic. Piedestały pomników księcia Richelieu'go w Odessie i księcia Potemkina w Chersonie wykonane są z granitu wydobytego pod Wozniesińskiem nad Bohem.

W gub. połtawskiej granit występuje na brzegu lewym Dniepru, około Kołoberdy i przy ujściu Psły do Dniepru.

Na Uralu występują w ilościach ogromnych granity, barwy żółtawo-białej, składające się z ziarn ortozu żółtawo-białego, kwarcu szarego i lyszczyku brunatnego lub czarnego.

Granit, jako materiał budowlany, jest najważniejszą ze skał wybuchowych; odznacza się niepospolitą wytrzymałością i twardością, daje się jednak dokładnie obrabiać i pięknie polerować, a lepsze odmiany opierają się przez wieki wpływowi atmosferycznym. To też zastosowania granitu są bardzo rozliczne; przede wszystkim jednak stanowi on najodpowiedniejszy materiał dla budowli monumentalnych. W budowlach wodnych licuje się płytami granitowemi mury nadbrzeżne i wznosi się z granitu mosty sklepione (jak np. most Waterloo w Londynie, most na Newie w Petersburgu i most starożytny Alcantara w Hiszpanii, z czasów cesarza Trajana, zbudowany przed ośmnastu wiekami, a znajdujący się dotychczas w stanie całkiem dobrym), oraz przyczółki i filary mostów żelaznych, izbice i t. p. Nadto ceniony jest granit jako materiał dla zbiorników wody, gdyż woda w takich zbiornikach pozostaje chłodną i świeżą. W budynkach brany jest granit przeważnie do fundamentów i murów cokołowych, oraz na kolumny, stopnie schodów, gzymsy, obramowania okien i drzwi, płyty do licowania murów i t. p. Przy budowie dróg używany jest granit na budowę dolną, na mury oporowe i t. p., a szaber granitowy—na pokład wierzchni szos. Z kostek granitowych układane są bruki ulic w miastach większych (np. w Londynie, Berlinie, Wrocławiu, Monachium, Wiedniu, Warszawie i t. d.), a z płyt granitowych układane są chodniki oraz burty ulic. W Rosyi wyrabiane są z granitu kamienie młyńskie, a w wielu krajach używany jest granit na pomniki, nagrobki, ozdoby architektoniczne i inne wyroby rzeźbiarskie. Do murów zewnętrznych nadziemnych w budynkach mieszkalnych granit nie nadaje się, gdyż jest dobrym przewodnikiem ciepła, wskutek czego pomieszczenia otoczone murami granitowemi są chłodne, wilgoć zaś z powietrza skrapla się na powierzchni ścian.

Granit był już w starożytności ceniony jako wyborny materiał budowlany. Świadczą o tem obeliski Egiptu i budowle monumentalne Rzymu. W zwałiskach starożytnych Egiptu znajdują się monolity granitowe, mające po 500 m³ objętości, z których każdy waży więc milion kilogramów. Obelisk w Luxor, ustawiony obecnie na placu de la Concorde w Paryżu, składa się

z monolitu, o wysokości 50 *m*. Kolumna monolitowa Pompejusza ma 20,5 *m* wysokości, a u spodu 2,7 *m* średnicy, waży zaś 283 000 *kg*. I w wiekach średnich umiano ocenić własności granitu, jak o tem świadczą przepiękne portale granitowe i kolumny granitowe katedr i pałaców w Medyolanie i Pawii. W czasach nowszych widzimy wybitne zastosowania granitu we wszystkich niemal krajach. W Petersburgu piedestał pomnika cesarza Piotra I jest monolitem granitowym, drobnoziarnistym, o długości 12,5 *m*, szerokości 10,8 *m* i wysokości 6,3 *m*, którego ciężar wynosi 2 350 000 *kg*. Godnemi uwagi są również 52 kolumny monolitowe w kościele Matki Boskiej Kazańskiej w Petersburgu, mające po 8,5 *m* wysokości i 1 *m* średnicy u spodu. W Londynie potężne mury nadbrzeżne i most Waterloo, w Paryżu galerie Palais royal, w Monachium cokóły, schody, kolumny i ozdoby gmachu szkoły politechnicznej, w Wiedniu piedestały pomników, piękne studnie miejskie, oraz cokóły, schody i kolumny nowych budynków monumentalnych, zwłaszcza zaś Pałacu Sprawiedliwości, Parlamentu, pałacu Sacher'a i t. d., w Berlinie cokóły, schody i kolumny ratusza, są przykładami umiejętnego zastosowania granitu, w różnych jego odmianach. W Berlinie waza granitowa ustawiona przed gmachem Muzeum nowego, o średnicy 6,6 *m*, ważąca 75 000 *kg*, wyrobiona jest z jednego głazu narzutowego; również z jednego głazu narzutowego wyrobiona jest Kolumna Pokoju (Friedenssäule) na placu Bellealliance w Berlinie, mająca 7,5 *m* wysokości i 1,2 *m* średnicy.

Dobroć granitu ocenia się z wielkości ziarn i ze składu mineralogicznego. Granity obfitujące w kwarc, jako odporniejsze na wpływy atmosferyczne, są słusznie wyżej cenione od granitów obfitujących w łyszczyk i spat polny, które łatwiej wietrzeją. Granity drobnoziarniste zawierają w ogóle stosunkowo dużo kwarcu i dla tego uchodzą za lepsze od miałkoziarnistych i gruboziarnistych. Własności techniczne granitu są nadto zależne w stopniu wysokim od ilości stosunkowej łyszczyku i postaci w jakiej mineral ten występuje. Granity zawierające łyszczyku mało lub zawierające łyszczyk tylko w postaci blaszek drobnych, rozsianych równomiernie w masie skalnej, mają w ogóle wytrzymałość znaczną, zużywają się bardzo powoli, opierają się wpływom atmosferycznym dobrze, dają się prawidłowo obrabiać i dobrze polerować, przyczem przyjmują połysk piękny i trwały; granity zaś obfitujące w łyszczyk lub w których łyszczyk występuje w postaci nagromadzeń, są mniej mocne, prędzej się zużywają, dają się trudniej obrabiać i albo nie mogą być wcale polerowane, albo też przyjmują połysk słaby i nietrwaly.

Jakkolwiek wskazówki te mogą do pewnego stopnia służyć za podstawę dla oceny stopnia dobroci granitu i jakkolwiek trwałość granitów jest w ogóle bardzo znaczną, to jednak w każdym po szczególe wypadku należy zachować pewne ostrożności przy wyborze kamienia. Granity wydobywane z zewnętrznych, już nadwietrzanych części skal, są zazwyczaj mało odpornymi na mróz, gdyż w granitach takich, spójność składników jest osłabioną, a spat polny jest przeobrażony po części na ziemię porcelanową (kaolin). To też granity takie, zwane „zgnilemi“, najczęściej można poznać po żółtem zabarwieniu spatu polnego. Bywają także granity pozornie całkiem dobre, czyli jak kamieniarze mówią „zdrowe“, w których jednak znajdują się rysy włoskowate, nie dające się często dostrzedz nawet przez dobrą lupę. Kamienie takie są bardzo mało odporne na mróz, gdyż wilgoć, powstająca w szczelinach ze skroplenia się pary wodnej, zamarzając może rozsądzić najmocniejszy kamień. Rysy włoskowate mogą powstać w granicie już to pod wpływem czynników atmosferycznych, już to wskutek okoliczności przypadkowych, zwłaszcza zaś wskutek nieostrożnego obrabiania kamienia; a w granitach gruboziarnistych także wskutek niejednostajnego rozszerzania się ziarn

minerałów, wchodzących w skład danego kamienia. Granity, w których znajdują się takie rysy włoskowate, łamią się nieregularnie, wydają dźwięk przytłumiony i pochłaniają wodę w ilości większej aniżeli granity zdrowe. Jeżeli do działania mechanicznego wody zamarzającej przyłączy się działanie chemiczne ciał w wodzie rozpuszczonych, to przebieg zniszczenia granitu może okazać się bardzo przyspieszonym, gdyż w tych warunkach ortoz nader łatwo przechodzi w glinę, a łyszczyk zostaje wymyty.

Wytrzymałość na ściskanie granitu jest zmienną w bardzo rozległych granicach od 460 do 2200 kg na cm^2 (= 181 — 866 pudów na cal kwadr). Granity jednak do celów budowlanych brane wykazują zazwyczaj wytrzymałość na ściskanie nie mniejszą aniżeli 600 kg na cm^2 (= 236 pudów na cal kwadr.).

Z doświadczeń przeprowadzonych w czasach nowszych nad wytrzymałością granitów na ściskanie przytaczamy następujące wyniki przeciętne:

Miejscowość	Wytrzymałość na ściskanie	
	w kg na cm^2	w pudach na cal kw.
<i>Francya.</i> Bretania	650	256
Normandia.	700	270
<i>Alzacya i Lotaryngia.</i> Granit z Wogezów: szary	820	323
zielony	620	244
<i>Prussy.</i> Granity szląskie z okolic Neisse, Strehlen, Lignicy (Liegnitz), Striegau i Jauer.	900—1190	354—469
Granit szląski z Gaumitz koło Nimptsch.	720	284
Granit z Wetter nad Ruhrą	735	290
Inne granity pruskie.	930—1550	366—610
<i>Bawarya.</i> Vilshofen i Fürstenstein pod Passau	1860—2200	732—866
Inne kamieniołomy	800—1880	315—740
<i>Austro-Węgry.</i> Granity czeskie	880—1020	346—402
Granit węgierski z Lucivna	1220	480
Inne granity austriackie	650—990	256—390
<i>Szwecya i Norwegia.</i> Granity szwedzkie z pod Carlskrona, Malmö, Halmstadt, Hunnebostrand, Buhäslän, Mannewik, Fredrichshall	1230—1520	484—599
Granit szwedzki z Uddevalla.	730	287
Granit z pod Chrystyanii	1000	394
Granit z Wilhelmsberg koło Drammen w Norwegii	1220	480
<i>Rossya.</i> Granit wyborski z Senio	580	228
„ serdobolski	718	283
„ woronieski	935	368
„ rochkumski	952	375
„ szokszyński	1215	479
„ wyborski z Simoly.	1296	510
„ z nad Bohu szary	1328	523
„ hangeudski	1406	554
„ z nad Bohu czarny	2078	818

Wszystkie powyższe wyniki oznaczone zostały dla kostek próbnych, o wymiarach $5 \times 5 \times 5$ lub $6 \times 6 \times 6$ cm .

Wytrzymałość na rozciąganie granitu wynosi przeciętnie 30 kg na cm^2 ; wytrzymałość na przecinanie przeciętnie: 62 kg na cm^2 ; zaś wytrzymałość na wyginanie przeciętnie: 120 kg na cm^2 . Porowatość 0,45—1,2%.

Ciężar właściwy granitu jest zmienny w granicach od 2,51 do 3,05; twardość zaś w granicach od 6 do 8. Współczynnik rozprężenia 0,000026 na $1^{\circ} C$.

Skoro granit straci jedną z części składowych albo gdy składniki układają się tak, że budowa wewnętrzna przestaje być ziarnista, to skała przestaje być granitem. Tak więc granit, tracąc łyszczyk, przechodzi w arkoz; jeżeli zaś miejsce łyszczyku zajmie hornblenda, a przytem ilość stosunkowa kwarcu znacznie się zmniejszy, to powstanie skała zwana syenitem; jeżeli wreszcie granit, zachowując wszystkie swe składniki, zmieni tylko złożenie ziarniste na łupkowe, to utworzy się skała zwana gnejsem. Ponieważ przejścia te są stopniowe, przeto istnieją także skały pośrednie, zwane syenitami granitowymi albo granito-syenitami, gnejсами granitowymi albo granito-gnejсами i t. p.

Granit, krusząc się pod wpływem sił mechanicznych, rozsypuje się w gruz ostry, gruboziarnisty, który rozdrabniając się tworzy mialki piasek granitowy, stanowiący wyborny materiał do zapraw. Gruz granitowy był często powodem tworzenia się piaskowców, które osadzały się bezpośrednio nad skalami granitowymi.

Skoro spat polny w granicie ulega rozkładowi chemicznemu, to wytworem tego rozkładu jest ziemia porcelanowa (kaolin). Takie wytwory rozkładu znajdują się w pobliżu Karlsbadu, pod Limoges we Francyi, oraz w Kornwalu i Devonshire w Anglii.

Z gruzu granitowego lub piasku granitowego, przy użyciu cementu jako spoiwa, wyrabiane są kamienie mocne i twarde, zwane *granitami sztucznymi* albo *odrodzonemi* (fr. granit régénéré; n. regenerirter Granit).

2. Syenit.

Syenit (siniec) (fr. syénite; n. Syenit), którego nazwa pochodzi od miasta Syeny (dzisiejszego Essen albo Assuan w prowincyi Thebais) w Egipcie górnym, składa się ze spatu polnego i hornblendy, połączonych z sobą w jedną masę ziarnistą; w czasach nowszych jednak nazwą syenitu obejmuje się tylko połączenia ortozu z hornblendą, w których oligoklaz albo wcale nie występuje, albo stanowi składnik przyboczny. Kware nie pojawia się wcale w syenicie właściwym. Ten brak kwarcu jako składnika głównego, oraz pojawienie się hornblendy w miejsce łyszczyku, wyróżnia syenit od granitów; niemniej jednak syenit może przechodzić w granit. Ortoz stanowi przeważający ilościowo składnik, ma zazwyczaj barwę czerwoną, krwistą, brunatno-czerwoną, niekiedy płowoczerwoną z odblyskiem niebieskim, rzadziej białą; tworzy główną masę ziarnistą kamienia, w której osadzone są nieregularnie kryształy pręcikowe, krótkie, hornblendy, barwy ciemno-zielonej do czarnej. Gdy w masie drobnoziarnistej wydzielone są pojedyncze kryształy większe ortozu, złożenie staje się porfirorowem i syenit taki nosi nazwę *porfiru ortozowego* albo *syenitowego*. Często pojawia się w syenicie łyszczyk magnezyowy (tojkowy), a wtedy ilość hornblendy jest mniejszą, lub hornblenda znika zupełnie, przyczem syenit taki, złożony z ortozu, oligoklazu i łyszczyku magnezyowego, nazywa się *syenitem łyszczy-*

kowym. Jeżeli syenit z lyszczakiem magnezyowym zawiera znaczną ilość hornblendy lub sklistynu, to nosi nazwę *monzonitu*. Przez przyłączenie się zaś do syenitu ziarenek kwarcu powstaje *granit syenitowy* czyli *hornblendowy*, tworzący skałę pośrednią pomiędzy syenitem a granitem. Przy ułożeniu równoległym kryształów hornblendy i lyszczaku, syenit staje się podobnym do gnejsu i nosi nazwę *gnejsu syenitowego* albo *łupkowego*.

Jako składniki przyboczne występują w syenitach: sfen (tytanit) żółty i brunatny, granat, epidot, magnetyt, iskrzyk, oraz cyrkon w t. zw. *syenicie cyrkonowym*.

Złożenie syenitu jest średnioziarniste lub gruboziarniste, rzadziej porfirowe.

Barwa syenitu, zależnie od większej lub mniejszej ilości hornblendy, bywa jaśniejszą lub ciemniejszą.

Skład chemiczny (według H. Credner'a) daje przeciętnie: krzemionki 58,37, glinki 19,21, tlenku żelaza 8,27, tlenku wapnia 5,66, tlenku magnezu 2,91, potasu 3,2, sodu 2,42, z niewielką ilością wody.

W Europie syenit występuje głównie w Irlandyi, Szkocyi, pod Chrystyanią w Norwegii, pod Uddevalla w Szwecyi (syenit cyrkonowy), pod Remiremont i Giromagny w Wogezach, pod Fermanville w depart. Manche i pod Servance w depart. Haute-Saône we Francyi, pod Alcojola w Korsyce, pod Predazzo w Tyrolu (monzonit), w okolicach Auerbach i Weinheim w Odenwaldzie, Steile Stiege na Harcu, Ilmenau, Zella, Mehlis, Schmiedefeld i Ehrenberg w lesie turyngskim (porfir syenitowy), pod Dreznem i Aschaffenburgiem, w Wölssau pod Redwitz w górach Sosnowych, w okolicach Meissen i Zschopau w górach Kruszcowych (żyły syenitu zbitego), w okolicach Passau i Wiesau w Bawaryi, na pograniczu bawarsko-czeskim (syenit o złożeniu łupkowym), w okolicach Brna (Brünn) i Blanska w Morawii, w okolicach Wyborga w Finlandyi, w górach Uralskich, oraz w gub. jekaterynburgskiej i podolskiej.

Syenit, jako materiał budowlany, jest równie ceniony jak granit; odznacza się wielką twardością, znaczną wytrzymałością mechaniczną i niepospolitą trwałością; posiada przytem barwy piękne, żywe, a daje się łatwo obrabiać i pięknie polerować. Stosowany był już w starożytności głównie przez egipcyan do budowli monumentalnych, obelisków i piramid. W Niemczech (w Heidelbergu i Auerbach) znajdują się dwie olbrzymie kolumny syenitowe, pochodzące jakoby z pałacu Karola Wielkiego w Ingelheim. Obecnie syenit używany jest w tych samych celach jak granit, zwłaszcza zaś nadaje się na ozdoby architektoniczne, kolumny, piedestały pomników i bruki. Kolumny przedsionka gmachu Opery w Paryżu wykonane są z syenitu z Servance; zaś piedestał kolumny Vendôme w Paryżu — z syenitu z Alcojola na Korsyce. W Dreźnie znajdują się bruki uliczne z syenitu czerwonego. W Wiedniu obudowanie pomnika Maryi Teresy wykonane jest z syenitu pilzeńskiego, szarego, z wkropionymi punktami czerwonymi. Syenit cyrkonowy z Norwegii ma wielki odbyt w różnych krajach, głównie na nagrobki; jest jednak wyraźnie porowatym i zdaje się, że świetny połysk, jakim odznacza się po polerowaniu, nadawany mu jest środkami sztucznymi.

Syenity drobno- i średnioziarniste, twarde, są najodporniejsze na wpływ czynników atmosferycznych, napotykają się jednak bardzo rzadko; syenity gruboziarniste, są znacznie mniej trwałymi. Syenity obfitujące w hornblendę stosunkowo prędko wietrzeją.

Wytrzymałość na ściskanie: 790—1560 *kg* na *cm*² (=310—615 pud. na cal kwadr.); na przecinanie zaś przeciętnie 165 *kg* na *cm*² (=65 pud. na cal kwadr.). Porowatość syenitu wynosi przeciętnie około 1,3%. Ciężar właściwy: 2,5—3,06. — Twardość: 7—8.

3. Zieleńce (zielonoskały).

Zieleńce (n. Grünsteine) są to ściśle lub ziarniste połączenia spatu polnego z hornblendą lub sklistynem (augitem). Spat polny występuje tu zawsze jako oligoklaz, albit albo labrador. Składnikami przyboicznymi są często: łyszczyk, łojek, kwarc i żelazo. Ważniejsze gatunki zieleńców są: dyoryt, dyabaz, gabbro i wężowiec.

1) **Dyoryt** (fr. diorite; n. Diorit, Hornblendegrünstein) składa się z hornblendy i spatu polnego białego, żółtawego lub zielonawego, niekiedy z przymieszką kwarcu (*dyoryt kwarcowy*), rzadko z łyszczykiem brunatnym lub czarnym (*dyoryt łyszczykowy*), albo też z sklistynem. Z dwóch składników głównych przeważa zazwyczaj ilościowo hornblendą, barwy czarnawo-zielonawej, połyskująca na powierzchniach odłamu i dla tego zabarwienie ogólne dyorytu jest w zasadzie ciemne, czarno-zielone, z połyskiem widocznym na powierzchni odłamu. Złożenie jest ziarniste, we wszystkich odcieniach od wielkoziarnistego do miałkoziarnistego; przy uwarstwieniu równoległym powstaje *łupek dyorytowy*. Skoro w masie dyorytowej wydzielają się oddzielne większe kryształy oligoklazu jasno-zielonego lub hornblendy, to tworzy się *porfir dyorytowy*; skoro zaś ziarna są bardzo miałkie, tak, iż okiem nieuzbrojonym odróżniane być nie mogą, to skala nosi nazwę *dyorytu zbitego (afanitowego)*.

Oprócz kwarcu, łyszczyku i sklistynu, występują w dyorytach jako składniki przyboczne głównie: iskrzyk, zielonka (chloryt), sfen (tytanit), mylnik (apatyt), magnetyt, granat i t. d. Iskrzyk występuje niemal we wszystkich dyorytach, a powodując tworzenie się siarczanu żelaza (witryolu zielonego), staje się często przyczyną wietrzenia kamienia. Zielonka występuje przeważnie w dyorytach ubogich w hornblendę.

Skład chemiczny dyorytów (według H. Credner'a): krzemionki 51,0, glinki 18,5, tlenku żelaza 11,0, tlenku wapnia 7,5, tlenku magnezu 6,0, potasu 2,5, sodu 3,0, nadto ślady tlenika manganu i nieco wody.

W Europie dyoryty występują głównie w górach Uralskich, w Szwecyi i Norwegii, w okolicach St. Beat w Szkocyi, w górach Piręnejskich, pod Olonne w depart. Vendée, pod Fonday w Wogezach, pod Klausen w Tyrolu południowym, na Szląsku pruskim i austriackim, na Harcu, w górach Sosnowych, lesie tyryngskim, Czarnym lesie badeńskim, prowincjach nadreńskich, oraz w okolicach Giessen, Nassau i Aschaffenburga. Największe łomy dyorytu kwarcowego znajdują się w Quenast pod Brukselą. W płycie granitowej ukraińskiej dyoryty znajdują się pod Waśkowiczami i Frysarką.

Dyoryty dają się trudno obrabiać i polerować, przyjmują jednak połysk piękny i trwały. Są bardzo trwałe, o ile nie zawierają znaczniejszej ilości iskrzyku. Używane są na nagrobki i kolumny, a także do budowli wodnych; głównie jednak do budowy dróg, już to w postaci szabru lub kamieni łamanych, już to

w postaci kostek dla bruków ulicznych. Wydobywany pod Sartene na Korsyce piękny *dyoryt kulisty* (*korsyt*) używany jest we Włoszech, w postaci płyt, na ozdoby architektoniczne. Starożytni egipcjanie wyrabiali z dyorytu posągi Izysa i Ozyrysa; słynnym jest wykuty z dyorytu posąg olbrzymi króla Szafra. Z czasów starożytnych pochodzi także kolumna dyorytowa, znajdująca się obecnie w jednym z kościołów w Rzymie, a przy której, wedle podania, Chrystus był biczowany.

Wytrzymałość na ściskanie dyorytów: 700--2650 kg na cm^2 (276--1044 pud. na cal kwadr.). Porowatość, według Hauenschild'a, około 0,25%. Ciężar właściwy przeciętnie 2,8. Twardość przeciętnie 6.

2) Dyabaz (fr. diabase; n. Diabas, Augitgrünstein), podobny do dyorytu i dawniej za odmianę dyorytu uważany, składa się z sklistynu i oligoklaznu lub labradoru, oraz zielonki; najczęściej bywa drobnoziarnisty, barwy ciemno-zielonej, szaro-zielonej lub zielonej; złożenie bywa niekiedy zbite (*dyabazy zbite* albo *afanitowe*), niekiedy zaś porfirowe (*porfiry dyabazowe*, *labradorowe*, *sklistynowe*, znane w dziejach sztuki pod nazwą *porfido verde antico*), albo też lupkowe (*dyabaz lupkowy*). Niekiedy w dyabazie osadzone są większe ziarna spatu wapiennego (*migdałowiec dyabazowy*). Kwarc występuje rzadko jako składnik istotny (*dyabaz kwarcowy*), częściej zaś jako składnik przyboczny. Jako składniki przyboczne występują nadto: oliwiec (*dyabaz oliwinowy*), spat bury (burospat), lyszczyk magnezyowy, sfen (tytan), magnetyt, kostkowiec (analcym) i t. d.

Skład chemiczny dyabazów (według H. Credner'a): krzemionki 47,56, glinki 16,34, tlenotleniku żelaza 12,54, tlenku wapnia 11,22, tlenku magnezu 6,47, potasu 0,91, sodu 3,10, wody 1,80.

Dyabazy występują głównie na Harcu, w lesie turyngskim, w górach Sosnowych, w okolicach Nassau (migdałowiec dyabazowy), w Westfalii, Saksonii, w okolicach Hof w Bawarii (migdałowiec dyabazowy), pod Miedziogórą (Kupferberg) na Śląsku (dyabaz lupkowy), w okolicach Pragi i Przybramu w Czechach, pod Giromagny w Wogezach, pod Chrystyanią w Norwegii, pod Devonshire w Anglii.

Zastosowania dyabazu są takie same jak dyorytu, częściej jednak jest nadwietrzalym i dla tego rzadko tylko może być polerowany. Dyabazy, w których spat polny uległ rozkładowi, nie nadają się na szaber dla szos. Porfir dyabazowy (porfido verde antico), znajdujący się w Grecji południowej, służył w starożytności do wyrobu kolumn, ozdób architektonicznych i posągów.

Wytrzymałość na ściskanie dyabazów z pod Kamenz w Saksonii 1116, zaś z pod Wernigerode na Harcu 1762 kg na cm^2 .

3) Gabbro (eufotydy) (fr. euphotide, gabbro; n. Gabbro, Ugrünstein, Zobenfels) składa się z migniku albo szmaragdytu i labradoru albo sosurytu labradorowego. Mignik i szmaragdyt zrosnięte są z hornblendą, przyczem mignik bywa szary, brunatny albo oliwkowo-zielony, z połyskiem metalicznym, szmaragdyt zaś jasno-zielony z odblyskiem perłowym. Labrador, białawy, białawoszary, lub niebieskawo-zielony, jest zazwyczaj przeważającym ilościowo składnikiem. Sosuryt jest zazwyczaj zbity, matowy, barwy takiej samej jak labrador, najczęściej jednak białawo-szarej lub zielonawej. Najwięcej cenione są odmiany, w których występuje szmaragdyt.

Złożenie jest najczęściej ziarniste, niekiedy włóknisto-lupkowe.

Często zawiera gabbro znaczną ilość oliwca (*gabbro oliwinowy*); z innych zaś składników przybocznych: hornblendę, łojek (*talk*), łyszczyk, granat, iskrzyk, magnetyt i t. d. Nie rzadko też znajduje się w gabbro węzowiec w postaci żył lub kłębków.

Gabbro znajduje się głównie na Szląsku pruskim, w okolicach Sobótki (*Zobten*), oraz w pobliżu Neurode, Ebersdorf i Frankenstein, na Harcu, w Nassauskiem i Saksonii, przy Dobsini w Węgrzech, przy Langenlois w Austrii, w Czechach, w Wogezach, w Dauphiné przy Briançon i La Grave, pomiędzy Genuą i Savoną, w okolicach Florencyi, Prato i Livorno, na Korsyce, na Cyprze, pod Bergen w Norwegii.

Gabbro ma najczęściej zabarwienie zielone i białe, daje się pięknie polerować, odznacza się pięknym wyglądem i wielką trwałością, zwłaszcza gdy nie zawiera zbyt wielkiej ilości labradoru. W dziejach sztuki gabbro znane jest pod nazwą *Verde di Corsica*. Używa się przeważnie jako kamień ornamentacyjny; na płyty mozaikowe do licowania ścian (jak np. w kapeli laurentyńskiej we Florencyi); na płyty do stołów, mniejsze kolumny, oraz do brukowania i szabrowania dróg. Odmiany nie obfitujące w labrador używane są w postaci ciosów do murów w okolicach pobliskich miejsc wydobywania.

Skład chemiczny gabbro normalnego z Harcu (według H. Credner'a): krzemionki 53,65, glinki 20,77, tlenu żelaza 0,98, tlenku żelaza 7,61, tlenku wapnia 9,16, tlenku magnezu 1,57, potasu 1,61, sodu 3,3; strata w ogniu 1,33.

Wytrzymałość na ściskanie gabbro z Harcu: z pod Radauthal 1813, z pod Harzburga 1031, z pod Wernigerode 690 *kg* na *cm*².

Ciężar właściwy przeciętnie 2,9; twardość przeciętnie 7.

4) Węzowiec (*serpenty*) (p. str. 16), w stanie czystym składa się tylko z minerału węzowca; zazwyczaj jednak zawiera nadto: oliwiec, spiżowiec (bronzyt), magnetyt, a także hornblendę, łyszczyk, granat, kwarc, zielonkę (chloryt) i t. d. Często przecięty jest żyłami azbestu.

Zawiera 42,97% tlenku magnezu, 44,14% krzemionki, 12,89% wody, a niekiedy nieco tlenku żelaza zamiast magnezyi. Odlam ma muszlowy płaski, nierówny, o krawędziach przeświecających lub nieprzezroczystych. Powierzchnie polerowane mają połysk tłustawy. Odróżniane są:

a) *Węzowiec szlachetny*, barwy jasno-zielonej, także żółtej, z odlamem gładkim, o krawędziach przeświecających; zawiera wapień. Odmiana *pikrolit* wyróżnia się większą twardością, zaś *williamsyt* zawartością żelaza i niklu.

b) *Węzowiec pospolity*, o barwach ciemnych, nieprzezroczysty.

W dziejach sztuki znane są jako odmiany węzowca:

Nero di Prato, barwy czarno-zielonej, z żyłami białymi i czerwonymi.

Verde di Prato, barwy zielonej z plamami czarnymi i czerwonymi.

Verde di Susa, barwy zielonej z żyłami białymi.

Węzowiec szlachetny występuje w pięknych odmianach pod Snarum w Norwegii, w Jaskłowiec na Spiżu, oraz w Miasku i Jekaterynburgu na Uralu. Węzowiec pospolity występuje pod Miedziogórą (*Kupferberg*) w Czechach, pomiędzy Einsiedel i Marienbadem, pod Zöblitz, Waldheim i Penig w Saksonii, pod Reichenstein, Frankenstein i Sobótką (*Zobten*) na Szląsku pruskim, pod Kraubat w Styrii, pod Salzburgiem, na Morawach, w Węgrzech, Tyrolu, Toskanii, Korsyce, Szkocyi, Szwecyi, Alpach południowych, Apeninach i Pirenejach.

Węzowiec jest trwały, trudno wietrzeje. Bezpośrednio po wydobyciu z łomu jest tak miękki, że daje się łatwo przecinać nożem lub piłą oraz toczyć na tokarni.

Na powietrzu traci z czasem część wody i wskutek tego nabiera znacznej twardości, poczem może być polerowany.

Z powodu pięknych barw oraz pięknego połysku powierzchni polerowanych, wężowiec szlachetny używany jest głównie na wyroby ozdobne. Z wężowca pospolitego wyrabiane są świeczniki, wazy, kolumny, gzymsy, płyty do posadzek i do licowania murów, płyty do stolów, obramowania kominków pokojowych i t. p.

Wężowiec jest ogniotrwałym i z tego powodu znajduje zastosowanie w piecach wielkich, oraz na piecyki do pracowni chemicznych, tygle i t. p.; służy też jako kamień budowlany dla murów kominowych, murów ogniowych i t. p.

Wytrzymałość na ściskanie wężowca wynosi, według Winkler'a, przeciętnie 840 *kg* na *cm*².

Porowatość wężowca, według Lang'a = 0,56%. — Twardość wężowca świeżo wydobytego z łomu, według Gottgetreu'a, 2,5.

Ciężar właściwy: 2,56 — 2,804.

4. Porfiry.

Porfiry (fr. porphyres; n. Porphyre) są skalami wybuchowemi o masie kamienną zbitej, albo też miałkoziarnistej, w której tkwią więcej lub mniej wykształcone, lecz zawsze wyraźne kryształy lub grupy kryształów rozmaitych minerałów, a zwłaszcza różnych spatów polnych, kwarcu, łyszczyku, hornblendy i sklistynu (augitu). Niekiedy kryształy kilku z tych minerałów znajdują się obok siebie. Masa kamienna składa się głównie ze spatu polnego, często z przymieszką kwarcu i łyszczyku. Porfiry zawierające wydzielone kryształy kwarcu, do których należą porfiry granitowe, syenitowe i kwarcowe, mają przeważnie zabarwienie czerwone; profiry zaś nie zawierające wydzielonych kryształów kwarcu, jako to: porfir łyszczykowy, hornblendowy i skala felzytowa, rzadziej od poprzednich napotykanne, mają zazwyczaj zabarwienie ciemne, mętne, najczęściej brunatne, niekiedy szare i zielone, rzadziej niebieskie i fioletowe. W tych ostatnich porfirach kwarc stanowi jednak niekiedy część składową masy kamienną.

1) **Porfir felzytowy (skaleniowy, kwarcowy)** (fr. porphyre quarzeux; n. Felsitporphyr, Quarzporphyr). Masa kamienna tego porfiru, zwana *felzytem*, jest ściśle połączeniem bardzo miałkich cząstek spatu polnego i kwarcu. Zależnie od stanu spójności tych składników, wygląd i własności masy kamienną mogą być rozmaite. Gdy masa kamienna jest zbita, o odłamie muszlowym, przytem bogatą w kryształy ortozu i bardzo twardą, tak, że uderzana stalą wydaje iskry, porfir nazywa się *rogowcowym* (fr. porphyre curitique; n. Hornsteinporphyr); jest to najtrudniejszy do obrabiania, lecz zarazem najtrwalszy, najmocniejszy i najtwardszy gatunek porfirów; daje się pięknie polerować. Gdy masa kamienna składa się ze znacznej ilości kryształów ortozu i niewielkiej ilości ziarn kwarcu, a jest przytem twardą i mocną, wyraźnie krystaliczną, miałkoziarnistą, o odłamie matowym, nierównym, porfir nazywa się *polowym* albo też *felzytowym właściwym*; jest to porfir mocny i trwały, daje się dobrze polerować i łatwiej obrabiać aniżeli porfir rogowcowy. Skoro zaś masa kamienna wskutek wietrzenia spatu polnego stała się mniej mocną i ścisłą, luźną, topliwą, ziemistą i miękką, tak, że uderzana stalą nie wydaje wcale iskry, a nożem może być rysowana, to zależnie od stopnia,

w jakim wpływ wietrzenia spatu polnego się ujawnił, porfir nazywa się *ilastym* (n. Thonsteinporphyr), albo *gliniastym* (fr. argyloporphyre; n. Thonporphyr) i nie może być polerowany.

W masie kamiennej porfirów felzytowych tkwią kryształy ortozu, oligoklazu, kwarcu i łyszczyku albo ortozu szklistego (sanidynu).—Ortoz występuje albo w postaci wyraźnych kryształów, mających po kilka milimetrów do 2 *cm* długości, albo też w postaci ziarn krystalicznych. Kryształy ortozu są albo wyraźnie oddzielone od masy kamiennej, albo z nią zrosnięte. Barwa ortozu jest biaława, żółtawa do krwistej i zawsze jaśniejszą od barwy masy kamiennej; niekiedy bywa ortoz bezbarwny; na powierzchniach rozłupania zaś ma mocny połysk perłowy.—Oligoklaz natomiast występuje tylko w kryształach drobnych; jest zazwyczaj biały lub żółtawy; wietrzeje łatwo i staje się wtedy matowym, miękkim.—Kwarc występuje w postaci ziarn szaro-białych do ciemno-szarych, przezroczystych, wielkości grochu, często mniejszej, albo też w postaci kryształów foremnych; odłam ma muszlowy, połyskujący.—Łyszczyk pojawia się rzadziej, zazwyczaj jako łyszczyk lojkowy (magnezyowy), barwy tombakowo-brunatnej do czarnej, rzadziej żółtej lub zielonej.

W porfirach felzytowych znajdują się często jako składniki przyboczne: spat wapienny, topnik (fluspat), agat, ametyst, chalcedon i t. d., oraz jako składniki przypadkowe: iskrzyk, zielonka (chloryt), gniazda rudy manganowej, żelaziak czerwony, grafit i tlenek żelaza.

Barwa porfirów felzytowych bywa bardzo różnaitą: jasno-czerwoną do krwistej, czerwono-brunatną, kasztanową do ciemno-brunatnej, rzadziej żółtą, żółto-brunatną, jasno-zieloną, oliwkową, perlisto-zieloną, ciemno-zieloną, niebieskawą, szarą; że jednak przeważnie występują barwy czerwone, przeto porfiry felzytowe zwane są też *porfirami czerwonymi*.

Stosunki ilościowe masy kamiennej do kryształów w niej tkwiących bywają również różnaitymi. W niektórych porfirach felzytowych przeważa stanowczo masa kamienna; w innych zaś większą część objętości zajmują kryształy i ziarna mineralów w masie skalnej osadzonych, tak, że niekiedy złożenie kamienia staje się podobnem do złożenia krystaliczno-ziarnistego granitów. Niekiedy tkwią w masie kamiennej tylko bardzo nieliczne wydzielone kryształy i ziarna mineralów, albo nawet ich wcale niema i wtedy kamień nazywa się *skalą felzytową (helleflintą)* (n. Felsitfels).

Jeżeli masa kamienna jest wyraźnie ziarnistą i gdy w skład jej oprócz ortozu, kwarcu i łyszczyku, wchodzi jeszcze hornblenda i zielonka (chloryt), to porfir nazywa się *granitowym* albo *syenitowym*; gdy zaś złożenie jest lupkowe—*lupkiem porfirowym*.

Skład chemiczny porfirów felzytowych (według H. Credner'a): krzemionki 7,1, glinki 12—14, tlenotleniku żelaza 2—3, tlenku wapnia 1,5, tlenku magnezu 0,5, zasad (zwłaszcza potasu) 7—9%.

Porfiry felzytowe występują głównie w Szwecyi, Norwegii, Francyi (w części północnej Wogezów), w czeskich i saskich górach Kruszcowych, w Saksonii, w lesie turyngskim, na Harcu, w Odenwaldzie, na Szląsku, w okolicach Kreuznach, w pobliżu Brilon w Westfalii, w Badeńskiem, Węgrzech, Siedmiogrodzie. W Rosyji: na wyspie Hochlandzie w zatoce Finskiej, w górach Uralskich i Altajskich, oraz koło

Mokrej Holowy w Ukrainie południowej. Porfir opalowy z żyłami półopalu i opalu szlachetnego, znajduje się koło Berdyczowa, pod Pohorcami i Ulanówką. — W Galicyi porfir felzytowy występuje w obwodzie krakowskim, pomiędzy Alwernią i Nową Górą, w okolicach Krzeszowic, Miękini, Filipowic, Karniowic; zaś skała felzytowa (helleflinta) — u źródeł Czeremoszu w Karpatach. — W Królestwie Polskiem porfir felzytowy znajduje się na wschód od wsi Gołonoga w pow. będzińskim (p. str. 27).

Wytrzymałość na ściskanie porfirów felzytowych jest zmienną w bardzo rozległych granicach od 600 do 2300 kg na cm^2 (= 236 — 906 pudów na cal kwadr.). Do ujawniających największą wytrzymałość należą porfiry z pod Dossenheim w Odenwaldzie, z Ziegelhausen pod Heidelbergiem i z Normberg pod Singheim w Badeńskiem; średnią zaś wytrzymałość mają porfiry z Elbingerode i Goslar na Harcu, Dornreichenbach w Saksonii, Messinghausen w Westfalii. Porfiry felzytowe z okolic Krakowa wykazały 1200 kg na cm^2 (= 473 pud. na cal kwadr.); porfiry z okolic Krzeszowic, a mianowicie z Sanki, Frywaldu i Miękini: 1780 — 2000 kg na cm^2 (= 700 — 788 pud. na cal kw.); zaś z wyspy Hochlandu w zatoce Finskiej: 1126 kg na cm^2 (= 443 pud. na cal kwadr.).

Ciężar właściwy: 2,4 — 2,793.

Gatunki twardsze porfiru felzytowego odznaczają się zazwyczaj znaczną wytrzymałością i wielką odpornością na wpływy czynników atmosferycznych; a że dają się przytem pięknie polerować, przeto odmiany wyróżniające się barwami żywymi były już w starożytności cenione jako wyborny materiał dla wyrobów ozdobnych. W dziejach sztuki znane są odmiany: *porfido nero antico* i *porfido mordiglione*. Wyrabiane były z nich głównie kolumny, nagrobki, piedestały pomników i t. p. Obecnie porfiry stosowane są w postaci ciosów w budowlach monumentalnych, w postaci kostek na bruki uliczne, w postaci szabru dla dróg bitych i t. d., nadto wyrabiane są z nich płyty dla chodników, płyty do stołów. Na kostki do bruków ulicznych oraz na ciosy do robót wodnych brano są przeważnie porfiry twarde, a przytem bogate w kwarc; także porfiry cenione są jako materiał ogniotrwały. W Szwecyi z porfiru felzytowego ciemnego, zwanego tam *hülleflinta*, wyrabiane są wazony i różne drobne przedmioty ozdobne. — Porfiry, których składniki znajdują się w stanie wietrzenia, a również porfiry porowate i nierównoziarniste, są mało trwałe i nie nadają się do wyrobów ozdobnych. Z tego powodu obramowania okien i drzwi, ozdoby architektoniczne i t. p., wyrabiane z porfirów gliniastych, tracą prędko na powietrzu piękny swój wygląd. — Lupek porfirowy używany jest w Tyrolu do krycia dachów.

2) Porfiryty jest to porfir nie zawierający wcale kwarcu, ani jako składnika masy kamiennej, ani w postaci ziarn wydzielonych. Masa kamienna porfirytów składa się najczęściej z oligoklazu lub ortozu i lyszeczyku lub hornblendy. Porfiryty są zawsze mniej twarde aniżeli porfiry felzytowe i mają zabarwienie brunatne, brunatno-czerwone, czerwone, kasztanowe, niebieskawo-brunatne albo ciemno-szare. Do porfirytów należy piękny porfir starożytny z Egiptu górnego, zwany *porfido rosso antico*, w którego jasno- lub ciemno-czerwonej masie, tkwią liczne drobne kryształy oligoklazu białego do różowo-czerwonego, igielki hornblendy ciemnej, oraz blaszki lyszeczyku. Z tego porfiryty wyrobiony jest obelisk Sykstusa V

w Rzymie i kolumny w kościołach: Św. Marka w Wenecyi, oraz Św. Maryi i Św. Ambrożyusza w Medyolanie.

W Europie porfiryty występują głównie w Szwecyi i Norwegii, Alzacyi, Tyrolu, Czechach, Saksonii, na Harcu i w lesie turyngskim. — Na Wołyniu nad brzegami rzeki Grozdawia znajduje się porfiryt norytowy, zwany *wołyńitem*. — W Galicyi porfiryty występują w obwodzie krakowskim, a zwłaszcza w okolicy Zalusu, Sanki, Frywałdu i Rybnej, oraz w Tatrach na hali zwanej Małolącniakiem.

Odmianę porfirytu ortozowego, bogatą w łyszczyk, nazywają porfirem *łyszczykowo-syenitowym* albo *minetą*. Porfiryt ten tworzy żyły w granicie, syenicie i t. d.; występuje zaś głównie w Canton Wallis, w Wogezach, Odenwaldzie, Czarnym lesie badeńskim, górach Kruszczych, w okolicach Pragi czeskiej.

3) Melafir czyli **porfir czarny (bazalt)** (fr. *mélaphyre*, *porphyre noire*; n. *Melaphyr*, *schwarzer Porphyr*) jest skałą o masie zbitej, składającej się przeważnie z labradoru lub oligoklazu i sklistynu. W postaci kryształów wydzielonych występują: labrador, łyszczyk i sklistyn. Jako składniki przyboczne znajdują się: oliwiec, mylnik, iskrzyk, magnetyt, miedź, srebro i t. d.

Z odmian wyróżniane są: *porfir sklistynowy* z wyraźnemi kryształami sklistynu, osadzonemi w masie zbitej, oraz *migdałowiec porfirowy*, o złożeniu migdałowem.

Melafir napotyka się często w stanie zwietrzałym i wtedy ma barwę zieloną, która następnie przechodzi w żółto-zieloną i brunatną. Melafir zwietrzały wydziela zapach gliny, burzy się w kwasach, jest topliwy i daje się rysować nożem.

Złożenie melafiru bywa drobnoziarniste do zbitego, niekiedy migdałowe, jak w *migdałowcach melafirowych*.

Melafiry występują razem z porfirami felzytowemi w Czechach i w lesie turyngskim; nadto w Szląsku, Saksonii, okolicach Darmstadt, na Harcu, w Tyrolu południowym, Wogezach, okolicach Chrystyanii, oraz w niektórych okolicach Anglii.—W Galicyi melafir występuje w obwodzie krakowskim, a zwłaszcza w okolicach Tęczyna i Alwerni, gdzie w postaci żył zapelnia szczeliny w skałach osadowych, oraz w okolicy wsi Regulic i Poręby, w Krzeszowicach i na drodze od Miękini ku Krzeszowicom. Melafiry obwodu krakowskiego zawierają często piękne migdały agatu, ametystu i t. d. Miejscami tworzą melafiry te skały malownicze, jak np. Tęczyńską górę zamkową, oraz górę klasztorną w Alwerni.

Melafir, z wyglądu bardzo podobny do bazaltu, lecz od niego lżejszy, jest nieszczęśliwym materiałem budowlanym, trudny jest bowiem do obrabiania, przytem nie zbyt trwały, a z zaprawami źle się wiąże. Używany bywa przeważnie w postaci szabru dla dróg bitych; dawniej układane były też bruki z melafiru, zwłaszcza w Paryżu, a także w Berlinie i Monachium, lecz bruki te okazały się nietrwałemi.

Skład chemiczny (według H. Credner'a): krzemionki 56,80, glinki 17,81, tlenku żelaza 6,60, tlenku wapnia 7,01, tlenku magnezu 3,01, potasu 2,12, sodu 2,59, wody 1,92, kwasu węglanego, kwasu fosforowego i kwasu tytanowego 1,00.

Wytrzymałość na ściskanie melafiru nienadwierzalonego: 700 — 1800 *kg* na *cm*² (= 276 — 709 pud. na cal kwadr.).

Ciężar właściwy: 2,5 — 2,8.

5. Skały trachytowe.

1) *Trachyt właściwy* (fr. trachyte; n. Trachyt). Masa kamienna trachytu, krystaliczna, barwy jasno-brudnawej, białawo-szarej, popielato-szarej z odblyskiem czerwonym, brunatnej, czarnawej, składa się przeważnie z sanidynu czyli ortożu szklatego i oligoklaz, często z przymieszką grup kryształów hornblendy, blaszek lyszczyku i cząstek magnetytu. Niekiedy w masie trachytu tkwią kryształy sklistynu i drobne igielki mylnika. Składnikami przybocznymi są: szkło, hornblenda, sklistyn, kwarc, lyszczyk, tytanit, magnetyt, sodalit, granat.— Odlam nierówny, w dotknięciu szorstki, ostry.— Złożenie drobnoziarniste, porowate, komórkowate, rzadko zbite.— Twardość rozmaita, niekiedy bardzo znaczna, niekiedy zaś bardzo mała jak w trachytach ziemistych, białawych, zwanych *domitami* od miejscowości Puy de de Dôme, w której się znajdują.

Często napotykaną odmianę stanowi *porfir trachytowy*, podobny z wyglądu zewnętrznego do niektórych porfirów felzytowych. Porfir trachytowy różni się od trachytu właściwego mniejszą zawartością hornblendy; często nie zawiera hornblendy wcale. Rozróżniane są porfiry trachytowe obfitujące w kwarc i ubogie w kwarc; w masie kamiennej pierwszych wydzielone są kryształy kwarcu, sanidynu i lyszczyku; w masie kamiennej drugich zaś — tylko kryształy lub ziarna spatu polnego i lyszczyku.

Trachyty znajdują się w okolicach wulkanicznych.— W Europie trachyty występują głównie w Sardynii, Francyi, Islandyi, Siedmiogórze, w górach Eifel, Wogezach, Alpach południowych, okolicach Neapolu, na wyspach Kanaryjskich, w Grecyi i w Karpatach.

Niektóre gatunki trachytów, zwłaszcza trachyty drobnoziarniste, ubogie w oligoklaz, są wyborynym materiałem budowlanym, który dzięki porowatości, pomimo znacznej twardości, daje się doskonale obrabiać i dobrze wiąże się z zaprawami. To też trachyty używane są do budowy domów i kościołów; tak np. słynna katedra kolońska wzniesiona jest z kamieni trachytowych. Głównie jednak używane są trachyty na stopnie schodów, płyty parapetowe, gzymsy, kolumny i ozdoby, a także na bruki. Trachyty średniej twardości nadają się do budowy sklepień. Trachyty bardzo miękkie (domity) nie są odpowiednie do robót budowlanych.— Niektóre gatunki trachytu, a zwłaszcza trachyty obfitujące w oligoklaz, ulegają bardzo prędko zwiertzeniu.

Wytrzymałość na ściskanie trachytów: 400 — 1500 kg na cm^2 (= 158 — 590 pud. na cal kwadr.).— Twardość przeciętnie: 6.— Ciężar właściwy: 2,2 — 2,6.

2) *Dźwiękowiec* czyli *fonolit* (fr. phonolithe; n. Phonolith, Klingstein) jest skałą pozornie jednostajną, złożoną z sanidynu i oblocznika (nefelinu), często z przymieszką hornblendy. Barwa szara z odblyskiem zielonym lub brunatnym, często prawie czarna. Odlam nierówny, muszłowy, matowy lub z połyskiem słabym tłustym, o krawędziach przeświecających. Obok sanidynu i oblocznika, znajdują się często w masie dźwiękowca drobne kryształki amfigenu, igielki hornblendy, kryształy sklistynu, ziarna magnetytu i t. d.

Dźwiękowiec daje się rozłupywać na płyty równoległe, które uderzane wydają dźwięk czysty i stąd poszła jego nazwa.— Znajduje się głównie

w górach Czeskich, Siedmiogórze, Kaiserstuhlgebirge, okolicach Hegau w Badenśkim, w górach Eifel, Francji i Węgrzech.

Dźwiękowiec jest bardzo odporny na zmiany atmosferyczne; używany jest głównie do budowy dróg, a w okolicach pobliskich miejsc wydobywania, jako kamień budowlany; w Czechach niektóre stare zamki wzniesione są z dźwiękowca. — Niektóre dźwiękowce dają się rozłupywać na bardzo cienkie płytki, znane w handlu pod nazwą *lupku fonolitowego*, a używane do krycia dachów.

Ciężar właściwy dźwiękowca: 2,512 — 2,7; przeciętnie 2,6.

3) Obsydian (fr. obsidienne; n. Obsidian) jest lawą trachytową szklistą, barwy szarej do czarnej, niekiedy zielonawej, niebieskiej, czerwonej lub żółtej, z połyskiem silnym szklistym. Odlam muszlowy, o krawędziach ostrych, przeświecających. W starożytności wyrabiano z obsydyanu słynne zwierciadła i rzeźby, a także narzędzia, broń ostrą, strzały i t. p.; obecnie znajduje zastosowanie tylko do wyrobu przedmiotów drobnych: wazoników, tabakierek, guzików i t. p. W handlu znany jest pod nazwami: *agatu szklanego*, *agatu islandzkiego*, *lawy szklanej czarnej*, *szkła wulkanicznego*, *marekanitu*.

Występuje w okolicach wulkanicznych: w Węgrzech, Czechach, Islandyi, Nowej Zelandyi, na Teneryfie, w kraju Zakaukaskim i t. d.

Ciężar właściwy: 2,4 — 2,5. — Twardość: 6—7.

4) Pumeks (fr. ponce, pierre ponce, pumite; n. Bimsstein), zwany także *gąbczakiem* i *purchatką* (*kamieniem purchatym*), jest lawą trachytową piankową, komórkową, gąbkową, barwy jasno-szarej albo jasno-żółtej, z połyskiem jedwabnym.

Występuje w okolicach wulkanicznych: w Islandyi, na Teneryfie, pod Tokajem, we Włoszech, nad Renem, w dep. Auvergne, na wyspach Liparyjskich i t. d.

Jako kamień lekki i dobrze wiążący się z zaprawami nadaje się wybornie do budowy sklepień; kopuła Aya-Sofii w Konstantynopolu wykonana jest z pumeksu. W pobliżu miejsc wydobywania używany jest do budowy domów mieszkalnych, stajen i t. d.; tak np. miasto Lipari jest zbudowane z pumeksu. Ponieważ pumeks jest złym przewodnikiem ciepła, przeto pomieszczenia otoczone murami pumekso-wymi, są w lecie chłodne, w zimie zaś ciepłe. — Pumeks ma nadto liczne zastosowania w przemyśle, głównie jako kamień szlifierski.

Ciężar właściwy: 0,37 — 0,914.

5) Perłowiec czyli *perlit* (fr. perlite; n. Perlstein, Perlit) jest masą kruchą, szklistą, o odlamie muszlowym, barwy szarej, żółtej, brunatnej, czerwono-brunatnej, czerwonej, niekiedy szarej, z połyskiem tłustym lub perlowym. W masie tej, powstałej ze stopienia różnych feldspatów i krzemionki, osadzone są cząstki lyszczyku magnezowego, granatu, jaspisu, kwarcu i t. d.

Używany bywa głównie do budowy dróg; a w pobliżu miejsc wydobywania także do budowy domów.

Ciężar właściwy: 2,36 — 2,45. — Twardość: 6.

6. Skały pyroksenowe.

1) Doleryt czyli *szaroskał* (fr. dolerite; n. Dolerit, basaltischer Grünstein) składa się z labradoru, sklistynu i magnetytu zawierającego tytan. Ilości stosun-

kowe składników bywają rozmaite; złożenie najczęściej ziarniste, a głównie grubo-, średnio- i drobnodziarniste, niekiedy porfirowe przy wydzielonych kryształach sklistynu lub labradoru, a także migdałowe (*migdałowiec dolerytowy*) i dziurkowate. Barwa w ogóle ciemna, a to z powodu, że sklistyn czarnawy stanowi zazwyczaj przeważającą ilościowo część masy kamiennej. Jako składniki przyboczne znajdują się: magnetyt, hornblenda, łyszczyk, granat, oliwec, mylnik (apatyt) i tytan. Obłocznik (nefelin) i amfigen (leucyt) zastępują niekiedy miejsce labradoru (*doleryt obłocznikowy* i *amfigenowy*). — Doleryt miałkoziarnisty nazywa się *anamezytem* albo *trapem* (fr. trappe; n. Anamesit, Trapp); a gdy złożenie staje się zbitem, anamezyt przechodzi w bazalt. Anamezyt, lżejszy od bazaltu, przedstawia w odłamie masę bardzo miałkoziarnistą, której oddzielne ziarna nie dają się rozróżnić okiem nieuzbrojonym; barwę ma zielonawą, szarawą lub brunatnawo-czarną, z połyskiem migotliwym.

Skład chemiczny dolerytu (według H. Credner'a): krzemionki 50,59, glinki 14,10, tlenniku żelaza 16,02, tlenku wapnia 9,20, tlenku magnezu 5,09, potasu 1,05, sodu 2,19, wody 1,78.

Doleryt występuje w Irlandyi północnej, Islandyi, Szkocyi, nadto w okolicach Eisenach w Turyngii, pod Lauterbach w Hessyi, w dolinie Renu górnego koło góry Kaiserstuhl, w Siedmiogórzcu i pod Oberbrechen w Nassauskiem. — Anamezyt występuje w Irlandyi, Szkocyi, Islandyi, Szląsku pruskim, nadto w Wilhelmshöhe pod Kassel, w okolicach Steinheim pod Hanau, oraz w Rüdighheim, Niederrad i Bockenheim w dolinie Menu.

Doleryt odznacza się wytrzymałością i trwałością; wiąże się z zaprawami dobrze; daje się jednak trudno obrabiać. Używany bywa w budownictwie jako kamień na fundamenty; głównie jednak znajduje zastosowanie przy budowie dróg i w budowlach wodnych. Nadto wyrabiają z dolerytów obramowania okien i drzwi, płyty parapetowe, oraz bardzo trwałe stopnie schodów.

Wytrzymałość na ściskanie dolerytu wynosi według Winkler'a przeciętnie 880 *kg* na *cm*² (= 347 pud. na cal kwadr.). Wytrzymałość na ściskanie dolerytu z pod Benzendorf w Hessyi: 1094 *kg* na *cm*² (= 430 pud. na cal kwadr.), zaś z Lauterbach na Szląsku pruskim: 1282 *kg* na *cm*² (= 505 pud. na cal kwadr.).

Ciężar właściwy dolerytu: 2,9 — 3,1.

2) Bazalt czyli *ślupień* (fr. basalte; n. Basalt) jest ściśle połączeniem cząstek sklistynu, labradoru i magnetytu zawierającego zazwyczaj tytan, do których często przyłącza się oliwec. Miejsce labradoru zajmuje często obłocznik (nefelin) bezbarwny, nieprażkowany (*bazalt obłocznikowy*), albo też mignik (apatyt), rzadziej łyszczyk (mika) lub amfigen (leucyt) (*bazalt amfigenowy*). Złożenie zazwyczaj zbite; niekiedy od wydzielonych kryształów i ziarn sklistynu, spatu polnego i hornblendy, a zwłaszcza oliwca, porfirowe (*bazalt porfirowy*); rzadziej migdałowe (*migdałowiec bazaltowy*), lupkowe, dziurkowate i żużlowe. Części składowe są połączone tak ściśle, iż zazwyczaj mogą być oznaczone tylko za pomocą rozbioru chemicznego. Barwa czarna we wszystkich odcieniach. Odłam muszlowy, drobnopęcikowy, nierówny. Twardość znaczna, lecz zmienna w dość rozległych granicach. — Ślupień przechodzić może w doleryty i anamezyty, oraz w glinę wakową (bazaltową). — Jako składniki przyboczne występują: horn-

blenda, szpizowiec (bronzyt), cyrkon, magnetyt, szafir i t. d. Nadto znajdują się w słupieniach części skał obcych, w postaci żył, kłębow i t. d..

Słupień występuje najczęściej w rozdzielaniu foremnych, a zwłaszcza w postaci pięknych słupów (*rozdzielenie słupowe*), przedstawiających rozliczne kształty, od grubych kolumn do cienkich prętów, pomiędzy którymi przestrzenie wolne wypełnione są często zeolitem (*bazalty słupowe*). Słupy bazaltowe mają najczęściej kształt graniastosłupów sześciobocznych nieforemnych, o grubości od 5 cm do 3 m i długości od 2 do 100 m. Niektóre słupienie występują w postaci płyt (*rozdzielenie płytowe*) płaskich, o grubości kilku centymetrów, rzadko do 0,30 m (*bazalty płytowe* czyli *tablicowate*); oraz w postaci kul (*rozdzielenie kuliste*), utworzonych z warstw współśrodkowych (*bazalty kuliste*).

Słupień wchłania chętnie wodę z powietrza, a wskutek tego, pomimo wytrzymałości i twardości, stopniowo wietrzeje i rozsypuje się w gruz. Gruz ten następnie, po różnych przeobrażeniach, przechodzi ostatecznie w ciemną, bardzo urodzajną, żelazisto-ilastą ziemię, zawierającą wiele potażu.

Skład chemiczny słupienia z Berestowca (według prof. Br. Pawlewskiego): krzemionki 53,24, glinki 5,15, tlenku żelaza 22,57, tlenku wapnia 8,59, tlenku magnezu 4,70, potasu 0,61, sodu 3,14, kwasu tytanowego 1,08, wody hygroskopijnej 0,98; strata w ogniu 0,25.

Słupienie znajdują się w Sardynii i Sycylii, w dep. Auvergne, w górach Czeskich, Styryi, na Szląsku, w Saksonii, górach Eifel, prowincjach nadreńskich, okolicach Liniecu (Linz), nadto w Vogelsgebirge, Szkocyi, Irlandyi, Islandyi, oraz w górach Kaukazkich i w niektórych okolicach południowo-wschodnich Rosyi.

Słupień jest bardzo ceniony jako materiał budowlany; odznacza się twardością, wytrzymałością i trwałością; jest wprawdzie bardzo trudny do obrabiania, lecz po obrobieniu daje się pięknie polerować. Przy budowie dróg używany bywa w postaci szabru dla szos, oraz w postaci kostek na bruki uliczne. Bruki z kostek słupieniowych stają się wprawdzie po pewnym czasie zbyt gładkimi i śliskimi, można jednak niedogodności tej po części zapobiedz przez układanie kostek nie zbyt szerokich. Często bruki z słupienia wypadają taniej aniżeli z innych kamieni i tem tłumaczy się, że bruki słupieniowe zastosowane zostały w wielu miastach większych, np. w Hannoverze, Frankfurcie n. M., Strassburgu, a po części także w Berlinie, Kolonii, Lipsku i t. d. — W budowlach wodnych słupień używany jest do wznoszenia mostów, szluz, tam, bulwarków. Most na rz. Mozeli pod Koblencą zbudowany jest z słupienia; również słupień ze wsi Berestowca pod m. Równem brany był do budowy mostów dr. żel. Wileńsko-Rowieńskiej na rz. Horyniu. — W budownictwie lądowym wznoszone są z słupienia mury forteczne, sklepienia oraz całe budynki; tak np. w Czechach i Niemczech niektóre stare zamki zbudowane są z słupienia. Nadto wyrabiane są z słupienia: kolumny, stopnie schodów, obramowania okien i drzwi i t. p. — W starożytności wyrabiane były z słupienia w Egipcie, Grecyi i Rzymie przepiękne rzeźby, które dziś jeszcze w muzeach budzą podziw znawców; obecnie wyrabiane są z słupienia posągi, nagrobki i t. p. — Z migdałowca bazaltowego oraz z słupienia żuźłowatego wyrabiane są w prowincjach nadreńskich wyborne kamienie młyńskie. — Wreszcie znajduje słupień liczne zastosowania w przemyśle, zwłaszcza w hutach żelaza i szkła, w fabrykach cementu i t. d.

W pobliżu ognisk słupień nie powinien być stosowany, gdyż od ciepła pęka, a w temperaturze wysokiej topi się.

W stanie sproszkowanym słupień domieszany do ciasta wapiennego daje dobrą zaprawę wodotrwałą.

Słupień jest dobrym przewodnikiem ciepła, a wskutek tego pomieszczenia otoczone murami z słupienia są chłodne i wilgotne.

Wytrzymałość na ściskanie słupienia wynosi 1000 — 3500 *kg* na *cm*² (= 394 — 1378 pud. na cal kwadr.). Do posiadających największą wytrzymałość w ścisaniu należą słupienie z okolic Limburga, z dep. Auvergne, z okolic Hardsen pod Northeim, Stolpen w Saksonii, Heisterbach w Siedmiogórzu, Wilhelmshöhe koło Kassel; średnią wytrzymałość wykazują słupienie z okolic Münden w Hannowerskiem, Wiesa pod Greiffenbergiem i t. d. Wytrzymałość na ściskanie słupienia ze wsi Berestowca pod m. Równem wynosi około 2800 *kg* na *cm*² (= 1103 pud. na cal kwadr.).—Wytrzymałość na złamanie słupienia wynosi przeciętnie (według Bauschinger'a) 200 *kg* na *cm*² (= 79 pud. na cal kwadr.).

Porowatość wynosi przeciętnie, według Hauenschild'a 1,28%, według Krüger'a 0,9%.

Współczynnik rozprzestrzenienia (rozszerzalności na objętość): 0,00003, przy różnicy temperatury 1^o C.

Ciężar właściwy: 2,7—3,3.—Twardość: 6 — 8.—Ciężar właściwy słupienia z Berestowca (według prof. Br. Pawlewskiego), przy 18,5^o C.: 2,098 (?).

7. Lawa.

Lawa (fr. lave; n. Lava) jest wytworem skrzepłym wybuchów wulkanów, a pod względem składu mineralogicznego zbliża się już to do trachytów (*lawa trachytowa*), już to do dolerytów i słupienia (*lawa bazaltowa*). Lawy trachytowe są jaśniejsze, najczęściej szare z odbłyśkiem czerwonym; bazaltowe zaś są ciemne lub czarne, a w stanie żuźłowatym — brunatno-czerwone.—Gęstość lawy bywa bardzo rozmaita; jedne lawy są zbite i mocne, inne kruche i ziemiste.—Złożenie law, które krzepły powoli, jest ziarniste, niekiedy porfirowe, przyczem jednak powierzchnia potoków jest porowatą i żuźłową. Złożenie law, które skrzepły prędko, jest niemal zawsze porowate, gąbczaste, piankowe. Niektóre lawy mają złożenie ziemiste; takie lawy zwietrzale dają ziemię bardzo urodzajną.

Lawy znajdują się jedynie w okolicach wulkanicznych, a występują już to w postaci potoków, już to w postaci oddzielnych *glasów wulkanicznych*, mających niekiedy po kilka stóp, niekiedy zaś tylko po kilka cali grubości (*wezuwiuszowe lzy neapolitańskie*), już to w postaci ziarn wielkości orzecha laskowego (*lapilli* albo *rapilli*), już to wreszcie w postaci piasku (*piasek wulkaniczny*) lub popiołu (*popiół wulkaniczny*). — Głównie miejscowości lawy w Europie są: Islandya, dep. Auvergne, okolice Wezuwiusza i Etny, góry Eifel, Vogelberg i t. d.

Lawy zbite, mocne, używane są do murów zewnętrznych, oraz do budowy dróg i brukowania ulic; lawy porowate są wyborynym materiałem dla sklepień i murów wewnętrznych. Z budowli starożytnych wykonanych z lawy zasługują na wyróżnienie: świątynia Ammona, oraz bruki w Herkulanum i Pompei.—Z lawy bazaltowej Wezuwiusza, mającej złożenie zbite, z wydzieleniami wyraźnie

kryształami amfigenu (leucytu) i oliwca, wyrabiane są kamienie dla fundamentów i murów zewnętrznych, nadto burty, płyty chodnikowe, kostki brukowe i t. d. Kostkami z tej lawy brukowane są ulice Neapolu, Wenecyi, Padwy i t. d.—Część murów zewnętrznych katedry w Kolonii składa się z lawy gór Eifel.—Z lawy czarnej okolic Sorrento wyrabiane są stopnie schodów, obramowania okien i drzwi i t. p.—Z lawy obłocznikowej, znajdującej się w prowincyi nadreńskiej, w okolicach Niedermendig i Mayen, wyrabiane są od najdawniejszej starożytności płyty i kamienie młyńskie.—Lawy zbite, o odłamie ziarnistym, często muszlowym, dają się pięknie polerować i z tego powodu poszukiwane są dla wyrobów ozdobnych: posążków, wazonów, czasz, naramienników i t. p.

W stanie sproszkowanym lawa stanowi dobrą przymieszkę do zapraw wodotrwałych.

Z zaprawami wiąże się dobrze zarówno lawy zbite jako też porowate.

Wytrzymałość na ściskanie lawy bazaltowej zbitej z okolic Wezuwiusza: 670 kg na cm^2 (= 264 pud. na cal kwadr.), takieżże lawy z gór Eifel 550—590 kg na cm^2 (= 217—232 pud. na cal kwadr.), lawy szarej z okolic Rzymu (Peperino): 228 kg na cm^2 , lawy miękkiej z Wezuwiusza: 160 kg na cm^2 .

Ciężar właściwy law bazaltowych: 2,8—3,0, law trachytowych: 2,0—2,7.

Z lawy wyrabiane są w czasach nowszych kamienie sztuczne zwane *lawą polewaną* (émaux sur lave). Okazy tych kamieni, głównie w postaci płyt do licowania murów, dostarczone były na wystawę międzynarodową w Paryżu w 1889 r. przez firmę F. Gillet w Paryżu. Są to przycięte kawały lawy bazaltowej, opatrzone polewą i wypalone w temperaturze wysokiej. Odłam mają gruboziarnisty, barwę — szarą w różnych odcieniach.

II. Skaly przeobrażone (matamorficzne).

(Łupki krystaliczne).

Do skał przeobrażonych należą: 1) gnejs, 2) krzemieńce, 3) granulit, 4) łupek łyszczkowy, 5) łupek łojkowy, 6) łupek zielonkowy, 7) łupek amfibolowy (hornblendowy), 8) łupek gliniany pierwotny i fillad.

1. Gnejs.

Gnejs (sabica) (fr. gneiss; n. Gneis) jest skałą uwarstwową, o złożeniu ziarnistym, włóknistym lub łupkowym, której skład mineralogiczny jest taki sam jak granitu. Gnejs składa się bowiem z kryształów spatu polnego (najczęściej ortozu, niekiedy razem z nim oligoklazą), ziarn kwarcu i blaszek łyszczyku.—Kryształy okrągłe lub wydłużone ortozu, mają barwę białą, żółtawą, szarą, czerwonawą lub krwistą, zawsze z połyskiem tłustym. Kryształy oligoklazą są białe, matowe lub z połyskiem tłustym. Ziarna kwarcu, okrągłe lub wydłużone, mają barwę białą lub jasno-szarą, z połyskiem tłustym. Łyszczyk występuje w postaci już to blaszek białych łyszczyku potasowego, już to blaszek ciemnych łyszczyku magnezowego (łojkowego). Niekiedy występują obie te odmiany łyszczyku jednocześnie.—Uwarstwienie gnejsu bywa rozmaite; najczęściej występuje gnejs w grubych warstwach łupkowych, już to płaskich, już to powyginanych.

Przeważającą ilościowo część składową masy skalnej stanowi łyszczyk; najmniejszą zaś ilościowo—zazwyczaj kwarc. W niektórych gnejsach zamiast łyszczyku znajduje się łojek (talk), zielonka (chloryt), hornblendy, grafit, albo też żelaziak łyszczykowy, stanowiący odmianę żelaziaka błyszczącego. Zgodnie z tem rozróżniane są następujące odmiany gnejsu:

a) *Gnejs łyszczykowy* składa się ze spatu polnego, kwarcu i łyszczyku. Tracąc złożenie łupkowe i przyjmując złożenie ziarniste przechodzi w granit. Tracąc częściowo łyszczyk przechodzi w granulit. Tracąc częściowo spat polny, przy jednoczesnym zwiększaniu się ilości stosunkowej łyszczyku, przechodzi w łupkę łyszczykową.

Skład chemiczny (według H. Credner'a): krzemionki 70—80, glinki 14,20, tlenu żelaza 6,10, tlenku wapnia 2,60, potasu 3,0, sodu 2,1, wody 1,2.

b) *Gnejs hornblendowy* składa się ze spatu polnego, kwarcu i hornblendy. Przechodzi już to w granit syenitowy, już to w łupkę hornblendową.

c) *Gnejs grafitowy* składa się ze spatu polnego, kwarcu i grafitu, niekiedy z domieszką łyszczyku. Przechodzi już to w granit grafitowy, już to w łupkę grafitową.

d) *Gnejs zielonkowy (chlorytowy)* składa się ze spatu polnego, kwarcu i zielonki (chlorytu).

e) *Gnejs łojkowy (protogynowy)*, z wyglądu podobny do gnejsu zielonkowego; składa się ze spatu polnego, kwarcu, płytek jasno-zielonych łojka (talku) i łyszczyku ciemno-zielonego. Przechodzi w łupkę łojkową.

f) *Gnejs z żelaziakiem łyszczykowym* składa się ze spatu polnego, kwarcu i żelaziaka łyszczykowego.

Gnejs wietrzejąc rozsypuje się w gruz miękkie, który ostatecznie przechodzi w ziemię gliniastą lub ilastą, pomieszaną z ziarnami kwarcu.

Gnejs należy do najdawniejszych i najbardziej rozpowszechnionych skał; występuje we wszystkich częściach świata, w ogromnych masach, tworzących często pasma gór. Do najważniejszych miejscowości gnejsu w Europie należą: góry Kruszcowe, Sosnowe, Olbrzymie, Sudety, Alpy środkowe, góry Kaukaskie, Ural, Francja środkowa, Czechy, Morawia, Styrya, Tyrol, Szkocja, Norwegia, Szwecja, Finlandya i niektóre okolice Rosyi południowej. — Gnejs granatowy znajduje się przy Maryupolu w Ukrainie południowej. Nadto znajduje się gnejs w Tatrach i Karpatach.

Zastosowania gnejsu są zależne od jego złożenia i od ilości stosunkowej składników.— Gnejs bogaty w kwarc, występujący w warstwach grubych, płaskich, jest wybornym materiałem budowlanym, równie trwałym jak granit, a daje się łatwiej aniżeli granit rozłupywać; używany jest w postaci kamienia łupanego na fundamenty i mury nagie (nietynkowane), zwłaszcza w miejscach suchych; nadto służy na ciosy do murów, stopnie schodów i płyty dla chodników.— Gnejs rozłupujący się na płytki cienkie używany bywa do krycia dachów, oraz na płyty parapetowe i t. p.— Gnejs obfitujący w łyszczyk, oraz zawierający żelazo, jest mniej trwałym.— Gnejs w postaci szabru brany jest do budowy dróg. Do brukowania ulic gnejs jest mniej odpowiednim, że jednak kostki gnejsowe są na powierzchni

dostatecznie chropowate, przeto w braku innych odpowiedniejszych materiałów, brane są na bruki ulic, zwłaszcza stromych (między innymi w Würzburgu).

Wytrzymałość na ściskanie gnejsu z Rosyji południowej: 2078 kg na cm^2 (= 818 pudów na cal kwadr.).

Ciężar właściwy gnejsu: 2,394 — 2,700.

2. Krzemieńce (krzemienioskały, kwarcyty).

Do *krzemieńców* (fr. quarzites; n. Quarzite) należą: skała kwarcowa czyli kwarcyt właściwy, itakolumit, łupek krzemienny (kamień lidyjski), rogowiec, jaspis i kwarcyt wód słodkich.

1) *Skała kwarcowa* czyli *kwarcyt właściwy* (fr. quarzite; n. Quarzfels, eigentlicher Quarzit) składa się z więcej lub mniej mocno zrośniętych z sobą ziarn kwarcu. Złożenie bywa ziarniste (*kwarcyt siarnisty*), zbite (*kwarcyt zbity*), albo też łupkowe (*łupek kwarcowy* albo *kwarcytowy*). Z wyglądu skała kwarcowa niekiedy podobną jest do piaskowca. Barwę ma zazwyczaj białą albo szarą, niekiedy niebieską, żółtą, czerwoną lub brunatną. — Przyjmując do składu swego łyszczyk, przechodzi w łupek łyszczykowy. — Jako składniki przyboczne występują najczęściej: łyszczyk, spat polny, hornblenda, granat, pistacyt (tallit), turmalin, iskrzyk, magnetyt, złoto i t. d.

Skała kwarcowa tworzy piaski; okruchy jej połączone spoiwem tworzą piaskowce, okrucowce kwarcowe i zlepieńce kwarcowe.

Występuje w Odenwaldzie, w górach Eifel, na Harcu, w górach Kruszcowych, nadto w Bawaryi, prowincyi nadreńskiej, Westfalii, Hannowerze, Saksonii, Szląsku i t. d.; wreszcie wraz z żyłami granitu przy Żytomierzu, Mikołajewsku i Berezowej.

Skała kwarcowa ma niespożyta niemal trwałość, oraz niepospolitą twardość i wytrzymałość; daje się zaś trudno obrabiać. Wyrabiane są z niej ciosy dla budowli wodnych, szaber dla dróg bitych, kostki dla bruków ulicznych, płyty, stopnie schodów i t. p. Znajduje nadto zastosowanie w pyrotechnice i w fabrykach szkła. Z zaprawami prawie wcale się nie wiąże i dla tego dla budowli lądowych jest materiałem nieodpowiednim.

Wytrzymałość na ściskanie: 700 — 1800 kg na cm^2 (= 276 — 709 pud. na cal kwadr.).

Ciężar właściwy: 2,5 — 2,8. — Twardość: 6 — 9.

2) *Itakolumit* (fr. itacolumite; n. Itakolumit) jest to kwarcyt zawierający łyszczyk; w płytach odznacza się giętkością i dla tego zwany jest *kwarcem giętkim* (n. Gelenkquarz) albo *piaskowcem giętkim* (n. biegsamer Sandstein). Jako składniki przyboczne zawiera: łojek (talk), zielonkę (chloryt) i serycyt. Często obfituje w dyamenty, złoto i t. p. — Występuje w Brazylii, Georgii i Karolinie południowej.

3) *Łupek krzemienny* (fr. pierre de touche; n. Kieselschiefer) jest masą kwarcową zbitą, bardzo twardą, nietopliwą, zazwyczaj wyraźnie uwarstwioną, barwy czarnej, szarej, żółtawej lub czerwonej, niekiedy z plamami lub pręgami barwnymi, często z żyłami białymi kwarcu. Łupek krzemienny bywa zanieczyszczony przez przymieszki węgla, glinki, tlenku żelaza i tlenku żelaza. — Łupek krzemienny przechodzi często w łupek alunowy lub gliniany, oraz w łupek kwarcowy

drobnoziarnisty. — Odmiana wyróżniająca się złożeniem bardzo ściśłem, zbitem, odłamem płaskim muszlowym, uwarstwieniem cienkim i barwą czarną, nosi nazwę *kamienia lidyjskiego* albo *probierczego* (fr. quartz lydien; n. Lydit, lydischer Stein).

Łupek krzemienno występuje w Czechach, Saksonii, Turynii, na Harcu, w Westfalii, Francji, Belgii, Anglii i t. d.

Z łupku krzemienno wyrabiane są najlepsze kamienie szlifierskie dla stali twardej, oraz wyborne kamienie probiercze dla próbowania czystości kruszców drogich, zwłaszcza złota i srebra.

Wytrzymałość na ściskanie (według Winkler'a) przeciętnie: 670 kg na cm^2 (= 264 pud. na cal kwadr.).

Ciężar właściwy: 2,596 — 2,860.

4) Rogowiec (zanokcica, zanokcień) (fr. pétrosilex, pierre corne, silix corne; n. Hornstein) jest masą kwarcową ziarnistą, pozornie zbitą, twardą, matową, przeświecającą, albo też przeświecającą tylko w krawędziach, o odłamie muszlowym lub płaskim, niekiedy zadziorowatym, barwy dymno-szarej, czerwonej lub brunatnawej. — Odmiana wyróżniająca się złożeniem zbitem i zawierająca zazwyczaj nieco gliny, wapna, tlenniku żelaza i węgla, nosi nazwę *krzemienia* albo *skalki* (fr. silix pyromaque; n. Feuerstein).

Rogowiec występuje głównie w Czechach, Saksonii i na Harcu. W Królestwie występuje w okolicach Miechowa, Szkalmerza i Proszowic, w postaci żwiru.

Używany jest na wyroby drobne, a w postaci żwiru brany jest do wysypywania dróg bitych oraz do układania posadzek mozaikowych.

5) Jaspis (fr. jaspe; n. Jaspis) jest rogowcem obfitującym w glinę; składa się z masy kwarcowej zbitej, matowej, nieprzezroczystej, o odłamie muszlowym, zabarwionej na czerwono przez tlenek żelaza lub wodan tlenniku żelaza. Niekiedy jednak barwa jest żółta, brunatna, czarna, albo też pstrą z plamkami i smugami. Odróżniane są jako odmiany: *jaspis egipski*, występujący nad Nilem i w Badenii; *jaspis kulisty*, z krawkami barwnymi; *jaspis krwawy (krwawnikowy)*, ciemno-zielony lub brunatny, z plamkami czerwonymi; *jaspis wstęgowy*, z smugami barwnymi.

Występuje w Czechach, Saksonii, Tyrolu, Węgrzech, Syberji i t. d.

Z jaspisu wyrabiane są płyty dla stołów i ozdoby architektoniczne.

Ciężar właściwy: 2,58 — 2,70.

6) Kwarcyt wód słodkich (kwarc dziurkowaty, spróchniały, kamień młyński) (fr. pierre meulière; n. Süßwasserquarz, Mühlsteinquarz, Limnoquarzit) jest skałą kwarcową komórkowatą, dziurkowatą, porowatą, rzadziej miałkoziarnistą lub zbitą, barwy żółtawej, czerwonej, szarej lub niebieskiej.

Występuje głównie we Francji: pod Montmorency, Meudon i Morly.

Z kwarcytu wód słodkich wyrabiane są wyborne kamienie młyńskie, zwłaszcza dla młynów szamotki i szkła. Znanymi z dobroci są kamienie młyńskie francuskie z La Ferté sous Jouarre.

3. Granulit.

Granulit (leptynit, bielec, białoskał) (fr. léptynite; n. Granulit, Weissstein) składa się z ortozu (rzadziej oligoklazu) i kwarcu, z domieszką ziarn granatu.

Przeważającą ilościowo część składową masy stanowi ortoz. Zamiast granatu znajduje się niekiedy turmalin (*granulit turmalinowy*). Składniki przyboczne: błękitiec (cyanit), łyszczyk, hornblendy. Złożenie łupkowate; barwy przeważnie białe, jasno-szare, żółte i czerwone, a w niektórych odmianach ciemno-zielone do czarnych.

Granulit, przyjmując łyszczyk i tracąc stopniowo granat, przechodzi w *granulit łyszczykowy*; przyjmując łyszczyk i tracąc stopniowo błękitiec (cyanit), przechodzi w *granulit hornblendowy*; przyjmując łyszczyk i złożenie ziarniste, przechodzi w granit. — Odmiana zwana *granulitem mignikowym (dyallagowym)* wyróżnia się barwą ciemno-zieloną lub zielonawo-czarną.

Skład chemiczny granulitu (według H. Credner'a): krzemionki 74,50, glinki 10,7, tlenu żelaza i tlenku żelaza 5,6, tlenku wapnia 2,2, potasu 4,0, sodu 2,5.

Granulit występuje w górach Kruszcowych, Czechach, Morawii, Austrii, pod Aschaffenburgiem i Bodenbach, w Wogezach, we Francji, Norwegii i t. d.

Granulit z powodu małej zawartości kwarcu jest mniej trwały aniżeli granit, daje się jednak dobrze polerować i łatwo rozłupywać na płyty. Z granulitu wyrabiane są głównie płyty parapetowe, płyty chodnikowe, płyty dla stołów, stopnie schodów i t. p.; nadto granulit w postaci szabru brany jest do dróg bitych.

Ciężar właściwy: 2,576 — 2,668.

Granulit łatwo wietrzeje, przyczem rozsypuje się w gruz i piasek, który następnie przechodzi w ziemię piaszczysto-ilastą, urodzajną.

4. Łupek łyszczykowy (mikowy).

Łupek łyszczykowy (fr. schiste micacé, micaschiste; n. Glimmerschiefer) składa się z kwarcu i różnych gatunków łyszczyku; przyczem łyszczyk jest składnikiem ilościowo przeważającym w masie skalnej. Barwa zależy głównie od barwy łyszczyku, która bywa srebrno-białą, szarą, żółtą, tombakową, a także ciemno-zieloną, zawsze z połyskiem żywym. Niekiedy zamiast łyszczyku znajduje się grafit (*łupek grafitowy*). Składniki przyboczne: granat, turmalin, błękitiec (cyanit), spat polny, łojek (talk), zielonka (chloryt), wapnospat, grafit, hornblendy, iskrzyk, złoto.

Łupek łyszczykowy podlega rozkładowi chemicznemu trudniej, aniżeli gnejs; odmiany oblitujące w kwarc odznaczają się niezmierną trwałością; mniej trwałymi są odmiany oblitujące w łyszczyk, a odmiany zawierające w znacznej ilości magnetyt, iskrzyk, prędko wietrzeją.

Łupek łyszczykowy występuje w postaci wielkich skał w górach Kruszcowych, Olbrymich, Sosnowych, w Sudetach, Odenwaldzie, Bawarii, lesie turyngskim, lesie czeskim, Alpach środkowych, Karpatach, w Szwecji, Norwegii, Szkocji, oraz w Rosyi: w pobliżu Mohylewa, pomiędzy Storyżewem i Oranicewem na Ukrainie naddnieprzej, w ziemiach Wojska Dońskiego, w Krymie i na Uralu.

Łupek łyszczykowy daje się łatwo łamać w kształty regularne i bywa używany na ciosy do murów, kostki dla bruków, płyty dla chodników i posadzek, stopnie schodów i t. p.; nadto używany jest do krycia dachów. Wytrzymuje wysoką temperaturę i dla tego stanowi cenny materiał na ogniska fabryczne.

Wytrzymałość na ściskanie przeciętnie (według Winkler'a i Krüger'a) około 850 kg na cm^2 (= 335 pud. na cal kwadr.).

5. Łupek łojkowy (talkowy, magnezyowy).

Łupek łojkowy (fr. schiste talqueux, talcschiste; n. Talkschiefer) jest skałą złożoną z łojku łupkowego, kwarcu i spatu polnego; w dotknięciu miękką i tłustą; barwy nieczystej białej, zielonawej, szarej, oliwkowej. Gdy nie zawiera kwarcu ani spatu polnego, występuje jako *skała łojkowa*, w warstwach grubych lub cienkich. Przechodzi w łupek zielonkowy (chlorytowy), a po części także w łupek gliniasty. W połączeniu ścisłem z zielonką i azbestem tworzy t. z. *kamień garncarski* (*garnkowy*) czyli *garkowiec* (*szdunek*) (*lapis ollaris v. comensis*) (fr. pierre ollaire, lavège, lavezze; n. Topfstein, Lavezstein), dający się łatwo obrabiać i odznaczający się ogniotrwałością. — Składniki przyboczne: łyszczyk, granat, magnetyt, iskrzyk, turmalin, krzyżeń (staurolit), azbest, złoto i t. d.

Łupek łojkowy występuje głównie w okolicach Montblanc, Mont Rosa, w Alpach, górach Sosnowych, na Szląsku pruskim, w górach Kruszcowych, Apeninach, Węgrzech, Korsyce, górach Uralskich, Brazylii i t. d. — Kamień garncarski znajduje się pod Erlendorf w Bawaryi, pod Chiavenna i Engadin w Alpach, pod Trondhjem w Norwegii, pod Bostonem i t. d.

Łupek łojkowy jest bardzo odpornym na zmiany atmosferyczne; jako zbyt miękki jednak nie jest brany do murów. Kamień garncarski, z powodu ogniotrwałości i nietopliwości, służy jako materiał na ogniska pieców wielkich.

Ciężar właściwy: 2,768 — 3,020. — Twardość 1 — 2.

6. Łupek zielonkowy (chlorytowy).

Łupek zielonkowy (chlorytowy) (fr. schiste chloriteux; n. Chloritschiefer) składa się z masy zielonkowej, barwy zielonej, z przymieszką niewielkiej ilości kwarcu, a często także spatu polnego, niekiedy zaś łyszczyku i łojku. Skała ta ma wygląd tłusty, barwę zieloną lub ciemno-zieloną, uwarstwienie płaskie lub łupkowo-faliste; daje się trudno rozłupywać; jest miękką; przechodzi w łupek łojkowy, łyszczykowy i gliniasty, a w razie nadmiernego zwiększenia się ilości stosunkowej spatu polnego, staje się podobną do gnejsu.

Jako składniki przyboczne występują głównie: magnetyt, magnezyt, granat, turmalin i złoto.

Występuje w górach zawierających łupek łyszczykowy, zwłaszcza w Alpach środkowych, w dep. Ardennes, w dolinie tyrolskiej Zillerthal, na Szląsku, Morawii, Uralu i t. d. Łupki zielonkowe z pod Jekaterynburga zawierają turmalin. — Odmiany odznaczające się odpornością na zmiany atmosferyczne, stanowią materiał budowlany. W Celowcu (Klagenfurcie) znajdują się pomniki z łupku zielonkowego. — Wietrzejąc zmienia łupek zielonkowy barwę na jaśniejszą i następnie rozpada się na gruz blaszkowaty, który ostatecznie przechodzi w ziemię gliniastą lub ilastą, zawierającą żelazo.

Wytrzymałość na ściskanie (według Winkler'a) przeciętnie 760 kg na cm^2 (= 300 pud. na cal kwadr.).

Ciężar właściwy: 2,7. — Twardość: 1 — 1,5.

7. Łupek amfibolowy (hornblendowy) i skała amfibolowa.

1) **Łupek amfibolowy (hornblendowy)** (fr. schiste amphibolique; n. Hornblendeschiefer, Amphibolschiefer) składa się z ciemno-zielonej lub czarnej hornblendy, o złożeniu już to ziarnistym, już to włóknistym; w pierwszym wypadku z przymieszką kwarcu i ciemnego łyszczyku, w drugim zaś — z przymieszką oligoklazau. Składniki przyboczne: granat, magnetyt, iskrzyk, pistacyt (tallit). — Przechodzi w dyoryt i syenit.

Występuje w górach Kruszcowych, w Czechach, pod Melk nad Dunajem, w Sudetach, Siedmiogórzcu, pod Rudolstadt na Szląsku, w Miltiz pod Meissen, w lesie turyngskim, Tyrolu, pod Trondhjem w Norwegii, w Szkocyi i t. d.

Odmiana zwana *łupkiem promieńcowym (aktynotowym)* ma barwę jasno-zieloną lub zieloną i zawiera igielki promieńca (aktynotu) (fr. actinote; n. Strahlstein). Znajduje się w Tyrolu, Alpach, Węgrzech, Szkocyi i t. d.

Z łupku amfibolowego wyrabiane są płyty dla chodników, płytki dla posadzek, stopnie schodów, dachówki. Dachówki wyrabiane są głównie z łupku amfibolowego norweskiego.

Wytrzymałość na ściskanie (według Winkler'a) przeciętnie: 740 kg na cm^2 (= 291 pud. na cal kwadr.).

Ciężar właściwy: 2,909 — 3,153. — Twardość: 5 — 6.

2) **Skała amfibolowa (hornblendowa)** czyli **amfibolit** składa się z amfibolu (hornblendy) czarnego, rzadziej ciemno-zielonego, często z przymieszką niewielkiej ilości kwarcu i łyszczyku ciemnego, a niekiedy także oligoklazau. — Składniki przyboczne te same jak w łupku amfibolowym.

Występuje w Czechach, Saksonii, górach Sosnowych, Pirenejach i t. d.

Skała amfibolowa jest używaną jako kamień dekoracyjny, a do celu tego nadają się głównie odmiany zawierające żyły spatu polnego.

8. Łupek gliniany pierwotny i fyllad (fyllit)

(Łupki gliniano-łyszczykowe).

Łupek gliniany pierwotny (fr. schiste primitif; n. Ur-Thonschiefer) jest skałą łupkową, łatwo łupliwą, miałkoziarnistą, barwy najczęściej ciemno-szarej, niekiedy zielonawej i czarnawo-niebieskiej, rzadziej białej, fioletowej i czerwonej, z połyskiem na powierzchni odłamu jedwabnym, perłowym lub półmetalicznym, złożoną z bardzo miałkich cząstek różnych odmian łyszczyku i ziarn kwarcu, z niewielką ilością zielonki (chlorytu) i spatu polnego. Gdy łyszczyk znajduje się w ilości przeważnej, skała ta zbliża się do łupku łyszczykowego i zwana jest **fylladem** albo **fyllitem** (fr. phyllade; n. Phyllit). — Składniki przyboczne: magnetyt, żelaziak czerwony i iskrzyk. Przypadkowo znajdują się jako składniki: chiastolit (*łupek chiastolitowy*), staurolit (*ł. staurolitowy*), otreilit (*ł. otreilitowy*), granat, turmalin. — Niekiedy zamiast łyszczyku znajduje się serycyt (*łupek serycytowy*). — Niekiedy w masie ziarnistej tkwią większe kryształy różnych minerałów (*łupek plamisty*).

Łupek chiastolitowy znajduje się w górach Sosnowych, Saksonii, Bretanii i Pirenejach; staurolitowy — w Pirenejach; otreilitowy — w Bawaryi i w dep.

Ardennes; plamisty — w górach Kruszcowych i Saksonii; serycytowy — w górze Taunus, na Harcu, w Alpach, Styrii i t. d. Nadto występuje fyllit w Karpatach.

Odmiany trwałe i dające się rozłupywać na płytki cienkie, jak np. łupki belgijskie, szkockie i francuskie z pod Angers, używane są do krycia dachów; płyty grubsze brane są na posadzki, oprawy kominów i t. p.; nadto wyrabiane są: płyty dla stołów, płyty dla bilardów i t. p. — Płyty lakowane służą za imitacją marmuru.

Ciężar właściwy: 2,67—3,50. — Twardość: 1—2.

Zawartość krzemionki jest zmienna w granicach od 45 do 74%.

III. Skały osadowe.

Do skał osadowych należą: 1) łupki gliniane; 2) wapienie (kalcyty); 3) margle (skorupisze); 4) dolomity; 5) gips; 6) piaskowce.

1. Łupek gliniany.

Łupek gliniany (fr. schiste argileux; n. Thonschiefer) składa się z gliny, zawierającej bardzo drobne blaszki łyszczyku żółtawego lub zielonawego i miążkie ziarnka okrągłe lub owalne kwarcu; często nasycony jest miążkim proszkiem zielonki; nadto w wielu gatunkach znajdują się części węglowe i smolne, miążkie ziarnka spatu polnego, drobne igielki hornblendy żółto-brunatnej, oraz związki tlenowe żelaza. Składniki te są tak drobne, że okiem nieuzbrojonym nie dają się rozpoznawać i wskutek tego masa skalna ma wygląd skały jednostajnej, zbitej, niekrystalicznej. Przypadkowo występują w łupku glinianym: magnetyt, grafit, siarczki krzemionkowe, rozmaite rudy metaliczne, oraz kwarc krystaliczny w postaci żył, gniazd, warstw i okruchów.

Barwa niebiesko-szara, brudno-zielona, żółta, czerwona i czarna. W odłamie połysk migotliwy, niekiedy żywy, jedwabny i perłowy, a przy wielkiej zawartości łyszczyku — półmetaliczny. Twardość nieznaczna.

Łupek gliniany przechodzi często już to w łupek gliniano-łyszczykowy (łupek gliniany pierwotny), już to w łupek szarowakowy. Od łupku glinianego pierwotnego różni się głównie słabszym połyskiem w odłamie i barwami ciemniejszemi, lecz znamiona te nie są dostateczne dla przeprowadzenia wyraźnej granicy pomiędzy rzeczonymi łupkami.

Skład chemiczny łupku glinianego (według H. Credner'a), przeciętnie: krzemionki 59,0, glinki 20,0, tlenku żelaza i tlenku żelaza 7,4, tlenku magnezu 2,8, tlenku wapnia 1,6, potasu 3,5, sodu 1,1; strata w ogniu (bitumy i woda) 4,0.

Niekiedy łupek gliniany jest tak bogaty w żelazo, że służy za rudę żelazną. Niektóre łupki gliniane zawierają bardzo znaczną ilość miążkich ziarn spatu polnego lub kryształów iskrzyku, albo też są nasycone węglanem wapnia.

Łupliwość łupków glinianych bywa bardzo rozmaita. Niekiedy złożenie łupkowe ujawnia się tylko w jednym kierunku, niekiedy zaś w dwóch prostopadłych do siebie kierunkach; w pierwszym wypadku skała łupie się na tablice, w drugim — na pręty. Jedne łupki gliniane łupią się na warstwy całkiem płaskie, inne — tylko na warstwy powyginane. Grubość tych warstw bywa także rozmaita, gdyż niektóre łupki gliniane dają się dzielić tylko na warstwy stosunkowo grube,

mające niekiedy do 0,30 *m* grubości, inne rozłupują się łatwo na tablice bardzo cienkie.

Odporność łupków glinianych na wpływy czynników atmosferycznych jest zależną głównie od zawartości krzemionki; im większą jest ilość stosunkowa krzemionki, tem łupek trudniej wietrzeje. Łupki zawierające węgiel, wapno, siarczki krzemionkowe i związki tlenowe żelaza, łatwo wietrzeją. Małą trwałość mają także łupki porowate. — Łupki gliniane barwy szaro-niebieskawej, zawierające wiele kwarcu, są odporne zarówno na zmiany atmosferyczne, jako też na działanie ognia. Łupki takie, gdy dają się łupać w warstwy grube, używane są jako materiał budowlany dla murów zwykłych i ogniowych, dla wykładania ognisk i pieców, do wyrobu stopni schodów i płyt chodnikowych; znacznie mniej odpowiedniemi są dla budowli wodnych. — Niektóre odmiany łupku glinianego stanowią wyborny materiał do krycia dachów.

Odmiany ważniejsze łupku glinianego są:

a) *Łupek gliniany pospolity* (n. gemeiner Thonschiefer) rozłupuje się najczęściej na warstwy powyginane; obfituje w składniki przypadkowe, zwłaszcza w wydzielone ziarna większe kwarcu. Pokłady najdawniejsze nie zawierają śladów życia organicznego i stanowią przejście do łupków gliniano-łyszczkowych. — Używany bywa głównie w postaci kamienia łupanego do murów; na ciosy jest nieodpowiedni.

b) *Łupek szarowakowy* (fr. tromate schisteuse; n. Grauwackenschiefer) tworzy przejście od łupku glinianego pospolitego do piaskowca szarowakowego. Złożenie mialkoziarniste do zbitego. Zastosowania takie same jak łupku glinianego pospolitego.

c) *Łupek dachowy* (fr. schiste ardoise; n. Dachschiefer), równoziarnisty, barwy szarej, daje się łatwo rozłupywać na tablice wielkie, a przytem bardzo cienkie, całkiem płaskie i gładkie. Używany jest głównie do krycia dachów.

d) *Łupek tablicowaty* (fr. schiste en tables; n. Tafelschiefer) daje się łupać na tablice płaskie, grubsze i cieńsze; zazwyczaj bogaty w wapno; ma barwę czarną. Używany jest do wyrobu tablic szkolnych, płyt dla stołów, płytek posadzkowych i t. p. Do krycia dachów nie jest odpowiedni.

e) *Łupek pręcikowaty* (n. Griffelschiefer), jest to łupek czysty, miękki, o złożeniu łupkowem w dwóch kierunkach do siebie prostopadłych; daje się łatwo rozłupywać na pręty cienkie i długie, używane do wyrobu ryłców służących do pisania na tablicach łupkowych.

f) *Łupek szlifierski* (n. Wetzschiefer), bardzo twardy, mialkoziarnisty, barwy najczęściej żółtawo-białej lub zielonawo-białej, niekiedy zielonawo-szarej, obfituje w ziarna kwarcu. Służy do wyrobu oselek do ostrzenia.

g) *Łupek rysowniczy (pisarski)* czyli *kreda czarna* (fr. schiste noir; n. Zeichenschiefer), o złożeniu ziemistym, bardzo miękki; łatwo odbarwia, smoli; zawiera dużo węgla i grafitu. Służy do wyrobu kredek czarnych.

h) *Łupek alunowy* (fr. schiste alumineux; n. Alaunschiefer), barwy czarnej, obfituje w węgiel i iskrzyk; wietrzeje na powietrzu łatwo i wtedy powleka się warstwą wykwitu solnego, pochodzącego od alunu, który tworzy się podczas wietrzenia iskrzyku. Używany jest do wyrobu alunu.

i) *Łupek węglowy (glina łupkowa)* (fr. schiste charbonneux; n. Kohlen-schiefer, Schieferthon) i *łupek palny* (fr. schiste bitumineux; n. Brandschiefer, bituminöser Schiefer), są to łupki gliniane przejęte do tego stopnia węglem i ciałami bitumicznymi, że palą się i mogą służyć za paliwo.

Łupek gliniany pospolity i łupek szarowakowy występują we wszystkich niemal górach szarowakowych.

Na Podolu, w dolinie Dniestru, znajdują się łupki szarowakowe formacji sylurycznej, czarne z kulami fosforytowymi, zaś w dolinie Nieclawy i Seretu — łupki marglowe teje formacji, z warstwami cienkimi wapienia. — W Galicyi południowej znajdują się łupki marglowe formacji trzeciorzędowych, zawierające bulwy brunatne menilitu, mineralu stanowiącego odmianę opalu czyli krzemionki bezpostaciowej i z tego powodu *łupkami menilitowemi* zwane. Z łupków tych wytryskują źródła nafty. W Galicyi zachodniej znajdują się łupki piaszczyste, błękitno-szare, formacji trzeciorzędowych, zawierające znaczną ilość lyszczyku; z łupków tych wytryskują również źródła nafty. — W Królestwie Polskiem łupki gliniane szare i czarne, formacji sylurycznej, występują w górach Pieprzowych pod Sandomierzem, a zwłaszcza we wsi Kleczanowie, położonej na zachód od Sandomierza, nadto we wsi Zbrzy, położonej na południe od Kiele; łupki gliniane ciemne, formacji dewońskiej, odznaczające się bogactwem skamieniałości, występują w pow. kieleckim, opatowskim, sandomierskim i będzińskim; łupki formacji węglowej, przechodzące niekiedy w gliny ciągliwe (plastyczne), występują wraz z piaskowcami teje formacji, w zagłębiu węglowem dąbrowskim oraz w sąsiednich częściach tegoż zagłębia węglowego w Galicyi i na Szląsku pruskim.

Łupek dachowy i tablicowaty występuje w Anglii: w Port Madoc, Port Penrhyn, Festiniog, Carnarvon, nadto w Llanberris i Bangor w Walii północnej; we Francyi: pod Angers, Charlesville, Anjou, Grenoble i t. d.; w Niemczech: nad Renem (koło St. Goar, Rüdeshheim, Oberwesel i Andernach), nad rz. Ruhrą (koło Siegen i Nutlar), w okolicach góry Taunus, w Turyngii (koło Lehesten, Probstzella, Kolditz, Schwarzburg), na Harcu, w Saksonii, Frankonii górnej, Palatynacie górnym, Wirtembergii, Nassauskiem, nad Mozelą (koło Reitstein), na Szląsku pruskim (pod Lignicą) i t. d.; w Austro-Węgrzech: pod Ołomuńcem i Opawą, pod Marienthal na Węgrzech (piękny łupek tablicowaty), w Tyrolu i t. d.; w Szwajcaryi: w Glarus i Graubünden; we Włoszech: pod Lavagna; nadto w Norwegii, Portugalii i na wyspach archipelagu greckiego. — W niewielkiej ilości znajdują się łupki dachowe pod pokładami węgla w Tęczynku w Krakowskiem. — W Rosyi łupki dachowe i tablicowate występują w ziemi Wojska Dońskiego, w gub. jekaterynosławskiej, nad rzekami Saksohania, Lozową, i Ingulcem, w Krymie, na Uralu; nadto w pobliżu Mohylewa nad Dniestrem i w wielkiej obfitości w okolicach Kamieńca Podolskiego. Łupki występujące w Rosyi południowej są piękne, z plamami czerwonymi; sprowadzane bywają przeważnie do Odessy, gdzie odmiany lepsze używane są do krycia dachów i jako kamień budowlany, pośledniejsze zaś — do wyrobu płyt dla stołów, płyt parapetowych i t. p.

Łupek pręcikowaty występuje w Turyngii i w Ks. Schwarzenburg-Rudolstadt.

Łupek szlifierski występuje w Turyngii, w górach Sosnowych (pod Ludwigstadt) i w Hiszpanii.

Łupek alunowy występuje w Turyngii, Vogtlandzie, na Harcu; w Galicyi: koło Mizunia, Bystry i Delatyna.

Ze względu na zastosowania w budownictwie najważniejszą z odmian łupku glinianego jest łupek dachowy, stanowiący wyborny materiał do krycia dachów. Najznakomitsze łomy tego łupku znajdują się w Anglii i Francyi; mniej

dobremi są łupki niemieckie, z których jednak na wyróżnienie zasługują łupki z nad Renu (zwłaszcza w Riveris i Cassel), z Gräfenenthal w Turyngii i Goslar na Harcu. Pokrycie dachu wykonane z łupku dachowego wyborowego ma trwałość niepospolitą, wynoszącą przeszło 300 lat, gdy tymczasem pokrycie dachu z łupku pośledniego ulega często zniszczeniu już po pierwszej zimie. Z tego powodu łupek przed użyciem do krycia dachów winien być starannie wypróbowany. Łupki zawierające wapno, siarkę, węgiel, lub zbyt wielką ilość żelaza, nie nadają się do krycia dachów. Łupki takie łatwo można rozpoznać, gdyż łupki zawierające wapno burzą się pod działaniem kwasów; łupki zawierające siarkę rozżarzone do czerwoności wydają znamienny zapach siarki; łupki zawierające węgiel, po rozżarzeniu do czerwoności, z powodu spalania się części węgla, tracą na ciężarze; łupki zawierające dużo żelaza zmieniają barwę pod działaniem kwasów.

Dobre łupki dachowe i tablicowate dają się rozpoznać po następujących cechach znamienych: Barwa ich jest jednostajna, ciemna i trwała, gdy tymczasem łupki łatwo wietrzejące zmieniają rychło swą barwę na jasno-szarą, a nawet na białą. Łupki dobre dają się łatwo rozłupywać na tablice cienkie, całkiem płaskie i gładkie, o odłamie zbitym. Tablice te dają się łatwo przycinać i wiercić, a uderzane młotkiem wydają dźwięk czysty; dźwięk przytłumiony jest oznaką, że łupek jest popękany i zawiera rysy włoskowate. — Łupek dobry winien być nieprzemakalnym; łupki porowate, a tem bardziej łupki porysowane, nie są trwałe, gdyż woda, która wsiąka w pory lub rysy włoskowate, podczas zamarzania rozsadza łupek. Rozpoznać można takie łupki łatwo; w tym celu należy je ogrzać do 100° C., a po ochłodzeniu i osuszeniu zważyć i następnie zanurzyć na kilka godzin w wodę i ponownie zważyć; łupki porowate i porysowane wskutek nasycenia wodą zwiększają znacznie swój ciężar. — Łupki, które podczas gotowania w wodzie rozpadają się, nie są odpowiednie do celów budowlanych. — Łupki ciężkie, przy innych warunkach jednakowych, mają wytrzymałość większą aniżeli łupki lekkie. — Przez rozżarzenie do czerwoności można trwałość łupku zwiększyć, lecz po rozżarzeniu łupek nie ma już własności łupania się, daje się trudniej przycinać, a podczas wiercenia pęka; to też przycinanie tabliczek do kształtu właściwego i wiercenie otworów na gwoździe należy uskutecznić przed rozżarzeniem.

Fresenius zaleca następującą próbę dobroci łupku: Część tabliczki zawieszają swobodnie w szczelnie zamkniętem naczyniu szklanem, na którego dnie znajduje się kwas siarczany. Łupek dobry nie ucierpi wcale od działania wywiązujących się par; łupek pośledni zaś zostanie zniszczony i rozpadnie się.

Wytrzymałość na ściskanie łupku szarowakowego (według Winkler'a) przeciętnie: 440 kg na cm^2 (= 173 pud. na cal kwadr.); łupku dachowego: prostopadle do kierunku warstw 800—950 kg na cm^2 (= 315—374 pud. na cal kwadr.), zaś równolegle do kierunku warstw około 600 kg na cm^2 (= 236 pud. na cal kwadr.). — Wytrzymałość na rozciąganie: 150—200 kg na cm^2 (= 59—79 pud. na cal kwadr.). — Wytrzymałość na wyginanie: prostopadle do kierunku warstw około 300 kg na cm^2 (= 118 pud. na cal kwadr.), zaś równolegle do kierunku warstw około 400 kg na cm^2 (= 158 pud. na cal kwadr.).

Ciężar właściwy łupku glinianego: 2,67—3,5. — Twardość: 1—3; twardość łupku szlifierskiego jest większą i wynosi 4—5. — Współczynnik porowatości

dobrego łupku dachowego francuskiego: 0,045%, angielskiego (czerwonego): 0,11%, nadreńskiego: 0,15%; przeciętnie 0,12%. — Przy zwiększeniu temperatury o 1° C. łupek gliniany zwiększa swą objętość o 0,00005 objętości pierwotnej.

2. Wapienie.

Wapień (kamień wapienny, kalcyt) (fr. calcaire; n. Kalkstein) jest skałą, składającą się głównie z węglanu wapnia. W przyrodzie jednak wapienie rzadko pojawiają się jako czyste węglany wapnia; najczęściej zawierają przymieszki obce, a zwłaszcza glinę, krzemionkę, magnez, związki tlenowe żelaza i manganu, tlenek miedzi, węgiel i bitumy. Przymieszka bitumów w niektórych gatunkach wapieni bywa niekiedy tak znaczną, że kamień w odłamie świeżym wydaje zapach nieprzyjemny, cuchnący. — Połączenie węglanu wapnia z węglanem magnezu, często w przyrodzie napotykanę, stanowi *dolomit*. Wapienie zawierające pomniejsze przymieszki węglanu magnezu nazywają się *dolomitowemi*.

Wapienie w kwasach burzą się łatwo i żywo, przyczem wydziela się kwas węglany. — Po wypaleniu dają wapno używane do zapraw mularskich.

Twardość wszelkich skał, których zasadniczą część składową stanowi węglan wapnia, jest znacznie mniejszą od twardości skał zawierających przeważnie spat polny i kwarc; to też wapienie dają się łatwo rysować nożem.

Barwa wapieni składających się tylko z węglanu wapnia jest białą, innych zaś bywa bardzo rozmaitą, białawą, szarą we wszelkich odcieniach, żółtą, czerwoną, brunatną i czarną; nadto barwa bywa albo jednostajną albo też mieszaną, przyczem w odłamie widoczne są plamy, żyły, pasy, wstęgi, smugi, obłoki. Wapienie, o barwach pięknych i przytem zdadne do polerowania, stanowią oddzielną grupę, znaną pod nazwą ogólną *marmuru* (fr. marbre; n. Marmor).

W wapieniach często napotyka się skamieniałości zwierząt i roślin.

Złożenie wszystkich wapieni, z wyjątkiem kredy, jest krystaliczne. Skoro złożenie krystaliczne jest wyraźne, tak, że daje się rozpoznawać okiem nieuzbrojonym, wapień nazywa się *krystalicznym* albo *szarnistym*; gdy zaś złożenie krystaliczne daje się rozpoznawać dopiero przy użyciu lupy lub drobnowidza i ma wygląd pozornie zbitego, wapień nazywa się *zbitym*.

Okolice południowe Królestwa Polskiego obfitują w wapienie zdadne do budowania, jak tego dowodzi wielka ilość miast i starych budowli z wapienia wzniesionych, jako to: miasto Kazimierz, Chełm, Krasnystaw i Józefów w Lubelskiem; Janowiec, Solec, Zwolen, Hża, Sulejów, Bodzętyn, w Sandomierskiem; Wieluń i Częstochowa w Kaliskiem; Chęciny, Szydłów, Busko, Pinczów, Wiślica, Korczyn, Szczekociny, Pilica, zamek Chęciński, Olsztyński, Mirowski, Bobolicki, Pilicki, Smoleński, Ogrodzienicki i t. d. w Radomskiem i Kieleckiem.

Znakomitsze łomy wapienia w Królestwie Polskiem, zdadnego do wypalania wapna, są: Piekalskie (w pow. rawskim), Sulejowskie (w pow. opoczyńskim), Wierzbickie (w pow. radomskim), Hżeckie i Bałtowskie (w pow. opatowskim), Kazimierskie (w pow. lubelskim) i Wieluńskie (w pow. wieluńskim); nadto znajdują się liczne łomy wzdłuż drogi żelaznej Warszawsko-Wiedeńskiej pod Częstochową, Myszkowem, Rudnikami, Strzemieszycami i Sosnowicami. Kamień wapienny pod postacią ziarn żwirowych oblicie w Królestwie Polskiem się znajduje, np. na pagórkach pomiędzy wsią Chruszczówką a miastem Sterdyniem w pow. siedleckim i pomiędzy wsią Brzezną a Paprotnią w pow. konińskim, na brzegu rzeki Wkry blisko wsi Dziegtażewa w pow. plockim i w korycie Wisły pod Plockiem, oraz w niektórych okolicach gub. suwalskiej i łomżyńskiej.

1) *Wapień krystaliczny* czyli *ziarnisty (wapień pierwotny)* (fr. calcaire primitif, calcaire à grain fin; n. körniger Kalkstein, Urkalkstein), zwany także *marmurem właściwym* albo *marmurem białym*, składa się z mniej więcej równych ziarn spatu wapiennego, które we wszystkich kierunkach są ściśle z sobą zrośnięte i tworzą masę podobną do cukru ziarnistego, wskutek czego wapień ziarnisty bywa niekiedy zwany *cukrowatym* (fr. calcaire saccharoïde). W jednej i tej samej skale znaczniejsze różnice w wielkościach ziarn rzadko się napotykają; w różnych skalach jednak wielkość ziarn bywa bardzo różnaitą; niekiedy ziarna są duże, do jednego cala, niekiedy zaś bardzo drobne, tak, że trudno je rozróżnić okiem nieuzbrojonym.

Wapień ziarnisty najczęściej jest czystym węglanem wapnia i w wielkich masach nie zawiera zazwyczaj żadnych przymieszek; niekiedy tylko znajdują się w nim obce minerały, jako to: łyszczyk, łojek, azbest, hornblendą, granat, kwarc, spat polny, topnik (fluspat), mylnik (apatyt), grafit, rozmaite rudy metaliczne: magnetyt, iskrzyk, błyszcz ołowiu, błyszcz cynku i miedź; niekiedy węzowiec (serpentyt) szlachetny znajduje się w wapieniu ziarnistym w tak znacznej ilości, iż tworzy się skała barwy zielonej z pasami białymi, zwana *wapieniem szieleńcowym (ofikalcytem)*, znana w dziejach sztuki pod nazwą *Verde antico*.

Wapień ziarnisty, gdy nie zawiera żadnych przymieszek, ma barwę czystą białą i na krawędziach mocno prześwieca; przy przymieszce żelaza barwa jest żółtawą, przy przymieszce bitumu — szarą lub niebieskawą. Przymieszka grafitu wywołuje barwę ciemno-szarą; napotyka się także barwa czerwona i czarna; a często barwy są mieszane, tworząc plamy, obłoczki i pasy. — Odlam polyskującej, a przy obecności miążkich blaszek łojku — migotliwy.

Wapień ziarnisty ujawnia niekiedy, lecz nie zawsze, wyraźne ulawicenie; gdy zawiera znaczną ilość łyszczyku staje się łupkowym i przechodzi w cypolin (łupek wapno-łyszczykowy); gdy zaś zawiera w znacznej ilości hornblendę, przechodzi w lupek hornblendowy.

Wapień ziarnisty znajduje się w Bawaryi, Tyrolu, Szwajcaryi, Styryi, Saksonii, Czechach, na Szląsku, na Morawach, w Anglii, Szkocyi, Irlandyi, we Włoszech, w Hiszpanii, Grecyi, na wyspach archipelagu greckiego, w Karpatach i na Uralu.

Marmur ziarnisty daje się łatwo obrabiać dłutem i młotem, wiercić, pilować, szlifować i pięknie polerować, a jest o tyle sprężystym, że może być brany nawet na długie belki. Jest to najprzedniejszy materiał rzeźbiarstwa i budownictwa; już w najdawniejszej starożytności były wyrabiane z marmuru ziarnistego ciosy wielkie do murów, płyty cienkie, kolumny, stopnie schodów, posągi, wazony i t. p.

Najpiękniejsze odmiany marmuru białego, zwane *marmurem posągowym* (fr. marbre statuaire; n. Statuen-Marmor), są bardzo drogie i używane są niemal wyłącznie na posągi; gatunki tańsze mają liczne zastosowania w budownictwie: do wyrobu ciosów, stopni schodów, płyt posadzkowych i parapetowych, płyt do licowania murów, balustrad, kolumn, ozdób i t. p.

Odmiany starożytne pochodziły z łomów dziś już po większej części nieistniejących. Do najdawniejszych gatunków zaliczane są marmury *arabskie*, *kappadockie* (przeświecające, a w cienkich płytkach prawie przezroczyste) i *tyryjskie*, oraz odmiany znane grekom starożytnym: marmury *salijskie* (białe, grubo-

ziarniste, przeświecające), *atyckie* czyli *pentelijskie* (z góry Pentelikonu, miążkoziarniste, łatwe do obrabiania, białe z odcieniem niebieskawym, często przecięte żyłami gliny zielonawej), *hymettyjskie* (z Hymettus, średnioziarniste, białawoszare), *paryjskie* (marmury dolomitowe z wyspy Paros, miążkoziarniste, żółtawobiałe, mocno przeświecające, z polyskiem żywym), *lasyjskie* (z wyspy Thasos), *prokontyjskie* (z Propontys), oraz marmury z wyspy Chios. W Sycylii wydobywany był marmur zwany *grechetto* (śnieżno biały, o pięknym polysku); cenionym był również marmur *lunijski* z Lumi. — Z marmuru tyryjskiego była zbudowana podobno świątynia Salomona; z marmurów atyckich wzniesiono wszystkie niemal budowle monumentalne w Atenach, np. Parthenon z przepięknymi posągami i t. p.; z marmurów hymettyjskich wykonane są liczne dzieła sztuki, np. posąg Meleagera w Tuilerach, Afrodyta w Glyptotece monarchijskiej i t. d.; z marmurów paryjskich: Wenus medycejska, Dyana na łowach i t. d.; z grechetto: Apollo belwederski; z marmuru lunijskiego: Antinous z Kapitolu; z marmurów wyspy Chios wyrabiane były głównie wielkie ciosy do murów.

W czasach późniejszych najpiękniejsze marmury białe, przewyższające o wiele wszelkie odmiany starożytne, zaczęto wydobywać w okolicach miast włoskich: Carrara (około 200 lat przed Nar. Chr.), Seravezza i Massa, leżących w pobliżu zatoki Spezia, na drodze pomiędzy Genuą i Pizzą. Marmury te, powszechnie *karraryjskimi* zwane, odznaczają się piękną barwą białą, są drobnoziarniste i przyjmują śliczny połysk w polerowaniu; są jednak bardzo kosztowne i dla tego głównie na posągi używane. W okolicach Carrary jest czynnych około 600, pod Seravezza około 100 i pod Massa około 180 kamieniołomów; z łomów tych wywożone są jednak nie tylko kosztowne marmury białe, lecz także tańsze marmury zabarwione (*).

Marmury białe posągowe znajdują się nadto we Francji, w Tyrolu, oraz w Rossyi (pod m. Nerczyńskiem i przy jeziorze Altajskim), rzadziej na Szląsku. W Królestwie Polskiem marmur biały łamany jest pomiędzy m. Chmielnikiem a rz. Nidą; używany jest na płyty posadzkowe i t. p.

Marmur biały na powietrzu żółknieje, następnie zaś przyjmuje barwę brunatną, przyczem na powierzchni kamienia pojawiają się porosty i mchy. Pod wpływem czynników atmosferycznych wietrzeje tem prędzej im gorzej był polerowany. Zabezpieczać można marmur od wietrzenia przez powłokę ze szkła wodnego.

Z marmurów zabarwionych bardzo rozpowszechniony jest marmur szary z żyłami różnobarwnymi. Marmur szląski z pod Pryborza jest niebieskawo-szary z wyraźnymi pasami; marmur z Schlanders w Tyrolu jest białawo-szary; *cypolin* (*cipollino*), zwany także *marmurem frygijskim* (lapis phrygicus), zawiera wiele łyszczyku, bywa białawy, złoto-żółty, szary, a przytem z żyłami i pasami,

(*) Z marmurów karraryjskich najkosztowniejszym jest *Statuario di Falcovaja*, pochodzący z Monte Altissimo koło Seravezza, którego cena wynosi około 750 rub. za m^3 ; kosztownym jest też *Statuario Carrara* (250 — 400 rub. za m^3); tańszymi są *Statuario venato* (biały z żyłami czarnymi), *Bardiglio commune* (ciemno-niebieski z żyłami czarnymi), *Bardiglio fiorito* (ciemno-szary z żyłami czarnymi), *Michio di Seravezza* (czerwono-fioletowy), *Bianco chiaro*; najtańszym zaś jest *Ordinario* (niebieskawy), kosztujący około 35 — 40 rub. za m^3 i używany na gzymsy, kolumny, stopnie schodów, płyty do licowania murów, płytki posadzkowe, płyty dla stołów i t. p.

znajduje się w Alpach górnych (w okolicy St. Maurici), w Sawonii, Piemontcie, Korsyce, Pirenejach, Szwecyi i Norwegii; do cypolinów zalicza się także cypolin z Polcheverra, zwany *Verde d'Egitto*. W Rosyji marmury szare wydobywane są głównie w okolicach wsi Ruskiała (około 30 wiorst od Sierdobola) i nad rzeką Tiwdą w Finlandyi.

Marmury czarne (*nero antico*), zwane *Lucullan*, znajdują się głównie w Skandynawii, Belgii, okolicach Spa, nadto w Alpach i Pirenejach.

Marmury w Królestwie Polskiem znajdujące się należą przeważnie do wapieni przejściowych (szarowakowych) i późniejszych zbitych, o których poniżej będzie mowa.

Wytrzymałość na ściskanie wapienia krystalicznego: 400--900 *kg* na *cm*² (= 158 -- 354 pud. na cal kwadr).

Ciężar właściwy: 2,682 -- 2,763. — Twardość: 3. — Współczynnik porowatości marmuru karraryjskiego 0,11 -- 0,22%, marmuru z Pörschacher: 0,26%, marmuru z Schlanders: 0,59%; marmurów krystalicznych przeciętnie: 0,25%. — Przy zwiększeniu temperatury o 1^oC. marmur krystaliczny zwiększa swą objętość o 0,000019 objętości pierwotnej.

2) Wapień zbity (pospolity) (fr. calcaire compacte; n. dichter Kalkstein, gewöhnlicher od. gemeiner Kalkstein) jest skałą okazującą wyraźne uwarstwienie, nieprzezroczystą, o złożeniu bardzo miążkoziarnistym, pozornie zbitym, barwy brudno-białej, jasno-żółtej, brunatnawej, szarej, czerwono-brunatnej do czarnej, często z żyłami, smugami, plamami i t. d. Wapienie zbite należą częścią do najdawniejszych skał osadowych, lecz powstawały także we wszystkich późniejszych okresach geologicznych, a i obecnie tworzą się w osadach wód.

Najdawniejszym jest wapień przejściowy (szarowakowy), należący do formacji sylurycznej i dewońskiej, później powstawały kolejno: wapień węglowy, form. węglowej; cechstein czyli wapień permski albo peneński, form. permskiej; wapień muszlowy, przeważnie form. tryjasowej; wapień liasowy czyli czarny, form. jurajskiej dolnej; wapień ikrowcowy, form. jurajskiej środkowej i górnej; wapień jurajski biały (górny); wapienie alpejskie, form. tryjasowej, jurajskiej i kredowej; kreda, form. kredowej; grubowapień, wapień krzemionkowy (marmur granitowy); wapień ślimakowy.

Im starszy jest wapień tem bywa zazwyczaj twardszy i podatniejszy do polerowania i tem ziarna jego są większe. Wapienie zbite należące do najdawniejszych skał osadowych są najczęściej bardzo twarde, tak, iż nadają się nawet na kostki do bruków ulicznych i dają się pięknie polerować; należące zaś do późniejszych okresów geologicznych są już znacznie mniej twarde, a najmłodsze są zazwyczaj bardzo miękkie, mają złożenie ziemiste, dają się łatwo rozcierać.

Wapień zbity formacyj dawniejszych daje liczne odmiany marmuru, wyróżniające się bogactwem barw i przyjmujące w polerowaniu piękny połysk.

W wapieniach zbitych znajdują się liczne skamieniałości zwierząt i roślin. Natomiast wapienie te są ubogie w składniki przypadkowe, z których najczęściej napotykanne są: błyszcz ołowiu, iskrzyk i blenda cynkowa. Często wapienie zbite są zanieczyszczone przez ciała gliniaste, margliste, krzemieniste, dolo-mitowe i bitumiczne.

Wapień zbity twardy jest wybornym materiałem budowlanym. Odmiany zanieczyszczone przez glinę nie nadają się do murów domów mieszkalnych, gdyż para wodna łatwo skrapla się na ich powierzchni.

a) *Wapień przejściowy (szarowakowy)* (fr. calcaire de transition; n. Uebergangskalk, Grauwackenkalk). Wapienie przejściowe formacji sylurycznej i dewońskiej, mają złożenie drobnoziarniste do zbitego; barwę białą, żółtą, czerwoną, zieloną, niebieską, fioletową, brunatną i szarą w różnych odcieniach, zwłaszcza niebieskawo-szarą, czarno-szarą i dymno-szarą, niekiedy czarną; występują już to w wielkich masach zbitych, już to w cienkich warstwach i niekiedy przechodzą nawet w lupek wapienny. Wapień przejściowy jest przeważnie jednobarwny, zazwyczaj jednak z jaśniejszymi lub ciemniejszymi punktami, plamami, pasami lub żyłami; często jest przecięty żyłami spatu wapiennego lub zawiera gniazda tego spatu. Odlam bywa częściej muszlowym aniżeli pręcikowym. Przy złożeniu jednostajnym i znacznej twardości, wapień ten daje się łatwo obrabiać i dobrze polerować i stanowi wtedy piękne odmiany marmurów, przeważnie różnobarwnych. Wapienie przejściowe zawierają bardzo niewiele lub nie zawierają wcale skamieniałości, które w innych odmianach wapienia zbitego znajdują się obficie. — Niekiedy wapienie przejściowe występują w postaci okrucowców i stanowią wtedy ceniony *marmur okrucowcowy* (marmo brecciato), oraz *marmur brokatelowy* (marmo brocatello); pierwszy z okrucami dużymi, ostrokanciastymi; drugi z okrucami drobnymi.

Wapień przejściowy znajduje się w górach Eifel, pod Elberfeld, w pobliżu Kolonii i Akwizgranu, na Harcu pod Elbingerode, Blankenburg i Hüttenroda, na Szląsku pod Oels, w górach pomiędzy rzekami Renem, Wezerą i Lahną, w okolicach Salzburga, w Saksonii, Bawaryi, Czechach, Morawii (pod Ołomuńcem), Tyrolu, Styrii, Włoszech, Belgii, Francji, Anglii, Norwegii, Grecji i w wielu okolicach Rosyji. Wapienie formacji sylurycznej występują na Podolu wzdłuż doliny Dniestru.

Z wapieni przejściowych występujących w Rosyji najważniejsze znaczenie pod względem budowlanym mają wapień wydobywane z pokładów sylurycznych i dewońskich w okolicach Petersburga i Gieczyny, oraz w gub. nowgorodzkiej, zwane tam *plytą*, a zależnie od miejsca wydobywania — *plytą petersburską, gieczyńską, pulytowską* i t. d. Wapienie te w Petersburgu brane są na fundamenty; nadto wyrabiane są z nich stopnie schodów, oprawy okien, płyty chodnikowe i t. p. Są to wapień barwy najczęściej szarej, niekiedy od przymieszki glaukonitu — zielonawej, lub od przymieszki żelaziaka czerwonego — czerwonej, często z żyłkami żółtawymi, zawierające liczne skamieniałości mięczaka prostoroga (*ortoceras*) i dla tego także *ortocerasowemi* zwane. Wapienie te zawierają stosunkowo znaczną ilość ciał gliniastych, ułożonych równolegle do kierunku ulawienia, co ułatwia wprawdzie rozluptywanie skały na płyty, lecz zarazem oddziałują szkodliwie na trwałość kamienia, gdyż płyty zatrzymują wodę, która zamarzając, łatwo je rozsadza. — Z odmian czystszych wypalane jest wyborowe wapno, zwłaszcza w okolicach Tosny.

W Galicyi wschodniej wapień ciemne formacji sylurycznej występują wzdłuż rzeki Zbrucz nad samą granicą Galicyi z gub. podolską, następnie po obu brzegach rzeki Seretu i wzdłuż koryta Dniestru. Wapienie formacji dewońskiej, czarne, smolne, występują w W. Ks. Krakowskiem, mianowicie we wsi Dębniku około Krzeszowic, gdzie znajdują się *marmury czarne*. Wapienie koralowe formacji dewońskiej występują w oderwanych platach na Podolu galicyjskiem na

bardzo nieznacznej przestrzeni około Zawadówki, Korzowy i Zaturzyna, w okolicy Monasterzysk nad Dniestrem.

W Królestwie Polskiem wapienie przejściowe formacyi syluryczej wcale nie występują. Wapienie koralowe formacyi dewońskiej oraz wapienie smoliste teje formacyi znajdują się wraz z marmurami (*marmury Chęcińskie*) w górach Kieleckich i Chęcińskich (Zygmuntowa skała); a wapienie ciemno-szare teje formacyi, wydzielające zapach bitumiczny, występują wśród osadów późniejszych, tryjasowych, na północ od osady Siewierza, a mianowicie w pobliżu wsi Dziewek i Nowej Wsi, nadto w pobliżu stacyi Zawiercie dr. żel. Warszawsko-Wiedeńskiej i wreszcie w pobliżu wsi Klucze, gdzie formacya dewońska odkrytą została w 1887 r.

Wapień przejściowy jest dobrym materiałem budowlanym, używanym na mury, kolumny, stopnie schodów i t. p., nadto do robót mozaikowych. Wyrabiane są z niego także płyty do licowania murów, płyty dla chodników, płytki posadzkowe (np. szwedzkie płytki posadzkowe, niebieskawe), oprawy kominków, wazony, płyty dla stołów i t. p.

Ciężar właściwy wapienia przejściowego: 2,4 — 2,7. — Twardość bardzo rozmaita.

Najwięcej rozpowszechnione i najpiękniejsze odmiany marmurów budowlanych barwnych, należą do wapieni przejściowych. Że jednak wiele odmian marmurów należy także do późniejszych utworów, przeto marmury barwne zestawione są poniżej (str. 81) oddzielnie, bez względu na okresy geologiczne, do których odnośne skały są zaliczane.

b) *Wapień węglowy (górski)* (fr. calcaire de montagne; n. Kohlenkalk, Bergkalk), formacyi węglowej, podobny do wapienia przejściowego, występuje już to jako czysty węglan wapnia, już to zanieczyszczony przez magnez, krzemionkę, tlenek żelaza, bitumy i węgiel, niekiedy przecięty żyłami spatu wapiennego, spatu burego (burospatu) i rogowca. Barwa najczęściej jednostajna ciemna, ciemno-szara do czarnej, rzadziej jasna, biała, żółta i czerwona. Odłam muszlowy. Jako składniki przyboczne występują najczęściej: spat wapienny, a także spat brunatny i rogowiec. — Wapień węglowy występuje w warstwach, mających niekiedy do 700 m grubości i do 1000 mil kwadr. przestrzeni (jak np. w Anglii i Irlandyi). Najczęściej zawiera liczne skamieniałości, zwłaszcza koralę, oraz inne pozostałości fauny morskiej; w niektórych jednak warstwach skamieniałości takich wcale niema lub jest ich niewiele.

Odmiany twarde dają się dobrze szlifować i pięknie polerować, tak, iż mogą być stosowane jako marmur. Cenione są okrucowce wapienia węglowego, które po oszlifowaniu przedstawiają często niezwykle piękny rysunek.

Wapień węglowy występuje na wielkich przestrzeniach w Anglii i Irlandyi, oraz w zagłębiach węglowych Niemiec, zwłaszcza w okolicy Akwizgranu, na północ od gór Eifel, w Westfalii pod Iserlohn i Arnsberg, oraz na Szląsku pruskim pomiędzy Waldenberg i Freiberg, nadto w Rosyji i Ameryce północnej. — W Galicyi ukazuje się w okolicach położonych na północ od Krzeszowic, oraz na dnie dolin pomiędzy Paczoltowicami, Goreińcami, Raclawicami, Szklarami, Czatkowicami i Dubiem. — W Królestwie Polskiem wcale nie występuje.

c) *Cechstein* (wapień *permski* albo *peneński*) (fr. calcaire permien ou penéen; n. Zechstein), formacji permskiej, jest to wapień zbity, gliniasty, szary, bardzo mocny, zawierający oprócz gliny często bitumy i ziarna kwarcu; odznacza się twardością, daje się trudno rozsadzać, a uderzony młotkiem wydaje dźwięk czysty. Odlam muszlowy płaski, uwarstwienie cienkie, wyraźne. Jako składniki przyboczne znajdują się: gips, ziarna spatu wapiennego, kryształ górnym i okra żelazna. Występuje w warstwach, mających zazwyczaj tylko 5 — 10 m, rzadziej więcej (do 30 m) grubości.

Cechstein jest wyborynym materiałem budowlanym. — Występuje głównie w Anglii, Irlandyi, Belgii, Ameryce północnej, Niemczech (w południowym Harcu, Turynii, Westfalii, prowincyi nadreńskiej, Saksonii, w Hesskiem, oraz na Szląsku pomiędzy Waldenberg i Freiberg). — W Rosyji znajduje się na wielkich przestrzeniach, głównie w gub. archangielskiej, jarosławskiej, włodzimierskiej, niżegorodzkiej, wiatskiej, permskiej, kazańskiej, symbirskiej, samarskiej i orenburskiej.

Odmiany występujące w Rosyji zawierają często przymieszkę tlenku magnezu i krzemionki, a niekiedy mają skłonność do rozslajania. Wydobywane są we wszystkich guberniach, w których znajdują się pokłady formacji permskiej, a samo wydobywanie uskutecznia się najczęściej sposobami pierwotnymi, przez włóścian okolicznych, dla których łamanie kamienia stanowi zajęcie dodatkowe na porę zimową. Wapienie te są w ogóle mocne i twarde, nie dają się jednak polerować, a brane są głównie na fundamenty, na mury zabudowań podrzędnych i na bruki. Z odmian czystszych wypalane jest wapno. — Niektóre wapienie formacji permskiej wydobywane w Rosyji są o tyle twarde, że dają się polerować, przyjmują jednak tylko połysk słaby. Najbardziej rozpoznane z nich są wapienie z łomów miaczkowskich, o złożeniu jednostajnem, dające się łatwo obrabiać, a używane głównie na kolumny, gzymsy i t. p. Takież wapienie, wydobywane z dawien dawna w okolicach Moskwy, zawierają zawsze w większej lub mniejszej ilości węglan magnezu, odznaczają się odpornością na wpływy czynników atmosferycznych, a że przyjmują słaby kolor, przeto w handlu zwane są marmurami. Tu należą t. zw. *marmury kołomieńskie*, barwy szarawo-białej, wydobywane w okolicach Kołomny, zwłaszcza we wsi Prototopowie, położonej nad rz. Oką. Piękniejszymi lecz mniej wytrzymałymi są *marmury krywiakińskie*, barwy białej, jasno-żółtej i różowej, wydobywane we wsi Krywiakinie. Wapienie wydobywane we wsi Grygorowie, zwane *kamieniem grygorowskim*, oraz wapienie z nad rzeki Pachry, zwane *wapieniem pachorskim*, mają barwę żółtawą i dają się trudno obrabiać; wapienie z nad rz. Pachry dają się jednak polerować i znane są pod nazwą *marmuru podolskiego*.

W Galicyi wapień formacji permskiej występuje pod wsią Filippowicami, a głównie pod Karniowicami i dla tego zwany jest *wapieniem karniowickim*. Pod Karniowicami wapień ten tworzy pokłady mające do 7 m grubości, spoczywające na piaskowcach czerwonych, a przykryte warstwami martwicy porfirowej, nad któremi wznoszą się dolomity. Jest to wapień miałkoziarnisty, barwy białej; zawiera skamieniałości roślin, zbadane głównie przez prof. Raciborskiego, który wapień ten zalicza do formacji przejściowej permsko-węglowej. — W Królestwie Polskiem wapień formacji permskiej występuje w pow. kieleckim, będzińskim i olkuskim, głównie zaś około Kajetanowa na północ od Kielc, gdzie znajduje się wapień ciemny, czarnawy, przekładany iłolupkiem, spoczywający na piaskowcach czerwonych, a zwany *cehsteinem*.

d) *Wapień muszlowy* (fr. calcaire coquillier; n. Muschelkalk), stanowiący piętro środkowe formacji tryjasowej, jest najczęściej zbity lub ziemisty, rzadziej ziarnisty, często jednak z wkropionymi ziarnami spatu wapiennego. Wiele odmian

tego wapienia odznacza się wielką odpornością na wpływy czynników atmosferycznych, wytrzymałością i twardością, oraz znacznym ciężarem. Odłam muszlowy płaski. Barwa jednolita, szara, dymno-szara, żółto-szara, niebieskawo-czarna, żółtawa, czerwono-brunatna, a także czerwona. Wapień muszlowy często zawiera znaczne przymieszki ciał gliniastych i dolomitowych, oraz krzemionki i spatu wapiennego, a niekiedy także bitumów, węglanu magnezu i tlenku żelaza. Często pojawiają się w nim wydzielone ziarna rogowca, kwarcu i chalcedonu. Nadto występują jako składniki przyboczne: spat bury i celestyn (modryn, niebiescice). — Ważniejsze odmiany są: *wapień muszlowy główny* (n. Hauptmuschelkalk), *wapień falisty* (fr. calcaire ondulé; n. Wellenkalk) i *wapień piankowy* (n. Schaumkalk). Wapienie muszlowe, zawierające węglan magnezu i węglan tlenku żelaza, albo też glinę, przechodzą w dolomity i margle. We wszystkich odmianach znajdują się obficie skamieniałości.

W Niemczech wapień muszlowy występuje głównie w okolicach Berlina, gdzie wypalane jest z niego znane wapno rüdersdorfskie, nadto w Bawarii, Wirtembergii, Turyngii, Westfalii, Saksonii, w lesie getyngskim, w przedgórzach Harcu, w okolicach Brupświku, w okolicach Jeny, Heidelbergu, Heilbronn, w Alpach południowych, oraz na Szląsku pruskim.

Z odmian występujących w Alpach najważniejszymi są: *wapień guttensteński* (n. Guttensteiner Kalkstein), *wapień muszlowy płytowy* (n. plattiger Muschelkalk) i *wapień Virgloria* (n. Virgloriakalk). Pierwsze dwie odmiany należą do wapieni muszlowych głównych, ostatnia — do wapieni falistych. *Wapień guttensteński*, więcej lub mniej dolomitowy, barwy ciemno-szarej, rzadziej jasnej, przerośnięty żyłami białymi spatu wapiennego, zawiera mało skamieniałości, występuje głównie w Guttenstein, Berchtesgaden, Reichenhall, w górach Wetterstein, w St. Cassian i Buchenstein. *Wapień muszlowy płytowy*, zwany także *marmurem czarnym*, zbliżony do wapienia guttensteńskiego, zawiera zazwyczaj glinę. *Wapień Virgloria*, barwy czarnej, twardy, bogaty w ciała bitumiczne i krzemionkę, zawierający kule i ławice rogowca, daje się pięknie polerować, znajduje się w Voralberg, Tyrolu północnym, Berchtesgaden, Salzkammergut i t. d.; w Bludenz, gdzie wapień ten występuje w warstwach pionowych, lamane są płyty, mające często więcej aniżeli 100 m² powierzchni.

W Rosyi południowej, a zwłaszcza w wielu miejscowościach położonych na północ od m. Czarnego i Azowskiego, występuje odmiana wapienia muszlowego, wyróżniająca się tem, iż kamień bezpośrednio po wyjęciu z łomu jest bardzo miękki i daje się nader łatwo obrabiać, a następnie podczas wysychania na powietrzu twardnieje. Wapień ten w wielu miastach Rosyi południowej stanowi najbardziej rozpowszechniony kamień budowlany; tak np. większą część domów Odessy zbudowano z tego wapienia. Niemniej jednak, o ile wnosić można z okazów zbadanych w pracowni mechanicznej Instytutu inżynierów komunikacyj w Petersburgu, wapień o którym mowa, nawet po stwardnieniu, ma wytrzymałość bardzo niewielką. Wydobywany jest głównie nad rz. Małą Karasówką, pod m. Karasu-Bazarem w gub. taurydzkiej (*wapień azamatski*), przy wsi Badrace nad rz. Badraką w pobliżu Symferopola (*wapień badraski*), w okolicach m. Kercza (*wapień kerczeński*), oraz przy wsi Akmanaju, oddalonej o 36 wiorst od m. Feodozyi (*wapień akmanajski*).

W Galicyi wapienie muszlowe¹ znajdują się w okolicach Krakowa, a głównie około Chrzanowa, Sończowa, Alwerni, Trzebini, Jaworzna i Ciężkowic.

W Królestwie Polskiem wapienie muszlowe występują w południowo-zachodniej części kraju, zwłaszcza w okolicach Olkusza i Będzina, a nadto otaczają

starsze pokłady w górach Kieleckich.—W Królestwie i na Szląsku rozróżniane są *warstwy spodnie* i *warstwy wierzchnie* wapienia muszlowego. W południowo-zachodniej części Królestwa występują tylko warstwy spodnie, czyli *wapień spągowy*, *podstawowy* albo *denny* (n. Sohlenkalk), a mianowicie wapień falisty i wapień piankowy, gdy tymczasem na Szląsku pruskim występują przeważnie warstwy wierzchnie, zwane dawniej *wapieniem opatowieckim*, następnie zaś nazwane przez Eck'a *wapieniem rybnickim* (n. Rybnaer Kalk) od wsi Rybny, położonej na północo-zachód od Tarnowca. Tylko w jednej miejscowości części południowo-zachodniej Królestwa, a mianowicie na wschód od Bolesława, w pobliżu wsi Cegielni i Chutek, zauważono wapień, należący prawdopodobnie do warstw wierzchnich wapienia muszlowego i przypominający wyglądem wapień z pod Rybny.—Wapienie faliste i piankowe południowo-zachodniej części Królestwa występują już to w postaci kamienia zbitego lub krystalicznego, barwy szarej, żółtawo-szarej i żółtawej, często z odcieniem czerwonym, tworzącego pokłady nazwane przez Eck'a *wapieniem chorzowieckim* (*warstwami z Chorzowa*) (n. Chorzower Kalk, Schichten von Chorzow), już to w postaci kamienia szarego, z odcieniem niebieskawym, zwanego *niebieskim kamieniem spągowym* (n. Blauer Sohlenkalk), już to wreszcie w postaci kamienia o złożeniu dziurkowatym, komórkowatym, barwy brunatnej, czerwonej lub żółto-czerwonej, nazwanego przez Pusch'a *wapieniem komórkowym* (n. Zelliges Dachgestein), zaś przez Eck'a *wapieniem jamistym* (n. Cavernöser Kalk).—W łomach wapienia w Strzemieszycach Wielkich występuje u góry wapień gliniasty, w środku — wapień zbity, szary i żółtawy, przekładany warstwami glin łupkowych, szaro-żółtych, a u dołu — wapień krystaliczny chorzowiecki, żółto-czerwony. W łomach wapienia w Czeladzi nad Brynicą występuje u góry, bezpośrednio pod powierzchnią ziemi, wapień spągowy niebieski, przekładany warstwami cienkimi wapienia krystalicznego chorzowieckiego, szarego, z odcieniem czerwonym, przyczem warstwy tych wapieni, mające około $\frac{1}{4}$ m grubości, przedzielone są glinami łupkowymi szaremi; gdy tymczasem u dołu znajduje się wapień jamisty, zawierający gniazda glin czerwonych, a spoczywający na wapieniu krystalicznym szarym. — Nad wapieniami muszlowymi w południowo-zachodniej części Królestwa rozpościerają się warstwy dolomitu rudonośnego, należące do warstw wierzchnich piętra środkowego formacji tryjasowej i będące łożyskiem rud metalicznych, stanowiących jedno z bogactw kopalnych kraju.

Wapień muszłowy brany jest do murów jako kamień łupany lub w postaci ciosów, nadto używany jest na stopnie schodów, płyty, płytki posadzkowe, gzymsy i t. d. Odmiany najtwardsze i najmocniejsze brane są na bruk, oraz w postaci szabru dla dróg bitych. Nadto z wapienia muszlowego wypalają doskonałe wapno, a odmiany bogate w glinę nadają się do zapraw wodotrwałych.

Wytrzymałość przeciętna wapienia muszlowego wynosi: na ściskanie 700 kg na cm^2 (= 276 pudów na cal kwadr.), na przecinanie 56 kg na cm^2 (= 22 pudy na cal kwadr.), na rozciąganie 27 kg na cm^2 (= 11 pud. na cal kwadr.), na wyginanie 69 kg na cm^2 (= 27 pud. na cal kwadr.).

Ciężar właściwy wapienia muszlowego: 2,5 — 2,8. — Twardość: 5 — 7.

e) *Wapień kajprowy* (fr. calcaire irise; n. Keuperkalkstein) występuje głównie w Alpach, w kilku odmianach, z których ważniejsze są:

Wapień wettersteński (n. Wettersteinkalk), zbity, rzadziej krystaliczno-ziarnisty, niekiedy ikrowcowy, barwy białej, jasno-żółtawej, jasno-czerwonawej, żółtej, czerwonej, zawiera niekiedy liczne skamieniałości; tworzy góry Zug, Wetterstein, Karwandel.

Wapień hallstädzki (n. Hallstädter Kalkstein), zbity, o odłamie muszlowym, barwy krwistej, brunatnawo-czerwonej, niekiedy pstry, zawiera liczne skamieniałości; występuje w Berchtesgaden, Hallein, Hallstadt, Aussee i t. d. Używany jest jako kamień budowlany i na wyroby ozdobne.

Wapień dachówkowy (n. Dachsteinkalk), zbity lub mialkoziarnisty, biały, szary, pstry, z żyłami spatu wapiennego i igielkami krzemiennymi, zawiera liczne skamieniałości; występuje w Voralberg, Bawaryi, Tyrolu, Berchtesgaden, Salzkammergut, Austrii dolnej, Wenecji, Lombardyi i t. d. Często przekładany jest warstwami wapienia żółtego, zbitego lub mialkoziarnistego, zawierającego liczne skamieniałości (*warstwy Starhenbergskie*).

Na Szląsku pruskim utwory kajprowe składają się przeważnie ze skał miękkich, łatwo rozkładowi ulegających, pomiędzy którymi gdzieś niegdzie tylko napotykanne są skały twardsze. Najważniejszą miejscowością takich skał jest t. zw. *wyżyna wapienia woźnickiego*, ciągnąca się od Mrzyglodu przez Woźniki aż po Lubliniec. Występują tu wapień drobnoziarnisty, żółtawo-białe, oraz okrucowce wapienne pstre. W niektórych miejscowościach, jak np. w Woźniku i Trzebiślawicach, wapień ten zawiera konkretne kwarce, jaspisu i chalcedonu.

W Galicyi wapień kajprowy występuje w Podatrzcu Nowotargkiem.

W Królestwie Polskiem wapień kajprowy drobnoziarnisty, żółtawo-białe, należące do wspomnianej powyżej wyżyny woźnickiej, występują w kilku miejscowościach południowo-zachodniej części kraju, wśród glin kajprowych, a niekiedy, jak w Tucznej Babie, Sikorkach, Ząbkowicach, zawierają konkretne kwarce, jaspisu i chalcedonu. W niektórych miejscowościach, nad Przemszą Białą i Wartą górna, znajdują się wapień kajprowe marglowe, łupiące się na płytki cienkie, siwe z plamami czerwonymi i zielonymi; w innych miejscowościach wapień ten są zbite barwy zielonej, albo też jak we wsi Lasskach i Łazach, mają złożenie ikrowe i zawierają ziarna czerwone i zielone. Niekiedy wapień kajprowy tworzą oddzielne pagórki, jak pod wsią Brudzewicami na północ od Siewierza.

f) *Wapień liasowy* czyli *czarny* (fr. lias; n. Liaskalk) piętra spodniego formacji jurajskiej, jest wapieniem o złożeniu mialkoziarnistym do zbitego, z odłamek matowym muszlowym, nierównym lub pręcikowym; barwy zazwyczaj ciemno-szarej, rzadziej brudno-żółtej, brunatnawej do czarnej. Zawiera często bitumy, glinę i iskrzyk, oraz liczne skamieniałości. Nierzadko przerośnięty jest siecią żył spatu wapiennego. Twardość ma znaczną i daje się trudno rozsadzać.

Występuje w Anglii, Francji, Szwajcaryi, Rosyji, a w Niemczech głównie w Badeńskiem, Wirtembergii, Bawaryi, Hannowerze i Brunświku.

Z odmian wapienia liasowego Alp wymieniamy:

Wapień hierlatski (n. Hierlatzer Kalk), bardzo zbity, rzadziej mialkoziarnisty, biały, często jasno-czerwony, rzadziej żółtawy, zaliczany do marmurów, zawiera niekiedy liczne skamieniałości szkarłupni (crinoidea) i dla tego zwany jest także *wapieniem szkarłupniowym* (*krynooidowym*); występuje w górze Hierlatz pod Hallstadt, nadto w Füssen, Schwangau, Etatt, Alpach południowych i t. d. Tu należy wapień czerwony z Erba pod Como, marmur ciemny z Moltrasio w Alpach lombardzkich, *Calcarea salina* z Toskanii, marmury z Satrio i Arco i t. d.

Wapień adnetski (n. Adnether Kalk), przeważnie ciemno-czerwony, czerwony, żółty, z plamami i żyłami białymi, zawiera liczne buły rogowca, soczewki wapna, buły i nerki żelaziste i manganowe, oraz liczne skamieniałości mięczaków (ammonitów i nautilusów). Wydobywany jest głównie w Hallein w Tyrolu. Tu należą marmury z łomów w Adneth i Domberg (czerwone z gałkami białymi koralów), Motzau, Langenmoos, Schneck (ciemno-czerwone i brunatne), Lienbach (czerwone z pierścieniami czarnymi) i t. d.

W Galicyi wapień liasowy, biały i czerwony, zawierający skamieniałości szkarłupni (wapień krynooidowy), znajduje się w t. zw. *skalkach* czyli *rafach*

(*ryfach*), ciągnących się przez środek Karpat, od Węgier, koło Nowego Targu, wzdłuż Dunajca; nadto znajduje się wapień liasowy w Tatrach. — W Królestwie Polskiem wapień liasowy nie pojawia się wcale.

Wapień liasowy używany bywa zwłaszcza w pobliżu miejsc wydobywania jako kamień budowlany, a odmiany dające się polerować zaliczane są do marmurów małżowcowych. Nadto wapień ten, jako zawierający glinę, jest dobrym materiałem na zaprawy wodotrwałe.

Wytrzymałość na ściskanie wapienia liasowego: 600 — 1200 *kg* na *cm*² (= 236—473 pud. na cal kwadr.)

Ciężar właściwy: 2,64 — 2,72. — Porowatość: 0,5 — 2,38%. — Twardość: 5 — 6 i 7 — 8.

g) *Wapień ikrowcowy (oolitowy)* czyli *ikrowiec (oolit)* (fr. calcaire oolithique; n. Oolithkalkstein), formacji jurajskiej środkowej (brunatnej) i górnej (białej), składa się z ziarn okrągłych, wielkości ikry rybiej, albo też z ziarn okrągłych i wydłużonych, wielkości i kształtu maku, grochu, bobu, a nawet orzecha laskowego. Ziarna te albo ułożone są przy sobie albo też połączone są spoiwem wapiennym lub gliniano-marglistem, zbitym lub ziemistym. Niekiedy spoiwo wapienne stanowi przeważającą ilościowo część skały, a wtedy kamień ma wygląd nagromadzenia ziarn osadzonych w masie wapiennej. — Ziarna są złożone już to ze skorup współśrodkowych, już to z włókien promienistych; wewnątrz zaś są próżne albo też zawierają ziarnka piasku lub okruchy drobne muszli. — Barwa ikrowca jest jasną (białą) albo też ciemną (szarą). Skały zawierające w ilości większej wodan tlenniku żelaza mają barwę czerwono-brunatną. — Jako składniki przyboczne, oprócz spatu wapiennego, występują: rogowiec i chalcedon. — Ikrowiec przyjmując piasek przechodzi w piaskowiec.

Ikrowiec składający się wyłącznie z ziarn wielkości i kształtu ikry rybiej, stanowi odmianę zwaną *ikrowcem właściwym* (fr. pierre ovaire; n. Rogenstein); zaś ikrowiec utworzony z ziarn wielkości i kształtu grochu, złożonych najczęściej z włókien promienistych, stanowi odmianę zwaną *grochowcem* albo *pisolitem* (fr. pisolite; n. Erbsenstein, Hirsenstein). Grochowiec jest zazwyczaj tylko osadem źródeł ciepłych, bogatych w wapno (jak np. źródeł Karlsbadu), a zamiast zwykłego węglanu wapnia zawiera aragonit (krystaliczny węglan wapnia).

Ikrowiec występuje w grubych pokładach w Anglii i Francji, nadto na wyspie Rugii, na Pomorzu, na Harcu, w Czarnym lesie badeńskim, w Saksonii, Brunświku, Anhalcie, Hannoverze, Szwajcaryi, w Rosyi południowej, oraz w guberni rjazańskiej. — Ikrowce występujące w Galicyi i Królestwie Polskiem należą wyłącznie do formacji jurajskiej górnej (białej). W Królestwie ikrowce znajdują się w okolicach wsi Chełma (w pobliżu Przedborza), około Bałtowa, Hły, Małogoszcza, wsi Brzegów, Sobkowa i Korytnicy. Najczęściej ikrowce te są połupane na warstwy cienkie, jak pod Chełmem, albo też pokruszone na niewielkie bryły, jak w Bałtowie. Odmiana zbliżona do grochowca znajduje się około wsi Oględowa pod Staszowem w pow. stopnickim.

Ikrowce służą niekiedy do wypalania wapna, natomiast są zazwyczaj złym kamieniem budowlanym, gdyż ziarna pod wpływem zmian temperatury kurczą się i rozszerzają, a wskutek tego odłączają się od spoiwa; woda zaś wsiąkająca

w rysy włoskowate, tworzące się pomiędzy ziarnami, podczas zamarzania rozsadza kamień. Niektóre jednak ikrowce, jak np. ikrowce Francji północnej, stanowią doskonały materiał budowlany, ceniony nie tylko z powodu znacznej wytrzymałości i trwałości, lecz także z powodu pięknej budowy wewnętrznej. Temi samymi własnościami odznaczają się ikrowce z okolic Dubna w gub. wołyńskiej; natomiast ikrowce występujące w Rosyi południowej i w gub. rjazańskiej mają wytrzymałość małą, a na powietrzu rychło łuszczą się i rozpadają.—Niektóre odmiany ikrowców są tak twarde, że dają się polerować; odmiany te zaliczane są do marmurów małżowcowych. Ikrowce z Savonniers w Lotaryngii i z Arco w Tyrolu południowym brane były do robót rzeźbiarskich dla nowego ratusza w Wiedniu.

Wytrzymałość na ściskanie jest zmienną w bardzo rozległych granicach, tak np. stanowi ona dla ikrowca z Bernburga 1368 *kg* na *cm*², dla grochowców (według Winkler'a) przeciętnie 660 *kg* na *cm*², dla ikrowca z okolicy Dubna 788 *kg* na *cm*² (=310 pud. na cal kwadr.), dla ikrowca z okolic Feodozyi 234 *kg* na *cm*² (=92 pud. na cal kwadr.), z okolic Sewastopola 80 — 135 *kg* na *cm*² (32 — 53 pud. na cal kwadr.), z okolic wsi Lepetichy w pow. melitopolskim gub. taurydzkiej 67 *kg* na *cm*² (=26 pud. na cal kwadr.).

Chłonność jest również zmienną w bardzo rozległych granicach i stanowi: dla ikrowca z okolic Dubna 0,89%, dla ikrowca z Bernburga 1%, a dla ikrowca z okolic wsi Lepetichy 24,2%.— Twardość ikrowca z Bernburga: 7—8.

Ciężar właściwy ikrowców: 2,5—2,7.

h) *Wapień jurajski biały* (fr. calcaire jurassique; n. Jurakalk), formacji jurajskiej wierzchniej (białej), o złożeniu zbitem, rzadziej ikrowem, ma przeważnie barwę białą lub przynajmniej jasną, szaro-białą, żółtawo-białą i czerwonawo-białą, a wyjątkowo tylko przy większej zawartości ciał bitumicznych — ciemną. Często przerośnięty jest żyłami spatu wapiennego, niekiedy zawiera wydzielone ziarna spatu wapiennego, a zawsze niemal zawiera liczne skamieniałości. Odłam płaski do muszlowego. Uwarstwienie najczęściej wyraźne; grubość warstw niekiedy znaczna, niekiedy zaś bardzo mała. Kamienie w warstwach cienkich dają *wapień płytowy*, w warstwach bardzo cienkich zaś — *łupek wapienny*.— Odmiany obfitujące w bulwy rogowca, napotykanne obficie we Włoszech (np. pod Varese), znane są w handlu pod nazwą *majoliki*.

Wapienie jurajskie płytowe, zbite i drobnoziarniste, o masie całkiem jednostajnej, stanowią odmianę bardzo cenną, zwaną *kamieniem litograficznym* (fr. pierre lithographique; n. lithographischer Stein). Odmiany późniejsze używane są na płyty posadzkowe; twarde i cienkie płyty używane są na parapety podokienne i na płyty dla stołów; zaś płyty mające 5 — 8 *mm* grubości służą za materiał do krycia dachów, przycinane są przeto do kształtu zwykłej dachówki i jak lupek przytwierdzane za pomocą gwoździ do łat drewnianych; płyty grubsze używane się niekiedy na chodniki.—Kamienie litograficzne i posadzkowe, oraz lupki wapienne, o których tu mowa, wydobywane są głównie z lomów pod Solnhofen (pomiędzy Eichstädt i Pappenheim w Bawaryi) i dla tego w handlu zwane są *kamieniem solnhofeńskim*.— Do wapieni jurajskich białych zaliczane

są także: *wapień portlandzki* (Portlandstone) z Oxfordshire i *wapień koralowy* (coral-rag), znajdujące w Anglii liczne zastosowania.

Wapień jurajski biały występuje w Anglii, w jurze szwajcarskiej, w Czarnym lesie badeńskim, w Wirtembergii i Bawaryi, na Harcu (w okolicach Goslar), nadto w okolicach Hildesheim i Minden w Westfalii, oraz w okolicach Süd-Deister w Hanowerze, we Francyi (w depart. Indre), we Włoszech (pod Varese), w Rosyji: w gub. podolskiej wzdłuż Dniepru i w gub. mohylewskiej pod Chankowcami.

Z bardzo licznych odmian występujących w Alpach wymieniamy: wapień szaro-biały z Barmstein (n. Barmsteinkalk) w okręgu Salzach w Alpach wschodnich; wapień białawy, rzadziej czerwonawy lub szary, z Vils pod Füssen (n. Vilserkalk), z Gurstberge koło Windischgarten w Alpach austriackich; wapień ciemno-szary lub szarawo-biały z Au w dolinie Bregenzerach (n. Auerkalk); wapień ciemno-czerwony, żelazisty, z plamami, pasami i żyłami jasno-zielonemi (n. rother Jurakalk der Alpen) z Haselberg i Westernberg w Alpach wschodnich; wapień czerwony, bogaty w rogowiec, występujący pomiędzy St. Veit, Lainz i Hitzing pod Wiedniem; wapień jasno-szary z Kernkogel pod Grossau, z Aussee i t. d.; wapień krzemienisty z Hallein; wapień okrucowcowy, biały, żółtawy, brunatnawy, z Plassenberg pod Hallstadt i z Sandling koło Aussee; wapienie z bulwami rogowca (majoliki) barw jasnych z Alp lombardzkich i weneckich; marmury czerwone z Roveredo i z doliny Ampezzo i t. d.

W Galicyi wapienie jurajskie białe, najczęściej zbite, występują koło Roczyn w pobliżu Andrychowa, pod Inwałdem w pobliżu Wadowic, oraz w okolicach Krakowa, gdzie tworzą położoną po stronie wschodniej miasta Krakowską górę zamkową, oraz górę z klasztorem Kamedułów na Bielanach i wyniesienia skaliste około Podgórze. Wapień ten na zachód od Krakowa, Podgórze i Zakrzówka jest zazwyczaj czysty, bez domieszek części ilastych, zawiera często liczne kule i nerki krzemienne, łączące się niekiedy w pokłady 3 — 4 cali grube, a rzadziej małe nagromadzenia kryształów kwarcu. — Pod Krakowem znajdują się łomy kamienia litograficznego („Krzemionki“). — Wapienie jurajskie białe występują nadto w t. zw. *skalkach* czyli *rafach* (*ryfach*) karpaccich. Są to skały białe wapienne, wielce malownicze, ciągnące się przez środek Karpat: biorą one początek w Węgrzech, wkraczają koło Nowego Targu na ziemię galicyjską, występują tu wzdłuż Dunajca, tworząc pasmo idące przez Krościenko, Szczawnicę i wracają na Węgry. Skały te są różnej wielkości, niekiedy mają zaledwie kilka *m*³ objętości, niekiedy zaś kilkaset *m* wysokości. Najpotężniejszą z nich jest skala Pienin, o wysokości 982 *m*, przecięta Dunajcem na dwie części. Z formacyi jury białej znajduje się w skalach tych wapień czerwony, zawierający skamieniałości ammonitów, zwany *wapieniem czorsztýńskim*, oraz wapień czerwony lub biały, bardzo bogaty w skamieniałości, stanowiący t. zw. *warstwy rogoźnickie* albo *rafowe właściwe*. — Takież skały, odznaczające się niezmiernem bogactwem skamieniałości, tworzą pasmo raf wapiennych wzdłuż północnej krawędzi Karpat; ciągną się one z nad Bezwzy w Morawii, przez Śląsk do Galicyi, gdzie występują w okolicach Inwałdu, Andrychowa, Bochni i Przemyśla. — Wreszcie wapienie formacyi jury białej znajdują się w Tatrach.

W Królestwie Polskiem wapienie jury białej, zawierające różne, niekiedy liczne, skamieniałości, występują w południowo-zachodniej części kraju, oraz w okolicach gór Kieleckich. — W południowo-zachodniej części kraju występują na południe od Olkusza, następnie od Olkusza przez Ogrodzieniec, Żarki, Olsztyn do Częstochowy, oraz w dolinie Warty na wschód od Częstochowy, w okolicy

między Pilicą a Mstowem i nad Wartą pomiędzy Działoszynem a Wieluniem. Między Olsztynem a Częstochową wapienie te tworzą t. zw. *wapień skalisty* (n. Felsenkalk), którego warstwy spodnie, barwy szarej, są masowe lub niewyraźnie uwarstwione, zaś warstwy wierzchnie, barwy białej, są masowe, zbite, zawierają wydzieliny bulwiaste krzemienia czarnego albo rogowca i pokłady cienko-uwarstwionego wapienia marglowego, zbitego. W dolinie Warty na wschód od Częstochowy, w okolicy pomiędzy Pilicą a Mstowem, wapienie te są białe, uwarstwione, przekładane warstwami wapienia krzemionkowego, po części w rogowiec przechodzącego. Niekiedy w wapieniach, o których mowa, znajdują się szczeliny i jamy, wypełnione spatem wapiennym, jak koło Częstochowy i Działoszyna; niekiedy zaś wapienie te są miękkie, kredowe, jak w Złochowicach, Pajęcznie i t. d. Na południe od Olkusza w Piaskowej Skale i dolinie Ojcowa, oraz na południe od Częstochowy w Olsztynie, nadto w Smoleniu i Pilicy, wapienie jury białej tworzą skały malownicze, a w Podzamczu koło Ogrodzieńca — górę skalistą, wyniesioną na 1470 stóp nad poziom morza, na której znajdują się ruiny zamku. — W środkowej części kraju wapienie jury białej występują głównie około gór Kieleckich. Znajduje się tu wapień biały masowy, zbity, w okolicach Chorzecka czyli Korzecka pod Chęcunami, zaś żółtawo-biały, ikrowcowy, albo też zbity i do lupków z Solnhofenu bardzo podobny — w okolicach Sulejowa w pow. opoczyńskim, Bolmina na zachód od Chęcín w pow. kieleckim i wsi Korytnicy w pow. jędrzejowskim. — Kamień litograficzny znajduje się głównie w Szklarach w pobliżu wsi Jerzmanowic w pow. olkuskim i pod miastem Ilżą w pow. opatowskim. — Kamień posadzkowy znajduje się w okolicach Olsztyna, Złotego Potoku, Trzebniowa, Kroczyca, Smolenia, Ogrodzieńca, Rabsztyna, Piaskowej Skaly, Grodziska, Ojcowa, Jerzmanowic i Morawic.

Wapień jurajski biały jest doskonałym zarówno jako kamień budowlany jako też do wypalania wapna. Jako kamień budowlany jest używany nawet do budowli monumentalnych, tak np. kościół św. Ludwika w Monachium, hala marszałków i brama tryumfalna tamże, są wzniesione z tego kamienia, który przedstawia jednak tę niedogodność, że łatwo pokrywa się porostami i wtedy przyjmuje niepokazne ciemne zabarwienie. Zamki: smoleński, ojcowski i krakowski, są wzniesione z kamienia posadzkowego. Wapień jurajski biały może być obrabiany w wielkie ciosy, daje duże części kolumn, używa się na stopnie schodów, oraz na rzeźby i ozdoby, a nawet na posągi. Tak np. nader ozdobne głowice kolumn hali marszałków w Monachium, oraz olbrzymie posągi Homera, Tuceydydesa, Arystotelesa i Hipokratesa w bibliotece państwowej tamże, są wyrobione z wapienia jurajskiego białego. Wapień ten jest odpornym na zmiany atmosferyczne i dostatecznie wytrzymałym. Niektóre odmiany są o tyle twarde, że mogą być polerowane i wtedy stanowią marmury małżowcowe lub okrucowcowe. Odmiany z żyłami i plamami jasno- i ciemno-brunatnymi, po polerowaniu, dają marmur, w którym przekroje różnych skamieniałości tworzą piękny rysunek; marmury te znane są pod nazwą *marmurów druzgotowych* albo *ruinowych*. — Lupki wapienne z Solnhofenu, używane do krycia dachów, nie są dostatecznie odporne na zmiany atmosferyczne i zwłaszcza pod wpływem mrozu prędko ulegają zniszczeniu. Podrzedniejsze, mniej ścisłe odmiany kamienia litograficznego,

używane przeważnie na posadzki, otrzymują się w różnych barwach, wskutek czego można z nich układać piękne posadzki wzorzyste w różnych odcieniach barwy białej, żółtej, szarej i niebieskiej. Takie kamienie posadzkowe z łomów krajowych, pod względem trwałości, nie ustępują kamieniom solnhofeńskim, jak tego dowodzą piękne posadzki w zamku Skąły Piaskowej, w kościele Grodzickim i Smardzewickim.

Wytrzymałość na ściskanie wapienia jurajskiego białego: 700 — 1000 *kg* na *cm*² (= 276 — 394 pud. na cal kwadr.).

Ciężar właściwy: 2,6—2,7. — Porowatość: 1,5—2,4%. — Twardość: 5—6 i 7—8.

i) *Wapienie alpejskie*. Nazwą tą objęte są wszystkie wyraźnie uwarstwione wapienie Alp, które dawniej zaliczano już to do wapieni szarowakowych, już to do cechsteinu, a które właściwie stanowią ogniwa formacji tryjasowej, jurajskiej i kredowej. Najważniejsze odmiany tych wapieni wymieniliśmy już powyżej; zawierają one zazwyczaj liczne skamieniałości; niekiedy przerośnięte są spatem polnym lub rogowcem; często zawierają glinę, krzemień, bitumy, węgiel, oraz różne tlenki metalów, zwłaszcza żelaza, manganu i miedzi. Wskutek tych przymieszek barwa ich bywa bardzo różnaita, niekiedy jednolitą, niekiedy zaś mieszaną, z żyłami, plamami, centkami, smugami, pasami, pręgami. Twardość posiadają zazwyczaj znaczną, a że przytem dają się dobrze polerować, przeto tworzą liczne odmiany marmurów, odznaczających się pięknymi barwami i połorem. Głównie występują w łańcuchu północnym i południowym Alp szwajcarskich, oraz w Bawaryi, Styryi i Tyrolu. Stanowią niewyczerpaną obfitość wyborowych kamieni budowlanych, używanych zarówno w budowlach zwykłych, jak i monumentalnych, a głównie na stopnie schodów, obramowania okien i drzwi, kolumny, ozdoby, płyty chodnikowe, pomniki, nagrobki, zbiorniki wody i t. p. — Odmiany mało zanieczyszczone, barwy jasnej, używane są do wypalania wapna.

k) *Kreda* (fr. craie; n. Kreide), formacji kredowej, jest węglanem wapnia białym, ziemistym. Powstała jako osad na dnie mórz, a składa się z wapiennych płytek i kulek oraz z wapiennych skorup drobnoustrojów przedwiecznych. Kreda ma odłam najczęściej miałkoziarnisty, rzadziej gruboziarnisty i zależnie od twardości, płaski, nierówny, a niekiedy przeciekowaty. Uwarstwienie grube i zazwyczaj niewyraźne. Jako składniki przyboczne znajdują się: bulwy krzemienne, piasek kwarcowy, glina, zielonka (chloryt), ziarna glaukonitu (*kreda glaukonitowa*), mylnik (apatyt), tlenek żelaza i t. d. Kreda zawierająca glinę, krzemionkę i piasek, przechodzi w margiel kredowy; kreda o złożeniu dziurowatym, porowatym, jest *martwicą kredową* (*tufem kredowym*). Martwica kredowa ma najczęściej barwę żółtawą, daje się łatwo obrabiać i używaną jest jako kamień budowlany. — Odmiany twarde kredy tworzą *wapień kredowy*, już to zbity, już to marglisty, barwy białej, popielato-szarej do żółto-szarej, niekiedy z smugami ciemnymi. Wapień kredowy bywa niekiedy ziarnisty, prawie krystaliczny, zmieszany z piaskiem, przyczem ma barwę żółto-białą i przechodzi w piaskowiec. Wapienie kredowe używane są jako kamienie budowlane, głównie jednak do wypalania wapna.

W stanie czystym kreda ma barwę białą i twardość bardzo małą; kreda zawierająca glinę lub tlenek żelaza ma barwę szarą lub żółtawą i twardość większą.

Kreda jest bardzo rozprzestrzenioną: na wyspie Rugii pod Stubenkammer tworzy skały spadziste do 120 *m* wysokości, również na wyspie Moën i pod Stevens Klint na Zelandyi, zaś na wyspie Wollin występuje głównie kreda szara. Nadto występuje kreda w wielkich masach w Irlandyi i pod Dowrem w Anglii, oraz na brzegach morskich pomiędzy Brighton a Beachy-Head, gdzie również jak we Francyi, w dolinie Sekwany, tworzy wspaniale skały. Podobnych

kształtów skały napotykać się nad brzegami morskimi Normandyi, Hiszpanii, Gibraltaru, oraz w Rosyji: w gub. wołyńskiej, podolskiej, czernichowskiej, połtawskiej i sybirskiej, nadto w Ziemi Wojska Dońskiego i w Krymie. Mniejsze pokłady kredy znajdują się w Holsztynie, pod Paderborn, Osnabrück, na Harcu pod Goslar, w Saksonii pod Dreznem, w Bawaryi pod Kehlheim i Regensburg, w prowincjach nadreńskich pod Akwizgranem, na Szląsku pruskim, w Czechach pod Cieplicami i Pragę, na Morawach, w Sudetach i Karpatach, we Włoszech i t. d.

W Galicyi kreda i wapienie kredowe występują głównie w części wschodniej kraju. Na całej przestrzeni Podola galicyjskiego i na przyległych częściach Podola rosyjskiego występuje kreda biała z wydzielinami bulwiastymi krzemienia, spoczywająca na utworach piętra cenomanińskiego i stanowiąca przejście do piętra turońskiego. Nad kredą tą znajduje się nad Dniestrem, około Lwowa i Nagorzan, oraz w wielu innych miejscowościach, pokład od kilku do kilkudziesięciu metrów gruby wapienia białego marglistego, należącego najprawdopodobniej do piętra turońskiego, a zawierającego liczne buły krzemienia, miejscami zaś (jak na przestrzeni Siekierczyn-Piotrów) przypominającego kamień litograficzny. W niektórych miejscowościach, jak w Zawałowie, zamiast wapienia tego występuje kreda miękka, piszcząca, ziemista, należąca również do piętra turońskiego i zawierająca także liczne buły krzemienia; kreda ta niekiedy (jak w Uściu Zielonem) jest pręgowana. Na utworach piętra turońskiego, o których tu mowa, spoczywa w części północno-zachodniej Podola, pomiędzy Lwowem, Maryampolem i Wołoczyskami, wapień marglowy, szary, piaszczysty, odznaczający się bogactwem skamieniałości, a należący do piętra senońskiego.

W Królestwie Polskiem wapienie kredowe występują głównie w kotlinie kredowej lubelskiej, zwłaszcza koło Sienna na wschód od Ilży, nadto w części zachodniej gub. warszawskiej i w części północnej gub. kaliskiej. W niektórych miejscowościach, jak np. we wsi Paprotni w pobliżu Konina i we wsi Dobrużku w pobliżu Zamościa, wapienie te wypalane są na wapno *). — W kotlinie kredowej lubelskiej występują wapienie należące do piętra cenomanińskiego, turońskiego i senońskiego. Do osadów cenomanińskich należy tu wapień glaukonitowy, ciemno-szary, przekładany warstwami marglu wapienno-glaukonitowego, zawierający buły krzemienne ciemno-szare. Wapień ten, zwany przez ludność miejscową *stewakiem* i używany w okolicy do wypalania nieszczególnego wapna, występuje w pobliżu Puław (Nowej Aleksandryi), Końskiej Woli, Kazimierza, Nałęczowa, na prawym brzegu Bystrzycy pod Lublinem, oraz pod Minkowicami i Żdzannami. Do osadów turońskich należą margle wapienne, białawe lub jasno-szare, zawierające glaukonit i liczne skamieniałości; margle te, tworzące część środkową kotliny kredowej lubelskiej, przekładane są warstwami wapienia jasne-

*) W pracowni chemicznej Muzeum Przemysłu i Rolnictwa w Warszawie wykonane były w 1878 r. rozbiory chemiczne dwóch okazów wapienia czarnego, drobnoziarnistego i bardzo twardego ze wsi Paprotni i mieszaniny trzech okazów wapienia kredowego ze wsi Dobrużka. Rozbiory te udowodniły, że wapień z Paprotni winien być przez bezpośrednie wypalanie dawać dobre wapno wodotrwałe (hydrauliczne); wapień z Dobrużka zaś dopiero po domieszanii glin lub margli.

go. Margiel kredowy szary, znajdujący się w okolicach Kazimierza, Lublina i Łęczny, oraz przy Chelmie, Rejowcu, Urzędowie, Kaliszanach, Zamościu, nadto w okolicach Hrubieszowa, stanowi ogniwa po części piętra turońskiego, po części zaś piętra senońskiego. Do piętra senońskiego należą: kreda biała pisząca w okolicach Chelma, a nadto wapień grochowcowy w okolicach miasteczka Frampola w pow. zamojskim, oraz wapień występujący w okolicach wsi Wojciechowa, położonej pomiędzy Kraśnikiem a Modliborzycami, w pow. janowskim.

Kreda, zarówno surowa jako też oczyszczona przez pławienie (szlamowanie), znajduje rozliczne zastosowania w przemyśle, zwłaszcza w fabrykach sody i chlorku wapna, w hutach szklanych i t. d.; nadto używana jest za przymieszkę do kitów, oraz służy do czyszczenia i polerowania metalów, a brana jest także do wyrobu farby malarskiej, zwanej *bielą hiszpańską* albo *wiedeńską*, używanej do bielenia ścian. Najbardziej cenioną dla tych celów jest kreda z Szampanii, czysta i delikatna. Z powodu słabej spójności cząstek składowych, dających się, jak wiadomo, łatwo ścierać palcami, kredą można pisać na każdej powierzchni. Odmiany twarde i mocne kredy używane są do murów w postaci kamienia łamanego i ciosów. Kreda pochłania chciwie wodę, lecz na powietrzu nie wietrzeje. Wytrzymałość kredy i jej twardość można zwiększyć, zanurzając kredę w szkło wodne, gdyż wtedy kreda przekształca się na krzemian wapnia.

W Czechach w okolicach Pragi, w Galicyi zachodniej w okolicach Krakowa, a zwłaszcza około wsi Witkowie, Trojanowie, Bolechowic i Rudawy, nadto w części północno-zachodniej Podola galicyjskiego pomiędzy Lwowem, Maryampolem i Wołoczyskami, oraz w częściach południowych Królestwa Polskiego w okolicach Nakła, Szczekocina, Jędrzejowa, Mękarzewa, Łętkowic, Iwanowic, Radziemie, Krzyżanowic, Solca, Bałtowa, Sulejowa, Janowa, Kazimierza, Końskiej Woli, Opola, Józefowa nad Wisłą, około m. Chelma, Krasnego Stawu, Pliszczyna i t. d., znajduje się margiel kredowy biały, mocny, zwany *opoką* (n. Plänerkalk), nie rozcierający się w palcach, pochłaniający mniej wody i odznaczający się połyskującą powierzchnią odlamu. Tylko niektóre mocniejsze odmiany opoki stanowią dobry materiał budowlany. Miasto Miechów, które w okolicy swej, a zwłaszcza we wsi Pstroszycach, posiada łomy opoki, zbudowane jest z tego kamienia, również jak zamek w Kazimierzu nad Wisłą, wzniesiony w XIV stul. Mniej mocne odmiany nie nadają się na kamień budowlany i prędko pod wpływem zmian atmosferycznych i działań mechanicznych ulegają zniszczeniu, czego dowodem zamek w Janowcu i dwie tamy na Nidzie, które wzniesione w 1820 r., w dwa miesiące po ukończeniu, połupały się na cienkie tafle. Mury z opoki, zaraz po wyprowadzeniu i przykryciu budowli dachem, należy tynkować przynajmniej od zewnątrz, gdyż w razie przeciwnym, kamień, wchłaniając wilgoć z powietrza, lasuje się i łupie na blaszki. — W 1875 r. w pracowni mechanicznej drogi żelaznej Terespolskiej, poddano próbom margiel kredowy czyli opokę z Piasków pod Lublinem, przyczem stwierdzono, że wytrzymałość na zgniecenie nie przekracza 11 — 20 pudów na cal kwadr. (= 28 — 50 kg na cm^2). Z opoki nie należy przeto wznosić murów zbyt wysokich, gdyż pod znaczniejszem obciążeniem rysuje się, jak to zresztą widać na wieżach klasztoru pocysterskiego w Jędrzejowie. W pobliżu miejsc wydobywania,

z opoki wznoszone są jednak budowle miejskie i wiejskie. — Opoka zanurzona przed użyciem w roztwór cementu nabiera znacznej twardości i staje się odporną na wpływy atmosferyczne.

Twardość kredy: 1. — Ciężar właściwy: 2,7.

1) *Grubowapień* (*wapień piaszczysty*, *wapień wód słodkich*, *wapień jeziorny*) (fr. calcaire grossier, calcaire d'eau douce; n. Grobkalk, Sandsteinkalk, Süßwasserkalk), jest to wapień piaszczysty, przeważnie formacyj trzeciorzędowych dolnych, po części formacji kredowej, najczęściej mocny i twardy, niekiedy miękki, rozcierający się, złożony przeważnie lub wyłącznie z okruchów ślimaków lądowych i muszli, zawierający ziarna mialkie kwarcu oraz glinę, tlenek magnezu i żelazo. Barwę ma najczęściej żółtawo-białą, popielato-szara, okrowo-żółtą do brunatnej, rzadziej zielonawą. Zależnie od wieku osadów oraz od stopnia twardości, porowatości i czystości, rozróżniane są jako odmiany: *grubowapień spodni* (*wapień numulitowy*), *grubowapień środkowy* i *grubowapień wierzchni*.

Grubowapień spodni (*wapień numulitowy*), bogaty w skorupy otwornic (Foraminifera) z rodzaju pieniążków (Nummulites), zbity i twardy, barwy szarej, żółtej albo czerwonej, jest najbardziej rozpowszechnionym kamieniem budowlanym na ziemi, występuje zaś głównie we Francji, Bawarii, Węgrzech, Hiszpanii, Marokko, Egipcie, Chinach, Japonii, Azji środkowej, Azji Malej i t. d., oraz w wielu miejscowościach Rosji południowej. Z kamienia tego zbudowane były np. piramidy z Gizeh. Tu należy ceniony we Francji wapień *Pierre à liards*, znajdujący się pod St. Denis, Compiègne, St. Leu, St. Jacques koło Isle Adame i Festieux koło Laon, oraz *Pierre de liais*, występujący w warstwach o grubości 21 — 45 cm pod Vaugirard i Bagneux i mający odłam ziemisty. — W Tatrach wapień numulitowy, zwany przez górali miejscowych *jarcem*, ciągnie się wielką smugą na południe od Zakopanego, począwszy od doliny Czarnego Dunajca, aż do doliny Białki. Piaskowiec ten, barwy ciemnej, zawiera bardzo liczne skorupki numulitów, w postaci drobnych i większych pieniążków, oprócz tego inne skamieniałości.

Grubowapień środkowy, składający się przeważnie z drobnych skorup otwornic, zazwyczaj miękki, niekiedy jednak twardy, występuje głównie we Francji. Tu należą wapienie: *Banc royale*, trwałe, barwy szaro-białej, z pod Conflans-St. Honorine, Neuilly, Gentilly; *Cliquart*, twardy, barwy białej, z pod Nanterre; *Lambourd* i *Vergelé*, trwałe, barwy żółtawo-białej, z dep. Oise i z okolic na południe od Paryża; *St. Nom* z dep. Aisne i t. d.

Grubowapień wierzchni, często twardy, niekiedy jednak bardzo miękki, występuje głównie w okolicach Paryża, gdzie znane są odmiany: *Banc franc*, wapień bogaty w muszle, dający się łatwo obrabiać; *Pierre de roche*, mialkoziarnisty, zawierający muszle i liczne komórki; *Lambaird*, bardzo miękki, dający się przecinać piłą i t. d.

Do grubowapieni należą także *wapienie z gór Leitha* (n. Leithakalk), występujące w licznych odmianach, głównie w okolicach Wiednia. Takie wapienie znajdują się nadto w Morawii, Marchii Brandeburskiej i t. d. — Wapienie podobne do grubowapienia występują także w okolicach Moguncyi.

W Galicyi grubowapień występuje głównie w części południowej i wschodniej kraju. Na Podolu galicyjskiem wapień zbite lub ikrowcowe, należące do t. zw. *piętra sarmackiego* formacji mioceniczej, tworzą pagórki wystające po nad równinę. Część dolna tych pagórków składa się z wapieni białych, nad któremi leży wapień piaszczysty, zbity.

W Królestwie Polskiem grubowapień, formacji mioceniczej, występuje w dwóch ogniwach. Ogniwu spodnie stanowi *grubowapień piaszczysty* (n. sandiger Grobkalk), wierzchnie zaś — *grubowapień grochowcowy* (n. pisolithenartiger Grobkalk, Pisolithen-Kalkstein), zwany także *wapieniem nulliporajskim*. Wapienie te występują: w górach Pińczowskich od Skowronny nad Nidą ku Bogucinom i Grochowiskom aż do Szańca; na pagórkach około wsi Balic, Palonek, Bosowic i Osieka; na płaskowzgórzu Stopnicy od Widuchowy pod Buskiem, na Skotniki, Sulkowice, Kików, Pirczyce, aż do Stopnicy i niemal do Wisły; w długim pasmie od Mędrowa, na Raków, Rutki, Ossówkę, Szydłów, Kurozwięki, Poniń, Staszów, Rytwiany, aż niemal do Wisły; pod Janikowem w pobliżu Ożarowa; w okolicach na zachód od Zamościa, u stóp wzniesień Turobina, na górach w nizinie potoku Łady około Goraja i Frampola, na pagórkach około Smorina, Trzesiny, Lipowca, aż do Zwierzyńca nad Wieprzem; wreszcie w zagłębiu piaszczystem lasów ordynacji Zamojskiej, pomiędzy Józefowem, Krasnobrodami i Tomaszowem. — W Czarkowcach wapień te zawierają siarkę. — Pomiedzy Pińczowem, Buskiem i Stopnicą, wapień te są białe, kredowate, odznaczają się bogactwem skamieniałości, przyczem bezpośrednio po wydobyciu są miękkie, następnie jednak wysychając na powietrzu, twardnieją znacznie. — Typowy wapień grochowcowy występuje na drodze z Frampola do Szczepieszyna. W okolicy Frampola, a mianowicie koło Kątów, Trzęsin i Smorynia, warstwy grubowapienia przekładane są piaskowcem wapiennym, a na tych warstwach leżą zlepierce muszlowe, należące do piętra sarmackiego formacji mioceniczej. Takież zlepierce występują od Kraśnika przez Janów, Goraj, aż do źródeł Wieprza pomiędzy Zwierzyńcem i Józefowem. Miejscowości, w których zlepierce muszlowe występują obficie, słyną z wybornego wapna, które się na całe Lubelskie rozchodzi.

Większa część grubowapieni stanowi doskonały kamień budowlany. W Paryżu odmiany twarde brane są do murów fundamentowych i parterowych, odmiany o twardości średniej — do murów piętrowych; kamienie zaś, które bezpośrednio po wydobyciu z łomu są bardzo miękkie, dają się łatwo w kształty dowolne obrać, piłą przecinać, heblem wyrównywać, a następnie na powietrzu twardnieją, służą do wyrobów ozdobnych, rzeźbiarskich. — W Wiedniu wapień z gór Leitha brane są do murów budowli monumentalnych, oraz do licowania od zewnątrz murów; nadto używane są na stopnie schodów, kolumny, płyty balkonowe, oprawy okien, gzymsy i t. p.

Katakumby paryskie powstały z łomów podziemnych grubowapienia, które na południe od Paryża więcej aniżeli pół mili kwadr. zajmują.

Wytrzymałość na ściskanie grubowapieni jest zmienną w bardzo rozległych granicach; odmiany miękkie, przy ciężarze właściwym 1,63—1,75, wykazują tylko 50—100 kg na cm^2 ; odmiany twarde, przy c. wł. 2,2—2,57, wykazują 300—780 kg na cm^2 (= 118—307 pud. na cal kwadr.).

m) *Wapień krzemionkowy (marmur granitowy)* (n. Kieselkalkstein, Granit-Marmor), formacyi jurajskiej, kredowej, wapienia muszlowego, a przeważnie formacyi eoceniczej, zbity, najczęściej twardy, składa się z wydzielonych ziarn kwarcu i spatu wapiennego, oraz okruchów rogowca i chalcedonu; ma barwę zazwyczaj białą-szarą lub brunatną.

Występuje głównie w okolicach Paryża, oraz w Bawaryi, Węgrzech, na Kaukazie, w Azji i t. d.

Niektóre odmiany dają się polerować i cenione są jako piękne marmury. Tu należy bawarski *marmur neubeuerski*, bardzo twardy i trwały, przyjmujący piękny połysk. Marmur ten znajduje liczne zastosowania w Monachium; wykonane są z niego wszystkie kolumny Bazyliki, schody główne biblioteki państwowej i pałacu królewskiego, piedestały posągu Bawaryi, pomnika kurfirsta Maksymiliana i t. d.; nadto służy marmur ten na nagrobki, oprawy kominków, płyty dla stołów, wazony i t. p. — Niemniej cennym jest bawarski *marmur enzenauerski*.

Wytrzymałość na ściskanie marmuru neubeuerskiego wynosi (według Bauschinger'a): 745 kg na cm^2 .

n) *Wapień ślimakowy* (n. Landschneckenkalk) należy do nowszych utworów formacyj trzeciorzędowych, składa się przeważnie lub wyłącznie ze skorup mięczaków wód słodkich, jest zazwyczaj bardzo zbity, niekiedy ziemisty, rzadko lupkowy, barwy szaro-białej, żółtawo-białej i czerwono-białej, a także dymnoszarej, żółtawo-szarej, czerwono-szarej do żółtawo-brunatnej. Występuje w zagłębiach około Paryża i Moguncyi, w kilku miejscowościach Bawaryi i t. d.

Zastosowania wapieni w budownictwie są wskazane powyżej, przy opisie oddzielnych odmian. Wapienie są wybornym kamieniem do murów, a przytem wyrabiane są z nich stopnie schodów, płyty, płytki posadzkowe, dachówki, kolumny, piedestały pomników, gzymsy, ozdoby architektoniczne, figury, kamienie litograficzne i t. d. Nadto służą wapienie do wypalania wapna. — Niezależnie od tego wapienie stanowią dobry nawóz dla pól i łąk, a odmiany czystsze znajdują liczne zastosowania w przemyśle, jako przymieszka w hutach metali, jako materiał surowy w hutach szkła, oraz w fabrykach kwasu węglanego, sody i mydła, nadto w farbiarniach, garbarniach, cukrowniach i t. d. To też wapienie słusznie uważane są za najważniejsze ze skał rodzimych.

Wapienie bezpośrednio po wydobyciu z łomu zawierają stosunkowo wiele wilgoci górskiej. W tym stanie wapienie, jak z doświadczenia wiadomo, ujawniają w murze mniejszą trwałość, aniżeli wapienie należycie wysuszone. To też wapienie przed użyciem do robót należy suszyć w miejscu zabezpieczonem od przystępu wilgoci, a ostrożność ta jest niezbędną głównie przy prowadzeniu robót w porze jesiennej, wilgotnej i chłodnej.

W wielu odmianach wapienie, łamane zimą lub jesienią, nie mają dostatecznej odporności na działanie mrozu, gdy tymczasem łamane latem i następnie starannie osuszone, okazują się trwałemi.

Sole oddziałują szkodliwie na wszystkie wapienie. Z tego powodu nie należy używać wapienia w pobliżu miejsc, w których nagromadzone są odczyny zwierząt lub ciała gnijące, ani tembardziej na mury kloak, studzien, gnojowisk

i t. p., ani wreszcie na fundamenty w ziemi tłustej, rodzajnej. W miejscach takich powierzchnie murów z wapienia rychło pokrywają się wykwitem murem, a kamienie ulegają zniszczeniu.

Wapienie nie nadają się także na mury ognisk, gdyż pod wpływem gorąca tracą kwas węglany, a następnie pochłaniając wilgoć z powietrza pękają i rozpadają się.

Wapienie zawierające ciała gliniaste, zwłaszcza w ilości większej, są złym kamieniem dla murów domów mieszkalnych, gdyż na powierzchni takich murów skraplają się wszelkie wyziewy i para wodna.

Często własności wapienia oceniane są tylko z wyglądu lub z pewnych cech zewnętrznych, przyczem wapienie o masie jednostajnej, nieprzerośniętej żyłkami, mające złożenie miałkoziarniste, zbite, zawierające krzemionkę, nie zawierające zaś ciał gliniastych, niezabarwione przez wodan tleniku żelaza na kolor brunatny lub czerwony, wiążące się dobrze z zaprawami, dające się łatwo obrabiać i nie pękające po nagraniu, są uważane za dobry kamień budowlany; a gdy nadto uderzane lekko młotkiem nie kruszą się, zaś pocierane ostrym kamieniem nie psują się, są uważane za odpowiednie dla posadzek, stopni schodów i na wyroby ozdobne. Takie oceny doraźne okazują się jednak zazwyczaj zawodnemi zarówno odnośnie wytrzymałości mechanicznej kamienia, jako też odnośnie jego trwałości. To też wapienie przeznaczone do robót ważniejszych należy zawsze poddawać odpowiednim doświadczeniom, w celu przekonania się, o ile są wytrzymałemi na działanie sił mechanicznych i odpornemi na działanie wilgoci i mrozu, tem bardziej, że niektóre wapienie bardzo trwale, mają małą lub tylko średnią wytrzymałość mechaniczną, a przytem wytrzymałość mechaniczna wapienia jest często całkiem niezależną od ciężaru właściwego, ciężaru rzeczywistego i twardości, tak, że przy jednakowym ciężarze i jednakowej twardości, wytrzymałość mechaniczna może być bardzo różną nawet w wapieniach pochodzących z jednego kamieniołomu i posiadających wszystkie znamiona zewnętrzne pozornie jednakowe.

Wapienie są w ogóle nieodpowiednie do szabrowania dróg bitych i brukowania ulic, gdyż pod uderzeniem kopyt końskich i pod tarciami kół wozów, wapienie nawet twarde, ścierają się na pył miałki, wskutek czego drogi szabrowane lub brukowane wapieniem są zawsze zapyłone, a ich pokład wierzchni zużywa się stosunkowo prędko.

3) Marmury barwne. Podajemy tu zestawienie najważniejszych marmurów budowlanych, należących do wapieni zbitych, bez względu na okresy geologiczne, do których skały odnośnie są zaliczane. Marmury białe zbite, o masie jednostajnej i barwie jednostajnej, zbliżone do wapienia ziarnistego (marmuru właściwego, białego), występują bardzo rzadko; inne marmury jednobarwne występują częściej, lecz o ile barwa ich nie jest bardzo piękną i żywą, używane są głównie do robót podrzędnych; najpowszechniejszemi zaś są marmury różnobarwne, nakrapiane, albo też z pasami, pręgami, smugami, żyłami, obłoczkami, plamami i t. p., o masie niejednorodnej, przeciętej żyłami spatu wapiennego lub wapna. Marmury te różniane są w nauce i handlu, zależnie od ich barwy zasadniczej.

a) *Marmur biały.* Barwa biała rzadko jest czystą. Należą tu odmiany starożytne, których łomy są już obecnie wyczerpane lub nieznanne, oraz odmiany nowe, pochodzące z łomów obecnie

wyzyskiwanych.— Z odmian starożytnych, napotykaných głównie w ruinach budowli rzymskich, wycinane są starannie płyty cienkie, które, po ponownem polerowaniu, brane są do budowli. Takimi są: *Polombino*, całkiem biały i zbity; *Rezzato*, biały z pasami żółtymi; *Cipolazzo*, barwy mieszanej białej i fioletowej; *Pavonazzo*, marmur okrucowcowy, biały z wstęgami i plamami czerwonymi; *Fior di Persico (Perschino)*, szaro-biały, z plamami jasno-czerwonymi lub ciemno-czerwonymi; *Pecorella*, z plamami wielkimi białawymi i czerwonymi i pierścieniami białymi; *Marmo di sette basi*, biały, z żyłami czerwonymi; *Serpentelo* i *Cotonello*, białe, z pasami czerwonymi.— Z odmian nowych najważniejszemi są marmury białe zbite z Alp, oraz białe i szaro-białe wydobywane przeważnie w kamieniołomach Bawaryi i Tyrolu, jako to: marmur z gór Karstu (Nebresina-Marmor), będący wapieniem kredowym, zbitym, wydobywanym pod St. Croce, Grisignano, Belvoje i t. d.; marmur jurajski z pod Eichstädt, Pappenheim i Kehlheim w Bawaryi; marmur tyrolski (Adnether-Marmor, Domberger-Marmor) z pod Hallein w Tyrolu, szaro-biały; *Calcarea salino* wydobywany w Toskanii, pod Satrio, Arco i t. d.; marmur z góry Hierlatz (Hierlatzter-Marmor), biały, z plamami i żyłami jasno-czerwonymi, wydobywany w okolicach Hallstadt, nadto pod Füssen, Schwangau, Ettal i t. d.; marmur z nad jeziora Tegernsee w Bawaryi, z pasami białymi i czerwonymi, przyjmujący piękny polor; marmur z pod Untersberg koło Salzburga; *Medolino* i *Castillieri* z Istrii, a mianowicie z okolic Pola i Rovigno, nader miałkoziarnisty, bezpośrednio po wydobyciu z łomu miękki; marmur muszlowy z Lavatschthal koło Hall w Tyrolu; marmur muszlowy z pod Bleiberg w Karyntyi, opalizujący, bardzo kosztowny, sprzedawany tylko w postaci płyt cienkich, a używany przeważnie do robót mozaikowych. Tu należy także *Mischio di Seravezza*, okrucowiec złożony z wapienia miałkoziarnistego białego, z plankami fioletowymi i paskami łojkowymi; z kamienia tego wyrobione są kolumny opery nowej w Paryżu.

Piękne marmury białe, podobne do karraryjskich, oraz białawe z żyłami szaroniebieskimi, wydobywane są na Uralu; mleczno-białe — w Krymie. — Marmury białe, kruche, znajdują się w górach Karczówce i Kadzielni pod Kielcami, oraz w górze Zelejowej; białe, mocne, z żyłkami czerwono-brunatnymi — w górze Miedzianej pod wsią Kostomłotami i we wsi Polichno; białe z plamami brunatno-wisniowymi — w górze Zygmuntońskiej, dawniej Wierzmoniecką zwanej; różowo-białe — we wsi Jaworzni; szaro-białe — pod wsią Sitkówką.

b) *Marmur żółty*. Odmiany starożytne: *Giallo antico*, z Macedonii i Numidy, jednobarwny, w różnych odcieniach barwy żółtej, bardzo cenny, wykonane były z niego kolumny łuku tryumfalnego Druzusa; *Giallo pagliocco*, jednobarwny, słomiano-żółty; *Giallo brecciato*, z plamami jasno-żółtymi i ciemno-żółtymi na tle jasno-żółtym; *Giallo annulato* i *Giallo e nero*, z plamami i pierścieniami żółtymi i czarnymi; *Breccia dorata*, z licznymi plamami czerwonymi i białymi. — Odmiany nowe: *Seracolin*, wydobywany w olbrzymich monolitach w Pirenejach francuskich, głównie pod Bigogne i Ihet, barwy żółtej, mieszanej z szarą i czerwoną, najpiękniejszy ze znanych marmurów żółtych, bardzo kosztowny, wyrobione są z niego schody główne opery nowej w Paryżu, 16 kolumn w Luwrze i t. d.; *Giallo di Siena* i *Marbro giallognolo di Bologna*, znalazły zastosowanie przy budowie nowego pałacu sprawiedliwości w Wiedniu; marmur z Tolonet pod Aix, żółty z plamami brunatnymi i czarnymi; marmur z Torri koło Peschiera, żółty z plamami czerwonymi, znajduje liczne zastosowania w Weronie i Wenecyi; marmury żółte wydobywane pod Castione (*Giallo di Castione*), Mori, Siena i Bononią; *Jaune St. Beaume*, barwy żółtej i czerwonej, wydobywany w dep. Var; marmur z Eichstädt, zastosowany przy budowie pałacu Maksymiliana i opery w Monachium; *Pierre de Florence*, marmur druzgotowy, marglisty, jasno-szaro-żółtawy, z żyłkami czerwonawymi, wydobywany między innymi pod Klosterneuburg koło Wiednia; marmury okrucowcowe z Plassenberg koło Hallstadt i z Sandlings przy Aussee; marmur z Gross-Kunzendorf na Śląsku, żółtawo-biały, często popękany i dla tego do robót większych nieodpowiedni.

W kraju naszym marmury żółte znajdują się w górach Olkuskich; białawo-żółte we wsi Tokarni i Boluminie, oraz pod Sobkowem, Częstochową i Mstowem; szarawo-żółte w Brodach i we wsi Marzyszu; brudno-żółte w Zaborzu; ciemno-żółte w Ostrowie; jasno-żółte, z plamami ciemno-żółtymi (podobne do *Giallo brecciato*), oraz jasno-żółte, z plamami białymi, we wsi Korzesko i w Chęcinach.

c) *Marmur czerwony*. Marmury czerwone są najpospolitsze z marmurów barwnych; występują w bardzo licznych odmianach od blado-różowych do ciemno-krwistych, z obłoczkami,

żyłami, pasami, plamami, kropkami, w różnych barwach. Odmiany starożytne: *Rosso antico*, ciemno-czerwony, z małemi punktami i żyłami czarnemi, wydobywany był z łomów położonych pomiędzy Nilem a m. Czerwonem, rzadki i kosztowny; *Marmo africano*, ciemno-purpurowy, z plamami białemi i smugami czarnemi, składającemi się prawdopodobnie z gliny, najpiękniejszy z marmurów czerwonych, którego łomy odkryte zostały przez Delmonte'a w górach państwa afrykańskiego Oranje, z marmuru tego wyrobione są kolumny nowej katedry w Marsylii; *Marmo africano fiorito*, z plamami białemi i czarnemi, oraz obłoczkami i plamami purpurowemi i żółtemi; *Griotto d'Italia*, barwy ognisto-czerwonej, z plamami jaśniejszemi i czarnemi liniami spiralnemi, z pod Gaune nad Garonną; *Beau Languedoc* z Carcassone, obecnie jeszcze wydobywany, barwy krwistej, z plamami białemi podłużnemi, znalazł zastosowanie w kościołach: Scaldi w Wenecyi, Św. Marcina w Neapolu, Św. Annuncyaty w Genui, przy budowie studni Św. Michała w Paryżu i t. d.; *Rouge sauguin* z dep. Hérault, podobny do poprzedniego; *Marmo siciliano*, z Sycylii, czerwony z wstęgami barwnemi; *Marmo campano* z Flandryi, czerwony, z żyłami zielonemi, bogaty w łyszczyk lub zielonkę (chloryt); marmury włoskie: *Marmo Brocatellone*, *Purichiello*, *Vendurino*; *Balzam święty* z dep. Var; marmur czerwony z Mont Ferier w dep. Ariège; *Incarnal*, czerwony i biały, bardzo piękny, z pod Valmingen w dep. Aude; marmury czerwone z Alet i Tolonet przy ujściach Rodanu; *Petit Granit*, składa się ze skamieniałości mięczaków, połączonych spoiwem czarnem, wydobywany jest w Ecaussines pod Mons; czerwony *małżowiec* (*lumachella*), z takiemiż skamieniałościami, łamany jest w St. Amour, Brest i t. d.; marmur czerwony z Werony i różowo-czerwony z Tirey; *Brocatella de Tortosa*, z muszlami, bardzo rozpoznawalny; *Marmo breccio dorata*, barwy mieszanej czerwonej z białą, z wielkimi plamami żółtemi; *Marmo fiorito*, z plamami i obłoczkami czerwonemi i białemi; *Marmo di porta santa non fiorito*, jasno-czerwony, z plamami białemi; *Marmo di Seme santo* (*Marmo Arlechino*) i *Marmo di Seme santo di sette basi*, ciemno-czerwone, z małemi plamkami białemi, trójkątnemi; *Marmo rosso annulato*, z plamami białemi, okrągłemi.—Odmiany nowe: marmur z Roquebrune koło Beziers, barwy mieszanej czerwonej i białej, brany głównie na kolumny, które wyrabiane są w sztukach do 10 m długości; marmur z Cosne koło Beziers, także barwy mieszanej czerwonej i białej; marmur z pod Moulins, czerwony, z plamami żółtemi i czerwonemi; marmury z pod Carcassone: różowo-czerwone (*Le Rose* i *Rose Enjugeate*), oraz ognisto-czerwony (*Le Griotte vive*, użyty do sali posiedzeń ciała prawodawczego i do wnętrza opery w Paryżu); marmur z St. Bear w Vallée d'Or, krwisto-czerwony, z żyłami czerwonemi i plamami białemi; marmury belgijskie: *Rouge royal* i *Rouge imperial*; *Rosso di Roveredo*, *di Trento*, *di Sardagna*, ciemno-krwiste z żyłami żółtemi; marmury z Castione i Ceresolo; marmur z Giurich pod Cattaro w Dalmacyi; marmur z Piske koło Gran, mało trwały; nadto wydobywane są marmury czerwone pod Kaufungen na Szląsku, pod Blankenburg na Harcu, pod Poppenberg w Westfalii, pod Diez w Nassauskiem, oraz w okolicach Ischlu, Hallstadt, Goisern, Adneth, Füssen, Haselberg i Westernberg koło Ruppolding, pod Schwangau, Ettal, Schneelbruch, Lienbach, Motzau, Langenmoos, pod Erba w Como, pod Śliwencem i Slichowem w Czechach i t. d., oraz w Finlandyi i Krymie.

W kraju naszym znajdują się marmury jasno-różowe, z plamami ciemniejszemi i żyłkami fioletowemi, we wsi Skibach; orzechowo-różowe, z żyłkami białemi, we wsi Sitkówe; szaro-różowe, z żyłkami i muszelkami białemi w Szewcach; jasno-różowe, z żyłkami ciemno-brunatno-czerwonemi, w górze Jerzmańcu; żółtawo-czerwone, w górze Zelejowej; wiśniowo-różowe, z żyłkami różowo-białemi albo szaro-wiśniowo-brunatnemi, w górze Zamkowej; jasno-pomarańczowe, z żyłkami fioletowemi, we wsi Jedlinie; czerwone, z plamami i pręgami białemi i szaremi, we wsi Zajęczkowie; ciemno-czerwone, z pręgami białemi i seledynowemi, w górze Sosnowce; ciemno-pomarańczowe, z żyłkami białemi, w górze Wapienniku pod Chęcinami; orzechowo-wiśniowe, z żyłkami białemi, w Dębskiej Woli; ciemno-wiśniowe, z żyłkami krwistemi i białemi, oraz krwiste, z żyłkami ciemno-wiśniowemi lub jaśniejszemi, w górze Zygmuntońskiej; szaro-wiśniowe, z żyłkami białemi i ciemnemi, oraz ciemno-bronzone, z żyłkami jaśniejszemi, w górze Sosnowce.

d) *Marmur zielony*. Marmury zielone zabarwione są najczęściej przez zielonkę (chloryt) lub przez masę skal zieleńcowych (dyorytu, węzowca).—Odmiany starożytne: *Verde pagliocco*, żółto-zielony; *Verde antico*, wapień porfirowy (ofikalcyt), biały, mialkoziarnisty, z gniazdami i żyłkami zielonemi węzowca, wydobywany we Włoszech, w Sawonii, Korsyce, Szwecyi i Norwegii.—Odmiany nowe: *Vert des Alpes* i *Vert de Maurin*, z dep. Basses-Alpes, bardzo cenione, zastosowane

w Luwrze i operze nowej w Paryżu, nadto do nagrobka księcia Alberta w katedrze westminsterskiej w Londynie i t. d.; *Marbre Campan* z Tarbes, barwy mieszanej zielonej z białą lub czerwoną; *Brocatello di Spagna*, zielony, z małymi ziarnami żółtymi, okrągłymi lub kanciastymi; podobne marmury znajdują się w Szwecyi i w Niemczech północnych. W Austro-Węgrzech marmury zielone wydobywane są w Poppenberg, pod Gotschee w Krainie, oraz w Stopnik-Tolmein pod Gorycyą; marmur z pod Gorycy jest okrucowcem zieleńcowym, z okrucami wapienia, barwy białej, czerwonej i czarnej. — W Rosyji marmury zielone wydobywane są w niewielkiej ilości z łomów we wsi Ruskiąła, położonej w oddaleniu 30 wiorst na północ od Serdoboła, a mianowicie z t. zw. Góry Zielonej.

e) *Marmur niebieski*. Marmury niebieskie należą w ogóle do rzadkich; barwa ich jest zmienną od łupkowo-szarej do niebiesko-czarnej. Z odmian starożytnych znany jest marmur z Staremma w Toskanii, białawy, z żyłkami niebieskimi lub szaremi; oraz marmur bez nazwy, biały, z żyłkami i pasami łupkowo-niebieskimi, połamaniami w zygzaki. — Z odmian nowożytnych najwięcej cenione są marmury niebieskie belgijskie: *Bleu de Saulme*, *Bleu belge* i t. d. — W Rosyji marmur szaro-niebieskawy, zwany *białogórskim*, wydobywany jest z t. zw. Góry Białej pod wsią Ruskiąła.

f) *Marmur fioletowy*. Marmury fioletowe należą w ogóle do rzadkich. — Odmianę starożytną stanowi marmur *Violetta antica*, obecnie jeszcze wydobywany w Alep w dep. Bouches-du-Rhône, złożony z okruców wielkich, ostrokanciastych, barwy lila i białej, połączonych spoiwem fioletowem. — Odmiany nowe: marmury z Alet i Tholonet w dep. Bouches-du-Rhône, złożone z okruców żółtych i fioletowych, połączonych spoiwem fioletowem, czerwonym lub szarem; okrucowce z Montiers w dep. Isère; okrucowiec z Seravezza we Włoszech.

W Królestwie Polskiem znajdują się marmury jasno-fioletowe, z plamami i żyłkami ciemniejszymi, oraz jasno-fioletowe, z żyłkami ciemniejszymi i pręgami ciemno-czerwonymi, a także szaro-fioletowe, z żyłkami białymi, we wsi Szewcach; jasno-fioletowe, z pręgami ciemniejszymi, w Jasnej Górze; barwy lila, z plamkami ciemniejszymi, w górze Dobrzęzce.

g) *Marmur brunatny*. Marmury brunatne występują w licznych odmianach; uważane są zaś w ogóle za mniej cenne, aniżeli marmury innych barw. — Odmiany starożytne: *Occhio di Pernice*, z odcieniem czarnawym i ciemno-czerwonym, z plamami białymi, okrągłymi; *Canella*, cynamonowo-brunatny; *Antico Harlequino*, ciemno-brunatny, z plamami białymi, kanciastymi; *Lumachella*, małżowiec żółto-brunatny, z małymi muszlami czarnymi; *Lumachella Castracana*, małżowiec szaro-brunatny, z żyłkami białymi przeświecającymi i muszulkami małymi, bardzo rzadki i kosztowny. — Odmiany nowe: *Griotte Campan*, z plamami czerwono-brunatnymi, z Carcassone we Francyi; marmur granitowy bawarski (neubeuerski), zbity, z okrucami wapienia białego i krzemienia czarnego; *Bruno di Castione*, brunatny z pod Castione w Tyrolu południowym; marmur barwy najczęściej czerwono-brunatnej, formacji sylurycznej, z Śliwieny pod Pragą czeską, używany głównie na płyty chodnikowe.

U nas marmury brunatne występują w licznych odmianach: jasno-brunatne, z rurkami szaremi, oraz orzechowe w żyłki białe, znajdują się w Słupcu rządowym; jasno-brunatne, z plamami jaśniejszemi i żyłkami czerwonymi i białymi, w Podzamczu-Chęcińskim; jasno-różowo-brunatne, z plamami i pręgami ciemnymi i żyłkami brunatnymi, w górze Karczówce; żółtawo-brunatne, z plamami czerwonymi oraz pręgami i żyłkami białymi, w okolicach Kielc; żółto-brunatne, z plamami i smugami białymi, tamże; żółtawo-czerwono-brunatne, pod wsią Posłowicami; czerwono-jasno-brunatne, z pręgami jasno-brunatnymi, w okolicach wsi Polichno; czerwono-brunatne, z plamami fioletowo-czerwonymi i rurkami czerwonymi, we wsi Czarnowie; czerwono-brunatne, z żyłkami białymi, pomiędzy wsią Chodczą a Bileczą; czerwono-brunatne, z plamami czerwonymi, w górze Rzepce; czerwono-brunatne, z rurkami szaremi w Słupcu rządowym; czerwono-brunatne, podobne do *Canella*, w Słupcu szlacheckim; czerwono-brunatne, z plamami ciemnymi, w górze Czerwonej; czerwono-brunatne, z plamami i pręgami jasnymi, ciemno-brunatnymi i czerwonymi, w górze Okraglicy; okrucowce czerwono-brunatne, piękne, z plamami czerwono-szaremi, jasnymi i ciemnymi, oraz z żyłkami białymi, w górze Zygmuntońskiej; ciemno-brunatne, w plamy i żyłki różowo-białe, oraz w plamy jaśniejsze i żyłki wiśniowe, w okolicach wsi Jaworzni; ciemno-brunatne, z żyłkami fioletowo-brunatnymi i rurkami szaremi, we wsi Sukowie; ciemno-brunatne, z żyłkami i rurkami ciemnymi, tamże; ciemno-brunatne, z rurkami jaśniejszemi, w Szewcach;

ciemno-brunatne, z żyłkami białymi, we wsi Marzyszu; ciemno-brunatne, z rurami szaremi, we wsi Czarnowie rządowym i Słupcu rządowym; ciemno-brunatne, z plamami i żyłkami wiśniowemi, oraz żyłkami białymi, we wsi Bolechowicach; ciemno-brunatne, z pręgami i rurkami szaremi i plamami ciemnymi, w górze Maleku; ciemno-czerwono-brunatne, z plamami i pręgami ciemno-brunatnymi, w górze Czerwonej; bronzowe, w żyłki białe i czerwone, w górze Zelejowej; bronzowe, w plamy jasne i ciemne, w górze Okraglicy; bronzowe, z żyłkami i rurkami szaremi, w górze Wąwozach; kawowe, z plamkami nieco ciemniejszymi, we wsi Jaworzni; kawowe, z centkami ciemnymi i białymi, formacyi tryjasowej, we wsi Morawicy; kawowe, w kropki białe, muszłowate, we wsi Korzecko; szaro-brunatne, z plamami ciemnymi i żółto-brunatnymi, oraz rurkami szaremi, we wsi Sitkówce; szaro-brunatne, w pręgi i żyłki żółto-brunatne, we wsi Kowali; szaro-brunatne, z plamami ciemniejszymi, we wsi Szewcach; szaro-brunatne, z plamami ciemnymi i rurkami szaremi, we wsi Sukowie i w górze Jerzmańcu; szaro-brunatne, z plamami jaśniejszemi i ciemnymi, we wsi Gałęziach; szaro-brunatne, z żyłkami czerwonymi i fioletowemi, w Dębskiej Woli; szaro-brunatne, z plamami czerwonymi, w Dyminach Laskowy; fioletowo-brunatne, z plamami brunatnymi i rurkami szaremi, we wsi Sukowie; fioletowo-brunatne, z plamami żółto-brunatnymi i pręgami czerwonymi, a żyłkami białymi, w górze Wapienniku pod Chęcunami; fioletowo-brunatne, z żyłkami białymi i ciemno-czerwonymi, we wsi Bolechowicach; fioletowo-czekoladowe, z żyłkami czerwono-brunatnymi, we wsi Podzamezu Chęcińskim.

h) *Marmur szary*. Odmiany starożytne: *Marmo Bigio* czyli *Bigio morato*, ciemno-szary i popielato-szary; *Marmo di Porta santa fiorito*, szaro-biały, z obłoczkami czerwonymi i purpurowymi, z którego wykonany jest portal kościoła Ś-go Piotra w Rzymie; *Breccia traccagnina*, żółto-szary, z okruciami białymi wielkości orzecha laskowego, z którego wykonany jest nagrobek Cestiusa w Rzymie; *Occhio di Pavone antico*, popielato-szary, z wielkimi plamami czerwonymi, kształtu oka, pochodzi ze Wschodu.— Odmiany nowe: marmur z Blankenburga na Harcu, bardzo cenny i poszukiwany, popielato-szary, z plamami czerwonymi, pochodzącymi od skamieniałości promieniaków; marmur z Arnsberg pod Allagen; marmur granitowy bawarski (neubeuerski); marmur belgijski *Lilas*; marmur belgijski *Granit belge*, ciemno-szary, z okrągłymi skamieniałościami białymi skarlupni (Echinodermata), a zwłaszcza pokwitów (Crinoidea); *Pido occhioso*, popielato-szary, z plamami białymi; nadto znajdują się marmury szare w Koburgu i w księstwie Sasko-Meiningerńskim, oraz w Szwecyi.— W Rosyji marmury szare wydobywane są głównie z lomów pod wsią Ruskiałą; znajduje się tu marmur szary, nasycony proszkiem zielonym promieńca (aktynotu), zwany *zielonogórskim*, a wydobywany z t. zw. Góry Zielonej, oraz szary z smugami białymi, zwany *nadbrzeżnym (beregowyj)*, tworzący część koryta rzeczki Ruskolki, a użyty do Pałacu marmurowego w Petersburgu.— Marmury szare, różnych odmian, znajdują się także w Krymie.

W Królestwie Polskiem znajdują się marmury jasno-szare, z plamami ciemnymi i białymi w Kadzielni pod Kielcami; jasno-szare, z plamkami niebieskimi, gwiazdkowemi, oraz z plamkami i żyłkami jasno-niebieskimi, we wsi Jaworzni; jasno-szare, z plamami i pręgami białymi, w osadzie Białogoni; żółto-szare, z żyłkami białymi, czerwonymi i ciemnymi, w górze Zelejowej; czerwono-szare, z centkami jasnymi i żyłkami białymi, czerwonymi i fioletowemi, w górze Miedzianej; szare, w pręgi ciemniejsze i żyłki żółte, w okolicach Kiele; szare, z żyłkami białymi, w górze Karczówce; szare, z plamami ciemnymi i żyłkami białymi, w Kadzielni pod Kielcami; szare, z żyłkami białymi i plamami wiśniowemi, w okolicach góry Rzepki; szare, z plamami ciemnymi, w okolicach góry Sosnówki; szare, z żyłkami różowemi, ciemno-czerwonymi i białymi, w górze Żakowej; fioletowo-szare, z plamami ciemniejszymi, w okolicach góry Sosnówki; szaraczkowe, pod Miedzianką, w Małogoszczu, Bocheńcu, Cieślach, Korzecku, Rudzie i Rykoczyńcu; ciemno-zielono-szare, z plamami rdzawo-żółtawymi, w Kostomłotach; ciemno-szare, z plamami ciemnymi i plamkami muszłowatymi, białymi, w górze Okraglicy; ciemno-szare, podobne do *Bigio*, w Górkach Szczukowskich; ciemno-szare, z plamami białymi, w górze Dobrzęzecz; ciemne, pomiędzy Niewachłowem a górą Miedzianą, w Zagaju, Sielicznie, Łabędziowie, Zagdańsku, Śniadcu, Bodzentynie, Nowej Słupi, Makoszynie, Łagowie, Włostowie, Piskrzyni, Iwaniskach i Ujeździe; szare dolomitowe, w Chęcinach, Kamińcu, Piekoszowie, Promniku, Małogoszczu, Podzamezu i w górach Olkuskich. Bardzo piękną odmianę stanowi marmur szary, z żyłkami różowemi i białymi, przerośnięty cząstkami malachitu (zielenicy), widocznymi po polerowaniu na powierzchni

kamienia w postaci gwiazd; marmur ten znajduje się w górze Miedzianej, otrzymywany jest jednak tylko w kawałkach małych.

i) *Marmur czarny*. Marmury czarne poszukiwane są na kolumny, filary, ozdoby architektoniczne, oprawy kominków i t. p. Używane są jednak przeważnie tylko wewnątrz budynku, gdyż na powietrzu szybko tracą połysk. Odmiany piękniejsze należą do rzadkich.—Odmiany starożytne: *Nero d'Egitto (Nero antico)*, z wyspy Lesbos, ciemno-czarny, z żyłami białymi, z którego wykonany jest Apollo w pałacu farneseńskim, centaury i bożek Aventinus w muzeum Kapitolu, biust Hezyoda w Kapitolu i t. d.; *Paragone*, ciemno-czarny, bardzo twardy, obecnie wydobywany w okolicach Taboru na płaskowzgórzu Karstu; *Ner^e e bianc' antico*, zwany *całmem*, poszukiwany na nagrobki, ciemno-czarny, z wydzieleniami ziarnami białymi; *Breccia Pavonazza*, czarny z plamami białymi; marmur z Chios, użyty do pałacu Lukullusa.—Odmiany nowe występują najobficiej we Francji, a zwłaszcza w dep. Hautes-Alpes, Ariège, Hérault, Tarn, Isère i Doubs, oraz w Belgii w okolicach Dinant, Namur, Golzines, St. Anne, Theux i Spaa. Marmur belgijski *St. Anne* z Blankenburgu na Hareu i z Maubeuge na pograniczu francuskim, jest czarny z żyłami białymi; marmury z Barbasan i Echet koło St. Bear są czarne, z żyłami i plamami białymi, a wydobywane są w wielkich monolitach do 20 m długości i poszukiwane na kolumny; marmury z Adneth i Wiesthal koło Salzburga, czarne, z żyłami białymi; marmury czarne z Hareu i Gór Sosnowych, z Köflach i Salla w Styrii, z pod Szpitalu w Austrii górnej, oraz z Allagen koło Soëst, znane są w bardzo licznych odmianach; małżowice z Narbonne jest czarny z ślimakami stożkowymi białymi; *Lucyle-Bois* jest małżowicem czarnym, z barwnymi smugami krzywymi; piękne marmury czarne, z plamami białymi, wydobywane są w Aubert w dep. Ariège, w Cascastel w dep. Aude i w Sauveterre w dep. Basses-Pyrénées. Najcenniejszym jednak z odmian marmuru czarnego jest *Portor* z Cap Porto Venere koło Spezii, na nadbrzeżu genueńskim, wydobywany także w St. Maximin w dep. Var, w Seissin w dep. Isère, w Aubert w dep. Ariège, w Cascastel w dep. Aude, w Sauveterre w dep. Basses-Pyrénées i t. d.; jest to marmur o pięknym połyskującym tle czarnym, z żyłami żółtymi lub brunatnymi.—Piękne marmury czarne znajdują się w Krymie.

W Galicyi marmury czarne znajdują się pod Krzeszowicami; marmury te w stul. XVII i XVIII były wydobywane na większą skalę i miały odbyć w całych Niemczech południowych, głównie na kolumny do kościołów.—W Królestwie Polskiem marmury formacji permskiej, stalowo-czarne, oraz czarne, z żyłkami białymi, znajdują się we wsi Kajetanowie. Nadto wieś Szklary posiada sławne łomy marmuru o pięknej barwie czarnej (*lukullan, lydyon, parahone*), formacji sylurycznej. Marmur ten najczęściej zbity, rzadziej lupkowy, z odłamek muszlowym, nieprzezroczystym, dający się dobrze polerować, nazwany został przez Pusch'a *kamieniem krzeszowickim*, z powodu, że główne jego pokłady występują pod Krzeszowicami.

3. Margle (skorupisze).

Margiel (skorupisz) (fr. marne; n. Mergel) jest ściśle połączeniem mechanicznym węgla wapnia lub dolomitu i glinki, zawierającym nadto jako składniki przyboczne: mialki piasek kwarcowy, blaszki łyszczyku, często także bitumy, a niekiedy ziarnka glaukonitu, iskrzyk, magnez, tlenek żelaza i tlenek manganu. Jeżeli w połączeniu tem glinka znajduje się w ilości nie większej nad 20%, to skala jest *wapieniem marglowym*, wchodzącym w skład wszystkich formacji wapienia i występującym głównie razem z wapieniem muszlowym i jurajskim.

a) *Margiel właściwy* zawiera od 20 do 80% glinki; zależnie zaś od ilości stosunkowej składników, rozróżniane są następujące odmiany:

Margiel wapienny (fr. marne calcaire; n. Kalkmergel) zawiera dużo tlenku wapnia i mało glinki, barwę ma zazwyczaj jasną, złożenie lupkowe, w kwasach burzy się silnie, nie dając żadnego osadu. Do marglów wapiennych zaliczają: kamień litograficzny, opokę, niektóre wapna wodotrwałe i t. d.

Margiel gliniany (fr. marne argileuse; n. Thonmergel) zawiera dużo glinki, jest zazwyczaj miękki, ziemisty, nieprzemakalny, w kwasach burzy się słabo albo nie burzy się wcale, daje duży osad mułu gliniastego, bywa najczęściej zabarwiony przez związki żelaza. Do margłów glinianych należy znaczna liczba odmian gliny.

b) *Margiel dolomitowy* (n. Dolomitmergel) zawiera od 5 do 30% węgla magnezu, w kwasach burzy się powoli i słabo.

c) *Margiel piaszczysty* (n. Sandmergel) zawiera w rozmaitych ilościach piasek kwarcowy, przeważnie miałki, niekiedy także grubszy.

d) *Margiel bitumiczny czyli cuchnący (łupek margłowy bitumiczny, lupek miedziany)* zawiera pozostałości ciał organicznych (zwłaszcza ryb), barwę ma czarną lub ciemno-szara, niekiedy łatwo łupie się na blaszki, zazwyczaj bogaty jest w rudy miedziane, oraz w błyszcz ołowiu, iskrzyk, nikiel miedziany i srebro.

Margle są zazwyczaj mniej twarde, aniżeli wapienie; odłam ich jest matowy, ziemisty do zbitego. Margle zbite, o odłamie muszlowo-pręcikowym, stanowią tak zwany *kamień margłowy*, mający niekiedy twardość tak znaczną, że daje się polerować, jak to widzimy np. w pięknym florenckim marmurze druzgotowym, barwy żółtej i żółto-brunatnej. Margle na powietrzu łuszczą się i rozpadają na gruz, złożony z okruchów kostkowych, niekiedy ostrokanciastych, który przechodzi ostatecznie w *siemię marglistą*.

Barwa wszystkich odmian margłów bywa albo jednostajna: zielonawa, ciemno-czarnawa do jasno-szarej, niebieskawo-szara, żółtawa, żółtawo-biała, czerwona, czerwono-brunatna, a także zielonawa, albo też pstra: z plamami, centkami, pasami, smugami i obłoczkami; większa część odmian ma barwę jednostajną, inne odmiany są różnobarwne. Margle ciemne na powietrzu płowieją i przechodzą w prawie białe. — W niektórych odmianach znajdują się liczne skamieniałości, w innych — skamieniałości jest niewiele. — Często margle przerośnięte są żyłami spatu wapiennego, lub zawierają większe ziarna wydzielone rogowca. — Margle zawierające ziarna zielone glaukonitu nazywają się *glaukonitowemi*. — Jedna z odmian margłów, układu zbitego i jednostajnego, barwy przeważnie jasnej, bogata w kwarc, odznacza się wielką twardością i daje wyborowe kamienie szlifierskie.

Margle są obok wapieni i piaskowców najważniejszemi ze skał osadowych. — Margle wapienne używane są do wypalania wapna; piaskowe zaś służą za kamień budowlany wewnątrz budynków, w miejscach, w których nie są wystawione na działanie wilgoci, nie nadają się zaś do robót w ziemi i w wodzie. — Kamień margłowy, świeżo z łomu wydobyty, jest miękki, następnie zaś na powietrzu twardnieje; zastosowany w miejscach wilgotnych wytwarza wykwit murowy.

Margle wapienne i dolomitowe dają naturalne wapno wodotrwałe. Własność tego wapna, iż w postaci zaprawy twardnieje w wodzie, jest zależną od zawartości gliny, która zresztą do pewnego stopnia może być zastąpioną przez krzemionkę. Margle, zawierające od 10 do 20% gliny, dają słabe, — zawierające zaś od 20 do 30% gliny dają dobre zaprawy wodotrwałe.

Do margłów zaliczane są także *septarye* (Ludus Helmonti); są to konkrety z marglu wapiennego w pokładach glinianych różnych formacji (przeważnie jurajskiej i liasowej), przedstawiające się jako margiel stwardniały, zawierający 40%

gliny i przymieszki spatu wapiennego, krzemionki, siarki, blendy cynkowej i blyszczu ołowiu. Septarye występują w wielkiej ilości głównie w Anglii, a zwłaszcza w pokładach gliny w okolicach Londynu i w dolinie Tamizy, na wyspie Sheppey położonej przy ujściu rzeki Madway, w Whitby w hrabstwie Yorkshire, na brzegach morskich hrabstwa Essex, koło Neumarkt w Palatynacie górnym i t. d. Wyrabiają z nich wyborowy cement rzymski (Roman-Cement). — We Francji z septaryj (*galets*), znajdujących się na brzegach morskich koło Boulogne, wyrabiają jest cement, znany pod nazwą *Platre ciment de Boulogne sur mer*.

Margle gliniane służą do uszczelniania zbiorników wody i rur wodociągowych. — Margle wapienne szare, liasowe, służą niekiedy do wyrobu dachówek i kamieni sztucznych (jak np. w Staudacher Graben pod Egernbach). — Margle łupkowe, występujące wśród pokładów jury białej, zawierają często gniazda i żyły asfaltu czystego (np. w Limmer pod Hannoverem), a gdy są bardzo twarde, miąższowate, o złożeniu jednostajnym, służą do wyrobu kamieni szlifierskich (np. w Ammergau, Olstadt pod Murnau i t. d.). — Margle bitumiczne stanowią często rudę miedzianą (głównie w okolicach Mansfeldu).

Różne odmiany margłów występują we wszystkich niemal krajach i wśród pokładów wszystkich formacji od permskiej do trzeciorzędowych włącznie.

Kamienie marglowe budowlane występują głównie w Czechach i na Szląsku.

W Galicyi margle formacji kajpru występują na północ od Alwerni, oraz w Tatrach; margle wapienne białe i żółtawe, formacji jurajskiej — okolo Zalaszu, Poczaltowic i Trzebini, oraz na Podolu galicyjskiem; margle czerwone tejsze formacji — w okolicach Podtatrza Nowotargskiego; margle okruchowe piętra cenomanieńskiego formacji kredowej — w Sudole; margle glaukonitowe tegoż piętra formacji kredowej — na Podolu galicyjskiem, a zwłaszcza w dolinie Dniestru po Czernelicę, oraz w dolinach Seretu, Strypy i Zbrucza; margle ciemne, dyluwialne — w wielu miejscach w nizinie pomiędzy Sanem i Wisłoką.

W Królestwie Polskiem margle dolomitowe formacji sylurycznej występują we wsi Kleczanowie, położonej na zachód od Sandomierza; margle formacji permskiej pojawiają się wraz z wapieniem ciemnym tejsze formacji, w Kajetanowie pod Kielcami; margle dolomitowe, należące do formacji piaskowca pstrego i przechodzące obecnie jeszcze po części w gliny białe, występują w południowo-zachodniej części kraju, w okolicach Żąbkowic, Gołonoga, Strzemieszyc, wsi Podlasia i t. d.; margle dolomitowe formacji kajpru — w okolicy na południe od Siewierza; margle pstre tejsze formacji — na stoku północnym gór Kieleckich, zwłaszcza koło Odrowąża, Przylogów, Stanowisk; margle wapienne, białe i białawo-szare, formacji jurajskiej, łatwo rozpadające się na powietrzu — w okolicach Ogrodzieńca, Kromotowa, Włodowic, Żarek, Bzowa, Chorunia, Wielunia, oraz pod Częstochową, gdzie tworzą stok Jasnej Góry; margle szare, piaszczyste, formacji jurajskiej brunatnej — w okolicy na północ od Woźnika i Kozichgłów; margle szare i żółtawe, formacji mioceniczej, przechodzące już to w wapień twarde, już to w piaskowiec marglisty — w pobliżu Książa Wielkiego, Częstoszwowic, Rakowa, Bogoryi, Chmielnika, Korytnicy; margle piaszczyste białe tejsze formacji — wzdłuż brzegu Nidy pomiędzy Korytnicą i Jaworem; margle częścią wapienne i twarde, częścią gliniaste i miękkie, tejsze formacji — w wąwozie obok Szydłowa; margle glaukonit-

towe teje formacyi — w wielu miejscach około gór Kieleckich; wreszcie margle ciemne dyluwialne, z głazami narzutowymi — w Proszowskiem i Skalbmierskiem.

Do margłów należy także *opoka* (margiel kredowy), o której jest podana wzmianka powyżej przy wapieniu kredowym (p. str. 77).

Zaznaczyć jeszcze należy, że kamień margłowy w postaci głazów występuje w Królestwie w okolicach Nowej Słupi koło wsi Serwisa nad strumieniem płynącym z gór Ś-to-Krzyskich ku rzece Kamiennej.

Do margłów można zaliczyć także *wapno łąkowe*, znajdujące się często pod warstwą ziemi na łąkach mokrych, a zawierające zazwyczaj resztki roślin wodnych w stanie rozkładu, oraz tak znaczną ilość wapna, że przechodzi zupełnie w wapno. Z wapna takiego wyrabiane są za pomocą maszyn cegielki, które po wyschnięciu na powietrzu, służą jako wapno gryzące (żywe) do przygotowywania zapraw.

4. Dolomity.

Dolomit (p. str. 17.) (fr. dolomie; n. Dolomit, Bitterspath, Bitterkalk) jest skałą zawierającą przeważnie mineral dolomit, w którego skład wchodzi węglan wapnia i węglan magnezu. Oprócz tych składników głównych dolomity zawierają zazwyczaj także niewielką ilość tlenków żelaza i manganu, bitumów i krzemionki (*dolomity ślaziaste, bitumiczne, krzemieniste*).

Ilości stosunkowe składników głównych: węglanu wapnia i węglanu magnezu, są bardzo rozmaite. W stanie czystym dolomit zawiera na wagę 54,35% węglanu wapnia i 45,65% węglanu magnezu.

Dolomit, podobnie jak wapień, może być krystalicznym, gruboziarnistym do mialkoziarnistego albo też zbitym. Dolomit krystaliczno-ziarnisty jest niekiedy bogaty w składniki przypadkowe, jako to: łyszczyk, lojek, iskrzyk, kwarc, spat wapienny, korund, turmalin i t. d., ma w odłamie połysk perłowy, niekiedy migotliwy, a na krawędziach więcej lub mniej prześwieca. — Barwa dolomitów jest rzadko czystą białą, częściej żółtawo-białą do żółto-szarej i żółtą, a także szarą, szaro-białą do dymno-szarej i brunatną. — Z wyglądu dolomity niekiedy trudno jest odróżnić od wapieni; dolomit krystaliczny, biały, podobny jest do marmuru, dolomit zaś zbity — do wapienia pospolitego. Dolomity różnią się od wapieni większą twardością, większym ciężarem właściwym, słabym połyskiem perłowym i tem, że w kwasach nie burzą się wcale albo burzą się bardzo słabo; ażeby dolomit rozpuścić, należy go w stanie sproszkowanym ogrzać i następnie kwasem połać.

Jako odmiany dolomitu są rozróżniane:

a) *Wąka dymna* (*dymowaka*) czyli *dolomit cechsteinowy* (fr. wacke enfumée; n. Rauchwacke, Rauchkalk, Zechsteindolomit), o złożeniu dziurkowatym, pęcherzykowatym, komórkowatym, barwy żółtawo-szarej, niebieskawo-szarej, ciemno-szarej i brunatnej; zawiera w komórkach czerepy spat wapiennego lub ziarna wydzielone spatu dolomitowego; występuje głównie w pokładach cechsteinu w Turyngii, wraz z wąką szarą w Alpach i t. d.

b) *Dolomit okrucowcowy* składa się z okruców ciemnych, kanciastych, spojonych żyłami dolomitu białego.

c) *Piasiek dolomitowy* (*popiół dolomitowy*), matowy, barwy dymno-szarej lub żółtawo-brunatnej, stanowi wytwór rozkładu skał dolomitowych i występuje

w postaci pyłu sypkiego lub ziemistego, który niekiedy zapełnia komórki waki dymnej; znajduje się w pokładach cechsteinu w Turyngii.

d) *Wapień dolomitowy*. Nazwą tą objęte są skały dolomitowe, zawierające swobodny, niezwiązany chemicznie węgiel wapnia.

e) *Dolomit falisty* (n. Wellendolomit), o uławiceniu falistym; występuje nad pokładami piaskowca pstrego.

f) *Dolomit obłoczkowy* (n. Flammendolomit), barwy żółtawo-brunatnej lub w ogóle ciemnej, z obłoczkami żółtymi; występuje w pokładach kajpru w Wirtembergii.

g) *Gurhofian*, miążkoziarnisty, pozornie zbity, barwy szarawo-białej i żółtawo-białej, bardzo zbliżony składem do dolomitu czystego; występuje pod Gurhof i Els w Austrii.

Dolomity występują w różnych formacjach wraz z wapieniami i marglami. Dolomity formacji dewońskiej znajdują się w górach Eifel, w okolicach Giessen, Wetzlar, Plauen i t. d.; form. permskiej — w Turyngii; form. tryjasowej — w Tyrolu południowym, Alpach bawarskich, Koburgu, Wirtembergii i na Szląsku pruskim; form. jurajskiej — w Szwajcaryi frankońskiej (koło Streitberg i Muggendorf), w Wirtembergii, Hannoverze. Nadto występują dolomity w górze Š-go Gottharda i w górze Brenner, oraz w okolicach Grainer w Tyrolu, Schweinsdorf pod Dreznem, Freiberg, Joachimsthal, Glücksbrunn, pomiędzy Hannoverem i Gettyną, w Toskanii i t. d. Często dolomity tworzą piękne skały, wąwozy i jaskinie; np. w jurze frankońskiej pod Muggendorf i Gailenreuth, w Alpach szwabskich, w Tyrolu, we Francji południowej i t. d. — W Rosyi dolomity występują na wyspach Oesel i Dago, w gub. petersburskiej, tulskiej i nowgorodzkiej, w okolicach Moskwy, oraz w Finlandyi.

W gub. tulskiej dolomity i wapień dolomitowy barwy żółtawej i białawej, znajdują się w pow. odojewskim, czernskim, jefremowskim i epifanowskim; kamienie te nadają się do murów, bruków i t. p. Dolomity żółte, podobne do marmuru, łamane są we wsi Leśnowce w pow. krapiewskim i we wsi Borjatnej w pow. epifanowskim. Dolomity łamane we wsi Kirna, oddalonej o 38 wiorst od Rewla na drodze do Pernowa, zwane *kamieniem kirnowskim*, wyróżniają się znaczną twardością i trwałością, wydobywane być mogą w wielkich monolitach, ważących do 1000 pudów, używane są jako kamień do murów oraz ozdób architektonicznych; brane były do ozdób architektonicznych zewnętrznych ermitażu w Petersburgu.

W Królestwie Polskiem, Galicyi i na Szląsku pruskim występują dolomity formacji dewońskiej, tryjasowej, jurajskiej i kredowej.

Dolomity formacji dewońskiej, ciemno-szare, występują w Królestwie Polskiem na północ od osady Siewierza, oraz w pobliżu stacyi Zawiercie drogi żel. Warszawsko-Wiedeńskiej, nadto w pobliżu wsi Klucze; w Galicyi zaś głównie na Podolu galicyjskiem, na bardzo nieznacznej przestrzeni i w niewielkich ilościach około Zawadówki, Korzowy i Zaturzyna, w okolicy Monasterzysk nad Dniestrem.

Dolomity należące do piętra środkowego formacji tryjasowej (t. j. do formacji wapienia muszlowego), zbite lub krystaliczne, barwy żółtawej, brunatnej, szarej lub zielonkawej, stanowią łożysko rud metalicznych (*dolomity rudonośne*) w południowo-zachodniej części Królestwa, oraz w sąsiednich częściach Galicyi i Szląska pruskiego. Spoczywają one najczęściej bezpośrednio na wapieniu muszlowym, a występują głównie w dwóch pasmach równoległych, z których jedno

wschodnie ciągnie się od okolicy Siewierza, przez Trzebieszowice, Wojkowice, Chruszczobród, Ujeście, Ząbkowice, Sławków, Bolesław i Olkusz ku Rabsztynowi, dalej zaś przez Nową Górę do Krzeszowic; drugie, zachodnie — od Tarnowca i Nakła przez Bytom, Bobrowniki, Czeladź, Będzin, Szczakową do Trzebini i Alwerni. Najwyższy szczyt góry koło Będzina przy Grodźcu, zwanej górą S-tej Doroty, tworzy dolomit gąbczasty. Wraz z dolomitami rudonośnymi, o których powyżej mowa, występuje pokład do 40 stóp gruby dolomitu szarego lub żółtawego, nierudonośnego, a odznaczającego się bogactwem skamieniałości. Pokład ten należący również do formacji wapienia muszlowego, t. j. do piętra środkowego formacji tryjasowej, jest bardzo rozpowszechniony w Królestwie Polskiem, w okręgu Krakowskim, oraz na Szląsku pruskim, a występuje głównie na najwyższych szczytach pomiędzy Chrzanowem a Szczakową, dalej wraz z dolomitami rudonośnymi pomiędzy Szczakową a Trzebiną, przy Libiążu, Moczydło, Bołecinie i Kościelcu, nadto od Skał przy Czyżówce, Lgocie i Ostreżnicy, przez Olkusz do Siewierza, wreszcie na wzgórzach przy Mrzygłodzie i Glinach.

Dolomity te, po części rudonośne, po części nierudonośne, należące do piętra środkowego formacji tryjasowej, znajdują się w różnej głębokości pod powierzchnią ziemi. W obrębie Królestwa Polskiego dolomity znajdujące się w głębokości większej pod powierzchnią ziemi, są bardzo twarde, barwę mają szarą z połyskiem metalicznym; w warstwach zaś wyżej położonych, wystawionych na działanie powietrza, przyjmują barwę czerwonawą, tracą połysk i stają się miękkimi. Woda, wymywając wapno i magnezję, przekształca dolomit twarde, zbity, na masę krzemienistą, o złożeniu gąbczastem, przypominającą z wyglądu pumeks, a która po pewnym czasie rozpada się na piasek. Tem tłumaczy się, że dolomity pod Łazami i Czeladzią, mają złożenie ikrowe. — W dolomitach, o których mowa, znajdują się często krzemienie, niekiedy większe, zazwyczaj jednak bardzo drobne, oraz gliny żółte, tworzące już to gniazda, już to żyły.

Dolomity formacji tryjasowej, ubogie w skamieniałości, występują nadto w Tatrach.

Dolomity żółtawo-szare, formacji jurajskiej białej, występują jedynie w postaci warstw podrzędnych w wapieniu tejże formacji okolic Krakowa, zwłaszcza przy Nielepicach i Skotnikach.

Dolomity formacji kredowej występują w Karpatach i w Podtatrzu Nowotarskiem, a zwane są *dolomitami karpackimi* (n. Karpathen-Dolomite, Choecs-Dolomite, Choecs-Gebirge).

Dolomit krystaliczno-ziarnisty, biały, dający się polerować, był dawniej używany często na posagi. — Dolomit ziarnisty jest bardzo odporny na wpływy czynników atmosferycznych i wody i stanowi dobry kamień budowlany dla murów. Z dolomitu takiego wzniesiony jest gmach parlamentu w Londynie, dworzec w Monachium, twierdza Ingolstadt. Jednakże dolomit często ujawnia skłonność do rozślajania się, a przytem kwas siarczany szkodliwie na niego działa; z tego powodu dolomit nie nadaje się do murów w miejscach, wystawionych na działanie dymów fabrycznych, jak np. w miastach wielkich, w miastach fabrycznych i t. p. Z dolomitu ziarnistego wyrabiane są kolumny, ozdoby architektoniczne, piedestały pomników, nagrobki i t. p.; używany jest też na zbiorniki dla wody. — Mniej odpowiednim do tych celów jest dolomit zbity, który zazwyczaj jest popękany i nie odznacza się trwałością. — Niektóre odmiany dolomitu zarówno ziarnistego, jako też zbitego, po wypaleniu, dają dobre wapno wodotrwałe. — Niektóre dolomity

piaszczyste rozpadają się na powietrzu na piasek sypki, który brany jest do zapraw zamiast piasku kwarcowego.

Wytrzymałość na ściskanie dolomitów: 450 — 1200 *kg* na *cm*² (=177 — 473 pud. na cal kwadr.); na przecinanie 50 — 70 *kg* na *cm*² (=20 — 28 pud. na cal kwadr.); na zginanie: 65 — 180 *kg* na *cm*² (=26 — 71 pud. na cal kwadr.); na rozciąganie: 10 — 30 *kg* na *cm*² (=4 — 12 pud. na cal kwadr.).

Ciężar właściwy dolomitów: 2,58 — 2,95; ciężar właściwy dolomitu w stanie czystym: 2,9. — Twardość: 3,5, niekiedy więcej; twardość guruhofianu: 5. — Przy zwiększeniu temperatury o 1^o C., dolomit zwiększa swą objętość o 0,000035 objętości pierwotnej.

5. Gips.

Gips (p. str. 18.) (fr. gypse, pierre à plâtre; n. Gyps) jest siarczanem wapnia wodnym, składa się więc z siarczanu wapnia i wody krystalicznej, niekiedy jest bezbarwny, wodnisto-jasny lub śnieżno-biały, częściej jednak zabarwiony przez przymieszki tlenku żelaza, bitumów i gliny, i wtedy ma barwę czerwono-białą do krwistej, żółtawo-białą, miodowo-żółtą do żółtawo-brunatnej albo szarawo-białą do czarnawo-szarej, rzadziej zielonawą lub niebieskawą, niekiedy z plamami, smugami, pasami, obłoczkami i żyłami. Gips jest przezroczysty lub przeświecający, o odłamie muszlowym łagodnym i złożeniu krystalicznym, ziarnistym, blaszkowatym, włóknistym, zbitym lub ziemistym, z połyskiem szklanym, a na powierzchniach łupliwości — perłowym lub jedwabnym. — Gips ma twardość tak małą, że daje się łatwo paznokciem rysować; nie zawiera skamieniałości; w kwasach rozpuszcza się trudno. — Ogrzany do 135^o C. daje *gips palony*; ogrzany do 204^o C. przekształca się na *gips przepalony* (*martwy*). Gips palony, sproszkowany i wodą zaprawiony, łączy się ponownie z taką ilością wody, jaką przy paleniu utracił i daje ciasto, które na powietrzu prędko tęższe i przekształca się na masę twardą, kamienistą. Z powodu tej własności gips palony używany jest na zaprawę murarską, oraz do wyrobu modeli, figur, ozdób i t. p.

Zależnie od złożenia, rozróżniane są następujące odmiany:

a) *Spat gipsowy* czyli *gips lodowaty* (*selenit*) (fr. gypse feuilleté, miroir d'âne, sélénite, pierre à Jesus; n. Gypsspath, späthiger Gyps), wyraźnie krystaliczny, składający się z nagromadzeń ziarn kształtu soczewkowatego, mających niekiedy stopę i więcej długości, albo też krystaliczno-tablicowaty, zazwyczaj bezbarwny i łupliwy; występuje głównie przy Reinhardsbrunn w Turyngii, z pokładami soli w Wieliczce i t. d. — Odmiany dające się rozłupywać na blaszki cienkie, przezroczyste, z połyskiem perłowym na powierzchniach łupliwości, zwane są *szkłem maryjskim* (n. Marienglas, Frauenglas).

b) *Gips włóknisty* (*żyłkowy*) (fr. gypse filamenteux; n. Fasergyps, Federweiss), grubowłóknisty lub cienkowłóknisty, z włóknami prostymi lub krzywymi, lecz zawsze równoległymi, najczęściej białe w różnych odcieniach tej barwy, rzadziej żółte, szare, czerwone do brunatnego, więcej lub mniej przeświecający, z połyskiem perłowym lub jedwabnym; występuje tylko wraz z innymi odmianami gipsu, albo też, co częściej, w pokładach gliny, łupków glinianych i margli glinianych. Odmiana wyróżniająca się połyskiem bardzo żywym nosi nazwę *gipsu atlasowego*; gipsy zaś włókniste zmieszane z gliną nazywają się *gipsami glinianymi*.

c) *Gips ziarnisty* czyli *alabaster* (fr. alabastrite, faux albâtre; n. körniger Gyps, Alabaster), drobnoziarnisty do miążkoziarnistego, często cukrowaty, w krawędziach zawsze przeświecający, z połyskiem perlowym lub migotliwym, barwy śnieżno-białej, szarawo-białej, żółtawo-białej, czerwono-białej lub ciemnej, rzadziej jasno-żółtej i czerwonej, z plamami, żyłami, pasami, smugami i obłoczkami. Niekiedy nasycony jest bitumami i wtedy ma barwę dymno-szarą, brunatną do szaro-czarnawej. — Jako składniki przypadkowe zawiera często: kryształ górny (np. pod Fahnern w Turynii), boracyt (np. pod Lüneburgiem), aragonit, łojek, sól kopalną, iskrzyk i siarkę (np. w Hiszpanii i Sycylii).

Gips ziarnisty daje się łatwo obrabiać żelazem ostrem i pilnikiem (trudniej dłutem i młotem), krajać piłą, toczyć na tokarni. Używany jest głównie na wazony, świeczniki, puhary, płyty do stołów i t. p., oraz na pomniejsze ozdoby wewnątrz budynku. Ponieważ jest mało odporny na wpływy czynników atmosferycznych, a na powietrzu pod wpływem wilgoci prędko się rozkłada, przeto przedmioty z gipsu ziarnistego winny być zabezpieczone od przystępu wilgoci i deszczu.

Występuje głównie pod Derby w Anglii, w Volterra, Toskanii, Lieburg pod Goslar, pod Ruhla w lesie turyngskim, koło Eisenach i Altenstein, w okręgu Schmalkalden. U podnóża Alp szwajcarskich znajdują się wielkie pokłady gipsu krystalicznego, miążkoziarnistego, przezroczystego, barwy śnieżno-białej, lub od tlenku żelaza — blade-różowej, zwanego *alabastrem genueńskim*.

Ciężar właściwy gipsu ziarnistego: 2,611 — 2,876.

Alabaster wschodni (starożytny) (fr. albâtre oriental; n. antiker Alabaster, orientalischer Alabaster), w pół-przezroczysty, barwy jasno-żółtej z żyłami białymi, niekiedy mleczno-białą, lub przezroczysty z obłoczkami, wydobywany był głównie w Egipcie nad m. Czerwonem, w Alikante i Walencji w Hiszpanii, w Trapani na Sycylii i t. d. Z alabastru wschodniego wyrobione były płaskorzeźby assyryjskie, któremi przyozdabiano mury z cegły w pałacach starożytnej Niniwy; z tegoż alabastru wyrobiony jest posąg egipski w muzeum w Paryżu, oraz płyta, kolumny i filary w kaplicy pałacu królewskiego w Berlinie.

d) *Gips zbity* (fr. gypse compacte; n. dichter Gyps), o złożeniu nader miążkoziarnistym do zbitego, barwy najczęściej śnieżno-białej lub białoszarej, niekiedy szarawo-białej, niebieskawo-białej, czerwono-białej do czerwono-szarej i krwistej, nadto żółtawo-białej, z połyskiem słabym w powierzchni odłamu; zawiera często bitumy i wtedy stanowi t. zw. *gips cuchnący* (n. Stinkgyps), o barwie dymno-szarej lub szarawo-czarnawej; często też zmieszany jest z gliną. Składniki przypadkowe takie same jak w gipsie ziarnistym.

Gips zbity z powodu małej trwałości nie nadaje się na kamień do murów. — W stanie surowym znajduje zastosowanie w fabrykach papieru i t. d., oraz do oczyszczania cieczy i na nawóz dla łąk i pól. — Palony, sproszkowany i wodą zarobiony, daje zaprawę, która we Francji używaną jest często zamiast zaprawy wapiennej do murów z cegły, ogólnie zaś brana jest głównie do wypraw wewnętrznych, do zalewów (jastrychów), robót sztukatorskich, odlewów różnych i t. p., a nadto używaną jest na powłoki ogniotrwale dla kolumn żelaznych, na formy i modele, ozdoby architektoniczne, biusty, figury i t. p. Zaprawa gipsowa znajduje nadto zastosowanie do wyrobu marmurów sztucznych (marmur gipsowy, stucco), kitów i polew. — We Francji wyrabiane są z gipsu i starego gruzu murowego, ciosy sztuczne do murów.

e) *Gips ziemisty (ziemia gipsowa)*, o złożeniu ziemistym, barwy białej lub żółtawo-szarej, składa się z miążkich cząstek gipsu białego, często zmieszanych z gliną; napotyka się tylko wraz z innymi odmianami gipsu, jako ich pokład wierzchni, występujący na powierzchnię ziemi lub znajdujący się bezpośrednio pod ziemią nasypową. Odmianą gipsu ziemistego jest *gips piankowy*, stanowiący masę luźną, złożoną z bardzo miążkich blaszek gipsu.

Wskazane powyżej odmiany gipsu występują zazwyczaj bez wyraźnego uławiczenia, najczęściej wraz z bezwodnym (anhydrytem), solą kopalną i gliną, w pokładach formacji permskiej, tryjasowej i formacji trzeciorzędowych. — Gips formacji permskiej tworzy pasmo skał, 6 mil długie, na Harcu od Sangerhausen do Osterode (*gips cechsteinowy*), znajduje się także w Turynii pod Reinhardsbunn i pod Wimmelburg, gdzie tworzy malownicze jaskinie przesklepione, występuje nadto pod Lübthern w W. Ks. Meklenbursko-Szweryńskim, koło Sperenberg w prowincyi Brandeburskiej, pod Exin i Inowrocławiem w W. Ks. Poznańskim i t. d. — Gips formacji piaskowca pstrego znajduje się pod Jeną, w dolinie Unstrut i t. d. — Gips formacji wapienia muszlowego: pod Lüneburg w Hannoverańskim, Segeberg w Holsztyńskim (gips bitumiczny), Bayreuth w Frankonii, Zweibrücken w prowincyi nadreńskiej i t. d. — Gips formacji kajpru: w Alzacji, Lotaryngii, Wirtembergii i Bawaryi. — Gips formacji trzeciorzędowych tworzy pasmo skał, o długości 60 mil, od Raciborza na Szląsku pruskim przez Galicyą do Dniestru w gub. podolskiej; występuje nadto w Egipcie, Hiszpanii, w Aix-en-Provence, w Montmartre pod Paryżem, w Alpach, Karpatach i t. d.

W Rosyji gips formacji dewońskiej znajduje się w gub. pskowskiej, oraz w Liwlandyi i Kurlandyi; formacji permskiej i tryjasowej: w gub. archangielskiej, wołogodzkiej, niżegorodzkiej, kazańskiej, orenburskiej i permskiej; formacji trzeciorzędowych w gub. podolskiej i bessarabskiej. Na Kaukazie w okolicach Tyflisu, Achalcychy, Elizawetpola i t. d. znajduje się szczególna odmiana gipsu glinianego, zwana tam *gaśq*, a dająca zaprawę niepospolitej wytrzymałości.

W Galicyi gips formacji mioceniczej występuje w postaci gniazd w Toniach pod Krakowem, towarzyszy soli kuchennej w pokładach Wieliczki, Bochni, Drohobycza, Lacka, Stebnika, Bolechowa, Doliny, Kalusza i t. d., tworzy całe pokłady w części wschodniej kraju na obu brzegach Dniestru na przestrzeni od Podwerbia do Jezierzan, zwłaszcza w okolicach Stanisławowa, Halicza, Tlumacza, Zaleszczyk, a sięga od Lwowa i Szerca aż do Czarnokońców i Zawala na Podolu rosyjskiem. Na Podolu galicyjskiem gipsy te występują w dwu odmianach, jako alabaster i gips krystaliczny. — W Królestwie Polskiem gips formacji mioceniczej znajduje się w okolicach Olkusza i na pograniczu Szląskiem, głównie jednak występuje w okolicach położonych po obu brzegach Nidy, gdzie nie tworzy jednolitego pokładu, lecz pojawia się przeważnie w postaci gniazd głębokich. Na zachód od Nidy pas gipsów ciągnie się od Baranowa przez Pietrzejowice, Jazdów, do Proszowic, stąd przez Koniuszę, Szczytniki, Błogocice, Pałecznicę, Raclawice, do Skalbmierza, dalej przez Cieślice do Działoszyc i Czarkowych; nadto występuje gips w Damicach na południe od Iwanowic. Na wschód od Nidy gips występuje koło Pinczowa, Wiślicy, Nowego Staszowa, Buska i Szańca i w wielu miejscach pomiędzy miastami temi położonych. W górze Koniusze pod Proszowicami, gips przechodzi w wapień dość

twardy, gąbczasty, używany na szaber dla dróg bitych. W tej górze, oraz w Czar-kowach, gips zawiera siarkę krystaliczną i ziemistą. Na drodze od Bogucic przy szosie Pińczowskiej do Wiślicy gips tworzy pasmo wzgórz, wznoszących się swo-bodnie wśród równiny i tworzących nieraz skały malownicze. Okolice Staszowa i Wiślicy stoją na skałach gipsowych. Podłoże gipsu w tych okolicach, położo-nych na wschód od Nidy, tworzy margiel piaszczysty, szary.

Bardzo piękne odmiany krystaliczne gipsu znajdują się pod Girgenti w Sy-cylii, pod Bex w Szwajcaryi, w okolicach Oxfordu i Kaden, nadto w Toskanii i Czechach, oraz w Bochni.

Siarczan wapnia bezwodny, zwany *gipsem bezwodnym*, *bezwodynem*, *bezwodnikiem*, *anhy-drytem* (fr. anhydrite; n. Anhydrit), ma zazwyczaj barwę białą, jasno-czerwoną, jasno-szarą albo jasno-niebieską. Zastosowania ma nieliczne i małoważne.

Bezwodyn (anhydryt) występuje głównie w Osterode na Harcu, w Stassfurcie pod Magde-burgiem, w okolicach Lüneburga, Bayreuth, Zweibrücken, Sulz nad Neckarą, Hall w Tyrolu. W Bochni, a także w Wieliczce, występuje odmiana bezwodynu w postaci wstęg, często w zyg-zag pogiętych, zwana *kamieniem trzewiowym* (n. Gekrösestein).

Ciężar właściwy gipsu: 2,2 — 2,96. — Twardość gipsu: 1,5 — 2; bez-wodynu (anhydrytu): 3 — 3,5.

6. Piaskowiec.

Piaskowiec czyli *kamień piaskowy* (fr. grès; n. Sandstein) jest skałą zlepkową, składającą się z ziarn piasku, połączonych rozmaitemi spoiwami. Piasek wcho-dzący w skład piaskowców jest wytworem kruszenia się skał wybuchowych, zwłaszcza kwarcowych, pod wpływem działań geologicznych. Ziarnka piasku tego znajdują się w rozmaitych odmianach barw i są już to kanciaste, już to okrągłe. Wielkość ich bywa również bardzo różnaitą, niekiedy wyrównywa ziarnom prosa (piaskowiec pospolity), grochu (piaskowiec gruboziarnisty), gorczycy, niekiedy zaś bywa znacznie mniejszą; to też piaskowce, pod względem złożenia, przedstawiają wszystkie odmiany od grubo- do miążkoziarnistych, a niekiedy ziarnka są tak dro-bne, że ich okiem nieuzbrojonym rozpoznawać nie można i wtedy piaskowiec ma wygląd skały zbitej. Gdy ziarna piasku są większe od grochu, skała nosi nazwę *szepieńca kwarcowego* albo *okrucowca kwarcowego*, zależnie od tego czy ziarna te są okrągłe czy też kanciaste. — W niektórych odmianach na ziarnach kwarcu znajdują się nierozwinięte płaszczyzny krystaliczne, albo też ziarna te mają kształt kryształów ostrosłupowych i wtedy skała jest *piaskowcem krystalicznym*; w innych odmianach ziarna są krzemionką bezpostaciową (opalem). — Układ ziarn bywa już to równomierny, już to całkiem nieprawidłowy.

Niekiedy piaskowiec zawiera przymieszkę blaszek łyszczyku (*piaskowiec łyszczykowy*), a skoro blaszki te ułożone są równoległe, to skała otrzymuje złoże-nie lupkowe (*łupek piaskowcowy*); niekiedy znowu piaskowiec zawiera w więk-szej lub mniejszej ilości zielone ziarna glaukonitu (*piaskowiec zielony, glaukoni-towy*), przyczem spoiwo bywa wapniste, gliniaste lub margliste; niekiedy wreszcie zawiera piaskowiec ziarna spatu polnego w stanie świeżym lub zwietrzałym, czę-sto w ilości bardzo znacznej, jak w *arkozach*. — Z innych składników przybo-cznych napotyka się najczęściej: spat wapienny, żelaziak brunatny, rudy ołowiu i miedzi, iskrzyk, okrucy gliny czerwonej i zielonej, ziarna wydzielone rogowca

i t. d. — Gliny czerwone i zielone znajdują się głównie w piaskowcach pstrych; po wywietrzeniu tych glin piaskowiec przyjmuje złożenie porowate, dziurkowane.

Piaskowce są w ogóle ubogie w skamieniałości i odciski roślin; wyjątek od tej zasady stanowią tylko niektóre odmiany.

Barwa piaskowca jest zależną od barwy ziarn piasku, spoiwa i składników przybocznych, bywa więc rozmaita, najczęściej jednak białą, szarą, żółtą, czerwoną, rzadziej zieloną i czarną; przyczem piaskowce są albo jednobarwne albo też pstre, niekiedy z plamami, smugami, pasami i t. d.

Ilość stosunkowa spoiwa jest zmienną w bardzo rozległych granicach; niekiedy spoiwo stanowi składnik ilościowo przeważający, niekiedy zaś występuje w ilości bardzo małej. Twardość piaskowca, jego wytrzymałość, porowatość, a często i barwa, są zależne głównie od gatunku spoiwa i jego ilości stosunkowej. — Ze względu na gatunek spoiwa, rozróżniane są następujące odmiany piaskowca:

a) *Piaskowiec krzemienisty (kwarcowy)* (fr. grès siliceux; n. kieseliger Sandstein, Kieselsandstein, quarziger Sandstein), o spoiwie mocnym, krzemieniem albo też rógowcowatym, które znajduje się najczęściej w ilości małej, tak, że niekiedy go wcale nie widać i wtedy piaskowiec ma wygląd skały złożonej z samych ziarn piasku bez żadnego spoiwa. Niekiedy jednak ilość spoiwa jest tak znaczną, że piaskowiec przechodzi w skałę kwarcową i w kwarcyt wód słodkich. — Piaskowiec krzemienisty ma najczęściej barwę białą lub szarą, oraz znaczną twardość, wytrzymałość i trwałość, a używany bywa głównie na kamienie młyńskie. Niekiedy piaskowce krzemieniste są krystaliczne, jak np. piaskowce formacji tryjasowej Wogezów.

b) *Piaskowiec żelazisty, czerwony* (fr. grès rouges; n. rother Sandstein, eisenschüssiger Sandstein), w którym spoiwo, tworzące powłokę na ziarnach piasku, składa się z tleniku żelaza lub z wodnego tleniku żelaza, z domieszką niewielką wapna lub gliny. Piaskowiec ten odznacza się średnią wytrzymałością i trwałością, a barwę ma najczęściej czerwoną, czerwono-brunatną, cynamonową, żółto-brunatną, okrowo-brunatną lub ciemno-żółtą. Występuje we wszystkich formacjach, a niekiedy zawiera tak znaczną ilość żelaza, że służy za rudę żelazną.

c) *Piaskowiec wapnisty* (fr. grès calcaires; n. kalkiger Sandstein) ma za spoiwo węglan wapnia, niekiedy spat wapienny o blaszkach wielkich, a w niektórych odmianach — dolomit albo wapno brunatne żelaziste. Skoro spoiwem jest węglan wapnia i spoiwo to występuje w ilości bardzo znacznej, to piaskowiec wapienny przechodzi w wapień. Jeżeli spoiwo obok węglanu wapnia zawiera także dolomit, to skała nosi nazwę *piaskowca dolomitowego*. — Piaskowiec wapienny jest bardzo rozpowszechniony, ma zazwyczaj barwę białą albo szarą, a używany jest do robót kamieniarskich i rzeźbiarskich. W miastach nadmorskich pod działaniem kwasu solnego, a w miastach wielkich i fabrycznych pod działaniem kwasu siarczanego, zawartego w dymie kominów fabrycznych, piaskowiec wapnisty prędko podlega rozkładowi.

d) *Piaskowiec gliniasty* (fr. grès argileux; n. thoniger Sandstein, Thonsandstein) jest najczęściej miałkoziarnisty i miękki, posiada spoiwo słabe i nie trwałe, złożone z gliny zanieczyszczonej, zawierającej często żelazo. Barwa piaskowca tego jest zazwyczaj szarą, żółtą, zieloną, czerwoną, niekiedy z plamami,

smugami i t. d. — Do piaskowców gliniastych należą piaskowce pstre formacji permskiej, tryjasowej i węglowej, które często są o tyle wytrzymałe i trwale, że dają dobry kamień do murów i robót rzeźbiarskich; niekiedy zaś bogate są w rudy metaliczne. — Odmianę piaskowca gliniastego stanowi *piaskowiec kaolinowy*, najczęściej kruchy i nietrwały, ze spoiwem z gliny czystej, kaolinowej, powstałej z wietrzenia spatów polnych. Niekiedy spoiwo to znajduje się w ilości tak znacznej, że po wyługowaniu jest używane jako glina porcelanowa (np. w Pilźnie). Piaskowiec kaolinowy występuje głównie w formacji węglowej Czech, oraz w piętrze dolnem formacji permskiej.

Do piaskowców gliniastych należy także t. zw. *arkoz* (*piaskowiec przeobrażony*) (fr. arcose; n. Arkose), składający się z ziarn szarych kwarcu, czerwonego ortozu i blaszek lyszczyku, połączonych spoiwem gliniastem, kaolinowem lub krzemienistem. Ortoz wchodzący w skład arkozów jest najczęściej zwietrzały, przekształcony w kaolin. Arkozy występują zazwyczaj w pobliżu skał wybuchowych, zwłaszcza w pobliżu granitu, a napotykają się w formacji węglowej, w formacji piaskowca pstrego i w formacjach trzeciorzędowych.

e) *Piaskowiec margłowy* (fr. grès marneux; n. mergeliger Sandstein), o spoiwie gliniano-wapiennem. Wytrzymałość i trwałość tego piaskowca jest zmienna i zależną głównie od ilości stosunkowej i składu spoiwa. Najczęściej piaskowce margłowe są miękkie i nietrwałe. Gdy ilość stosunkowa spoiwa jest bardzo znaczną, piaskowiec margłowy przechodzi w margiel.

f) *Piaskowiec bitumiczny* (fr. grès bitumineux; n. bituminöser Sandstein), o spoiwie złożonem z gliny bitumicznej, z wapienia bitumicznego lub z asfaltu.

Granice tych odmian w przyrodzie nie zawsze są wyraźne; często odmiany te przechodzą jedna w drugą, tak, że trudno jest określić, do której odmiany dana skała należy.

Wytrzymałość i trwałość piaskowców, nawet przy jednakowem spoiwie, może być rozmaita, gdyż własności te są zależne nie tylko od gatunku spoiwa, lecz także od jego ilości stosunkowej, oraz od wielkości ziarn piasku w danej skale. W ogóle piaskowce złożone z ziarn mialkich kwarcu, połączonych spoiwem krzemienistem, mają wytrzymałość największą i są najtwardsze; nieco mniejszą wytrzymałość ujawniają piaskowce o spoiwie gliniastem; najmniejszą zaś piaskowce o spoiwie wapnistem lub marglistem, gdyż takie spoiwo bywa wypłukiwane przez wodę.

Piaskowce mają zawsze ulawicenie wyraźne; niekiedy jednak grubość warstw bywa tak znaczną, że skała ma wygląd masowej. Często piaskowce występują w kształcie brył ciosowych (prostokątów), gdy skała niezależnie od płaszczyzn ulawicenia, podzieloną jest w dwu kierunkach przez szczeliny prostopadle do warstw.

Piaskowiec jest obok wapienia najbardziej rozpowszechnionym w użyciu kamieniem budowlanym; brany bywa w różnych odmianach, do budowy dróg, do budowli wodnych i lądowych jako kamień do murów, oraz na kolumny, gzymsy, obramowania drzwi i okien, ozdoby, pomniki, nagrobki, wazy i t. p.; nadto wyrabiane są z piaskowców kamienie młyńskie i szlifierskie.

Piaskowce występują we wszystkich formacjach osadowych, a po części

i obecnie się tworzą. Zależnie od formacyj rozróżniane są następujące odmiany ważniejsze :

1) *Waka szara (szarowaka, szarogłaz, tromat)* (fr. tromate; n. Grauwacke), przeważnie formacyi sylurycznej i dewońskiej, jest skałą złożoną z okruchów kanciastych lub okrągłych kwarcu, odłamków łupka glinianego i krzemionkowego, często z ziarnami spatu polnego lub innych skal krystalicznych, a niekiedy z blaszkami łyszczyku, ułożonemi zazwyczaj równolegle; przyczem spoiwo jest krzemienisto-gliniaste lub krzemieniste, twarde, a znajduje się najczęściej w ilości tak nieznacznej, że jest prawie niewidoczne. Uwarstwienie bywa więcej lub mniej wyraźne, niekiedy grubość warstw jest tak znaczną, że skała ma wygląd masowej. Barwa waki szarej jest zazwyczaj ciemno-szara, rzadziej biała, żółta, czerwono-brunatna, czerwona, zielona, szara, niekiedy z plamami, pasami lub obłoczkami; spoiwo zawiera często pył antracytowy i wtedy ma barwę ciemno-szara. Złożenie jest ziarniste, o wyglądzie zmiennym, zależnym od ilości stosunkowej składników i wielkości ziarn; niekiedy złożenie jest łupkowe. Gdy ziarna są duże i gdy w skale znajdują się większe okruchy i odłamy kwarcu, łupka glinianego i krzemionkowego, granitu i innych skal, powstaje *szarowakowy (konglomerat) szarowakowy*. Często jednak ziarna są tak drobne, że ich okiem nieuzbrojonym rozpoznawać nie można; jeżeli przytem skała jest uwarstwioną lub łupkową, powstaje *szarowaka łupkowa* (fr. tromate schisteuse; n. schieferige Grauwacke), a jeżeli daje się rozłupywać na cienkie blaszki, stanowi *łupek szarowakowy* (fr. schiste tromatique; n. Grauwackenschiefer). Gdy ziarna są drobne, lecz dają się wyraźnie rozróżnić, skała tworzy *piaskowiec szarowakowy*. — *Szarowaka zbita* (fr. tromate compacte; n. dichte Grauwacke) jest to skała gliniasta, pozornie zbita, zazwyczaj szara, o spoiwie gliniastem.

Piaskowiec szarowakowy (fr. grès de grauwacke, grès tromatique; n. Grauwacken-Sandstein) składa się przeważnie z okruchów ostrokanciastych kwarcu, drobno- lub miążkoziarnistych, niekiedy z przymieszką ziarn spatu polnego i kaolinu, oraz małej ilości blaszek łyszczyku, przyczem spoiwo jest krzemieniste, gliniaste, kaolinowe, wapniste, albo też złożone z tlenku żelaza lub wodoru tlenku żelaza. Barwa i gęstość są oczywiście zależne od ilości stosunkowej i gatunku składników i spoiwa. Ziarnka kwarcu bywają niekiedy tak ściśle z sobą złączone, że piaskowce te tworzą przejście do kwarcytów.

Piaskowiec szarowakowy ma barwy białe i szare we wszystkich odcieniach, przechodzące w żółte, czerwone, brunatne, często z pasami, smugami, wstęgami, obłoczkami i plamami; w czerwonych piaskowcach gliniastych widoczne są często plamy i pasy zielone. — W niektórych piaskowcach szarowakowych znajduje się wiele skamieniałości, w innych skamieniałości takich jest mało lub ich wcale niema.

Piaskowiec szarowakowy, stanowiący z łupkiem szarowakowym i glinianym część główną gór szarowakowych, znajduje się w Anglii, Skandynawii, Francji, Hiszpanii i Portugalii, a nadto w Nassauskiem, w lesie Turyngskim, w lesie Sosnowym, w Czarnym lesie badeńskim, w Westfalii, prowincyi nadreńskiej, na Harcu, w Bawaryi, w Sudetach, w Inflantach, w Rosyji północnej i środkowej. — Piaskowiec formacyi sylurycznej i dewońskiej występuje na Podolu. Piaskowce podolskie form. dewońskiej (*piaskowce trembowelskie*) dają wyborny

materyał budowlany, używany głównie na płyty, stopnie schodów i t. p.—W Galicyi Wschodniej znajduje się czerwony piaskowiec kwarcowy, formacyi dewońskiej, w górze Dniestru do Koropca, nad rzeką Strypą do Petlikowic, nad Seretem w okolicach miasteczka Budzanowa i pomiędzy Uścieszkiem a Zaleszczykami nad Dniestrem. Piaskowiec ten jest bogaty w lyszczyk, złożenie ma łupkowe, miejscami przechodzi w kwarcyt; pomiędzy Uścieszkiem a Zaleszczykami spoczywa na wapieniach i łupkach sylurycznych. — W Królestwie Polskiem piaskowce formacyi sylurycznej znajdują się we wsi Kleczanowie, Mojczy i Bukówce na zachód od Sandomierza, piaskowce zaś formacyi dewońskiej pojawiają się wraz z wapieniami, dolomitami, kwarcytami, marglami i łupkami gliniastymi tejże formacyi, w pow. kieleckim, opatowskim, sandomierskim i będzińskim.— Łupek szarowakowy znajduje się w górach Świętokrzyskich, oraz kolo Sandomierza i Bodzętyna.

Piaskowiec szarowakowy o spoiwie krzemienistem jest wybornym materyałem budowlanym; odznacza się znaczną wytrzymałością i trwałością, daje się jednak trudno obrabiać; używa się w postaci kamienia do murów, oraz na kolumny, gzymsy i ozdoby architektoniczne; a że występuje przeważnie w warstwach cienkich z licznymi szczelinami, przeto ciosów wielkich z niego otrzymywać nie można. Zlepieniec szarowakowy używany jest na fundamenty i stanowi wyborny materyał na szaber dla dróg bitych, oraz na bruki uliczne.—Z waki szarej, obfitującej w kwarc, wyrabiane są kamienie młyńskie; z łupkowej zaś — płyty posadzkowe, oraz kamienie szlifierskie i oselki. — Odmiany o spoiwie gliniastem są mniej trwałe i mniej twarde.

Wytrzymałość na ściskanie piaskowca szarowakowego jest bardzo znaczną i wynosi przeciętnie 1270 *kg* na *cm*² (=500 pud. na cal kwadr.).

Ciężar właściwy piaskowca szarowakowego: 2,5—2,8.—Twardość: 6 i 7—8.

2) Piaskowiec węglowy (fr. grès houiller; n. Kohlensandstein), formacyi węglowej, składa się z drobnych lub mialkich ziarn kwarcu, połączonych spoiwem więcej lub mniej gliniastem, zawierającym lyszczyk; niektóre odmiany są podobne do arkozów, inne występują jako zlepienie i są np. w Czechach, używane na kamienie młyńskie. Barwa przeważnie jasno-szara, z odbłyskiem białym, żółtym, niekiedy czerwonym. Uwarstwienie najczęściej prawidłowe. W piaskowcach węglowych znajdują się liczne skamieniałości i odciski roślin.— Do tejże formacyi należą skały zwane w Niemczech *piaskowcem próżnym* czyli *plonnym* (n. floetzleerer Sandstein) albo *kulmską szarowaką wierzchnią* (n. obere Culmgrauwacke), w Anglii zaś — *kamieniem młyńskim* (Millstone grit).

Piaskowiec węglowy znajduje się głównie na wielkich przestrzeniach w Belgii, a także w wielu zagłębieniach węglowych W. Brytanii, Francyi, Rosyi; w Niemczech: w górach westfalskich i dolno-reńskich, na Szląsku, w hrabstwie Glatz, oraz w Turynii; nadto w Czechach, gdzie w okolicach Pilzna znajdują się piaskowce węglowe, zbliżone do arkozów, które po zwiertzeniu tworzą ziemię porcelanową.— W Galicyi: w okolicach Jaworzna, Dąbrowy i Sierszy, oraz w okolicach Krzeszowic i kolo Tęczynka. — W Królestwie Polskiem piaskowce tej formacyi znajdują się w zagłębieniu węglowem dąbrowskiem, zwłaszcza na przestrzeni pomiędzy wsią Ożarówicami i osadą Sławkowem (Dębową Górą). Piaskowce te, przeważnie lyszczkowe, rzadziej gruboziarniste (jak nad pokładami węgla Reden), są wydoby-

wane i znajdują w okolicy zastosowanie jako kamień budowlany. Takież piaskowce występują w sąsiednich częściach zagłębia węglowego na Szląsku pruskim.

Piaskowiec węglowy nie odznacza się szczególną wytrzymałością, a pod wpływem zmian atmosferycznych łatwo wietrzeje, co jest następstwem spoiwa gliniastego. Niektóre jednak odmiany (jak np. z pod Nahegegend) stanowią dobry kamień budowlany; inne (zwłaszcza z okolic Trewiru) dają kamienie ogniotrwałe.

Wytrzymałość na ściskanie: 500 — 1200 kg na cm^2 (=197 — 473 pud. na cal kwadr.).

Ciężar właściwy: 2,58 — 2,85. — Twardość: 6 — 7.

3) Piaskowiec czerwony, form. permskiej, zwany także już to *nowszym czerwonym* (fr. nouveau grès rouge; n. neuer rother Sandstein) dla odróżnienia od *dawnego czerwonego* (fr. vieux grès rouge; n. alter rother Sandstein) należącego do form. dewońskiej, już to *czerwonym pustym podkladowym* albo *spągowym* (*dennym*) (n. Rothliegendes), dla tego, że tworzy piętro dolne form. permskiej i ma barwę przeważnie czerwoną, już to wreszcie *martwo-leśącym* (n. Todtliegende), dla tego, że nie zawierając rud metalicznych, jest dla hutnika martwym, występuje w warstwach więcej lub mniej grubych, lecz zawsze wyraźnych, a składa się przeważnie z ziarn ostrokanciastych kwarcu, rogowca i łupku krzemionkowego, niekiedy z przymieszką ziarn spatu polnego i kaolinu. Spoiwo bywa albo gliniaste i wtedy barwa jest czerwoną, zielono-szarą lub zieloną, albo też kaolinowe i wtedy barwa jest białą lub żółtawą. Znacznie rzadziej spoiwo składa się z wapna lub krzemionki. Przy spoiwie krzemionkowym piaskowiec nadaje się do wyrobu kamieni młyńskich. — Barwy najczęściej napotykaną i przeważającą są czerwone, czerwono-brunatne i czerwono-rude; na tle tych barw jednak są często widoczne warstewki, pasy i plamy zielono-białe, zielono-szare i zielone, a niekiedy znajdują się całe warstwy i układy warstw, barwy białej, żółtej, jasno-zielonej i szarej. — Piaskowce czerwone przechodzą często w glinę łupkową.

Piaskowiec czerwony dolno-permski, występuje głównie w Anglii (*Lower new red sandstone*), w Wogezach (*piaskowiec wogezski*), w lesie Turyngskim, lesie Sosnowym, Czarnym lesie bańskim, Odenwaldzie, w okolicach Heidelberga, Frankfurtu n. M., nadto w Hesskiem, Nassauskiem, Bawaryi, Saksonii i na Szląsku pruskim w okolicach Waldenburga, oraz w Czechach w górach Olbrzymich. W Rosyji do piaskowca tego zaliczają t. zw. *piaskowiec szokszyski*.

Piaskowiec szokszyski czyli *szochszyski*, zwany także *porfirem szokszyskim* albo *czerwonym*, wydobywany w gub. oloneckiej w pobliżu wsi Szokszy czy też Szokszny, położonej w oddaleniu 80 wiorst od jeziora Oloneckiego i 125 wiorst od Petrozawodska, ma barwę ciemnoczerwoną, czerwono-brunatną do czerwono-szarej, złożenie zaś skrytoziarniste, pozornie zbite, tak, że oddzielne ziarnka piasku można rozpoznawać tylko pod dobrym drobnowidzem. Twardość tego piaskowca ma być tak znaczną, że można na nim pisać marmurem, jak kredą na tablicy. Wskutek takiej twardości, daje się trudno pilować i ciosać, lecz dobrze polerować, przyczem przyjmuje świetny połysk. Na czerwono zabarwiony jest przez tlenek żelaza. — W handlu znajduje się głównie w postaci płyt, mających do 12 stóp długości, przy $3\frac{1}{2}$ — $5\frac{1}{4}$ cala grubości. — Używany jest na płytki do licowania murów, płytki posadzkowe, płyty do stolów, stopnie schodów, ozdoby architektoniczne, pomniki, nagrobki i t. d. Z piaskowca tego wyrobione są fryzy posadzki Soboru Ś-go Izaaka oraz stopnie i chóry kaplice Soboru Kazańskiego w Petersburgu, piedestał pomnika cesarza Mikołaja tamże, oblicowanie wewnętrzne części murów kościoła pod wezwaniem Zbawiciela w Moskwie, sarkofag pomnika Napoleona I w Domu Inwalidów w Paryżu.

W Galicyi piaskowce kwarcowe dolno-permskie, gruboziarniste, niekiedy bardzo twarde, niekiedy zaś kruche lub przekształcone na piasek sypki, występują we wsi Filipowicach i na dnie strumyka przepływającego przez środek tejże wsi, nadto pomiędzy Chrzanowem a Alvernią, w okolicy Zagórza, Wygielzowa, Lipowca, Regulic, Poręby, Okleśny i t. d., a głównie w okolicach wsi Kwaczały. W okolicach Filipowic mają one barwę czerwoną, zaś pod Kwaczałami są białe, szare i niekiedy czerwonawe. Znane są w nauce i handlu pod nazwą *piaskowca kwaczalskiego*. — W Królestwie Polskiem także piaskowce barwy żółtawej i czerwonawej, kruche, o spoiwie słabem, przecięte warstwami piaskowca twardego, występują nad rz. Przemszą, w miejscu, w którem rzekę tę przecina dr. żel. Iwangrodzko-Dąbrowska. Nadto piaskowce formacyi permskiej występują w wielu miejscowościach zagłębia węglowego dąbrowskiego, lecz tylko w postaci piasków lub skały bardzo kruchej. Piaskowce te zaliczane były dawniej niewłaściwie do piaskowców pstrych formacyi tryjasowej.

Twardość piaskowca czerwonego, dolno-permskiego, bywa bardzo różnaitą. Niektóre odmiany są miękkie i do celów budowlanych nieodpowiednie, gdy tymczasem inne odmiany, zwłaszcza miałkoziarniste, barwy czerwonej, odznaczają się wielką wytrzymałością i trwałością. W wielu budowlach wieków średnich piaskowce te znalazły zastosowanie w postaci ciosów do murów; nadają się dobrze na fundamenty, budowle wodne, płyty do różnych celów, oraz na szaber dla dróg bitych i na bruki. Odmiany zbliżone do zlepieńców, oraz odmiany o spoiwie krzemionkowym, używane są na kamienie młyńskie; niektóre odmiany dają kamień ogniotrwały.

4) Piaskowiec pstry (fr. grès bigarré; n. bunter Sandstein, Buntsandstein), stanowiący główne ogniwo piętra dolnego formacyi tryjasowej, jest piaskowcem więcej krzemionkowym aniżeli gliniastym, niekiedy obfitującym w spat polny, często zabarwionym przez związki tlenowe żelaza. — Ziarna piasku, z których piaskowiec ten się składa, są zazwyczaj miałkie i równomiernie rozłożone, niekiedy krystaliczne. — Twardość jest zależną głównie od spoiwa i bywa różnaitą; niekiedy tak nieznaczna, że kamień daje się w palcach rozcierać, niekiedy zaś tak znaczną, że kamień ujawnia wielką wytrzymałość i daje wyborny materiał budowlany. — Barwa jest również zależną głównie od spoiwa: gdy spoiwo składa się z tleniku żelaza, to barwa skały jest jednostajną, ceglasto-czerwoną lub brunatną; gdy spoiwem jest wodan tleniku żelaza, to barwa skały jest żółtą lub brunatną; gdy zaś spoiwo składa się z gliny białej, to skała ma barwę białą, w różnych odcieniach. Często napotyka się warstwy pstre, różnobarwne, przyczem barwy mieszane, czerwona z białą, a także czerwona z zieloną, występują albo naprzemian w oddzielnych warstwach poziomych, albo w jednej i tej samej warstwie w postaci pasów lub plam. — Ze składników przybocznych najważniejszymi są konkrety okrągłe gliny; nadto znajdują się: spat wapienny, spat brunatny, baryt, kwarc, ruda miedziana, ruda żelazna, oraz blaszki łyszczyku. Przy znaczniejszej zawartości łyszczyku piaskowiec pstry przechodzi w lupek piaskowcowy.

Występuje głównie w Anglii, Francyi, Hiszpanii, Tyrolu, Dolnej Austrii, Lombardyi, w Niemczech zaś pomiędzy Harcem a Turynią i w Alpach bawarskich. W warstwach dolnych formacyi piaskowca pstręgo znajdują się często pia-

skowce krzemieniste, gruboziarniste, twarde, bogate w kaolin; piaskowce takie w Czarnym lesie badeńskim, w lesie Turyngskim i w dolinie Werra dostarczają kaolinu dla licznych fabryk porcelany. — W Galicyi piaskowiec pstry znajduje się w okolicach Krakowa, a głównie w dolinach wsi Filipowic i Karniowic, dalej przy Miękini i Alwerni, skąd ciągnie się na Szląsk do Tarnowic, oraz wzdłuż gór Tarnowskich do Kropiwnicy (Krappitz) nad Odrą; występuje nadto w Tatrach. — W Królestwie Polskiem piaskowiec pstry występuje na wielkich przestrzeniach okolo gór Kieleckich i Chęcińskich. Piaskowiec ten stanowi wyborny kamień budowlany, oddawna używany do budowy kościołów okolicznych (np. w Wąchocku). Łamano go także do budowy filarów mostu warszawskiego i w tym celu odkryto łomy w Wąchocku i Suchedniowie, gdzie też głównie jest wydobywany. Zwykle czerwony, znany jest pod nazwą *piaskowca czerwonego* w okolicy i nauce. W Gałęzicach piaskowiec ten ma barwę blade-czerwoną lub cielistą, z plamami kaolinu. — Takież piaskowce pstre, lecz kruche lub w postaci piasku, występują w zagłębiu węglowem dąbrowskiem.

Piaskowiec pstry, o ile posiada dostateczną twardość, jest wyborynym materiałem budowlanym. Bezpośrednio po wydobyciu z łomu, jest miękki i daje się łatwo obrabiać, następnie jednak na powietrzu twardnieje; to też używany jest nie tylko do murów, lecz także na członki architektoniczne i rzeźby. Z kamienia tego wzniesione są w stylu romańskim wspaniałe katedry w Moguncyi, Wormacyi i Speyer, a w stylu gotyckim kościoły w Strassburgu, Freiburgu i Bazylei; nadto zamek w Heidelbergu i liczne pomniki w wielu miastach niemieckich. U nas piaskowiec pstry oddawna używany jest do budowy kościołów, zwłaszcza w miastach i wsiach położonych w pobliżu miejsc wydobywania. — Z piaskowca pstrego wyrabiane są nadto kamienie młyńskie i szlifierskie, a z piaskowca pstrego płytowego, znajdującego się w lesie Sollingen, wyrabiane są *plytki sollingeńskie* (n. Sollinger Fliesen, Hörtersteine) do posadzek, licowania murów i krycia dachów. — Na płyty chodnikowe i na bruki, piaskowiec pstry nie jest odpowiednim.

Wytrzymałość na ściskanie jest zmienną w granicach od 250 do 1300 *kg cm²* (=99 — 512 pud. na cal kwadr.).

Ciężar właściwy: 2,4 — 2,6. — Twardość zmienna w granicach od 4 — 8.

5) Piaskowiec kajprowy (n. Keupersandstein) stanowi ogniwo piętra górnego formacyi tryjasowej i występuje w trzech warstwach tegoż piętra: dolnej, środkowej i górnej.

a) *Piaskowiec kajprowy dolny*, zwany także *piaskowcem ilastym* albo *ilasto-węglowym* (n. Lettensandstein, Lettenkohlsandstein), znajdujący się w warstwie dolnej pokładów kajpru, jest miałkoziarnisty, pozornie zbity, o złożeniu bardzo równomiernem, barwy żółto-szarej albo też żółto-brunatnej, przechodzącej w czerwonawą. Piaskowiec ten, o twardości średniej, zawierający liczne pozostałości roślin, tworzy warstwy różnej grubości; w warstwach grubych daje dobre ciosy do murów.

b) *Piaskowiec kajprowy środkowy*, znajdujący się w warstwie środkowej pokładów kajpru, zwany także *piaskowcem trzciniowym* (fr. grès à roseaux; n. Schilfsandstein), z powodu, że zawiera liczne pozostałości roślin trzciniowatych, jest piaskowcem glinistym, o złożeniu miałkoziarnistym i bardzo równomiernym,

barwy najczęściej zielonawej, zielonawo-szarej albo żółtawo-szarej, niekiedy czerwonej i wtedy z pasami i plamami. Występuje w warstwach różnej grubości od bardzo cienkich, prawie lupkowych, do bardzo grubych. Z warstw grubszych otrzymuje się kamień łamany do murów, dający się łatwo obrabiać; z warstw cienkich zaś wyrabiane są płyty do posadzek oraz dachówki.

c) *Piaskowiec kajprowy wierzchni*, znajdujący się w warstwie wierzchniej pokładów kajpru, jest gruboziarnisty albo też miałkoziarnisty, a składa się z ziarn ostrokanciastych, połączonych spoiwem glinianem, wapiennem lub krzemionkowym. Przy spoiwie glinianem, piaskowiec ten jest miękki; gdy tymczasem przy spoiwie krzemionkowym, jest mocny, twardy, podobny do kwarcytu. Barwa najczęściej jest jasną. — W piaskowcu tym znajdują się często ziarna kanciaste, czerwone, spatu polnego i wtedy skała podobną jest do arkozów.

Piaskowce kajprowe znajdują się głównie w Anglii, gdzie występują na wielkich przestrzeniach, nadto w Hiszpanii, Francji, nad Renem i Wezerą, w Czarnym lesie badeńskim, w Lotaryngii, Turyngii, Frankonii, Szwabii, na Harcu północnym, oraz w Wirtembergii, Bawaryi i w okolicach Koburga. — W Królestwie Polskiem piaskowce kajprowe, przydatne do celów budowlanych, występują w ogromnych pokładach w okolicach Szydłowca, Końskich, Opoczna, Żarnowca, Białaczowa, Drzewicy, Odrzywola, Przysuchy, Ostrowca. Piaskowce te zaliczane przez niektórych geologów do piaskowców liasowych, a znane pod nazwą *piaskowca szydłowieckiego* albo *kunowskiego*, łamane są głównie w okolicach Szydłowca i Kunowa. Są to piaskowce drobnoziarniste, barwy białej lub jasno-szarej, ze spoiwem wapiennem, dające się dobrze łupać i ciosać, a stanowiące wyborny materiał budowlany, odporny na wpływy czynników atmosferycznych. Takie piaskowce białe występują w okolicach Krakowa. — W niektórych okolicach Królestwa piaskowce te są ogniotrwałe i z tego powodu poszukiwane na materiał do pieców wielkich; także piaskowce ogniotrwałe znajdują się w kilku miejscowościach w Niemczech, głównie pod Esslingen.

Piaskowce kajprowe są bardzo rozpowszechnione w użyciu jako kamienie budowlane dobre i dające się łatwo obrabiać; odmiany drobnoziarniste nadają się do robót rzeźbiarskich. W pobliżu miejsc wydobywania, wznoszone są z kamienia tego nawet budowle monumentalne, czego dowodem kościół katedralny w Bambergu, wiele budynków w Stuttgardzie, oraz w miastach Frankonii i Szwabii. U nas piaskowce szydłowieckie (kunowskie) używane są w budownictwie na kolumny, filary, stopnie i balustrady schodów, balkony i t. p., a nadto na rzeźby, ozdoby architektoniczne, pomniki i nagrobki. Odmiany krzemionkowe piaskowca szydłowieckiego służą także na bruki, na szaber dla dróg bitych, oraz na kamienie młyńskie i szlifiernskie.

Wytrzymałość na ściskanie wynosi przeciętnie: dla odmian miałkoziarnistych 1000 kg na cm^2 (=394 pud. na cal kwadr.), dla odmian średnioziarnistych 300 kg na cm^2 (=118 pud. na cal kwadr.), a dla odmian gruboziarnistych 150 kg na cm^2 (=59 pud. na cal kwadr.). Wytrzymałość na przecinanie wynosi przeciętnie 35 kg na cm^2 (=14 pud. na cal kwadr.); na zginanie 25 kg na cm^2 (=10 pud. na cal kwadr.); na rozciąganie zaś tylko 4,5 kg na cm^2 (=1,75 pud. na cal kwadr.).

Ciężar właściwy: 2,42 — 2,74. — Twardość: 7 — 8 i 8 — 9.

6) Piaskowiec jurajski (fr. grès du Jura, grès jurassique; n. Jura-Sandstein) występuje we wszystkich trzech piętrach formacji jurajskiej: dolnem (jura czarna, lias), środkowem (jura brunatna, dogger) i górnem (jura biała, maln).

a) *Piaskowiec liasowy* (fr. grès du lias; n. Liassandstein), przeważnie miałkoziarnisty i mocny, składa się często niemal wyłącznie z ziarn piasku kwarcowego, niekiedy zawiera znaczną ilość łyszczyku i wtedy ma uławicenie cienkie. Spoiwo piaskowców liasowych jest gliniaste, a występuje często w ilości bardzo małej; niekiedy zabarwione jest przez związki tlenowe żelaza. Barwa tych piaskowców jest najczęściej białą, jasno-żółtą lub jasno-żółtawo-szarą. Stanowią zazwyczaj dobry kamień budowlany. — Występują w Turynгии, Hannoverze, Bawaryi, Brunświku, oraz w okolicach Koberga, Hohenzollernu, Luxemburga i t. d.

b) *Piaskowiec brunatny* czyli *doggerowy* (n. Dogger-Sandstein), najczęściej miałkoziarnisty, miękki, niezdatny dla celów budowlanych, rzadziej twardy i mocny; barwy przeważnie brunatnej, brunatno-czerwonej, brunatno-żółtej, jasno-żółtej, a także ciemno-szarej, ze spoiwem gliniastem albo marglistem. Odmiany jaśniejsze i twardsze zawierają zazwyczaj węglan wapnia i przechodzą stopniowo w wapień. Piaskowce brunatne występują głównie w Szwabii, Frankonii i Westfalii. — Tu należą piaskowce szare wapienne, występujące w Galicyi na północ i południe od Chrzanowa, a mianowicie koło wsi Balina i koło Bołęcina, Pily i Kościelca, nadto koło Alwerni w wąwozie Regulickim, w dolinie około Krzeszowic, oraz w okolicach Zalas i Sanki. — W Królestwie Polskiem piaskowce jurajskie występują wzdłuż stoku południowego gór Kieleckich, nadto znajdują się piaskowce doggerowe, w postaci piaskowców żelazistych, na brzegu prawym Prozny na południe od miasteczka Praszki w pow. wieluńskim, oraz w okolicach Nowej Wsi na zachód od Żarek i w osadzie Dzierżno na drodze od Żarek do Kozichłół w pow. będzińskim, wreszcie, w postaci piaskowców szarych, wapiennych, około Kłobucka w pow. będzińskim i pod Wieluniem.

W Szwabii, Frankonii i Galicyi znajdują się piaskowce doggerowe miałkoziarniste, zabarwione przez wodan tleniku żelaza równomiernie na kolor żółto-brunatny do ciemno-okrowo-żółtego, które bezpośrednio po wyjęciu z kamieniołomu są miękkie, następnie jednak na powietrzu stopniowo twardnieją. — W Niemczech północno-zachodnich, nad Wezerą, znajdują się piaskowce doggerowe ciemnoszare, wyróżniające się znaczną wytrzymałością, podobne do piaskowców szarowakowych.

c) *Piaskowiec jury białej (malnu)* jest bogaty w ziarna glaukonitu i wskutek tego ma zabarwienie zielone, trawiaste; zawiera nadto znaczną ilość konkrecyj rogowca. Występuje głównie koło Blanska na Morawach.

W Królestwie Polskiem występuje piaskowiec jury białej około Wielunia i w Inowłodzu w postaci piaskowca żelazistego, w okolicy Częstochowy w postaci piaskowca zbitego, w Parczach pod Olkuszem w postaci piaskowca czerwonego, około Ćmielowa w postaci piaskowca żelazistego z wydzielinami ciemnych płyt rogowca, na północ od Pilicy ku Opocznu w postaci licznie po polach rozsianych głazów białych, twardych, z bułami krzemiennymi i rogowcowymi.

Piaskowce jurajskie, zwłaszcza dwóch dolnych piętr, występują nadto w Anglii, Francyi i Szwajcaryi. W Rosyji piaskowce jurajskie znajdują się głównie w okolicach Moskwy, gdzie we

wsi Tatarowie wydobywany jest piaskowiec, barwy białej (*piaskowiec tatarowski*), używany na fundamenty, cokóły, chodniki i do licowania murów. Do formacji jurajskiej zaliczane są także piaskowce ze wsi Kotelnik pod Moskwą (*piaskowiec kotelnikowski*), używane na kamienie młyńskie.

Wytrzymałość na ściskanie piaskowców jurajskich, zdalnych do celów budowlanych, jest zmienną w granicach od 300 do 800 kg na cm^2 (= 118 — 315 pudów na cal kwadr.). Niekiedy wytrzymałość jest znacznie większą.

Ciężar właściwy: 2,2 — 2,3.

7) Piaskowiec kredowy. Do piaskowców formacji kredowej należą:

a) *Piaskowiec wealdeński (hastynski)*, średnioziarnisty i miałkoziarnisty, barwy białawej, szarawej i jasno-żółtawej, ujawnia znaczną wytrzymałość, twardość i trwałość, a wskutek tego jest nie tylko doskonałym kamieniem budowlanym, lecz brany jest także na kamienie młyńskie, szlifierskie i t. d. Występuje głównie w górach Deister w Hannowerskiem, oraz w Osterwaldzie, Süntel, górach Bückenburg i w lesie Teutoburskim. — Tu należy piaskowiec kwarcowy hastyngeński, występujący w Anglii.

Wytrzymałość na ściskanie piaskowca wealdeńskiego z gór Deister: 1300 kg na cm^2 (= 512 pud. na cal kwadr.), z gór Bückenburg i z lasu Teutoburskiego: 700 — 780 kg na cm^2 (= 276 — 307 pud. na cal kwadr.).

Ciężar właściwy piaskowca wealdeńskiego z gór Deister 2,4, a z gór Bückenburg 2,17 — 2,22. — Twardość piaskowca z gór Deister 7 — 8. — Porowatość piaskowca z gór Deister 4,2%; z gór Bückenburg 4,9 — 6,1%; z lasu Teutoburskiego 6,8%.

b) *Piaskowiec ciosowy* czyli *kostkowy* (fr. pierre de taille; n. Quadersandstein) składa się z grubych lub miałkich ziarn kwarcu, albo z okruchów kwarcowych, połączonych spoiwem gliniastem lub marglistem, krzemionkowem, żelazistym. Barwa w różnych odmianach tego piaskowca bywa białą, żółtą, brunatną, rzadziej zieloną, a bardzo rzadko czerwoną. Uwarstwienie bywa więcej lub mniej wyraźne; grubość warstw jest zmienną w granicach od kilku centymetrów do kilkudziesięciu lub więcej metrów. — Rozdzielenie kostkowe lub słupowate powstaje przez szczeliny pionowe prostopadłe do warstw poziomych. — Jako składniki przyboczne znajdują się najczęściej: rogowiec, chalcedon i żelaziak brunatny zbity. Skamieniałości znajdują się w jednych warstwach obficie, w innych prawie wcale ich niema.

Z pomiędzy piaskowców ciosowych wielką wytrzymałością i niepospolitą trwałością odznaczają się piaskowce o spoiwie krzemionkowem, które jednak dają się łatwo obrabiać młotem i krajać pilą.

Piaskowce ciosowe znajdują się głównie w Anglii, północnej Francji, Belgii, w okolicach Akwizgranu, w Saksonii, na Szląsku i w Czechach, oraz w Galicji: w Podgórzu i w okolicach na północ od Krakowa. Najlepsze kamienie wydobywane są z lomów Szwajcaryi saskiej w Pirna, Lohmen, Liebethal, Schandau, Cotta, Königsstein, oraz w górach Harcu, w lesie Turyngskim, w lesie Teutoburskim i w górach Kruszcowych.

W Dreźnie i Lipsku, a także w Berlinie, Magdeburgu, Hamburgu i innych większych miastach, niektóre nowsze budowle monumentalne wzniesione są z piaskowca ciosowego doliny Elby, który doskonale się opiera wpływom atmosferycznym. Rozległe zastosowanie znajduje piaskowiec ciosowy do wznoszenia wspa-

niałych budowli na drogach żelaznych pruskich. — Piękniejsze odmiany miałkoziarniste, o barwie jednostajnej, brane są na rzeźby, gzymsy, kolumny, ozdoby architektoniczne, nagrobki, posągi i t. d.; z innych odmian, o ziarnie grubszem, lecz równomiernem, wyrabiane są ciosy do budowli lądowych i wodnych i do fundamentów, nadto płyty chodnikowe, oraz płytki na posadzki i do licowania ścian, stopnie schodów, obramowania okien i drzwi, wreszcie kamienie młyńskie i szlifierskie. — Piaskowce ciosowe, o spoiwie przeważnie gliniastem, mogą być zakładane tylko wewnątrz budynków, gdyż wystawione na wpływy czynników atmosferycznych prędko wietrzeją; z powodu ogniotrwałości są one jednak poszukiwane jako materiał na ogniska pieców wielkich.

Do piaskowców ciosowych zaliczają także *piaskowiec morszczynowy* (*fukoidowy*) (fr. grès à fucoides; n. Flyschsandstein, Fukoidensandstein), oraz *piaskowiec opoczysty* czyli *pragski* (n. Plänersandstein, Prager Baustein).

Piaskowiec morszczynowy (fukoidowy), którego powierzchnie warstwowe przykryte są często całkiem skamieniałościami wodorostów morskich, morszczyn, występuje głównie w Alpach bawarskich, w Szwajcaryi i Francyi; spoiwo ma przeważnie krzemionkowe; używany jest głównie na kamienie młyńskie.

Piaskowiec opoczysty, bardzo miałkoziarnisty, miękki, o spoiwie marglisto-wapiennem (opoczystem), występuje głównie w okolicach Pragi czeskiej.

Wytrzymałość na ściskanie piaskowca ciosowego z pod Cotta: około 100 kg na cm^2 (= 39 pudów na cal kwadr.), z doliny Elby 300—350 kg na cm^2 (= 118—138 pud. na cal kwadr.), z Gröna koło Bernburga i z pod Glatzu 660—700 kg na cm^2 (= 260—276 pud. na cal kwadr.).

Ciężar właściwy piaskowca ciosowego przeciętnie: 2,15.

c) *Piaskowiec zielony* (*glaukonitowy*) (fr. grès vert; n. Grünsandstein, glaukonitischer Sandstein), od rozproszonych w nim ziarn glaukonitu ma barwę zieloną w różnych odcieniach lub zielono-szarą. Spoiwo ma przeważnie margliste. — Występuje głównie w formacji kredowej, lecz pojawia się także w formacjach trzeciorzędowych. Znajduje się w Anglii, północnej Francyi, Saksonii, na Szląsku, w Westfalii, Bawaryi, Czechach, oraz w wielu miejscowościach Rosyji, gdzie znany jest głównie *piaskowiec bruśnieński*, którego łomy znajdują się nad jeziorem oneżkiem. — W Galicyi piaskowiec zielony znajduje się w okolicach położonych na północ i północo-zachód od Krakowa, a mianowicie około wsi Witkowic, Trojanowic, Bolechowic i Rudawy, gdzie oprócz piaskowców zielonych znajdują się i inne piaskowce formacji kredowej; w Galicyi Wschodniej piaskowiec zielony tworzy oddział spodni formacji kredowej i rozpościera się nad Dniestrem i rzekami doń wpadającymi, głównie w okolicach Lwowa i Nagorzan. — W Królestwie Polskiem, piaskowce zielone wchodzą w skład spodniej grupy osadów kredowych w południowej części kraju i ukazują się tylko w postaci rozrzuconych głazów piaskowcowych różnej wielkości. Takie głazy znajdują się na północ od m. Pilicy, mianowicie koło wsi Dzwonowic i na zachód od Wolbroma w pow. olkuskim.

Piaskowiec zielony stanowi cenny materiał budowlany, jest wytrzymały, trwały i daje się dobrze obrabiać. Używany jest do murów, często nawet, jak np. w Monachium i Regensburgu, do budowli monumentalnych (w Monachium: zamek

królewski, kościół Wszystkich Świętych, Pinakoteki, nowy dworzec; w Regensburgu: katedra); nadto na kolumny, gzymsy, ozdoby architektoniczne, pomniki, nagrobki i t. p., oraz do budowy mostów. — Odmiany bardzo bogate w ziarna glaukonitu brane są do fabrykacji nawozu potasowego (np. w okolicach Genewy).

Wytrzymałość na ściskanie: 200 — 400 *kg* na *cm*² (= 79 — 158 pudów na cal kwadr.).

d) *Piaskowiec karpacki (wiedeński)* (fr. grès des Carpathes; n. Karpathen-Sandstein, Wiener Sandstein) stanowi ogniwa po części formacji kredowej, po części zaś najdawniejszych utworów trzeciorzędowych, jest miążkoziarnisty, rzadziej gruboziarnisty, ze spoiwem przeważnie wapiennem. Występuje w warstwach wyraźnych, często bardzo cienkich; przyczem na powierzchniach tych warstw znajdują się niekiedy rozproszone blaszki łyszczyku lub cząstki węgla. — Skamieniałości zawiera niewiele. — Barwa przeważnie szara lub żółto-szara, a przy znaczniejszej zawartości wapna — ciemna. — Znajduje się w Alpach, Apeninach i Karpatach; wydobywany jest w znacznej obfitości w wielkich łomach w Kahlenbergu pod Wiedniem, oraz w wielu miejscowościach w pobliżu Karpat. — Ceniony jest jako dobry materiał budowlany i znajduje rozległe zastosowanie w budowach monumentalnych w Wiedniu, oraz w większych miastach Węgier i Galicyi. Niektóre jednak odmiany łupkowe, zwłaszcza z okolic Wiednia, prędko wietrzeją i przedstawiają małą wartość dla celów budowlanych.

W Karpatach piaskowiec ten tworzy t. zw. *warstwy ropianieckie*, złożone z piaskowców łupkowych, barwy zielonawej lub niebieskawej, pogiętych, popękanych i poprzerzynanych żyłami spatu wapiennego, okazujących na swych powierzchniach liczne wypukłości, podobne do gałązek i krzaczków, zwane *hieroglifami*. Ten piaskowiec pogięty, łupkowy, nosi także miano „*strzałki*.” Na warstwach ropianieckich spoczywa w Karpatach *piaskowiec bryłowy*, zwany także *jamnieńskim*, od wsi Jamny nad Prutem, drobnoziarnisty, żółtawy, występujący w warstwach grubych. Piaskowiec ten wietrzejąc rozpada się na olbrzymie bryły i tworzy skały malownicze, np. w Uryczu, Bubniszczach, Rozhureczach, oraz potężne grzbiety, których szczyty należą do najwyższych w Karpatach galicyjskich.

Wytrzymałość na ściskanie zmienna w bardzo rozległych granicach od 120 do 650 *kg* na *cm*² (= 47 — 256 pud. na cal kwadr.).

e) *Piaskowiec neokomiński* (n. Hilssandstein, Neokomsandstein), barwy białawej lub żółtawej, zawierający niewiele glaukonitu, występuje w Anglii, Francyi północnej, na Harcu północnym, w lesie Teutoburskim, w górach Gildehaus. — Ceniony jest jako dobry kamień budowlany; niektóre odmiany są ogniotrwałe.

8) Piaskowce formacyj trzeciorzędowych. Tu należą:

a) *Piaskowiec numulitowy*, formacji eoceniczej, barwy zazwyczaj ciemno-zielonej do czarnawej, niekiedy żółto-zielonej, rzadziej czerwonawej, o złożeniu miążkoziarnistym do gruboziarnistego. Piaskowiec ten składa się najczęściej z dużych ziarn kwarcu, połączonych spoiwem żelazisto-wapiennem; często obfituje w wapno, a zawsze zawiera liczne skorupki otwornic z rodzaju *nummulites* (*pieńiążek*), oraz ziarna rudy żelaznej.

Występuje we Francyi głównie w okolicy Beauchamp (*grès de Beauchamp*) i koło Nicei, rozpościera się wzdłuż brzegów m. Śródziemnego, znajduje się obficie

w Alpach, Karpatach i Apeninach, nadto w Hiszpanii, Grecyi i Turcyi. — Wybitne łomy znajdują się w przedgórzu Alp bawarskich koło Tölz, Altbeuern, Neubeuern, Mattsee i t. d.

W Karpatach piaskowiec numulitowy występuje w kilku odmianach; znajdują się tu piaskowce wapienne żółto-szare, piaskowce gruboziarniste ropne i t. d. Do formacyi eoceniczej zaliczają nadto w Karpatach piaskowiec krzemienisty, twardy, barwy zielonej, pokryty na powierzchni licznymi hieroglifami, spoczywający często na piaskowcu bryłowym jamnieńskim, tworząc t. zw. *warstwy górnohieroglifowe*, oraz *piaskowiec ciężkowicki*, kruchy, miękki, gruboławicowy, który występuje na znacznych przestrzeniach na zachód od Sanu i tworzy często skały fantastyczne.

Piaskowce numulitowe używane są w postaci kamienia łamanego i ciosów do murów budowli lądowych i wodnych, nadto na płyty dla chodników, na kostki dla bruków, a gdy są bardzo mialkoziarniste — na kamienie młyńskie i szlifierskie.

Do formacyi eoceniczej należą także piaskowce łamane we Włoszech górnych i zwane tam *macigno*, oraz niektóre piaskowce morszczynowe, o których już powyżej była mowa (p. str. 106).

b) *Piaskowiec molasowy (miękki)*, formacyi oligoceniczej i późniejszych, należy do najmłodszych piaskowców. Piaskowiec ten barwy zazwyczaj szarej, rzadziej żółtawej lub zielonawej, o złożeniu ziarnistym we wszystkich odcieniach od wielkoziarnistego do mialkoziarnistego, ma odłam nierówny, pręcikowy, a składa się z ziarn ostrokanciastych kwarcu, często z przymieszką blaszek łuszczyku, przyczem ziarna połączone są spoiwem krzemionkowym, wapiennym, albo też wapienno-marglowym, a często gliniastym. Niekiedy odznacza się niepospolitą twardością i wytrzymałością, niekiedy zaś jest miękki.

Występuje głównie we Francyi, Bawaryi, Wirtembergii i Austryi, oraz na krawędzi północnej Alp.

Niektóre odmiany piaskowca molasowego, zwłaszcza o spoiwie krzemionkowym i wapiennym, są dobrym materiałem budowlanym. Piaskowce molasowe, o spoiwie krzemionkowym, przypominające z wyglądu wakę szarą, odznaczają się niepospolitą twardością i wytrzymałością, a używane są przeważnie na bruki uliczne. Piaskowce molasowe, o spoiwie wapiennym i wapienno-marglistym, używane są na ciosy, stopnie schodów, nagrobki i t. p.; posiadają one dostateczną odporność na wpływy czynników atmosferycznych, jak o tem świadczą liczne, kilka wieków temu wzniesione, budowle w miastach Szwajcaryi. Piaskowce molasowe, o spoiwie gliniastym, nadają się mniej do celów budowlanych, gdyż wchłaniając wilgoć mięknią, a następnie pod wpływem mrozu ulegają zniszczeniu.

Wytrzymałość piaskowca molasowego, podana przez Bauschinger'a dla pięciu odmian z łomów bawarskich i szwajcarskich, okazała się zmienną na ściskanie w granicach okrągło od 500 do 1500 *kg* na *cm*² (= 197 — 590 pud. na cal kwadr.), na przecinanie od 40 do 150 *kg* na *cm*² (= 16 — 59 pud. na cal kwadr.), na wyginanie od 25 do 85 *kg* na *cm*² (= 10 — 33 pud. na cal kwadr.).

Do piaskowców formacyj trzeciorzędowych należą jeszcze bardzo liczne odmiany, znane pod różnemi nazwami miejscowemi. We Francyi łamany jest *piaskowiec z Fontainebleau* (fr. grès de Fontainebleau), krystaliczny, biały, twardy,

zawierający spat wapienny i tworzący skały fantastyczne. Piaskowiec ten używany jest głównie na bruki i na szaber dla dróg bitych. W Niemczech północnych piaskowce formacji trzeciorzędowych występują tylko w kilku miejscowościach, np. w okolicach pomiędzy Szczecinem i Poelitz, gdzie łamany jest kamień dość twardy, ciemno-czerwono-brunatny, zawierający łyszczyk. W kotlinie koło Moguncyi łamany jest *piaskowiec liściasty* (n. Blattersandstein), twardy, zawierający pozostałości roślin, a zawdzięczający nazwę swą licznym odciskom liści. W okolicach Sternberga w W. Ks. Meklenburgsko-Szweryńskim znajduje się piaskowiec barwy brunatnej do brunatno-czerwonej, bogaty w skamieniałości, a znany pod nazwą *ciasta sternbergskiego* (n. Sternberger Kuchen). Pod Waldshut łamany jest *piaskowiec feldspatowy* (n. Feldspath-Sandstein), o spoiwie krzemionkowym, wytrzymały i trwały; zaś pod Weissenbach w Austrii dolnej — *piaskowiec wapienny* (n. Kalksandstein), składający się z ziarn wapiennych, połączonych spoiwem wapiennym, a odznaczający się również znaczną wytrzymałością i trwałością. W Szwajcaryi i Bawaryi południowej znany jest *piaskowiec muszłowy* (n. Muschelsandstein), o spoiwie wapiennym, zawierający liczne muszle. — W Rosyi piaskowce formacji trzeciorzędowych znajdują się nad rz. Jamfezą w gub. inflandzkiej; nad rz. Windawą i koło Holdingena w gub. kurlandzkiej; koło wsi Klinkowa i Kalinowki w pow. aleksandryjskim gub. chersońskiej (piaskowiec gliniasty, po wydobyciu miękkiej, następnie na powietrzu twardniejącej), oraz w górach nad rz. Ingulcem w tejże gubernii; koło Połtawy i w innych miejscowościach nad rz. Worskłą, w gub. poławskiej; w wielu miejscowościach gub. tulskiej (piaskowiec białawy i czerwony, używany na fundamenty); nad rz. Wołgą w gub. saratowskiej; nadto w Krymie (piaskowiec gliniasty).

W Królestwie Polskiem i w W. Ks. Poznańskim wzdłuż Warty, oraz w Galicyi wschodniej występują piaskowce formacji trzeciorzędowych, zawierające warstwy grube węgla brunatnego i nieprzydatne dla celów budowlanych. — W Karpatach w sąsiedztwie łupków menilitowych, występuje piaskowiec formacji oligoceniczej, jasny, drobnoziarnisty, o uławiceniu grubym, noszący miano *piaskowca kłwskiego*. Nad łupkami menilitowemi rozpościera się niekiedy w Karpatach piaskowiec ilasty, zbity, drobnoziarnisty, popielaty, zwany *dobrotowskim*, a najwyższe ogniwo formacji trzeciorzędowych tworzy tamże często piaskowiec, zwany *magórskim*, jasny, o uławiceniu grubym, złożony z dość dużych ziarn okrągłych kwarcu i zawierający znaczną bardzo ilość łyszczyku, co mu daje połysk znamieny. W okolicach Jasła, Krosna, Rymanowa i t. d. występuje piaskowiec karpacki wielko-plytowy, szary, wietrzejący żółtawo, leżący naprzemian z rozmaitemi ilolupkami, a zwany *piaskowcem krośnieńskim*. — W Galicyi wschodniej piaskowce formacji mioceniczej występują nad Dniestrem, zaś formacji plioceniczej — w obwodzie kołomyjskim.

W Królestwie Polskiem piaskowce formacji trzeciorzędowych są ogniwami pokładów, spoczywających po części bezpośrednio na grubowapieniu, a nazwanych przez Puscha *formacją piaskowca muszłowego*. W warstwach spodnich tej formacji, rozpościerającej się głównie w okolicach pomiędzy Buskiem a Stopnicą, przy Staszowie, około Lipowca pomiędzy Frampolem a Józefowem, obok piasków czystych, występuje *piaskowiec muszłowy*, o spoiwie wapiennym, oraz

piaskowiec gruboziarnisty, o spoiwie krzemionkowym. Ten piaskowiec gruboziarnisty, z powodu, że znajduje się głównie około Szydłowa i że zawiera skorupy mięczaków z rodzaju *cerithium* (*sawiska*), nazwany został przez Pusch'a *piaskowcem szydłowskim certytowym*. Do warstw spodnich formacji piaskowca muszlowego należą jeszcze: piaskowiec biały, o spoiwie wapiennym, w okolicach Sandomierza, Szydłowa, Chmielnika, Pinczowa, na drodze pomiędzy Wiślicą a Stopnicą, oraz pod Kurozwękami; takż piaskowiec w górach pomiędzy Józefowem a Frampolem; wreszcie piaskowiec komórkowaty, gruboziarnisty, o spoiwie krzemionkowym, w okolicach Chełma i Lublina, używany na kamienie młyńskie, na kamień do murów, oraz w postaci szabru do wysypywania gościńców. — Do piaskowców formacji trzeciorzędowych należy nadto piaskowiec twardy, czerwony, do kwarcytu podobny, występujący w okolicy Tułkowiec w dolinie Opakówki, oraz piaskowiec żółtawy, drobnoziarnisty, kruchy, znajdujący się w okolicy Bogoryi.

Piaskowiec, o spoiwie wapiennym, łamany głównie pod Pinczowem i pod wsią Kikową pomiędzy Wiślicą a Stopnicą, znany jest u nas pod nazwą kamienia *pińczowskiego* albo *paryskiego*. Jest to piaskowiec barwy białej, czystej, miałkoziarnisty, o złożeniu równomiernem, który bezpośrednio po wydobyciu z łomu jest miękki i daje się łatwo piłować, obrabiać i rzeźbić, następnie jednak na powietrzu twardnieje i nabiera mocy. Nadaje się wybornie na ciosy do murów, nadto na kolumny, balustrady, gzymsy, oraz na rzeźby, pomniki, nagrobki, ozdoby architektoniczne i t. p. Odnacza się niepospolitą trwałością; miasta Pinczów, Busko, Szydłów, Chmielnik, Kurozwęki i Staszów, są niemal całkowicie z kamienia tego zbudowane. — Piaskowiec o spoiwie wapiennym, znajdujący się w górach pomiędzy Frampolem a Józefowem Ordynackim w pow. zamojskim, wydobywany głównie w okolicach wsi Trzęśni, osady Frampola i Józefowa, jest drobnoziarnisty, ma barwę białawą, złożenie jednak mniej równomierne aniżeli piaskowiec pińczowski; nie nadaje się więc do robót rzeźbiarskich, lecz może być korzystnie używany na kamień do murów, na kolumny, obramowania okien i drzwi, gzymsy i t. p.

W okolicach Janikowa pomiędzy Zawichostem a rz. Kamienną w pow. opatowskim, znajduje się piaskowiec, o spoiwie gliniastem, zwykle u nas *janikowskim* zwany, ceniony jako kamień ogniotrwały; takż piaskowiec ogniotrwały, lecz o spoiwie krzemionkowym, znajduje się na Wołyniu nad rzekami Irszycą i Pomorówką w pow. żytomierskim.

Jako typ zasadniczy piaskowców uważać można piaskowiec kwarcowy, będący skałą zbitą, złożoną z ziarn krystalicznych kwarcu, połączonych spoiwem. Różni się on od kwarcytów tem, że zazwyczaj można w nim rozpoznawać oddzielne ziarna i spoiwo. Granicy wyraźnej jednak pomiędzy kwarcytami i piaskowcami kwarcowymi w przyrodzie niema i niekiedy trudno jest orzec, czy dana skała do kwarcytów, czy też do piaskowców kwarcowych należy. — Piaskowce kwarcowe czyste rzadko są napotymane; zazwyczaj w skład piaskowców oprócz ziarn kwarcu wchodzi cząstki innych mineralów, które albo ułożone są równomiernie z ziarnami kwarcu, albo też zapełniają przestrzenie wolne pomiędzy stykającymi się ziarnami kwarcu. — Ziarna wchodzące w skład piaskowców są za-

zwyczaj okrągłe, albo mają krawędzie zaokrąglone; tworzyły one niegdyś piasek sypki; przenieszone przez wody z miejsca na miejsce, pod wpływem tarcia zaokrąglają się, a po osadzeniu połączone zostały w skalę za pomocą spoiwa.

Wszystkie piaskowce w stanie świeżym, t. j. bezpośrednio po wydobyćiu z łomu, zawierają pewną, większą lub mniejszą, ilość wody, czyli t. zw. wilgoci skalnej, a wskutek tego dają się łatwiej obrabiać aniżeli piaskowce odleżale, z których część wody na powietrzu już wyparowała. Zawartość wilgoci skalnej bywa niekiedy tak znaczną, że piaskowiec po wydobyćiu z łomu jest miękki, daje się łatwo piłą przecinać, obrabiać, ciosać, rzeźbić i toczyć, a następnie dopiero na powietrzu twardnieje i nabiera mocy. Nadmierna ilość wilgoci może jednak okazać się szkodliwą, zmniejszając odporność kamienia na wpływ temperatury niskiej. Kamień wilgotny bowiem, wystawiony na działanie mrozu, nie wytrzymuje parcia wody, zwiększającej swą objętość podczas zamarzania, a wskutek tego łuszczy się i pęka. Z tego powodu piaskowce po wydobyćiu z łomu i obrobieniu, winny być przechowywane przez pewien czas w miejscu suchym i przewiewnym, gdyż użyte do robót przed wyschnięciem i stwardnieniem, zwłaszcza w porze jesiennej lub zimowej, łatwo ulegają zniszczeniu.

Zastosowania rozliczne piaskowców wskazane są powyżej przy opisie odnośnych odmian.

Piaskowiec dobry, nadający się do robót budowlanych, winien mieć dostateczną wytrzymałość, zwłaszcza na ściskanie i dostateczną trwałość; wilgoci pochłoniętej z powietrza nie powinien zbyt długo zatrzymywać, a wystawiony na wpływ mrozu, nie powinien łuszczyć się ani pękać; twardość jego nie powinna być zbyt znaczną, tak, ażeby można było go obrabiać w kształty pożądane, o powierzchniach gładkich, a nawet szlifować, przyczem kamień podczas obróbki nie powinien kruszyć się ani pękać; złożenie winno być możebnie równomierne, miałkoziarniste, a barwa — trwałą; spoiwo winno być krzemionkowe, wapienne lub margliste, a ilość spoiwa nie powinna być zbyt znaczną.

Piaskowce o spoiwie krzemionkowym, oraz piaskowce białe, złożone z ziarn ostrokanciastych kwarcu, połączonych niewielką ilością spoiwa, mają największą wytrzymałość i trwałość. Spoiwa, złożone z wapna, marglu lub wodanu tlenniku żelaza, rozkładają się w kwasie solnym. Piaskowce o spoiwie gliniastem chciwie pochłaniają wilgoć i są mało odporne na wpływ mrozu; nie nadają się więc do murów domów mieszkalnych, lecz znajdują często zastosowanie jako kamienie ogniotrwale. Piaskowce o spoiwie krzemionkowym są zazwyczaj także ogniotrwale; natomiast piaskowce o spoiwie wapiennem lub marglistem, nie ujawniają dostatecznej odporności na wpływ temperatury wysokiej.— Piaskowce zawierające gniazda iskrzyku albo żelaziaka brunatnego ilastego (limonitu ilastego) są w ogóle nie-trwale, gdyż rudy te łatwo rozkładają się na powietrzu. Piaskowce z okrą żelazną, o spoiwie żelazistem, łatwo kruszą się i rozpadają, chciwie pochłaniają wodę, poczem na mrozie łuszczą się; nie nadają się przeto do robót budowlanych.

Od wpływu wilgoci można zabezpieczyć piaskowce przez powłokę z farby olejnej. W tym celu należy kamień dostatecznie wyschnięty najprzód starannie oczyścić z brudu i kurzu, następnie nasycić kilkakrotnie olejem w porze pogodnej, wszelkie zaś szpary i zagłębienia szczelnie wypełnić kitem olejnym i wreszcie powierzchnie kamienia pociągnąć farbą olejną raz jeden

w dniu gorącym lub po odpowiednim ogrzaniu kamienia. Do oleju dodać należy jaknajmniej barwnika, gdyż przy nadmiernej ilości barwnika, farba łuszczy się.

Piaskowce porowate wystawione na bezpośrednie działanie deszczów, jak np. w gzym-sach, obramowaniach okien i t. p., korzystnie jest zabezpieczać powłoką z cementu rzymskiego (Roman-Cement), 3—4 mm grubą, przyczem jednak cement ten winien być gatunku wyborowego.

Prawie całkiem nieprzemakalnym można uczynić piaskowiec, zanurzając go na pewien czas w wodę wapienną; baczyć jednak należy przytem, ażeby woda wapienna nie była mętną.

Porowatość piaskowców jest zmienną w granicach od 4 do 27%. Porowa-tość piaskowców, złożonych z ziarn ostrokanciastych, połączonych niewielką ilo-scią spoiwa, jest stosunkowo małą; natomiast porowatość piaskowców, złożonych z ziarn okrągłych, połączonych znaczną ilością spoiwa, jest stosunkowo wielką.

Wytrzymałość piaskowców na ściskanie jest zmienną w bardzo rozległych granicach od 100 do 1000 kg na cm^2 (=39—394 pud. na cal kwadr.), a niektóre piaskowce, zbliżone do kwarcytów, ujawniają wytrzymałość na ściskanie jeszcze znacznie większą od 1000 kg na cm^2 . O wytrzymałości danego piaskowca można sądzić tylko z doświadczeń bezpośrednich, gdyż w piaskowcach niema żadnej sta-łej zależności pomiędzy ciężarem jednostki objętości, porowatością, a wytrzymało-scią mechaniczną. Zauważyć jeszcze należy, że w piaskowcach wytrzymałość na ściskanie jest bardzo różną, zależnie od tego, czy obciążenie działa prostopadłe lub równoległe do warstw. Obciążenie prostopadłe do warstw usiłuje przewy-ciężyć spójność części składowych kamienia; obciążenie zaś równoległe do warstw dąży do zerwania spójności pomiędzy warstwami. A że w piaskowcach uławicenie jest zazwyczaj wyraźne, spójność zaś składników znacznie większą aniżeli spójność pomiędzy warstwami, przeto wytrzymałość na ściskanie przy kierunku obciążenia prostopadłym do warstw, jest najczęściej znacznie większą, aniżeli przy kierunku równoległym do warstw.

W murach piaskowce winny mieć położenie naturalne, t. j. powierzchnie ich łóżyskowe winny być równoległe do uławicenia skały, gdyż przy takim położe-niu piaskowce mniej podlegają szkodliwemu wpływowi wilgoci, są zatem odpor-niejsze na działanie mrozu, a przytem mogą znosić znacznie większe obciążenia.

Ciężar właściwy piaskowców jest zmienny w granicach od 1,9 do 2,7.

Przy zwiększeniu temperatury o $1^{\circ} C.$, objętość piaskowców zwiększa się przeciętnie o 0,000038.

Ziemia powstała z wietrzenia piaskowców jest nieurodzajna, zimna i sucha, nie zatrzy-muje dostatecznie długo wilgoci i nie zawiera sodu i potasu; tylko piaskowce, których przewa-żającą ilościowo część składową stanowi spoiwo gliniaste lub margliste, po zwietrzeniu tworzą ziemię, sprzyjającą roślinności.

IV. Zlepiénce (konglomeraty), okruchowce czyli druzgoty (brekeye) i martwice (tufy).

Zlepiénce i okruchowce należą do skal zlepkowych, składają się bowiem z minerałów albo części różnych skal, połączonych spoiwem. W zlepiénkach te odlamy minerałów i skal są okrągłe lub zaokrąglone (żwiry, otoczaki), w okru-chowcach zaś — ostrokanciaste. Zlepiénce i okruchowce różnią się więc głównie kształtem odłamów; to też okruchowce, wskutek zaokrąglania się krawędzi odła-

mów, przechodzą często w zlepieńce. Najczęściej napotykanne są w zlepieńcach i okrucchowcach odłamy kwarcu, granitu, syenitu, porfirów, zieleńców, trachytów i t. d. Niekiedy odłamy nie są połączone spoiwem, lecz spoczywają w masie skały wybuchowej, jak w zlepieńcach zieleńcowych i porfirowych. *Zlepieniec* (fr. conglomérat; n. Conglomerat) lub *okruchowiec* (fr. brèche; n. Breccie, Trümmergestein) nazywa się *pojedynczym*, *jednostajnym* albo *jednorodnym*, gdy wszystkie odłamy wchodzące w jego skład są jednego gatunku, zaś *złożonym*, *niejednostajnym* albo *różnorodnym*, gdy odłamy są różnych gatunków. Odłamy skalne, wchodzące w skład zlepieńców i okrucchowców, są zazwyczaj większe od ziarn grochu; wielkość ich jest jednak zmienną w rozległych granicach, gdyż w zlepieńcach napotyka się odłamy mające do 1 m, a w okrucchowcach znajdują się niekiedy odłamy jeszcze znacznie większe. Własności techniczne zlepieńców i okrucchowców są oczywiście zależne nie tylko od własności odłamów skalnych, ich kształtu, wielkości i ilości stosunkowej, lecz także od własności spoiwa, a zwłaszcza od jego siły spójnej i trwałości, oraz od jego ilości stosunkowej. Spoiwo to może być *krzemionkowe*, *wapienne*, *gliniane*, *kaolinowe*, *margliste*, *żelaziste*, *glaukonitowe*. Największą wytrzymałość i trwałość mają zlepieńce i okrucchowce o spoiwie krzemionkowym. Spoiwo wapienne złożone z krystalicznego węgla wapnia jest najczęściej mocne i trwałe. Spoiwo gliniaste, złożone z gliny zanieczyszczonej, zawierającej często żelazo, oraz spoiwo kaolinowe, złożone z gliny czystej, powstałej z wietrzenia spatów polnych, jest słabe i nietrwałe, lecz znosi dobrze wpływ temperatury wysokiej. Spoiwo margliste, złożone z gliny i wapna, miewa tem większą siłę spójną i tem większą trwałość, im większą jest ilość stosunkowa wapna. Spoiwo żelaziste złożone najczęściej z tleniku żelaza z przymieszką gliny i wapna, gdy znajduje się w ilości niewielkiej, nie oddziaływa szkodliwie na wytrzymałość i trwałość skały. Spoiwo glaukonitowe, utworzone z ziarenek miążkich glaukonitu i piasku, połączonych spoiwem najczęściej wapiennem, odznacza się dostateczną siłą spójną i trwałością.

Skoro z masy skalnej pokruszonej na cząstki miążkie, lub przekształconej w wodzie na mułek, utworzy się nowa skała w postaci masy porowatej, gąbczastej, albo ściślejszej, zawierająca części nieuszkodzone skały pierwotnej, to utwór taki nazywa się *martwicą* albo *tufem* (fr. tuf; n. Tuff). W martwicach więc zasadnicza masa skalna jest zarazem spoiwem.

Ciężar właściwy martwic jest zmienny, przeciętnie zaś wynosi 1,5.

Jeżeli w zlepieńcu lub okrucchowcu, zarówno odłamy skalne jako też spoiwo, dają się polerować, to skała jest cennym materiałem dla wyrobów ozdobnych.

Zlepieńce i okrucchowce występują we wszystkich formacjach osadowych, od najdawniejszych do najnowszych, a po części i obecnie jeszcze się tworzą. Okrucchowce występują rzadziej aniżeli zlepieńce i w pokładach mniej grubych.

1. Okrucchowce gnejsowe i zlepieniec szarowakowy.

1) *Okrucchowce gnejsowe* należą do utworów najstarszych, przedsylurycznych, a składają się z odłamów gnejsu, łupku łuszczycowego, łupku glinianego i innych skal krzemionkowych, połączonych spoiwem gnejsowem, albo też osa-

dzonych w granicie wybuchowym. Wielkość tych odłamów jest rozmaita; mają one postać już to niewielkich okruchów, już to sporych bloków, a kształt przeważnie wielościenny, nieregularny; tylko odłamy pochodzące ze skał łupkowych występują w postaci tablic i płyt.

2) *Zlepieniec szarowakowy* występuje głównie w formacji sylurycznej i dewońskiej, a składa się z otoczków granitu, gnejsu, łupku łuszczkowego, kwarcu, spatu polnego, zieleńców, porfirów i innych skał, połączonych spoiwem krzemionkowym, krzemionkowo-gliniastem, albo gliniasto-łupkowym. Wielkość otoczków jest różna; niekiedy nie są większe od pięści, niekiedy zaś mają kilka metrów średnicy.

Zlepieniec szarowakowy występuje głównie w Czechach, Voigtlandzie, Westfalii, w lesie Turyngskim i na Harcu.

Ziemia powstała ze zwięzienia zlepieńca szarowakowego jest kamienista, luźna, gliniasta.

2. Zlepieniec czerwony.

Zlepieniec czerwony, tak nazwany z powodu, że stanowi ogniwo główne formacji czerwonej czyli piętra dolnego formacji permskiej Niemiec, składa się z otoczków i żwirów najrozmaitszych skał: gnejsu, granitu, łupku łuszczkowego, łupku krzemionkowego, łupku glinianego, kwarcu, zieleńców, porfirów i t. d., połączonych spoiwem krzemionkowym, piaskowcowatym, piaszczystym, gliniastym, często żelazistym, rzadziej wapiennym. Zlepieniec ten ma barwę czerwono-brunatną, uławiczenie—wyraźne, przyczem występuje często w warstwach przemiennych, gruboziarnistych i miążkoziarnistych. Odłamy skalne, od wielkości orzecha do wielkości głowy, są zaokrąglone albo okrągłe.

Występuje w Bawaryi, w dolinach Saary i Renu, w Mansfeldzie, na Harcu południowym, w górach Kruszcowych i t. d.

Ziemia powstała ze zwięzienia zlepieńca czerwonego jest piaszczysta i gliniasta.

3. Zlepienie kwarcowe i okruchowce kwarcytowe.

1) *Zlepienie kwarcowe* występują w formacji sylurycznej i dewońskiej oraz w późniejszych, zwłaszcza w formacji kredowej i w formacjach trzeciorzędowych, a składają się z otoczków i żwirów kwarcowych, zmieszanych niekiedy z odłamami zaokrąglonemi lub okrągłemi innych skał. Spoiwo mają krzemionkowe, gliniasto-łupkowate albo gliniaste. Jeżeli w skład zlepieńca kwarcowego wchodzi przeważnie odłamy łupku krzemionkowego i kamienia lidyjskiego (lidyty), to skała nosi nazwę *zlepieńca lidyjskiego* (fr. conglomerat lydien; n. Lyditconglomerat); jeżeli zaś zlepieniec kwarcowy składa się z otoczków krzemieńca (skałki), to nosi miano *zlepieńca krzemieńcowego* (n. Flintconglomerat). — Do zlepieńców kwarcowych należy także *rumolep* czyli *puddling* (fr. poudingue; n. Puddingstein), występujący w formacjach trzeciorzędowych (przeważnie w form. eoceniczej) Anglii, zwłaszcza w okolicach Herfordshire, a składający się z bulw krzemieńcowych, od wielkości orzecha laskowego do wielkości pięści, barwy żółtej, brunatnej lub czarnej, połączonych bardzo mocnym i twardym spoiwem krzemionkowym, rogowcowatym, barwy żółtej lub szarej.

W Galicyi występują zlepienice kwarcowe formacyi permskiej, w Tatrach; zlepienice kwarcowe formacyi jurajskiej, po części żelaziste, barwy żółtej lub czerwonej — w okolicach Krakowa; zlepienice kwarcowe, o spoiwie wapiennem, należące do formacyi kredowej — również w okolicach Krakowa. — W Królestwie Polskiem zlepienice kwarcowe, o spoiwie wapienno-gliniastem, należące do formacyi piaskowca pstrego, występują w Brzezinach pod Kielcami, w okolicach Zagnańska, nadto w wielu miejscowościach w Opatowskiem, a między innymi przy samym Opatowie, oraz pomiędzy Ptkanowem a Lipową; zlepienice kwarcowe, formacyi kajpru, po części przechodzące w piaskowiec żelazisty, znajdują się na stoku północnym gór Kieleckich, zwłaszcza pod Odrowążem, Przyłogami, Stanowiskami; zlepienice kwarcowe bardzo zwięzłe, teje formacyi, złożone z okruchów kwarcu, jaspisu i krzemienia, połączonych spoiwem kwarcowem mocnem, występują w postaci głazów rozsianych na polach piaszczystych nad Przemszą Białą i Wartą górną; zlepienice kwarcowe, formacyi jurajskiej, z odciskami niewyraźnemi małżów, przechodzące po części już to w piaskowiec bez skamieniałości, już to w ikrowce żelaziste, zawierające skamieniałości, występują około Raclawic; zlepienice kwarcowe żelaziste, teje formacyi, znajdują się w okolicach na południe od Olkusza; wreszcie zlepienice kwarcowe, formacyi kredowej, ze spoiwem wapiennem, występują w kilku okolicach w części południowej kraju.

2) Okruchowce kwarcowe, różnych formacyj osadowych aż do najmłodszych, składają się z odłamów ostrokanciastych kwarcytu i rogowca, a w szczelinach swych zawierają często kryształy kwarcu i ametystu, żelaziak czerwony i rudę manganową. Tworzą potężne żyły w górach Kruszcowych, zwłaszcza w okolicach Schwarzenbergu.

W Karpatach znajdują się okruchowce kwarcowe, formacyi eoceniczej, utworzone z odłamów kwarcytu, wapienia, łupków zielonych krystalicznych i t. p., a zawierające drobne numulity.

4. Zlepienice zieleńcowe, okruchowce zieleńcowe i martwice zieleńcowe.

1) Zlepienice zieleńcowe i okruchowce zieleńcowe składają się przeważnie z ułamków dyabazu, porfiru dyabazowego, dyorytu, porfiru dyorytowego (afanitu) i t. p., połączonych spoiwem. W skałach należących do najdawniejszych formacyj osadowych spoiwo to utworzone jest z zieleńca krystalicznego; w skałach zaś należących do późniejszych formacyj, spoiwo składa się często z martwicy zieleńcowej. — Zlepienice i okruchowce zieleńcowe występują głównie w Voigtlandzie saskim i w Frankonii górnej.

2) Martwica zieleńcowa jest skałą o uwarstwieniu prawidłowem, często łupkowem, mającą zazwyczaj wygląd skały jednostajnej, o odlamie miałkoziarnistym, ziemistym, do pozornie zbitego. Składa się z gruzu zieleńcowego, bardzo miałkiego, piaszczystego lub pyłkowatego, mającego najczęściej barwę brudno-zieloną. Często nasycona jest węglanem wapnia i wtedy przedstawia się jako skała pozornie zbita; niekiedy znajdują się w niej liczne skamieniałości, jak np. pod Planschwitz w Saksonii, Martwicę zieleńcową niekiedy trudno jest odróżnić od porfiru

dyorytowego (afanitu), do którego z wyglądu jest podobną. Martwica zielonowa przechodzi często w lupek szarowakowy. — Występuje głównie w Voigtlandzie saskim, w Nassauskiem, Frankonii górnej, Tyrolu południowym, Kornwalu i t. d., oraz na Kaukazie, gdzie znajduje się martwica dyabazowa, barwy zielonej, mało odporna na wpływ mrozu.

5. Zlepiénce porfirowe, okrucchowce porfirowe i martwice porfirowe.

1) *Zlepiénce porfirowe i okrucchowce porfirowe* składają się z odłamów różnych porfirów; odłamy te połączone są spoiwem utworzonym z miękkiego gruzu kamiennego, albo też z masy skalnej porfirowej. Występują w Saksonii i Czechach, a głównie w górach Kruszcowych.

2) *Martwica porfirowa (martwica felzytowa, kamień gliniany)* jest skałą zlepkową, o uławiceniu niekiedy bardzo wyraźnem, utworzoną z gruzu porfirowego startego na piasek mialki lub pył. Jest to skała zbity, piaskowcowata, często jednak także o złożeniu dziurkowatym, komórkowatym, z odłamek ziemistym lub ziarnistym. Twardość martwicy porfirowej bywa zazwyczaj małą; niektóre jednak odmiany są bardzo twarde i podatne do robót budowlanych. Martwice porfirowe są najczęściej różnobarwne, pstre, z barwnymi żyłami i plamami. Często napotykanne są w nich odciski liści, paproci, łodyg i t. p. — Jaspise wstęgowe należą do najbardziej mialkoziarnistych, najwięcej zbitych i najmocniejszych martwic felzytowych.

Martwice porfirowe występują w górach Kruszcowych, w lesie Zeisig pod Chemnitz, w górach Wechsel i Rochlitz, pod Döhlen w pobliżu Drezna, pod Rednitz w Czechach i t. d.

W Galicyi martwice porfirowe, piętra dolnego formacji permskiej, tworzą liczne, większe lub mniejsze, obnażenia w okolicach Krzeszowic i Alverni, a głównie około Filipowic i Karniowic. — W Królestwie Polskiem martwice porfirowe, należące również do piętra dolnego formacji permskiej, występują w postaci masy gliniastej, miękkiej, rzadziej twardej, najczęściej ciemno-czerwonej, w południowo-zachodniej części kraju, zwłaszcza w okolicach Dąbrowy około Gołonoga, gdzie wraz z zlepiénkami wapiennymi tworzą wąski pas, ciągnący się od południo-wschodu ku północo-zachodowi, nadto w okolicach Sławkowa, a mianowicie pomiędzy Sławkowem a wsią Dębowa Góra i w pobliżu wsi Bór Biskupi, wreszcie w okolicach wsi Łosienia, gdzie martwicę porfirową łamią na szaber dla dróg bitych.

6. Zlepiénce trachytowe, okrucchowce trachytowe i martwice trachytowe.

1) *Zlepiénce trachytowe i okrucchowce trachytowe* składają się z brył wielkich lub odłamów drobnych trachytu, pomiędzy którymi znajdują się często ulamki pumeksu i słupienia żużlowego. Spoiwem łączącym te odłamy jest ciasto trachytowe. Zlepiénce trachytowe odznaczające się złożeniem równomiernem

znajdują się w Siedmiogórzu i w okolicach jeziora Laach, gdzie cenione są jako kamień ogniotrwały, używany do budowy pieców, ognisk i t. p.

Zlepienice i okrucowce pumeksowe, zbliżone własnościami do trachytowych, złożone są z odłamów pumeksu, połączonych spoiwem gliniastem, albo też spoiwem utworzonym z masy pumeksowej rozartej na proszek. Są to skały lekkie, porowate, o wytrzymałości małej, w których jako składniki przyboczne znajdują się blaszki łyszczyku, opał, okrucy trachytu, obsydyan i t. p. Ponieważ dają się łatwo obrabiać, a przytem są lekkie i ogniotrwałe, przeto używane są do murów pruskich, do murów ogniowych, do budowy pieców, ognisk i t. p., a w pobliżu miejsc wydobywania, zwłaszcza w okolicach Neuwied nad Renem — także na kamień do murów zwykłych.

2) Martwica trachytowa składa się z cząstek miążkich trachytu, rozdrobnionego mechanicznie lub wskutek wietrzenia. Jest to skała kredowo-ziemista albo ziarnisto-piaskowcowata albo wreszcie okrucowcowata, niekiedy pozornie zbita, która często tylko uwarstwieniem różni się od trachytu właściwego. Jako składniki przypadkowe występują w martwicy trachytowej: blaszki łyszczyku, oraz kryształy sanidynu, hornblendy, magnetytu, a niekiedy także opalu szlachetnego, jak np. pod Koszycami (Kaschau) na Węgrzech. Niekiedy znajdują się w martwicy trachytowej muszle i pancerze okrzemek.

Martwica trachytowa ma najczęściej barwę jasną, a głównie jasno-szara, jasno-żółtawą, jasno-żółtawo-zieloną; jest ogniotrwała, odznacza się niepospolitą trwałością i wytrzymałością, daje się przytem łatwo obrabiać. Dzięki tym własnościom znajduje liczne zastosowania jako kamień do murów pruskich, do licowania murów zwykłych od zewnątrz, a także do murów ogniowych, do budowy pieców, ognisk i t. p. Niekiedy, jak np. w Saros-Patak na Węgrzech, martwica krzemionkowa, wskutek nasycenia krzemionką, posiada tak znaczną twardość i wytrzymałość, że mogą być z niej wyrabiane kamienie młyńskie. — Odmiany bardzo miążkoziarniste występują na Węgrzech i w Siedmiogrodzie; nadto znajduje się martwica trachytowa we Francyi środkowej. W Rosyji martwica trachytowa, barwy czerwonej, dająca się łatwo obrabiać, lecz zbyt miękka i nie dość trwała, znajduje się w kraju zakaukaskim; braną była w znacznej ilości do licowania murów tunelu suramskiego.

Do martwic trachytowych należą prawdopodobnie także martwice z okolic Elizawetpola, znane tam pod nazwami: *chatis* i *dagdan* (*azat*). *Chatis* jest martwicą, barwy różowej, trwałą, dającą się łatwo obrabiać i odpowiednią dla robót budowlanych. Z martwicy tej zbudowany jest kościół armiański w Elizawetpolu oraz kościół luterński w kolonii Helenendorf. *Dagdan*, barwy fioletowej, z plamkami drobnymi białymi, jest dobrym materiałem dla budowy lądowych i wodnych, znajdującym liczne zastosowania przy budowie domów i kościołów w Elizawetpolu, gdzie martwicę tę użyto także do licowania przyczółków i filarów mostu żelaznego na rz. Ganzynce.

Zbliżone własnościami do martwicy trachytowej właściwej są:

a) *Martwica pumeksowa*, utworzona z miążko sproszkowanego gruzu pumeksu i zawierająca okrucy pumeksu i trachytu, ziarna sklistynu i amfigenu, blaszki łyszczyku, kryształy sanidynu i granatu, oraz różne pozostałości organiczne, jest w dotknięciu szorstką, o złożeniu ziemistym do zbitego, barwy białej, żółtej lub szarej. — Występuje głównie w okolicach wulkanicznych Włoch, zwłaszcza około Campi Flegri, Procida, Ischia, w Kampanii koło Viterbo.

w przedgórzu Pausilippo, u podnóża Wezuwiusza, w górach Albańskich, nadto na Teneryfie, oraz nad jeziorem Laach, we Francyi w dep. Auvergne i t. d.

Martwica pumeksowa jest doskonałym kamieniem budowlanym, porowatym, lekkim, niepospolicie trwałym i dającym się łatwo obrabiać. Kamień ten, z którego już rzymianie starożytni wznosili budowle wybitne, używany jest często do licowania od zewnątrz domów i t. p.

Wytrzymałość martwicy pumeksowej, z okolic Andernach, wynosi według Böhme'go: 138 kg na cm^2 .

Martwica pumeksowa, nosząca miano *Pausillip*, łamana jest w okolicach Neapolu. Występuje tam w pokładach grubych na ogromnych przestrzeniach; znajduje się nadto w Kampanii, zwłaszcza koło Viterbo, a w okolicach wulkanicznych we Włoszech, jak w Campi Flegri, Procida i Ischia, tworzy niekiedy pagórki. W okolicach Neapolu starożytni rzymianie i grecy, wyzyskując pokłady tej martwicy, wyrobili w skałach wielkie jamy i grotty, mające niekiedy więcej aniżeli kilometr głębokości (jak grotta Piedi przy Pausilippo), a które obecnie służą po części za tunele i drogi. Z martwicy, o której mowa, zwanej przez starożytnych rzymian *lapidicinae*, wykonane były w starożytności liczne budowle wybitne.

b) *Peperino* czyli *kamień pieprzowy* jest martwicą miąższowatą, miękką, ciemno-popielato-szara, która w ogromnych, wyraźnie uwarstwionych pokładach, występuje we Włoszech, Czechach i t. d. W masie skalnej ciemnobrunatnej tej martwicy osadzone są bardzo liczne blaszki łuszczyku czarnego, kryształki sklistynu i amfigenu, ziarnka drobne magnetytu, oraz okruchy ostrokanciaste wapienia ziarnistego, dolomitu, słupienia i porfiru amfigenowego. W pobliżu miejsc wydobywania, a zwłaszcza w okolicach Neapolu, peperino służy za kamień do budowy domów, jakkolwiek nie odznacza się szczególną odpornością na wpływy czynników atmosferycznych. W okolicach Neapolu znajduje się wiele starodawnych budynków, grot i t. p. z tego kamienia.

Wytrzymałość peperino na ściskanie wynosi według Rondelet'a: 58 kg na cm^2 . Ziemia powstała ze zwietrzenia tej martwicy jest bardzo urodzajną.

c) *Ziemia pucolanowa* czyli *pucolana*, zwana także *martwicą okruchową*, *martwicą ziemistą*, jest martwicą wulkaniczną, żółtą lub czerwoną, miękką, łatwo rozcierającą się, która występuje głównie w okolicach miasta Puzzuoli, położonego na północ od zatoki Neapolitańskiej. W starożytności już cenioną była jako wyborny materiał budowlany; zmieszana z wapnem służyła do budowy sklepień, mających niekiedy do 30 m rozpiętości, jak w ogromnych termach cesarza Caracalli w Rzymie. Już wówczas, zarówno jak obecnie, ziemia pucolanowa, bezpośrednio po wydobyciu, była mielona i używana na przymieszkę do zaprawy wapiennej, posiada albowiem tę cenną własność, że dodana w postaci proszku do zwykłej zaprawy wapiennej, czyni ją wodotrwałą. Dzięki zapewne temu, że własność ta była znana już w starożytności, pucolana stała się przedstawicielem typowym ciał tę samą własność posiadających; wskutek tego nazwa pucolany z czasem przybrała znaczenie ogólniejsze, tak, że obecnie nazwą tą oznaczają nie tylko właściwą ziemię pucolanową, lecz w ogóle wszelkie ciała naturalne i sztuczne, używane na przymieszki wodotrwałe

do zaprawy wapiennej. O pucolanach, jako przymieszkach do zaprawy wapiennej, będzie mowa w rozdziale III działu niniejszego.

d) *Martwica dźwiękowca (fonolitowa)* jest skalą ziemistą, kruchą, łatwo rozcierającą się, białą lub brunatnawo-szarą, złożoną z gruzu dźwiękowca, po części zwietrzałego. Często zawiera blaszki łyszczyku, kryształy sklistynu, hornblendy i sanidynu, oraz okruchy różnych skal.— Występuje głównie w Hegau i w górach środkowych czeskich. Nie ma zastosowania w budownictwie ani przemysle.

e) *Kamień alunowy* czyli *alunit (alunit)* (fr. alunite; n. Alaunstein, Alunit) jest skalą już to twardą, już to miękką i ziemistą, powstałą z wytworów wietrzenia trachytu lub pumeksu, pod działaniem kwasu siarczanego.— Występuje koło Zabrza na Szląsku pruskim, koło Tolfa pod Civita Vecchia i koło Montione we Włoszech, koło Gleichenbergu w Styrii i pod Tokajem w Węgrzech.— Używa się głównie do wyrabiania alunu, a węgierski kamień alunowy służy także do wyrobu kamieni młyńskich.

f) *Martwica amfigenowa (leucytowa)*, miążkoziemista, żółtawo-szara, zbliżona własnościami do martwicy trachytowej, zawiera bardzo liczne białe ziarna zwiertzałe amfigenu, oraz blaszki łyszczyku, kryształy sklistynu, sanidynu i t. p., jest ogniotrwała, a znajduje zastosowanie jako kamień do licowania murów domów od zewnątrz, zwłaszcza nad Renem i w Berlinie. — Występuje pod Bell, Rieden i Weibern na jeziorze Laach.

7. Tras.

Tras (fr. tras; n. Trass, Duckstein) jest skalą bardzo zbliżoną do martwicy pumeksowej, zbitą, często jednak porowatą, a także ziemistą, luźną, z wyglądu matową, bez połysku, a w dotknięciu szorstką. Według nowszych badań tras jest skalą wybuchową, która wydobyła się z wnętrza ziemi najprawdopodobniej w postaci masy mulkowatej. Barwę ma najczęściej szarą, brudno-żółtą, żółtawo-szarą do brunatnawej. Zawiera w sobie bardzo liczne odłamki pumeksu, okruchy waki szarej, łupku glinianego, słupienia, lawy, kwarcu, magnetytu, oraz blaszki łyszczyku, wreszcie kryształy i ziarna sanidynu, amfigenu, amfibolu, sklistynu, rzadziej odłamki trachytu. Odlamki pumeksu, stanowiące często trzecią część całej objętości skały, mają barwę żółtawo-białą, wielkość — od szrutu do pięści, są matowe i już to okrągłe, już to kanciaste. Spoiwem w trasie jest masa pumeksowa miążko sproszkowana.— W trasie znajdują się niekiedy zwęglone pnie drzew.

Tras znajduje się najczęściej w dolinach, w warstwach 3 — 4 m grubych, przykrytych grubą warstwą ziemi nasypowej. Występuje we Francji, na Węgrzech, w Bawarii koło Nördlingen, a głównie w pobliżu gór łupkowych nadreńskich, zwłaszcza w dolinie Brohlthal koło Neuwied, w dolinie Nettethal koło Andernach n. R., w okolicach Trewiru i t. d.

Skład chemiczny trasu jest bardzo zmienny. Tras zawiera krzemionki od 48,94 do 57,50%, glinki od 10,01 do 18,28%, tlenku żelaza od 3,9 do 14,8%, tlenku manganu od 0 do 6,58%, tlenku wapnia od 1,24 do 7,70%, tlenku magnezu od 0,98 do 2,42%, potasu od 0,37 do 10%, sodu od 3,73 do 9,11%, wody od 7,7 do 12,78%, nadto ślady amoniaku, siarki i chloru.

Tras daje się łatwo obrabiać na ciosy; jest trwały i ogniotrwały. Rzymianie starożytni wznosili z trasu mury twierdz nad Renem; w wiekach średnich i nowożytnych wybudowano z trasu nad Renem wiele kościołów i zamków. Obecnie używany jest tras często do murów pruskich, do murów ogniowych, palenisk i t. p., oraz do licowania od zewnątrz murów domów mieszkalnych. Głównie

jednak używa się trasu w stanie sproszkowanym na przymieszkę do zaprawy wapiennej zwykłej; tras albowiem na równi z ziemią pucolanową posiada tę własność, że dodany do zaprawy wapiennej zwykłej czyni ją wodotrwałą. Taka zaprawa, zwana *trasową*, znajduje rozległe zastosowania w prowincjach nadreńskich oraz w Niderlandach, gdzie np. stanowiła wyłączną niemal zaprawę przy budowie portu Wilhelma w zatoce Jade. To też tras, zmieszany na proszek mialki, stanowi przedmiot rozległego handlu.— O trasie, jako przymieszce do zaprawy wapiennej, będzie mowa w rozdziale III działu niniejszego.

8. Zlepience bazaltowe, okrucowce bazaltowe i martwice bazaltowe.

1) *Zlepience bazaltowe (słupieniowe) i okrucowce bazaltowe (słupieniowe)* składają się z odłamków słupienia, szaroskału (dolerytu) i waki, połączonych spoiwem szarem lub czerwonym, już to zbitem, już to luźnym, mułkowatym, lub gliniastym, które powstało prawdopodobnie z cząstek tychże samych trzech skał, sproszkowanych wskutek tarcia lub rozkładu. Niekiedy spoiwo zdaje się być utworzonym z bazaltu żuźlowego lub z popiołu bazaltowego. Nadto znajdują się w zlepioncach bazaltowych często odłamki zaokrąglone kwarcu, granitu, waki szarej, piaskowca, wapienia i t. d., oraz pozostałości organizmów. Wielkość odłamów bywa bardzo różnaitą. Jako składniki przypadkowe występują: sklistyn, oliwiec, hornblenda, tyszczyk i magnetyt; nadto znajdują się w zlepioncach bazaltowych: spat wapienny i aragonit, w postaci gniazd, okruców i żył.

2) *Martwica bazaltowa (słupieniowa)*. Gdy odłamy w zlepioncu lub okrucowcu bazaltowym stają się bardzo małe, powstaje *martwica bazaltowa*, która jest skałą zbitą lub ziemistą, barwy brudno-szarej, a także brunatnej lub czarnej. Martwica bazaltowa ma więc skład taki sam jak zlepience bazaltowe, a różni się od nich tylko wielkością odłamków skalnych. Często w martwicy bazaltowej widoczne są ślady, więcej lub mniej wyraźne, uwarstwienia poziomego. — Zazwyczaj w martwicy bazaltowej znajdują się odłamki skał obcych; niekiedy jednak odłamków takich nie ma, a wtedy martwica bazaltowa ma wygląd skały jednostajnej i przechodzi w t. zw. *wakę*.

Zlepience, okrucowce i martwice bazaltowe występują we wszystkich okolicach, w których znajduje się słupień, np. w Habichtswald pod Cassel, w lesie Bawarskim, w Vogelgebirge pomiędzy Altenschlirf i Steinfurt, w Westerwaldzie, Siedmiogórzu, Czechach północnych i t. d.

Martwica bazaltowa w pobliżu miejsc wydobywania używana jest jako kamień budowlany, którego twardość jednak jest niewielką. W niektórych okolicach (np. pod Grossschlottengrün w Palatynacie górnym) martwica bazaltowa daje kamień ogniotrwały.

Ze zwięzienia zlepionców, okrucowców, a głównie martwic bazaltowych, powstaje ziemia tłusta, gliniasta, bardzo urodzajna, zawierająca wapno i żelazo.

Do martwic bazaltowych zaliczają także *martwicę palagonitową*, znajdującą się w górach Eifel, Habichtswaldzie, Islandyi i Sycylii.

9. Zlepieńce wapienne, okrucowce wapienne i martwice wapienne.

1) *Zlepieńce wapienne i okrucowce wapienne* składają się z odłamków wapienia z przymieszką odłamków innych skał. Odłamki te połączone są spoiwem wapiennym, najczęściej bardzo twardem i wytrzymałym. — Do okrucowców wapiennych należą:

a) *Marmur okrucowcowy* czyli *druzgotowy (ruinowy) (marmo brecciatto)* (por. str. 74, 81 i nast.) złożony z okruców barwnych wapienia, połączonych spoiwem wapiennym, bardzo twardem i wytrzymałym.

Odmiiany: *Pavonazzo*, barwy białej z wstęgami i plamami czerwonymi; *Breccia dorata*, barwy żółtej, z plamami czerwonymi i białymi; *Breccia Pavonazza*, barwy czarnej z plamami białymi; *Breccia traccaguina*, barwy żółtawoszarej, z okrucami białymi, wielkości orzecha laskowego; marmur druzgotowy fioletowy z Montiers w dep. Isère i z Seravezza we Włoszech; *Breccia verde d'Egitto*, z okruców granitu, porfiru i dyorytu; marmury druzgotowe zielone z Tolmein, żółtawe z Plassenberg koło Hallstadt i z Sandling przy jez. Aussee i t. d.

Występuje w formacji sylurycznej i dewońskiej w Frankonii Górnej koło Köstenberg i w Pirenejach; w formacji permskiej — w Królestwie Polskim w górach Chęcińskich i t. d.; w formacji węglowej — w Anglii; w formacji kredowej — w Alpach bawarskich i t. d.

b) *Okrucowiec kościany*, złożony z okruców wapieni i muszli, zawiera liczne kości i zęby przedydluwalnych zwierząt ssących, ptaków, gadów i ryb. Spoiwo bywa żelaziste, piaszczysto-gliniane albo piaszczysto-wapienne, margliste, brunatno-czerwone albo okrowo-żółte, rzadziej szare, najczęściej luźne, ziemiste, rzadziej zbite, twarde i wytrzymałe.

Okrucowiec ten znajduje się w szczelinach i wąwozach gór wapiennych nad m. Śródziemnym, zwłaszcza w okolicach Gibraltaru, Cette, Nicei, Pizzy, w Dalmaeyi i t. d., oraz w jamach skał w lesie Turyngskim (Altensteiner Höhle), w Szwajcaryi frankońskiej (Muggendorfer Höhle), na Harcu (Baumanns Höhle), w Krainie (Adelsberger Grotte) i t. d.

Na Szląsku pruskim okrucowce wapienne formacji kajpru, szare lub czerwone, niekiedy pstre, zwane *brekcyą lisowską*, występują na pograniczu Królestwa Polskiego, zwłaszcza w okolicach Woźnika, wraz z wapieniami zbitymi, żółtawo-białymi, teje formacji (*wapień woźnicki*).

W Galicyi znajdują się zlepieńce wapienne formacji permskiej, kredowej i oligoceniczej, a w Królestwie Polskim — zlepieńce wapienne formacji dewońskiej, permskiej, kredowej i mioceniczej, oraz okrucowce wapienne formacji permskiej i tryjasowej.

Zlepieńce wapienne, koralowe, formacji dewońskiej, występują w górach Chęcińskich (skala Zygmuntowska).

Zlepieńce wapienne formacji permskiej (zaliczane przez niektórych geologów po części do piętra dolnego formacji tryjasowej, czyli do formacji piaskowca pstrego) znajdują się w Galicyi i w Królestwie. Często występują w postaci nagromadzeń odłamów wapienia, bezpośrednio na powierzchni ziemi i są popręciane warstwami piaskowców i glin czerwonych. Nagromadzenia takie zalegają niekiedy znaczne przestrzenie, jak np. pod wsią Myślachowicami w Galicyi, gdzie grubość warstw dochodzi w niektórych miejscach do 70 m; niekiedy spoczywają

bezpośrednio na wapieniach formacji węglowej, jak pod wsią Czerną w Galicyi. — Zlepieńce wapienne, o których mowa, mają barwę czerwoną, a składają się z okrągłych i zaokrąglonych odłamków wapienia formacji dewońskiej i węglowej, połączonych spoiwem wapiennem barwy czerwonawej, rzadziej białej. Wielkość odłamków wapienia bywa rozmaita; niekiedy pojedyncze otoczaki mają po kilka stóp średnicy. Obok tych odłamków wapienia znajdują się zazwyczaj w zlepieńcu kawałki rogowca brunatnego i lidyty czarnego. W Galicyi, oprócz miejsc już powyżej wymienionych, zlepieńce te występują w kilku miejscowościach w okolicach Krakowa, oraz w dolinie wsi Filipowic, położonej na zachód od Krzeszowic. W Królestwie Polskiem znajdują się głównie w dwóch miejscowościach: na południe od Sławkowa, a mianowicie pomiędzy Sławkowem i wsią Dębową Górą, oraz w pobliżu wsi Bór Biskupi; nadto zauważono także zlepieńce około wsi Tuczna Baba, w głębokości 270 *m* pod powierzchnią ziemi.

Zlepieńce wapienne formacji kredowej występują w częściach południowych Królestwa oraz w przyległych częściach Galicyi, zwłaszcza zaś w okolicach Witkowic (zlepieńce kwarcowo-wapienne, rdzawe, piętra cenomanieńskiego, a także żółtawo-szare, miejscami zielonkawe), Sudoli (zlepieńce wapienno-kwarcowe piętra turońskiego, po części glaukonitowe), Trojanowic, Giebułtowa i Bolechowic (wapienie zlepieńcowe piętra turońskiego). Nadto zlepieńce wapienne formacji kredowej, zawierające oprócz kawałków wapienia jurajskiego białego, także otoczaki lub odłamki zaokrąglone różnych skał krystalicznych, znajdują się w Karpatach.

Zlepieńce wapienne formacji oligoceniczej, składające się z brył większych wapienia jurajskiego, połączonych spoiwem utworzonym z masy ilowej szarej lub czerwonawej, a zawierające przytem odłamki kwarcytu, lupków zielonych krystalicznych i t. p., znajdują się w Karpatach (*zlepieniec ze Słobody Runogórskiej*).

Zlepieniec wapienny formacji mioceniczej, przekładany często warstwami wapienia piaszczystego, występuje w kotlinie Lubelskiej.

Okruchowce wapienne, stanowiące ogniwo piętra dolnego formacji permskiej, znajdują się w bardzo pięknych okazach pod Chęcunami, gdzie spoczywają u stóp i na stokach gór, tudzież na wierzchołkach pagórków. Z okrucowca chęcińskiego wykuta była dawna kolumna pomnika króla Zygmunta III w Warszawie, którą, po 244 latach istnienia, zastąpiono w 1887 r. przez kolumnę granitową.

Okruchowce wapienne formacji tryjasowej, szare i pstre, występują w Królestwie Polskiem w pow. opoczyńskim, końskim, iłżeckim i opatowskim

2) Martwica wapienna. Woda zawierająca w roztworze kwas węglany posiada, jak wiadomo, zdolność rozpuszczania w sobie węglanu wapnia i to w stopniu tem większem, im większą jest ilość kwasu węglanego. Ilość kwasu węglanego zaś jest tem większą im większem jest ciśnienie. Stąd pochodzi, że w głębi ziemi woda nasycona kwasem węglanym, przechodząc pod ciśnieniem przez szczeliny skał wapiennych, rozpuszcza w sobie węglan wapnia w ilości często znacznej. Skoro woda taka wystąpi na powierzchnię ziemi, to wskutek zmniejszonego ciśnienia, część kwasu węglanego ulotni się, a w ślad za tem część węglanu wapnia wydzieli się w postaci osadu. Tem się tłumaczy, że przy źródłach wody twardej, wapnistej, tworzą się osady węglanu wapnia, w postaci masy piankowej, twardniejącej na powietrzu. Osady takie są martwicą wapienną. — Martwica wapienna jest więc węglanem wapnia czyli wapieniem. Jest to skała

zbita lub bardzo miałkoziarnista, często także ziemista, o uwarstwieniu więcej lub mniej wyraźnem, barwy żółtawo-szarej, żółtawo-białej lub żółtawo-brunatnej, o złożeniu porowatym, dziurkowatym, pęcherzykowem lub komórkowem, często zbudowaną z rurek długich lub ze skorup współśrodkowych. W martwicy tej znajdują się często pozostałości zwierząt i roślin, jako to: kości, muszle, ślimaki, łodygi roślin, liście lub ich odciski. Martwica wapienna stanowi ogniwo formacyj czwartorzędowych, już to starszych (dyluwialnych czyli napływowych dawniejszych), jak we Włoszech, gdzie znana jest pod nazwą *travertino*; już to nowszych (aluwialnych czyli napływowych nowszych). — Martwice wapienne są podobne z wyglądu do wapieni lekkich, porowatych, różnią się jednak od nich większą równomiernością ziarna, piękniejszym zabarwieniem i tem, że porosty i mchy rzadziej się na nich pojawiają.

Travertino jest skalą zbitą, o odłamie zadziorowatym lub muszlowym, niekiedy ziemistym; często odznacza się znaczną wytrzymałością i twardością; barwę miewa białą, żółtawo-białą, żółtawą; niekiedy zawiera bitumy i wtedy ma barwę brunatną; znajdują się w niej zawsze liczne, przeważnie wydłużone, pęcherzyki i komórki. Występuje głównie w Kampanii pomiędzy Rzymem a Tivoli, a także na Węgrzech; tworzy się i w czasach obecnych, tak np. w czasie lat 20 powstały w bagnie pod San Philipppo pokłady tej martwicy, mające 10 m grubości.

Travertino jest dobrym kamieniem budowlanym, lekkim, wytrzymałym, o niespożytej niemal trwałości. Na powietrzu przyjmuje po pewnym czasie zabarwienie czerwonawe. Ceniony był już przez starożytnych rzymian, którzy z kamienia tego, zwanego przez nich *lapis tiburtinus*, wznosili gmachy monumentalne (np. Colosseum w Rzymie) i budowali wodociągi. Najznakomitsze budowle z epoki włoskiego odrodzenia (np. kościół Ś-go Piotra w Rzymie), są również wzniesione z tej martwicy. Obecnie jeszcze we Włoszech travertino znajduje liczne zastosowania, głównie do budowy kopuł i innych sklepień.

Zbliżonym do travertino jest t. zw. *kamień sprudlowy karlsbadzki*, składający się z aragonitu, a tworzący się w źródłach gorących Karlsbadu i innych miejscowości.

Wytrzymałość travertino na ściskanie wynosi, według Rondelet'a, 298 kg na cm^2 .

Nowsze martwice wapienne występują często w tak znacznych masach, że mogą być wydobywane z wielkich łomów. Bezpośrednio po wyjściu z łomu są miękkie, na powietrzu jednak twardnieją, poczem już wilgoci nie przyciągają. Dzięki tej własności martwice te dają kamień budowlany suchy, lekki, wytrzymały i przytem dobrze znoszący wpływ zmian atmosferycznych. Wprawdzie wskutek budowy porowatej lub komórkowatej kamień ten wygląda jak gdyby podziurawiony, lecz z drugiej strony porowatość może być wyzyskana dla skuteczniejszego przewietrzania mieszkań. To też nowsze martwice wapienne używane są w postaci ciosów na mury, cokóły, pilastry i t. p. Niekiedy mury z takich kamieni są wyprawiane (tynkowane), przyczem wyprawa trzyma się dobrze. Niektóre odmiany dają się polerować i są używane jako marmur; takim jest *marmur*

almaser z gór Graner na Węgrzech, który znalazł rozległe zastosowanie przy budowie nowego ratusza w Wiedniu.

Martwice wapienne występują często w górach i dolinach wapiennych, jak np. w okolicach Paryża koło Fontainebleau i St. Quen, w Turyngii koło Jena, Weimar, Burgtonna, Langensalza, nadto koło Getyngi, Pymontu, Heiligenstadt, Mühlhausen, Casendorf, Gräfenberg, Königslutter (w Brunświckiem), Robschütz (w Saksonii), Binau (w Badeńskim), Cannstatt (w Wirtembergii), Miesbach i Streitberg (w Bawaryi), Baden pod Wiedniem i t. d., a nadto w Alpach. — W Rosyji — w okolicach Gaczyzny, a mianowicie w pobliżu wsi Pudosty i Ropsy, oraz na Kaukazie.

W Galicyi martwice wapienne, formacyj czwartorzędowych, znajdują się w okolicach Krzeszowic pod Krakowem. — Takież martwice znajdują się w W. Ks. Poznańskim.

W Królestwie Polskiem martwice wapienne, formacyj czwartorzędowych, występują we wsi Śniadce na północ od Bodzentyna w gub. kieleckiej, oraz przy Karwowie, Sternalicach i innych wsiach w okolicach Opatowa.

10. Gomfolit czyli nagelflu (rumolep różnorodny).

Gomfolit czyli *nagelflu* (*rumolep różnorodny*) (fr. poudingue polygenique; n. Nagelflue) jest zlepnięcem formacyj trzeciorzędowych, złożonym z otoczków wapienia jurajskiego i piaskowca, przeważnie wielkości jaja kurzego, połączonych spoiwem białawem, żółtawem lub czerwawem, marglistem, niekiedy żelazistym lub piaskowcowatym. Pomiędzy rzezonami otoczkami znajdują się często odłamy i ziarna kwarcu, hornblendy, granitu, gnejsu, waki szarej, łupku krzemionkowego, porfiru, węzowca, gabbro i t. d. Gomfolit występuje głównie na krańcu północnym i północno - zachodnim przedgórza Alp, zwłaszcza pomiędzy jeziorem Bodensee i jeziorem Genewskim, nadto w Austrii, Tyrolu i Bawaryi, zwłaszcza zaś w okolicach Salzburga i Monachium. Niektóre odmiany, jak np. z góry Rigi w Szwajcaryi i z okolic Innsbruka w Tyrolu, odznaczają się wytrzymałością, twardością i trwałością. Gomfolit używany jest na fundamenty, bruki, oraz do robót wodnych i do budowy mostów. W Innsbruku wznoszone są z kamienia tego domy mieszkalne; dawniej brany był do budowy kościołów. — Niektóre odmiany nadają się do wyrobu kamieni młyńskich, jak np. z pod Weilheim w Bawaryi górnej i z Berchtesgaden.

V. Kamienie odosobnione i ziemie.

Kamienie odosobnione są to części skał pokruszonych przez siły mechaniczne albo wskutek wietrzenia, lub też przekształconych wskutek rozkładu. Znajdują się na powierzchni ziemi, już to w większych już to w mniejszych ilościach. Wielkość ich bywa rozmaita, poczynając od głazów olbrzymich aż do drobnych ziarn piasku i pyłu.

1. Kamienie narzutowe czyli polne.

Kamienie narzutowe czyli *glazy narzutowe*, zwane w nauce także *naniesionemi*, *błądnemi* (*erratyicznemi*), a u nas pospolicie nazywane *kamie-*

niami polnemi albo *dzikiemi* (fr. blocs erratiques; n. erratische Blöcke, Findlinge), są to odłamy skał, znajdujące się pojedynczo albo w nagromadzeniach, w rozmaitych częściach kuli ziemskiej, na równinach, dolinach, wzgórzach, stokach gór, a nawet na wierzchołkach gór, oraz na dnie mórz. Spoczywają albo bezpośrednio na powierzchni ziemi albo też w pewnej głębokości; niekiedy otoczone są masą gruzu skalnego. Są to najczęściej odłamy gnejsu, granitu, zieleńców, syenitu, łupku amfibolowego, porfirów, kwarcytów i wapienia, a kształt ich bywa bardzo rozmaity: niekiedy głazy te są kanciaste postaci nieprawidłowej, niekiedy okrągławe lub jajowate, niekiedy znowu u podstawy zupełnie płaskie, w górnej zaś części wypukłe, albo też częścią zaokrąglone, częścią kanciaste. Powierzchnia ich bywa nierówną albo prawie gładką, przyczem krawędzie i boki są pościerane i zaokrąglone. Często na powierzchni szklistej kamienia widoczne są rysy albo brózdki. Na niektórych kamieniach narzutowych widoczne są zagłębienia, utworzone przez ciśnienie mechaniczne żwiru na kamień.—Szczególną postać mają tak zwane „baranie głowy“, napotykanne w Szwajcaryi i w wielu okolicach górzystych; są to monolity o podstawie prawie płaskiej, z częścią górną zaokrągloną i tak gładko odszlifowaną jak zwierciadło; na powierzchni tej widoczne są rysy, o pewnym stałym kierunku.

Wielkość kamieni narzutowych wyrównywa najczęściej objętości głowy ludzkiej; bywają jednak mniejsze, mające po kilka cali średnicy, oraz bardzo wielkie, mające po 18 — 20000 m^3 objętości. Do największych należy olbrzymi monolit o długości 12,5 m , szerokości 10,8 m i wysokości 6,3 m , na którym spoczywa pomnik Piotra I w Petersburgu, a którego ciężar wynosi 2 350 000 kg (p. str. 34); wielki monolit zwany *Markgrafenstein*, z pod Fürstenwalde w Marchii Brandeburskiej, o długości 7,8 m , szerokości 7,5 m i wysokości 8,1 m , z którego wyrobioną jest waza przed muzeum nowem w Berlinie, ważąca 75 000 kg , oraz monolit, z którego wyrobioną została kolumna pokoju na placu Bellealliance w Berlinie. Godnymi uwagi są nadto: olbrzymie kamienie w kantonie Waadt w Szwajcaryi, mające do 20 m średnicy; monolit wapienny w okolicach Bex, mający do 5000 m^3 objętości; tak zwany „kamień szwedzki“ w okolicach Lützen; kamień zwany *la pierre de Marmettes* w Monthey (Wallis), mający 21 m długości, 11 m szerokości i 10 m wysokości, a przeszło 2000 m^3 objętości; głaz olbrzymi, z wężowca, spoczywający na stoku południowym Monte Rosa; głaz *pierre du Trésor* z granitu pod Orsières, mający przeszło 3000 m^3 objętości; głaz zwany *kamieniem wielkim* (n. grosser Stein) pod Belgard na Pomorzu pruskim, mający 14 m długości, 12 m szerokości i 5 m wysokości. Wszystkie wielkie kamienie narzutowe są kanciaste, najczęściej o brzegach ostrych; a na powierzchniach ich są zazwyczaj widoczne rysy i brózdki, o pewnym stałym kierunku.—Olbrzymie głazy zieleńcowe znajdują się w górach Sosnowych; ich wytrzymałość na ściskanie wynosi 1900 kg na cm^2 .

Skład mineralogiczny kamieni narzutowych bywa niestały i nie ma nic wspólnego z gruntem, na którym spoczywają. Głazy te należą do różnych dawniejszych formacji geologicznych i są po części krystalicznymi skałami feldspatowymi, po części zaś skałami wapiennymi i gliniastymi.—W okolicach Petersburga i dalej na południe aż do Dźwiny i Niemna, głazy narzutowe składają się po więk-

szej części z granitu, gnejsu, piaskowców kwarcowych i ułamków wapienia sylurycznego.—W północnych i środkowych częściach Królestwa Polskiego kamienie narzutowe są przeważnie granitami; znajdują się tu: granity ciemno-czerwone, z małą ilością kwarcu, łyszczyku, a niekiedy hornblendy; granity ciemno-czerwone, porfirowate, z wielkimi białymi kryształami feldspatu; granity czerwone drobnoziarniste, składające się przeważnie z feldspatu, z mnóstwem wkropionych granatów; granity szare, zawierające wiele amfibolu; granity gruboziarniste, z zielonawoszarym feldspatem i czarnym łyszczykiem (często napotykanie w okolicach Warszawy); kwarcyty szare. Nadto wiele kamieni narzutowych w Królestwie Polskiem składa się z gnejsu, dyorytu, łupku hornblendowego i t. p., a także z piaskowców i wapieni. W kamieniach tych, zwłaszcza zaś w wapieniach, znajdują się skamieniałości, należące do różnych formacyj geologicznych, a także muszle, żyjące po dziś dzień w morzach północnych i dosięgające tam normalnego rozwoju. Rysy i brózdy, widoczne na gładkich powierzchniach tych kamieni, tworzą stały kąt około $20-30^{\circ}$ z północo-zachodem lub północo-wschodem.—W niektórych okolicach Królestwa, w których niema skał wapiennych, wapienie narzutowe rozsiane są tak obficie, iż wypalają z nich wapno.—Od Warszawy na zachód ku Kaliszowi i Poznaniowi, znikają granity czerwone, a powiększa się ilość gnejsów i porfirów brunatnych, twardych, felzytowych (rogowcowych). Podobny skład mają głązy narzutowe rozsiane w równinie północno-niemieckiej.

W Cesarstwie i Królestwie głązy narzutowe rozsiane są mniej więcej jednakowo na powierzchni ziemi, a przytem mają jednakowy skład mineralogiczny, taki sam jak skały Finlandyi, Laponii i Szwecyi.

Ponieważ skład mineralogiczny głązów narzutowych nie ma nic wspólnego z gruntem, na którym spoczywają, przeto nie mogły one powstać z rozkruszenia się skał miejscowych, lecz zostały naniesione z innych, często bardzo odległych miejscowości, a to prawdopodobnie przy współdziałaniu lodników, w początkach epoki formacyj czwartorzędowych, w tak zwanym okresie lodowym. To też głązy narzutowe mają taki sam skład mineralogiczny, jak skały, od których zostały oderwane. Badając to, oraz uważając gatunek skał, na których kamienie narzutowe spoczywają i kierunek rys i brózd na ich powierzchniach, wyprowadzono wniosek, że głązy narzutowe zalegające wielkie powierzchnie we Włoszech, Szwajcaryi i Francyi, pochodzą z gór Alpejskich; w Węgrzech, Galicyi i południowych częściach Królestwa—z gór Karpackich; zaś w Anglii zachodniej, Holandyi, Niemczech północnych, Rossyi, oraz w północnych i środkowych częściach Królestwa Polskiego—z gór Skandynawskich. Za mniemaniem tem przemawia nadto ta okoliczność, że w okolicach pobliskich środka rozsiania, głązy narzutowe bywają największe; tak np. w gub. petersburskiej znajdują się głązy olbrzymie, następnie jednak w kierunku południowo-zachodnim coraz mniejsze, tak, iż w częściach północnych Królestwa kamienie narzutowe są już przeważnie tylko średniej wielkości, mniej więcej zaokrąglone i otarte.

W Królestwie Polskiem głązy narzutowe pochodzące z gór Skandynawskich, spoczywają na ogromnych pokładach piasku i gliny piaszczystej zwanej *driftem*; zaczynają się razem z piaszczystą równiną w zachodniej części kraju, wzdłuż granicy Szląskiej i łączą się w W. Ks. Poznańskiem z rozległą piaszczystą

równiną gub. kaliskiej, warszawskiej, płockiej, augustowskiej i lubelskiej. Granica południowa tych gładów idzie mniej więcej od Częstochowy na Przedbórz, wzdłuż rzeki Kamionny i stopy północnej gór środkowych Sandomierskich, dalej na Stężyce, Lubartów, Włodawę, przez Litwę południową i nakoniec przez Rossyą środkową. Największe nagromadzenia znajdują się w Augustowskim, w okolicach Ślucka, Maryampola i Augustowa; dalej na południe ilość kamieni nieco się zmniejsza, lecz znów występują w znacznej ilości w Płockiem, w okolicach Płocka i Lipna i w gub. warszawskiej, w okolicach Warszawy. Od Warszawy są rozsiarne jakby łukiem, z pewnymi przerwami, od zachodu na wschód, między Bugiem z jednej strony a Poznaniem z drugiej, a zwłaszcza przy Sokolowie, Międzyrzeczu, Brześciu Litewskim i t. d. Prócz tego od Warszawy oddzielają się dwie gałęzie kamieni narzutowych, z tych jedna idzie z północy na południo-zachód przez Tarczyn, Grójec, Nowe Miasto, aż do Przedborza; druga zaś łączy się z ogólnym kierunkiem linii rozsiania kamieni w całej Rosyi, opisując łuk, ciągnący się przez Łowicz, Kutno, Kowal, Włocławek, całe Kujawy, do Lipna.— W W. Ks. Poznańskim największe ilości kamieni narzutowych występują wzdłuż rz. Warty, pomiędzy Kostrzynem, Międzyrzeczem, Bukiem, Krotoszynem, Ostrowiem, Międzyborem z jednej strony, a Poznaniem i Kalinem z drugiej strony.

W południowych częściach Królestwa, w okolicach Chmielnika, Buska i in. oraz w Galicyi znajdują się kamienie narzutowe pochodzące z Karpat, składające się głównie z gnejsu i granitu. W Królestwie jednak są tak mało rozpostarte, że ilość ich w porównaniu z rumowiskami skal rozsianych na równinach północnych Królestwa jest bardzo nieznaczna.

Kamienie narzutowe są ważnym materiałem budowlanym. Trwałość ich musi być znaczna, skoro przez tyle tysięcy lat oparły się rozkładowi. Służą do robót wodnych i lądowych: do budowy przyczółków i filarów mostów, bulwarków nadbrzeżnych, szluz, tam, murów tortecznych, oraz do budowy dróg, nadto używane są na bruki uliczne, na szaber dla dróg bitych, na posadzki brukowane w zabudowaniach gospodarczych, oraz na fundamenty murów wzniesionych z innego materiału. Fundamenty takie mogą być wznoszone na zaprawie cementowej, wapiennej lub glinianej; w każdym jednak razie kamienie przed założeniem w mury należy rozłupać lub prochem rozsadzić, ażeby wytworzyć nowe powierzchnie odłamu, gdyż zaprawa takich powierzchni chropowatych lepiej się chwyta aniżeli powierzchni gładkich, startych. — Granity narzutowe do wznoszenia murów domów mieszkalnych nie nadają się; wyziewy i para bowiem, skraplając się na powierzchni granitu narzutowego, tworzą stałą wilgoć, zwaną *pospolicie potem kamiennym*, albo *rosą kamienną*.

2. Żwir i piasek.

Otoczaki (otoki) czyli *okrągłaki (kamienie okrągłe)* (fr. galets; n. Gerölle, Geschiebe) są to okruchy skalne, które przenoszone z miejsca na miejsce przez wodę, wskutek ścierania się krawędzi, stopniowo zaokrąglały się. Jedne z nich mają kształt płytek lub tabliczek, o krawędziach zaokrąglonych (n. Geschiebe), gdyż podczas przenoszenia przez wodę były prawdopodobnie tylko

przesuwane z miejsca na miejsce, inne mają kształt kulisty, okrągławy, jajowaty (n. Gerölle), jako następstwo obracania, toczenia ich przez wodę. Wielkość i kształt otoczków są więc zależne głównie od sposobu, w jaki kamienie były przez wodę przenoszone z miejsca na miejsce, od długości drogi, którą przebyły i od stopnia twardości danej skały. Jako okruchy różnych skał mają otoczki bardzo rozmaity skład mineralogiczny. Na ich powierzchniach widoczne są niekiedy wgłębienia po wypadłych ziarnkach obcych skał, a także rowki i brzozy powstałe wskutek ocierania się otoczka o inne skały. Niekiedy otoczki są wewnątrz puste.

Właściwie więc niema żadnej różnicy zasadniczej pomiędzy gładzami narzutowymi a otoczkami; nazwą otoczków jednak oznaczane są zazwyczaj tylko takie kamienie odosobnione, wskazanych powyżej kształtów, których wymiar nie przekracza około 100 mm (=4").

Zależnie od wielkości otoczki noszą nazwę *żwiru* albo *piasku*.

1) **Żwir (działstwo)** (fr. gravier; n. Kies) jest to nagromadzenie kamyków, uniesionych i stoczonych przez wody. Zależnie od wielkości kamyków rozróżnia się: *żwir gruby (rupień)*, o średnicy kamyków 100 — 65 mm (= 4" — 2½"); *żwir średni*, o średnicy kamyków 65—40 mm (= 2½" — 1½") i *żwir drobny*, o średnicy kamyków 40—15 mm (1½" — 1/2"). Zależnie zaś od gatunku kamyków rozróżnia się: *żwir kwarcowy* i *wapienny*.— Żwir składający się przeważnie z kamyków kwarcowych, używany jest głównie do budowy dróg; żwir kwarcowy drobny dodawany jest niekiedy do zaprawy wapiennej w celu otrzymania trwałych wypraw (tynków). Żwiry wapienne używane są w niektórych okolicach do wypalania wapna. Zresztą własności ogólne i zastosowania żwiru są takie same jak piasku.—Ponieważ żwir składa się z kamyków różnej wielkości, przeto w razie potrzeby, oddziela się kamyki większe od średnich oraz średnie od drobnych, za pomocą przesiewania (arfowania) na sitach (arfach).—Często także żwir przed użyciem do robót musi być przemywany, dla oczyszczenia kamyków z części gliniastych.

W okolicach, w których niema żwiru, zastępuje się go przez *szaber* (fr. pierraille; n. Schotter, Knack, Steinschlag), t. j. przez kamienie potłuczone na kawałki drobne.

Żwiry występują w wielkich ławach nad brzegami mórz i rzek, na stokach wzgórz i w równinach, w okolicach piaszczystych, przyczem znajdują się zazwyczaj w pewnej głębokości pod powierzchnią ziemi, tak, iż chcąc wydobywać żwir, należy najprzód zdjąć warstwę ziemi (*odkrywkę*), przykrywającą *żwirowisko*.

2) **Piaskiem** (fr. sable; n. Sand) nazywa się nagromadzenie drobnych, niczem z sobą nie spojonych, kanciastych lub zaokrąglonych ziarn, które nawet po zwilżeniu mało do siebie przylegają. Ziarna te są okruchami różnych minerałów i skał; wielkość ich bywa zmienną od wielkości pyłu do wielkości grochu:

W piasku przeważają ilościowo ziarna kwarcu oraz innych minerałów, o znacznej twardości i wytrzymałości, a zwłaszcza spatu polnego, łyszczyku, amfibolu, sklistynu, zieleńca, węzowca (serpentynu), granatu i t. d. Najczęściej jednak główna masa piasku składa się z ziarn kwarcu, które zostały wodą wymyte ze skały, pokruszone i osadzone w zagłębieniach. To też pospolicie, choć niewłaściwie, pod nazwą piasku rozumie się tylko piasek kwarcowy.

Czysty piasek kwarcowy ma barwę jasno-wodnistą lub zupełnie białą; w wodzie prędko osiada, nie mącąc jej. Ziarnka jego są ostre, kanciaste, albo zaokrąglone, przezroczyste lub przeświecające. Od domieszki gliny żelazistej lub okruców innych minerałów, zawierających w swym składzie żelazo, barwa piasku staje się żółta, czerwona, rdzawa, lub czerwono- brunatną; od domieszki okruców węgla zaś — czarna, brunatną lub szarą. Piasek nasycony olejem skalnym (*piasek asfaltowy*) ma barwę brunatną; piasek zaś zawierający ziarnka glaukonitowe, ma barwę zielonawą lub zieloną.

Jeżeli piasek powstał z rozkruszenia skały złożonej, zawierającej kwarc, to inne jej składniki, jak np. spat polny, lyszczyk, amfibol i t. p., wietrzejąc, zamieniają się po pewnym czasie w glinę, gdy tymczasem części kwarcu nie ulegają żadnym przeobrażeniom, ani zmianom chemicznym, a wskutek tego piasek taki przechodzi ostatecznie w piasek kwarcowy, złożony wyłącznie z ziarn i okruców kwarcu. Zgodnie z tem rozróżniamy w składzie piasku: *części stałe*, t. j. takie, które przy zwyczajnych warunkach nie wietrzeją, zatem nie ulegają rozkładowi i nie zmieniają ani swego składu ani swych własności; oraz *części zmienne*, które z biegiem czasu, pod wpływem powietrza, wilgoci i innych czynników, ulegają rozkładowi i albo całkowicie rozpuszczają się w wodzie, albo też zamieniają się w materje ziemiste nierozpuszczalne. — Do części stałych należą: ziarna i okrucy kwarcu, oraz często napotymane w piasku ziarna magnetytu tytanowego. Do części zmiennych zaś należą: ziarna gipsu, soli, węglanu wapnia, fosforanu wapnia i fluorytu, które rozpuszczają się w wodzie czystej i w wodzie nasyconej kwasem węglanym, oraz ziarna spatu polnego, amfibolu, sklistynu, lyszczyku, zieleńca i innych minerałów, które pod wpływem powietrza, wilgoci i kwasu węglanego, ulegają rozkładowi i ostatecznie przeobrażają się w materje ziemiste nierozpuszczalne, a mianowicie w glinę i wodan tlenniku żelaza.

Piasek składający się tylko z części stałych, jak np. czysty piasek kwarcowy, nie zmienia swojego składu ani własności; napotyka się głównie na brzegach mórz, w ogromnych wydmach piaszczystych czyli *dunach* (n. Dunes). — Piasek zawierający części stałe i zmienne, powstaje z okruców skał złożonych, zawierających kwarc, jak np. z granitu, gnejsu, porfiru felzytowego, trachytu kwarcowego, lupku lyszczykowego; osadzany bywa głównie przez wody rzek, strumieni i jezior; a z biegiem czasu przybiera do swojego składu coraz większą ilość materji ziemistych, powstałych z rozkładu części zmiennych. — Piasek złożony z samych tylko części zmiennych powstaje z okruców skał nie zawierających wcale kwarcu, jak np. z dyabazu, gabbro, dolerytu, slupienia, trachytu, dźwiękowca, albo też z lawy czyli popiołu wulkanicznego (*piasek wulkaniczny*); z biegiem czasu traci całkiem charakter piasku i przeobraża się w pokład ziemisty.

Oprócz właściwych części składowych znajdują się w piasku często różne domieszki, zazwyczaj w postaci ciał drobno - sproszkowanych i ziemistych. Wpływ tych domieszek na własności piasku jest zależny od ich gatunku i ilości. — Od domieszki gliny, marglu i innych ciał ziemistych zwiększa się spoistość piasku i wzmacnia się własność zatrzymywania wilgoci. Taki sam wpływ na własności piasku wywierają materje próchnowe, pomieszane z gliną, znajdujące się

w piaskach osadzonych na dnie wód stojących; przyczem barwa tych piasków jest ciemną, prawie czarną.

Ziarna piasku bywają często powleczone cienką warstwą wodoru tlenku żelaza, co nadaje piaskowi barwę żółtą, czerwono-brunatną i rdzawą. Piasek taki staje się twardym, spoistym, nieprzenikliwym dla korzeni różnych roślin i z biegiem czasu zmienia się w pokład piaskowca żelazistego lub rudy błotnej.

W piaskach wyrzuconych z morza znajdują się często muszle, kości, oraz szczątki zwierząt i roślin.

Niekiedy w piaskach znajdują się kryształy i ziarna metalów szlachetnych, i kamieni drogocennych, a mianowicie: złota, platyny, dyamentów, granatów i t. p. Takie piaski nazywają się *usypami*, a znajdują się u podnóża gór, z których przez wodę zostały zniesione i osadzone.

Ze względu na wielkość ziarn różni się: a) *piasek perłowy*, złożony przeważnie z ziarn kwarcu, o średnicy 3 — 4 mm; b) *piasek gruby* czyli *gruboziarnisty*, o ziarnach $1\frac{1}{2}$ mm średnicy; c) *piasek mialki* czyli *śródlany*, zawierający zaokrąglone i połyskujące się ziarna kwarcu, o średnicy $\frac{1}{2}$ — 1 mm; d) *piasek lotny*, złożony z cząstek pyłkowatych, łatwo przez wiatry unoszony, tworzący wydmuchy i kurzawki.

Pod względem gatunku ziarn i obcych domieszek, różni się:

a) *Piasek kwarcowy (krzemionkowy)* rzadko bardzo składa się wyłącznie z ziarn kwarcu, zazwyczaj zaś zawiera także ziarna innych minerałów, w ilości od 2 — 20%, a zwłaszcza żółtawe, czerwone i białawe ziarna spatów polnych, drobne srebrzysto-białe blaszki tyszczyku, czarne ziarna amfibolu, grubsze ziarna i otoczaki różnych skał złożonych (np. granitu, syenitu, gnejsu, porfiru i t. p.), nadto węgiel wapnia, pochodzący od szczątków istot organicznych i t. p.

b) *Piasek wapienny* zawiera 80—90% węgla wapnia, z domieszką ziarn kwarcu w ilości 5—10% i gliny 2—10%; napotyka się u podnóża gór wapiennych, w wydmach na brzegach mórz i w niektórych nizinach w podłożu łąk wilgotnych; składa się z kanciastych okruchów wapna, jest zazwyczaj gruboziarnisty, a w podłożu łąk — drobnoziarnisty.

c) *Piasek wulkaniczny* składa się z kryształów i okruchów spatów polnych, amfibolu, pyroksenu, zeolitu, amfigenu i innych minerałów ubogich w krzemionkę, a obfitujących w alkalia i ziemie alkaliczne; napotyka się tylko w pobliżu wulkanów.

Piasek przepuszcza łatwo wodę. Przepuszczalność ta jest tem większą, im większe są ziarna i im mniejsza jest ilość obcych przymieszek. Dzięki tej własności woda przesiąka przez warstwy piasku aż do warstw nieprzepuszczalnych, oraz gromadzi się w warstwach piasku, znajdujących się pomiędzy warstwami nieprzepuszczalnemi; w ten sposób piasek bierze udział w powstawaniu źródeł.

Czysty piasek kwarcowy nie pochłania wcale pary wodnej z powietrza, dopiero domieszka materij ziemistych nadaje mu tę własność w małym stopniu. Jeżeli więc próbka piasku, w atmosferze nasyconej parą wodną, zwiększa swój ciężar, to piasek zawiera części zmienne: woda tlenku żelaza, gliny i inne materje ziemiste.

Pod działaniem promieni słońca piasek prędko się ogrzewa, lecz następnie prędko ostyga. Własność ta ujawnia się najsilniej w piaskach gruboziarnistych i ciemnych, słabiej zaś w piaskach obfitujących w glinę.

W stanie suchym piasek jest sypkim i nie posiada żadnej spoiwości. W stanie wilgotnym ziarna piasku przylegają w różnym stopniu, co jest zależnem od wielkości tych ziarn, ich składu i obcych domieszek. Najmniejszą spoiwość ma piasek gruboziarnisty, kwarcowy, pozbawiony domieszek ziemistych; w miarę zmniejszania się wielkości ziarn i zwiększania się ilości domieszek ziemistych, spoiwość piasku wilgotnego wzrasta. Najwięcej jednak na zwiększenie spoiwości wpływają materje próchnowe i w ogóle zwęglone szczątki roślin. Piaski, które powstały w dawniejszych epokach geologicznych, często odznaczają się znaczną spoiwością, a to w skutek dłuższego działania przesiąkającej przez nie wody i ciśnienia przykrywających je warstw. Woda, przesiąkając przez piasek, osadza pomiędzy jego cząstkami różne ciała, które tworzą spoiwo, łączące i spajające ziarna piasku z sobą; w ten sposób powstawały piaskowce.

Piaski tworzyły się we wszystkich okresach geologicznych i spotykają się we wszystkich formacjach osadowych. Piasek kwarcowy należy przeto do najpospolitszych utworów i występuje na ogromnych przestrzeniach we wszystkich częściach świata. — W W. Ks. Poznańskim piaski rozpościerają się w całym niemal kraju. — W Galicyi piaski i żwiry rozpościerają się głównie wzdłuż północnej granicy kraju, lecz występują także w środkowej i południowo - wschodniej części Galicyi wschodniej. — W Królestwie Polskiem piaski, poczynając od strony zachodniej kraju, wzdłuż granicy szląskiej, idą aż pod Wieluń, skąd ciągną się na wschód ku Pilicy, następnie ukazują się od strony południowej gór Kieleckich, a od strony północnej tychże gór łączą się z równiną piaszczystą, zalegającą Mazowsze, część gub. lubelskiej, całe Podlasie i Augustowskie.

Piaski i żwiry występujące w Królestwie i w prowincjach ościennych należą przeważnie do formacji najmłodszych, rzadziej pojawiają się żwiry i piaski formacji dawniejszych.

Piaski formacji jurajskiej znajdują się w Królestwie na pograniczu szląskiem, zwłaszcza na południe od miasteczka Praszki, oraz w okolicach Nowej Wsi na zachód od Żarek i koło osady Dzierszno na drodze od Żarek do Kozichgłów.

Piaski formacji kredowej występują w Galicyi w okolicach Krakowa, a w Królestwie — na wschód od miasteczek: Pilicy, Lelowa, Janowa i Przyrowa.

Piaski formacji trzeciorzędowych występują w W. Ks. Poznańskim wraz z ilami gliniastymi wzdłuż Warty; w Galicyi z węglem brunatnym — w części północnej, północno-wschodniej i środkowej kraju; w Królestwie wraz z ilami gliniastymi — nad Wartą, pod Koninem, Brzezmem, Morzysławiem, aż do Koła, a wraz z wapieniem gruboziarnistym — w lasach ordynacyi Zamojskiej, pomiędzy Józefowem, Krasnobrodami i Tomaszowem.

Piaski i żwiry dyluwialne rozpościerają się w W. Ks. Poznańskim na całej niemal powierzchni kraju; miejscami spoczywają w tych piaskach głazy narzutowe pochodzące z gór Skandynawskich. W Galicyi zachodniej i środkowej piaski i żwiry dyluwialne występują głównie wzdłuż granicy północnej kraju, a w Galicyi wschodniej — w części środkowej kraju i na granicy południowo-wschodniej. W tych żwirach i piaskach, spoczywających w okolicach Krakowa i Oświęcima i ciągnących się dalej na wschód, oraz w takichże żwirach i piaskach występujących w części południowej Królestwa Polskiego, pojawiają się głazy narzutowe, pochodzące z Karpat. W Królestwie Polskiem piaski i żwiry dyluwialne występują na ogromnych przestrzeniach; poczynając od granicy szląskiej ciągną się pod Wieluń, następnie na wschód ku Pilicy, pojawiają się nadto w niektórych miejscach od strony południowej gór Kieleckich, a od strony północnej tychże gór łączą się z północną równiną piaszczystą, która zalega Mazowsze, część

gub. lubelskiej, całe Podlasie i Augustowskie. Na całej tej przestrzeni spoczywają już to piaski czyste, już to piaski z glazami narzutowymi, już to wreszcie piaski pomieszane z gliną.

Piaski i żwiry aluwialne występują w W. Ks. Poznańskim głównie wzdłuż Warty od Pызdry na Szrem do Mosiny; w Galicyi — głównie w okolicach Krzeszowie: w Królestwie Polskim — na Powiślu, oraz w dolinach rzek: Kamionny, Świślina i Bobrzycey.

Zastosowania piasku są bardzo rozliczne. Tu zaznaczamy, że piasek czysty, ostry, służy do przygotowywania zapraw mularskich; nadto brany jest piasek do wzmacniania gruntu pod fundamenty i do budowy dróg. Czysty piasek kwarcowy służy do wyrobu szkła i polewy, oraz do szlifowania i czyszczenia, a jako *piasek formierski* ma zastosowanie do odlewów metalowych.

3. Martwica krzemionkowa.

Martwica krzemionkowa (okrzemkówka, ziemia wymoczkowa, ziemia dyatomowa, mąka skalna) (fr. tuf siliceux, terre siliceuse, tuf d'infusoires; n. Kieselguhr, Kieselerde, Infusorienerde, Diatomeenerde, Bergmehl) jest masą ziemistą, już to luźną, mączną, już to kredowatą, łatwo rozcierającą się, barwy białawej, żółtawej lub zielonawej, zawierającą zawsze nieco tlenniku żelaza, a często także glinę, w ilości niekiedy stosunkowo bardzo znacznej. Masa ta składa się przeważnie z bardzo drobnych, pyłkowatych ziarn krzemionkowych, dających się rozpoznawać tylko pod drobnowidzem, a będących pozostałościami okrzemek (dyatomei), t. j. mikroskopowych roślin z gromady wodorostów czyli alg (glonów).

Okrzemki żyły w dawniejszych i żyją w obecnych wodach stojących, w ilościach olbrzymich. Nasycone są krzemionką; wskutek tego po śmierci i rozkładzie części organicznych, pozostają części krzemionkowe, najrozlicznějších kształtów. — Dawniej sądzono, że te ziarenka krzemionkowe są cząstkami pancerzy wymoczków i dla tego martwicę krzemionkową zwano także *ziemią wymoczkową*.

Martwica krzemionkowa ma ciężar właściwy mały, chłonność — bardzo znaczną, jest ogniotrwałą, zachowuje się obojętnie na wszystkie niemal wpływy chemiczne i jest bardzo złym przewodnikiem ciepła. Występuje w wielu miejscowościach, niekiedy zalega wielkie przestrzenie i tworzy pokłady grube, jak np. w okolicach Richmond w Wirginii i w okolicach Fremont w stanie Oregon. W Europie znajduje się w Norwegii, w Isle de France, w okolicach Santa Fiora w Toskanii, na Węgrzech, w Czechach koło Franzensbadu, w Habichtswald koło Cassel, pod gruntami Berlina, w Vogelsgebirge, a głównie w części południowej lasu Lüneburgskiego w okolicach Unterlüss koło Celle i pod Klieken w Ks. Anhalt.

Z kopalni G. W. Raye i Synów wydobywaną jest martwica krzemionkowa w dwóch odmianach, znanych w handlu pod nazwami: „ziemi białej“ i „ziemi zielonej“.

Skład chemiczny „ziemi białej“: krzemionki 97,3%, glinki 1,0%, tlenniku żelaza 1,0%, tlenku magnezu 0,3%, potasu 0,2%, ciał organicznych, wody i strat w ogniu 0,2%.

Skład chemiczny „ziemi zielonej“: krzemionki 79,8%, glinki 1,9%, tlenniku żelaza 2,6%, tlenku magnezu 0,4%, potasu 0,3%, bezwodnika kwasu fosforowego (pięciotlenku fosforu) ślady, ciał organicznych, wody i strat w ogniu 15%.

Zastosowania martwicy krzemionkowej są bardzo liczne. Już w starożytności wyrabiano z niej cegłę ogniotrwałą, a tak lekką, że pływała po wodzie. Obecnie wyrabiane są z niej w Niemczech kamienie budowlane porowate, ogniotrwałe. Używaną bywa zamiast piasku kwarcowego do wyrobu kitów kamiennych. Nadto służy za domieszkę do gliny przy modelowaniu, a także przy

wypalaniu, przez co glina wysychając mniej się kurczy i mniej pęka. Jako zły przewodnik ciepła przerabiana jest na ciało odosobniające (izolacyjne) dla kotłów, przewodów parowych i t. p., oraz nadaje się wybornie do wypełniania przestrzeni pustych w ścianach baraków drewnianych i t. p. Jako ciało opakunkowe służy do zabezpieczania podczas przewozu towarów ulegających łatwo wpływowi atmosferycznym, jako to: wina, piwa, owoców, mięsa i t. p. Ze względu na znaczną chłonność nadaje się do wysypywania stajen, kloak i t. p., przyczem nie tylko płyny lecz i amoniak są chciwie pochłaniane. — Wreszcie stosowana jest jako proszek do szlifowania, jako ciało filtrujące dla oczyszczania wody i innych cieczy, oraz do wyrobu dynamitu, szkła, szkła wodnego, polew, farb i t. p.

4. Glina.

Glina (fr. argile; n. Thon), stanowiąca główny materiał przemysłu ceramicznego, powstawała i dotychczas się tworzy, skutkiem rozkładu chemicznego niektórych mineralów krystalicznych, obfitujących w krzemionkę, glinę (tlenek glinu) i alkalia. Spat polny, hornblenda i łyszczyk, znajdujące się w wielu skałach krystalicznych złożonych, jako to: w granitach, porfirach, gnejsach, trachytach, słupieniach, łupkach glinianych i t. p., wietrzejąc pod wpływem czynników atmosferycznych, ulegają pewnym zmianom i przeobrażeniom mechanicznym i chemicznym — i ostatecznie przechodzą w materię ziemistą, niekrystaliczną, będącą związkiem krzemionki, glinki (tlenku glinu) i wody, to jest wodnym krzemianem glinu. Wodny krzemian glinu stanowi zasadniczą część składową wszystkich glin; w stanie czystym zawiera krzemionki 46,40%, glinki 39,68% i wody 13,92%.

Krzemian glinu prawie nigdy nie znajduje się w przyrodzie w stanie całkiem czystym. Skoro wytwory wietrzenia skał pozostały na miejscu, to glina taka, zwana *gliną porcelanową* albo *kaolinem*, należy do najczystszych i najwięcej cenionych w przemyśle, z powodu, iż nadaje się do najszlachetniejszych wyrobów ceramicznych. Najczęściej jednak glina była uniesioną przez wody z miejsca, w którym powstała i osadzoną w miejscowościach innych, niekiedy bardzo odległych, przyczem ulegała różnym przeobrażeniom. W takich glinach *osadowych*, znajdują się zawsze przymieszki obce, zwłaszcza węgiel wapnia, węgiel magnezu, krzemian magnezu, związki tlenowe żelaza, gips, piasek, pył mineralny, ciała organiczne (węgiel), potas, sól, bitumy i t. p. Gatunek i ilość tych domieszek ma ważny wpływ na własności gliny i jej zastosowania techniczne.

Glina zarobiona z wodą tworzy masę ciastowatą, zwięzłą, lepka, która daje się ugniatać w kształty dowolne, a wskutek małej sprężystości zachowuje te kształty następnie podczas wysychania na powietrzu i wypalania w piecu, prawie bez żadnej zmiany. Własność ta, zwana *plastycznością* albo *ciągliwością* (*urabialnością*) (fr. plasticité; n. Plasticität, Bildsamkeit), ujawnia się w glinach w bardzo różnym stopniu.

Gliny zawierające mało piasku i innych ciał nieplastycznych są w dotknięciu tłustawe i dla tego zwane są pospolicie *tłustemi*; gliny zaś zawierające dużo piasku lub innych ciał nieplastycznych, w dotknięciu szorstkie, zwane są *chudemi*. Gliny tłuste ujawniają plastyczność w stopniu większym, aniżeli chude.

Gliny pochodzą z rozkładu różnych skał, a ilości stosunkowe obcych przymieszek i sposób ich połączenia z gliną, są bardzo zmienne. Stąd poszło,

że gliny przedstawiają wielką różnorodność gatunków, różniących się składem chemicznym, własnościami fizycznymi i wartością techniczną. Wszystkie te gatunki można jednak podzielić na następujące trzy grupy zasadnicze: glina porcelanowa (kaolin), gliny plastyczne i gliny ceglarskie.

1) Glina porcelanowa czyli kaolin (porcelanówka, porcelanka) (fr. kaolin, terre à porcelaine; n. Kaolin, Porzellanerde) w stanie czystym jest krzemianem kwaśnym glinu, barwy śnieżno-białej; najczęściej jednak zawiera przymieszki tlenków żelaza, wapnia, magnezu, nadto potasu i spatu polnego i wtedy miewa barwę żółtawo-białą, zielonawo-białą lub czerwono-białą; składa się z cząstek bardzo miękich, pyłkowatych; jest miękka, kruchą i daje się łatwo w palcach rozcierać; w dotknięciu jest chudą i nieco szorstką; do języka przylega słabo; z wodą daje się łatwo ugniatać; w najsilniejszym ogniu nie topi się, lecz tylko twardnieje; w stanie suchym jest zwięzłą lub drobnoziarnistą.

Kaolin powstaje głównie z rozkładu spatów polnych, a zwłaszcza ortozu, zawartych w skałach krystalicznych. Obok ortozu źródłem powstawania kaolinu są: albit, oligoklaz, labrador, sossuryt, amfigen, sklistyn, hornblenda.— Kaolin znajduje się zwykle na miejscu swego powstawania, mianowicie w pobliżu skał granitowych, gnejsowych i porfirowych, w których tworzy gniazda lub zapełnia szczeliny. Niekiedy cała masa tych skał zmieniona jest na stwardniałą glinę porcelanową, zawierającą ziarna kwarcu, blaszki łyszczyku i okruchy niezwiędniętego spatu polnego; wszystkie te domieszki mechaniczne jednak można łatwo oddzielić od gliny przez pławienie (szlamowanie).

Kaolin występuje głównie w okolicach St. Austle w Kornwalii, gdzie z kopalni Carclaz wydobywaną jest słynna w handlu „*glina chińska*“ (China-clay), nadto w St. Yrieux pod Limoges; w Schneeberg i Seilitz pod Dreznem, w Morl i Trotta pod Hallą, w okolicach Passau; w Zettlitz pod Karlsbadem; na Szląsku pruskim; oraz na wyspie Bornholm; wreszcie w Finlandyi, oraz koło Nowogrodu, w gubernii czernichowskiej koło m. Głuchowa, w wielu miejscach na Wołyniu, zwłaszcza przy Korcu, gdzie kaolin oddawna wydobywany jest do wyrobu znanej *porcelany koreckiej*; dalej przy Horydnicy, Burtyniu, Majdanie i Baranówce nad Słuczą; a także w gub. kijowskiej koło wsi Korotyszewa. — W Królestwie Polskiem kaolinu nigdzie dotychczas nie znaleziono.

Ciężar właściwy kaolinu: 2,2.

Kaolin używany jest głównie do wyrobu porcelany, a gatunki mniej czyste do wyrobu fajansu.

2) Gliny plastyczne (ciągliwe) (fr. argiles plastiques; n. plastische Thone), zwane pospolicie *glinkami*, można uważać tylko jako kaolin więcej lub mniej zanieczyszczony przez wodany tlenków żelaza i manganu, tlenek żelaza, węglan wapnia, węglan magnezu, krzemian magnezu i przymieszki ciał organicznych, albo też jako wytwory rozkładu skał zawierających krzemiany żelaza, manganu, wapnia i magnezu. Gliny te powstawały i osadzały się we wszystkich formacjach osadowych. Barwa ich jest zależną głównie od gatunku i ilości przymieszek; to też bywa w różnych odmianach biała, szara, zielona, niebieska, żółta, czerwona, fioletową i czarną, przytem już to jednostajna, już to pstrą, z plamami, żyłami, pasami i smugami. — Gliny plastyczne są najczęściej grubo- lub miękko-

ziemiste; w palcach dają się łatwo rozcierać; w dotknięciu są więcej lub mniej tłustawe. Pochłaniają chciwie wodę i gazy i zatrzymują uporczywie roztwory solne i tłuszcze; do języka więcej lub mniej przylegają. Również jak kaolin, mają wyraźny zapach gliniasty i małą twardość.

Zarobione z wodą pęczniają i tworzą ciasto lepkie i plastyczne (ciągliwe), to jest dające się ugniatać w kształty dowolne; podczas wysychania tracą wodę powoli, przytem mocno zsychają (kurczą się) i często pękają. W ogniu wysychają i tracą plastyczność. — Gliny plastyczne tem łatwiej topią się w ogniu, im więcej zawierają przymieszek obcych.

Ciężar właściwy glin plastycznych, jest zazwyczaj mniejszy od 2; przy znacznej jednak zawartości tlenków metalicznych w glinie, dochodzi do 2,2.

a) *Glina fajkowa* (fr. terre à pipes; n. Pfeifenthon), zwana także *gliną fajansową* (fr. terre à potier, terre à fayence; n. Fayenceerde), jest najczystsza odmianą glin plastycznych; zawiera mało przymieszek obcych i nie zawiera prawie wcale tlenku żelaza; jest bardzo plastyczną (ciągliwą), a w ogniu przybiera barwę śnieżno-białą. — Używa się głównie do wyrobu kamionki (szteingutu), fajansów, fajek, kapsli porcelanowych i t. p. — W Królestwie Polskiem glina fajansowa znajduje się obficie w okolicach Ćmielowa nad rzeką Kamienną, a zwłaszcza koło wsi Wólki Bałtowskiej, gdzie oddawna jest wydobywana; nadto w okolicach Gromadzie, Miłkowa, Itży, Wolanowa i w innych miejscowościach.

b) *Glina ogniotrwała* (fr. argile réfractaire; n. feuerfester Thon). Gliny ogniotrwałe są to albo kaoliny mało zanieczyszczone albo też pokłady glin, z których wapno, żelazo, potas i sól w postaci roztworów wymyte zostały; wskutek tego gliny te zawierają tylko bardzo małe ilości alkaliu, wapna i tlenku żelaza. Najbardziej cenione są gliny ogniotrwałe angielskie, szkockie i belgijskie, które należą przeważnie do formacji węgla kamiennego i często zabarwione są przez bitumy. Gliny te używane są do kanałów pieców wielkich, na retorty, tygle i t. p. Nadto cenione są gliny ogniotrwałe nadreńskie, zwłaszcza z okolic Duisbergu i Stolbergu; heskie, z okolic Faulbachu i Grossalmerode; nassauskie, bawarskie i szląskie. Gliny ogniotrwałe wydobywane na Morawach, w Czechach, w W. Ks. Austriackiem i w Styryi, należą do formacji węgla brunatnego i służą do wyrabiania różnych przedmiotów ogniotrwałych, a zwłaszcza kamieni sztucznych, płyt na ściany i sklepienia pieców hut szklanych, tygli, retort, mufl, rur i t. p. — W okręgu krakowskim znajduje się glina ogniotrwała formacji kajpru i jurajskiej czarnej w okolicach Mirowa i Grójca. — W Królestwie Polskiem gliny ogniotrwałe formacji dewońskiej występują pod Łagowem; formacji jurajskiej brunatnej, czerwone lub czerwone — około Dąbrowy, Siewierza, Będzina, Żarek i Bolesławca; formacji jurajskiej białej — w okolicach Ćmielowa koło Ostrowca, nadto około Szewny, Miłkowa i Lipowej, oraz od Bałtowa wzdłuż obu brzegów rz. Kamiennej przez Otoki, Podgródzie, Ćmielów i Bodzechów do Ożarowa; formacji trzeciorzędowych — w okolicach Ożarowa i na wschód od Ćmielowa, a stąd w kierunku północnym aż do Ulanowskiej straży leśnictwa Bałtowskiego. W Królestwie Polskiem gliny ogniotrwałe formacji jurajskiej brunatnej są przeważnie czarne lub siwe, tak np. gliny ogniotrwałe kopane w rozległych lasach straży Dunalskiej są w warstwie górnej czarne, w dolnej zaś

znacznie grubszej – siwe, z dość znaczną domieszką łyszczyku; gliny ogniotrwałe formacyj trzeciorzędowych są przeważnie siwe. — Niektóre gliny ogniotrwałe kraju naszego pod względem własności technicznych nie ustępują wyborowym glinom ogniotrwałym szkockim.

c) *Glina łupkowa (łupek węglowy)* (fr. schiste charbonneux; n. Schieferthon, Kohlenschiefer, Kräuterschiefer) i *il łupkowy (łupek ility, ilolupek)* (n. Schieferletten) tworzą niejako ogniwo pośrednie pomiędzy łupkiem glinianym i glinami plastycznymi. Występują w formacjach przeważnie dawniejszych, aż do kredowej włącznie. W celach przemysłowych wyzyskiwać je zaczęto dopiero w czasach nowszych i to przeważnie do wyrobu cegły.

Glina łupkowa, o złożeniu łupkowym, miękka, zazwyczaj szara we wszystkich odcieniach barwy czarno-szarej, niebieskawo-szarej, czerwono-szarej, żółtawo-szarej i białawo-szarej, składa się z gliny, piasku bardzo miękiego i drobnych, dających się tylko pod drobnowidzem rozpoznawać, blaszek łyszczyku. Jako składniki przyboczne występują głównie: iskrzyk i węglan tlenowy żelaza, a nie rzadko także septarye. Nadto znajdują się w glinie łupkowej pozostałości roślin i zwierząt. Niekiedy gliny łupkowe nasycone są tak znaczną ilością bitumów, że przechodzą w łupek palny i mogą służyć za paliwo. Gliny łupkowe, wystawione na działanie czynników atmosferycznych, przechodzą w gliny plastyczne.

Il łupkowy, o uławiceniu cienkiem, bogaty w substancją gliniastą, w stanie suchym kruchy i chudy, w stanie mokrym bardzo tłusty i ciągliwy, występuje często wraz z piaskowcami i zlepieńcami (*ilolupek czerwony*), zawiera niekiedy węglan wapnia, zawsze zaś w ilości znacznej związku tlenowego żelaza i dla tego miewa pospolicie barwę żółtą lub czerwoną; często jednak jest pstry, z żyłami i smugami zielonawymi.

W Galicyi gliny łupkowe formacji sylurycznej występują wzdłuż rz. Zbrucza, po obu brzegach rz. Seretu i wzdłuż Dniestru. W Królestwie Polskiem ilolupki czarne formacji sylurycznej występują w górach Pieprzowych pod Sandomierzem, oraz w Ptkanowie i Ciekotach, a formacji dewońskiej — w okolicach gór Chęcińskich; gliny po części łupkowe formacji dewońskiej występują w wielu miejscowościach gub. kieleckiej; także gliny formacji węglowej, pochodzące od wietrzenia łupków, znajdują się w okolicach Dąbrowy i w innych miejscowościach zagłębia węglowego dąbrowskiego; gliny czerwone formacji permskiej występują na powierzchni ziemi około Dębowej Góry i Strzemieszyc Małych, gdzie zawierają znaczną ilość żwiru kwarcowego, powstałego prawdopodobnie z rozpadnięcia się piaskowca kwaczalskiego; także gliny tejże formacji, różnobarwne, najczęściej jednak czerwone i wiśniowo-czerwone, stanowią łożysko okrucowców w Królestwie pod wsią Sławkowem i w Galicyi pod wsią Myślachowicami, a nadto występują w Królestwie nad rz. Przemszą, gdzie tworzą łożysko martwic porfirowych.

Il łupkowy wietrzejąc przechodzi w *il gliniasty* (fr. glaise; n. Letten), barwy najczęściej czerwonej, niekiedy pstry z żyłami i smugami zielonemi. *Il gliniasty*, w stanie rozmięczonym i wilgotnym jest bardzo tłusty i plastyczny. Występuje przeważnie w formacjach dawniejszych aż do kredowej; napotyka się jednak i w formacjach późniejszych.

Niekiedy il gliniasty oznaczany bywa nazwą skróconą *ilu*, co jednak jest niewłaściwym, gdyż w nauce nazwą zbiorową *ilu* obejmuje się nie tylko ily gliniaste, lecz także wszelkie w ogóle gliny; w przemyśle zaś nazwą *ilu* oznaczane są bardzo różne gliny, przeważnie zaś wszelkie gliny tłuste.

d) *Glina garncarska* (fr. terre à potier; n. Töpferthon) zawiera tlenek żelaza oraz węgiel wapnia i z tego powodu burzy się w kwasach; zazwyczaj zawiera krzemionki 57 — 61%, glinki 24 — 37%, tlenku żelaza 4 — 7,5%, tlenku wapnia 0,5 — 2,5%; w ogniu zwykłym nie topi się; w temperaturach wyższych jednak staje się więcej lub mniej miękka, a w temperaturze bardzo wysokiej przekształca się na masę żużlowatą, szklaną. Występuje we wszystkich formacjach osadowych aż do dyluwialnej włącznie, głównie jednak w formacji kredowej i w formacjach trzeciorzędowych. Zazwyczaj zawiera liczne domieszki ciał obcych, a od gatunku i ilości stosunkowej tych domieszek jest zależną jej barwa oraz stopień topliwości i plastyczność. — Używana jest na wyroby garncarskie, majolikowe, fajansowe, terakotowe, oraz na kafle i cegły.

Do glin garncarskich zaliczyć należy gliny tłuste, plastyczne, barwy czerwonej, czerwonej i szarej, występujące w pokładach formacji tryjasowej w bardzo wielu miejscowościach części południowej, południowo-zachodniej i środkowej Królestwa Polskiego, oraz gliny formacji jurajskiej, szare, plastyczne, znajdujące się w okolicach Żarek, Panek i Ogrodzieńca, na brzegu lewym Warty w pow. będzińskim i w wielu miejscowościach pomiędzy Częstochową a Wieluniem. W południowo-zachodnich okolicach Królestwa w glinach rzeczonych, formacji kajpru, znajdują się niekiedy gniazda cynku i ołowiu, oraz iskrzyk. — Nadto należy tu znaczna część glin formacji trzeciorzędowych, o których poniżej będzie mowa.

3) *Gliny ceglarskie* (fr. terre à briques; n. Ziegelerde, Ziegelthon) różnią się od glin plastycznych głównie większą ilością domieszek, zwłaszcza piasku, mniejszą plastycznością i łatwiejszą topliwością. Zawierają zawsze tlenek żelaza i dla tego mają zazwyczaj barwę żółtą; często zawierają dużo tlenku wapnia i tem tłumaczy się ich łatwa topliwość. Używane są głównie do wyrobu cegły, a także na mury ziemolite, polepy i t. d. Odmiany bogate w krzemionkę (piasek) i margiel, są mniej odpowiednie do wyrobu cegły, dają jednak często dobry materiał do wyrobu cementu. — Gliny ceglarskie występują głównie w formacjach trzeciorzędowych i czwartorzędowych, są więc zazwyczaj młodsze od glin plastycznych.

Gliny formacji trzeciorzędowych są najczęściej mniej zanieczyszczone, tłustsze i odporniejsze na wpływ wysokiej temperatury, aniżeli gliny formacji czwartorzędowych. To też najlepsze gliny do wyrobu cegły znajdują się w formacjach trzeciorzędowych.

W Galicyi gliny formacji trzeciorzędowych, szare, występują w wielu miejscowościach obwodu Krakowskiego; w Wieliczce i Bochni tworzą łóżysko pokładów soli; pojawiają się nadto w Galicyi wschodniej. — W Królestwie Polskiem gliny formacji trzeciorzędowych zalegają część północną i zachodnią, występują jednak także w części południowej kraju. Z licznych pokładów tych glin wymieniamy tu tylko niektóre. Pod Włocławkiem i na drodze od Kowala do Dobrzynia, oraz w kilku innych miejscowościach nad Wisłą występują gliny jasno-błękitne, plastyczne, z licznymi kryształami gipsu; ily gliniaste żółte, bru-

natne i błękitne, z nieznaczniemi warstwami węgla brunatnego, zalegają brzeg prawy Wisły od Zakroczymia do Płocka i Włocławka, głównie zaś pod Dobrzyńniem; ility gliniaste, zawierające grube warstwy węgla brunatnego, ukazują się nad Wartą pod Koninem, Brzezniem, Morzysławiem aż do Koła, oraz w W. Ks. Poznańskim wzdłuż Warty; gliny szare, piaszczyste, z pniami drzewa bitumicznego, występują od Mławy do Augustowa, a szczególnie w lasach pod Łomżą, oraz w Prusach zachodnich i wschodnich; gliny marglowe z cienkimi warstwami węgla brunatnego rozpościerają się w części południowej Królestwa, mianowicie od Winiar ku Nowemu Miastu Korczynowi i w dolinie Nidy ku Wiślicy, oraz przy Opatowcu.

Gliny formacji dyluwialnej, zwane niekiedy *glinami skalnymi*, występują przeważnie w pokładach grubych, zanieczyszczonych w stopniu wysokim przez piasek, żwir, gruzły wapna; dają się trudno zarabiać, a do wyrobu cegły są zazwyczaj mniej odpowiednie aniżeli gliny trzeciorzędowe. — Gliny formacji aluwialnej są niekiedy stosunkowo czyste, bez ziarn grubszych piasku i żwiru, niekiedy jednak zawierają znaczną ilość piasku miążkiego, często bogate są w żelazo; niektóre odmiany dają dobry materiał do wyrobu cegły; inne bogate w margiel i krzemionkę są odpowiedniejsze do wyrobu cementu.

Do glin formacji trzeciorzędowych i czwartorzędowych należą głównie gliny marglowe, gliny piaszczysto-wapienne i gliny piaszczyste.

a) *Glina margłowa* jest to margiel gliniany zawierający glinki więcej aniżeli 75%. Gliny marglowe zawierają zawsze większą lub mniejszą ilość piasku, dają się łatwo zarabiać wodą, przyczem tworzą ciasto plastyczne; najczęściej zawierają tlenek żelaza i tlenek magnezu. Glina margłowa bogata w wapno, zawierająca 75—85% glinki i 10—25% węglanu wapnia, stosunkowo łatwo topi się w ogniu. Własności tej nie posiadają gliny marglowe ubogie w wapno, zawierające zazwyczaj 85—95% glinki, a tylko 5—10% węglanu wapnia. — Jeżeli ilość wapna jest tak znaczną, że tworzy ono przeważający ilościowo składnik danego marglu, to margiel taki, zwany *wapiennym*, jest znacznie twardszy aniżeli margiel gliniany, a nawet po rozpadnięciu się na powietrzu, zarobiony wodą, nie daje ciasta plastycznego; używany jest jednak często za przymieszkę do innych glin ceglarskich, zawierających mało wapna lub nie zawierających wcale wapna.

Tegel jest nazwą gliny marglistej, formacji trzeciorzędowych, niebieskawo-zielonej, znajdującej się w Niemczech południowych, a głównie w okolicach Wiednia i stanowiącej tam główny materiał do wyrobu cegły.

b) *Glina piaszczysto-wapienna* czyli *glina mamutowa*, znana także pod nazwą *löss*, składa się z gliny, krzemionki (występującej w postaci miążkiego piasku kwarcowego), węglanu wapnia i tlenku żelaza, przyczem zawiera nadto blaszki łuszczyku, magnez, potas, sód i t. p. Te składniki główne i przyboczne występują w rozlicznych ilościach stosunkowych, a przytem są bardzo miążkie i najściślej z sobą połączone. Barwa tej gliny jest żółto-brunatna w różnych odcieniach. Z powodu dość znacznej ilości węglanu wapnia, glina piaszczysto-wapienna burzy się mniej lub więcej pod działaniem kwasów.

Glina piaszczysto-wapienna występuje przeważnie w formacji dyluwialnej; zazwyczaj zawiera liczne skamieniałości. Znajduje się głównie w dolinach Renu i Dunaju, w Saksonii, w Węgrzech, na Morawach, na Szląsku, w Bessarabii, na Podolu i w gub. kijowskiej.

W Galicyi glina piaszczysto-wapienna formacji dyluwialnej pokrywa znaczną część kraju: występuje na stokach Karpat i dalej ku północy od tego pasma gór na dziesięcio-milowej przestrzeni; rozpościera się nadto w potężnych pokładach na brzegu południowym równiny zachodnio-galicyjskiej i na płaskowzgórzu Galicyi wschodniej. — W Królestwie Polskiem pokłady gliny piaszczysto-wapiennej spoczywają w częściach południowych gub. kieleckiej, zwłaszcza zaś w pow. miechowskim, pińczowskim i stopnickim, oraz w częściach południowych i wschodnich gub. radomskiej, mianowicie na zachód od Waśniowa, na południe i południo-wschód od Opatowa ku Sandomierzowi, na północ od Glinian i na wschód od Sienna, wreszcie na brzegu prawym Wisły w gub. lubelskiej, jako to: w pow. janowskim, nowo-aleksandryjskim, lubartowskim i krasnostawskim.

Glina piaszczysto-wapienna brana jest do wyrobu surówki i cegły palonej, oraz na zaprawę glinianą i t. p. Często jednak jest za mało lepka i nie dość plastyczną, wskutek czego musi być mieszana z gliną piaszczystą.

Glina piaszczysto-wapienna jest po marglu kredowym najurodzajniejszą glebą; u nas wydaje ona sławną pszenicę krakowską i sandomierską.

d) *Glina piaszczysta* (n. Lehm) zawiera takie same składniki jak glina piaszczysto-wapienna, od której różni się głównie mniejszą znacznie ilością węglanu wapnia. Występuje tylko w formacjach nowszych, a głównie w czwartorzędowych, po części i obecnie jeszcze tworzy się jako osad w dolinach rzek i przy ujściach rzek do morza. Obok tego istnieją jednak gliny piaszczyste bardzo dawnego pochodzenia, powstałe z wytworów wietrzenia gnejsów, łupków łuszczkowych, łupków zielonkowych (chlorytowych), słupieni i martwic słupieniowych. — Glina piaszczysta w stanie suchym jest kruchą i z łatwością rozciera się w palcach, w dotknięciu bywa chuda lub nieco tłustawa; w stanie wilgotnym zaś staje się nieco zwięzłą i daje się urabiać w grubsze formy. Barwę ma żółtą lub brunatną w różnych odcieniach.

Występuje na ogromnych przestrzeniach równiny północno-europejskiej, od Holandyi aż do Rosyi, gdzie stanowi łożysko głazów narzutowych, naniesionych przez lodniki z gór Skandynawskich.

Używana jest do wyrobu cegły palonej i surówki, oraz na polepy, wyprawy gliniane i t. p.

Szluf i *Szlik* są to nazwy glin mułkowatych, tworzących się jako osad przy ujściu rzek i nad brzegami morskimi. Gliny te są zazwyczaj tłuste i względnie czyste, używane zaś są głównie za przymieszkę do glin ceglarskich chudych.

Ogólne własności fizyczne glin. Glina składa się głównie z właściwej substancji gliniastej, piasku i mialkiego pyłu mineralnego; przyczem jako składniki przyboczne występują: wapno, żelazo, magnez, potas, sól, bitumy i t. p. Nadto w glinach osadowych znajdują się często skamieniałości, zwłaszcza muszle i koralce, oraz pozostałości zwierząt i roślin, żwiry, iskrzyk i kryształy gipsu. — Właściwa substancja gliniasta składa się z cienkich blaszek lub łuszczynek, osadzonych

w warstwach poziomych, równoległych; piasek występuje we wszystkich właściwych mu odmianach; mialki pył mineralny zaś składa się z zaokrąglonych lub tablicowatych, bardzo drobnych, cząstek kwarcu, łyszczyku i spatu polnego.

Spoistość części składowych w wielu gatunkach glin jest bardzo małą; gliny takie w stanie suchym odbarwiają się i z łatwością dają się rozcierać w palcach, w wodzie zaś łatwo dają się odpławiać (szlamować), przyczem rozdzielają się na tak drobne cząstki, że woda staje się mleczno-mętną i dopiero po dłuższym czasie całkowicie się osadza.

Wiele glin chciwie pochłania wodę i wskutek tego gliny te przylegają mocno do języka. — W stanie wilgotnym gliny wydają woń znamioną, będącą następstwem pochłaniania różnych gazów, a zwłaszcza gazów amoniakalnych.

Wszystkie gliny są w stopniu większym lub mniejszym plastyczne, t.j. zarobione z wodą, tworzą masę ciastowatą, zwięzłą, lepłą, która z łatwością daje się ugniatać w kształty dowolne, a wskutek malej sprężystości, kształty te następnie po wyschnięciu i wypaleniu zachowuje prawie bez zmiany. Własność ta, mająca niezmierną doniosłość ze względu na zastosowania glin w przemyśle, ujawnia się w stopniu większym w glinach tłustych, w stopniu mniejszym zaś w glinach chudych, zawierających wiele piasku lub innych przymieszek mineralnych. — Ilość wody potrzebnej dla utworzenia ciasta, dającego się ugniatać, jest zależną od gatunku gliny, przyczem użycie zbyt wielkiej lub zbyt małej ilości wody jest zawsze szkodliwe, gdyż wpływa na zmniejszenie się plastyczności. Gлина bardzo czysta, sucha, może pochłonąć do 70% wody, gdy tymczasem gliny chude, zawierające dużo piasku mialkiego lub bogate w pył mineralny, wymagają znacznie mniejszej ilości wody, dla nabrania pewnego stopnia plastyczności. Gлина piaszczysta przemoczona i nie zbyt chuda, przyjmuje 40 — 50% wody zanim przechodzi w mulek. — Gлина wysychając na powietrzu, traci tę ilość wody, która jej była dodana przy zarobieniu na ciasto; po wyschnięciu jednak, zarobiona ponownie z wodą, odzyskuje własności plastyczne. Parowanie wody jest przytem powolniejsze w glinach zbitych i tłustych, aniżeli w glinach chudych, zawierających wiele piasku, zwłaszcza gruboziarnistego. — Gлина ogrzana do 300° C. traci wodę związkową i utracą bezpowrotnie własność plastyczności, gdyż nawet w postaci mialkiego proszku, zarobiona z wodą, nie tworzy już ciasta, dającego się ugniatać.

W celu zbadania stopnia plastyczności, wyrabia się z danej gliny pierścienie o przekroju koła, przyczem gлина dostatecznie plastyczna nie powinna rozrywać się ani pękać na obwodzie zewnętrznym; można też wyrabiać kulki różnych średnic i spłaszczać je przez naciskanie do połowy średnicy pierwotnej, przyczem nie powinny tworzyć się żadne rysy.

Skoro czysta substancja gliniasta pochłonie dokładnie tyle wody, że cząstki jej będą nasycone, to spoistość tych cząstek stanie się tak wielką, iż utworzą masę *nieprzemakalną* czyli *nieprzepuszczalną* dla wody, t.j. niezdolną więcej wody przyjąć ani jej przepuścić.

Masa gliniasta nasycona wodą zamarzając, rozkrusza się zupełnie, a to z powodu, że woda zawarta pomiędzy cząstkami gliny, podczas zamarzania zwiększa swą objętość.

Jako następstwo ulatniania się wody dodanej do gliny w celu utworzenia ciasta plastycznego, objętość gliny zmniejsza się, czyli ujawnia się tak zwane *zsychnanie* albo *kurczenie się gliny* (fr. *retraite*; n. *Schwinden*), które wzmagają się następnie podczas wypalania gliny, wskutek wydzielania się wody związkowej. To zmniejszanie się objętości bywa rozmaite, zależnie od gatunku gliny, a dochodzi niekiedy do 20%. — Zsychanie się gliny jest w ogóle tem większe im glina jest tłustszą, t. j. im większą ilość wody może pochłoniąć, zwiększając przytem swą objętość. Skoro zsychanie jest nierównomierne, to masa pęka; nierównomierne zsychanie zaś może być następstwem albo niejednostajnej gęstości masy i jej niejednorodności, albo też gdy masa jest jednorodną — nierównomiernego nasycenia jej wodą. Nadto pęknięcia i rysy mogą tworzyć się przy zbyt prędkim lub przy jednostronnem wysychaniu masy.

Wiązanie się (n. *Bindekraft*) gliny jest tą własnością, wskutek której glina w stanie mokrym, łączy się ściśle z innymi ciałami nieplastycznymi, sproszkowanymi, lub nawet gruboziarnistymi, jak np. z ziarnami kwarcu, spatu polnego i t. p., tworząc z nimi po wyschnięciu masę spójną, o pewnej wytrzymałości mechanicznej.

Glina czysta przy temperaturach stosowanych w piecach ceramicznych nie topi się; podczas wypalania gęstnieje i twardnieje, a po wypaleniu uderzana młotkiem wydaje dźwięk czysty, zanurzona zaś w wodę pochłania większą lub mniejszą jej ilość. Przymieszki piasku, węgla wapnia, wodorów tlenu żelaza i manganu i t. p., wpływają znacznie na zmniejszenie się ogniotrwałości gliny.

Dokładne oznaczenie ważniejszych własności glin, a zwłaszcza plastyczności, zsychnania, wiązania i ogniotrwałości (niełupliwości), ma doniosłe znaczenie w przemyśle ceramicznym; sposoby jednak odrębne używane zazwyczaj dotychczas w tym celu, nie są dostatecznie ścisłe, gdyż przeważnie zależą od zręczności wykonawcy. Znacznie dokładniejsze wyniki można otrzymać przy zastosowaniu przyrządów, obmyślonych przez Pawła Jochum'a, które dają możność wyrażania rzeczonych własności glin w cyfrach.

Własności chemiczne gliny. Glina czysta, będąca wodnym krzemianem glinu, nie ulega w rozcieńczonym kwasie solnym i azotnym żadnym zmianom chemicznym, natomiast rozkłada się w stężonym kwasie siarczanym, przy temperaturze 250 — 300° C; przyczem kwas siarczanym wstępuje w związek z gliną i wydziela krzemionkę, która rozpuszcza się w roztworze potasu. Glina czysta gotowana w ługu potasowym rozpuszcza się bez rozkładu.

Substancja gliniasta pochłania chętnie wodę, oraz gazy, oleje, barwniki, sole i kwasy, przyczem stopień jej chłonności jest zależny od ilości wody w niej zawartej. Po wyparowaniu wody, glina zatrzymuje i przyswaja sobie te ciała, które w wodzie były rozpuszczone. Jeżeli naprzykład glinę wilgotną, ciastowatą, zalejemy roztworem soli kuchennej lub gipsu, to ciała te w glinę wsiąkną i glina tak jednostajnie w całej swej masie zostanie niemi przejęta, że w najmniejszej jej części można będzie wykryć obecność tych ciał; skoro zaś w użytym roztworze znajduje się nadmiar soli lub gipsu, t. j. więcej aniżeli glina może w połączeniu zatrzymać, to po wyparowaniu wody, pozostałe cząstki soli i gipsu wydzielią się w masie gliny w postaci kryształów. Tem się tłumaczy, że w glinie widzimy często kryształy spatu gipsowego, osadzone w szparach, rysach, pęcherzykach, albo też wykwyty zewnętrzne soli kuchennej, saletry, ałunu i t. p.

Gdy glinę, przejętą takimi ciałami wchłoniętymi, spławimy w wodzie na miałki mułek (szlam), to zatrzyma ona tylko te ciała, które na wpół chemicznie są z nią związane i w wodzie czystej nie rozpuszczają się. Do takich ciał, pozostających w glinie, należą głównie: krzemionka, krzemian magnezu, węglan magnezu, węglan wapnia, węglan tlenku żelaza, a także wodan tlenniku żelaza. Przy dalszym działaniu jednak wody, zawierającej kwasy, glina może zostać oczyszczona z przymieszek o tyle, iż pozostaną w niej tylko: wodan tlenniku żelaza, wapno i mąka kamienna. Stąd pochodzi, że w glinach, które były spławiane przez wody na znacznych przestrzeniach i osadzone w postaci mulku, tylko te składniki przyboczne pozostały; w ten sposób powstały ściśle połączenia mułku gliny z wodanem tlenniku żelaza w glinie garncarskiej i z węglanem wapnia w marglu; a przy obecności ciał bitumnicznych lub próchnicowych — ił gliniasty. Skoro przy takich połączeniach, masa gliniasta w stanie mulkowatym, nie zostanie przejęta całkiem równomiernie cząstkami składników przybocznych, to po stężeniu złożenie jest niejednostajne, z kłębami i gniazdami, barwa zaś jest pstrą, z pasami, smugami i t. p.

Czysta substancja gliniasta, jak to już powyżej zaznaczyliśmy, nie topi się nawet w najsilniejszym ogniu pieca; po dodaniu jednak wapna, tlenku żelaza, tlenków żelaza i manganu, alkalij, magnezu, krzemionki (piasku), spatów polnych i t. p., glina staje się w stopniu większym lub mniejszym topliwą. Stąd pochodzi, że przy użyciu gliny nietopliwej (kaolinu) na wyroby ceramiczne, dodawane są do niej odpowiednie ciała (spat polny, kwarc, kreda).

Temperatura gliny zarobionej z wodą na masę ciastowatą rzadką, jest niższą od temperatury powietrza otaczającego tę masę; w miarę tężenia masy, temperatura jej podnosi się, a po zupełnem wyschnięciu staje się równą temperaturze powietrza otaczającego. Po wyparowaniu wody, gdy cząsteczki masy ściśle się z sobą łączą, glina łatwo pochłania ciepło i zatrzymuje je tem dłużej, im barwa jej jest jaśniejszą.

W ogniu glina traci najprzód wodę niezwiązaną chemicznie, przyczem cząstki masy zbliżają się do siebie jaknajściślej, masa zaś *twardnieje*, pozostaje jednak porowatą, może pochłaniać wodę, jest kruchą i do języka przylega. Pod działaniem ognia silniejszego glina traci część wody związkowej, przyczem tworzy się masa prawie zbita, *skamieniała*, mogąca jednak jeszcze pochłaniać wodę. Masa ta przy dalszem wypalaniu *spieka się* i staje się *szklistą*, przyczem cząstki jej tracąc łącznie wodę związkową i zlewają się z sobą. Taka masa szklista jest bardzo twardą, wydaje dźwięk czysty, nie pochłania wcale wody i do języka nie przylega. Ponieważ czysta substancja gliniasta nawet przy najwyższych temperaturach nie zamienia się na masę szklistą, lecz tylko twardnieje lub kamienieje, przeto zeszklenie substancji gliniastej może nastąpić jedynie wtedy, gdy zawiera ona ciała mineralne, które przy temperaturach wyższych, wiążą się chemicznie z krzemianem glinu. Takimi ciałami są: sole i ziemie alkaliczne, topnik (fluspat), tlenek żelaza, tlenek manganu, oraz mąka kamienna składająca się ze spatu polnego, hornblendy lub sklistynu, a nadto piasek zawierający ziarna spatu polnego.

Glina zupełnie czysta jest śnieżno-białą i po wypaleniu nie zmienia tej barwy. Barwa glin nieczystych jest zależną od ich składu; w ogóle jednak im czystsza jest glina, tem barwa po wypaleniu jest jaśniejszą. Tlenek żelaza wywołuje po wypaleniu więcj lub mniej silne zabarwienie czerwone; tlenek magnezu —

zabarwienie żółte; wapno — białawe; tlenek żelaza zaś — zielonawe. Gliny przejęte ciałami organicznymi, są zazwyczaj ciemne lub czarne; po wypaleniu zaś, o ile nie zawierają związków tlenowych żelaza, są prawie białe lub żółtawe.

Zastosowania gliny są bardzo różnolite. Gatunki najczystsze używane są do wyrobu porcelany, z mniej czystych wyrabiane są: fajans, kamionka, fajki gliniane, kafle piecowe, wyroby garncarskie. Gliny ogniotrwałe służą do wyrobu tygli, mufl i różnych materiałów ogniotrwałych (kamieni szamotowych). Nadto glina surowa używana jest przy wyrobie cementu portlandzkiego. — Bardzo rozległe zastosowanie mają niektóre gatunki glin, a zwłaszcza gliny marglowe, piaszczyste i piaszczysto-wapienne, w przemyśle ceglarskim, jako materiał zarówno dla surowek, cegieł zwykłych, dachówek i rur, jako też dla wyrobów terakotowych. — Gliny plastyczne używane są nadto do modelowania robót rzeźbiarskich.

Glina surowa stosowana jest dla zabezpieczenia od przepływu wody (jak np. w grodach skrzyniowych przy robotach wodnych), gdyż warstwa gliny mocno ubitej nie przepuszcza wody; glina piaszczysta jednak do tego celu jest nieodpowiednią, gdyż jest przepuszczalną.

Glina piaszczysta surowa znajduje zastosowanie w budownictwie wiejskiem do wznoszenia murów z gliny, do ścian sztakowanych, na polepy, tynki, a w połączeniu ze słomą — do krycia dachów.

5. Ziemia.

Ziemia rodzajna, ziemia roślinna albo wprost *ziemia*, rozpościerająca się w warstwie różnej grubości na powierzchni kuli ziemskiej, składa się z wytworów rozkładu i wietrzenia skał, z przymieszką zgniłych części roślin i zwierząt. Im mniej ziemia zawiera części mineralnych, tem barwa jej jest ciemniejszą. Ziemia obfitująca w przegniłe ciała organiczne jest prawie czarną i nazywa się *czarnoziemem*. Zależnie od gatunku części mineralnych, ziemia nosi nazwy: piaszczystej, gliniastej i t. p.

Ziemia jest nagromadzeniem drobnych części nie posiadających w stanie suchym prawie żadnej spistości, a w stanie wilgotnym nieco do siebie przylegających. W nasypach kąt naturalny stoku ziemi suchej wynosi 40 — 50°.

Ziemia pochłania chciwie wodę, lecz nasycona do głębokości 2 stóp, staje się dla wody nieprzepuszczalną. — Pod wpływem gorąca ziemia najprzód wysycha, a następnie przy temperaturze 600° C. zaczyna tlić się.

Ścisłość ziemi jest nieograniczoną i dla tego bezpośrednio na ziemi rodzajnej nie można wznosić budowli, gdyż przy rozmaitym ciężarze pojedynczych części budowli, obniżanie się tychże było by nierównomierne. Z tego samego powodu nowym nasypom daje się wysokość większą od rzeczywiście potrzebnej.

Jako materiał budowlany służy ziemia głównie na nasypy ziemne; czarnoziemem zaś pokrywane są te części budowli, na których ma być zaprowadzona roślinność.

Ziemia roślinna zawiera prawie zawsze sól kuchenną (chlorek sodu), która przy zetknięciu się z węglanem wapnia, znajdującym się w wapieniach albo w zaprawie wapiennej, tworzy węglan sodu i chlorek wapnia. Węglan sodu wystę-

puje w postaci niewielkich nagromadzeń kryształów igiełkowatych; chlorek wapnia zaś pojawia się na ścianie w postaci mulku, który zawilgaca i rozmiękcza mury. Te rozmiękczone części muru pod wpływem mrozu odpadają; poczem zawilgacanie i rozmiękczenie muru postępuje dalej, dopóki sól kuchenna pozostaje w zetknięciu z węglanem wapnia. Zjawisko to znane jest pod nazwą *wykwitu murowego*, a może ono mieć i inne jeszcze przyczyny (p. str. 8 i 87, oraz t. I cz. I, str. 444, 462). O wykwitach murowych i przyczynach ich powstawania podana będzie wzmianka szczegółowsza w dziale III.

Własności ogólne kamieni rodzimych.

Przy wyborze kamieni rodzimych do budowlı należy poznać i uwzględnić ich własności zasadnicze, jakimi są: wytrzymałość, trwałość, twardość i porowatość, a w razie potrzeby należy ocenić także własności estetyczne, zależne od wyglądu zewnętrznego, oraz własności zdrowotne (hygieniczne).

Własności te ujawniają się w stopniu bardzo rozmaitym nie tylko w kamieniach różnego gatunku, lecz także w kamieniach jednakowego gatunku, a nawet w kamieniach pochodzących z jednego i tego samego łomu. Wszelkie sposoby odrębne oceniania dobroci kamienia są niewystarczające. Ocena dokładna własności zasadniczych kamienia może opierać się jedynie na wynikach doświadczeń umiemych, przeprowadzonych z uwzględnieniem wymagań obecnej wiedzy o skałach rodzimych. Takie doświadczenia mogą być wykonane tylko przy pomocy przyrządów, po części złożonych i kosztownych, a że przytem są zmusne i wymagają niepośledniej umiemyści i wprawy, przeto własności kamieni rodzimych i w ogóle wszelkich materiałów budowlanych, mogą być dokładnie zbadane tylko w urzędzonej odpowiednio do tego celu pracowni mechanicznej.

Wyniki doświadczeń przeprowadzanych w pracowniach mechanicznych stanowią wskazówkę cenną dla konstruktorów, a przytem przynoszą bezpośrednią korzyść zarówno odbiorcy jako też dostawcy. Odbiorcy dają one możność sprawdzania o ile materiał budowlany dostarczony przez dostawcę czyni zadość wymaganiom sztuki budowlanej i warunkom zastrzeżonym w umowie; dostawcy zaś dają one możność przyjmowania w obec odbiorców pewnych ściśle określonych zobowiązań odnośnie stopnia dobroci materiałów budowlanych i ustapiowania cen tychże materiałów w stosunku do ich rzeczywistej wartości technicznej.

Przy dostawach większych uskutecznianych nie jednorazowo lecz w partjach, należy poddawać doświadczeniom okazy z każdej partji oddzielnie, gdyż różne partje, pochodzące nawet z jednego źródła, mogą różnić się pod względem własności.

1. Wytrzymałość.

Wytrzymałość mechaniczna kamieni rodzimych jest zależną głównie od ich składu mineralogicznego i od jednostajności złożenia we wszystkich kierunkach. Na wielkość wytrzymałości mechanicznej kamienia ma więc wpływ nie tylko gatunek minerałów, z których dany kamień się składa, lecz także ich wielkość, twardość, kierunek ich łupliwości i t. d., a nadto sposób, w jaki te składniki względem siebie są ułożone i w jaki z sobą są zrosnięte lub połączone.

Wynika stąd, że wytrzymałość kamieni rodzimych jest zależną od bardzo wielu niezmiernie złożonych czynników. Nawet w skałach jednostajnych, złożonych z minerałów tylko jedne-

go gatunku, wytrzymałość w różnych przekrojach poprzecznych może okazać się bardzo rozmaitą, pomimo, że wytrzymałość składników, jako jednogatunkowych, jest w przybliżeniu jednakową. Przyczyną tego zjawiska jest ta własność wszystkich niemal mineralów wchodzących w skład skal, że w pewnych kierunkach rozdzielają się na cząstki czyli łupią się łatwiej aniżeli w innych; wytrzymałość mineralów więc w kierunku ich łupliwości jest znacznie mniejszą, aniżeli prostopadle do kierunku łupliwości. W skale minerały ułożone są zazwyczaj całkiem nieprawidłowo, tak, że kierunek ich łupliwości względem kierunku obciążenia może być bardzo rozmaity; a że wytrzymałość kamienia w każdym przekroju jest sumą wytrzymałości jego składników znajdujących się w tymże przekroju, przeto zależnie od przypadkowego kierunku łupliwości mineralów względem kierunku obciążenia, wytrzymałość kamienia może być w różnych przekrojach rozmaita. W skałach złożonych, składających się z mineralów różnego gatunku, niezrośniętych z sobą, lecz połączonych spoiwem, różnica wytrzymałości w różnych przekrojach kamienia może okazać się jeszcze znaczniejszą, gdyż tu przybywają jako czynniki dodatkowe: niejednakowa łupliwość różnych mineralów i niejednakowa moc połączenia ich ze spoiwem.

Wytrzymałość kamieni rodzimych jest zależną także od stopnia ich wilgoci. Kamienie bezpośrednio po wyjęciu z łomu, zawierając dużo wilgoci skalnej, mają w ogóle znacznie mniejszą wytrzymałość, aniżeli po wyschnięciu na powietrzu. Piaskowce naprzykład, nasycone wodą, ujawniają tylko $\frac{2}{3}$ tej wytrzymałości, jaką mają w stanie suchym.

Kamienie pochodzące z warstw skrajnych łomu albo z pobliza szczelin głębokich są najczęściej już nadwietrzane, a tem samem mniej gęste, krucho i mniej wytrzymałe, aniżeli kamienie wydobywane z części środkowych łomu, do których powietrze nie miało przystępu bezpośredniego.

Wytrzymałość na ściskanie kamieni rodzimych, z powodu ich złożenia ziarnistego, jest znacznie większą aniżeli inne rodzaje wytrzymałości. To też słusznie w budowlach kamienie wystawiane są najczęściej tylko na działanie sił ścisających, znacznie rzadziej na działanie sił przecinających i wyginających (jak np. w belkach kamiennych nad otworami okien i drzwi, wspornikach pod balkonami, stopniach schodów i t. p.), a prawie nigdy na działanie sił rozciągających.

1) Wytrzymałość na ściskanie. Różni uczeni, głównie zaś Rondelet, Bau-schinger, Böhme, Dietrich i Hauenschild, starali się zbadać czy i o ile wytrzymałość kamieni rodzimych jest zależną od ich własności fizycznych, a zwłaszcza od ciężaru właściwego, twardości i barwy. Prawa tej zależności jednakże nie zostały stwierdzone; to też przy obecnym stanie wiedzy, wytrzymałości kamienia nie można oceniać nawet w przybliżeniu z rzeczonych jego własności fizycznych. Niewątpliwą natomiast zdaje się być zależność wytrzymałości od składu mineralogicznego i stopnia porowatości kamienia, oraz od jego wymiarów, kształtu i sposobu obrobienia.

a) *Zależność wytrzymałości od składu mineralogicznego i porowatości.* Zależność wytrzymałości od składu mineralogicznego i od jednostajności złożenia we wszystkich kierunkach, objaśnioną już była powyżej. Skoro zaś wytrzymałość kamienia rodzimego jest zależną od tych dwóch czynników, to, jak słusznie twierdzi Hauenschild, wynika stąd bezpośrednio, że *przy jednakowym składzie mineralogicznym wytrzymałość kamienia jest odwrotnie proporcjonalną do jego porowatości*, czyli wzrasta w takim samym stosunku, w jakim zmniejsza się różnica pomiędzy ciężarem właściwym a ciężarem rzeczywistym jednostki objętości.

b) *Zależność wytrzymałości na ściskanie od wymiarów, kształtu i sposobu obrobienia.* Skoro wysokość kamienia jest większą od najmniejszego wymiaru podstawy, to w miarę zwiększania się wysokości, maleje wytrzymałość na ściskanie.

Prawo to stwierdzone zostało przez doświadczenia Rondelet'a, który oznaczył wytrzymałość na ściskanie różnych kamieni rodzimych, kształtu sześcianu, oraz prostopadłościanu o wysokości dwa i trzy razy większej od boku podstawy, przyczem wymiary podstawy sześcianu i prostopadłościanów były jednakowe. Oto niektóre wyniki tych doświadczeń:

Gatunek kamienia	Ciężar właściwy	Wytrzymałość na ściskanie w kg na m^2		
		sześcianu	prostopadłościanu o wysokości dwa razy większej od boku podstawy	prostopadłościanu o wysokości trzy razy większej od boku podstawy
Wapień bardzo twardy	2,388	35404	21644	19120
Kamień twardy z Bagneux pod Paryżem	2,255	26600	16892	15560
Wapień skalny twardy z Chatillon . .	2,342	20552	16040	15412

Według Dietrich'a wytrzymałość na ściskanie kamienia wzrasta w miarę zwiększania się powierzchni obciążonej; tak np. wytrzymałość na ściskanie jednego i tego samego piaskowca wynosiła: w kostkach o boku 6 cm (czyli o powierzchni obciążonej 36 cm^2) 1016 kg na cm^2 , a w kostkach o boku 10 cm (czyli o powierzchni 100 cm^2) 1300 kg na cm^2 .

Wytrzymałość na ściskanie jest nadto zależną, jak dowiódł Rondelet, od kształtu powierzchni obciążonej; albowiem przy jednakowej wielkości tej powierzchni największą wytrzymałość na ściskanie mają kamienie o podstawie kształtu koła, mniejszą — kamienie o podstawie kształtu kwadratu, a jeszcze mniejszą — kamienie o podstawie kształtu prostokąta, przyczem stosunek wytrzymałości na ściskanie dla tych trzech kształtów jest równy: 917 : 806 : 703.

Wytrzymałość na ściskanie jest wreszcie zależną od sposobu obrobienia podstawy kamienia i powierzchni, na którą obciążenie działa. Przy jednakowym przekroju i jednakowej objętości wytrzymałość na ściskanie kamieni łamanych, ociosanych z gruba, jest znacznie mniejszą aniżeli kamieni obrobionych gładko albo szlifowanych.

Böhme stwierdził, że wytrzymałość na ściskanie granitu z łomów w Nabburg w Bawaryi, w kawałkach ociosanych z gruba, jest równą przeciętnie 623,2 kg na cm^2 , w kawałkach zaś obrobionych gładko i oszlifowanych — przeciętnie 1095 kg na cm^2 .

Zjawisko to można objaśnić dostatecznie tem, że w kamieniach obrobionych gładko, obciążenie przenosi się bezpośrednio na znacznie większą liczbę punktów powierzchni obciążonej, rozdziela się więc na powierzchnię tę znacznie równomiej, aniżeli w kamieniach tylko z gruba ociosanych. — Doświadczenia udowodniły, że w kamieniach o powierzchniach chropowatych, niedogodności wynikających z nierównomiernego przenoszenia się obciążenia na powierzchnię kamienia, nie można usunąć w stopniu pożądanym za pomocą podkładek sprężystych (np. płyt pilśniowych, blach ołowianych i t. p.), gdyż nawet przy użyciu takich podkładek wytrzymałość na ściskanie kamienia o powierzchniach chropowatych jest znacznie mniejszą aniżeli kamienia o powierzchniach gładkich, a przytém różną zależnie od gatunku podkładki.

c) *Spostrzeżenia nad zależnością wytrzymałości na ściskanie od ciężaru właściwego, twardości i barwy.* Rondelet, na podstawie bardzo licznych doświadczeń, wygłosił pomiędzy innymi twierdzenia następujące:

1) We wszystkich kamieniach rodzimych, ciężar, wytrzymałość, trwałość, wielkość ziarn i stopień zwięzłości złożenia, są własnościami, które zdają się pozostawać we wzajemnej od siebie zależności. Kamienie jednakowego gatunku i jednakowej barwy, złożone z ziarn jednakowej wielkości, mają wytrzymałość tem większą im większym jest ciężar właściwy.

2) Kamienie barwy czarnawej i niebieskawej są trwalsze i wytrzymalsze aniżeli kamienie barwy szarej, białej albo czerwonej; w ogóle zaś kamienie barw jasnych mają wytrzymałość mniejszą i są lżejsze aniżeli kamienie ciemne. Kamienie o złożeniu równomiernem, składające się z ziarn jednakowej wielkości, mają wytrzymałość większą aniżeli kamienie złożone z ziarn różnej wielkości, jakkolwiek te ostatnie są niekiedy twardsze i cięższe.

Przeciwko pierwszemu z tych twierdzeń wystąpił Böhme, starając się na podstawie przeprowadzonych w tym celu doświadczeń udowodnić, że w piaskowcach i wapieniach niema żadnej zależności pomiędzy wytrzymałością a ciężarem właściwym, gdyż okazy jednakowego gatunku i jednakowego ciężaru właściwego ujawniają wytrzymałość bardzo różną, przyczem często wytrzymałość okazów gatunkowo lżejszych jest większą aniżeli cięższych. Böhme sądzi natomiast, że wytrzymałość piaskowców i wapieni jest przeważnie zależną od spoiwa i jego siły wiążącej. — Porównywanie pod względem wytrzymałości skał wybuchowych z osadowymi, uważa Böhme za wprost niemożliwe; gdyż np. niektóre lawy twarde i przytem porowate, jakkolwiek znacznie lżejsze od piaskowców i wapieni, ujawniają jednak znacznie większą wytrzymałość na ściskanie.

Drugie twierdzenie Rondeleta także nie utrzymało się wobec wyników doświadczeń późniejszych nad wytrzymałością kamieni rodzimych.

d) *Klasyfikacja kamieni rodzimych oparta na ich wytrzymałości.* W memoryale opracowanym przez J. Bauschinger'a, A. Funk'a i Hartig'a, a wydanym przez związek stowarzyszeń inżynierów i architektów niemieckich (1878 r.), podana jest klasyfikacja kamieni rodzimych oparta na ich wytrzymałości. Na zasadzie tej klasyfikacyi wszystkie kamienie budowlane rodzime, podzielone są na cztery grupy, a każda grupa dzieli się na „gatunki“. Dla każdego „gatunku“ przyjętą została najmniejsza wymagana wytrzymałość na ściskanie. Do danego gatunku mogą być więc zaliczone tylko takie kamienie, których wytrzymałość na ściskanie jest przynajmniej równą wymaganej dla tegoż gatunku wytrzymałości najmniejszej. Kamienie, które podpadając pod jedną z rzeczonych czterech grup, mają wytrzymałość na ściskanie mniejszą od wytrzymałości najmniejszej przyjętej dla najniższego „gatunku“ tejże grupy, nie mogą być uważane za kamienie budowlane i albo nie powinny być wcale do robót budowlanych brane, albo też mogą być używane tylko po bardzo starannem i wszechstronnem zbadaniu wszystkich ich własności. — Jako wytrzymałość na ściskanie rozumieć tu należy to obciążenie obliczone na cm^2 powierzchni, przy którym okaz kamienia, kształtu sześcianu, zupełnie się rozpada, a nie obciążenie, przy którym pojawiają się pierwsze rysy. Przytem dwie podstawy sześcianu winny być starannie na heblarce ręcznej oheblowane, najlepiej przy użyciu dyamentu, tak, ażeby tworzyły dwie powierzchnie całkiem płaskie, możebnie gładkie i dokładnie równoległe. Jeżeli kierunek uławienia w kamieniu daje się rozpoznać, to obciążenie winno działać prostopadle do tego kierunku uławienia. Obciążenie winno przenosić się bezpośrednio na powierzchnię kamienia, a nie za pośrednictwem jakiegokolwiek bądź podkładek sprężystych. Podczas próby okaz kamienia w maszynie winien spoczywać pomiędzy dwiema płytami ze stali lanej utwardnionej (hartowanej), z tórych jedna winna być ruchoma

na przegubie kulistym, tak, ażeby zawsze mogła przyjmować położenie równoległe do drugiej. Tylko przy tych zastrzeżeniach liczby poniżej podane zachowują swoją wartość.

1) *Skąły nie zawierające skamieniałości (beżyciowe, azoiczne):*

granit, zieleńce, syenit, syenit granitowy, łupek łyszczykowy i t. d.

Gatunek I. Kamienie nie dające się wcale (dlutem obrabiać albo dające się trudno obrabiać i dla tego używane przeważnie na bruki. Najmniejsza wytrzymałość na ściskanie 1600 kg na cm^2 .

Gatunek II. Kamienie dające się trudno obrabiać, lecz które mogą już być używane na kolumny i t. p. Najmniejsza wytrzymałość na ściskanie 1200 kg na cm^2 .

Gatunek III. Kamienie dające się dobrze obrabiać i nadające się na ciosy do murów. Najmniejsza wytrzymałość na ściskanie 1000 kg na cm^2 .

Gatunek IV. Kamienie budowlane pośrednie. Najmniejsza wytrzymałość na ściskanie 800 kg na cm^2 .

2) *Wapienie:*

marmur, dolomit, wapień muszlowy, wapień mumulitowy i t. d.

Gatunek I. Najmniejsza wytrzymałość na ściskanie 1000 kg na cm^2 . Wytrzymałość na ściskanie niektórych skał wapiennych, zwłaszcza starszych wapieni muszlowych, dochodzi do 1600 kg na cm^2 ; takie skały dają się jednak trudno obrabiać i używane są głównie na szaber dla dróg bitych.

Gatunek II. Najmniejsza wytrzymałość na ściskanie 800 kg na cm^2 .

Gatunek III. Najmniejsza wytrzymałość na ściskanie 500 kg na cm^2 .

Mniejszą jeszcze wytrzymałość mają tylko niektóre wapienie miękkie, formacji młodszych i najmłodszych; a jakkolwiek niektóre z tych wapieni dają dobry kamień budowlany, to jednak ze względu na znaczne zazwyczaj różnice pod względem wytrzymałości i trwałości, należy przy wyborze tych kamieni zachowywać pewną ostrożność i przed użyciem własności ich starannie zbadać.

3) *Piaskowce.*

Następujący podział piaskowców przyjęto z zastrzeżeniem, że wytrzymałość na ściskanie waki szarej wynosi niekiedy przeszło 2000 kg na cm^2 , przyczem jednak kamień nie może już być obrabiany i że wytrzymałość na ściskanie piaskowców molasowych oraz glazów narzutowych formacji tryjasowej, dochodzi do 1500 kg na cm^2 .

Gatunek I. Najmniejsza wytrzymałość na ściskanie 800 kg na cm^2 . Tu należą, oprócz skał powyżej wspomnianych, najlepsze piaskowce pstre.

Gatunek II. Najmniejsza wytrzymałość na ściskanie 600 kg na cm^2 . Tu należą dobre i średnie piaskowce pstre.

Gatunek III. Najmniejsza wytrzymałość na ściskanie 400 kg na cm^2 . Tu należą pośledniejsze piaskowce pstre, oraz dobre piaskowce kajprowe i trzeirowe.

Gatunek IV. Najmniejsza wytrzymałość na ściskanie 200 kg na cm^2 . Tu należą zwykle piaskowce kajprowe, budowlane i trzeirowe.

Poniżej tej granicy 200 kg na cm^2 wytrzymałość i trwałość piaskowców jest bardzo zmienną, zależnie od dobroci spoiwa; to też przy stosowaniu kamienia takiego należy zachować jaknajwiększą ostrożność.

4) *Zlepieńce, martwice i t. d.*

Gatunek I. Najmniejsza wytrzymałość na ściskanie 400 kg na cm^2 .

Gatunek II. Najmniejsza wytrzymałość na ściskanie 250 kg na cm^2 .

Gatunek III. Najmniejsza wytrzymałość na ściskanie 150 kg na cm^2 .

Nie można oznaczyć, jakie skały pod każdy z tych gatunków podpadają. Niektóre martwice należą do gatunku I, gdy tymczasem inne nawet do gatunku III zaliczone być nie mogą. To samo odnosi się do zlepieńców.

e) *Próba wytrzymałości na ściskanie.* Ażeby oznaczyć wytrzymałość na ściskanie kamienia, okaz próbny poddawany jest na przyrządzie drągowym albo na prasie wodnej (hydraulicznej) ciśnieniu, stopniowo wzmagającemu się i działającemu możebnie równomiernie na powierzchnię kamienia, aż do chwili gdy

okaz rozpadnie się zupełnie na części. Ciśnienie, pod którym pojawiają się w okazie pierwsze rysy, stanowiące początek rozpadania się kamienia, nie może służyć za miarę wytrzymałości na ściskanie, gdyż pojawianie się pierwszych pęknięć jest w zbyt wysokim stopniu zależne od dokładności obrobienia powierzchni okazu, oraz od dokładnego ułożenia okazu pomiędzy płytami przyrządu. Obciążenie, pod którym okaz rozpada się na części, wyrażone w *kg* na *cm*² (albo w pudach na cal kwadr.), jest wyrazem wytrzymałości na ściskanie danego okazu. Z wytrzymałości jednego okazu nie można jednak sądzić o wytrzymałości danej skały; to też doświadczenie powtarzane być musi na okazach kilku (najmniej trzech); a przytem przy badaniu kamieni przeznaczonych do użycia od zewnątrz budowli (np. do licowania od zewnątrz murów i t. p.), oprócz doświadczeń nad okazami w stanie suchym, wykonywane są doświadczenia nad okazami nasyconymi wodą.

Rozumie się, że okazy badane winny być nieuszkodzone, gdyż wytrzymałość na ściskanie okazu pękniętego, albo okazu, w którym znajdują się rysy włoskowate, nie może być miarą wytrzymałości odnośnego kamienia. A że przy ciosaniu tworzą się w kamieniu często rysy włoskowate, których na razie niekiedy nawet pod lupą dostrzedz nie można, przeto okoliczność ta, niezależnie od przyczyn już powyżej wskazanych, (p. str. 146), stanowi jeden powód więcej, dla którego okazy poddawane próbie wytrzymałości na ściskanie, winny być wypilowane, a nie przyciosane.

Wpływ kształtu i wymiarów okazu na wynik próby wytrzymałości na ściskanie objaśnilimy już powyżej (p. str. 146). Tu zaznaczamy, że w pracowniach mechanicznych brano się do próby wytrzymałości na ściskanie przeważnie okazy kształtu sześcianu, którego wymiary są zależne od gatunku kamienia, a przytem różne dotychczas niestety w rozmaitych pracowniach.

Stacya doświadczalna państwowa w Berlinie wymaga nadsyłania 8—10 okazów, kształtu sześcianu, przyciętych, a nie ciosanych, o wymiarach:

dla kamieni znacznej wytrzymałości	5.5.5 <i>cm</i> ,
„ „ „ średniej wytrzymałości	6.6.6 <i>cm</i> ,
„ „ „ małej wytrzymałości, lekkich	7,1.7,1.7,1 <i>cm</i> .

Nadto kamienie łomowe przeznaczone do budynków badane są w teje stacyi w postaci płytek, których wymiary zależnie od stopnia wytrzymałości kamienia winny wynosić: dla kamieni, o wytrzymałości wielkiej 5.5.3 *cm*, dla kamieni, o wytrzymałości średniej 6.6.3,6 *cm*, dla kamieni, o wytrzymałości małej 10.10.10 *cm*; oraz w postaci słupków, których wymiary niezależnie od stopnia wytrzymałości kamienia, winny wynosić: 10.10.40 *cm*.

Pracownia mechaniczna Instytutu inżynierów komunikacyj w Petersburgu żąda nadsyłania 3—4 okazów każdego kamienia, przyczem w razie potrzeby wykonywania próby kamienia w stanie nasyconym wodą, liczba ta okazów winna być podwojoną. Okazy winny mieć kształt sześcianu, którego dwie przeciwległe powierzchnie winny być możebnie gładkie, starannie oheblowane i dokładnie do siebie równoległe. Okazy winny być przygotowane przez wysyłającego; pracownia jednak, na żądanie, wskazuje osoby, trudniące się umiejętnem przygotowaniem okazów. Wymiary okazów winny wynosić:

dla kamieni bardzo twarych i wytrzymałych (skal feldspatowych, piaskowców bardzo mocnych, i takichże wapieni)	5.5.5 <i>cm</i> ,
dla zwykłych dobrych kamieni budowlanych, o wytrzymałości średniej	7.7.7 <i>cm</i> ,
dla kamieni o wytrzymałości małej	10.10.10 <i>cm</i> .

Pracownia, w razie żądania, wykonywa także próby na okazach, mających inny kształt i inne wymiary, lecz w takim wypadku nie wydaje ze swojej strony poświadczenia o wytrzymałości danego kamienia.

Na wyniki próby wytrzymałości ma znaczny wpływ typ maszyny. Dawniej używane były niemal wyłącznie przyrządy drążkowe. Obecnie przyrządy takie są używane tylko dla okazów kamieni miękkich, o przekroju małym.

Przyrząd drążkowy Gauthey'a w Paryżu jest najdawniejszą z maszyn, służących do oznaczania wytrzymałości. *Institut statistique* w Paryżu wykonywa od 1854 r. przeszło tysiąc prób rocznie na tym przyrządzie. Podobny przyrząd znajduje się w pracowni mechanicznej szkoły politechnicznej w Wiedniu; a inny typ przyrządu drążkowego, pomysłu Hauenschild'a, znajduje się w *Stabilimento tecnico* i daje ciśnienia do 10 000 kg.

W czasach nowszych używane są do oznaczania wytrzymałości przeważnie prasy wodne (hydrauliczne), pracujące bardzo dokładnie i prędko i dające możliwość wywierania ciśnień bardzo znacznych. Ciśnienie w prasie przenosi się bezpośrednio na powierzchnię okazu za pomocą płyt stalowych. Pomiędzy płytami a okazem nie są umieszczane żadne podkładki sprężyste (np. blachy ołowiane, płyty pilśniowe, tektury i t. p.) dla wyrównania ciśnienia, gdyż podkładki takie okazały się całkiem bezużytecznymi (p. str. 146), a przytem mogą wywołać naprężenia uboczne. Z dwóch płyt, pomiędzy którymi okaz się znajduje, jedna musi być ruchomą na przegubie kulistym.

Wyborną prasę wodną bez pompy, pomysłu Michaëlis'a, wyrabia firma Brink i Hübner w Mannheim, w różnych wielkościach, a mianowicie dla ciśnień 10, 60, 120 i 150 t. Najdokładniejszą jednak lecz zarazem najbardziej złożoną i najkosztowniejszą maszyną dla prób wytrzymałości, jest prasa pomysłu Werder'a, wyrabiana przez firmę Cramer-Klett w Norymberdze.

2) Wytrzymałość na rozciąganie. W skałach, zwłaszcza osadowych, nawet w tych, w których kierunek uławicenia nie jest widoczny, spójność cząstek nie we wszystkich przekrojach jest jednakową, wskutek czego kamień rozrywany rozdziela się łatwiej w pewnych kierunkach aniżeli w innych. Kierunki te uwidoczniają się oczywiście przy próbie wytrzymałości kamienia na rozciąganie, a dają one wskazówkę ważną dla budującego, albowiem powierzchnie łożyskowe kamienia w murze winny być, jak wiemy, możebnie równoległe do kierunku uławicenia, albo też do kierunku najsłabszej spójności cząstek, gdyż wtedy wytrzymałość na ściskanie kamienia jest największą, a wpływ szkodliwy czynników atmosferycznych — najmniejszym (p. str. 112). Zdaje się nadto nie podlegać wątpliwości, że odporność kamienia na wpływ mrozu jest wprost zależną od jego wytrzymałości na rozciąganie i tem większą im większą jest ta wytrzymałość; jeżeli albowiem woda zapelniająca pory kamienia, zwiększając swą objętość podczas zamarzania, ma rozsadzić kamień, to oczywiście parcie lodu tworzącego się w porach, musi być większe aniżeli siła spójności cząstek kamienia.

Próba wytrzymałości na rozciąganie może więc wskazać pewne własności kamienia, o których na podstawie wyników próby wytrzymałości na ściskanie nie sądzić nie można. Przytem próba wytrzymałości na rozciąganie daje się wykonywać znacznie łatwiej, wymaga przyrządów znacznie prostszych i mniej kosztownych, a wyniki jej nie są zależne od więcej lub mniej dokładnego obrobienia powierzchni okazu. Niemniej jednak, ponieważ kamienie rodzime w budowlach tylko wyjątkowo są wystawiane na działanie sił rozciągających i ponieważ stosunek wytrzymałości na rozciąganie do wytrzymałości na ściskanie jest bardzo zmienny dla różnych kamieni rodzimych, przeto wytrzymałość na rozciąganie kamieni rodzimych dotychczas znacznie rzadziej była badaną aniżeli wytrzymałość na ściskanie.

Bauschinger podaje jako współczynniki przeciętne wytrzymałości na rozciąganie: dla granitu 29, dolomitu 17, waki szarej 14, piaskowca pstrego 16, piaskowca kajprowego 4, piaskowca muszłowego 27 kg na cm^2 .

Stosunek wytrzymałości na rozciąganie do wytrzymałości na ściskanie kamieni rodzimych jest zmienny w bardzo rozległych granicach, według Hauenschild'a od $\frac{1}{16}$ do $\frac{1}{37}$; według Bauschinger'a stosunek ten wynosi przeciętnie $\frac{1}{26}$ (p. t. I. cz. 1. str. 329).

3) Wytrzymałość na wyginanie. Na działanie sił wyginających są wystawione tylko niektóre części konstrukcyjne kamienne, jak np. belki nad otworami drzwi i okien, stopnie schodów, płyty balkonowe, wsporniki i t. p. Próbę wytrzymałości na wyginanie wykonywa się zazwyczaj przez bezpośrednie obciążenie, rzadziej przy użyciu maszyny. Wytrzymałość na wyginanie kamieni rodzimych jest większą od wytrzymałości na rozciąganie, lecz znacznie mniejszą od wytrzymałości na ściskanie.

Współczynniki wytrzymałości na wyginanie wynoszą przeciętnie: dla granitu 120; trachytu z Londorf pod Giessen 118; słupienia 200; łupku łyszczykowego 256; łupku glinianego z łomów Hórre-Raumländer 378; wapienia muszłowego z Randersacker pod Würzburgiem 69; dolomitu 90; piaskowca pstrego 90; piaskowca kajprowego z pod Koburga 30; piaskowca zielonego bawarskiego 58; piaskowca molasowego 64; martwicy wapiennej z Weilheim 95 kg na cm^2 .

Stosunek wytrzymałości na wyginanie kamieni rodzimych do ich wytrzymałości na ściskanie jest bardzo zmienny i wynosi przeciętnie według Bauschinger'a 0,16 (p. t. I. cz. 1. str. 329).

4) Wytrzymałość na przesuwanie (ściananie). Na przesuwanie muszą być obliczane krótkie wsporniki kamienne. Wytrzymałość na przesuwanie kamieni rodzimych jest większą aniżeli ich wytrzymałość na rozciąganie, lecz mniejszą aniżeli wytrzymałość na wyginanie i znacznie mniejszą aniżeli wytrzymałość na ściskanie.

Współczynniki przeciętne wytrzymałości na przesuwanie kamieni rodzimych wynoszą: dla granitu 62, syenitu 165, trachytu z Londorf pod Giessen 28, wapienia muszłowego 56, wapienia jurajskiego z Pappenheim w Bawaryi 84, dolomitu 62, piaskowca szarowakowego z pod Pressing 102, piaskowca pstrego 40, piaskowca kajprowego 35, piaskowca zielonego bawarskiego 25, piaskowca molasowego 57, martwicy wapiennej z Weilheim 33 kg na cm^2 .

Stosunek wytrzymałości na przesuwanie kamieni rodzimych do ich wytrzymałości na ściskanie wynosi według Bauschinger'a przeciętnie 0,075, zatem wytrzymałość na przesuwanie jest przeciętnie prawie dwa razy większą od wytrzymałości na rozciąganie (p. t. I. cz. 1. str. 329).

5) Obciążenie bezpieczne. Obciążenie bezpieczne na ściskanie kamieni rodzimych nie powinno wynosić więcej aniżeli $\frac{1}{10}$ wytrzymałości na ściskanie; w konstrukcjach wystawionych na wstrząśnienia nawet niewielkie należy przyjmować $\frac{1}{20}$, a w konstrukcjach wystawionych na wstrząśnienia silne oraz w filarach cienkich — tylko $\frac{1}{40}$ przeciętnej wytrzymałości na ściskanie danego kamienia. Przy obliczaniu kamienia na rozciąganie, wyginanie i przecinanie należy przyjmować bezpieczeństwo przynajmniej dziesięciokrotne.

6) Współczynniki sprężystości. Bauschinger oznaczył przez bezpośrednie ściskanie i rozciąganie następujące współczynniki sprężystości: dla granitu drobnoziarnistego 270 — 510 t na cm^2 (= 106 300 — 200 900 pud. na cal kwadr.), dla granitu miałkoziarnistego 120 — 288 t na cm^2 (= 47 300 — 113 400 pud. na cal kw.), dla dolomitu 400 — 560 t na cm^2 (= 157 500 — 220 600 pud. na cal kw.), dla piaskowca 82 — 378 t na cm^2 (= 33 300 — 148 900 pud. na cal kw.). — Köpcke wyprowadził za pomocą prób na wyginanie następujące współczynniki sprężystości: dla granitów drobno- i miałkoziarnistych 225 — 454, przeciętnie zaś 340 t na cm^2 (= 88 600 — 178 800, przeciętnie 133 900 pud. na cal kw.), dla piaskowców 45 — 90 t na cm^2 (= 17 700 — 35 400 pud. na cal kw.). — Wedgold, także za pomocą doświadczeń na wyginanie, ustalił następujące współczynniki sprężystości: dla piaskowca białego 36 t na cm^2 (= 14 200 pud. na cal kw.), dla marmuru białego 170 t na cm^2 (= 67 000 pud. na cal kw.), dla kamienia portlandzkiego brunatnego 58 t na cm^2 (= 22 800 pud. na cal kw.).

2. Trwałość.

Wszystkie skały pod wpływem różnych czynników podlegają ciągłym zmianom. Zmiany te są następstwem już to rozkładu chemicznego składników skały, już to zerwania spójności pomiędzy temi składnikami. Wskutek rozkładu chemicznego składników, którego przyczyną są głównie działania chemiczne wody, kwasu węglanego i tlenu, powstają w skale zmiany zwane pospolicie *wietrzeniem*, a polegające na zmianie składu mineralogicznego, gęstości i barwy. Wskutek zerwania spójności pomiędzy cząstkami skały, którego przyczyną jest najczęściej wpływ zmian temperatury i działanie mechaniczne wody, pojawiają się w skale rysy i pęknięcia.

Ponieważ skały są wystawione ciągle na działanie wody, powietrza i zmian temperatury, przeto czynniki niszczące skałę działają bez przerwy, a przytem działając jednocześnie wzajemnie się potęgują. Skoro naprzykład skała składa się z cząstek, które pod wpływem ciepła niejednakowo się rozprzestrzeniają, a pod wpływem zimna niejednakowo się kurczą, to przy ciągłych zmianach temperatury musi oczywiście nastąpić osłabienie spójności pomiędzy składnikami i w skale mogą pojawić się rysy. Takie rysy, pokrywające często powierzchnię skały jakby siatką, zwane *włoskowatemi*, są początkowo tak nieznaczne, że niekiedy tylko pod dobrą lupą mogą być rozpoznawane; woda jednak w rysy te wsiąka, a wraz z wodą dostaje się do wnętrza skały kwas węglany i tlen. Woda może wymyć ze skały części w wodzie rozpuszczalne, a wraz z kwasem węglanym i tlenem może wywołać rozkład niektórych składników. Nadto, ponieważ woda zamarzając zwiększa swą objętość, przeto w porze zimowej, pod wpływem parcia lodu tworzącego się w rysach, rysy te mogą rozszerzyć się i pogłębić, a następstwem tego może być łuszczenie się, kruszenie i rozpadanie skały. — Obok tych mogą działać jeszcze inne czynniki; tak np. szkodliwymi są kwasy wydzielane przez roślinność pojawiającą się na skale, korzonki zaś roślin takich zagłębiając się w rysy, działają mechanicznie jak kliny rozszerzające rysę.

Odporność skały na działania chemiczne i mechaniczne tych czynników: wody, powietrza i zmian temperatury, nazywamy jej *trwałością*. Żadna skała czynnikiem tym stale oprzeć się nie może; to też wszystkie skały wpierv lub później ulegają i uleż muszą zniszczeniu. Trwałość więc żadnej skały nie jest nieograniczoną; przebieg jednak zniszczenia, zależnie od składu skały i warunków, w jakich się znajduje, może być prędszy albo powolniejszy. Są skały, które wystawione na styczność z powietrzem bardzo prędko się rozpadają; są jednak także skały, które mogą przetrwać wieki bez widocznych śladów rozkładu, jak tego dowodzą liczne zabytki budowli starożytnych.

Trwałość stanowi zatem obok wytrzymałości mechanicznej najważniejszą z własności kamieni budowlanych. Niedostateczne uwzględnienie tej własności przy wyborze kamieni było już niejednokrotnie przyczyną przedwczesnego zniszczenia budowli i pomników. Znamienny przykład takiego zniszczenia przytacza Lalande, wspominając o pięknym kościele w Bocheville w Normandyi, zbudowanym w XI stul., a którego mury, wskutek wietrzenia kamieni, musiały być stopniowo rozbierane, tak, że obecnie z kościoła tego pozostały tylko fundamenty. Przykłady znacznie prędszego zniszczenia widzimy w uszkodzonych murach

dworca kolejowego w Westminsterze i politechniki w Zurychu, oraz w popękanej kolumnie aleksandryjskiej w Petersburgu i uszkodzonych znacznie kolumnach kościoła Św. Izaaka tamże, wreszcie w licznych bardzo pomnikach, nagrobkach, filarach i przyczółkach mostów i t. d.

1) *Wpływ zmian temperatury.* Jak wszystkie w ogóle ciała tak też składniki skał, pod wpływem gorąca zwiększają swą objętość czyli rozprzestrzeniają się, a pod wpływem zimna zmniejszają swą objętość czyli kurczą się. W skałach to zwiększanie i zmniejszanie się objętości jest równomierne we wszystkich kierunkach, o ile masa skalna jest jednorodną, a nie ściślej w pewnych kierunkach aniżeli w innych. — Dla zmian temperatury klimatu naszego, w którym różnica pomiędzy temperaturą najniższą a najwyższą nie przekracza w ogóle 65° C., zmiany objętości skał mogą być uważane za proporcjonalne do różnic temperatury; dopiero przy temperaturze znacznie wyższej, np. przy temperaturze pieców fabrycznych, proporcjonalność ta ustaje.

Zmiany wymiarów skał pod wpływem zmian temperatury są w ogóle bardzo nieznaczne.

Współczynniki rozszerzalności liniowej, wyrażające zwiększenie wymiaru długości przy podniesieniu temperatury o 1° C. i współczynniki rozprzestrzenienia, wyrażające zwiększenie objętości przy podniesieniu temperatury o 1° C., zestawione są w następującej tabelce, według wyników badań Adie'go, Angstrom'a, Bartlett'a, Destigny'ego, Dunn'a i Sang'a, H. Kopp'a, Vicat'a i innych.

	Współczynniki	
	rozszerzalności liniowej	rozprzestrzenienia objętości
	dla 1° C.	
Kwarc	0,000013 — 0,000014	0,000039 — 0,000042
Brzemię (spat ciężki)	0,0000193	0,000058
Topnik (fluspat)	0,0000207	0,000062
Ortoz.	0,0000087	0,000026
Granit	0,0000079 — 0,0000090	0,000024 — 0,000027
Ślupień (bazalt)	0,00001	0,00003
Łupek gliniany	0,0000117	0,000035
Łupek dachowy	0,0000104	0,000031
Wapień	0,0000025 — 0,0000081	0,000008 — 0,000024
Wapnospat (spat wapienny)	0,000006	0,000018
Marmur	0,0000063 — 0,0000102	0,000019 — 0,000031
Marmur czarny	0,0000042 — 0,0000057	0,000013 — 0,000017
Marmur biały karraryjski	0,0000085	0,000025
Dolomit	0,000012	0,000035
Gips zbity	0,0000093	0,000028
Anhydryt (bezwodyn)	0,00001	0,00003
Piaskowiec	0,0000127	0,000038

Zauważono, że zmiany wymiarów pod wpływem zmian temperatury są stosunkowo większe w składnikach wielkich aniżeli w składnikach małych i większe w składnikach ciemnych aniżeli w jasnych; nadto Mitscherlich udowodnił, że rozprzestrzenianie się niektórych kryształów jest wielce nierównomierne w róż-

nych kierunkach. Taką nierównomiernością rozprzestrzeniania odznaczają się głównie: łyszczyk i spaty polne, gdy tymczasem spat wapienny podczas ogrzewania wydłuża się w kierunku osi głównej i jednocześnie kurczy się w kierunku osi poprzecznych.

Jeżeli składniki skały rozprzestrzeniają się, to wskutek zwiększania się ich objętości, wywierają na siebie wzajemnie ciśnienie; jeżeli zaś się kurczą, to wskutek zmniejszania się ich objętości, dążą do zerwania pomiędzy sobą spójności. Te zmiany objętości są wprawdzie bardzo małe, ponieważ jednak działają ciągle, bez przerwy niemal i powtarzają się nieskończenie wielką liczbę razy, przeto stopniowo mogą osłabić spójność pomiędzy składnikami skały i wywołać rysy włoskowate. — Jeżeli złożenie skały jest jednostajne, a jej składniki małe i jeżeli te składniki rozprzestrzeniają się i kurczą jednakowo, to skała może niekiedy przez wieki znosić wpływ zmian temperatury, bez widocznego osłabienia spójności cząstek. Jeżeli natomiast złożenie skały jest ściślejsze w pewnych kierunkach aniżeli w innych i jeżeli jej składniki są duże, albo jeżeli w skale są składniki zmieniające wymiary nierównomiernie w różnych kierunkach, to rysy włoskowate tworzą się stosunkowo prędko, niekiedy nawet przy nieznacznych zmianach temperatury. Niektóre kamienie, zwłaszcza marmury, pękają, gdy po mroźnej nocy zimowej wystawione są na działanie promieni słońca.

Rysy włoskowate mogą jednak powstawać nie tylko pod wpływem zmian temperatury. Niekiedy przyczyną ich jest sam sposób wydobywania kamienia z łomu, gdyż przy stosowaniu w tym celu ciał wybuchowych, może kamień porysować się wskutek wstrząśnienia. Takie same następstwa mogą ujawnić się przy obrabianiu kamienia za pomocą narzędzi zbyt ciężkich. Niekiedy znowu przyczyną pęknięć może być nagle jednostronne rozgrzanie kamienia, np. podczas pożaru, albo też nierównomiernie rozdzielone ciśnienie, jak np. przy złem obmurowaniu kamienia. Wreszcie przyczyną pęknięć mogą być także zmiany chemiczne składników kamienia.

2) Wpływ mrozu. Skoro w kamieniu pojawią się rysy włoskowate, to woda wsiąka w nie i prowadzi dalej dzieło zniszczenia. Woda może dostać się do wnętrza kamienia nie tylko w postaci opadów atmosferycznych, lecz także w postaci wilgoci gruntowej albo pary wodnej z powietrza. Zapelnia zaś nie tylko rysy włoskowate i większe pęknięcia, lecz także wszelkie w ogóle miejsca puste w kamieniu, a więc pory, komórki, pęcherzyki i t. p., a również szpary i szczeliny, tworzące się zazwyczaj w kamieniach mających skłonność do rozłupywania się w pewnych kierunkach, wreszcie wsiąka w warstwy międzylawicowe skał osadowych.

Woda zamarzając, czyli przekształcając się na lód, zwiększa swą objętość o $\frac{1}{11}$ objętości pierwotnej i wywiera przytem bardzo znaczne parcie, wynoszące około 140 kg na cm^2 (=około 8000 pudów na stopę kwadr.). Tem się tłumaczy, że woda zamarzając, rozsądza, jak wiadomo, naczynia nie tylko szklane, gliniane i kamionkowe, lecz nawet żelazne, o ściankach dość grubych.

Skoro więc temperatura spadnie niżej 0° , to w kamieniu nasyconym wodą powstają silne naprężenia wewnętrzne wskutek parcia lodu tworzącego się w ryśach, porach, komórkach, pęcherzykach, szczelinach i t. d. Wpływ tych naprężeń, usiłujących oddalić od siebie cząstki kamienia, jest potęgowany przez tę okoliczność, że przy niskiej temperaturze kamień dąży do zmniejszenia swej objętości.

Pod wpływem tych naprężeń powstają rysy i pęknięcia nowe, a istniejące rozszerzają się i pogłębiają. A że zjawiska te powtarzają się przy każdym mrozie,

przeto następstwem ich musi być zniszczenie kamienia, który wskutek tych przyczyn łuszczy się, kruszy, albo też pęka i rozpada się na części.

Ponieważ wszystkie kamienie w stopniu większym lub mniejszym pochłaniają wodę, przeto wszystkie są też wystawione na działanie wody zamarzającej. Parcie lodu, tworzącego się w porach, dąży do oddalenia od siebie cząstek kamienia i zerwania pomiędzy niemi spójności. Im większą przeto jest ta spójność i im silniejsze jest wzajemne przyciąganie się cząsteczek, tem większą jest odporność kamienia na działanie mrozu. Stąd pochodzi, że kamienie, których wytrzymałość na rozciąganie jest znaczną, są w ogóle bardzo odporne na działanie mrozu (p. str. 150). Jeżeli albowiem parcie lodu nie przewycięży siły spójnej cząstek, to podczas tajenia lodu, cząstki kamienia mogą powrócić do położenia pierwotnego. I w takich jednak kamieniach mogą z czasem powstać rysy i pęknięcia; każde ciało bowiem może zostać zniszczone nie tylko przez jednorazowe naprężenia, przekraczające jego wytrzymałość, lecz także przez znacznie mniejsze naprężenia, powtarzające się nieskończenie wiele razy. — To też żadnej skały nie można uważać za bezwzględnie odporną na mróz, jakkolwiek jedne skały bardzo prędko, inne bardzo powoli ulegają zniszczeniu i jakkolwiek są skały, w których po wielu wiekach szkodliwe następstwa działania mrozu nie ujawniły się w sposób widoczny.

Nie zdołano dotychczas ustalić zasad ogólnych, według których można by rozpoznawać stopień odporności kamienia na mróz. Niewątpliwą tylko zdaje się być, jak to już powyżej nadmieniliśmy, pewna zależność odporności na mróz od wytrzymałości na rozciąganie, a nadto od wielkości składników i ich barwy, oraz od jednostajności złożenia. Stwierdzono także, na podstawie licznych spostrzeżeń i doświadczeń, że odporność kamienia na mróz jest w stopniu wysokim zależną od rodzaju porowatości. Najszkodliwiej oddziałują mróz na kamienie, w których znajdują się oddzielne przestrzenie puste, albo też liczniejsze pory, nie mające ujścia na zewnątrz, gdyż woda, dostawszy się do takich przestrzeni pustych przez rysy włoskowate, nie może następnie podczas zamarzania ujść na zewnątrz i rozsadza kamień. Stąd pochodzi, że niektóre kamienie twarde drobno-porowate, ujawniają małą odporność na mróz, pomimo, że kamienie takie pochłaniają wodę w ilości niewielkiej. Niemniej szkodliwie działa mróz na kamienie, w których woda zapełnia szczeliny oddzielne, a jeszcze szkodliwiej na kamienie, w których znajdują się gruzły i żyłki piaszczysto-gliniane nasycone wodą, gdyż w tym wypadku swobodne zwiększanie się objętości wody podczas zamarzania jest jeszcze więcej utrudnione. — Natomiast, jeżeli w kamieniu znajdują się liczne pory większe, komórki, pęcherzyki i t. p., połączone z sobą w różnych kierunkach i rozłożone równomiernie w masie kamiennej, to odporność kamienia na mróz bywa bardzo znaczną, już to dla tego, że podczas zamarzania część wody może ujść na zewnątrz, już to dla tego, że przy takim układzie przestrzeni pustych w kamieniu, naprężenia, spowodowane przez parcie lodu, mogą po części wzajemnie się znosić, już to wreszcie dla tego, że gdy pory są duże i liczne, woda często nie zapełnia całej przestrzeni wolnej i wskutek tego podczas zamarzania może swobodnie się rozprzestrzeniać. To też niektóre kamienie miękkie wielkoporowe, jak np. martwice wapienne, znoszą dobrze wpływ mrozu, pomimo, że pochłaniają wodę w ilości znacznej.

3) Wpływ klimatu. Wpływ zmian temperatury i mrozu ujawnia się niejednakowo w różnych krajach, gdyż jest zależny od warunków klimatycznych danej miejscowości. Klimat jednostajny, ciepły lub chłodny, jest w ogóle korzystniejszy dla trwałości kamieni, aniżeli klimat zmienny. Kamienie, które przez dziesiątki wieków nie okazywały śladów uszkodzenia na południu w klimacie ciepłym, uległy prędko zniszczeniu w krajach, w których temperatura jest więcej zmienną, gdy tymczasem te same kamienie zachowują się dobrze w klimacie jednostajnym północy.

Obelisk z granitu syenitowego, подарowany w 1877 r. Stanom Zjednoczonym Ameryki Północnej, przez byłego kedywa Egiptu Izmaila Paszę i ustawiony w 1880 r. w Nowym Yorku, już wkrótce po ustawieniu zaczął się łuszczyć i kruszyć na powierzchni od działania mrozu i zmian temperatury, pomimo, że tenże obelisk, mający 70 stóp wysokości, wyrobiony z monolitu wydobytego ze słynnych łomów Syenny, ustawiony w Heliopolisie w 1560 r. przed Nar. Chr. i przeniesiony następnie za cesarzów rzymskich w 22 r. przed Nar. Chr. do świątyni Cezara w Aleksandryi, przetrwał w klimacie Egiptu przeszło 3400 lat, bez żadnych widocznych uszkodzeń.

Błędem jest mniemanie, jakoby kamienie wystawione na bezpośrednie działanie promieni słońca, ujawniały trwałość większą, aniżeli kamienie osadzone od strony północnej; gdyż przeciwnie częste zmiany ciepła i chłodu, suszy i wilgoci, szkodliwiej oddziałują na trwałość kamienia aniżeli warunki jednostajne.

Krzyż granitowy w Saint Paule de Mons w dep. Haute-Loire, wzniesiony w 1670 r., dzięki czystemu powietrzu i jednostajnemu choć chłodnemu klimatowi, zachował się podotąd od strony północnej dobrze, łuszczy się jednak od strony dochodzącego słońca. Podobny objaw zauważono także na krzyżu granitowym w Joux w dep. Rhône.

4) Działanie mechaniczne wody. Woda wyłabia powoli, niekiedy w czasie tysięcy lat, bruzdy głębokie w skałach nawet najtwardszych. Osłabiona przez takie bruzdy skała pod uderzeniem bystrych prądów wody stopniowo rozpada się na części, które unoszone są przez wodę i następnie przekształcają się na otoczaki: żwiry i piaski. Takie skutki działania wody widzieć można np. przy wodospadach, gdzie skały są zazwyczaj najrozmaiciej wyłobione, oraz w potokach górskich, które w porze wiosennej, unoszą znaczną ilość okruchów skalnych, już to przez nie od skał oderwanych, już to staczających się ze stoków góry.

Ważniejszym jednak jest działanie wody jako rozpuszczalnika. W wodzie albowiem rozpuszczają się łatwo różne składniki skał, co oczywiście osłabia kamień. Jeżeli spoiwo kamienia rozpuszcza się w wodzie, to pod działaniem wody spójność pomiędzy składnikami kamienia słabnie, poczem woda oddzielne cząstki wymywa i unosi. Takie działanie wody widzieć można w wielu skałach, a między innymi w piaskowcach o spoiwie gipsowem. — Szkodliwszem jeszcze jest działanie wody zawierającej kwas węglany.

5) Wietrzenie. Powietrze atmosferyczne zawiera 0,042% na objętość kwasu węglanego. Woda deszczowa zawiera na objętość około 5% powietrza; powietrze to jednak zawiera 33 razy więcej kwasu węglanego, aniżeli powietrze atmosferyczne. Skoro woda wsiąknie w grunt, to ilość kwasu węglanego szybko zwiększy się; powietrze znajdujące się w wodzie zaskórnej zawiera 200 razy więcej kwasu węglanego, aniżeli powietrze atmosferyczne. Wynika stąd, że na objętość zawiera wodą deszczową około 0,07%, a woda zaskórna około 0,42% kwasu węglanego.

Jakkolwiek ilości te są bezwzględnie brane bardzo małe, to jednak mają one doniosłe znaczenie dla trwałości kamieni. Woda albowiem zawierająca kwas węglany jest rozczynnikiem znacznie energiczniejszym, rozpuszcza więc różne składniki skał znacznie prędzej, aniżeli woda czysta; a przytem w wodzie czystej rozpuszczają się tylko pewne minerały, gdy tymczasem woda zawierająca kwas węglany oddziaływa szkodliwie na wszystkie składniki kamieni budowlanych, gdyż rozpuszcza w sobie lub rozkłada chemicznie wszystkie minerały, z wyjątkiem jedynie złota i platyny. Rozumie się, że nie tylko kwas węglany zawarty w wodzie, lecz także kwas węglany zawarty w powietrzu, może oddziaływać na skład chemiczny kamienia.

Ze składników zasadniczych powietrza, azot nie ma wpływu widocznego na trwałość skał, a tlen oddziaływa wprawdzie na skład chemiczny skał, lecz w stopniu znacznie mniejszym aniżeli kwas węglany. — Wreszcie do czynników szkodliwych dla trwałości skał należą jeszcze dymy kominów fabrycznych.

Najszkodliwszym z tych czynników jest kwas węglany, mniej szkodliwymi są dymy kominów fabrycznych, a jeszcze mniej szkodliwym jest tlen. Rozkład chemiczny kamieni znajdujących się w bezpośrednim zetknięciu z gruntem jest często znacznie prędszy, aniżeli kamieni oddzielonych od wilgoci gruntowej; jedną z przyczyn tego zjawiska jest ta okoliczność, że wilgoć gruntowa jest znacznie bogatszą w kwas węglany aniżeli woda z opadów atmosferycznych i powietrze.

Zjawiska towarzyszące rozkładowi chemicznemu składników skały, zwane pospolicie *wietrzeniem*, ujawniają się zazwyczaj najprzód na powierzchni kamienia, następnie jednak rozprzestrzeniają się na części wewnętrzne, czemu sprzyjają wszelkie rysy, pęknięcia, szpary, szczeliny. Początek wietrzenia zaznacza się najczęściej odbarwieniem warstwy zewnętrznej kamienia; odbarwienie to przenika następnie cały kamień, a w skałach sięga niekiedy do kilku metrów głębokości.

Ponieważ wietrzenie polega na rozkładzie chemicznym składników kamienia pod wpływem czynników atmosferycznych, a zwłaszcza kwasu węglanego i ponieważ odporność różnych minerałów na te czynniki jest rozmaita, przeto różne skały, zależnie od składu, wietrzeją już to prędzej już to powolniej. Najdłużej opierają się działaniu czynników atmosferycznych skały, składające się z krzemionki, albo w których krzemionka jest przynajmniej jednym ze składników głównych, a więc kwarc, kwarcyty, łupki szarowakowe, granity obfitujące w kwarc, porfiry kwarcowe. Skały zawierające hornblendę, sklistyn, amfigen, oliwiec, jak np. syenit, dyoryt i t. d., mogą być odporne na działanie mrozu, lecz pod wpływem wody zawierającej kwas węglany, wietrzeją przy wydzielaniu się krzemionki. Ortoz, oligoklaz, labrador, sanidyn, pod działaniem wody, zawierającej kwas węglany przekształcają się w kaolin. Łyszczyki są w ogóle odporne na czynniki chemiczne, lecz pod wpływem mrozu rozpadają się na blaszki, co oczywiście wpływa ujemnie na wytrzymałość i trwałość kamienia. Węglan wapnia rozpuszcza się stopniowo pod wpływem wody zawierającej kwas węglany, a nadto może być przez pojawiające się na kamieniu rośliny zniszczony, już to mechanicznie wskutek zagłębiających się w kamień korzonków, już to chemicznie przez działanie kwasu próchnicowego; w wapieniach jednakże odpornych na działanie mrozu, przebieg wietrzenia bywa często bardzo powolny i przez czas długi

ujawnia się jedynie przez pewne zabarwienia naleciałe, nie wywierając wpływu widocznego na wytrzymałość kamienia. Gips, anhydryt, sól kopalna, rozpuszczają się w wodzie i mogą być przez wodę wymyte. Anhydryt pod działaniem wody przechodzi w gips. Iskrzyk, występujący głównie w dyorytach, niektórych marmurach i łupkach, pod działaniem wody przechodzi najprzód w koperwas zielony, następnie w żelaziak brunatny, przyczem albo wskutek zwiększenia objętości rozsadza kamień, albo też zostaje wymyty przez wodę, co osłabia spójność pomiędzy cząstkami kamienia.

Tlen, znajdujący się w wodzie i powietrzu, w ilościach ogromnych, działa głównie na metale kamienia, wywołując wyższe stopnie utlenienia, przekształcając więc np. tlenek żelaza na tlenek żelaza, tlenek manganu na tlenek manganu i t. p. Tym przekształceniom towarzyszy zawsze zmiana barwy kamienia; skały, o zabarwieniu zielonem, czarnawo-zielonem lub czarnawem, pochodzącem od tlenku żelaza, jak np. porfiry zielone, dyabazy, dyoryty, przyjmują zabarwienie czerwone albo brunatne, gdy tlenek żelaza przekształci się na tlenek żelaza; dla podobnych przyczyn wapienie jasno-żółte, zawierające tlenek żelaza, przyjmują stopniowo na powietrzu zabarwienie czerwone.—Skały ciemne, czarnawe, zawierające węgiel i bitumy, na powietrzu z czasem płowieją i stają się na powierzchni jasno-szaremi, nawet białemi, a to wskutek przekształcania się węgla pod wpływem tlenu na lotny kwas węglany. — Słupienie i dźwiękowce podczas wietrzenia płowieją i przyjmują na powierzchni zabarwienie białe albo szare; obsydiany w początkach wietrzenia tracą połysk i pokrywają się barwami naleciałymi. — Takie zmiany barwy są niekiedy korzystne dla piękności kamienia, jak np. w niektórych piaskowcach pstrych, w trawertynie rzymskim i t. p.; niekiedy jednak wywołują szybki rozkład skały, jak np. w niektórych wapieniach jurajskich czerwonych.

W niektórych skałach zawierających sole rozpuszczalne tworzą się podczas wietrzenia wykwitły solne na powierzchni zewnętrznej; tak np. występuje siarczan magnezu na powierzchni wietrzącego gnejsu; alun i siarczan żelaza — na powierzchni łupku alunowego; saletra — na powierzchni wapieni.

Trwałość skał zlepkowych, których przedstawicielem głównym jest piaskowiec, zależy przeważnie od gatunku spoiwa. Piaskowce o spoiwie krzemionkowym, wapiennem i żelazistem odznaczają się stosunkowo znaczną odpornością na wpływ czynników atmosferycznych, o ile nie są zbyt porowate; natomiast piaskowce, o spoiwie glinianem, kaolinowem i marglistem, prędko wietrzeją.

Odporność kamienia na czynniki chemiczne jest zależną nie tylko od jego składu, lecz także od jego budowy wewnętrznej. Skały o złożeniu zbitem i o wytrzymałości znacznej, a przytem bardzo twarde i ciężkie są w ogóle trwalsze aniżeli skały porowate, miękkie, mniej wytrzymałe i lekkie. Skały miałkoziarniste wietrzeją trudniej aniżeli gruboziarniste.

Gazy dymu kominów fabrycznych działają szkodliwie na dolomity i wapienie; okoliczność tę należy uwzględnić przy wyborze kamieni do budowli w miastach wielkich, oraz w miastach i osadach fabrycznych.

6) Wpływ wilgoci skalnej. Wilgoć skalna czyli woda wypełniająca wszystkie pory kamienia świeżo wydobytego z łomu ulatnia się stopniowo na powietrzu. Niekiedy, zwłaszcza w kamieniach porowatych, ilość wilgoci skalnej

bywa tak znaczną, że kamienie bezpośrednio po wydobyciu z łomu są miękkie i dają się łatwo obrabiać, a następnie dopiero, wystawione na działanie powietrza i słońca, w miarę ulatniania się wilgoci twardnieją, stają się ściślejszemi, mniej porowatemi i trudniejszemi do obrabiania. Do takich kamieni należą głównie wapienie porowate oraz piaskowce o spoiwie wapiennem. Przyczyną zwiększania się gęstości i twardości kamienia, po wyparowaniu wilgoci skalnej, jest ta okoliczność, że wilgoć skalna nasycona jest rozpuszczonym w niej węglanem wapnia, który w miarę ulatniania się wody, osadza się stopniowo w porach kamienia w postaci ciała stałego i prawdopodobnie z czasem krystalizującego się. Przytem wraz z gęstością i twardością zwiększa się także wytrzymałość mechaniczna kamienia; zaznaczyliśmy już powyżej (p. str. 145), że piaskowce nasycone wilgocią skalną mają tylko $\frac{2}{3}$ tej wytrzymałości, jaką ujawniają po wyschnięciu na powietrzu. — Zaznaczyć przytem należy, że wilgoć skalna, osadzając się głównie w częściach dolnych i wewnętrznych kamienia, a więc w częściach najczęściej obciążonych, może podczas mrozu rozsadzić kamień. Z tego powodu kamienie, po wydobyciu z łomu i obrobieniu, należy przed założeniem w mur przez kilka miesięcy suszyć na powietrzu, przyczem korzystnym jest kamień często obracać, ażeby woda ulatniała się możebnie równomiernie przez wszystkie powierzchnie zewnętrzne kamienia. Kamienie założone w mur przed ulotnieniem się wilgoci skalnej prędko ulegają zniszczeniu, zwłaszcza przy szybkich zmianach mrozu i odwilży. Odporność kamieni nasyconych wilgocią skalną na działanie mrozu jest niekiedy tak mała, że niektórych kamieni nie można wcale wydobywać z łomu w porze zimowej, gdyż natychmiast po wydobyciu pękają. — Sole zawarte w wilgoci skalnej działają rozmaicie, niekiedy zwalniają, niekiedy zaś przyśpieszają zamarzanie wody.

Ilość wilgoci skalnej jest rozmaita w różnych skałach; tak np. w granicie gruboziarnistym 0,37%, w marglach do 40%, a w niektórych wapieniach i piaskowcach ilość wilgoci skalnej jest prawie równą ilości wody pochłanianej przez kamień przy próbie na chłonność. Kamienie narzutowe, otoczaki, żwiry, zawierają znacznie mniej wilgoci, aniżeli kamienie łomowe.

7) Wpływ roślinności na trwałość kamieni. Roślinność pojawiająca się na kamieniu oddziaływa ujemnie nie tylko na jego wygląd, lecz także na jego trwałość. Na powierzchni nawet gładkiej wapienia, a także innych skał, zwłaszcza zawierających wapń i potas, przy obecności wilgoci pojawiają się niekiedy plamy pyłkowate, barwy brunatnej, żółtej, szarej i czarnej. Plamy te są utworzone przez mikroskopijne porosty (liszajce). W miarę rozwijania się tych porostów powierzchnia kamienia staje się nierówną, szorstką, a w zagłębieniach gromadzi się proszek ziemisty, zawierający okruchy drobne danego kamienia. Z korzeni porostów żyjących wydziela się kwas szczawiowy, a z wytworów gnicia porostów wydziela się kwas węglany i kwas próchnicowy (humusowy). Kwasy te w związku z zasadami tworzą sole, częścią rozpuszczalne, jak sole próchnicowe alkali, niszczące kamień. Nadto podczas przekształcania się porostów w próchnicę (humus) wydzielają się, jak zauważył Senft, jeszcze inne ciała rozkładające kamień, jako to: siarkowodór, fosforowodór lotny, siarek węgla, oraz związki analogiczne z kwasem taninowym. Próchnica powstająca z rozkładu porostów, łącząc się z pyłem z powietrza, tworzy na powierzchni kamienia warstewkę cienką

ziemi, która powstrzymuje wodę zawierającą kwas węglany i w ten sposób przyspiesza rozkład kamienia. Przytem ta warstewka ziemi stanowi glebę, na której wyrastają mchy, a następnie rośliny większe. Korzonki tych roślin rozrastając się wnikają w szczeliny kamienia, gdzie grubiejac działają jako kliny rozsadzające kamień, a zarazem torują do wnętrza kamienia drogę kwasom oraz wodzie, która zamarzając rozsadza kamień. Z tych powodów nawet skały, które ze względu na skład swój są odporne na działania czynników atmosferycznych, mogą rozpadać się stopniowo pod działaniem roślinności. Następstwa szkodliwe działania roślinności ujawniają się głównie w niektórych wapieniach.

8) Trwałość różnych skał. Granity wietrzeją tem łatwiej, im ziarna ich są większe, im więcej zawierają łyszczyku i im zawarte w nich kryształy spatów polnych i blaszki łyszczyku są bogatsze w tlenek żelaza. Granity z rysami włoskowatemi nie są odporne na działanie mrozu. Granity bogate w kwarc, zwłaszcza gdy zawierają ortoz biały, są bardzo trwale; granity bogate w spaty polne wietrzeją łatwiej.

Syenit jest w ogóle bardzo trwały, nie może jednak przez czas dłuższy opierać się działaniu wody zawierającej kwas węglany i ulega zniszczeniu wskutek przekształcania się składników feldspatowych na kaolin.

Gabbro znosi tem lepiej wpływ wilgoci im mniej zawiera labradoru.

Dyoryt rozkłada się pod działaniem wody zawierającej kwas węglany, jest jednak w ogóle trwały o ile nie zawiera dużo iskrzyku.

Dyabaz wskutek zawartości sklistynu wietrzeje bardzo łatwo.

Porfir felzytowy i porfir amfigenowy rozkładają się wskutek przechodzenia składników feldspatowych w kaolin. Porfir kwarcowy natomiast jest bardzo trwały. Melafiry i niektóre skały trachytowe wietrzeją w ogóle prędko, jako bogate w spaty polne, rozkładające się łatwo pod działaniem wody zawierającej kwas węglany.

Słupień wietrzeje tem prędeż im więcej zawiera tlenku żelaza, labradoru i sklistynu. Słupień bogaty w tlenek żelaza można łatwo rozpoznać, gdyż powierzchnia takiego słupienia pokryta jest powłoką okrowo-brunatną, dającą się ścierać.

Gnejs rozkłada się wskutek przekształcania się spatu polnego na kaolin. Gnejs grubolawicowy bogaty w kwarc, jest trwalszy aniżeli gnejs o uwarstwieniu cienkiem bogaty w łyszczyk i związki tlenowe żelaza.

Kwarcyty i łupki szarowakowe, jako zawierające znaczną ilość krzemionki, są w ogóle bardzo trwałe. Łupki łyszczykowe bogate w kwarc są trwalsze aniżeli obfitujące w łyszczyk. Łupki łyszczykowe zawierające dużo iskrzyku wietrzeją prędko i rozkładają się zupełnie.

Łupek gliniany ulega zniszczeniu tem prędeż im ulawiczenie jego jest cieńsze, im porowatość jego jest większą i im więcej zawiera tlenku żelaza, tlenku manganu, albo iskrzyku. Zaznaczyliśmy już w miejscu właściwym (p. str. 60), że najwybitniejszymi znamionami dobroci łupku dachowego są: barwa ciemna i możebnie stała, odłam możebnie zbity, łatwa łupliwość na tabliczki cienkie i całkiem płaskie, łatwość wiercenia otworów, czysty dźwięk pod uderzeniem młotka, nieprzemakalność i niezmnieszanie się wytrzymałości pod działaniem par kwasu siarczanego.

Wapień jest w ogóle tem trwalszy im więcej zawiera węglanu magnezu, wietrzeje zaś tem prędzej im więcej zawiera tlenku żelaza, gdyż tlenek żelaza pod działaniem tlenu przekształca się na tlenek żelaza. Skoro na powierzchni wapienia pojawią się porosty i mchy, to kamień może prędko ulec zniszczeniu. W wodzie, zwłaszcza zawierającej kwas węglany, wapień ujawnia trwałość małą. Rozżarzony traci kwas węglany i staje się kruchym. Niektóre ikrowce oraz wapienie gliniaste są mało odporne na działanie mrozu. Marmury, jak wszystkie wapienie, wietrzeją prędko, gdy zawierają dużo iskrzyku; dla tego też przy wyborze do robót marmurów z żyłami żelazistymi należy zachować szczególną ostrożność.—Dolomity zachowują się w ogóle tak samo jak wapienie, wietrzeją jednak powolniej. Dolomit ziarnisty jest trwalszy aniżeli zbity.—Wapienie i dolomity rozkładają się pod działaniem gazów dymu kominów fabrycznych.

Gips i anhydryt rozpuszczają się w wodzie; często zawierają ilość większą lub mniejszą węglanu wapnia, co jednak nie oddziałują szkodliwie na ich trwałość.—Alabaster rozkłada się na powietrzu i rozpuszcza się w wodzie.

Piaskowce o spoiwie krzemionkowym, oraz piaskowce złożone z ziarn ostrokanciastych kwarcu połączonych niewielką ilością spoiwa, są najtrwalsze; mniej trwałymi są piaskowce o spoiwie marglistem, glinianem i wapiennem. Piaskowce o spoiwie marglistem, gdy są porowate, ujawniają małą odporność na mróz, a na powierzchni ich łatwo zagnieżdżają się porosty i mchy. Piaskowce o spoiwie glinianem tem więcej pochłaniają wilgoci, im spoiwo jest czystsze. Na piaskowcach o spoiwie wapiennem albo gliniano-wapiennem, pojawiają się często porosty i mchy. Piaskowce z gniazdami limonitu ilastego, oraz piaskowce zawierające iskrzyk, mają trwałość małą,

Gottgetreu podaje klasyfikacyą skał ze względu na prędsze lub powolniejsze ich wietrzenie. Według tej klasyfikacyi różniane są cztery grupy skał, a mianowicie skały wietrzejące *bardzo powoli*, *powoli*, *prędko* i *bardzo prędko*. Do wietrzejących *bardzo powoli* należą lawy żużlowe; do wietrzejących *powoli*: porfiry, skała kwarcowa, lupek krzemionkowy, marmur, dolomit, kreda, gips, slupień; do wietrzejących *prędko*: granit, dźwiękowiec, gnejs, lupek lyszczykowy, syenit, dyoryt, lupek gliniany i waka szara; do wietrzejących *bardzo prędko*: piaskowiec, margiel, martwica bazaltowa i martwica wapienna. Klasyfikacya ta ma oczywiście wartość tylko bardzo względną.

9) Próba trwałości. Przy wyborze kamienia do budowni należy przede-wszystkiem zbadać jak zachowuje się dany kamień w budowlach dawniej już wzniesionych. Korzystnem jest także obejrzenie odnośnego łomu na miejscu; jeżeli krawędzie warstw zewnętrznych skały w łomie są ostre, to przypuszczalnie skała jest trwałą; zaokrąglanie się natomiast krawędzi w warstwach zewnętrznych łomu jest oznaką, że skała łatwo wietrzeje. Wreszcie należy zbadać odłam, gęstość i barwę kamienia, zwracając przytem szczególniejszą uwagę na wszelkie plamy i smugi naleciałe, które mogą być oznaką poczynającego się wietrzenia. Główną jednak podstawę dla oceny trwałości kamienia stanowi próba na działanie mrozu.

Przy próbie na mróz, próba oddzielna na wietrzenie uznawana jest za zbytęcną. Natomiast požądaniem jest, ażeby odnośnie wszelkich kamieni użytych do robót zbierane były ściśle dane, na których podstawie można by ocenić wpływ czynników atmosferycznych na wietrzenie kamienia. Spostrzeżenia takie winny odnosić się głównie do: a) wpływu słońca na pękanie kamienia, b) działania powietrza ze względu na wpływ kwasu węglanego, c) działania

deszczu i wilgoci odnośnie wymywania niektórych składników i rozkładania kamienia, d) działania zmian temperatury.

Odporność kamienia na działanie mrozu można najlepiej ocenić wystawiając kamień, jak to czynili już starożytni Grecy i Rzymianie, przez lat dwa na wszelkie zmiany mrozu i ciepła, deszczu i śniegu, przy czem kamień nie powinien ulec żadnym zmianom pod względem kształtu, objętości, złożenia i barwy, krawędzie powinny pozostać ostre, a ciężar kamienia nie powinien się zmniejszyć. Sposób ten, przy obecnym pośpiechu w prowadzeniu robót budowlanych, jest często niedogodny; to też zalecane są różne inne próby, wymagające mniej czasu.

Z licznych bardzo sposobów oceniania odporności kamienia na mróz podajemy tu tylko niektóre:

a) *Próba przez zamrażanie bezpośrednie.* Okazy kształtu sześcianu, po dokładnem nasyceniu wodą, wystawiane są na działanie mrozu i następnie odwilży. Doświadczeniu temu poddać należy każdy okaz 25 razy. Ponieważ dokładność nasycenia i wyniki doświadczenia są po części zależne od wielkości okazu próbnego, przeto brano są do doświadczeń tylko okazy jednakowej wielkości, mianowicie sześciany o boku 7 cm; jedynie dla kamieni bardzo twardej wymiar ten może być mniejszy. Nasycać należy kamień powoli i ostrożnie, gdyż w razie przeciwnym część powietrza może w porach pozostać i nasycenie będzie niezupełne. W tym celu należy okaz pogrążyć w wodę najprzód tylko na głębokość około 2 cm, a następnie stopniowo tę głębokość pogrążenia zwiększać. Można też skutecznie przyspieszyć przebieg nasycania przez zastosowanie ręcznej pompki powietrznej, w celu rozrzedzenia powietrza zawartego w kamieniu. Do nasycania kamienia brać należy wodę przekroploną (destylowaną), o temperaturze 15 — 20° C. Kamień po każdym nasyceniu wystawiony być winien przynajmniej przez 4 godziny na działanie mrozu o temperaturze od — 10° do — 15° C.; poczem pogrążony być winien w wodę o temperaturze 15 — 20° C., aż do zupełnego odtajenia lodu. — Próba ta może być oczywiście wykonywana tylko w porze zimowej, w czasie mrozów, niżej — 10° C., wymaga zaś kilku dni czasu.

Bauschinger stosuje ten sposób w pracowni mechanicznej przy szkole politechnicznej w Monachium i oznacza stopień odporności kamienia na mróz z różnicy wytrzymałości mechanicznej przed próbą i po próbie.

Zaznaczyć tu jeszcze należy, że jakkolwiek przy korzystnych wynikach próby przez zamrażanie, kamień zachowuje się zazwyczaj dobrze i ujawnia dostateczną odporność na działanie mrozu, to jednak od tej zasady mogą napotkać się wyjątki, a to głównie z powodu, że przy próbie okaz wystawiony jest na działanie mrozu w stanie nieobciążonym, gdy tymczasem w murze kamień zamarza pod obciążeniem.

b) *Próby stosowane przez Böhme'go.* Böhme stosuje w stacji doświadczalnej państwowej w Berlinie próbę następującą: Odlamki niewielkie kamienia ogrzewane są stopniowo w kąpeli wodnej do temperatury wrzenia; w tej temperaturze utrzymywane są przez pewien czas, poczem ochładzane są nagle w wodzie zimnej. Następnie te same odlamki gotowane są przez godzinę w 15% roztworze soli kuchennej, przy czem podczas gotowania są kilkakrotnie nagle ochładzane; wreszcie gotowane są najprzód przez pół godziny w 5% ługu sodowym, następnie przez pół godziny w takimże ługu z przymieszką 1% siarczanu amonu i nakoniec przez pół godziny w roztworze z 2% wityriolu zielonego, 2% wityriolu niebieskiego i 10% soli kuchennej. — Kamień jest uważany za odporny na działanie mrozu, jeżeli przy próbie takiej w odlamkach nie pojawiają się żadne uszkodzenia i jeżeli przytem złożenie okazów nie zmienia się, a zmniejszenie ciężaru jest możebnie małe.

Böhme stosuje także próbę następującą: Okaz zanurzony w wodę na 12 godzin rozluępuje na dwie części, które wystawia na działanie mrozu o temperaturze od — 6° do — 9° C. przez 25 godzin, a mianowicie jedną część okazu na powietrzu, drugą — pod wodą. Następnie oznacza wytrzymałość na rozciąganie każdej z tych dwóch części i wyniki porównywa z wytrzymałością na rozciąganie okazu przed próbą.

c) *Próby przez zamrażanie sztuczne.* A. Blümeke zastosował próbę następującą, która następnie z małymi zmianami przyjętą została przez prof. Bielelubińskiego w pracowni mechanicznej

instytutu inżynierów komunikacyj w Petersburgu: Dwa okazy, kształtu sześcianu o boku 8 cm, z których jeden nasycony jest za pomocą pompki powietrznej wodą przekroploną (destylowaną), układane są w naczyniu blaszanem, pomieszczone w innym większym naczyniu blaszanem. Przestrzeń wolna pomiędzy temi naczyniami, o szerokości 5 cm, zapelnia się mieszaniną oziębiającą, złożoną z 3 cz. lodu tłuczonego i 1 cz. soli kuchennej, przez co temperatura w naczyniu mniejszem obniża się do -15° C. Okazy poddane działaniu tej temperatury przez trzy godziny zanurzone są następnie natychmiast na trzy godziny w kąpiel wodną, o temperaturze pokojowej. To zamrażanie sztuczne powtarzać należy aż do pojawienia się w okazach oznak widocznych uszkodzenia. Po każdym dziesięciu zamrożeniach oznacza się ilość cząstek od okazu odłączonych, a tworzących osad po wyparowaniu wody. Im mniejszy jest ciężar względny tych cząstek, tem większą jest odporność kamienia na działanie mrozu.

W myśl instrukcyi dołączonej do rozporządzenia departamentu dróg żelaznych przy ministerjum komunikacyj w Petersburgu, z d. 25 czerwca s. s. 1891 r. Nr. 7952, kamienie budowlane, które mają być wystawione na bezpośredni wpływ powietrza zewnętrznego i zmian temperatury, winny być poddawane próbie na mróz przez wielokrotne zamrażanie sztuczne okazu próbnego nasyconego wodą. Próba ta winna być wykonywana w sposób poniżej objaśniony:

Do zamrażania sztucznego kamieni służy przyrząd złożony z czterech skrzynek. Największa z tych skrzynek (Nr. I), drewniana, o długości 105 cm, szerokości 80 cm i wysokości 57 cm, pokryta jest od zewnątrz pilśnią. W tej skrzynce umieszczona jest skrzynka druga, średnia (Nr. II), także drewniana, o długości 80 cm, szerokości 55 cm i wysokości 35 cm, pokryta od wewnątrz blachą żelazną. W tej skrzynce średniej umieszczona jest skrzynka trzecia (Nr. III), cynkowa, o długości 50 cm, szerokości 25 cm i wysokości 15 cm. Skrzyнки te umieszczone są jedna w drugiej w taki sposób, że pomiędzy ściankami oraz pomiędzy dnami każdych dwóch skrzynek, znajduje się miejsce swobodne, o szerokości przynajmniej 100—125 mm; przy czem krawędzie górne ścianek skrzynki środkowej (Nr. II) winny wystawać po nad wierzch skrzynki najmniejszej (Nr. III) o 100 mm. Na tych wystających ściankach skrzynki środkowej (Nr. II) zawieszona jest skrzynka czwarta (Nr. IV), cynkowa, o długości 75 cm, szerokości 50 cm i wysokości około 8 cm, w taki sposób, że dno tej skrzynki czwartej (Nr. IV) zamyka skrzynkę trzecią (Nr. III). Przestrzeń pomiędzy skrzynką największą (Nr. I) a średnią (Nr. II) zapelniona jest trocinami, przestrzeń zaś pomiędzy skrzynką średnią (Nr. II) a trzecią (Nr. III) zapelniona jest mieszaniną oziębiającą, złożoną z 3 części na wagę lodu tłuczonego i 1 cz. soli kuchennej. Taką mieszaniną oziębiającą napelniona jest skrzynka czwarta, cynkowa (Nr. IV), która przykryta jest blachą żelazną. W skrzynce trzeciej (Nr. III) umieszczane są okazy próbne. W skrzynce tej umieszczony być winien nadto termometr maksymalny.

Okazy próbne, kształtu sześcianu o boku 7 cm, winny być najprzód wysuszone w temperaturze 30° , a następnie po dokładnem zmierzeniu i zważeniu, pogrążone w wodę do zupełnego nasycenia. Do nasycenia okazów brać należy wodę możebnie czystą, o temperaturze $15-20^{\circ}$ C. Nasycenie winno być stopniowe; w tym celu okaz w czasie pierwszej doby winien być pogrążony w wodę tylko na 2 cm, a następnie dopiero może być całkiem w wodę zanurzony. Do nasycenia zupełnego wystarcza zazwyczaj 5—7 dni. Okaz nasycony należy zważyć. Różnica ciężarów okazu nasyconego i nienasyconego, podzielona przez objętość okazu i pomnożona przez 100, daje oczywiście nasycenie w procentach na objętość.

Okaz nasycony należy zamrozić w temperaturze od -10° do -15° C; dla otrzymania takiej temperatury wystarcza mieszanina oziębiająca, o której powyżej mowa. Te zamrażania należy powtarzać dopóki w kamieniu nie okażą się uszkodzenia, pęknięcia i t. p. i w tym celu po każdym zamrożeniu należy okaz starannie obejrzeć. Kamień wytrzymujący 25 zamrożeń, bez widocznych oznak uszkodzenia, uważany być może za dostatecznie odporny na działanie mrozu. W kamieniach nieodpornych na mróz uszkodzenia pojawiają się już znacznie wcześniej, zazwyczaj po 5—10 zamrożeniach. Do skal najmniej odpornych na działanie mrozu należą: wapienie ikrowcowe, wapienie gliniaste, piaskowce o spoiwie glinianem i t. p.

Okazy poddane próbie na mróz korzystnie jest poddać także próbie wytrzymałości na ściskanie, dla porównania wyniku z wytrzymałością na ściskanie okazu suchego. W tym celu należy zawsze przygotować sześć jednakowych okazów próbnych, a mianowicie trzy dla ozna-

czenia wytrzymałości na ściskanie w stanie suchym, pozostałe zaś trzy dla oznaczenia wytrzymałości na ściskanie po próbie na mróz.

d) *Inne próby.* Brard (1820 r.) zalecał zamrażanie wody zastąpić przez krystalizacją soli glauberskiej i wskazał szczegółowo sposób wykonywania tej próby. Próba ta okazała się jednak nie wystarczającą i w zastosowaniu niedogodną.

Prof. Tetmajer, kierownik pracowni mechanicznej przy szkole politechnicznej w Zurychu ocenił odporność kamienia na mróz z różnicy wytrzymałości na ściskanie okazu suchego i nasyconego wodą.

Hauenschild zaleca wystawiać okaz na nagłe zmiany temperatury, np. na działanie mieszaniny oziębiającej i kąpieli wodnej o temperaturze $+40^{\circ}$ C. i następnie oznaczać różnicę wytrzymałości na rozciąganie okazu przed próbą i po próbie.

Braun uważa kamień za niedostatecznie odporny na działanie mrozu, jeżeli wytrzymałość na rozciąganie okazu w kierunku podłużnym jest mniejszą aniżeli prężność wody zawartej w porach w chwili tworzenia się lodu; przy czem próbie poddawane być winny tylko okazy doskonale nasycone.

10) Sposoby zwiększania trwałości. Zwiększyć trwałość kamienia można przez *selifowanie* za pomocą szmerglu, piasku, piaskowca sproszkowanego, pumeksu i t. p., oraz przez *polerowanie* za pomocą szmerglu, popiołu cynowego, węgla drzewnego (dla alabastru), słonińca (dla węzowca), siarki (dla marmurów) i t. p. Jeżeli do polerowania używa się oleju, to na powierzchni kamienia utworzy się powłoka z pewnego rodzaju kitu olejnego, przez co kamień zyskuje wygląd piękny, a przytem taka powłoka, zasklepiając pory, utrudnia wsiąkanie wilgoci i przez to zwiększa odporność kamienia na wpływy czynników atmosferycznych. — Niektóre kamienie porowate, zwłaszcza wapienie i piaskowce, starano się zabezpieczyć od wpływu czynników atmosferycznych, przez powłokę z kitu kamiennego i brano w tym celu roztwór kalafonii w terpentynie, stearyny w terpentynie i t. p. Takie powłoki jednak wytwarzają nienaturalną gładkość powierzchni, a przytem jako nietrwałe są mało skuteczne. — Jeżeli nie zależy na zachowaniu barwy naturalnej kamienia, jak np. w budynkach fabrycznych i t. p., to można kamień zabezpieczyć przez nasycenie smołą, asfaltem rozpuszczonym w smole i t. p., lecz i te powłoki nie są trwałe.

Rzadziej zabezpiecza się kamienie rodzime przez malowanie farbą olejną, gdyż farba olejna trzyma się źle na powierzchni kamienia i często musi być odnawiana, a przytem kamienie pomalowane farbą nie ujawniają swojej barwy naturalnej i sprawiają wrażenie nieprzyjemne. Skoro zaś w kamieniu znajduje się wilgoć, to powłoka z farby olejnej, utrudniając ułatnianie się wody, może oddziaływać ujemnie na trwałość kamienia.

Skuteczniej można zabezpieczyć kamień rodzimy od wpływu czynników atmosferycznych przez oblicowanie innym kamieniem np. cegłą; a że uszkodzenia przez mróz pojawiają się głównie w tych miejscach, w których wskutek wygięć profilu kamienia woda może gromadzić się i przez czas dłuższy wsiąkać w kamień, przeto w czasach nowszych, gzymsy zewnętrzne, balustrady i t. p. wykonane z kamienia rodzimego, pokrywane są blachą cynkową. Przy oblicowaniu jednak cegłą lub pokryciu blachą, nie mogą być oczywiście wyzyskane własności estetyczne kamienia.

Wszystkie inne sposoby zabezpieczania kamieni rodzimych od wpływu czynników atmosferycznych mają zawsze na celu utworzenie na powierzchni kamienia powłoki, więcej lub mniej gęstej, zasklepiającej pory i zwiększającej gę-

stość warstw zewnętrznych kamienia, a tem samem zapobiegającej wsiąkaniu wilgoci, osadzaniu się kurzu, oraz zagnieżdżaniu się roślinności. Wszystkie te sposoby mają jednak tę wspólną wadę, że jeżeli gęstość powłoki jest inna aniżeli gęstość kamienia, to rozprzestrzenianie się pod wpływem zmian temperatury powłoki i kamienia jest niejednakowe, wskutek czego powłoka pęka, łuszczy się, staje się więc bezskuteczną, przyczem i w kamieniu mogą pojawić się uszkodzenia. Następstwa takie ujawniają się najdosadniej przy zastosowaniu powłoki z kitu bardzo twardego na kamieniu względnie miękkim. A że przystosowanie dla każdego kamienia powłoki, mającej taką samą jak kamień rozszerzalność, przedstawia poważne trudności, przeto liczne zażalenia na bezskuteczność zalecanych sposobów zabezpieczania kamieni nie są pozbawione pewnej słuszności.

Niektóre jednak z tych sposobów okazały się skutecznymi, o ile były stosowane umiejętnie, a zwłaszcza o ile odnośne roztwory nie były nakładane w stanie zbyt gęstym. Podajemy tu sposoby zasługujące na wyróżnienie:

a) *Sylikatyzacya*. Sposoby zabezpieczania kamieni znane pod nazwą ogólną *sylikatyzacyi*, podane przez Ransom'a, Leona Dalemagne'a i in., a stosowane głównie we Francyi, polegają na nasycaniu kamieni roztworem szkła wodnego.

Przy stosowaniu sylikatyzacyi należy najprzód nasycić powierzchnię kamienia roztworem szkła wodnego potasowego albo sodowego, tak, ażeby wszystkie pory zostały szczelnie zamknięte; następnie powleka się powierzchnię kamienia roztworem chloranu wapnia, przyczem wskutek wzajemnego podstawienia, powstaje nierozpuszczalny krzemian wapnia, tworzący powłokę szczelną na powierzchni kamienia, oraz chloran potasu albo chloran sodu, dający się łatwo zetrzeć z powierzchni kamienia ścierką wilgotną.

Sposób ten, w zasadzie bardzo prosty, okazuje się jednak skutecznym tylko przy zachowaniu pewnych ostrożności; tak np. kamień przed nasyceniem szkłem wodnym winien być starannie wysuszony i oczyszczony z brudu i pyłu; ilość roztworów nie powinna być większą nad potrzebę, a roztwór chloranu wapnia należy nakładać dopiero po zupełnem wyschnięciu roztworu szkła wodnego. Kamienie niedokładnie wysuszone, po sylikatyzacyi pękają na mrozie. Skoro roztwory są zbyt gęste albo w zbyt wielkiej ilości nakładane, to powłoka jest nietrwała i prędko poczyna się łuszczyć. Dla kamieni mało porowatych, zwłaszcza dla marmurów, sylikatyzacya jest bezskuteczną. Barwa kamieni po sylikatyzacyi ciemnieje, a niekiedy na powierzchniach kamienia pojawiają się plamy brunatne.

Pomimo tych niedogodności budowniczowie francuscy wyrażają się o sylikatyzacyi bardzo pochlebnie. Sposób ten, przy umiejętnem zastosowaniu, ma być skuteczny zarówno dla kamieni twardych jako też miękkich, a głównie dla piaskowców i wapieni, jak tego dowodzą liczne przykłady nie tylko w budowlach nowych, lecz także przy zabezpieczaniu od wietrzenia pomników i budowli dawnych. Sylikatyzacya zwiększa podobno w sposób widoczny twardość i trwałość kamieni, przyczem na kamieniach poddanych sylikatyzacyi nie osiada kurz i nie pojawiają się porosty i mchy, a po deszczu kamienie takie prędko wysychają. Sylikatyzacyą zastosowano skutecznie w wielu budynkach w Paryżu, zwłaszcza w Luwrze, gmachu szkoły sztuk pięknych, kilku kościołach i t. d., nadto w pała-

cach w Fontainebleau, Wersalu, Luksemburgu i t. d., oraz w wielu budynkach w Wiedniu, gdzie w kamieniach zabezpieczonych tym sposobem, po 20 latach nie pojawiają się jeszcze żadne ślady uszkodzeń.

b) *Barytowanie*. Sposób ten polega na nasycaniu kamienia wodą barytową, która przedstawia jednak tę niedogodność, że jest ciałem gryzącym, niszczącym skórę na rękę robotnika, pendzle, welnę i t. d., i że jest trucizną. Z tego powodu Kessler zaleca zamiast wody barytowej brać związki barytowe glinu i cynku, które jednak dotychczas nie są dostatecznie wypróbowane.

c) *Parafinowanie*. W Stanach Zjednoczonych cieszy się wielkim uznaniem sposób zabezpieczania kamieni, stosowany przez towarzystwo „Brick and Stone Waterproofing Company“, polegający na wcieraniu w kamień mieszanki bezbarwnej z 25 części parafiny, szczególnie czystej i umyślnie w tym celu przygotowanej, oraz z 2,5 części terpentyny i 2,5 cz. kreozotu. Mieszaninę tę przed użyciem ogrzać należy do 100° C. i do takiejże temperatury ogrzać należy powierzchnię kamienia, a to w celu zapobieżenia stężeniu parafiny przy zetknięciu się jej z kamieniem chłodnym. Mieszaninę ogrzaną wciera się w kamień za pomocą szczotek, przyczem mieszanina wsiąka na pewną głębokość zależną od gatunku kamienia; w granitach i syenitach np. na $\frac{1}{2}$ cala. Do ogrzewania powierzchni kamienia służą żarowniki żelazne napełnione żarzącym się węglem drzewnym, a jeżeli powierzchnia kamienia nie jest gładką, np. gdy jest pokrytą płaskorzeźbami, to dla zapobieżenia następstwom nierównomiernego rozgrzewania się różnych części powierzchni kamienia, do ogrzewania brane są lampki spirytusowe. — Parafinowanie zastosowano z dobrym skutkiem w wielu budynkach w Nowym-Yorku i uznano za najodpowiedniejsze dla zabezpieczenia od dalszych uszkodzeń obeliska, przywiezionego z Egiptu i ustawionego w Nowym-Yorku, o którym już powyżej wspomnieliśmy (p. str. 156).

d) *Fluatacja*. W latach ostatnich badany jest gorliwie nowy sposób zabezpieczania kamieni, podany przez L. Kessler'a, a stanowiący przywilej firmy „L. Kessler et C^o“ (dawniej „Faure et Kessler“) w Clermont-Ferrand. Sposób ten, zwany *fluatacją*, polega na nasycaniu kamienia wynalezionymi przez Kessler'a roztworami fluo-krzemianów, nazwanymi przez skrócenie *fluatami*. Nasycanie kamienia można skutecznie za pomocą gąbki albo pendzla, albo też przy pomocy pompki, przyczem gęstość roztworu jest zależną od gatunku kamienia. Przy stosowaniu tego sposobu można przez domieszkę różnych metali wywołać rozmaite zabarwienia kamienia. Fluaty, zależnie od gatunku kamienia, stosowane są w różnych odmianach: glinowe, magnezowe, cynkowe, miedziane, ołowiane i t. d. Działalność ich polega na rozkładzie węglanu wapnia, jest więc zależną od obecności tegoż węglanu wapnia w kamieniu, przyczem wydziela się krzemionka i nierozpuszczalne w wodzie fluoraty, a w niektórych wypadkach także tlenki metali. Krzemionka i fluoraty osadzają się w porach kamienia i przez to zwiększają jego odporność na działanie mrozu i wilgoci, gdy tymczasem tlenki metali tworzą na powierzchni kamienia powłokę zasklepiającą pory, przyczem jednak to zasklepienie, wskutek jednoczesnego wydzielenia się kwasu węglanego, nie może być nigdy całkiem szczelne.

Doświadczenia przeprowadzone przez prof. Tetmajer'a w Zurychu i Hauen-schild'a w Berlinie wykazały, że fluatacyja nadaje kamieniom miękkim znaczną twardość i zmniejsza bardzo ich porowatość. Fluaty magnezowe okazały się skutecznymi dla wszelkich wapieni oraz dla piaskowców o spoiwie wapiennem; mniej skutecznymi są fluaty cynkowe i t. zw. fluaty podwójne, a fluaty glinowe oddziałują szkodliwie na masę kamienną. Jeden z fluatów, nazwany *czyszczącym*, służy do oczyszczania z brudu i kurzu i przywracania pierwotnej barwy kamieniom w budowlach starych.—Kamienie poddane fluatacyi można następnie szlifować i polerować.—Przeprowadzone były także doświadczenia porównawcze nad wytrzymałością okazów przed fluatacyą i po fluatacyi, oraz spostrzeżenia nad zachowywaniem się na powietrzu w czasie dwóch zim kamieni poddanych fluatacyi; że jednak badania te odnoszą się tylko do nielicznych okazów, przeto nie mogą one jeszcze służyć za podstawę dla wniosków ostatecznych.

e) *Inne sposoby*. Leon Dalemagne jest wynalazcą t. zw. „zaprawy krzemionkowej“, która nie tylko służy do zwiększania odporności kamienia na wpływ czynników atmosferycznych, lecz może nawet jakoby zastępować po części kamień. Tak np. można z zaprawy tej dorabiać brakujące części ozdób, figur i t. p. Zaprawa, o której mowa, była zastosowana w kościele w St. Denis przez rzeźbiarza Villemint'a pod nadzorem budowniczego Viollet-le-Duc'a i już po kilku dniach, czy też nawet po kilku godzinach, była podobno twardszą aniżeli kamień.

Inny sposób, podany przez Dent'a i Brown'a, polega na powlekanii powierzchni kamienia szczawianem glinu. Sposób ten jest skuteczny głównie dla dolomitów, marmurów, wapieni i kredy. Przez powłeczenie wapienia szczawianem glinu można nawet otrzymać kamienie litograficzne, a kreda nasycona szczawianem glinu staje się twardą jak marmur i przyjmuje piękny poler.

Sposób Church'a polega na powlekanii powierzchni kamienia najprzód roztworem fosforanu wapnia, następnie ciepłą wodą barytową i wreszcie dializowanym roztworem krzemionki, z małą przymieszką szkła wodnego sodowego i potasowego.

M. Lewin jest wynalazcą roztworu wodnego, którym nasycają się kamienie w łomach Saxonia w Neundorf pod Pirną, przyczem we wszystkich porach kamienia osadza się krzemian glinu. Po nasyceniu kamień daje się polerować i ma wygląd podobny do marmuru. Przy stosowaniu tego sposobu można też kamienie rozmaicie zabarwiać.

W celu zabezpieczenia od dalszych uszkodzeń kolumny aleksandryjskiej w Petersburgu, wszystkie szczeliny po starannem oczyszczeniu zapełniono zaprawą cementu portlandzkiego z $1\frac{1}{2}$ — 2 cz. piasku kwarcowego. Do zaprawy dodano barwnik (minia) w ilości około $\frac{1}{8}$ cz. na objętość. Zaprawę tę podczas tężenia nasycają roztworem szkła wodnego. Rysy włoskowate zasklepiono powłoką z masy otrzymanej przez rozpuszczenie w spirytusie szelaku, żywicy i sadzy, z małą domieszką piasku mialkiego. Po stwardnieniu tej powłoki odpolerowano kolumnę.

3. Twardość.

Twardością kamienia jest opór, jaki kamień stawia przy rysowaniu lub pocieraniu go innym ciałem. W zastosowaniu można przeto ocenić najdogodniej twardość kamienia z oporu przy obrabianiu narzędziem żelaznem.

Miara bezwzględna twardości nie istnieje. Twardość skał jednorodnych, ścisłych, może być oceniana dokładnie na podstawie skali Mohs'a, w której twardość łojku przyjęto = 1. Skala ta obejmuje dziesięć ogniw, z których każde rysuje wszystkie poprzednie.

Łojek (talk) = 1.

Gips	2	Mylnik (apatyt)	5	Topaz	8
Spat wapienny	3	Spat polny (feldspat).	6	Korund	9
Topnik (fluspat)	4	Kwarc.	7	Dyament	10

Twardości 6 — 10 rysują szkło.

Twardość kamieni złożonych i porowatych można oceniać tylko w przybliżeniu przez uwzględnienie gatunku i ilości stosunkowej składników. Podajemy tu twardość przeciętną niektórych skal z zastrzeżeniem, że dla wielu skal niejednorodnych i porowatych twardość jest zmienną w rozległych często granicach, zależnie od składu mineralogicznego.

Grafit	1—2	Wąka szara	5
Łupek gliniany	1—2	Skąły sklistynowe, słupień	5,5
Łupek łojkowy	1—2	Skąła hornblendowa, dyoryt	5,5
Gips zwykły	1—2	Syenit	5,5—6
Łyszczczyk (mika)	2,5	Granit, gnejs	6 —6,5
Wężowiec (serpentyń)	2,5	Skąły trachytowe	6 —6,5
Wapień zbitý	3	Piaskowiec złożony z czystych ziarn	
Wapień ziarnisty, marmur biały	3—3,5	kwarcu, połączonych spoiwem krze-	
Anhydryt (bezwodyn)	3,5	mionkowem	6 —6,5
Lawa	3,5	Skąła kwarcowa	6,5
Pumeks	4,5	Kwarc czystý	7
Piaskowiec o spoiwie kwarcowem			
i żelazistem, piaskowiec czerwony	4,5—5		

W praktyce budowlanej rozróżniane są zazwyczaj tylko kamienie „twarde“ i „miękkie“. Do „twardych“ zaliczane są kamienie dające się przecinać piłą bezzębną przy użyciu piasku; do „miękkich“ zaś — dające się przecinać takąż piłą bez piasku.

Od stopnia twardości kamienia zależy większa lub mniejsza łatwość obrabiania oraz prędsze lub powolniejsze zużywanie się. Twardość kamienia ma przeto znaczny wpływ na zakres jego zastosowań. Kamienie najtwardsze poszukiwane są na bruki i szaber dla dróg bitych; kamienie twarde brane są chętnie na płyty chodnikowe i stopnie schodów; kamienie średnio-twarde, o ile dają się dokładnie obrabiać, stanowią dobry materiał dla członków architektonicznych, ozdób i t. d.; kamienie miękkie, twardniejące w miarę wysychania, są brane głównie na ciosy do murów.

Zużywanie się kamienia, polegające na odłączaniu się cząstek kamienia pod wpływem tarcia i uderzeń, jest w ogóle tem większe im twardość jest mniejszą; a w kamieniach złożonych tem większe im mniejszą jest twardość składników. — Kamienie gruboziarniste zużywają się prędzej aniżeli miałkoziarniste.

Sposoby oceniania twardości kamieni stosowane w różnych pracowniach mechanicznych polegają głównie na szlifowaniu kamienia, przyczem grubość warstwy odszlifowanej w pewnym czasie lub po pewnej stałej liczbie obrotów tarczy stalowej albo kamienia szlifierskiego normalnego, stanowi miarę względnej twardości. Zamiast szlifowania zastosowano do próby tej w czasach ostatnich wierzenie świdrami stalowymi, przyczem głębokość otworu po pewnej liczbie obrotów świdra stanowi miarę względnej twardości kamienia. Do prób tych służą specjalne maszyny obmyślone i zastosowane przez Vicat'a, Rondelet'a, Michelot'a, Bauschinger'a, Perronet'a, Behrens'a, Wolf'a, Siebenreicher'a i innych.

We Francyi oceniją zużywanie się kamieni z ubytku ciężaru okazów umieszczonych przez pewien czas w bębnie wirującym. Do próby tej służy przyrząd Duval'a, złożony z czterech pochylonych naczyń cylindrycznych, o średnicy 0,20 m i długości 0,35 m, osadzonych na osi poziomej, którą wprawia się w ruch obrotowy powolny (2000 obrotów na godzinę) za pomocą motoru gazowego. W trzech naczyniach umieszcza się po 5 kg danego kamienia w kawałkach mających nie więcej aniżeli 6 cm grubości, a w czwartem naczyniu umieszcza się dla porównania 5 kg kamienia bardzo twardego, np. porfiru, w takichże kawałkach. Po pięciogodzinnem działaniu przyrządu, zawartość każdego naczynia przesiewa się przez sito, o 1,6 mm średnicy oczka, a pył, który przez to sito przechodzi, po wysuszeniu starannie się waży. Stosunek ciężaru tego pyłu do 5 kg jest miarą zużycia materiału. Sposób ten jest w zastosowaniu dogodny, lecz

daje wyniki mniej ścisłe, aniżeli próba polegająca na bezpośrednim szlifowaniu kamienia za pomocą tarczy stalowej.

4. Porowatość.

Pory kamieni mają wielkość rozmałą; w niektórych skalach można pory rozróżniać okiem nieuzbrojonym, w innych — tylko pod drobnowidzem.

Porowatość kamienia można najdogodniej ocenić, nasycając dokładnie kamień wodą i oznaczając następnie przyrost ciężaru. Różnica pomiędzy ciężarem kamienia nasyconego wodą a ciężarem kamienia dokładnie osuszonego, wyrażona w procentach ciężaru kamienia suchego, nazywa się *współczynnikiem porowatości*.

Porowatość kamieni gruboziarnistych jest wogóle większa aniżeli miałkoziarnistych. Od stopnia porowatości kamienia zależą jego własności zdrowotne (hygieniczne), a mianowicie przepuszczalność dla powietrza i przewodnictwo ciepła; nadto porowatość ma wpływ na podatność do obrabiania i polerowania, na ciężar i trwałość kamienia.

Lang i Hauenschild, a następnie inni, oznaczyli dokładnie współczynniki porowatości różnych kamieni. Niektóre wyniki tych doświadczeń podaliśmy już powyżej przy opisie odnośnych skał.

We Francji rozróżniane są w praktyce budowlanej tylko kamienie „porowate“ i „nieporowate“, przyzem jako „porowate“ uważane są te kamienie, które kroplę wody puszczoną na powierzchnię pochłaniają natychmiast albo w czasie najwyżej jednej minuty.

Przepuszczalność dla powietrza jest w ogóle tem większą im większą jest porowatość; to też przepuszczalność dla powietrza może być równie dobrze jak chłonność miarą porowatości. Oznaczenie jednak ścisłe przepuszczalności dla powietrza jest o wiele mozolniejsze i trudniejsze aniżeli oznaczenie chłonności. Lang nazwał *współczynnikiem przepuszczalności* (n. Permeabilität) tę ilość powietrza, która w jednostce czasu, pod jednostajnem ciśnieniem, przenika przez płytę kamienną o jednostajnym przekroju. — Współczynnik przepuszczalności jest oczywiście zależny nie tylko od ścisłości złożenia, lecz także od stopnia suchości; kamienie wilgotne, miałkoziarniste i zbite przepuszczają powietrze trudno, wskutek czego pomieszczenia otoczone murami z takich kamieni są niezdrowe.

Kamienie rodzime są w ogóle tem gorszymi przewodnikami ciepła im porowatość ich jest większą. Złemi przewodnikami ciepła są więc np. trachyt, pumeks, martwica wapienna, niektóre lawy i t. d., dobrzymi zaś — słupień, granit, syenit i t. d. Piaskowce, wapienie, margle, zależnie od składu i złożenia, mogą być już to złemi już to dobrzymi przewodnikami ciepła; tak np. piaskowce złożone z ziarn kwarcu, połączonych spoiwem krzemionkowym, jako mające złożenie ścisłe, są dobrzymi przewodnikami ciepła. — Pomieszczenia otoczone murami z kamieni, które są złemi przewodnikami ciepła, są suche i ciepłe, pomieszczenia zaś otoczone murami z kamieni, które są dobrzymi przewodnikami ciepła, są wilgotne i chłodne.

Z powyższego wynika, że do budowy domów mieszkalnych nadają się tylko kamienie porowate, gdyż tylko takie kamienie, z powodu znacznej przepuszczalności dla powietrza i złego przewodnictwa ciepła, czynią zadość wymaganiom

zdrowotnym. Mury z takich kamieni raz ogrzane, zatrzymują długo ciepło i stają się przez to źródłem ciepła dla pomieszczeń wewnętrznych; powietrze ciepłe wewnętrzne uchodzi przez te mury tylko bardzo powoli, powietrze zaś zewnętrzne wchodzi przez pory muru do wnętrza pomieszczeń już w stanie ocieplonym. Powietrze pomieszczeń otoczonych takimi murami może więc odświeżać się, nawet gdy okna są szczelnie zamknięte, co ze względu na zdrowotność pomieszczeń przedstawia korzyść doniosłą.

Warunki zdrowotne pomieszczeń otoczonych murami z kamieni ścisłych, mało porowatych, można do pewnego stopnia polepszyć, przez oblicowanie od wewnątrz takich murów cegłą paloną.

5. Ogniotrwałość.

Ogniotrwałemi nazywają się kamienie, które wystawione przez czas dłuższy na działanie ognia nie topią się i nie pękają.

Ogniotrwałemi są: lupek lyszczykowy, lupek zielonkowy (chlorytowy), lupek łojkowy (magnezyowy), wężowiec, gips, piaskowce o spoiwie gliniastem, niektóre piaskowce o spoiwie krzemionkowym, lupek gliniany, martwica trachytowa, pumeks, tras, martwica bazaltowa. Wszystkie te kamienie z wyjątkiem gipsu używane są na mury ognisk pieców fabrycznych i t. p.; gips brany jest chętnie na powłoki ogniotrwałe dla kolumn żelaznych.

Glina, zależnie od gatunku domieszek, może być ogniotrwałą albo topliwą.

Wszystkie inne skały ulegają w ogniu prędzej lub powolniej zniszczeniu.— Najmniej odpornymi na działanie ognia są skały o składnikach dużych, jak np. granit gruboziarnisty; wskutek albowiem naprężeń spowodowanych przez nierównomierne i niejednakowe rozprzestrzenianie się składników, skały takie w ogniu prędko pękają. Podczas pożaru Bostonu granity w murach pękały i rozpadały się.

Słupień w ogniu pęka i jak wszystkie skały sklistynowe w temperaturze wysokiej topi się na masę szklistą. Wapień, margiel i dolomit tracą w żarze większą część kwasu węglanego, a wystawione następnie na działanie powietrza, chciwie pochłaniają wilgoć i rozpadają się na proszek. Nieodpornymi na działanie ognia są także piaskowce o spoiwie marglistem i wapiennem.

Ogniotrwałość kamienia można ocenić najdogodniej wystawiając go przez sześć godzin na działanie ognia i ochładzając następnie w piecu ciepłym. Za paliwo służyć może przy tej próbie drzewo, torf, węgiel kamienny.

Kamienie zarówno podczas działania ognia, jako też po ochłodzeniu, mają wytrzymałość mechaniczną mniejszą aniżeli przed rozgrzaniem.

6. Barwa.

Barwa jest obok złożenia i połysku najważniejszą z własności estetycznych kamienia. Z tego powodu przy jednakowej wytrzymałości, trwałości i łatwości obrabiania, oddaje się przy wyborze kamieni pierwszeństwo kamieniom mającym barwy piękne.

Barwę swą zawdzięczają kamienie najczęściej składnikom bardzo drobnym, mikroskopijnym, bezpostaciowym, których nie można wyraźnie odróżnić od

zasadniczej masy skalnej. Są to przeważnie związki chemiczne żelaza, manganu, chromu, a także wanadu, kobaltu, niklu i miedzi. Związki żelaza wywołują barwę żółtą, czerwoną, brunatną, czarną i fioletową; związki manganu — fioletową i czerwona; związki chromu — czerwoną, zieloną albo żółtą; związki wanadu — zieloną i t. d. Barwa zielona kamienia może także być następstwem bardzo miękkich fuszcek zielonki (chlorytu); barwa zaś szara i czarna może być spowodowana przez cząstki miłkie grafitu, albo przez bitumy.

Przy wyborze kamienia należy jednak zwracać uwagę nie tylko na piękno barwy kamienia świeżo z łomu wydobytego, lecz także na trwałość, niezmiennosc, barwy. Zabarwienie kamienia bowiem często pod wpływem czynników atmosferycznych ulega zmianom. Pod działaniem tlenu powietrza, w jednych skalach, jak np. w kamieniach obfitujących w spat polny, w wapieniach zawierających tlenik żelaza, barwy stopniowo płowieją, gdy tymczasem w innych, jak w piaskowcach pstrych, w trawertynie, zabarwienie staje się stopniowo coraz piękniejszym.

Do skał odznaczających się bogactwem i pięknoscia barw, oprócz marmurów właściwych, należą głównie: eklogit, węzowiec szlachetny i niektóre porfiry.

Jeżeli na powierzchni kamienia widoczne są oddzielne barwne plamy i smugi, to należy przede wszystkim zbadać czy nie są one oznaką początku wietrzenia.

Rozdrabnianie kamieni rodzimych.

Ze względu na zakres i cel niniejszej pracy nie podajemy tu opisu sposobów wydobywania kamieni rodzimych, lecz ograniczamy się jedynie na krótkiej wzmiance o niektórych sposobach rozdziałania kamieni na części, stosowanych zarówno dla kamieni wydobywanych z łomów, jako też dla kamieni narzutowych.

Skaly osadowe w większej części są mniej lub więcej uwarstwione; skaly twarde nie mają wprawdzie utawienia wyraźnego, lecz często zawierają żyły z masy mniej twardej, a także szczeliny, szpary, rysy. — Rozdziałanie kamienia jest najłatwiejszem w płaszczyznach pomiędzy warstwami, a także w kierunku żył, szczelin, szpar i pęknięć; na własności tej opierają się wszelkie sposoby stosowane w celu rozdziałania kamieni na części. Sposoby te są przytem zależne od twardości i wytrzymałości kamienia, a nadto od tej okoliczności, czy rozdzielenie może być dowolne, na części o kształtach nieprawidłowych, czy też ma być uskutecznione w pewnych oznaczonych kierunkach, w celu otrzymania części o kształtach mniej więcej regularnych.

Rozdziałanie kamienia na części uskutecznia się przeważnie robotą ręczną; robota maszynowa może współzawodniczyć z ręczną tylko w wypadkach wyjątkowych, gdy robotnik w danej miejscowości jest bardzo drogi, albo też gdy żądaną jest znaczna ilość większych monolitów i gdy dostawa zabezpieczona jest na dłuższy szereg lat.

Najpowszechniejsze sposoby rozdrabniania kamieni są:

1) *Rozsadzanie kamienia za pomocą ognia.* Sposób ten, znany już w starożytności, polega na rozgrzaniu jednej strony kamienia przez silny ogień, przyczem wskutek niejednakowych naprężeń składników, kamień pęka i rozpada się. Rozpadanie się kamienia można przyspieszyć, uderzając weń silnie młotem ciężkim, albo oziębiając go nagle przez polanie wodą zimną. Jeżeli pęknięcie ma nastąpić w pewnym oznaczonym kierunku, to w kierunku tym naciąga się sznur mokry. Sposób ten obecnie rzadko jest używany, gdyż wskutek silnego ogrzewania zmniejsza się twardość kamienia i jego wytrzymałość. W niektórych jednak wy-

padkach, a zwłaszcza przy rozdrabnianiu wielkich i bardzo twardych kamieni narzutowych, sposób, o którym mowa, może okazać się dogodnym; otrzymuje się jednak przytem tylko części o kształtach nieprawidłowych.

Ogień roznieca się bezpośrednio przy kamieniu, przez zapalenie stosu drzewa.—Krockow-Wickerode obmyślił przyrząd ulepszony do ogrzewania kamieni, podobny do kuźni przenośnej; a w kopalni pod Challanges we Francyi, stosowany jest w tym celu z dobrym skutkiem przyrząd pomysłu Huyon'a.

2) Rozsadzanie za pomocą ładunku wapna. Sposób ten, podany przez Jerzego Elliot'a w Newcastle, polega na zapuszczeniu w kamień ładunku wapna palonego, mialko-sproszkowanego. Ładunki, przygotowywane pod wielkiem ciśnieniem, otoczone są powłoką cylindryczną o średnicy $2\frac{1}{2}$ " , nieprzenikliwą dla powietrza i wody, a połączoną z rurką żelazną, o średnicy $\frac{1}{2}$ " , zaopatrzoną w części dolnej w małe otwory. Ładunek wkłada się w otwór, o średnicy $2\frac{3}{4}$ " , wywierony w kamieniu; część górna otworu zabezpiecza się w sposób zwykły, przyczem koniec górny rurki żelaznej winien sterceć na zewnątrz. W rurkę tę pompuje się woda, która przesiakając przez otworki, łączy się z wapnem. Wapno gasząc się, zwiększa swą objętość i jednocześnie wydziela gazy, a w skutek tego powstaje znaczne ciśnienie, rozsadzające kamień. Ciśnienie to wzrasta powoli i z tego powodu, cała czynność jest mniej niebezpieczną, aniżeli przy rozsadzaniu kamieni prochem lub innymi ciałami wybuchowymi.

3) Rozsadzanie prochem. W kamieniu świdruje się lub wybija się dłutem stalowem otwory, o średnicy $2\frac{1}{4}$ — 3 cm, których głębokość przy kamieniach mniejszych wynosi $\frac{1}{2}$, przy większych zaś $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{6}$ grubości kamienia. Podczas świdrowania lub wybijania, należy w otwór nalewać wodę, ażeby świder lub dłuto ochładzać i ażeby ułatwić wydobywanie pyłu kamiennego. Otwory należy oczyszczać, najlepiej za pomocą łyżeczki osadzonej na długiej rękojeści żelaznej i osuszać z wilgoci pakułami owiniętymi na grajcarze. W otwory oczyszczone i osuszone nasypuje się prochu na głębokość $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{3}$ otworu, a w prochu osadza się, przy jednej ścianie otworu, igłę z drutu miedzianego grubości źdźbła słomy, zakończoną u góry kółkiem. W około tej igły zakłada się stempel z pakuł, gliny i mialu ceglano lub kamiennego oraz piasku, który przybija się kijem drewnianym albo młotkiem. Następnie wyjmuje się igłę miedzianą, a w jej miejsce zakłada się źdźbło słomy, napelnione mialkim prochem, od którego prowadzi sznurek saletrą i siarką nasycony. Na drugim końcu sznurka zapala się kawałek hubki, poczem robotnik szybko oddala się od kamienia. Gdyby wybuch nie nastąpił zaraz, to do kamienia przez 12 godzin zbliżać się nie należy, a potem lepiej jest nowy otwór urządzić, aniżeli narażać się na następstwa wybuchu przy wyjmowaniu ładunku.

Przy stosowaniu tego sposobu otrzymuje się części kształtów nieprawidłowych.

W kamieniołomach do rozsadzania kamieni używane są i inne ciała wybuchowe, a zwłaszcza nitrogliceryna, dynamit, galareta wybuchowa Nobel'a, bawelna strzelnicza i t. p.

4) Rozsadzanie za pomocą klinów. W starożytności, gdy nieznano jeszcze prochu, rozsadzano kamienie za pomocą klinów drewnianych i wody. W tym

celu wyżłabiano w kamieniu otwory i zabijano w nie kliny drewniane mocne i dobrze wysuszone, które następnie zalewano obficie wodą. Kliny pęczniąc wywierają tak silne ciśnienie, iż za pomocą tego sposobu można nawet wielkie bryły odłaczać od skał. Sposób ten jest mniej kosztowny i mniej niebezpieczny, lecz przytem znacznie powolniejszy, aniżeli rozsadzanie prochem.

Przy rozsadzaniu za pomocą klinów, należy kamień ze wszystkich stron odkopać, tak aby tylko jedną powierzchnią spoczywał na ziemi, gdyż w razie przeciwnym, nawet przy najsilniejszych uderzeniach nie rozpadnie się.

Rosadzanie kamienia za pomocą klinów żelaznych stosowane bywa wtedy, gdy zależy na otrzymaniu części o kształtach prawidłowych. W tym celu, w kierunku żądanej płaszczyzny pęknięcia, wyżłabia się rynienkę 3 *cm* szeroką i 7—8 *cm* głęboką, ku dołowi ostro zakończoną, którą wyklada się blachą, kliniasto zgiętą, a na blachę tę zasadza się kliny żelazne, poczem kliny te zabija się ciężkimi młotami, najprzód słabo, następnie coraz mocniej. Po pewnym czasie kamień rozpada się w kierunku żądanym, o ile nie był już poprzednio rozdzielony w innych kierunkach przez rysy włoskowate.

Obrabianie kamieni rodzimych.

Obrabianie kamienia ma na celu nadanie mu postaci i wymiarów, wymaganych ze względu na jego przeznaczenie. Wszystkie odnośne czynności wchodzi w zakres robót kamieniarskich i dla tego tu krótką tylko wzmiankę o nich podać możemy.

Pierwsza obróbka kamieni na ciosy uskutecznia się w łomie, a to z powodu, iż kamień bezpośrednio po wydobyciu jest mniej twardy i łatwiej daje się obrać, a także dla tego, ażeby nie przewozić na miejsce budowy zbytniego ciężaru. Przy tej pierwszej obróbce kamień otrzymuje kształt prostopadłościanu, którego wszystkie trzy wymiary są o 1" — 1½" większe od żądanych. — Dalsza obróbka polega na ociosaniu powierzchni najprzód z gruba, następnie na gładko, co uskutecznia się albo także w łomie, albo też na miejscu budowy. Roboty te wykonywane są zazwyczaj ręcznie, a kształty i wymiary odnośnych narzędzi, są zależne głównie od stopnia twardości kamienia i od wymaganego stopnia gładkości powierzchni.

Jeżeli kształt powierzchni kamienia ma być bardziej złożony, jak np. w kamieniach profilowanych na gzymsy, to kamieniarz winien otrzymać szablon profilu, drewniany lub blaszany, wielkości rzeczywistej. Jeżeli w kamieniu mają być zagłębienia, np. na panwie żelazne, to robota wykonywana być winna również według modelu, wielkości rzeczywistej. Skoro w kamieniu mają być wyżłobione lub wywiercone otwory na śruby fundamentowe, to średnica tych otworów winna być o $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{3}$ większa od średnicy śrub, a wzajemna odległość środków otworów winna być na całej ich głębokości ściśle zachowana. W tym celu kamieniarz otrzymać powinien szablon drewniany albo blaszany, z odpowiednimi otworami, a w miarę postępowania roboty, należy sprawdzać jej dokładność, przez wstawianie w otwory prętów drewnianych i nasadzanie na nie szablonu.

Jakkolwiek kamienie ociosywane są przeważnie ręcznie, to jednak przy prowadzeniu takich robót na skalę większą w łomach i warsztatach kamieniarskich, używane są także umyślnie w tym celu obmyślane maszyny, głównie heblarnie i tokarnie. Robota maszynowa jest prędszą, a przy kształtach złożonych, jak np. przy kamieniach profilowanych na gzymsy i t. p., znacznie dokładniejszą, aniżeli robota ręczna.

Po ociosaniu na gładko, kamienie poddawane są niekiedy jeszcze dalszym obróbkom, a mianowicie szlifowaniu i polerowaniu powierzchni zewnętrznych.

Szlifowanie polega na usunięciu wszelkich nierówności powierzchni przez pocieranie innymi ciałami twardymi, najczęściej piaskowcem lub sztucznymi kamieniami szlifierskimi, przy jednoczesnym stałym dopływie wody. Szlifowanie może być korzystnie stosowane przy kamieniach ścisłych, kosztownych, gdyż przyczynia się do uwydatnienia piękności barw i złożenia, a w częściach ornamentacyjnych uwyrażnia rysunek.

Polerowanie polega na wytworzeniu powierzchni zwierciadlanych, przy użyciu w tym celu różnych ciał sproszkowanych, zależnych od gatunku kamienia. Najkorzystniej uwydatnia się polerowanie w marmurach, lecz także granity, syenity, porfiry, zieleńce i węzowce dają się pięknie polerować. — Połysk powierzchni polerowanych niknie po pewnym czasie pod wpływem czynników atmosferycznych i z tego powodu, w klimacie naszym, polerowanie kamieni należało by stosować tylko wyjątkowo. Połysk powierzchni polerowanych utrzymuje się najdłużej w kamieniach bardzo twardych.

Szlifowanie i polerowanie wykonywa się przeważnie ręcznie; rzadziej za pomocą maszyn.

Jeżeli kamień ma być ograniczony tylko płaszczyznami i jeżeli nie zależy na zbytnej gładkości tych płaszczyzn, to obrobienie ogranicza się zazwyczaj na rozpiłowaniu kamienia. *Piłowanie* kamienia wykonywa się ręcznie za pomocą pił bezzębnych lub zębatach, albo też przy użyciu maszyn do piłowania. Kształty odnośnych pił i sposoby wykonywania czynności, są zależne głównie od stopnia twardości kamienia.

Kamienie łamane (łupane) do murów i na bruki otrzymują się przez *tluczenie* młotem krzyżownikiem; przy dalszem tłuczeniu, najlepiej małym młotkiem stalowym o długiej rękojeści, otrzymuje się szaber i małe kamyki do robót mozaikowych. Do przygotowywania szabru w bardzo znacznych ilościach i w okolicach, w których robotnik jest drogi, służą oddzielne przyrządy.

Płyty cienkie na posadzki i t. p. otrzymują się albo przez rozpiłowanie kamienia, albo też przez *roszwiercenie*. Ta ostatnia czynność polega na wywierceniu w kamieniu w danym kierunku szeregu otworów, umieszczonych możebnie blisko obok siebie i sięgających prawie na całą szerokość kamienia; poczem części kamienia pomiędzy otworami wyłamują się na pewną głębokość, a w zagłębienia stąd powstałe zabija się kliny. — Jeżeli kamień, z powodu złożenia swego, daje łatwo rozłupywać się w pewnych kierunkach, to płyty cienkie na posadzki, do krycia dachów i t. p. można otrzymać przez *rozłupywanie* kamienia, za pomocą klinów wydłużonych, przybliżonych kształtem do dłuta; przyczem wymiary tych klinów są zależne od wielkości płyt.

Dostawa i zastosowania kamieni rodzimych.

Przy wyborze kamienia do budowy, niezależnie od warunków wytrzymałości i trwałości, o których powyżej była mowa, uwzględnić należy jeszcze, że kamienie nieuwarstwione, masowe, albo też występujące w warstwach bardzo grubych, są najkorzystniejsze dla budowy. Dzięki albowiem równomiernemu we wszystkich kierunkach rozłożeniu składników, kamienie takie odznaczają się wielką wytrzymałością na ściskanie, a nadto dają obrabiać się na ciosy różnych wymiarów i kształtów. — Jeżeli skała jest wyraźnie uławiconą, albo gdy okazuje skłonność do rozłupywania się w pewnych kierunkach (jak np. niektóre granity i syenity), albo wreszcie gdy ma złożenie łupkowe, to przy wyrabianiu kolumn, ciosów lub kamieni łamanych, baczyć należy, ażeby podstawa kolumny lub łożysko kamienia (t. j. podstawa, na której kamień ma spoczywać w murze), były równoległe do kierunku warstw, gdyż przy takim ułożeniu, kamień ma największą wytrzymałość na ściskanie, a wskutek utrudnionego przystępu wody do jego wnętrza ujawnia względnie największą trwałość (p. str. 112). — Skały o warstwach bardzo cienkich albo o złożeniu łupkowym nie nadają się do wyrobu ciosów, których powierzchnie mają być gładko obrobione, a tembardziej nie nadają się do wyrobu ozdób i części profilowanych.

1) *Dostawa i miary handlowe kamieni.* Przy kontraktowaniu dostawy można zastrzedz, albo, że kamienie dostawione zostaną na miejsce budowy w kształcie prostopadłościanów nieobrobionych, przyczem wymiary długości, szerokości i wysokości tych prostopadłościanów, jak to już powyżej zaznaczyliśmy (p. str. 173), winny być przynajmniej o 1" — 1½" większe od wymiarów ostatecznych po obróbce; albo też, że kamienie dostawione zostaną na miejsce budowy w stanie już zupełnie obrobionym i gotowym do użytku. W jednym i drugim wypadku przesłać należy dostawcy dokładny rysunek izometryczny kamienia, z podaniem wszystkich wymiarów w cyfrach; a jeżeli kamień ma być dostawiony w stanie już całkiem obrobionym, to na rysunku oznaczyć należy w cyfrach: wymiary ścięć (faz), średnice otworów, odległości wzajemne środków otworów, oraz odległości tych środków od dwóch prostopadłych do siebie krawędzi; nadto przesłać należy dostawcy modele wielkości rzeczywistej wszelkich zagłębień na panwie i t. p., oraz szablony wielkości rzeczywistej profilów bardziej złożonych.

W warunkach umowy oprócz terminu dostawy i ceny, zastrzedz głównie należy, że kamienie będą wyrobione z warstw głębszych łomu, a nie z warstw skrajnych, które zazwyczaj mniej lub więcej są nadwietrzale; że kamienie dostawione będą w stanie suchym, bez wilgoci skalnej; że kamienie będą miały odpowiednią wytrzymałość na ściskanie, którą należy oznaczyć wyraźnie w *kg* na *cm*², albo też w pudach na cal kwadratowy. — Jeżeli umowa odnosi się do dostawy kamieni łamanych do murów, to nadto zastrzedz należy: że kamienie będą łożyskowe, t. j. że dwie powierzchnie każdego kamienia będą płaskie i do siebie równoległe, tak ażeby kamień mógł być założony w mur bez poprzedniego przyciosywania, przez co oszczędza się na robociznie i zaprawie i osiąga się większą wytrzymałość muru; a także, że przynajmniej jedna główka kamienia będzie

prostopadłą do dwóch łożysk i wreszcie, że wielkości kamieni i ich wysokości będą w przybliżeniu jednakowe.

Cena ciosów, zwłaszcza z granitu, marmuru i piaskowca, oznacza się od metra sześciennego lub stopy sześcienniej; cena stopni schodów oznacza się na metr bieżący lub stopę bieżącą; płyt — na metr kwadr., stopę kwadr., albo od sztuki; gzymsów i balustrad — na metr bież. lub stopę bież.; innych wyrobów kamiennych — od sztuki. Lupek do krycia dachów sprzedaje się zazwyczaj na centnary, przyczem wymiary płytek w różnych łomach są rozmaite.

Kamienie łamane i kamienie polne dostawiane są z ułożeniem w przyzmy, przyczem cena oznacza się od metra sześciennego lub sażenia sześciennego objętości przyzmy. Że jednak kamieni takich nie można układać bez przestrzeni pustych wewnątrz, przeto często zastrzega się, że przy obliczaniu ceny od wymiarów długości, szerokości i wysokości przyzmy potrąci się po 2" do 2½". Sposób ten jednak jest bardzo niedogodny, gdyż trudno jest oznaczyć odpowiednie potrącenia dla przyzm różnych objętości, a przytem dostawca, widząc w potrąceniach tych swoją stratę, stara się tem mniej szczerze układać kamienie. Dogodniejszym jest zastrzedz w umowie, że układanie kamieni w przyzmy, uskutecznione będzie przez robotników odbiorcy, poczem objętość przyzm oblicza się bez żadnych potrąceń. — Niekiedy wreszcie cena takich kamieni, jeżeli są przeznaczone do murów, oznaczana jest od jednostki objętości muru, przyczem na jednostkę objętości muru liczy się 1,25 jednostek objętości kamienia. Ten sposób jest jednak dogodnym tylko wtedy, gdy majster mularski przyjmuje robotę wraz z dostawą kamieni i gdy kamienie sam dowozi z łomu na miejsce budowy.

Dowóz kamieni na miejsce budowy uskutecznia się w furmankach, najlepiej dwukonnych; przyczem na jedną furmankę dwukonną liczy się przy odległościach niezbyt wielkich, na drogach szabrowanych około $\frac{3}{4} m^3 = 0,08$ saż. sześć.; na drogach nieszabrowanych zaś — połowę tej ilości.

Co się tyczy wielkości kamieni łamanych do murów, to wymiary kamieni mniejszych winny wynosić około 15" — 16" długości i szerokości przy 8" — 9" wysokości; kamienie największe zaś nie powinny mieć więcej aniżeli 5 do 6 stóp sześć. objętości, tak, ażeby każdy kamień mógł być przenoszony i zakładany w mur przez dwóch robotników, bez użycia w tym celu oddzielnych przyrządów.

Tę samą okoliczność należy uwzględnić przy oznaczaniu wymiarów ciosów, mających się zakładać w mur ręcznie.

2) Zastosowania kamieni rodzimych. Ważniejsze zastosowania kamieni rodzimych w budownictwie wskazane są już powyżej przy opisie gatunków tych kamieni. Tu zaznaczymy, że niektóre kamienie, nieodpowiednie do murów nadziemnych, można brać jednak na mury podziemne, fundamentowe i piwniczne.

Mury cienkie, do 20" = 0,5 m grubości, zwłaszcza gdy wysokość ich jest większą aniżeli 4 stopy, lepiej jest wznosić z cegły, aniżeli z całkiem nieregularnych kamieni łamanych, gdyż kamienie takie w murach cienkich nie dają dobrego wiązania, a nadto zwykły wymiar tych kamieni, wynoszący około 15" nie nadaje się do murów cienkich.

Mury nadziemne z kamieni łamanych, ścisłych, np. granitowych, jak to już powyżej zaznaczyliśmy, są wilgotne i zimne, a przytem na kamieniach takich wyprawy (tynki) od zewnątrz wcale się nie trzymają, od wewnątrz zaś trzymają się słabo. W okolicach jednak, w których kamienie te znajdują się obficie, używane są często do wznoszenia kościołów, domów mieszkalnych i innych, przyczem w celu możebnego zabezpieczenia pomieszczeń od zimna i wilgoci, powierzchnie wewnętrzne murów wykładane są materiałem, który wilgoci nie przyciąga. Najlepiej osiąga się ten cel, wykładając powierzchnie wewnętrzne murów cegłą średnio wypaloną, na dobrej zaprawie wapiennej pod tynk. W ścianach zewnętrznych takich murów, należy spoiny starannie wypełnić mniejszemi kamykami i następnie do równa zafugować zaprawą. — Przy budynkach drugorzędnego znaczenia, jak np. przy stajniach, zabudowaniach gospodarczych i t. p., ostrożności te nie są ściśle przestrzegane.

Kamienie o kształtach złożonych, jak głowice kolumn, ozdoby i t. p., przy podnoszeniu na rusztowania mogą łatwo uleść uszkodzeniu. Z tego powodu w starożytności kamienie takie zakładano w stanie obrobionym tylko z gruba, a następnie dopiero wykończano na miejscu robotą rzeźbiarską. Tak samo postępują niekiedy i w czasach obecnych, zwłaszcza gdy zależy na przedsem ukończeniu i oddaniu do użytku budowli i gdy kamień nie jest zbyt twardy. Ten sposób jednak przedstawia tę niedogodność, że zwiększa koszt dowozu kamieni na miejsce budowy, a to z powodu, że ciężar kamieni obrobionych tylko z gruba jest znacznie większy aniżeli wykończonych; przytem wykończanie kamieni robotą rzeźbiarską po ich osadzeniu, przedstawia zawsze pewne trudności. To też najczęściej kamienie takie dostawiane są na miejsce budowy już w stanie całkiem wykończonym, a dla zabezpieczenia ich od uszkodzeń zalewane są gipsem, który następnie po założeniu kamienia winien być starannie dłutem usunięty.

ROZDZIAŁ II.

Kamienie sztuczne palone.

(WYROBY CERAMICZNE).

Kamienie rodzime nie znajdują się wszędzie i często muszą być dowożone z okolic oddalonych; przyczem koszty przewozu, oraz stosunkowo wysokie koszty wydobywania i obrabiania, wpływają znacznie na powiększenie ceny takich kamieni. Wobec tego już od najdawniejszej starożytności odczuwano potrzebę wyrabiania kamieni sztucznych, które mogłyby zastąpić kamienie rodzime.

Kamienie sztuczne odznaczają się głównie następującymi zaletami: a) mogą być wyrabiane z materiałów znajdujących się niemal w każdej okolicy, wskutek czego nie zachodzi potrzeba przewożenia ich na znacznieszą odległość; b) przy wyrabianiu znacznych ilości koszty fabrykacyi są stosunkowo małe, wskutek czego kamienie sztuczne są najczęściej stosunkowo tańsze od rodzimych; c) można im nadawać takie własności, jakie dla danego celu są pożądane, tak np. można wyrabiać kamienie sztuczne ogniotrwałe, oddające takie same usługi, jak także kamienie rodzime, rzadko w przyrodzie napotykanne; d) bez znacznego zwiększenia kosztu fabrykacyi, można im nadawać kształty dowolne, tak np. można wyrabiać kamienie dziurowane albo puste, a także kamienie profilowane i modelowe na gzymsy, głowice kolumn, ozdoby architektoniczne i t. p.; e) można je wyrabiać w wymiarach jednakowych, ściśle zastosowanych do wymagań dobrego wiązania w murach.

Kamienie budowlane sztuczne mogą być *palone* albo *niepalone*. W rozdziale niniejszym mówić będziemy tylko o *kamieniach sztucznych palonych*; kamienie sztuczne niepalone stanowią przedmiot rozdziału IV działu niniejszego.

Najodpowiedniejszym materiałem do wypalania kamieni sztucznych są różne odmiany gliny. I rzeczywiście, glina, z powodu szczęśliwego zespolenia się w niej wyjątkowych własności, nie może być w tym względzie zastąpiona przez żaden inny materiał naturalny ani sztuczny. Glina albowiem, dzięki plastyczności, przyjmuje wszelkie dowolne kształty i nie zmienia ich następnie, a po wyschnięciu i wypaleniu ma dostateczną wytrzymałość, przyczem zachowuje

porowatość, tak cenna, ze względów zdrowotnych (hygienicznych) (por. str. 169 i 170). Nadto, glina napotyka się niemal wszędzie, gdzie są warunki niezbędne dla powstawania stałych siedzib ludzkich. — To też wypalanie kamieni sztucznych z gliny jest jedną z najdawniejszych gałęzi przemysłu wielkiego.

Wyrabianie przedmiotów plastycznych z gliny i wypalanie ich stanowi przedmiot licznych gałęzi przemysłu, które objęte są nazwą ogólną *przemysłu ceramicznego* albo *ceramiki* (fr. *céramique*; n. *Keramik*).

Ceramika zalicza się do przemysłów chemicznych, a jej obecny rozwój opiera się przede wszystkim na wynikach badań naukowych ostatnich dziesiątków lat. Epoki rozkwitu swego, przed wiekami, ceramika zawdzięczała głównie intuicji wynalazczej jednostek, oraz mozolnym doświadczeniom porównawczym i próbom, wykonywanym wytrwale lecz niemal po omacku. W takich warunkach dobroć wyrobów ceramicznych zależną była nie tylko od szczęśliwego składu pokładów gliny w danej miejscowości i od zręczności robotnika, lecz także od pewnych sposobów postępowania, które zazwyczaj były tajemnicą ich wynalazców. Obecnie, dzięki zdobyciom naukowym na tem polu i zastosowaniu pomysłowych przyrządów i maszyn, dobroć wyrobów ceramicznych jest mniej aniżeli dawniej zależną od własności gliny i zręczności robotnika, a to co było tajemnicą jednostek, stało się przystępnem dla ogółu.

Wyroby ceramiczne obejmują dwie grupy:

1) Wyroby porowate. Wyroby te są o tyle słabo wypalone, że masa ich nie jest zeszlona; odłam mają ziemisty; gdy nie mają polewy, pochłaniają wodę. Tu należą:

- a) wyroby ceglarskie;
- b) wyroby garncarskie i terrakotowe (figury, ozdoby z gliny palonej);
- c) fajanse z polewą nieprzezroczystą, majolika;
- d) fajanse lepsze z polewą przezroczystą.

2) Wyroby ściśle. Wyroby te są o tyle mocno wypalone, że masa ich jest przynajmniej na wpół zeszlona, spieczona, albo też całkiem stopioną; odłam mają szklisty; wody nie przepuszczają; uderzane stalą wydają iskry. Tu należą:

- e) kamionka (kamionka zwykła, wedgewood, kamionka niepolewana, kamionka porcelanowata angielska z polewą);
- f) porcelana miękka;
- g) porcelana twarda czyli porcelana właściwa.

Nie wszystkie te wyroby są materiałami budowlanymi. Głównie służą za materiały budowlane tylko *wyroby ceglarskie*, do których zaliczamy: cegłę zwykłą wszelkich kształtów, klinkry, dachówki i rury palone z gliny zwyczajnej. Obok tych materiałów ceramicznych używane są jeszcze w budownictwie garnki do sklepień, ozdoby z terrakoty, kafle z fajansu zwyczajnego, płyty posadzkowe z majoliki i różne wyroby, a głównie rury, z kamionki. — Materiały budowlane ceramiczne dzielimy zatem na dwie grupy:

I) Wyroby ceglarskie.

II) Wyroby garncarskie, terrakotowe, fajansowe, majolikowe i kamionkowe.

Wyroby grupy pierwszej mogą być wypalane w piecach cegielni zwykłej; wyroby grupy drugiej zaś nie są wyrabiane w zwykłych cegielniach i stanowią przedmiot oddzielnych gałęzi przemysłu.

I. Wyroby ceglarskie.

Najprostszym i pozornie najsurowszym lecz ze względu na zastosowania w budownictwie najważniejszym wyrobem ceramicznym jest *cegła*.

Cegła (fr. brique; n. Ziegel) jest kamieniem sztucznym wyrabianym z gliny, która w tym celu, po zmieszaniu z wodą, a w razie potrzeby i z piaskiem, urabiana jest w pewne kształty, suszona na powietrzu i wypalana w piecu.

Dobra cegła odznacza się jako materiał budowlany licznymi zaletami: jest lekką i wskutek tego daje się z łatwością przewozić z miejsca na miejsce i podnosić na znaczne wysokości; łączy się doskonale z zaprawami; jest dostatecznie wytrzymałą i trwałą, a przytem zazwyczaj znacznie tańszą od kamienia naturalnego; w razie potrzeby może być bez trudności przyciosywana na miejscu budowy; wreszcie, jako porowata, jest złym przewodnikiem ciepła i wskutek tego stanowi niemal niezbędny materiał dla domów mieszkalnych w klimacie chłodnym.

Wyrób cegły sięga najdawniejszej starożytności. Kolebką tej gałęzi przemysłu były kraje Azji, a zwłaszcza Chiny, Japonia i Indie Wschodnie; najdawniejsze jednak zabytki budowlane z cegły znajdują się w Egipcie, gdzie przemysł ceglarski i sztuka budowania z cegły doszły do wysokiego stopnia rozwoju, jak to widać z niektórych starożytnych piramid, wzniesionych wyłącznie z cegły, oraz ze szczątków dawniejszej jeszcze świątyni Belusa, wzniesionej temu 12000 lat, a która miała jakoby około 200 m wysokości i otoczona była murem 8 mil długim. W Egipcie wyrabiane też były cegły kliniaste, które służyły do przesklepienia pól w posadzkach z belek kamiennych. Te posadzki są najdawniejszym zabytkiem konstrukcji sklepień i odnoszą się do epoki od 3000 do 2000 r. przed N. Chr. W Egipcie były w użyciu jednak głównie cegły surowe, gdyż cegły takie, suszone w gorącym słońcu południowym, mało różniły się od cegły palonej. Niekiedy mury z cegły surowej licowano cegłą paloną.

Cegła palona znajduje następnie zastosowanie w ogromnych ilościach przy wznoszeniu wspaniałych budowli Babilonu i Niniwy. W Niniwie znaną już była nawet sztuka emaliowania wyrobów z cegły palonej. Sztuka ta uprawiana była potem i w innych miejscowościach i doszła do wysokiego stopnia rozwoju, jak to widać z przechowanych po dziś dzień okazów t. zw. *płyt perskich*, które wyrabiane były głównie w mieście Brussa, zbudowanym przez Hannibala.

Wobec tego późniejsze wieki korzystały już ze zdobyczy przemysłu ceglarskiego. Dzięki temu w Grecyi i Rzymie powstają liczne budowle z cegły. W Rzymie najdawniejsze tego rodzaju budowle powstały dopiero w epoce cesarstwa, a najwspanialszym ich zabytkiem jest słynny wodociąg zbudowany przez Nerona. W Rzymie znane były cegły szczególnie lekkie, wyrabiane w miastach hiszpańskich Calentum i Maxilia, oraz w Malej Azji w m. Pitania; cegły te po wyschnięciu pływały w wodzie (p. str. 132). Cegły takie mogą być i obecnie wyrabiane przy użyciu martwicy krzemionkowej (okrzemkówki); tak np. z martwicy krzemionkowej, znajdującej się w okolicach miasta Sienny we Włoszech, zwanej tam *mąką górską (kopalną)*, można wyrabiać cegłę tak lekką, że po wypaleniu pływa w wodzie, dopóki wodą się nie nasyci.

W Grecyi obok przemysłu ceglarskiego rozwinął się przemysł terrakotowy. Przechowane do dziś dnia liczne okazy tego przemysłu, a zwłaszcza wazy, posążki, ample i różne naczynia, wyrabiane były w Koryncie i Atenach. Wyroby te odznaczają się doskonałym wykończeniem technicznym, niewyczerpanem niemal bogactwem kształtów, a przytem świadczą o wysoko rozwiniętym poczuciu estetycznym.

Z Rzymu budownictwo ceglane rozprzestrzeniło się na całe Włochy, Galię, Hiszpanię, Brytanię, część Niemiec i na prowincje rzymskie w Afryce. W Polsce użycie cegły rozpowszechniło się w XI stul. Dalszy rozwój budowlany z cegły daje się spostrzegać do końca XIII stul., przy czem na Zachodzie ze szczególnym zamiłowaniem stosowane były cegły polewane i zabarwione.— Od początku XIV stul. przemysł ceglarski w Europie coraz bardziej podupada; budowle nietykowane coraz rzadziej są wznoszone: a w XVII stul. widzimy przemysł ceglarski w stanie zupełnego

upadku. Dopiero dzięki zdobyczom technicznym ostatnich dziesiątków lat, przemysł ceglarski odrodził się i wstąpił na nowe tory.

Obecnie większa część budowli na ziemi wznoszona jest z cegły i we wszystkich niemal krajach wyrabiana jest cegła w ilościach olbrzymich. Nawet w okolicach, w których znajduje się obficie kamień rodzimy, oddaje się zazwyczaj pierwszeństwo cegle, gdyż wznoszenie domów z cegły jest łatwiejszem i mniej kosztownem aniżeli z ciosów, a przytem pomieszczenia w domach mieszkalnych i stajniach, otoczone murami z cegły, są suche i ciepłe.

W takim stanie rzeczy, niezbędnym warunkiem istnienia i rozwoju przemysłu ceglarskiego, jest możebne zmniejszenie kosztów fabrykacji. Cel ten może być osiągnięty przez użycie do wyrabiania cegły tych materiałów surowych, które w danej miejscowości znajdują się obficie i przez zastosowanie takich sposobów fabrykacji, które dają możność wyrabiania wielkich ilości, możebnie tanio. Stosuje się to do fabrykacji nie tylko cegły zwyczajnej, lecz także cegły lepszej, licowej, oraz ozdób architektonicznych z cegły palonej. We wszystkich tych wypadkach zachodzi potrzeba przerabiania większych ilości gliny; przyczem cena i dobroć wyrobów zależne są nie tylko od własności gliny, lecz także od sposobów jej przygotowywania i wypalania.

A) Głina do wyrobów ceglarskich.

1. Własności gliny używanej do wyrobów ceglarskich.

We wszystkich niemal krajach znajdują się pokłady rozległe glin, które są odpowiednie dla wyrobów ceglarskich, o ile nie zawierają zbyt wiele piasku ani części marglistych. Głina zbyt tłusta jest nieodpowiednią do wyrobu cegły, gdyż podczas wysychania pęka się i pęka; glina zbyt chuda jest również nieodpowiednia, gdyż daje cegłę kruchą. Najodpowiedniejszymi do wyrobu cegły są gliny średnie, stanowiące przejście od glin tłustych do glin chudych.

Glinybrane do wyrobów ceglarskich są najczęściej więcej lub mniej zbliżone do glin plastycznych zanieczyszczonych; bezpośrednio po wydobyciu są mało ciągliwe i trudno dają się urabiać w kształty odpowiednie, przytem zawierają liczne przymieszki ciał obcych, a między innymi korzonki roślin, ziarna żwiru i t. p., wskutek czego muszą być przerabiane w celu oczyszczenia i przygotowania ich do użytku. Najczęściej pokłady tych glin należą do formacji nowszych, czwartorzędowych i trzeciorzędowych (p. str. 137). Do czwartorzędowych nowszych zaliczają się gliny łąkowe, wolne od przymieszek grubszych piasku i żwiru, tłuste i ciągliwe, oblitujące w żelazo, lecz niekiedy, z powodu zawartości marglu i okrzemkówki, odpowiednie do wyrobu cementu, aniżeli cegły. Gliny form. czwartorzędowych dawniejszych występują w pokładach grubych, zawierają więcej piasku, żwiru, gruzolków (bulw) wapiennych i pyłu mineralnego, są trudniejsze do urabiania. Najlepsze gliny ceglarskie napotyka się w pokładach form. trzeciorzędowych, do których należy tegel z okolic Wiednia, oraz gliny węgla brunatnego w zagłębiach Saksonii i Ślązka. Gliny te w porównaniu z glinami nowszymi odznaczają się większą czystością, tłustością i ogniotrwałością.

Gliny używane do wyrobów ceglarskich zawierają niemal zawsze, w rozmaitych ilościach stosunkowych, piasek, tlenek żelaza lub też wodan tlenniku żel-

laza, oraz wodę, a nadto węglan wapnia, gips, magnez, sól i potas, mangan, bitymy i wanad. Nadto napotyka się w takich glinach szczątki roślin i zwierząt, kamyki, żwiry, a także sól kuchenna, saletra, iskrzyk i t. p.

Część substancji gliniastej związana jest chemicznie z krzemionką. Niezależnie od tego znajduje się krzemionka w postaci mialkiej mąki kwarcowej lub krzemionkowej, tak ściśle połączonej z substancją gliniastą, że może być oddzielona tylko przez gotowanie w ługu sodowym i potasowym; gdy tymczasem inne części krzemionkowe, zwłaszcza piasek kwarcowy i t. p., mogą być oddzielone już przez proste pławienie (szlamowanie).

W ogóle przymieszki nie są szkodliwe, jeżeli nie znajdują się w ilościach zbyt znacznych i jeżeli są mialkie i równomiernie rozdzielone w masie. Niekiedy zanieczyszczenia takie mogą nawet być korzystnymi.

Tlenek żelaza i woda tlenku żelaza mogą być albo związane chemicznie, albo też stanowić tylko przymieszkę mechaniczną do gliny. Obecność tych związków tlenowych żelaza, ułatwia łączenie się krzemionki z substancją gliniastą i wapnem i wskutek tego umożliwia wypalanie cegły w temperaturach stosunkowo niskich. Przytem wyroby z gliny zawierającej związki tlenowe żelaza w ilości niewielkiej odznaczają się znaczną twardością i wytrzymałością, a przy uderzaniu wydają dźwięk donośny i czysty.

Węglan wapnia występuje w glinach albo w postaci malki albo też w postaci większych gruzolków i ziarn żwirowych. W pierwszym wypadku niewielka przymieszka węglanu wapnia jest zawsze korzystną, gdyż działa on jako topnik, wskutek czego cegła, wypalona z gliny zawierającej węglan wapnia mialki i równomiernie rozdzielony, jest więcej lub mniej zeszkłona i odznacza się znaczną wytrzymałością. Gлина zawierająca węglan wapnia mialki w ilości 15—20% jest wybornym materiałem do wyrobu cegły wodotrwałej. Skoro zaś zawartość takiego węglanu wapnia przekracza 25%, to gлина staje się nieodpowiednią na wyroby ceglarskie, gdyż przy wypalaniu może utworzyć się wapno gryzące, które następnie przekształcając się w wodan wapnia, powoduje rozpadanie się cegły (*). Gлина zawierająca węglan wapnia w postaci gruzolków lub ziarn żwirowych jest najczęściej nieodpowiednią do wyrobu cegły. Podczas palenia bowiem węglan wapnia przechodzi w wapno gryzące, które następnie pochłaniając wodę, tworzy wodan wapnia, a zwiększając przytem swą objętość, rozsadza cegłę. Szczególnie szkodliwymi są gruzolki wapna w dachówkach.— Takie same skutki ujawniają się w glinie zawierającej większe kawałki gipsu; podczas wypalania bowiem gips traci wodę związkową, następnie jednak na powietrzu wchłania chemicznie wilgoć, a zwiększając przytem swą objętość, rozsadza cegłę. Z tego powodu cegły z gliny zawierającej gips należy tak mocno wypalać, ażeby kwas siarczany się wydzielił.

Zawartość magnezu w glinie nie jest szkodliwą. Magnez nadaje glinie wygląd tłustawy, a przytem zwiększa jej topliwość w temperaturach wysokich. Przy

(*) Prof. Tetmajer na podstawie doświadczeń sądzi, że nawet przy znacznie większej zawartości wapna mialkiego i równomiernie rozdzielonego, gлина jest przydatną do wyrobu cegły wodotrwałej.

wypalaniu w temperaturach niższych może się jednak utworzyć siarczan magnezu, z którego łatwo powstają wykwitki, niszczące powierzchnię cegły. — Tak samo zachowują się sól i potas, które również zwiększają topliwosć gliny; gdy jednak utworzą się siarczany sodu i potasu, to mogą one spowodować powstanie wykwitów szkodliwych dla trwałości cegły.

Bitumy nadają glinie surowej zabarwienie ciemne; podczas palenia zaś całkowicie się rozkładają.

Tlenek manganu występuje w glinach tylko w ilości nieznacznej, wraz z tlenkiem żelaza. — Wanad znajduje się często w glinach węgla brunatnego.

Iskrzyk, znajdujący się w glinie, wywiera zawsze wpływ szkodliwy, gdyż po wypaleniu, pod działaniem powietrza, przekształca się na siarczan żelaza (witryol zielony), który łatwo tworzy wykwitki na powierzchni murów, przyczem cegła staje się kruchą i wilgotną, tak, że narożniki i cząstki przy krawędziach odpadają, a na powierzchni muru pojawiają się plamy wilgotne.

Kamyki większe, znajdujące się w glinie, są zawsze szkodliwe, gdyż w ogniu silnie się rozprzestrzeniają, a podczas ochładzania kureją się powolniej aniżeli glina palona, wskutek czego mogą w wyrobie powstać rysy włoskowate. Kamyki małe są mniej szkodliwe, lecz i takie kamyki utrudniają prawidłowe przyciosywanie cegły przez mularza.

Gliny szare, brunatne, niemal czarne, są najczęściej zabarwione przez ciała organiczne: węgiel i próchnicę. Te przymieszki nie są jednak szkodliwe, gdyż ciała organiczne w piecu spalają się, poczem cegła przyjmuje takie zabarwienie, jakie miała by bez tych zanieczyszczeń. Jeżeli zabarwienie szare, brunatne lub czarne jest bardzo silne, to wyrób po wypaleniu bywa porowaty i lekki, co ze względu na pewne zastosowania cegły, może być niekiedy nawet pożądanem. Jeżeli jednak w glinie znajdują się szczątki większe zwierząt i roślin: korzenie, muszle, i t. p., to wyroby po wypaleniu, mają zagłębienia i jamy, które szpecą wyrób i zmniejszają jego wytrzymałość. Korzonki większe roślin i t. p. utrudniają nadto urabianie gliny.

Jeżeli w glinie znajdują się sole rozpuszczalne w wodzie: alun, saletra, soda, potaż i t. p., to zazwyczaj już podczas wysychania tworzą się na powierzchni wyrobu wykwitki solne.

Ponieważ własności gliny są zależne od gatunku i ilości stosunkowej jej składników, przeto w celu orzeczenia czy dana glina jest odpowiednią na wyroby ceglarskie, należy poddać ją rozbiorem chemicznym i mechanicznym. Zazwyczaj jednak przemysłowcy ograniczają się na wyrobieniu z danej gliny pewnej ilości cegły, sposobem próby, poczem z gatunku wyrobu wnoszą o własnościach gliny. Niekiedy okazuje się przytem, że glina jest nieodpowiednią na wyroby ceglarskie, z powodu, że w jednych warstwach jest zbyt tłustą, w innych — zbyt chudą. Niedogodność tę można jednak łatwo usunąć przez zmieszanie gliny chudej z tłustą, w stosunku odpowiednim, zbadanym doświadczalnie.

2. Wydobywanie i przygotowywanie gliny.

1) *Wydobywanie gliny* (fr. extraction de la terre; n. Gewinnung der Ziegel-erde). Gliny znajdujące się w przyrodzie rzadko są odpowiednie na wyroby

ceglarskie; najczęściej zachodzi potrzeba poprzedniego przygotowania danej gliny, a to głównie w celu oczyszczenia i nadania jej dostatecznej plastyczności.

Wydobywanie gliny polega na ukopaniu jej z pokładów, znajdujących się na powierzchni ziemi; rzadziej znacznie zyskuje się glina robotą górniczą, podziemną. Do kopania gliny używa się łopat i oskardów; w czasach nowszych stosowano niejednokrotnie do rozsadzania gliny oporniejszej lub wydobywanej w znacznych ilościach środki wybuchowe o łagodnym działaniu (*dualin*). Glinę ukopaną przewozi się na miejsce formowania w taczkach lub wózkach; w zakładach większych zaś do przewozu gliny służą kolejki robocze wąskotorowe, na których ruch odbywa się kołmi, rzadziej koleje z ruchem parowozowym. W okolicach, w których warunki miejscowe nie pozwalają na ułożenie toru, przewóz gliny uskutecznia się za pomocą kolei linowej, nadpowietrznej.

2) Szychtownie i przewietrzanie (gnojenie). Glinę wykopać należy na rok przed jej użyciem. Po dowiezieniu układa się ją w kupy, co stanowi t. zw. *szychtownie gliny* (fr. tassement; n. Aufschichtung). Kupy te pozostawia się na powietrzu przez jesień i zimę do początku wiosny, przyczem wody deszczowe unoszą części rozpuszczalne w wodzie, a pod wpływem powietrza, wody, zwłaszcza zaś mrozu, części zbite gliny rozluźniają się, glina staje się pulchną i traci złożenie łupkowe. Nadto przez układanie w kupy, części gliny, pochodzące z różnych warstw, mieszają się z sobą, przez co masa staje się jednorodniejszą. Można też każdą kupę kilkakrotnie przerzucać, a to w celu, ażeby u spodu leżącą glinę również wystawić na działanie wpływów atmosferycznych. Im dłużej glina może leżeć w ten sposób na powietrzu, tem masa jest później jednorodniejszą i łatwiejszą do urabiania. To wystawianie gliny na działanie wpływów atmosferycznych stanowi t. zw. *przewietrzanie* czyli *gnojenie* gliny (n. Auswitterung, Mauken). — Türschmidt sądzi, że przewietrzanie w porze letniej może być nawet korzystniejszym aniżeli w porze zimowej, a to z powodu, że glina na słońcu wysuszona i zlaną następnie wodą, pochłania wodę tak chętnie, iż przez to traci zupełnie pierwotną swą postać i przekształca się na masę całkiem jednorodną.

3) Rozmiękczenie i ustalanie stopnia plastyczności. Po przewietrzeniu, glina wkłada się w *doly* (n. Thonstümpfe) i polewa się stopniowo taką ilością wody, jaka jest potrzebna dla nadania jej odpowiedniej plastyczności. Czynność ta nazywa się *rozmiękczeniem (dołowaniem)* (fr. détremper; n. Einsumpfen). Wielkość dołów jest zależną od ilości gliny; zazwyczaj doly te mają po 2,5 m dług., 2 m szer. i 2 m głęb. Niekiedy w dołach tych urządza się skrzynie z desek dębowych, 2" grubych, z podłogą, albo też skrzynie murowane z cegły palonej z posadzką. W skrzyniach pozostawia się glinę przez dwa lub więcej dni; im dłużej glina rozmiękcza się w skrzyniach, tem masa później jest jednorodniejszą. Do rozmiękczenia gliny brana być winna woda miękka, najlepiej deszczowa. Przy rozmiękczeniu gliny najważniejszym zadaniem jest nadanie jej odpowiedniej plastyczności. — W przyrodzie rzadko znajdują się gliny nie za tłuste i nie za chude do wyrobów ceglarskich; zazwyczaj zachodzi potrzeba dodania do gliny pewnych przymieszek w celu zwiększenia lub zmniejszenia jej plastyczności. Gdy glina jest za chuda, najlepiej jest zmieszać ją z odpowiednią ilością gliny tłustej, o ile glina tłusta w pobliżu się znajduje. Jeżeli zaś glina jest za tłusta, to można zmniejszyć jej plastyczność,

przez dodanie pewnej ilości piasku kwarcowego. Zbyt wielka plastyczność bowiem jest szkodliwą, gdyż powoduje nierównomierne kureczenie się gliny, wskutek czego wyroby pęczą się i pękają zazwyczaj już podczas wysychania, a w wyższym stopniu jeszcze podczas wypalania. Przez dodanie piasku kwarcowego, lub innego ciała nieplastycznego i nie tracącego wody podczas wysychania, cząstki gliny zostają rozdzielone i w masie tworzą się pory, ułatwiające ulatnianie się wody, przez co kureczenie gliny staje się równomierniejszem. Zamiast piasku kwarcowego można dodać do gliny zbyt tłustej także piasek gliniasty, albo miał węgla kamiennego, albo wreszcie żużel mialki. Jeżeli z danej gliny zbyt tłustej mają być wyrobione cegły lekkie, to zamiast piasku dodawane są opilki drewniane; gdy zaś taka glina ma służyć do wyrobu cegły ogniotrwałej lub innych przedmiotów ogniotrwałych, zamiast piasku dodawana jest *szamota (piecka)*, miał z gliny palonej, np. cegła tłuczona i t. p. Ilość piasku, lub innych domieszek, oznacza się na podstawie prób. Piasek wapienny jest całkiem nieodpowiednim na domieszkę do gliny.

4) Przerabianie (wygniatanie). Po rozmięczeniu następuje *przerabianie* czyli *wygniatanie* (fr. foulage, corroyage; n. Durchkneten) gliny, przez *wydeptywanie (tratowanie)* (fr. corroyage par le marchage, piétinement; n. Durchtreten) nogami lub też za pomocą umyślnie w tym celu obmyślonych przyrządów. Wydeptywanie skuteczniejszą się na pokładach drewnianych zwanych *tratami* (n. Tretplätze, Lehmtrete), 5 — 6 m dług. i 3 — 4 m szer., otoczonych ścianką pionową z desek. Pokłady te znajdują się zazwyczaj w suszarni i dla tego korzystnym jest urządzenie dolów do rozmięczenia w pobliżu suszarni. Przy wydeptywaniu głównie baczycy należy, ażeby glina udeptywana była w warstwy dostatecznie cienkie, przyczem wszelkie przymieszki twarde, kamyki, korzenie, gruzolki wapienne i t. p., należy wyrzucać. — Obecnie czynność ta, zarówno w większych, jak w mniejszych cegielniach, wykonywana jest za pomocą oddzielnych przyrządów; wydeptywanie nogami ma jednak tę wyższość, że grubsze zanieczyszczenia, kamyki, korzenie i t. p., łatwiej można odnaleźć i usunąć. Mniej korzystnym jest wydeptywanie gliny przez zwierzęta. Niekiedy, choć obecnie już rzadziej, wygniatane są gliny za pomocą drągów żelaznych, albo też za pomocą przeciskania przez siła, wreszcie za pomocą wozów obciążonych, o kołach z szerokimi obrzeżami i t. p.

5) Mieszarki. Przyrządy służące do wygniatania gliny, zwane *mieszarkami* (fr. malaxeurs; n. Thonknetemaschinen) bywają rozmaitych typów, zależnie od gatunku gliny mającej się przerobić. Najbardziej rozpowszechnione w użyciu są *mieszarki nożowe*, *mieszarki walcowe* i *mieszarki złożone*.

a) *Mieszarki nożowe* (fr. broyeurs, tonneaux corroyeurs, tailleuses; n. Thonschneider), zwane także *glinokrajacami* albo *krajnicami gliny*, składają się głównie z naczynia drewnianego lub żelaznego, kształtu walca lub stożka ściętego, o średnicy 40 do 80 cm, ustawionego pionowo, w którym osadzona jest oś ruchoma pionowa. Na osi osadzone są skośnie noże spiralne z żelaza kutego, które sięgają aż blisko do ścian naczynia i podczas obracania osi, mijają się z kołcami żelaznymi, osadzołymi w tych ścianach. Zamiast noży znajdują się też niekiedy łopatki śrubowe z żelaza lanego. Gлина wkłada się w naczynie przez otwór górny, oś wprawia się w ruch siłą koni lub siłą pary. Masa przerabia się w takich przyrządach bardzo równomiernie, poczem wychodzi przez otwór w dnie lub w ścianie boeznej. Jeżeli jednokrotne przerobienie okazałoby się niewystarczającym, to tę samą glinę należy przerobić ponownie w tej samej lub w innej mieszarce. Przyrządy te okazały się w zastosowaniu bardzo korzyst

nemi, zwłaszcza dla masy rozmięzionej poprzednio równomiernie i wskutek tego nie zawierającej większych przymieszek twardych. Mieszarki nożowe wyrabiane są w licznych odmianach, z których najwięcej poszukiwane są mieszarki: Schliekeysen'a w Berlinie, Schlüter'a i Maybaum'a w Berlinie, Braci Sachsenburg w Rossla, Hertel'a w Nienburgu n. S., Röhrig'a i König'a w Sudenburgu. Odmianę stanowią glinokrajnie o naczyniu leżącym poziomo, przedstawiające tę dogodność, że nie potrzeba gliny podnosić wysoko. Takie glinokrajnie, dogodne głównie dla cegielni, obsługiwanych siłą pary, wyrabiane są przez Röhrig'a i König'a w Sudenburgu. Zaznaczyć przytem należy, że w wielu wypadkach, glina mająca się przerabiać w glinokrajniach, nie potrzebuje być poprzednio przewietrzaną, co przedstawia pewne dogodności nie tylko ze względu na oszczędność czasu, lecz także z powodu, że w cegielniach często trudno o miejsce dostateczne dla przewietrzania gliny w ilościach większych.

b) *Mieszarki walcowe* (fr. cylindres broyeurs; n. Walzwerke) używane są głównie do przerabiania gliny zawierającej liczne kamyki, przyczem kamyki te zostają zmiążdżone. W tym celu walec winny być tak blisko obok siebie osadzone, ażeby kamyki po zmiążdżeniu miały wielkość co najwyżej ziarn grochu. Korzystnem jest również, ażeby jeden wałek obracał się prędzej aniżeli drugi, gdyż w tym razie masa lepiej się rozciera. Walce, mają zazwyczaj 60—80 cm długości i 60—70 cm średnicy, wyrabiane są z żelaza lanego lub stali lanej, a osadzone są tak blisko siebie, że glina ugniatana jest w warstwy 2—3 mm grube. Niekiedy umieszczane są dwie mieszarki walcowe jedna nad drugą; korzystniejszym jednak jest umieszczać mieszarkę walcową bezpośrednio nad glinokrajnią. Mieszarki walcowe są wybornymi przyrządami do przerabiania gliny, o ile w glinie znajdują się tylko takie kamyki, które nie mają wpływu szkodliwego na wyrób, jak np. kwarc, żwiry i t. p. Skoro w glinie znajdują się kamienie wapienne, to przez zmiążdżenie stają się mniej szkodliwymi, co dla zwykłych wyrobów ceglarskich może okazać się wystarczającym. Jeżeli jednak glina przeznaczona jest na wyroby lepsze, to kamyki wapienne należy z niej usunąć.

c) *Mieszarki złożone* (n. combinirte Thonzubereitungsmaschinen) są to przyrządy opierające się na połączonym działaniu walców, noży, oraz sieci lub rusztów. Wyrabiane są w kilku odmianach, z których najwięcej zalecane są mieszarki L. Jordan'a w Darmstademie i H. Bolze'go i Sp. w Brunświku.

Jeżeli w glinie znajduje się bardzo wiele drobnych kamyków i korzonków, to nie można jej dostatecznie oczyścić ani przez wydeptywanie ani też przez mieszarki i w tym wypadku należy glinę oczyścić przez pławienie. Również gdy glina jest zbyt chuda, t. j. gdy zawiera zbyt wiele ziarn piasku, można usunąć nadmiar piasku tylko przez pławienie.

6) Pławienie (odplawianie) czyli *szlamowanie*. *Pławienie (odplawianie)* (fr. lavage; n. Schlämmen) polega na zarobieniu gliny taką ilością wody, ażeby otrzymać masę ciekłą, zawierającą tylko glinę i ciała w wodzie rozpuszczalne. W tym celu ustawia się przy dole zwykłą skrzynię wapienną, w której przed zasuwą umieszczona jest krata o otworach około 15 mm w kwadrat. W skrzyni tej zarabia się glinę odpowiednią ilością wody za pomocą narzędzi w rodzaju grabi i grabi, a po otworzeniu zasuwki spuszcza się glinę ciekłą do dołu, przyczem wszelkie większe kamienie, korzenie i t. p., pozostają w skrzyni. Czynność tę powtarza się aż do zupełnego napelnienia dołu gliną.

Używane też są do pławienia gliny różne więcej lub mniej złożone przyrządy. Najprostsze z nich składają się zazwyczaj z naczynia poziomego półcylindrycznego, zbiornika na glinę ciekłą i rynny łączącej naczynie ze zbiornikiem. W naczyniu zarabia się glinę wodą; w tym celu umieszczona jest w naczyniu oś ruchoma pozioma, do której przytwierdzone są spiralnie noże lub widły. Glina zarobiona splywa z naczynia przez rynnę do zbiornika. Rynna może być zwykła drewniana, a długość jej winna być tem większą, spadek zaś tem mniejszym, im pławienie ma być dokładniejszym. Zbiornikiem jest większa skrzynia drewniana, o głębokości około 60—90 cm. Pomiędzy otworem wypływowym w naczyniu a rynną,

umieszczone jest sito, dla powstrzymania wszelkich grubszych zanieczyszczeń. — Skoro masa w dole lub zbiorniku drewnianym osadzi się, to wodę nagromadzoną na jej powierzchni odlewa się, glinę zaś pozostawia się w dole lub zbiorniku drewnianym aż do czasu, gdy wskutek wysychania zgęstnieje o tyle, że stanie się plastyczną.

Jeżeli zachodzi potrzeba mieszania kilku gatunków glin, to najlepiej jest razem je splawiać do jednego zbiornika. W razie przeciwnym bowiem, a zwłaszcza gdy do gliny dodawane są ciała nieplastyczne, masa po plawieniu musi być raz jeszcze przerabiana w mieszarkach.

3. Formowanie (strychowanie).

Formowanie (fr. moulage; n. Formen, Streichen) może być ręczne lub maszynowe. — Gлина plawiona może być formowaną dopiero, gdy wskutek stężenia stanie się plastyczną.

Formowanie ręczne jest jeszcze obecnie powszechniejszem aniżeli maszynowe, zwłaszcza przy wyrobie cegły pełnej. Gлина przeznaczona do formowania, dowozi się na duże niskie stoły zwane *stolami strycharскими*. Do formowania służy t. zw. *forma* (fr. moule; n. Form), t. j. rama żelazna lub drewniana, okuta blachą żelazną. Formę tę, której kształt zastosowany jest do kształtu cegły, robotnik (strycharz) nurza w wodzie lub posypuje piaskiem; poczem wrzuca w formę silnie kawał gliny, którą ugniata ręcznie, tak, ażeby narożniki formy były dokładnie zapelnione; wreszcie wystającą glinę odcina deseczką drewnianą lub prętem mosiężnym. Uformowaną cegłę układa się na deseczce i przenosi do suszarni. — Gładsze powierzchnie i ostrzejsze krawędzie ma cegła, przy użyciu form stalowych, zwilgoconych olejem. — Niekiedy cegła po formowaniu, w stanie już na wpół suchym, bywa prasowaną w prasach ręcznych, a to dla otrzymania cegły o powierzchniach gładkich i krawędziach ostrych. Cegła prasowana jest rzeczywiście ściślejszą i ma wygląd piękniejszy, lecz korzyści te osiąga się zazwyczaj kosztem trwałości. Przy prasowaniu bowiem powstają często przy krawędziach rysy włoskowate, gdyż glina w tych miejscach, już na wpół wyschnięta, nie ma dostatecznej plastyczności. Rysy te nie dają się dostrzedz okiem nieuzbrojonym ani po wyschnięciu, ani nawet po wypaleniu cegły; niemniej jednak są one powodem, że cegła taka, podczas przyciosywania lub pod wpływem mrozu, kruszy się przy krawędziach i w narożnikach. To też prasowanie cegły po formowaniu jest niekorzystne; a dla otrzymania powierzchni gładkich, lepiej jest formować cegłę w formach zwilgoconych olejem.

Formowanie dachówek, a zwłaszcza zwykłych karpiówek, uskutecznia się również ręcznie, częściej jednak w prasach.

Maszyny do formowania cegły pełnej i pustej, cegły modelowej, dachówek różnych kształtów i rur, są bardzo liczne, a opis najważniejszych choćby typów przekraczał by zakres pracy niniejszej.

4. Suszenie.

Po formowaniu wyroby ceglarskie przenoszone są na miejsce, na którem mają być suszone. W celu *suszenia* (fr. sechage, dessication; n. Trocknen) wyroby układane są albo wprost na ziemi wyrównanej, ubitej i przykrytej war-

stwą piasku, albo też na pokładach drewnianych (*rusztowaniach*), przyczem dla zabezpieczenia wyrobów od szkodliwego wpływu gorąca i deszczu, przykrywa się je deskami. Lepsze zabezpieczenie stanowią szopy drewniane, najprostszej konstrukcyi, mające od 12 do 40 *m* dług. i nie więcej nad 12 *m* szer. przy 2½ *m* wysokości w świetle, przykryte dachami niskimi. Szopy te należy ustawiać tak, ażeby wiatry wschodnie i zachodnie miały przystęp bezpośredni do ścian podłużnych; ściany szczytowe winny więc być skierowane ku północy i południu. Dla regulowania przewiewu powietrza urządza się niekiedy w ścianach podłużnych klapy ruchome, otwierane na zewnątrz.

Dobroć późniejsza wyrobów zależy głównie od powolnego, równomiernego wysuszenia ich w cieniu. W starożytności suszono cegłę przez dwa lata; obecnie jednak zależnie od stanu pogody, temperatury powietrza, warunków przewietrzania i gatunku wyrobów, suszenie trwa od 14 do 30 dni.

Podczas wysychania część wody zawartej w glinie ulatnia się, co powoduje zmniejszenie się ciężaru przeciętnie o 33%; pozostała część wody ulatnia się dopiero podczas wypalania. —Nadto podczas wysychania, wyroby z gliny *kurczą się*, t. j. wymiary ich zmniejszają się. To zmniejszenie wynosi przeciętnie 1/13 wymiaru we wszystkich kierunkach. Wymiary form muszą więc być stosunkowo większe, aniżeli żądane wymiary ostateczne wyrobów po wyschnięciu i wypaleniu. Że jednak zmniejszenie się wymiarów bywa rozmaite w różnych gatunkach gliny, przeto wymiary form oznaczane być muszą na podstawie prób oddzielnie dla każdego gatunku cegły.

Suszenie wyrobów na powietrzu przedstawia tę niedogodność, że czyni przebieg fabrykacyi zależnym od stanu pogody i że jest możebnem tylko w porze letniej. Z tego powodu w niektórych większych cegielniach urządzone są suszarnie ogrzewane sztucznie. Suszarnie te są głównie dwóch typów: jedne ogrzewane są przez ciepło promieniące ze ścian pieca cegielni i w tym celu urządzone są bezpośrednio przy tymże piecu; drugie ogrzewane są niezależnie, przyczem ciepło doprowadzane jest najczęściej z zewnątrz przez kanały umieszczone pod posadzką. Suszarnie takie, jako kosztowne, oplacają się tylko w razach wyjątkowych, a urządzone są albo w celu umożliwienia wyrabiania cegły także w porze zimowej, albo też w celu suszenia wyrobów lepszych, tterakotowych.

5. Wypalanie.

Po suszeniu wyroby idą do pieca. Dobry piec do *wypalania* (fr. cuisson; n. Brennen) wyrobów ceglarskich winien zadość czynić następującym warunkom: budowa pieca winna być możebnie prostą i taną; rozchód paliwa winien być możebnie mały; ładowanie pieca winno być dogodne i łatwe; wypalanie się wyrobów winno być dostateczne i równomierne; wypalanie winno być możebne zarówno latem jako też zimą. Wszystkich tych warunków nie spełnia żaden ze znanych typów pieca ceglarskiego.

Wyroby ceglarskie winny iść do pieca w stanie dostatecznie suchym. Cegły w piecu stawiane są na sobie; w razie więc gdy cegła jest zbyt wilgotną, to pod ciężarem stojących na niej innych cegieł kurczy się podczas wypalania nierównomiernie i wskutek tego wypacza się lub pęka. Ogień winien być z początku słaby i powoli zwiększany do stopnia potrzebnego dla nadania wyrobom dostatecznej mocy. Po wypaleniu wyroby winny być ochładzane również przez powolne

obniżanie temperatury, gdyż nagły prąd powietrza chłodnego może spowodować pękanie wyrobów. Po ochłodzeniu wyroby winny mieć kształty i wymiary żądane, oraz wytrzymałość dostateczną.—Zbyt wysoka temperatura przy wypalaniu jest szkodliwa, gdyż wyroby wypaczają się, a na powierzchni topią się i zlewają.

Czas trwania palenia i wysokość temperatury potrzebnej są zależne od gatunku gliny, stopnia jej suchości, rodzaju wyrobów i typu pieca; mogą więc być oznaczone tylko za pomocą prób. Ochładzanie w piecach dużych jest w ogóle powolniejsze, aniżeli w małych.

1) *Pieco. Piec ceglarski* (fr. four à brique; n. Ziegelofen) może mieć rozmałą konstrukcją i rozmałą wielkość i może być ogrzewany rozmałym paliwem.

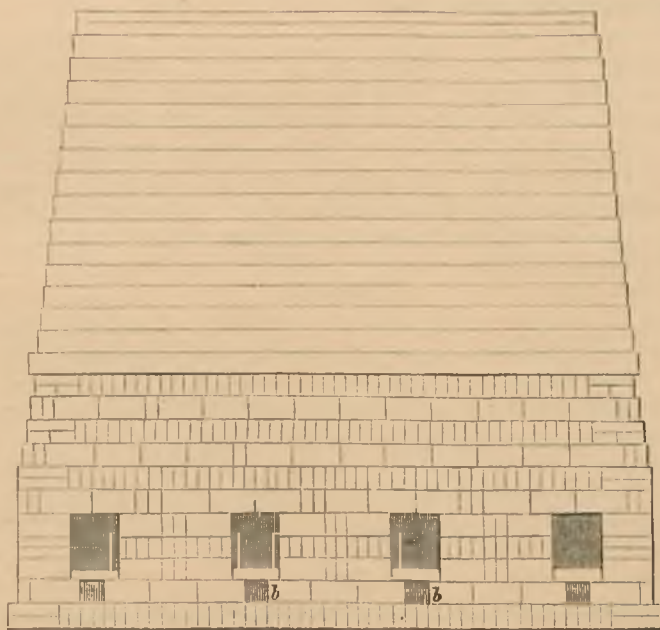
Pod względem konstrukcyi piece bywają bardzo rozmałych typów, z których najprostszym jest *piec połowy*, więcej złożonemi zaś są *piece stałe*.

Pod względem wielkości budowane są piece połowe służące do jednoczesnego wypalania od 20 000 do 500 000 sztuk cegły, oraz piece stałe służące do jednoczesnego wypalania od 6 000 do 60 000 sztuk cegły; przyczem przyjmuje się, że cegła w piecu może być ustawiana tak gęsto jak w murze, t. j. około 300—400 sztuk na na 1 m³.

Odnośnie paliwa urządzone są piece głównie do opalania drzewem, torfem i węglem kamiennym, nadto istnieją piece ogrzewane gazem i naftą.

Tu ograniczymy się na krótkiej jedynie wzmiance o typach najważniejszych.

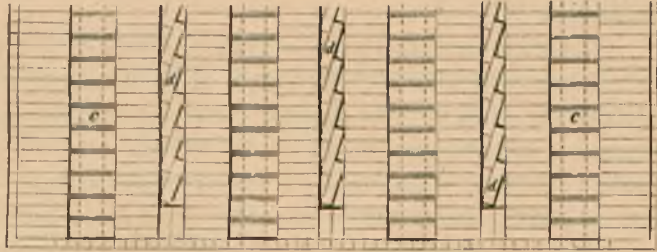
a) *Piec połowy* (fr. four à la volée, four en tas, four en plein air; n. Feldziegelofen, Meiler) służy wyłącznie do wypalania cegły. Grunt, na którym piec połowy ma stanąć należy starannie wyrównać i ubić, poczem całą przestrzeń, którą piec ma zająć pokrywa się ceglami,



Rys. 1.

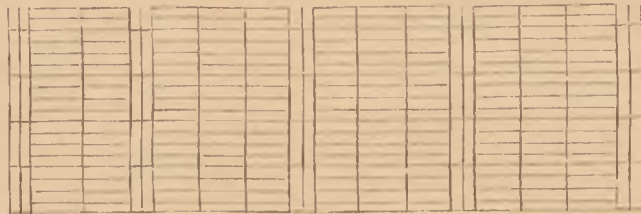
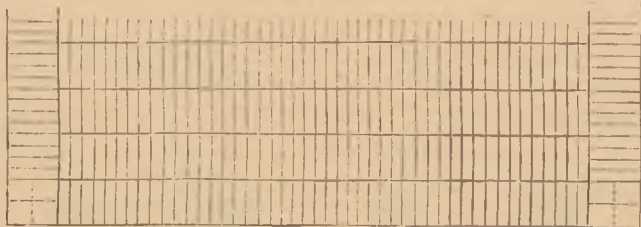
stawianemi na rąb obok siebie (rys. 1). Użyć można do tego cegły niedopalonej lub połamanej, albo też surówki. Na tej warstwie zakładane są kanały powietrzne *b*, a nad niemi kanały pło-

mienne *c*; odległość pomiędzy osiami tych kanałów wynosi około 1 *m*. Wysokość w świetle kanałów *b* równa się wysokości cegły postawionej na rąb, a szerokość ich jest równa połowie długości cegły. Kanały *b* przykrywa się ceglami na płask, przyczem pomiędzy każdymi dwiema ceglami przykrywającymi pozostawia się luz $1\frac{1}{2}$ —2 *cm* (rys. 1^a) dla przewiewu powietrza, przez co tworzy się pewnego rodzaju ruszt. Nad tą warstwą cegieł urządza się kanały płomienne *c*, których szerokość równa się długości cegły, wysokość zaś, licząc od spodu warstwy cegieł przykrywających kanały *b*, równa się wysokości trzech cegieł postawionych na rąb. Przy urządzeniu tych kanałów płomienych *c* zachować należy wiązanie uwidocznione na rys. 1 i 1^a.

Rys. 1^a.

Do kanałów płomienych wkłada się na całej ich długości materiały łatwo zapalne, na których umieszcza się węgiel kamienny, u spodu w kawałach większych, u góry zaś drobny. Każdą warstwę cegieł pomiędzy kanałami płomiennymi, przed ułożeniem warstwy następnej, posypać należy na 10 *mm* grubości mialkim węglem kamiennym. Pomiędzy skośnie ustawionymi w pośrodku ceglami *d*, pozostawić należy nieco większe spoiny, które zapelnia się kawałkami węgla kamiennego wielkości orzecha laskowego.

W okolicach, w których znajduje się torf, można użyć go zamiast węgla kamiennego na paliwo do pieców połowych, przyczem jednak wymiary kanałów powietrznych i płomienych winny być odpowiednio zwiększone

Rys. 1^b.Rys. 1^c.

Po nad kanałami płomiennymi, ustawia się kolejno warstwy cegły na rąb na całej powierzchni pieca, w ten sposób, że warstwy nieparzyste: 1-sza, 3-cia, 5-ta, 7-ma i t. d., mają układ, uwidoczniiony na rys. 1^b, warstwy zaś parzyste: 2-ga, 4-ta, 6-ta, 8-a i t. d., mają układ uwidoczniiony na rys. 1^c. Pomiędzy każdymi dwiema warstwami cegieł nasypać należy warstwę mialkiego węgla kamiennego. Grubość tych warstw węgla do połowy wysokości pieca wynosi około 10 *mm*, wyżej zaś nieco więcej.

Niekiedy zwiększa się wysokość kanałów płomiennych w sposób uwidoczniiony na rys. 1d. Doświadczenie jednak uczy, że w tym wypadku zużywa się o 20% więcej węgla, a cegła bynajmniej nie wypala się lepiej.

Przy opalaniu drzewem kanały ogniowe urządzone są bezpośrednio nad warstwą cegły, pokrywającej grunt, przyczem szerokość ich w świetle winna być równa długości trzech cegieł, wysokość w świetle równa wysokości ośmiu cegieł postawionych na rąb, odalenie zaś pomiędzy osiami winno wynosić 1 m. Kanały te zwężane są ku górze, poczynając od warstwy piątej, przez odpowiednie wysadzki, tworzące rodzaj przesklepienia schodkowego.



Rys. 1d.

Piec połowy ma zazwyczaj kształt ostrosłupa ściętego, którego podstawą jest prostokąt lub kwadrat; wysokość pieca wynosi najczęściej od 30 do 36 warstw. Pokrywą górną pieca stanowi jedna lub kilka warstw cegły na płask.

Po wzniesieniu pieca obrzuca się szelnie i powleka gliną ściany zewnętrzne i pokrywę; poczem wskrzesza się ogień słaby równocześnie we wszystkich kanałach płomiennych. Przez cały czas wypalania piec winien pozostawać dniem i nocą pod nadzorem robotników, a gdy ogień miejscami przedostaje się na zewnątrz, należy miejsca te bezzwłocznie gliną zakładać, ażeby wypalanie wewnątrz pieca było możebnie równomierne. Często podczas wypalania ściany zewnętrzne wypaczają się i wtedy należy je podeprzeć przez odpowiednie podpory.

Podczas wypalania ściany pieca wystawione na bezpośrednie działanie deszczu i wiatru winny być zabezpieczone przez maty słomiane, które zwykle zawieszane są na palach drewnianych. W razie przeciwnym bowiem wiatr pędziłby ogień w jedną stronę, przez co wypalanie się pieca byłoby nierównomierne. Niekiedy zabezpiecza się piec od przystępu wiatru przez mur ochronny, z cegły niedopalonej lub surówki na płask, który do $\frac{1}{3}$ wysokości pieca ma $1\frac{1}{2}$ cegły, wyżej zaś 1 cegłę grubości.

Piece połowe bywają rozmaitej wielkości; w najmniejszych można wypalać jednocześnie 20000 sztuk cegły, w największych zaś 500 000 sztuk. Doświadczenie uczy, że piece duże są korzystniejsze aniżeli małe, gdyż strata cegły w piecach dużych jest stosunkowo mniejszą aniżeli w małych. Przeciętnie przyjmuje się, że ilość cegły popękanej i złamanej wynosi w piecach połowych zwyczajnych około 10 — 12%, a w piecach połowych, zabezpieczonych murem ochronnym, tylko 6—7% (*). Niekotórzy ceglarze, dla zabezpieczenia cegły od przepalenia, dosypują do warstw węgla kamiennego nieco piasku, który następnie podczas palenia, wraz z popiołem węgla, spada przez otwarte spoiny.

Piec połowy jest w ogóle mniej korzystny aniżeli piece stałe, może jednak okazać się pożytecznym przy znaczniejszych budowlach, gdy w pobliżu niema pieca stałego, a glina odpowiednia do wyrobu cegły i paliwo tanie znajdują się na miejscu. Ponieważ piec połowy, zawsze mniej lub więcej wystawiony jest na działanie wiatru i deszczu, przeto wyniki palenia, nawet w ręku doświadczonych palaczy, są niepewne. Cegły w pobliżu ścian zewnętrznych nie dopalają się, w pobliżu zaś kanałów płomiennych przepalają się i spiekają; a że i wewnątrz pieca ciepło nie wszędzie bywa jednakowe, przeto cegły z pieca połowego mają niejednakowe wymiary i są niejednakowej dobroci. Zauważyć przytem należy, że podczas palenia wiele cegieł pęka, a to wskutek nierównomiernego osadzania się pieca oraz wskutek ciśnienia warstw górnych na dolne. Nadto wiele cegieł po wypaleniu jest zanieczyszczonych przez przyklepione do nich cząstki węgla i popiołu i ma wygląd cegły okopconej; takie cegły w niektórych okolicach kraju naszego zwane są „okopciotkami”. Cegły z pieca połowego opalanego węglem mają jeszcze tę niedogodność, że często tworzą się na nich później wykwity siarczane, które niszczą powierzchnię cegły.

Obok tych wad przedstawiają jednak piece połowe i pewne zalety. Najprzód, nie ponosi się żadnych wydatków na urządzenia stałe; po wypaleniu bowiem cały piec jest rozbierany, a materiał stąd zyskany, zależnie od stopnia dobroci, może być w ten lub inny sposób użytkowany. Powtóre, paliwo jest wyzyskiwane oszczędniej w piecach połowych aniżeli w piecach stałych. Przeciętnie liczy się przy opalaniu węglem kamiennym 1, 5—2 kg węgla miałkiego i 0,75 kg węgla grubszego na 1000 sztuk cegły.

(*) W Rosyi liczą dla pieców zwyczajnych, niezabezpieczonych przez mur ochronny, przeciętnie 20%.

Czas opalania i ochładzania pieca jest zależny od jego wielkości. Piec na 100 000 sztuk cegły opalany jest zwykle przez 14 dni, zaś na 400 000 sztuk cegły — przez 4 tygodnie.

Piece polowe stawiać należy na gruncie suchym i w miejscu zabezpieczonym od przystępu wiatru; najlepiej, o ile to jest możebnem, przy wysokich nasypach ziemnych i t. p.

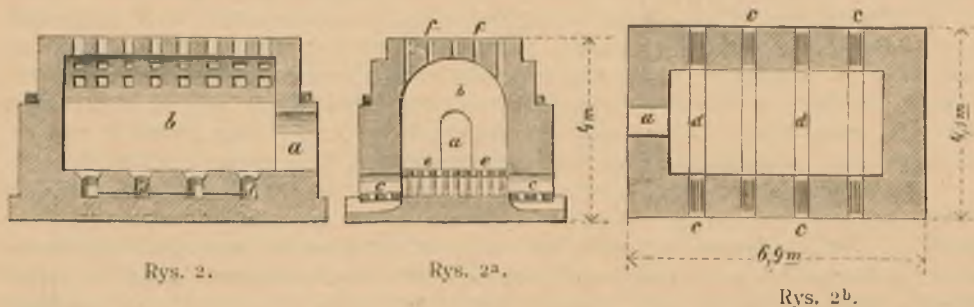
Z powodu licznych niedogodności pieca polowego, w cegielniach do ciągłego biegu przeznaczonych, budują się *piece staté* (fr. fours fixes; n. feststehende Ofen), już to na powierzchni ziemi, już to zagłębione w grunt lub otoczone odpowiednimi nasypami, ażeby w ten sposób ciepło możebnie ześrodkować. Piece takie należy stawiać na gruncie suchym, przyczem baczyć należy, ażeby piec był zabezpieczony od przystępu wody zaskórnej.—Konstrukcyja pieców statych i ich wymiary są zależne od gatunku paliwa, rodzaju wyrobów i t. d. Rozróżniane są piece u góry *otwarte i przesklepione*; otwarte służą jedynie do opalania okresowego, przesklepione zaś mogą być urządzone do opalania okresowego lub ciągłego.

b) *Piec otwarty* (fr. four decouvert; n. offener Ofen) składa się z pieca właściwego i *kamery*, t. j. pomieszczenia przeznaczonego na skład paliwa i dla palaczy. Zarówno piec jak kamerę należy, o ile warunki miejscowe na to pozwalają, zagłębić w grunt na 1,5 m, gdyż to ułatwia naladowywanie i wyładowywanie pieca, oraz zabezpiecza ogniska od przystępu wiatru. Nadto, dla zabezpieczenia paliwa i cegły od wiatru i deszczu, stawia się w okolo pieca szopę drewnianą przykrytą dachem. U spodu pieca znajdują się 3 lub 4 kanały płomienne przesklepione, w oddaleniu po 1,5—1,8 m. W sklepieniach tych kanałów znajdują się, w oddaleniu co 18 cm, małe otworki, przez które ogień, równomiernie rozdzielony, wchodzi do części górnej pieca, przeznaczonej do wypalania cegły. Cegły ustawiane są do wysokości 3,5—4,0 m w taki sam sposób jak w piecu polowym. W piecu takim można wypalać jednocześnie około 20 000 sztuk cegły, a czas trwania palenia wynosi 72 godziny (3 dni i 3 noce). Przy opalaniu drzewem dobrem zużywa się około 3,5 m³ drzewa w szczapach na 1000 sztuk cegły.

Zazwyczaj stawia się dwa takie piece obok siebie z murem wspólnym przegrodowym. Taki piec *podwójny* jest dogodniejszy aniżeli pojedynczy; podczas opalania jednego pieca bowiem, drugi może być do opalania przygotowywany, wskutek czego przez cały czas biegu cegielni mur przedziałowy jest ogrzany.

c.) *Piec przesklepiony zwyczajny* czyli *piec holenderski* (fr. four flamand; n. holländischer Ofen), budowany jest w licznych odmianach; pod względem konstrukcyi jednak różni się od pieca otwartego, powyżej opisanego, głównie tem, że jest przykryty sklepieniem kolebkowem, w którym urządzone są otwory, służące do odprowadzania dymu na zewnątrz. Przez zakrywanie pewnej liczby tych otworów cegłą i następne odkrywanie, można także dowolnie kierować ogień w jedną lub drugą stronę, stosownie do potrzeby. — W planie piec ten ma kształt prostokąta o szerokości 3,4 — 4,1 m, przyczem długość bywa rozmaita, zależnie od liczby kanałów płomiennych, nie większą jednak aniżeli dwa razy wzięta szerokość. Zazwyczaj budują się piece tylko o 4-ch, 5-ciu i 6-ciu kanałach płomiennych. Odległość pomiędzy środkami kanałów płomiennych wynosi 1,80—2,00 m; a wysokość pieca: 4,0—5,0 m.

Na rys. 2, 2^a i 2^b uwidoczniiony jest w przecięciu podłużnym, przecięciu poprzecznym i planie taki piec, o 4-ch kanałach płomiennych. U spodu pieca znajdują się kanały płomienne



Rys. 2.

Rys. 2a.

Rys. 2b.

przesklepione *d*, z czeluszciami *c*. W sklepieniach tych kanałów płomiennych urządzone są otworki *e*, przez które płomień, równomiernie rozdzielony, wchodzi do przestrzeni *b*, przeznaczo-

nej do wypalania cegły. Cegła wprowadza się do przestrzeni *b* przez drzwi *a*. U góry piec pokryty jest sklepieniem kolebkowym, w którym znajdują się otwory *f*, służące do wypuszczenia dymu i regulowania kierunku ognia.

Takie piece są także zagłębiane w ziemię. o ile na to warunki miejscowe pozwalają, a od wiatru i deszczu zabezpieczane są przez szopy drewniane.

Przy opalaniu drzewem liczy się około 2,5 m³ drzewa dobrego w szczapach na 1000 sztuk cegły.

d) *Piec piętrowy* (n. Etagen-Ofen). W piecu holenderskim strata ciepła jest znaczną, a to z powodu otworów w sklepieniu. Starano się zapobiedz temu przez dodanie po nad pomieszczeniem przeznaczonym do wypalania cegły, drugiego takiegoż pomieszczenia. W piecu takim, zwanym *piecem piętrowym*, wypala się zazwyczaj w pomieszczeniu dolnym wapno, w górnym zaś cegłę. Zasada pieca piętrowego znalazła liczne zastosowania w piecach do wypalania porcelany, a w czasach nowszych także w piecach do wypalania cementu.

e) *Piec leżący* (n. Casseler Ziegelflamm-Ofen) ma kształt wydłużony, a w przecięciu poprzecznym półjajowaty. Na jednym końcu znajduje się palenisko, z którego gazy przechodzą poziomo przez całą długość pieca i gromadzą się w zagłębieniu znajdującem się na drugim końcu pieca. Po nad tem zagłębieniem znajduje się niski komin. Piec ten nie okazał się korzystnym do wypalania cegły; lepsze wyniki otrzymano przy wypalaniu w nim wyrobów garncarskich. Zazwyczaj stawiane są dwa takie piece obok siebie, o wspólnym kominie.

Odmianą pieca leżącego jest piec zbudowany przez P. Borie'go w Paryżu do wypalania cegły wewnątrz pustej. Piec ten składa się głównie z kanału 50 m długiego, o przekroju kształtu kwadratu, 1 m w świetle. Mury obwodowe kanału mają 1/2 cegły grubości. Kanał ten wznosi się pod kątem około 10°; w środku kanału urządzone są dwa paleniska, a w końcu górnym znajduje się komin. W kanale ułożony jest tor szynowy dla małych wózków z żelaza lanego, mieszczących po 170 do 200 sztuk cegły. Wózek taki wstawiany jest do kanału przez otwór w końcu górnym; poczem co pół godziny przesuwany jest o tyle, ażeby następny wózek mógł być wstawiony. Podczas przesuwania wózków od końca górnego ku środkowi, gdzie znajdują się paleniska i gdzie gorąco jest największe, cegły stopniowo się wypalają; podczas przesuwania zaś wózków od środka ku końcowi dolnemu, cegły stopniowo się ochładzają. Równocześnie może zmieścić się w kanale 50 takich wózków, z których co pół godziny jeden jest wyjmowany i jeden wstawiany. Oszczędność na paliwie przy tym piecu ma być znaczną; wózki wytrzymują działanie gorąca dobrze.

f) *Piec okrągły*, pokryty sklepieniem baniastem, niejednokrotnie jest stosowany do wypalania cegły; głównie jednak znalazł liczne zastosowania do wypalania porcelany.

g) *Ulepszenia i kombinacje powyższych typów*. Piece zwykle przesklepione i piece leżące przedstawiają tę niedogodność, że paliwo w nich nie jest dostatecznie wyciskiwane, a wypalanie się cegły nie jest równomierne we wszystkich częściach pieca. Przyczyną niedostatecznego wyciskiwania siły ogrzewalnej paliwa jest głównie ta okoliczność, że znaczna część ciepła uchodzi zbyt rychło przez otwory w sklepieniu lub przez komin; przyczyną zaś nierównomiernego wypalania się cegły jest ta okoliczność, że ciepło dochodzi tylko w jednym kierunku, wskutek czego warstwy cegły znajdujące się w pobliżu paleniska otrzymują za wiele ciepła, warstwy zaś najbardziej oddalone od paleniska—za mało ciepła. Tak np. w piecu holenderskim, w którym ogień dochodzi z dołu, warstwy najniższe są zwykle za silnie, najwyższe zaś—za słabo wypalone.

W czasach nowszych ujawnił się ożywiony ruch umysłów w kierunku ulepszenia dawniejszych typów pieców. Jedni starali się usunąć zaznaczone powyżej niedogodności pieców dawniejszych przez połączenie kilku pieców w jedną całość, w ten sposób, ażeby powietrze ogrzane, znajdujące się w piecu opalonym, zanim będzie mogło ujść do kominu, prowadzone było do innego pieca już naładowanego, przez co wysychanie cegły w tym piecu zostaje przyspieszonym. Inni starali się osiągnąć ten cel przez zasilanie płomienia w palenisku powietrzem ogrzanem, doprowadzanem z innego pieca, już wypalonego i znajdującego się w okresie ochładzania. Połączenie pomiędzy piecami najdogodniej daje się uskutecznić przez kanały pod podstawą pieców.

Wynikiem tych usiłowań są nader liczne nowe piece do wypalania cegły, często pomyslane udatnie, niekiedy jednak zanadto skomplikowane.—Do udatniejszych należą piece Picket-

schera, Augustin'a, Boscha, mające po kilka palenisk, z których powietrze ogrzane podnosi się przez wąskie kanały ku sklepieniu, skąd opada ku posadzce i następnie uchodzi do kanału prowadzącego do komina.—P. Jochum i Th. Ehrhardt w Ottweiler uzyskali w 1886 r. przywilej na piec, w którym płomienie dochodzą z dołu, z boków i z góry, wskutek czego wypalanie się cegły ma być zupełnie równomierne we wszystkich częściach pieca, nie wyłączając narożników. J. Bühler w Konstancji (1886 r.) obmyślił udatne połączenie pieca z suszarnią. — Połączenie kilku pieców w jedną całość przeprowadzili pomyslowo Fickentscher i Menzing, oraz Fries i Gottgetreu. Pomysł Fickentscher'a i Menzing'a polega głównie na połączeniu 6-ciu pieców kwadratowych pomiędzy sobą i z suszarnią; pomysł zaś Fries'a i Gottgetreu'a—na połączeniu 6-ciu pieców okrągłych, ustawionych w około jednego komina, przyczem przestrzeń wolna pomiędzy piecami a kominem wyzyskaną jest na suszarnię.

Najważniejszym jednak postępowaniem ostatnich lat dziesiątków, w dziedzinie budowy pieców, jest wprowadzenie pieców pierścieniowych, urządzonych do biegu ciągłego, z doprowadzaniem do palenisk powietrza ogrzanego. Dopiero przez te piece usunięte zostały wszystkie niedogodności pieców dawniejszych i umożliwiona została wytwórczość na wielką skalę, wskutek czego fabrykacja cegły wstąpiła na nowe tory.

h) *Piec pierścieniowe ciągłe* (fr. four annulaire continu; n. continuirlicher Ringofen). Najdawniejsze piece pierścieniowe mają w planie kształt pierścienia kołowego, lub też zbliżony do pierścienia kołowego, w którego środku wznosi się komin. Piece te składają się z 6 do 12 oddzielnych przedziałów, połączonych pomiędzy sobą za pomocą otworów w ścianach przedziałowych. Każdy z tych przedziałów łączy się nadto z kominem za pomocą kanału dymowego. Otwory i kanały dymowe, o których tu mowa, mogą być dowolnie otwierane lub zamykane za pomocą odpowiednio urządzonych zasuw.

Inżynier angielski Gibbs obmyślił już w 1841 r. taki piec, w którym każdy przedział ma oddzielne palenisko rusztowe, a przez kolejne otwieranie i zamykanie otworów łączących przedziały i kanałów dymowych, można utrzymać stały bieg pieca, przyczem powietrze ogrzane i dym można przeprowadzić przez kilka przedziałów pieca, w celu zupełnego wyzyskania ciepła.

Następnie chlubnie znany w nauce inżynier francuski Pecelet obmyślił podobny piec, o 6-ciu przedziałach, przyczem palenisko rusztowe znajduje się tylko w jednym przedziale, w którego ścianach urządzone są otwory, zamykane przez zasuw.

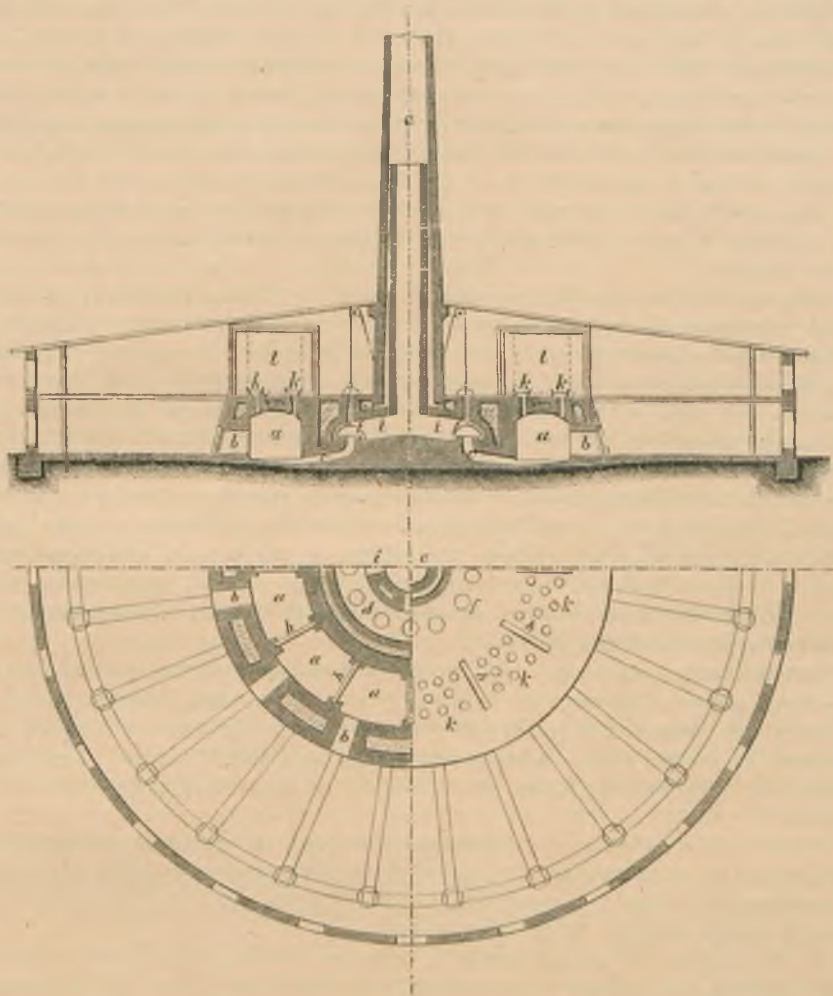
W piecach Gibbs'a i Pecelet'a jednak paleniska zasilane są powietrzem chłodnym.

Pomysł zasilania palenisk powietrzem ogrzanem, stanowiący główną zasadę wszystkich pieców nowszych, urzeczywistniony został po raz pierwszy dopiero w piecach pierścieniowych ciągłych zbudowanych w Villeneuve le Roi we Francji w 1845 r. Później piece takie budował inż. Angebault-Justeau w Ancenis we Francji. — Pomysł ten udoskonalony został w Niemczech przez Licht'a i Hoffmann'a, oraz przez Bühler'a i Hamel'a.

Piec Licht'a i Hoffmann'a (rys. 3), zwany pospolicie *piecem Hoffmann'a*, składa się głównie z kanału przesklepionego *aaa*, mającego w planie kształt pierścienia kołowego. Kanał ten może być, za pomocą zasuw ruchomych *h*, podzielony na 12 do 16 oddzielnych przedziałów. Do każdego z tych przedziałów prowadzą drzwi *b*, urządzone w ścianie zewnętrznej kanału i służące do wprowadzania do kanału wyrobów, przeznaczonych do wypalania. Z każdego przedziału prowadzi kanał dymowy *c* do zbiornika dymu *d*, mającego w planie kształt pierścienia kołowego, w którego środku stoi komin *e*. Zbiornik dymu *d* połączony jest z kominem *e* za pomocą czterech kanalików *i*, które zawsze są otwarte, gdy tymczasem kanały dymowe *c* mogą być zamykane szczelnie przez dzwony *f*. Bieg pieca jest ciągłym, bez żadnej przerwy, przyczem jednak piec nie jest opalany równocześnie we wszystkich przedziałach. Przy prawidłowym biegu pieca bowiem co 24 godziny jeden przedział jest opróżniany i jeden naładowywany, przyczem w przedziałach najbliższych położonych obok przedziału opróżnianego znajdują się wyroby już wypalone, w dalszych uskutecznia się opalanie, w pozostałych zaś znajdują się wyroby jeszcze nie palone.

Skoro pomiędzy przedziałem świeżo naładowanym a opróżnianym wstawioną zostanie zasuw *h* i jeżeli przytem drzwi zewnętrzne przedziału opróżnianego oraz kanał dymowy *d*, położony najbliższy z drugiej strony zasuw *h*, będą otwarte, gdy tymczasem wszystkie inne drzwi i kanały dymowe będą zamknięte, to w piecu powstanie przeciąg, wskutek którego po-

wietrze zewnętrzne, wchodzące przez drzwi *b* przedziału opróżnionego, musi okrążyć cały pierścień, ażeby ujsć do komina przez kanał dymowy położony z drugiej strony zasuw. To powietrze zewnętrzne wchodzi więc najprzód do przedziałów, w których znajdują się wyroby już wypalone, ochładza je i przytem samo się ogrzewa, poczem w stanie już ogrzanym przechodzi do przedziałów opalanych, gdzie zasila skutecznie ogień i wreszcie wkracza do przedziałów mieszczących wyroby surowe, osusza je i ogrzewa, przyczem samo się ochładza. Wyzyskanie ciepła jest więc tu możebnie najzupełniejsze; ciepło albowiem promieniejące z wyrobów już wypalonych, zużytkowane jest do ogrzania powietrza, mającego zasilać płomień w przedziałach opalanych, poczem



Rys. 3.

toż powietrze gorące oddaje swe ciepło wyrobom surowym, przyczem ogrzewa je do tego stopnia, że dla wypalenia ich potrzeba już zazwyczaj tylko krótkiego czasu i nader małej ilości paliwa. Nadto gdy w piecach, w których paleniska zasilane są powietrzem chłodnym, paliwo musi być gatunku dobrego i musi posiadać stosunkowo znaczną siłę ogrzewalną, to w piecach, o których tu mowa, dzięki zasilaniu płomienia powietrzem ogrzanem i dzięki poprzedniemu ogrzaniu do znacznego stopnia wyrobów, może być użyte paliwo gatunku pośledniejszego. Wskutek tego koszty wypalania w piecach takich są o 50—80% mniejsze aniżeli w piecach innych typów.

Jako paliwo służy zazwyczaj węgiel brunatny. Właściwych palenisk w piecu tem niema, gdyż paliwo wsypuje się wprost do kanału piecowego przez otwory *k*, urządzone w sklepieniu tegoż kanału. Paliwo to wpada więc bezpośrednio pomiędzy wyroby wypalane i dla tego cegły zwyczajne ustawiane są w piecu tak, ażeby pod otworami *k* znajdowały się kanaliki pionowe, przeznaczone na pomieszczenie paliwa. Otwory *k* urządzone są w niewielkich od siebie odległościach i mogą być zamykane pokrywami oszklonemi. Niekiedy nad otworami *k* przedziałów opalanych ustawiane są naczynia blaszane, ku dołowi lejkowato zakończone, z których paliwo bez przerwy, lub też z pewnemi przerwami, do pieca wpada.

Ten sposób opalania pieca przedstawia jednak także pewne niedogodności. Na dnie kanału piecowego gromadzi się popiół z węgla, a popiół ten, unoszony przez ruch powietrza, zanieczyszcza wyroby. Nadto cegły, z których ustawiane są kanaliki pionowe pod otworami *k*, są zanieczyszczane nie tylko przez popiół, lecz także przez niedopalone cząstki węgla. Zanieczyszczenia te są mniej ważne w cegle zwyczajnej, lecz w cegle lepszej, licowej i w innych wyrobach wykwinniejszych przedstawiają poważną niedogodność. Starano się zapobiedz tej niedogodności przez urządzenie stałych kanalików paleniskowych z kamieni ogniotrwałych na cały czas biegu pieca, lecz doświadczenie wykazało, że środek ten nie zapobiega zanieczyszczaniu wyrobów przez popiół. Wohec tego wyroby lepsze nie mogą być wypalane oddzielnie lecz tylko razem z cegłą zwyczajną, przyczem z cegły zwyczajnej tworzy się zastony, zabezpieczające wyroby lepsze od przystępu popiołu.

Inną niedogodność tych pieców stanowi to, że w pobliżu kanalików pionowych, płomiennych, wywiązuje się zbyt wielkie gorąco, wskutek czego, zwłaszcza przy większych wymiarach poprzecznych kanału piecowego, wypalenie nie jest jednakowe we wszystkich częściach pieca.—Wreszcie zaznaczyć należy, że cegły z pieców takich mają zazwyczaj zabarwienie nierównomierne i po części pokryte są barwami naleciałemi, białawemi lub brudnawemi. Ta nierównomierność zabarwienia ujawnia się w stopniu wyższym przy używaniu paliwa pośledniego.

O ile warunki miejscowe na to pozwalają, piec zagłębiany bywa w ziemię; w razie przeciwnym zaś, dla zabezpieczenia pieca od ochładzania przez powietrze zewnętrzne, otacza się go podwójnem obmurowaniem, warstwą odosobniającą powietrzną i płaszczem z piasku lub popiołu. Nadto przykrywa się zazwyczaj cały piec dachem, a nad kanałem piecowym urządza się suszarnie *l*, *l*.—Komin musi być dostatecznie wysoki, ażeby utrzymać odpowiedni przeciąg powietrza, a przytem komin ten musi być zabezpieczony przez warstwę odosobniającą powietrzną od ochłodzenia przez powietrze zewnętrzne.

Wysokie zalety pieca Licht'a i Hoffmann'a, a głównie oszczędność paliwa, udogodnienie ciągłego biegu cegielni i umożliwienie wytwórczości na wielką skalę, były przyczyną, iż piece te we wszystkich niemal krajach szybko się rozpowszechniły. Nadają się one jednak tylko dla wytwórczości na większą skalę, dla cegielni małych zaś są nieodpowiedniami. Najmniejszą wytwórczość, przy której budowa takiego pieca może opłacić się, obliczają na 600000 sztuk cegły rocznie.

Pomysł Licht'a i Hoffmann'a w ostatnich dziesiątkach lat był wielokrotnie udoskonalany. Głównie starano się o spotęgowanie wydajności pieca przez zwiększenie liczby przedziałów lub przez zaprowadzenie ulepszeń w szeregach konstrukcyjnych. Stąd powstał nader liczny szereg nowych pieców, opartych na tej samej zasadzie.

W celu zwiększenia liczby przedziałów, zastąpiono kształt okrągły pieca przez owalny i poczęto budować piece, mające w planie kształt pierścienia eliptycznego, lub też mające dwie ściany równoległe, połączone ścianami półkolistemi

Starano się także wyzyskać wolną przestrzeń pomiędzy kominem a pierścieniem i w celu zwiększenia liczby przedziałów, budowano drugi pierścień wewnętrzny. Ten pierścień wewnętrzny służy zazwyczaj do wypalania wapna, pierścień zewnętrzny zaś do wypalania cegły. Taki piec pierścieniowy *podwójny* przedstawia jednak tę niedogodność, że w pierścieniu wewnętrznym ruch płomienia jest zbyt szybki, a tem samem gorąco—zbyt wielkie.

Wreszcie budowane są piece, o jednym pierścieniu z dwoma szeregami przedziałów, położonemi jeden za drugim.

Piec Bührer'a i Hamel'a różni się od pieca Licht'a i Hoffmann'a głównie tem, że zamiast komina, zużywającego zawsze wiele ciepła, zastosowany został przyrząd wentylacyjny, przy-

czem liczba przedziałów została zwiększoną, a wskutek tego okazało się dogodnym kształt pieca w planie zmienić na prostokątny.

Barbier obmyślił piec pierścieniowy ciągly, z paleniskiem przenośnym. Takież piece buduje H. Dueberg. B. Schneider zastosował paleniska rusztowe w każdym z przedziałów.

Bührer uzyskał przywilej na tak zwane *opalenie molekularne* (n. Molecular-Feuerung), polegające na stosowaniu paliwa w postaci małych kulek, przy doprowadzaniu do paleniska możebnie wielkich ilości powietrza ogrzanego. Zasada ta jest słuszną, gdyż siła ogrzewalna paliwa jest zależną od jego kształtu; tak np. torf w kulkach daje dwa razy więcej ciepła aniżeli torf tablicowaty. Pomysł ten nie jest zresztą nowy i był już dawniej stosowany w Anglii. Przyrząd Bührer'a obmyślony jest jednak bardzo udanie i umożliwia równomierne wypalanie wyrobów we wszystkich częściach pieca.

Piec Müller'a i Gilardoniego ma w planie kształt prostokątny i służy do wypalania cegły, płyt posadzkowych i innych wyrobów z gliny.

W piecu pierścieniowym Siehmon'a i Rost'a pary tworzące się podczas wypalania odprawdane są przez otwory służące do zasilania ogniska paliwem, przechodzą następnie do kanałów dymowych, a stąd do komina.

Paweł Loeff w Berlinie buduje piece owalne z jedną tylko ścianą środkową.

Karol Frey w Metz uzyskał przywilej na ulepszenie pieca Licht'a i Hoffmann'a, mające na celu doskonalsze wysuszenie i ogrzewanie wyrobów surowych.

i) *Piece kanałowe ciągłe* (n. continuirliche Kanal-Ziegelofen). Piece te używane są głównie do wypalania rur drenowych, a budowane są w licznych odmianach. Na wyróżnienie zasługują z dawniejszych: piece o podstawie ruchomej P. A. Yordt'a w Flensburgu, A. Rasch'a w Hannoverze, Rost'a i Zaradmirka w Peszcie; z nowszych zaś: P. Borie'go w Paryżu. Najdoskonalszym jednak jest piec ciągly kanałowy O. Bock'a w Brunświku.

k) *Piece gazowe* (fr. four à gaz; n. Brennofen mit Gasfeuerung). Gaz, jako paliwo, stosowany jest już oddawna w hutach szklanych i odlewniach metalów. Nad zastosowaniem gazu do pieców ceramicznych pracował głównie Venier w Klösterle, a Möller zbudował pierwszy wielki piec gazowy dla rządowej fabryki porcelany w Berlinie. Z nowszych pieców gazowych, znalazły zastosowanie w cegielniach głównie piece F. Steinmann'a, G. Mendheim'a, C. Nehse'go, H. Siebert'a, O. Bock'a, J. Bührer'a, Barbier'a i Colas'a. Wreszcie Zoltán Lázár w Salgó Tarján obmyślił (1887 r.) zastosowanie gazu do opalania pieca Licht'a i Hoffmann'a.

Gaz, jako paliwo, przedstawia tę dogodność, że nie tworzy popiołu zanieczyszczającego wyroby; wskutek tego wyroby lepsze mogą być wypalane oddzielnie, bez zabezpieczeń niezbędnych przy opalaniu węglem.

l) *Piece naftowe* są znacznie mniej rozpowszechnione i właściwie dotychczas nie przedstawiają odrębnych typów. Towarzystwo przemysłowe „Lehigh” w Pensylwanii stosuje olej skalny do wypalania cegły, ze względu, iż materiał ten jest w zastosowaniu dogodniejszy i tańszy aniżeli inne paliwa; nadto olej skalny przyspiesza przebieg palenia i nie pozostawia popiołu, wskutek czego wyroby wychodzą z pieca w stanie czystym.

2) Uwagi ogólne o wypalaniu. Po wstawieniu wyrobów do pieca poddaje się je najprzód działaniu słabego ognia, a to w celu ostatecznego wysuszenia gliny. W tym pierwszym okresie palenia występują więc te same objawy, o których mówiliśmy już powyżej w ustępie o suszeniu: woda zawarta w glinie stopniowo ulatnia się, porowatość zmniejsza się, masa staje gęstsza, przyczem wyroby kurczą się, t. j. wymiary ich we wszystkich kierunkach zmniejszają się. W temperaturach wyższych masa staje się ścisłą, twardą; uderzana wydaje dźwięk czysty, lecz zachowuje jeszcze złożenie ziemiste. Przy dalszem wypalaniu krzemionka wiąże się z zasadami, węglanem wapnia i magnezem, przyczem wydziela się kwas węglany, chlor i kwas siarczany. Utworzone w ten sposób krzemiany wchodzą w związek chemiczny z krzemianem glinu; masa stopniowo coraz więcej się zlewa i nareszcie zaczyna się topić. Otrzymany stąd kamień odznacza się wielką

wytrzymałością i trwałością. Topienie się gliny następuje jednak dopiero przy temperaturach bardzo znacznych; skoro więc mają być wyrabiane rzeczywiste klin-kry, to temperatura palenia wynosić winna przynajmniej 1100° C.

3) Wpływ wypalania na ciężar i wymiary wyrobów. Podczas wypalania zmienia się ciężar wyrobów i zmieniają się ich wymiary. Zmiany te są zależne od gatunku gliny i stopnia wypalenia. Ciężar właściwy substancji gliniastej, podczas ogrzewania od 100° C. do żaru ciemno-czerwonego, wzrasta od 2,47 do 2,70, następnie zaś przy dalszem ogrzewaniu do żaru białego, maleje do 2,48. To zmniejszenie się ciężaru właściwego nie ma już jednak wpływu na chłonność.—Zmniejszanie się wymiarów bywa bardzo rozmaite; przy ogrzewaniu do żaru czerwonego wynosi ono 0,3—4,1%, przy ogrzewaniu do żaru białego zaś 1,2—8,0%. W ogóle kurczenie się jest tem mniejsze, im większe są ziarna piasku zawartego w glinie.

W celu możebnie korzystnego wyzyskania przestrzeni w piecu, cegły przeznaczone do wypalania ustawiane są w warstwach, jedna na drugiej. Cegły w warstwach dolnych znajdują się więc w czasie wypalania pod ciśnieniem warstw górnych, wskutek czego zawsze kurczą się mniej lub więcej nierównomiernie. Nierównomierność ta ujawnia się dobitniej przy temperaturach bardzo wysokich, gdy masa zlewa się i topi; gdyż im miększą jest masa i im większem jest obciążenie, tem oczywiście odkształcenia są znaczniejsze.

4) Wpływ wypalania na barwę wyrobów. Zabarwienie wyrobów wypalonych jest zależnem od własności gliny. Wspomnieliśmy już w rozdziale I (str. 142—143), że rozmaite gatunki gliny, po wypaleniu, mają pewne właściwe im barwy. Barwy te jednak są także zależne od wysokości temperatury, tak, że dla otrzymania pewnej barwy, niezbędną jest pewna określona temperatura. Stąd wynika, że zabarwienie przedmiotów jednocześnie wypalanych, tylko w tym wypadku może być całkiem równomierne, gdy wszystkie te przedmioty poddane są działaniu temperatury jednakowej. W piecach ceglarskich warunek ten jest bardzo trudny do urzeczywistnienia, gdyż przekroje tych pieców są stosunkowo wielkie i wskutek tego temperatura w różnych częściach pieca bywa zazwyczaj rozmaita. Przy wypalaniu więc wyrobów lepszych, np. cegieł licowych, w których równomierność barwy jest warunkiem wielce pożądanym, oddać należy pierwszeństwo tym piecom, w których temperatura podczas wypalania jest we wszystkich częściach możebnie jednakową.

5) Gatunki cegły ze względu na stopień wypalenia. Pod względem stopnia wypalenia rozróżniane są: cegły niedopalone, cegły dobrze wypalone i zendrówki.

a) *Cegła niedopalona (niedopalka)* (fr. brique mal cuite; n. schwach gebrannte Ziegel) pochodzi najczęściej z warstw górnych pieca; jest stosunkowo miękka; wydaje dźwięk przytłumiony; ma powierzchnie matowe; przy pocieraniu zabarwia rękę; na mrozie rozpada się i dla tego używana jest głównie do murów wewnętrznych, w miejscach suchych, oraz do budowy pieców.

b) *Cegła dobrze wypalona*, zwana *wiśniówką* (fr. brique rouge; n. Mittelbrand-Ziegel) otrzymuje się z warstw środkowych pieca i stanowi najlepszy gatunek pomiędzy cegłami jednocześnie z danego pieca wydobytemi; miewa barwy rozmaite zależnie od gatunku gliny; jest twardą; dźwięk wydaje czysty; ma po-

wierzchnie matowe; przy pocieraniu nie zabarwia ręki; zanurzona w wodę nie rozkłada się, ani wody nie mąci i nie pochłania zazwyczaj wody więcej nad 15⁰/₀; na mrozie nie rozpada się; z zaprawami łączy się dobrze i posiada w ogóle wszystkie własności dobrej cegły. Używana jest głównie do murów zewnętrznych.

c) *Zendrówka (cegła przepalona)* (fr. brique vitrifiée, brique surcuite, brulle; n. Hartbrand-Ziegel, klinkerartige Ziegel) otrzymuje się z warstw najbliższej paleniska położonych; ma barwy ciemniejsze aniżeli wiśniówka; powierzchnie zaś miejscami szkliste, spiekłe; wodę pochłania w ilości małej (4 — 6%) i dla tego z zaprawami łączy się źle; na mrozie trzyma się dobrze; używa się głównie na fundamenty w miejscach wilgotnych, oraz na posadzki, chodniki i t. p.

Zendrówki odróżniać należy od *klinkrów*, jakkolwiek u nas zazwyczaj zendrówki pod nazwą klinkrów są sprzedawane. W zendrówkach glina podczas wypalania zlewa się i topi tylko na powierzchniach cegły, wskutek czego po wypaleniu powierzchnie te są miejscami zeszkłone i spiekłe; w klinkrach zaś cała masa musi się zlać i stopić.

W Rosyji przyjmują, że z każdego ładunku pieca otrzymuje się przeciętnie: cegły niedopalonej 25⁰/₀, cegły dobrze wypalonej 35⁰/₀, cegły przepalonej 20⁰/₀ i cegły uszkodzonej, popękanej lub złamanej 20⁰/₀. Stosunki te są jednak wielce zależne od typu pieca, gatunku gliny i rodzaju paliwa.

6) Uwagi ogólne o piecach. Przy wznoszeniu pieców należy głównie mieć na uwadze zabezpieczenie pieca od wilgoci gruntowej i od bezpośredniego przystępu powietrza zewnętrznego.

W celu zabezpieczenia pieca urządzone są warstwy odosobniające, zależne od warunków miejscowych, t. j. zależne od gatunku gruntu. Gdy grunt jest wilgotny, wystarcza zazwyczaj pokrycie gruntu naturalnego warstwą smoly z węgla kamiennego, w głębokości przynajmniej 2 stóp (= 0,6 m) poniżej podstawy pieca; przyczem przestrzeń pomiędzy tą warstwą odosobniającą a podstawą pieca zapelnia się piaskiem. Korzystnem jest przytem zakładanie pod warstwą smoly z węgla kamiennego warstwy cegły na płask. W gruntach bardzo wilgotnych układa się w tejże głębokości warstwę z tektury asfaltowej i płyt asfaltowych. Oprócz tych środków stosowane jest także tak zwane „odosobnienie angielskie“, polegające na tem, że w głębokości fundamentów układana jest warstwa z cegły na płask na cement, a na niej ustawiane są murki poprzeczne, około 9'' wysokie, $\frac{1}{2}$ cegły szerokie i o $\frac{1}{2}$ cegły od siebie oddalone, pokryte warstwą cegły na płask. Odosobnienie to można uprościć, stawiając na warstwie dolnej z cegły na płask, nie murki poprzeczne, lecz mur pełny z kamieni polnych wielkości pięści.

Mury wewnętrzne pieca muszą wytrzymywać wysoką temperaturę wewnętrzną podczas palenia. Niezbędnem więc jest, ażeby mury te stawiane były z materiału, którego temperatura topienia jest wyższą od najwyższej temperatury pieca. Nadto, jeżeli te mury mają być stawiane z cegły, to należy brać tylko taką cegłę, która była wypalona w temperaturze przynajmniej równej największej temperaturze pieca, gdyż w razie przeciwnym może nastąpić dodatkowe kureczenie się cegły w murach pieca, wskutek czego mury wewnętrzne pieca musiałyby wypaczać się i pękać.

Mury zewnętrzne pieca winny wytrzymywać parcie sklepień, które, ze względu na rozszerzanie się pod wpływem gorąca, jest bardzo znacznem; nadto mury zewnętrzne winny zabezpieczać piec od utraty ciepła przez promieniowanie, które jest tem większe im grubość murów jest mniejszą. Ażeby warunkom tym zadostę uczynić, grubość murów zewnętrznych winna być bardzo znaczną. Zbyt grube jednak mury zewnętrzne wymagają znacznej ilości materiału i są zatem kosztowne, a przytem łatwo pękają, z powodu, iż powierzchnie wewnętrzne muru pod wpływem gorąca rozszerzają się, gdy tymczasem powierzchnie zewnętrzne są chłodne. W celu zapobieżenia tym niedogodnościom, otacza się piec dwoma lub trzema murami stosunkowo cienkimi

i mury te usztywnia się przez murki poprzeczne; pozostałe zaś przestrzenie wolne pomiędzy murami okólnymi zapełnia się piaskiem lub popiołem.

Objętość pomieszczeń dla wyrobów przeznaczonych do wypalania oblicza się, przyjmując około 300—400 sztuk cegły na $1 m^3$ — Wymiary rusztów są zależne od gatunku paliwa. — Wymiary komina winny być oznaczone na zasadach ogólnych.

W murach zewnętrznych pieca znajdują się otwory, służące do wprowadzania wyrobów. Wymiary tych otworów winny być oznaczone tak, ażeby wózek naladowany mógł przez otwór przejść swobodnie.

Wreszcie zaznaczyć należy, że piec zabezpiecza się najczęściej jeszcze od wpływu zmian atmosferycznych i bezpośredniego przystępu wiatrów przez szopę drewnianą pokrytą dachem, przyczem okazuje się zazwyczaj możebnem urządzić suszarnię po nad piecem i zyskać pomieszczenie kryte na skład paliwa.

B) Gatunki wyrobów ceglarskich.

1. Cegła.

1) *Cegła zwyczajna.* Cegła zwyczajna (fr. brique cuite; n. gewöhnliche Ziegel, Backstein, Mauerziegel) ma kształt prostopadłościanu, o podstawie prostokątnej (rys. 4). Zależnie od sposobu wyrabiania może być *ręczną* albo *maszynową*.

Wymiary cegły zwyczajnej są różne w rozmaitych krajach. Ze względu na warunki prawidłowego wiązania jest niezbędnem, ażeby długość cegły była równa podwójnej szerokości zwiększonej o grubość spoiny pionowej (stosugi). Jeżeli więc oznaczymy długość cegły przez l , jej szerokość przez b , a grubość spoiny pionowej przez s , to ze względu na warunki prawidłowego wiązania winno być:

$$l = 2b + s \quad ; \quad b = \frac{l - s}{2} .$$

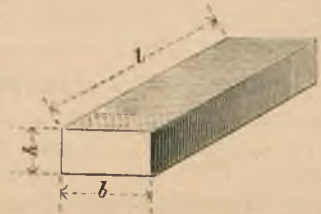
Przy zachowaniu tego warunku grubość muru nagiego, bez wyprawy, wynosi:

w murze na $\frac{1}{2}$ cegły :	$0,5(l - s) = b$	w murze na 3 cegły :	$3l + 2s$
" " " 1 cegły :	l	" " " $3\frac{1}{2}$ " :	$3,5l + 2,5s$
" " " $1\frac{1}{2}$ cegły :	$1,5l + 0,5s$	" " " 4 " :	$4l + 3s$
" " " 2 " :	$2l + s$	" " " $4\frac{1}{2}$ " :	$4,5l + 3,5s$
" " " $2\frac{1}{2}$ " :	$2,5l + 1,5s$	" " " 5 cegiel :	$5l + 4s$

Grubość czyli wysokość cegły jest dowolną, lecz winna być jednakową we wszystkich ceglach przeznaczonych do jednej roboty, a przytem nie powinna być znacznie większą aniżeli połowa szerokości cegły, gdyż przy grubości większej, cegła była by mniej dogodną w użyciu i trudniej dała by się wypalić równomiernie.

Ze względu na własności glin branych zazwyczaj do wyrobu cegły zwyczajnej, największa grubość cegły nie powinna przekraczać 75 mm ($= 3''$), przy grubości większej bowiem prawidłowe suszenie i wypalanie przedstawia już pewne trudności i pociąga za sobą straty na czasie i paliwie.

Ponieważ w warstwach na rąb (rollszychtach) narożniki tworzone są z dwóch cegieł na płask, przeto dla otrzymania w narożniku, bez przyciosywania cegły, wysokości takiej samej, jaką ma warstwa rębowa, pożądanem byłoby, ażeby grubość dwóch leżących na sobie cegieł na płask, zwiększona o grubość spoiny, była równa szerokości cegły, czyli ażeby grubość cegły



Rys. 4.

$h = \frac{b - s}{2}$. Że jednak przy zachowaniu tego warunku cegła wymiarów mniejszych była by zbyt cienką, przeto warunek ten bywa przestrzegany tylko tam, gdzie, jak np. w Austrii, jest w użyciu cegła wymiarów większych.

W Królestwie Polskiem, z mocy postanowienia Namiestnika z d. 30 lipca 1816 r., cegły zwyczajne winny mieć 12 cali nowopolskich (= 288 *mm*) długości, 6 cali (= 144 *mm*) szerokości i 3 cale (= 72 *mm*) grubości. Objętość takiej cegły wynosi więc 216 cali sześć., t. j. $\frac{1}{8}$ stopy sześć. czyli $\frac{1}{64}$ łokcia sześć. nowop. i dla tego liczy się bez uwzględnienia spoin (fug) 8 sztuk na stopę sześć. czyli 64 sztuki na łokieć sześć. muru. Przy uwzględnieniu zaś spoin, $\frac{1}{2}$ " grubości, liczyć należy tylko 6 sztuk na stopę sześć. czyli 48 sztuk na łokieć sześć. muru. Cegły te nie czynią zadość warunkom prawidłowego wiązania, gdyż długość ich jest dokładnie równą podwójnej szerokości; a nadto są one zbyt wielkie i wskutek tego niedogodne w użyciu. To też w wielu cegielniach Królestwa wyrabiane są także cegły o wymiarach mniejszych; wymiary te bywają jednak rozmaite w różnych cegielniach, co przedstawia liczne niedogodności zarówno dla cegielni, jako też dla budujących.

W Rosyji cegła zwyczajna ma 6 werszków (= 267 *mm*) długości, 3 werszki (= 133 *mm*) szerokości i $1\frac{1}{2}$ werszka (= 67 *mm*) grubości. Wymiary te są również nieprawidłowe, gdyż długość jest dokładnie równą podwójnej szerokości.

W Niemczech od 1870 r. przyjętą jest t. zw. „cegła normalna“, określona wymiarami: długości 250 *mm*, szerokości 120 *mm* i grubości 65 *mm*. Przy tych wymiarach grubość stosuji wynosi zatem 10 *mm*. Objętość jednej cegły = 1950 *cm*³. Przy spoinach poziomych 12 *mm* grubości wypada 13 warstw na 1 *m* wysokości muru. Przy uwzględnieniu przeto spoin objętość na jedną cegłę w murze wynosi 2535 *cm*³; liczy się więc okrągło 400 sztuk cegły na 1 *m*³ muru. Jakkolwiek wymiary te nie są prawnie obowiązujące, to jednak w wielu państwach niemieckich istnieją postanowienia, zalecające stosować w zasadzie tylko takie cegły do budowli rządowych. — W Szwajcaryi wymiary te zalecone zostały przez Towarzystwo inżynierów i budowniczych w 1882 r., z tą różnicą, że grubość cegły przyjętą została na 60 *mm*. — W Austrii od 1874 r. jest w użyciu cegła o wymiarach 290.140.65 *mm*; przyczem grubość spoiny = 10 *mm*. — Z typów stosowanych we Francji najpowszechniejszą jest cegła o wymiarach: 220.107.55 *mm*. — W innych państwach wymiary cegły są zmienne, tak, że dla różnych typów cegły długości wynoszą od 200 do 350 *mm*, szerokości od 95 do 170 *mm*, zaś grubości od 50 do 80 *mm*. — W ogóle cegły o wymiarach większych są mniej dogodne w użyciu i zazwyczaj mniej równomiernie wypalone aniżeli cegły mniejsze.

2) Cegła licowa (licówka) (fr. brique de revêtement; n. Verblendstein, Verblender, Versetzstein) służy do wykładania (licowania) powierzchni zewnętrznej murów nietynkowanych czyli nagich (surowych); winna więc odznaczać się przede wszystkim dostateczną odpornością na wpływy czynników atmosferycznych, przy średniej wytrzymałości mechanicznej; a nadto winna dawać prawidłowe wiązanie z cegłą zwyczajną i wskutek tego miewa zazwyczaj kształt i wymiary takie same jak cegła zwyczajna. W budynkach podrzędnych, w których głównie zwraca się uwagę na użyteczność, a mniej na względy estetyczne, można użyć jako cegłę licową, najlepsze i najpiękniejsze okazy z pośród cegły zwyczajnej. W budynkach wykwinniejszych jednak cegła licowa winna mieć kształt możebnie prawidłowy, powierzchnie gładkie, krawędzie ostre i równe, a barwę możebnie jednostajną. Taka cegła musi być oddzielnie wyrabianą, gdyż własności te można osiągnąć tylko przez wybór odpowiedniej gliny i przez zastosowanie odpowiednich sposobów fabrykacji.

Glina przeznaczona do wyrobu cegły licowej nie powinna zawierać w znaczniejszej ilości soli rozpuszczalnych w wodzie. Przy obecności takich soli bowiem, już podczas suszenia, tworzą się na pojedynczych miejscach powierzchni cegły wykwyty solne, a po wypaleniu miejsca te pokryte są zabarwieniami naleciałemi. Ponieważ wszystkie gliny, używane do wyrabiania cegły, zawierają w mniejszej lub większej ilości sole rozpuszczalne w wodzie, przeto niedogodnościom stąd wynikającym można zapobiedz tylko w stopniu ograniczonym, a to przez skrócenie czasu suszenia przy odpowiedniem schudzeniu gliny i przez formowanie cegły z gliny już nieco wyschniętej. Jakkolwiek w ten sposób można otrzymać cegłę, która po wypaleniu ma barwę prawie jednostajną, to jednak barwa ta z czasem zmienia się. Skoro albowiem cegła wypalana jest w temperaturze umiarkowanej, tak, że sole rozpuszczalne w wodzie nie przechodzą w związki krzemowe, to cegła po wypaleniu zawiera zawsze jeszcze pewną część tych soli. Sole te, łącząc się z wilgocią atmosferyczną, rozpuszczają się i wypływają na powierzchnię cegły, gdzie, po ulotnieniu się wody, tworzą wykwyty w postaci plam białawych lub szarych.—Uniknąć można tego po części przez wypalanie cegły w temperaturze wysokiej, tak, ażeby pory powierzchni zasklepiły się, przez co wylugowanie soli na zewnątrz byłoby utrudnione; lecz sposób ten przedstawia pewne niedogodności, ze względu na trudność utrzymania kształtu całkiem prawidłowego w bardzo wysokiej temperaturze pieca.

Powierzchnie cegły wyrobionej z gliny zawierającej alun, pokrywają się po wypaleniu pyłkiem mącznym, białawym, złożonym z czystej glinki i niedającym się całkiem usunąć. Takiż pyłek, lecz złożony z gipsu, tworzy się na powierzchniach cegły wypalanej z gliny zawierającej gips.—Naloty te powstają najprawdopodobniej już podczas suszenia, lecz zabarwiają się na biało dopiero podczas palenia; nie wywierają one wpływu szkodliwego na wytrzymałość ani trwałość cegły, lecz szpecą jej wygląd zewnętrzny. Tworzeniu się takich nalotów można zapobiedz przez zanurzanie cegły, bezpośrednio przed wypaleniem, w rzadki roztwór mączny, gotowany, poczem powierzchnie cegły wypalanej są całkiem czyste. Większe wyroby z cegły palonej, po zanurzeniu w roztworze mącznym, należy zabezpieczyć jeszcze przez powłokę z popiołu i proszku glinianego, pokrywającą szczelnie całą powierzchnię i chroniącą wyrób od bezpośredniego przystępu ognia. Powłoka taka po wypaleniu daje się łatwo usunąć. W niektórych cegielniach stosowane są także inne środki przeciwko rzeczonym nalotom, polegające głównie na pewnych przymieszkach chemicznych do gliny, lecz środki te są trzymane w tajemnicy.

Zaznaczyliśmy już powyżej (p. str. 198), że przyczyną niejednakowego zabarwienia cegły może być także nierównomierne wypalenie, gdyż przy niewielkich nawet różnicach temperatury pieca mogą ujawnić się bardzo znaczne różnice w odcieniach barw cegły palonej. Cegły licowe należy więc wypalać tylko w takich piecach, w których temperatura podczas wypalania jest we wszystkich częściach możebnie jednostajną i w których cegła nie jest zanieczyszczaną przez popiół. Najodpowiedniejszymi pod tym względem są piece gazowe.

Urzeczywistnienie wszystkich warunków, od których zależy jednostajne zabarwienie cegły, pod względem wyboru gliny, suszenia i wypalania, połączone

jest zazwyczaj ze znacznymi trudnościami, a niekiedy jest wprost niemożliwym. To też dla nadania cegle licowej barwy całkiem jednostajnej stosowane są często zabarwienia sztuczne i polewy barwne, o których poniżej będzie mowa. Sposoby te wpływają wprawdzie na powiększenie kosztu fabrykacji, lecz usuwają zarazem skutecznie ową różnobarwność cegły, sprawiającą tak niemiłe wrażenie w budowlach nietynkowanych.

Również trudnym jest otrzymanie całkiem prawidłowego kształtu cegły licowej. Gładkie powierzchnie i krawędzie ostre otrzymuje się najłatwiej przez formowanie cegły w formach stalowych, maczanych olejem, poczem jednak należy każdą cegłę ostrożnie ułożyć na oddzielnej deseczce i tak pozostawić przez cały czas suszenia. Że jednak podczas suszenia, cegła, nawet pod ciężarem własnym, może się odkształcić i to tem więcej, im większą jest kurczliwość gliny, przeto, gdy cegła znajduje się już w stanie na w pół wyschniętym, należy powierzchnie jej jeszcze dodatkowo wygładzić. To wygładzanie powierzchni uskutecznia się albo ręcznie i wtedy cegła zowie się *gładzoną*, albo też za pomocą noża i odpowiedniego szablonu żelaznego i wtedy cegła nazywa się *przycinaną*, albo wreszcie przez przyprasowanie w umyślnie na ten cel obmyślonych prasach ręcznych i maszynowych i wtedy cegła nosi nazwę *prasowanej*. Cegła prasowana ma masę ściślejszą aniżeli zwyczajna i kształt całkiem prawidłowy. Utrzymanie tego kształtu po wypaleniu, zwłaszcza w temperaturze wysokiej, jest bardzo trudne; to też często cegły licowe wypalane są tylko w temperaturze umiarkowanej, pomimo, iż to oddziaływa ujemnie na ich własności.

W celu zmniejszenia grubości spoin zewnętrznych w murach nietynkowanych, wymiary cegły licowej mogą być nieco większe aniżeli cegły zwyczajnej. W Niemczech, przy zastosowaniu cegły kształtu normalnego, zalecane są dla cegły licowej spoiny 5—8 mm, dla cegły zwyczajnej zaś 10 mm. To też przyjęte są tam dla cegły licowej wymiary: długości 252—255 mm, szerokości 122—125 mm i grubości 67—70 mm; gdy tymczasem wymiary cegły zwyczajnej wynoszą: 250 . 120 . 65 mm.

Jeżeli wykładanie licówkami ma nastąpić dopiero po wzniesieniu budynku, to mur, mający się licować, winien od strony zewnętrznej być sztrabowany w ten sposób, ażeby główki oblicowania wchodziły w zagłębienia muru (rys. 5.) Przytem licówki takie winny mieć kształt kliniasty, a w powierzchni zewnętrznej winny bezpośrednio na sobie spoczywać, bez żadnych spoin, tak, ażeby po osadzeniu się muru, nie mogło nastąpić osadzenie się oblicówki; w razie przeciwnym bowiem mogłaby oblicówka odpaść od muru. Przy takiej oblicówce wszystkie spoiny poziome mają więc również kształt kliniasty, zwężający się ku powierzchni zewnętrznej, jak to jest uwidocznione w przecięciu poprzecznym, podanem na rys. 5.



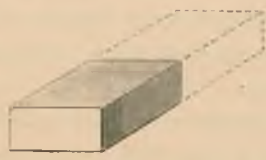
Rys. 5.

3) Części cegły. Do prawidłowego wiązania oprócz cegły całej (rys. 4) potrzebne są często także części cegły, a zwłaszcza: *trzy czwarte cegły* czyli t. zw. *dziewiątki* (n. Dreiquarter, Dreiviertelstein) (rys. 6), których długość równa jest $\frac{3}{4}$ długości cegły zwyczajnej; *połówki* (n. Zweiquarter, Kopfstück) (rys. 7), których

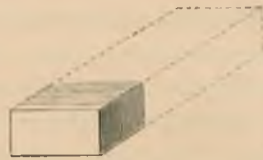
dlugość równa jest połowie długości cegły zwyczajnej i *ćwiartki* (*kwaterki*) (n. Quartier, Kopfviertel) (rys. 8), których długość równa jest $\frac{1}{4}$ długości cegły



Rys. 6.



Rys. 7.



Rys. 8.

zwyczajnej. Szerokość i wysokość tych części cegły są takie same jak cegły zwyczajnej.—Rzadziej używane są: *połówki podłużne* (n. Riemstück) (rys. 9), równające się połowie cegły przepołowionej wzdłuż i *ćwiartki podłużne* (n. Quartierstück) (rys. 10) mające długość równą $\frac{1}{2}$ długości i szerokość równą $\frac{1}{2}$ szerokości cegły zwyczajnej, czyli równe połowie połówki podłużnej.



Rys. 9.



Rys. 10.

Zazwyczaj części cegły przygotowywane są na miejscu budowy przez przyciosywanie, co jednak niezależnie od zwiększenia kosztu robocizny, przedstawia wiele niedogodności. Nie każda cegła bowiem daje się dobrze przyciosywać, wskutek czego traci się na materyale. Powierzchnia przyciosana jest zazwyczaj nierówną, a krawędzie jej poszczerbione, wskutek czego grubość spoiny jest najczęściej nieodpowiednią, a wygląd cegły, zwłaszcza w ścianie licowanej, jest nieprzyjemny. Nadto cegła podczas przyciosywania podlega wstrząśnieniom, przyczem mogą utworzyć się rysy włoskowate, ujemnie wpływające na jej trwałość.—Z tych powodów pożądanem było by, ażeby przynajmniej dziewiątki, połówki i ćwiartki, przygotowywane były w cegielni w sposób prawidłowy; przyczem wymiary długości tych części, gdy l oznacza długość cegły zwyczajnej, a s grubość stosugi, wynosić by powinny:

dla trzy czwartych cegły (dziewiątki): $0,75 l - 0,25 s$

„ połówki $0,5 (l - s)$

„ ćwiartki (kwaterki). $0,25 l - 0,75 s$.

Niekiedy oblicówkę wykonywa się tylko z poówek i trzy czwartych cegły, albo też z poówek i ćwiartek, przyczem otrzymuje się wiązanie złożone z samych główek. Rzadziej wykonywa się oblicówkę wyłącznie z poówek i ćwiartek podłużnych.

4) Cegła lekka, porowata (gąbczasta.) Cegły lekkie (fr. briques légères, briques poreuses; n. poröse Ziegel, Tuffziegel, Schwammziegel) znane już były w starożytności (p. str. 132 i 180) i obecnie mogą być wyrabiane przy użyciu martwicy krzemionkowej, znajdującej się w okolicach m. Sienna we Włoszech. Że jednak ziemia taka nie wszędzie się znajduje, przeto cegłę lekką wyrabia się także ze zwy-

kłej gliny ceglarskiej, nie zbyt chudej, dodając do gliny tej ciała palne sproszkowane, a zwłaszcza korę dębową, mieloną korę sosnową, trociny^(*), miarki węgla kamienny lub brunatny, pył koksowy, miał torfowy i t. p., w ilości znacznej, bo często do 50% objętości dochodzącej. Ciała te w piecu spalają się, to też cegła po wypaleniu jest rzeczywiście lekką i porowatą, wskutek czego niekiedy zwana jest także *cegłą gąbczastą* albo *cegłą tufową (martwicową)*. Cegła taka jest złym przewodnikiem ciepła. Skoro cegła porowata idzie do pieca w stanie nie zupełnie suchym, to po wypaleniu w odłamie ma często zabarwienie ciemne, prawie czarne, które jednak nie ma wpływu szkodliwego na zastosowania cegły. Ciężar takiej cegły jest często o 50—60% mniejszy w porównaniu z cegłą zwyczajną, lecz jednocześnie zmniejsza się i jej wytrzymałość o 60—80%. Nadto w cegle takiej znajdują się zawsze resztki popiołów, powstałych ze spalenia ciał domieszanych do gliny, wskutek czego przy przystępie wilgoci tworzą się na powierzchni cegły wykwity węglanu potasu, szkodliwe dla trwałości cegły. Wreszcie wygląd zewnętrzny cegły porowatej nie czyni zadość wymaganiom: krawędzie jej są poszczerbione, a powierzchnie podziurawione i zanieczyszczone przez szczątki popiołu i węgla znajdujące się w zagłębieniach.

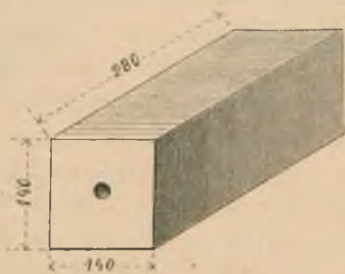
Z powyższego wynika, że cegła porowata nie może być wystawiona na znaczniejsze obciążania i nie nadaje się do fundamentów ani murów zewnętrznych; natomiast może być korzystnie użyta w miejscach zupełnie suchych, do murów wewnętrznych (zwłaszcza pruskich) mało obciążonych, do licowania murów od strony wewnętrznej, oraz do lżejszych sklepień, np. do sklepień górnych w kościołach. Sklepienia z takiej cegły przedstawiają tę dogodność, iż wskutek zmniejszenia ciężaru własnego, zmniejsza się także parcie na opory.

Zaznaczyć przytem należy, że cegła porowata jest stosunkowo drogą, a to z powodu potrzeby bardzo starannego odpławiania gliny i starannego przerabiania masy, a także z powodu trudności otrzymania i dokładnego sproszkowania odpowiednich przymieszek. Z tej przyczyny, oraz ze względu na niedogodności powyżej zaznaczone, zastosowania cegły porowatej są bardzo ograniczone, tem bardziej, iż dogodności, które przedstawia cegła porowata pod względem lekkości i przewietrzania, mogą być osiągnięte w stopniu wyższym i w warunkach korzystniejszych przez zastosowanie cegły pustej i dziurowanej (dętej).

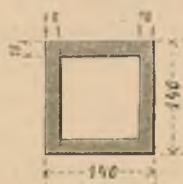
5) Cegły puste (rurowe) i dziurowane (drażone, dęte). *Cegły puste (rurowe)* (fr. briques perforées, briques tubulaires; n. Hohlziegel) stosowane były już w starożytności do różnych konstrukcyj budowlanych. W Pompei używano ich dla utworzenia powierzchni suchej pod freski. W Anglii znaleziono cegły puste z czasów rzymskich; cegły te służyły do rozprowadzania powietrza ciepłego pod podłogą budynku, a mają kształt prostopadłościanu wewnątrz wydrążonego i z dwóch stron otwartego. Częściej aniżeli cegły puste używane były *garnki*, zwłaszcza do t. zw. sklepień garnkowych. O garnkach takich będzie mowa poniżej.

(*) Trociny mogą być oczywiście dodawane tylko do gliny tłustej, gdyż glina chuda stałaby się jeszcze chudsza. Nadto trociny, w warstwach bardziej oddalonych od paleniska, nie zupełnie się wypalają, wskutek czego ciężar cegieł jest niejednakowy. Zamiast trocin może być dodawany do gliny miarki węgla drzewny, w stosunku 1 cz. węgla na 2 cz. gliny.

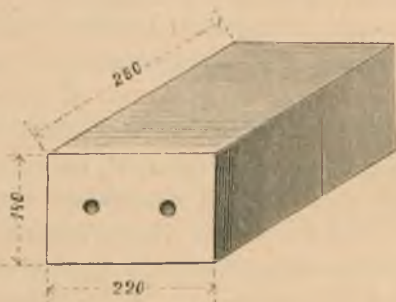
W czasach nowszych cegły puste znalazły zastosowanie najprzód we Francji i Anglii. We Francji od 1819 r. były w użyciu, przy budowie portu w Toulon, cegły puste o długości 280 *mm*, w dwu odmianach: pojedyncze, o przekroju kwadratowym, mające po 140 *mm* szerokości i grubości (rys. 11 i 11^a), oraz



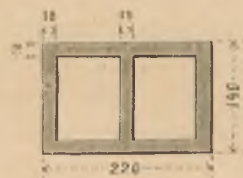
Rys. 11.

Rys. 11^a.

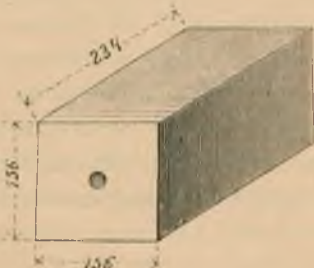
podwójne, o przekroju prostokątnym, mające 220 *mm* szerokości i 140 *mm* grubości (rys. 12 i 12^a). Cegły te nie są zupełnie otwarte z dwóch stron, lecz przysłonięte ściankami, w których znajdują się małe otworki okrągłe. Grubość wszystkich ścianek wewnętrznych i zewnętrznych wynosi 18 *mm*.—Cegły tego typu,



Rys. 12.

Rys. 12^a.

z zapoczątkowania ks. Metternich'a, zaprowadzone zostały w Austrii, gdzie na skutek doświadczeń budowniczego Packh'a, w celu zwiększenia wytrzymałości i dogodniejszego zastosowania, zastąpiono wydrążenia prostokątne przez okrągłe (rys. 13 i 13^a, 14 i 14^a). Z takich cegieł wzniesiono najprzód wielki bu-

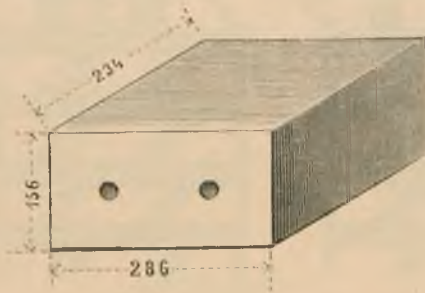


Rys. 13.

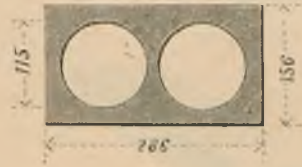
Rys. 13^a.

dynek rządowy w m. Gran na Węgrzech (1827—29 r.), następnie większe domy mieszkalne, przyczem wszystkie mury zewnętrzne i wewnętrzne, ogniska, komi-

ny, gzymsy, sklepienia i stropy ogniotrwałe, wykonane zostały wyłącznie z cegły tego typu. Z takiejże cegły, lecz nieco kliniastej i z wydrążeniami kwadratowymi, wzniesione były większe sklepienia kolebkowe w budynkach.



Rys. 14.



Rys. 14a.

W Anglii są w użyciu cegły puste, kostkowe, o przekroju uwidocznionym na rys. 15, zwane *cegłami Rawlinson'a*. Żeberka wewnętrzne w narożnikach zwiększają moc cegły; pomiędzy te żeberka można zakładać, przy jednej lub kilku ścianach, podłużne kawałki dachówki lub łupku *aa*, dla wyrównania powierzchni wewnętrznych. W powierzchniach łożyskowych znajdują się zagłębienia *bb*, na 1 — 2 mm, w celu zmniejszenia ciśnienia na słabe ścianki, przez przeniesienie obciążenia głównie na narożniki, które są znacznie mocniejsze. Wyrób takiej cegły nie przedstawia poważniejszych trudności. Cegły podobnego typu, lecz podwójne (rys. 16), są wyrabiane w Niemczech.



Rys. 15.

Największe rozpowszechnienie zyskały jednak cegły puste dopiero od czasu wystawy międzynarodowej w Londynie w 1851 r., gdzie, z zapoczątkowania Towarzystwa dla polepszenia bytu robotników, wzniesiony był według projektu budowniczego Roberts'a, a kosztem ks. Alberta, dom mieszkalny wzorowy dla czterech rodzin robotniczych, o 2-ch piętrach, mający 45 stóp długości i 25 stóp szerokości. W budynku tym wszystkie mury zewnętrzne i wewnętrzne, z wyjątkiem jedynie murów fundamentowych, wykonane były z cegły pustej; wszystkie stropy zaś były sklepiene również cegłą pustą. Sklepienia piętra drugiego wyrównane były betonem, odwodnione i następnie przykryte masą, zwaną „ławą metaliczną“ (Patent-mettalic-lava). Dzięki temu w pokojach piętra drugiego zmiany temperatury dawały się mniej odczuwać aniżeli zazwyczaj w izbach poddasznych; a nadto, skutek zastosowania do murów i sklepień wyłącznie cegły pustej, przenoszenie się szmerów z jednego pokoju do drugiego było utrudnione. Kształty cegły zastosowanej w tym budynku są pomysłu bud. Roberts'a. Typy główne, zastosowane do wiązań w murach zewnętrznych, uwidocznione są na rys. 17, 18 i 19; typy cegły do sklepień i murów wewnętrznych uwidocznione są na rys. 20, 21 i 22;



Rys. 16.

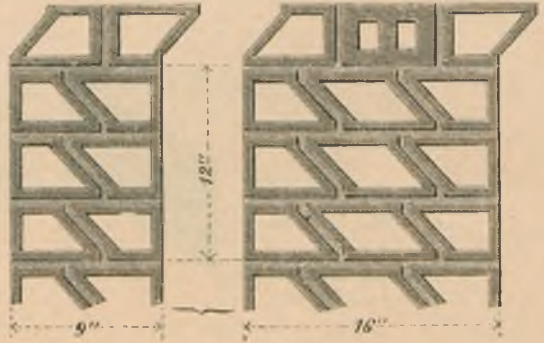
cegły zaś do narożników i filarów, z otworami pionowymi, uwidocznione są na rys. 23, 24, 25 i 26.



Rys. 17.



Rys. 18.



Rys. 19.



Rys. 20.



Rys. 21.



Rys. 22.



Rys. 23.



Rys. 24.



Rys. 25.



Rys. 26.

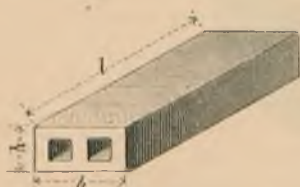


Rys. 27.

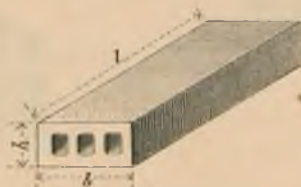
Najprostszym i w użyciu najdogodniejszym jest kształt cegły pustej, uwidoczniony na rys. 27. Jest to cegła zwyczajna, wydrążona w kierunku podłużnym, przyczem narożniki wewnętrzne są zaokrąglone, grubość zaś ścianek wynosi 20–25 mm. Cegły takie używane są głównie do sklepień, a także przy ustawianiu na rąb do tworzenia warstw odosobniających przy murach wilgotnych.

Korzystniejszymi aniżeli cegły puste pod względem wytrzymałości są *cegły dziurowane* (*drążone, dęte*) (fr. briques creuses; n. gelochte Ziegel, Lochsteine), w których zamiast jednego wydrążenia znajduje się kilka otworów. Otwory te,

o przekroju kwadratowym, prostokątnym, okrągłym lub owalnym, są poziome t. j. równoległe do powierzchni łożyskowych. W ceglach przeznaczonych na wozówki otwory przeprowadzone są w kierunku podłużnym (rys. 28, 29 i 30); w ceglach zaś przeznaczonych na główki—w kierunku poprzecznym (rys. 31 i 32). Wskutek tego mur z takich cegieł wzniesiony ma na zewnątrz wygląd muru z cegły pełnej. W narożnikach jednak otwory są widoczne i dla tego do narożników używano dawniej cegły pełnej, następnie cegły dziurowanej pionowo. Taka cegła z otworami pionowymi jest niedogodna, ze względu na większe zużycie zaprawy i na nierównomierne osadzanie się muru. To też obecnie, dzięki ulepszeniom w formach i prasach, służących do formowania cegły dziurowanej, wyrabiane są narożniki dziurowane poziomo, z jedną główką pełną.



Rys. 28.



Rys. 29.



Rys. 30.



Rys. 31.



Rys. 32.

Cegła dziurowana wyrabiana jest w rozmaitych kształtach i wymiarach; najpospoliciej jednak ma kształt i wymiary cegły zwyczajnej, gdyż ten kształt jest najodpowiedniejszym ze względu na zastosowanie w konstrukcjach murów i najdogodniejszym w użyciu. Dziewiątki, połówki i ćwiartki mogą być przyciosywane na miejscu budowy, lecz właściwszem jest, ażeby były przygotowywane prawidłowo w cegielni.

Grubość ścianek jest zależną od gatunku gliny i od przeznaczenia cegły, a może wynosić od 15 do 25 mm, lecz winna być jednostajną, ażeby możebnem było równomierne wysychanie. Grubość ścianek w licówkach zewnętrznych nie powinna być mniejszą aniżeli 20 mm. Liczba otworów jest zmienna, zazwyczaj jednak wynosi w wozówkach od 2 do 6 (rys. 28, 29, 30, 33 i 34) niekiedy więcej, w główkach zaś od 4 do 10 (rys. 31, 32 i 35). Otwory, o przekroju kwadrato-



Rys. 33.



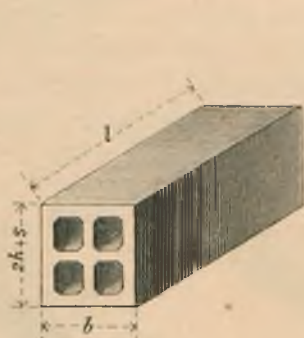
Rys. 34.



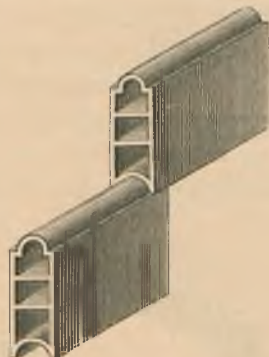
Rys. 35.

wym lub prostokątnym, są w narożnikach wewnętrznych zaokrąglone, w celu zwiększenia wytrzymałości cegły.

Niekiedy cegła dziurowana ma wysokość podwójną (rys. 36), przyczem, gdy h oznacza wysokość cegły zwyczajnej, zaś s grubość spoiny, wysokość ta wynosić winna $2h + s$, a to dla utrzymania prawidłowego wiązania z cegłą zwyczajną.



Rys. 36.

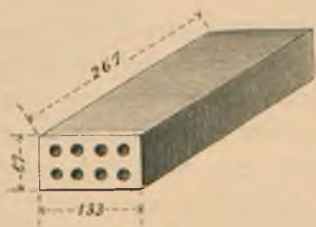


Rys. 37.

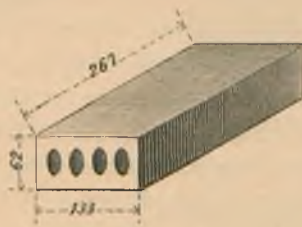
Wyrabiane są też cegły dziurowane większych wymiarów i z większą liczbą otworów, które jednak w zastosowaniu są mniej dogodne.

Dla ścian cienkich w stodołach i t. p. wyrabiane są cegły dziurowane kształtu uwidocznionego na rys. 37.

W Rosji są w użyciu cegły dziurowane z 8-a otworami okrągłymi, o średnicy 0,4 werszka (=18 mm) (rys. 38), oraz z 4-a otworami owalnymi (rys. 39), których oś mała=0,4 werszka (=18 mm), oś wielka zaś=0,857 werszka (=32 mm).



Rys. 38.



Rys. 39.

W ceglach dziurowanych pionowo średnica otworów nie powinna być większą aniżeli 15 mm, a to dla zaoszczędzenia zaprawy i dla zapobieżenia zbytniemu osadzaniu się muru.

Cegły dziurowane należy wyrabiać z gliny starannie odpalwionej i następnie dobrze i równomiernie wypalać. Po wypaleniu cegła nie powinna być spaczoną ani popękana, krawędzie winna mieć ostre, powierzchnie—gładkie. Dla cegły dziurowanej używane są prasy głównie pomysłu Borie'go w Paryżu i Schlickeysen'a w Berlinie, oraz formy i prasy do narożników z jedną główką pełną pomysłu Becherer'a i Kessler'a w Greifswaldzie.

Zalety cegły dziurowanej w porównaniu z cegłą zwyczajną są bardzo wydatne: Cegły dziurowane wymagają znacznie mniej gliny i są o 35—55% lżejsze od cegły zwyczajnej, wskutek czego zyskuje się nie tylko na materyale, lecz także

na kosztach przewozu, oraz na kosztach przybliżania i podnoszenia cegły na piętra; wysychają pręcej, przyczem zyskuje się na czasie i na przestrzeni potrzebnej na suszarnię; wypalają się pręcej i równomierniej, przyczem zyskuje się nie tylko na czasie, lecz także na paliwie. Dzięki łatwemu i równomiernemu wypalaniu się, cegły dziurowane mniej się kureczą i mniej się wypaczają aniżeli zwyczajne, a przytem rzadziej pękają i mogą być wyrabiane w rozmaitych kształtach i wymiarach. Nadto, jako lżejsze od cegły zwyczajnej, wywołują znacznie mniejsze obciążenia przez ciężar własny. Mury z cegły dziurowanej prędko wysychają, a wskutek tego pomieszczenia otoczone takimi murami mogą być wcześniej oddane do użytku właściwego. Przytem mury te, dzięki warstwowi powietrza w nich zawartemu, są zlemi przewodnikami ciepła i dźwięku, wskutek czego pomieszczenia, otoczone murami z cegły dziurowanej, są suche, latem chłodne, zimą ciepłe, a szum z jednego pokoju do drugiego trudniej się przedostaje.

Z powodu tych własności, cegły dziurowane mają rozliczne zastosowania. We Francyi i Anglii wznoszone są z nich całe budynki, zwłaszcza zabudowania gospodarcze, domy mieszkalne dla robotników, domy szkolne i w ogóle budowle o średniej wysokości, przy zwykłych warunkach obciążenia przez dach i podłogi. W Anglii wznoszone są z cegieł pustych i dziurowanych cieplarnie (oranżerye), przyczem warstwy powietrzne w murach i posadzkach służą do rozprowadzania ciepła. W podobny sposób stosowane są cegły takie i w innych budowlach, dla przewietrzania i rozprowadzania ciepła pod podłogami. Najczęściej jednak cegły dziurowane stosowane są do licowania od zewnątrz murów, oraz do części wewnętrznych budynku, jako to: do murów wewnętrznych, kominów, ognisk i t. p., zwłaszcza w piętach wyższych, w celu zmniejszenia obciążenia przenoszonego na mury i sklepienia piętra niższego. Nadto cegły dziurowane są cennym materiałem dla murów odosobnionych i do licowania murów wilgotnych oraz ścian szczytowych wystawionych na bezpośredni przystęp deszczów. Sklepienia z cegły dziurowanej są lekkie, przez co zmniejsza się parcie boczne, a tem samem opory mogą być cieńsze. Cegły dziurowane większych wymiarów są używane do gzymsów i t. p.

Wytrzymałość na ściskanie cegły dziurowanej, przy odpowiedniej grubości ścianek, nie jest mniejszą, a często jest nawet znacznie większą, aniżeli cegły pełnej, co tłumaczy się staranniejszem przerabianiem gliny, większą ścisłością masy wskutek prasowania, oraz równomierniejszem wysychaniem i wypalaniem się cegły. Cegły dziurowane, o grubości ścianek 15 — 20 mm, mogą być brane bez żadnej obawy nawet do murów zewnętrznych, przy użyciu zwykłej zaprawy wapiennej.

6) Cegła posadzkowa (brukówka) (fr. dalles; n. Flurziegel, Pflastersteine) i **plyty posadzkowe** (fr. carreaux; n. Fliesen, Estrichplatten). Cegły i płyty do posadzek winny wyróżniać się znaczną twardością, należy je przeto strychować ze szczególnie czystej i starannie przerobionej gliny i następnie dobrze wypalać, gdyż w razie przeciwnym prędko zużywają się.

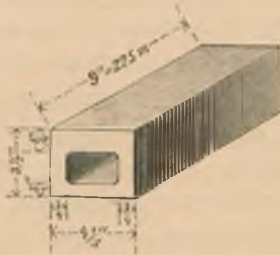
Cegły zwykłe w posadzkach układane są już to na płask, już to na rąb, w wiązaniach zwykłych, albo też, przy użyciu cegły różnobarwnej, w układach wzorzystych. Trwałość, równomierne zużywanie się i piękny wygląd zewnętrzny

posadzki, zależą w stopniu wysokim od użycia cegły o krawędziach równych, niewyszczerbionych. Podczas przewozu cegły i w czasie roboty należy przeto przedsięwziąć odpowiednie środki ostrożności, w celu zapobieżenia uszkodzeniu krawędzi. Nadto, dla równomiernego zużywania się posadzki, jest niezbędnem, ażeby cegły miały możebnie jednakową twardość i jednakową wytrzymałość.

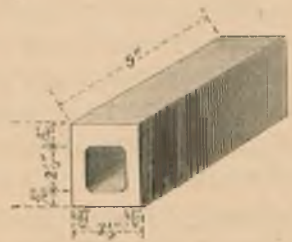
Cegły dziurowane do posadzek mają w przekroju często kształt uwidoczony na rys. 40; mają one z jednej strony wpust, z drugiej wypust, tak iż zachodzą jedna w drugą. W domu mieszkalnym wzorowym dla czterech rodzin robotniczych, wzniesionym na wystawie powszechnej w Londynie 1851 r., oraz w innych domach mieszkalnych, wzniesionych w Anglii przez towarzystwo dla polepszenia bytu robotników, posadzki wykonane były z cegieł pustych, mających po 9" dług., $4\frac{1}{3}$ " szer. i $3\frac{1}{2}$ " grub., układanych już to na rąb, już to na płask, przyczem grubość ścianki górnej wynosi najmniej $1\frac{1}{4}$ ", grubość zaś pozostałych trzech ścianek po $\frac{3}{4}$ " (rys. 41 i 42). Pogrubienie ścianki górnej, bez względu na



Rys. 40.



Rys. 41.

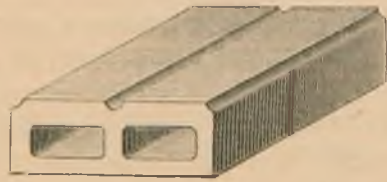


Rys. 42.

to czy cegła ustawiana jest na rąb, czy też układana jest na płask, wpływa na zwiększenie trwałości i wytrzymałości posadzki. Wyrabiane są także podobne cegły kwadratowe (rys. 43) i sześciokątne, a nadto cegły kwadratowe ze żłobkami podłużnymi (rys. 44), odpowiednie dla posadzek w stajniach. W tych ostatnich ceglach, grubość ścianki górnej wynosić winna przynajmniej $1\frac{1}{2}$ ".



Rys. 43.



Rys. 44.

Posadzki z cegły pustej są z pośród posadzek kamiennych najcieplejsze i najbardziej suche. Często cegły puste w posadzkach mogą służyć także do sztucznego ogrzewania pomieszczeń, np. w cieplarniach (oranżeryach).

Cegły i płyty posadzkowe używane są głównie na posadzki w kuchniach, sieniach, pralniach i t. p. Płyty z gliny palonej do posadzek wyrabiane są w rozmaitych kształtach i wielkościach, oraz we wszystkich odcieniach barw gliny palonej, a więc: białe, żółte, brunatne, czerwone, czarne, co daje możliwość układania posadzek wzorzystych. Najpowszechniej płyty takie mają kształt kwadratu, sze-

ściokąta lub ośmiokąta. Płyty kwadratowe miewają od 120 do 450 *mm* długości i szerokości, przy 45—75 *mm* grubości.—W Królestwie Polskiem, z mocy postanowienia Namiestnika z d. 30 lipca 1816 r., cegły posadzkowe winny mieć po 12 cali nowopolskich długości i szerokości i 3 cale grubości. Obecnie jednak w cegielniach Królestwa wyrabiane są także płyty posadzkowe kwadratowe innych wymiarów, a zwłaszcza 8". 8". 2" i 10". 10". 4", oraz *płatówki posadzkowe* dziurowane 455 *mm* dług., 250 *mm* szer. i 70 *mm* grub. z 4-a otworami podłużnymi poziomymi, wreszcie cegły posadzkowe dziurowane $9\frac{3}{8}$ " . $9\frac{3}{8}$ " . $2\frac{3}{4}$ ".—Nadto wyrabiane są z gliny palonej płyty posadzkowe napuszczane masą (inkrustowane), o których poniżej będzie mowa.

7) *Cegły do stropów*. Pułapy w stajniach niejednokrotnie w czasach nowszych wykonywano z cegły pustej. Pułapy takie mają niepoślednie zalety: są lekkie i ciepłe, a przy prawidłowem wykonaniu, są tak szczelne, iż przedostawanie się wyciewów jest niemożliwe. Nadto cegły puste chronią belkowanie pułapu od gnicia. Dwa typy takich pułapów uwidocznione są na rys. 45 i 46. Każdy z tych



Rys. 45.



Rys. 46.

stropów składa się z dwu cegieł, pomiędzy którymi umieszczony jest klin, mający tu poniekąd takie same znaczenie, jak zwornik w sklepieniu. Cegły zaopatrzone są u góry w wypusty, wchodzące w odpowiednie wycięcia w belkach. Ścianka dolna cegły zakończona jest wyskokiem, służącym do przytrzymywania płytek z gliny palonej, pokrywających powierzchnie spodnie belek. Te płytki, o grubości 25 *mm*, zakładane być winny na zaprawie cementowej. Stosuga środkowa pomiędzy ceglami stropu zapełniona być winna również zaprawą cementową. Odległość pomiędzy belkami jest zależną oczywiście od długości cegły i winna być ściśle zachowana. Cegły, o których mowa, wyrabiane są najczęściej dla odległości pomiędzy belkami w świetle 450 *mm*, rzadziej dla odległości 575 *mm*.

Do stropów na belkach żelaznych wyrabiane są cegły dziurowane typów uwidoczonych na rys. 47—56. Stropy z takich cegieł są dostatecznie wytrzymałe, a nie przepuszczają wilgoci, wyciewów ani szmeru.



Rys. 47.



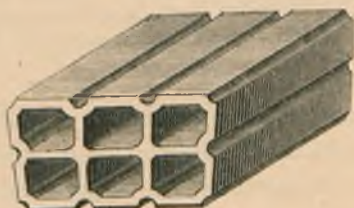
Rys. 48.



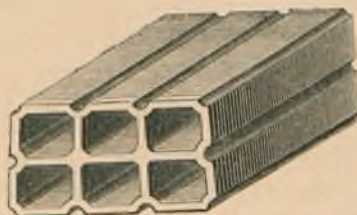
Rys. 49.



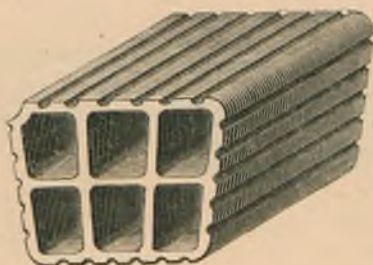
Rys. 50.



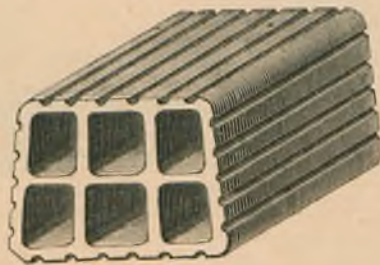
Rys. 51.



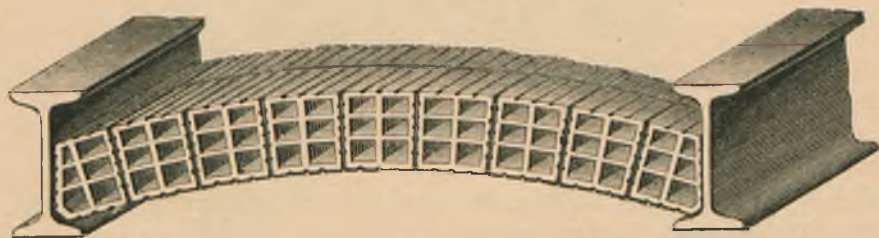
Rys. 52.



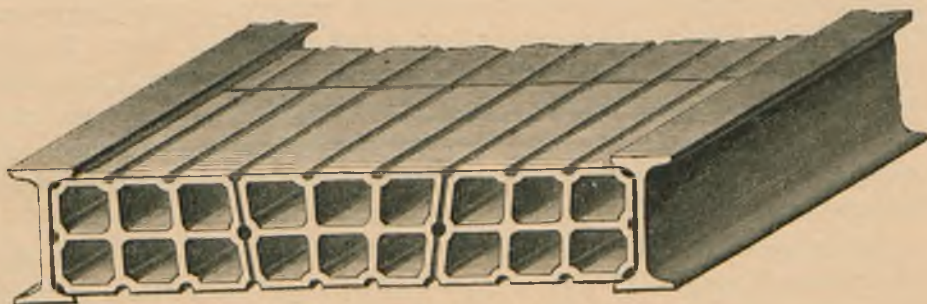
Rys. 53.



Rys. 54.



Rys. 55.

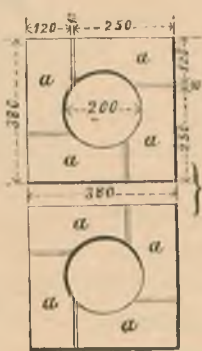


Rys. 56.

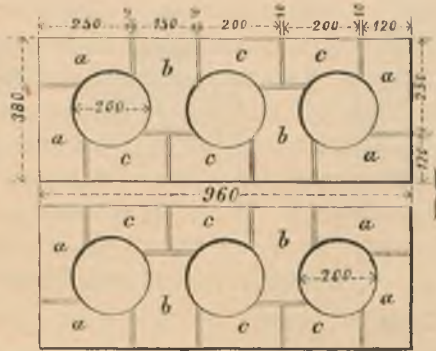
8) *Cegły kominowe (kominówki) i piecowe (piecówki)* (fr. briques cheminées; n. Ofenkanalziegel). *Kominówki* zwykle, służące do kanałów dymowych kwadratowych lub prostokątnych, mają zazwyczaj wymiary takie same jak cegła zwyczajna, albo też nieco mniejsze (230 . 80 . 65 mm). Cegły do kanałów dymowych okrągłych wyrabiane są w rozmaitych kształtach, przyczem mają grubość równą grubości cegły zwyczajnej, a z jednej strony, w środku lub w narożniku, opatrzone są w wcięcia koliste o promieniu równym promieniowi kanału dymowego (rys. 57). Inny typ cegieł do kanałów dymowych okrągłych uwidoczniiony jest w układzie dla jednego kanału na rys. 58, w układzie zaś dla kilku kanałów na rys. 59; przyczem dla kilku kanałów potrzebne są, oprócz cegieł *a*, takich samych jak dla jednego kanału, także łączniki *b*



Rys. 57.

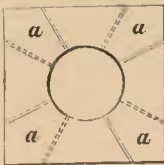


Rys. 58.

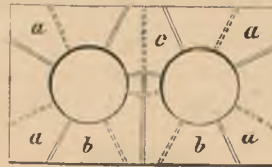


Rys. 59.

z wycięciami z dwóch stron, oraz krótsze cegły boczne *c*. Moller radzi dla kanałów dymowych pojedynczych stosować cegły kształtu *a* (rys. 60); przyczem dla dwóch lub kilku kanałów obok siebie się znajdujących, zachodzi potrzeba użycia jeszcze łączników kształtu *b* i *c* (rys. 61). — Bez względu na kształt cegły, niezbędnem jest, ażeby cegły dawały prawidłowe wiązanie i ażeby spoiny pionowe (stosugi) warstw nad sobą leżących, odpowiednio się wymijały.



Rys. 60.



Rys. 61.

Cegły do kominów okrągłych oddzielnie stojących mają w planie kształt części pierścienia kołowego, a grubość taką samą jak cegła zwyczajna. Cegły do kominów bardzo wysokich mają niekiedy grubość dwa razy większą aniżeli cegła zwyczajna, a to w celu zmniejszenia liczby spoin poziomych.

Do pieców zwykłych z cegły brane są cegły zwyczajne dobrze wypalone, o powierzchniach płaskich i krawędziach równych, albo też cegły *piecówki*, umyślnie w tym celu wyrabiane z gliny starannie oczyszczonej i zmieszanej

z piaskiem nie zbyt grubym. Piecówki nie powinny być zbyt silnie wypalane, a kształt ich winien być możebnie prawidłowy. Piecówki na ściany pieca i kanały są zazwyczaj nieco cieńsze aniżeli piecówki przeznaczone dla ogniska.

Stropy pieców piekarskich wykonywane są niekiedy z piecówki kwadratowej, mającej długość i szerokość równą długości cegły zwyczajnej, zaś grubość taką samą jak cegła zwyczajna.

9) *Cegły do kolumn okrągłych (pierścieniowe)* mają kształt części pierścienia kołowego o grubości około $4'' = 100 \text{ mm}$, którego promień zewnętrzny równa się promieniowi kolumny, zaś kąt środkowy, zależnie od wielkości promienia, wynosi od 45° do 90° .

10) *Cegła wcięta (felcowana)* (n. Falzziegel) ma kształt i wymiary takie same jak cegła zwyczajna, albo też tylko grubość taką samą, a długość i szerokość o $30\text{--}40 \text{ mm}$ większe aniżeli cegła zwyczajna, przyczem w jednym narożniku znajduje się wcięcie (felc) (rys. 62). Używa się gdy zachodzi potrzeba urządzenia wgłębienia w murze, jak np. przy futrynach drzwi i okien, oraz na warstwy wrębowe górne w studniach małych. — Takie cegły, mające długość o $30\text{--}40 \text{ mm}$ większą od długości cegły normalnej i wyprofilowane wzdłuż krawędzi dolnej końca grubszego, służą do obramowań drzwi i okien zewnętrznych (rys. 63).



Rys. 62.



Rys. 63.

11) *Cegła na studnie* (n. Brunnenziegel) czyli *studniówka* (*studniarka*), zwana także mniej właściwie *klinówką* i *cembrówką*, ma kształt części pierścienia kołowego, a służy do murów studzien okrągłych. Studniówka winna być dobrze wypalona; długość i grubość jej bywają zazwyczaj równe długości i grubości cegły zwyczajnej lub nieco większe, szerokość zaś wynosi w środku cegły $120\text{--}210 \text{ mm}$, zależnie od promienia, a winna być w ten sposób oznaczona, ażeby pewna liczba cegieł wraz z odnośnymi stosugami, tworzyła cały pierścien kołowy. — Najczęściej wyrabiane są cegły takie dla promieni $0,9\text{--}2,2 \text{ m}$.

12) *Cegła do sklepień (sklepieniówka, sklepowka)* (fr. briques en coin; n. Gewölbeziegel, Keilziegel) służy na klince sklepień, ma kształt i wymiary takie same jak cegła zwyczajna, lecz grubość jej zmniejsza się stopniowo, już to w kierunku długości (rys. 64), już to w kierunku szerokości (rys. 65). Może więc być



Rys. 64.



Rys. 65.

przyciosywana z cegły zwyczajnej na miejscu budowy, lecz lepiej jest, gdy jest wyrabiana prawidłowo w cegielni, gdyż przez to oszczędza się na robociznie i otrzymuje się spoiny równiejsze i bardziej jednolite. Nadto przyciosywanie, jak to już powyżej zaznaczyliśmy (p. str. 204), wpływa ujemnie na trwałość cegły.

Różnica pomiędzy grubością zewnętrzną a wewnętrzną jest oczywiście zależna od promienia sklepienia.

Niekiedy sklepieniówki są dziurowane w kierunku prostopadłym do płaszczyzn łuków.

13) Cegły do odachowań murów odosobnionych mają w przekroju kształty uwidocznione na rys. 66 i 67; zakładane są na rąb na zaprawę cementową; długość ich wynosi 250—280 mm, szerokość 75—100 mm, grubość w końcu cieńszym 75—100 mm, w końcu grubszym zaś 110—130 mm; wyskok wynosi 30—60 mm. W powierzchni spodniej znajduje się wyżłobienie. Wyrabiane są nadto także cegły dwuspadkowe pełne (rys. 68), oraz dziurowane (rys. 69 i 70).



Rys. 66.



Rys. 67.



Rys. 68.



Rys. 69.



Rys. 70.

14) Cegły modelowe (cegły fasonowe, kształtówki, cegły szablonowe, profilowane). Cegły modelowe (fr. briques façonnées; n. Formsteine, Façonsteine, Chablonsteine) służą do wykonywania wysadzek i zagłębień w murze, używane są więc na ozdoby i członki architektoniczne, a zwłaszcza na gzymsy (*gzymsówki, karnesówki*), obramowania okien i drzwi (*futrówki*), narożniki pionowe (*cegły profilowane*) i t. p. Wyrabiane są według danych rysunków, w rozlicznych kształtach i wymiarach, zależnie od potrzeby.

Glina przeznaczona do wyrabiania cegły modelowej winna być dokładnie przerobiona i starannie odplawiona; do strychowania używa się form szablonowych, umyślnie na ten cel przygotowywanych, a po strychowaniu powierzchnie cegły bywają wygładzane za pomocą noża i szablonu. Cegły modelowe, z powodu zmiennej ich grubości, okazują podczas suszenia i wypalania większą skłonność do odkształceń, aniżeli cegła zwyczajna. Zapobiedz temu można przez odpowiedni wybór gliny, głównie jednak baczyć należy, ażeby cegły modelowe wypalane były w temperaturze możebnie jednostajnej i ażeby podczas suszenia i wypalania nie były obciążone.

W Anglii wyrabiane są cegły licowe i modelowe z gliny suchej, prasowanej pod bardzo znacznem ciśnieniem. W tym celu glina musi być sztucznie suszoną i oczyszczoną; koszty fabrykacji są więc stosunkowo znaczne i dla tego ten sposób wyrabiania cegły dotychczas nie rozpowszechnił się, pomimo, że cegły takie są ściśle, mają wygląd piękny, krawędzie ostre i powierzchnie gładkie.

Uszkodzenia znaczniejsze krawędzi zewnętrznych cegły modelowej czynią oczywiście cegłę daną niezdatną do użytku. Z tego powodu cegły modelowe przewożone są w opakowaniu ze słomy, a na miejscu budowy winny być przenoszone i zakładane ostrożnie.

Cegły modelowe są często dziurowane, przyczem gzymsówki zwykle mają otwory w kierunku poziomym, równoległym do krawędzi podłużnych, narożniki zaś—w kierunku pionowym. Liczba otworów jest zmienną, zależnie od wymiarów i kształtu cegły; w gzymsówkach zwykłych liczba otworów wynosi 1 — 2, w narożnikach zaś 5 — 7.

Wymiary cegły modelowej są zmienne, zależnie od potrzeby. Grubość cegły modelowej bywa najczęściej równą grubości cegły zwyczajnej, może jednak być i większą, lecz wtedy winna być wielokrotną grubości cegły zwyczajnej, zwiększoną o grubość odnośnych spoin poziomych. Cegła modelowa o grubości podwójnej winna więc mieć grubość równą dwa razy wziętej grubości cegły zwyczajnej, zwiększoną o grubość jednej spoiny; cegła modelowa o grubości potrójnej winna mieć grubość równą trzy razy wziętej grubości cegły zwyczajnej, zwiększoną o grubość dwóch spoin i t. d. — Również długość i szerokość cegły modelowej, winny być oznaczone w ten sposób, ażeby cegła ta dawała prawidłowe wiązanie z cegłą zwyczajną. Stąd wynika, że wszystkie trzy wymiary cegły modelowej są bezpośrednio zależne od wymiarów cegły zwyczajnej. Z tego powodu wymiary cegieł modelowych (rys. 71 — 89) wyrażone zostały za pomocą odnośnych wymiarów długości l , szerokości b i grubości h cegły zwyczajnej, przyczem grubość spoiny pionowej oznaczono przez s . Zauważyć jednak należy, że jeżeli cegła licowa, ma wymiary nieco większe aniżeli cegła zwyczajna (p. str. 203), to głośki w rys. 71 — 89 wyrażają odnośne wymiary cegły licowej, a nie zwyczajnej.

Najpospolitsze i najczęściej w zastosowaniu powtarzające się kształty cegły modelowej są następujące :

a) *Ukosy* czyli cegły o jednym narożniku ściętym, najczęściej pod kątem 45° , niekiedy także pod kątem 30° lub 60° , wyrabiane są głównie w dwu typach: mniejsze (dziewiątkowe) (rys. 71) i większe (normalne) (rys. 72).

b) *Cegły do ośmiokątów* (rys. 73), najczęściej dziewiątkowe, o dwu ścięciach, schodzących się pod kątem prostym.

c) *Cegły profilowane do narożników*, dziewiątkowe, a zwłaszcza: *ślóbek* (rys. 74), *ćwierćwalek* (rys. 75), *półwalek* (rys. 76) i *podkówka* (rys. 77 i 78).

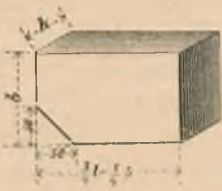
d) *Gzymsówki zwykłe*, o długości normalnej, a zwłaszcza: *ukos* (rys. 79), *ćwierćwalek* (rys. 80), *ślóbek* (rys. 81), *półwalek* (rys. 82 i 83), *półwalek swichnięty* (rys. 84 i 85), *piętka* (rys. 86) i *okapek* (rys. 87, 88 i 89).

Do gzymsówek uwidoczonych na rys. 79 — 89 wyrabiane są także odpowiednie narożniki o szerokości b , których długość, po potrąceniu profilu, jest równa długości połówek: $0,5(l - s)$, lub dziewiątek: $0,75l - 0,25s$.

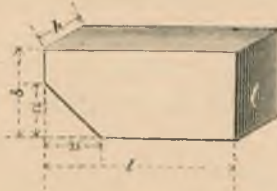
Wszystkie te cegły modelowe są wyrabiane już to jako cegły pełne, już to jako cegły dziurowane, z otworami równoległymi do powierzchni profilowanej.

Do gzymsówek należą także *platówki gzymsowe*, t. j. płyty kwadratowe i prostokątne różnej grubości oraz rozmaitych wymiarów długości i szerokości, z jednym lub dwoma narożnikami ściętymi.

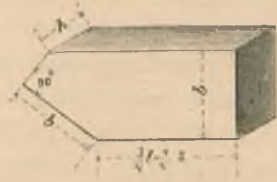
Podane powyżej typy cegieł modelowych, są przygotowywane w każdej cegielni większej na zapas. Nadto wyrabiane są na zamówienie, według danych rysunków lub modeli, cegły o kształtach bardziej złożonych i o wymiarach większych, a także części kolumn, głowice (kapitele), płyty z ozdobami wypukłymi,



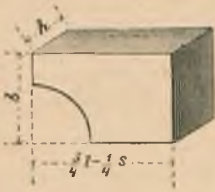
Rys. 71.



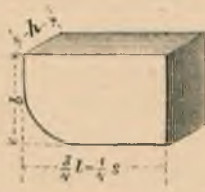
Rys. 72.



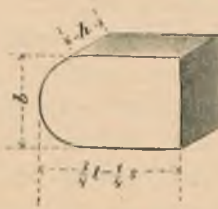
Rys. 73.



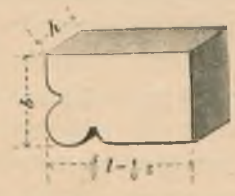
Rys. 74.



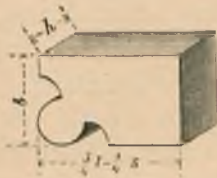
Rys. 75.



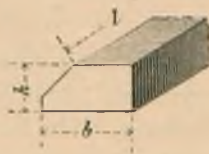
Rys. 76.



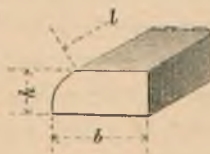
Rys. 77.



Rys. 78.



Rys. 79.



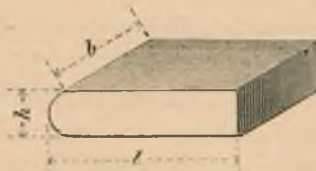
Rys. 80.



Rys. 81.



Rys. 82.



Rys. 83.



Rys. 84.



Rys. 85.



Rys. 86.



Rys. 87.



Rys. 88.



Rys. 89.

wsporniki (konsole), figury i t. p., lecz wyroby te zaliczane są już zazwyczaj do wyrobów terrakotowych, o których poniżej będzie mowa.

15) Klinkier (cegła wodotrwała). *Klinkier* (fr. brique hollandaise; n. Klinker) jest to cegła, która w całej swej masie została stopiona i zeszlona, a wskutek tego nie przepuszcza cieczy i wyróżnia się znaczną twardością. Odlam klinkra ma wygląd zbity, szklisty, muszlowy; do języka nie przylega; nożem nie daje się rysować.

Klinkry wyrabiane są z gliny wapnistej, łatwo topliwej, t. j. zawierającej substancją gliniastą topiącą się przy nie zbyt wysokiej temperaturze. Własność tę posiadają gliny zawierające odpowiednią ilość ciał łatwo topiących się. Przejście ze stanu twardego do stanu ciekłego winno być powolne i stopniowe, tak, iż glina przekształca się najprzód na ciasto, którego gęstość stopniowo maleje, zanim wytworzy się stan ciekły. Warunek ten jest niezbędny dla zapobieżenia odkształceniom cegły, nieuniknionym przy nagłym przejściu gliny ze stanu stałego do stanu ciekłego. To też do glin zbyt prędko topiących się, dodawane są ciała trudno topliwe, ziarniste, jako to: piasek kwarcowy, mąka ceglana i t. p., których ilość w stosunku do ilości substancji gliniastej, zawartej w danej glinie, winna być za pomocą prób ściśle oznaczona. Również w celu zapobieżenia odkształceniom cegły, klinkry winny być wypalane w temperaturze możebnie jednostajnej, najlepiej w piecach gazowych, a podczas wypalania nie powinny być obciążane.

Z powodu trudności połączonych z wyrobem klinkrów prawdziwych, których cała masa winna być stopiona, wyrabiane są także tak zwane *półklinkry*, które tylko w warstwach zewnętrznych do pewnej głębokości są zeszlone, gdy tymczasem wewnątrz znajduje się masa porowata. Te warstwy zewnętrzne, zeszlone, stanowią powłokę ochronną nieprzemakalną. O ile więc powłoka ta jest szczelną, bez rys i pęknięć, to półklinkry czynią zadość warunkom cegły wodotrwałej, a przytem mają zazwyczaj kształt więcej prawidłowy aniżeli klinkry. Skoro jednak powłoka zostanie uszkodzoną, to oczywiście woda przez miejsce uszkodzone znajduje przystęp do wnętrza półklinkra, a zamarzając rozsadza cegłę. To też odporność półklinkrów na działanie mrozu jest najczęściej niedostateczną.

Klinkry należą w ogóle do cegieł formatu mniejszego; bardzo odpowiedniemi są wymiary: długości 210 *mm*, szerokości 100 *mm* i grubości 55 — 60 *mm*; niekiedy wymiary są większe i wynoszą: 220—240 *mm* długości, 105—115 *mm* szerokości, 55—60 *mm* grubości.

W Holandyi, Normandyi, ks. Oldenburgskiem, na Węgrzech i w Kroacyi klinkry używane są na bruki w miastach i wsiach, oraz do budowy dróg publicznych, t. zw. „dróg klinkrowych“. Takie drogi okazały się bardzo trwałe, zużywają się równomiernie i powoli, nie dają kurzu; to też bruki klinkrowe znalazły zastosowanie w kilku większych miastach, zwłaszcza w Monachium, Wiedniu, Berlinie i Peszcie. — Klinkry na bruki, znane są w handlu także pod nazwą „bazaltów sztucznych“ (n. Kunst-Basaltstein); mają one zazwyczaj 200 *mm* długości, 100 *mm* szerokości i 100 — 150 *mm* grubości, gdy tymczasem klinkry do burtów mają 470 *mm* dług., 180 *mm* szer. i 120 *mm* grubości. — Takież klinkry mniejsze, mające 200 *mm* dług., 100 *mm* szer. i 70—80 *mm* grub., uży-

wane są na posadzki w stajniach. — Płyty klinkrowe kwadratowe, mające po 200 *mm* długości i szerokości przy 56 — 70 *mm* grubości, używane są na chodniki oraz na posadzki w bramach i sieniach. Z masy klinkrowej wyrabiane są także rynny, zlewy, miski pod rynny i t. p. — Nadto klinkry używane są do robót wodnych.

Wyrabiane są także licówki klinkrowe małe, bardzo pięknej i jednostajnej barwy. Licówki takie o powierzchniach gładkich, krawędziach prostych i ostrych, służą do wykładania powierzchni zewnętrznej murów.

Klinkry, przed użyciem, winny być wystawione na działanie czynników atmosferycznych przez jedną zimę, poczem do roboty brać należy tylko cegły całkiem nieuszkodzone.

Zaprawa trzyma się powierzchni zeszlonych klinkra mocno, lecz winna być gęstszą aniżeli dla cegły zwyczajnej, gdyż klinkier nie pochłania wody.

Klinkry należy odróżniać od zendrówek (p. str. 199), które są tylko na powierzchni spiekłe i zeszlone, wskutek przepalenia się w piecu. U nas, w Królestwie, pod nazwą „klinkru“, sprzedawane są nie tylko klinkry rzeczywiste, ale także półklinkry, pochodzące przeważnie z Prus, oraz zwykle zendrówki.

16) Cegła ogniotrwała (ogniówka, szamotka, trzopówka). *Cegła ogniotrwała* (fr. brique réfractaire; n. feuerfeste Ziegel, Chamotte-Ziegel) ma zazwyczaj kształt taki sam jak cegła zwyczajna, a wyróżnia się znaczną odpornością na działanie wysokiej temperatury ognisk. Używana jest na stropy palenisk większych wszelkiego rodzaju, oraz do wykładania od wewnątrz murów palenisk.

Cegły ogniotrwałe wyrabiane są z glin ogniotrwałych, zwłaszcza zaś z gliny porcelanowej (kaolinu) i gliny fajkowej. Że jednak cegły ogniotrwałe winny za dość czynić rozlicznym wymaganiom, przeto ogniotrwałość nie jest bynajmniej jedyną własnością gliny odpowiedniej dla takiej cegły. Przy wyborze gliny bowiem należy nadto uwzględnić, czy cegła wystawiona będzie tylko na działanie temperatur wysokich lecz równomiernych, czy też na temperatury zmienne, nagle oziębienia i t. p., a nadto czy cegła podlegać będzie silnym uderzeniom i wstrząśnieniom, wreszcie czy wystawioną będzie na działanie par alkalicznych które wchodzi w związki topne ze składnikami gliny. Zależnie od tych okoliczności, własności gliny odpowiedniej na szamotki, mogą być bardzo rozmaite.

Ogniotrwałość gliny zależy głównie od jej czystości. Z tego powodu jest niezbędnem, ażeby glina na cegły ogniotrwałe, była starannie oczyszczona i czysto utrzymywana. Gliny czyste są jednak przeważnie bardzo tłuste, a w skutek tego cegły z gliny czystej wypalone, są wprawdzie ogniotrwałe, lecz podczas ochładzania łatwo pękają. Z tego powodu do glin takich dodawane są ciała nieplastyczne, sproszkowane. Przy wyrabianiu cegły, mającej wytrzymywać temperatury nie najwyższe, wystarcza przymieszka piasku kwarcowego gruboziarnistego, lub tłuczonego nie zbyt mało kwarcu białego. Skoro zaś cegła ma wytrzymywać temperatury najwyższe, to do gliny dodawana jest *szamota* czyli *piecka*, t. j. glina ogniotrwała palona i utłuczona. Taką szamotę przygotowuje się zazwyczaj ze skorup (kapsli) porcelanowych zużytych (*), z cegieł ogniotrwałych uszkodzonych,

(*) *Kapslami* (*skorupami*) nazywają się naczynia, służące do zabezpieczenia wyrobów porcelanowych w piecu od zanieczyszczenia przez popiół.

albo też z odłamków innych wyrobów ogniotrwałych z gliny palonej. Jeżeli przymieszka składa się wyłącznie z szamotki, to wytrzymałość cegły na działania chemiczne par mineralnych jest największą. Cegły ogniotrwałe zawierające kwarc, przy zetknięciu się w stanie rozżarzonym z alkaliami (np. popiołem), pokrywają się na powierzchni powłoką szklaną. — Niektóre gliny zawierają wiele węgla, który nadaje cegle zabarwienie ciemne, czarne. Gdy przymieszki takie są grube, cegła po wypaleniu jest porowatą i bardzo odporną na wpływ zmian temperatury. — Cegły wystawione na silne uderzenia i wstrząśnienia, jak w pale-niskach rusztowych, piecach wapiennych i t. p., winny być dostatecznie twarde, co jednak daje się osiągnąć tylko kosztem ogniotrwałości.

Najlepsze cegły ogniotrwałe wyrabiane są w Anglii (Ramsay, Garnkirk, Stourbridge), oraz w Szwecyi (Högenäs); o wiele gorsze są cegły ogniotrwałe niemieckie i nasze.

Cegły ogniotrwałe mają barwę białawo-szarą lub żółtawo-szarą i odłam miałko-ziarnisty; są lżejsze od cegły zwyczajnej i dają się łatwiej przyciosywać.

Zaprawa do cegły ogniotrwałej musi oczywiście być także ogniotrwałą; zazwyczaj składa się z gliny zmieszanej ze znaczną ilością szamoty (*saprawa szamotowa*).

Cegły ogniotrwałe „Ramsay“ mają 9 cali długości, $4\frac{1}{2}$ cala szerokości i $2\frac{1}{2}$ cala grubości (= 229 . 114 . 64 mm).

2. Dachówka.

Cegła palona zastępuje w murach kamień naturalny; *dachówka* (fr. tuile; n. Dachziegel, Dachstein) zaś z gliny palonej, zastępuje łupek i inne materiały rodzime, służące do krycia dachów. Wobec tego dachówka winna być lekka, ażeby nie obciążać zbytecznie dachu; winna być odporną na wpływy czynników atmosferycznych, gdyż na wpływy tych czynników jest bezpośrednio wystawiona; winna być dostatecznie wytrzymałą, ażeby nie łamać się pod uderzeniem gradu; winna mieć możebnie małą porowatość, ażeby woda nie mogła przez nią przesiąkać; winna mieć kształt taki, ażeby woda deszczowa nie mogła się przedostawać przez spojenia do wnętrza dachu; wreszcie winna stale zachowywać właściwy sobie kształt, gdyż wszelkie spaczenia ujemnie wpływają na szczelność połączeń. Stąd wynika, że dachówki winny być wypalone mocno i twardo z gliny wyborowej, możebnie czystej i starannie odplawionej. — Pod względem kształtu zaś rozróżniane są głównie następujące gatunki:

1) *Karpiówka* czyli *dachówka płaska (zwyczajna)* (fr. tuile plate; n. Bieber-schwanz, Flachziegel, Ochsenzunge) ma kształt płyty, której szerokość jest zawsze znacznie mniejszą od długości. Od spodu, w środku jednej z krawędzi krótszych, znajduje się t. zw. *piętka* czyli *dziobek (nosek)* (fr. crochet; n. Nase, Hacken), t. j. wyskok służący do zawieszania dachówki na łacie; gdy tymczasem krawędź przeciwną karpiówki może być albo prostą, albo łukową (rys. 90), albo wreszcie łamaną (rys. 91, 92 i 93). Wierzch karpiówki jest najczęściej całkiem płaski, niekiedy zaś opatrzone w bruzdy, rozchodzące się od krawędzi górnej w obie strony, dla tem lepszego odprowadzania wody deszczowej.

Wymiary karpiówki bywają rozmaite. Długość jej winna być oznaczona w ten sposób, ażeby przy kryciu podwójnem, zachodziła na trzecią dachówkę przynajmniej na 70 *mm*, lub, co lepiej, na 90 *mm*. Najczęściej wyrabiane są karpiówki o długości 350 — 480 *mm* i szerokości 150 — 180 *mm*, przy grubości 13 — 25 *mm*. W Prusach przepisane są dla budynków rządowych wymiary: 365 . 155 . 12 *mm*. W Rosyji przyjęte są wymiary: 10 werszków (=445 *mm*) długości i 4 werszki (=178 *mm*) szerokości, przy $\frac{1}{2}''$ — $1\frac{1}{3}''$ (= 13 — 34 *mm*) grubości.—W Królestwie Polskiem, z mocy postanowienia Namiestnika z d. 13 lipca 1816 r., karpiówka winna mieć 15 cali n.-p. (=360 *mm*) długości, $7\frac{1}{2}$ cala n.-p. (=180 *mm*) szerokości i $\frac{3}{4}$ cala n.-p. (= 18 *mm*) grubości.



Rys. 90.



Rys. 91.



Rys. 92.



Rys. 93.

Półkarpiówka (fr. tuile gironnée; n. halber Bieberchwanz) ma kształt taki sam jak karpiówka, lecz szerokość dwa razy mniejszą; służy do uzupełniania szeregów w krawędziach dachu.

2) Gąsior (fr. tuile faitière; n. Firstziegel, Hohlziegel) ma kształt części rury stożkowej (rys. 94), o kącie środkowym 150°; służy do zakrywania grzbietów i krawędzi dachu krytego karpiówką. Zazwyczaj ma 350—400 *mm* długości, 160 *mm* szerokości średniej i 20 *mm* grubości.



Rys. 94.

Dawniej gąsiorzy używane były do krycia dachów, przyczem układano je obok siebie w szeregi (rys. 95), a krawędzie każdego dwóch szeregów przykrywano gąsiorami mniejszemi. W tym układzie gąsiorzy większe, spodnie, zwano *lotoczkami* albo *koszówkami*, mniejsze zaś, górne — *gąsiorkami*.



Rys. 95.

3) Dachówka holenderska (holenderka) czyli *flamandzka*, zwana także *osówką* (fr. tuile flamande; n. Fittigziegel, Dachpfanne, doppelte Hohlziegel), obecnie już rzadziej stosowana, ma w przekroju poprzecznym kształt głoski leżącej S (rys. 96); opatrzona jest od spodu piętka do zawieszania na łacie. Zazwyczaj ma 320 — 420 *mm* długości, 220 — 280 *mm* szerokości i 13 — 25 *mm* grubości.



Rys. 96.

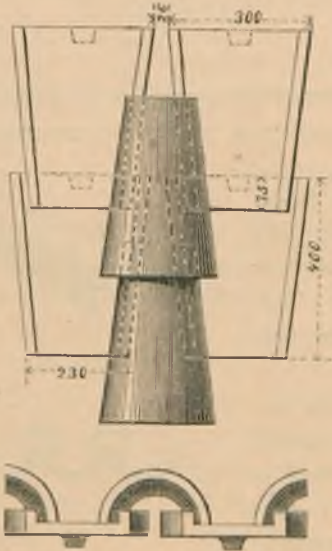
W Królestwie Polskiem, z mocy postanowienia Namiestnika z d. 13 lipca 1816 r., holenderki winny mieć 17 cali n.-p. (= 408 *mm*) długości, 9 cali n.-p. (=216 *mm*) szerokości i $\frac{3}{4}$ cala n.-p. (= 18 *mm*) grubości.

4) *Załamanka* (fr. tuile plate recourbée; n. doppelte Schlussziegel, Breitziegel) kształtem zbliżona jest do holenderki, gdyż ma także brzegi w przeciwne strony wywinięte, jest jednak w części środkowej płaską (rys. 97). Od spodu opatrzona jest piętka. Zazwyczaj ma 350 mm długości, 250 mm szerokości i 12 — 20 mm grubości.



Rys. 97.

5) *Dachówka rzymska (włoska)* (fr. tuile romaine à rebord; n. römische Dachpfanne) jest najdawniejszą dachówką; daje pokrycie szczelne lecz nieco ciężkie. Dachówka rzymska ma kształt trapezu z załamaniami do góry pod kątem prostym brzegami (rys. 98), które przykrywane są gąsiorami. Długość dachówki wynosi 370 — 400 mm, grubość — 20 mm, szerokość u góry — około 300 mm, u dołu — około 230 mm, przy zakładce na 75 mm. Wysokość załamanych brzegów = 24 mm. Od spodu dachówki znajduje się piętka do zawieszania na łącie. Niekiedy brzegi nie są załamane pod kątem prostym lecz wywinięte łukowo (rys. 99).



Rys. 98.



Rys. 99.



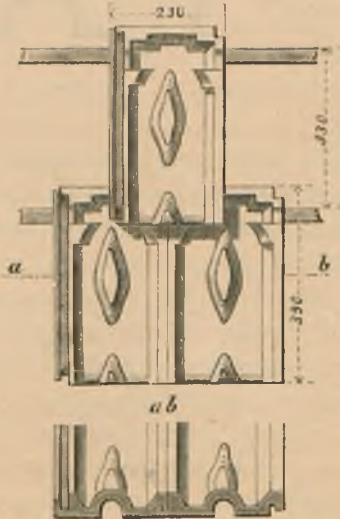
Rys. 100.

Odmianą dachówki rzymskiej jest *dachówka krempowana* (n. Kremptziegel) (rys. 100) z jednym brzegiem załamanym pod kątem prostym i drugim wywiniętym w kształt gąsiora, przyczem oddzielne gąsioro do przykrywania brzegów są zbyteczne.

6) *Dachówka z zakładką (felcowana)* czyli *francuska* (fr. tuile à recouvrement; n. Falzziegel) jest najdoskonalszą z dachówek. Wzdłuż jednej krawędzi podłużnej znajduje się wpust, zaś wzdłuż krawędzi przeciwległej znajduje się wypust; przyczem wypust każdej dachówki przystaje dokładnie do wpustu każdej innej dachówki tego samego kształtu. Dachówki takie dają więc połączenia szczelne

nawet gdy są układane na sucho, t. j. bez podrzutki wapiennej, o ile tylko dachówki nie są wichrowate. Każda dachówka ma od spodu piętkę lub dwie piętki do zawieszania na łacie. Najczęściej dachówki francuskie mają 390 mm długości i 230 mm szerokości; ciężar jednej dachówki wynosi 2,75 — 3,00 kg.

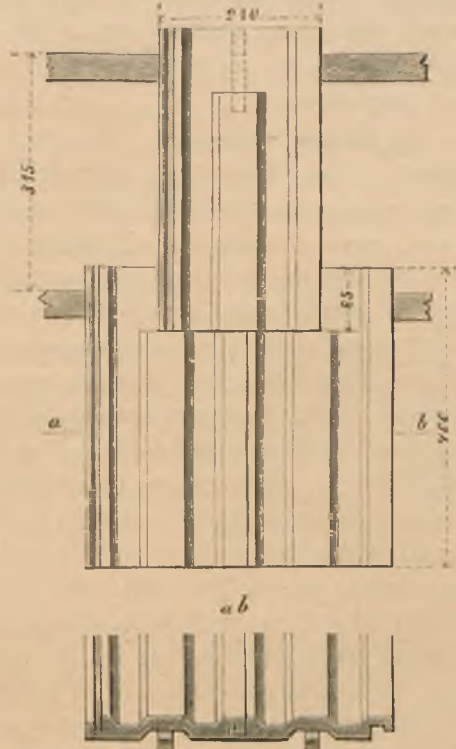
Dachówki francuskie wyrabiane są w bardzo licznych odmianach. Jednym z najodpowiedniejszych jest typ dachówki uwidoczniiony na rys. 101. Ozdoby



Rys. 101.



Rys. 103.



Rys. 102.

wypukłe na tych dachówkach służą nie tylko do upiększenia dachu, lecz także, i to głównie, do właściwego odprowadzania wody deszczowej. Bardzo dobrym i przez liczne zastosowania wypróbowanym jest typ uwidoczniiony na rys. 102; ciężar takiej dachówki wynosi 2,44 kg (= 6 funtów), a gąsiora odpowiedniego 3,3 kg (= 8 funtów). Ażeby utrudnić przechodzenie śniegu przez spojenia poziome, wyrabiane są obecnie dachówki o przekroju podłużnym uwidocznionym na rys. 103.

7) Kwadratka (fr. tuile carrée; n. Quadratziegel, Geviertziegel), i **dachówka sześciokątna**. **Kwadratka** (rys. 104) ma kształt płytki kwadratowej z piętką w jednym narożniku, wskutek czego jedna przekątna jest równoległą, a druga prostopadłą do łąty. Przez obcięcie dwóch narożników otrzymuje



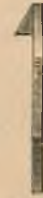
Rys. 104.

się *dachówkę sześciokątną* (rys. 105). Zamiast piętki znajduje się niekiedy otwór dla przybijania dachówki gwoździem do łąty lub do deski szalowania.

8) *Dachówki z wylotami* (n. Kappziegel, Kaffziegel) mają kształt płyt, dwa lub trzy razy szerszych aniżeli karpiońka, z dwiema piętkami do zawieszania (rys. 106) i wylotem stożkowym u krawędzi dolnej lub w pośrodku. Zastępują miejsce okienek w dachach stodół i innych zabudowań gospodarczych krytych karpiońką.



Rys. 105.



Rys. 106.

9) *Dachówki polewane*. Wszystkie dachówki, nawet dobrze wypalone, ujawniają większą lub mniejszą chłonność, wskutek czego przez dachówki, zwłaszcza nowe, woda może przesiąkać. Przesiákanie to wody ustaje wprawdzie po pewnym czasie, gdyż z wody przesiákającej osadza się w porach dachówki mułek, który po stężeniu czyni dachówkę nieprzemakalną, lecz mułek ten osadza się także na powierzchni dachówki, a w połączeniu z pyłem i kurzem z powietrza tworzy warstewkę ziemi, zatrzymującą wilgoć, co oczywiście oddziaływa ujemnie nie tylko na wygląd, lecz także na trwałość dachówki, tem bardziej, że na takiej warstewce ziemi, rychło pojawiają się porosty i mchy. Starano się temu zapobiedz przez nasycanie dachówek szkłem wodnym, lecz środek ten okazał się niedostatecznym. Skuteczniejszą znacznie jest powłoka szklista czyli *polewa (glasura)* (fr. glaçure, émail; n. Glasur). Polewy wyrabiane są w rozmaity sposób, a mogą być trwałe tylko wtedy, gdy nie są zbyt gęste i gdy współczynnik rozszerzalności polewy jest taki sam jak danej dachówki; w razie przeciwnym bowiem już podczas wypalania, albo też później pod wpływem zmian temperatury, pojawiają się w polewie rysy włoskowate, przez które woda przesiáka. Skoro zaś woda nasyci wnętrze dachówki, to podczas zimy zamarzając, może spowodować nie tylko pęknięcie i łuszczenie się polewy, lecz także zniszczenie dachówki. Obecnie w wielu bardzo fabrykach wyrabiane są dachówki polewane, odznaczające się niepospolitą trwałością.

Przez przymieszkę różnych związków tlenowych metali można wyrabiać polewy rozmaitej barwy. Najczęściej dachówki polewane mają barwę szarą, żółtą, brunatną, czerwoną, niebieską, albo czarnawą. Dzięki temu można z dachówek polewanych układać pokrycia wzorzyste, co nie mało przyczynia się do ożywienia i upiększenia powierzchni krytych.

3. R u r y.

Rury zwyczajne z gliny palonej zależnie od celu, do którego służą, wyrabiane są głównie w typach następujących:

1) *Rury drenowe (dreny)* czyli *sączki* (fr. tuyaux de drainage; n. Drainröhren), mają kształt walca pustego, o średnicy wewnętrznej od 30 do 150 mm, przyczem grubość ścianki wzrasta stopniowo od 8 do 50 mm. Rury drenowe, których

średnica wewnętrzna nie przekracza 100 *mm*, mają zazwyczaj 300 *mm* długości, zaś rury drenowe o średnicy wewnętrznej większej aniżeli 100 *mm* mają zazwyczaj 450 *mm* długości. — W cegielniach Królestwa Polskiego wyrabiane są rury drenowe o średnicy wewnętrznej 1¼", 1½", 2", 3" i 4" przy długości 12" i o średnicy wewnętrznej 5" i 6" przy długości 18".

Rury drenowe układane są do czoła, najczęściej bez żadnego połączenia; niekiedy zaś łączone są za pomocą oddzielnych pierścieni z gliny palonej, których ścianki są znacznie cieńsze aniżeli ścianki rur drenowych. Średnica wewnętrzna tych pierścieni musi oczywiście być nieco większą od średnicy zewnętrznej rur.

Rury drenowe winny być porowate, ażeby mogły łatwo pochłaniać wodę z gruntu; niekiedy w ściankach ich urządzone są małe otworki okrągłe dla tem łatwiejszego wsiąkania wody. Że jednak wyroby porowate z gliny palonej są w ogóle nietrwałe, przeto obecnie wyrabiane są także rury drenowe mocno wypalone, mało porowate. Woda dostaje się do wnętrza rur takich głównie przez ich zetknięcia; to też rur takich nie należy łączyć pierścieniami.

2) Rury do odprowadzania wody, ścieków, gazów i t. p. Rury z gliny palonej mające służyć do odprowadzania wody, ścieków, gazów i t. p. winny czynić zadość następującym wymaganiom: a) kształt winny mieć taki, ażeby mogły być szczelnie łączone z sobą i dogodnie układane bez uszczerbku dla ich wytrzymałości i szczelności połączeń; b) winny być nieprzepuszczalne dla wody i gazów, oraz odporne na działania chemiczne wody, kwasów i różnych gazów; c) winny mieć dostateczną wytrzymałość na ciśnienia od wewnątrz i zewnątrz; d) winny być możebnie lekkie, a tem samem ścianki ich winny być o tyle cienkie, o ile to jest możebne ze względu na wymagany stopień wytrzymałości; e) nie winny być spazzone ani popękane.

Rury te mają w przekroju poprzecznym najczęściej kształt pierścienia kołowego, rzadziej kształt inny, np. kształt pierścienia owalnego, jajowatego i t. p. Rury, o przekroju poprzecznym kształtu pierścienia kołowego, mają od 100 do 330 *mm* średnicy wewnętrznej i od 300 do 600 *mm* długości. — W cegielniach Królestwa Polskiego wyrabiane są rury takie o średnicy wewnętrznej 4" i długości 12", o średnicy wewnętrznej 5" i długości 12" i 18", oraz o średnicy wewnętrznej 6", 7" i 9" i długości 18". — Rury z gliny palonej o średnicy większej aniżeli 250 *mm* obecnie rzadziej już są wyrabiane, gdyż z powodu trudności połączonych z wyrabianiem rur większych, dostatecznie wytrzymałych i niespazzonych, cena ich jest stosunkowo wysoka, wskutek czego nie znajdują odbytu. To też w razie potrzeby zastosowania rur większych oddaje się pierwszeństwo rurom betonowym, kamionkowym i metalowym (żelaznym).

Jakkolwiek rury z gliny palonej są kruche i mają wytrzymałość stosunkowo małą, to jednak są one w wielu wypadkach niezbędnym niemal materiałem, a to głównie z powodu znacznej ich odporności na wpływy czynników chemicznych. W porównaniu z rurami drewnianymi mają one tę wyższość, że trudniej się zanieczyszczają, a w porównaniu z rurami metalowymi — że są odporniejsze na działania chemiczne wody, kwasów i różnych gazów. Przytem cena rur glinianych, o nie zbyt wielkiej średnicy, jest niższą aniżeli rur żelaznych.

Rury przeznaczone do odprowadzania wody, ścieków, gazów i t. p. muszą oczywiście, ze względu na swe przeznaczenie, być nieprzepuszczalnemi dla wody i gazów. Cel ten można osiągnąć wypalając rury aż do zupełnego przetopienia się masy i wtedy otrzymuje się rury kamionkowe (klinkrowe), o których poniżej będzie mowa. Wyrabiane są także rury półklinkrowe, t. j. wypalone tylko do spieczenia i zeszklenia się warstwy zewnętrznej. Rury zwyczajne, a tylko o tych w ustępie niniejszym jest mowa, wypalane są mocno w zwykłych piecach ceglarskich z gliny bardzo starannie oczyszczonej i przerobionej, a że rury takie są chłonne, przeto dla uczynienia ich nieprzepuszczalnemi dla wody i gazów, opatrzone są od wewnątrz, często także od zewnątrz, polewą (glazurą).

Ponieważ rury, o których mowa, wytrzymują ciśnienia tylko niewielkie, przeto jako rury wodociągowe mogą być używane jedynie dla wzniesień małych; do wzniesień znaczniejszych zaś brane są rury żelazne.—Pod ziemią rury gliniane zakładane być winny o tyle głęboko, ażeby nie pękały pod wpływem wstrząśnień wywoływanych przez przejeżdżające na powierzchni ziemi wozy.

W celu dogodnego łączenia z sobą rur z gliny palonej, wyrabiane są one głównie w trzech odmianach:

a) Rury zewężające się stożkowo od jednego końca ku drugiemu, tak, że koniec węższy jednej rury może być wsunięty w otwór końca szerszego drugiej rury. Przy układaniu takich rur baczyć należy, ażeby kierunek biegu wody szedł od końca szerszego ku końcowi węższemu.

b) Rury o średnicy jednostajnej są łączone za pomocą oddzielnych pierścieni z gliny palonej, których średnica wewnętrzna jest nieco większą od średnicy zewnętrznej rur. Połączenia takie są szczelniejsze i trwalsze aniżeli połączenia, o których mowa powyżej sub a).

c) Rury mające na jednym końcu rozszerzenie, zwane *mufą*, dają połączenia szczelniejsze i trwalsze, aniżeli połączenia, o których mowa powyżej sub a) i b) i dla tego obecnie niemal wyłącznie są używane. Takie połączenie mufowe uwidocznione jest w przecięciu podłużnym na rys. 107.



Rys. 107.

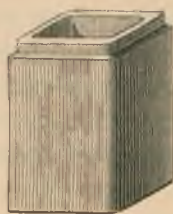
Bez względu na sposób łączenia, miejsca spojeń winny być uszczelnione za pomocą cementową z 1 cz. cementu i 1—3 cz. piasku, albo też za pomocą odpowiedniego kitu. Najpowszechniej używane są w tym celu kity ze smoły zmieszanej z wapnem niegaszonym przesianem i popiołem drzewnym, a także kity asfaltowe i olejne, oraz siarka, do której dodaje się w stosunku $\frac{1}{6}$ objętości piasek miałki albo mączkę ceglana. Przy nakładaniu kitów płynnych, gorących, baczyć należy, ażeby rury w miejscach spojeń były zupełnie suche.

Oprócz rur prostych, wyrabiane są, dla ułatwienia zmiany kierunku, rury łukowe i rury kolankowe, t. j. zgięte pod kątem, wreszcie rury z jednym odgałęzieniem i z dwoma odgałęzieniami.

3) Rury do kanałów dymowych i powietrznych (wentylacyjnych). Rury z gliny palonej służące do licowania od wewnątrz kanałów dymowych winny oczywiście być nieprzepuszczalne dla gazów i odporne na działania chemiczne gazów kominowych, nadto winny być dostatecznie wytrzymałe i nie po-

winy być spalone ani popękane. Rury do kanałów dymowych mają w przekroju poprzecznym kształt pierścienia kołowego, albo prostokąta pustego (rys. 108). Na rys. 109 uwidoczniony jest kształt rury dla kanałów w murach cienkich. Kształt prostokątny jest korzystny ze względu na dogodne łączenie rury z murem. Powierzchnia zewnętrzna rur jest zazwyczaj żłobkowana, dla tem lepszego wiązania się z zaprawą murową.

Takież rurami można licować od wewnątrz kanały powietrzne (wentylacyjne).



Rys. 108.



Rys. 109.

C) Własności ogólne wyrobów ceglarskich.

Kamienie sztuczne palone winny odznaczać się w ogóle takimi samymi własnościami zasadniczymi jak kamienie rodzime; wszystkie więc wyroby ceglarskie winny posiadać dostateczną wytrzymałość, trwałość i twardość, a zależnie od przeznaczenia wyrobu winny mieć odpowiednie kształty i wymiary, właściwą barwę i odpowiedni stopień porowatości. Własności te są oczywiście zależne od gatunku gliny, oraz od sposobu jej przerabiania i wypalania.

Własności, o których tu mowa, wymagane są w niejednakowym stopniu, zależnie od przeznaczenia wyrobu.

Znaczną wytrzymałością mechaniczną winny odznaczać się te wyroby, które mają być stale lub czasowo wystawione na obciążenia; cegły do murów i posadzek winny więc mieć znaczną wytrzymałość na ściskanie; dachówki winny być odporne na uderzenia gradu; rury winny być wytrzymałe na ciśnienia od zewnątrz i wewnątrz.

Trwałością winny odznaczać się wszystkie wyroby ceglarskie, głównie jednak te, które są wystawione na bezpośredni wpływ czynników atmosferycznych i wilgoci gruntowej, a więc cegły licowe, cegły do fundamentów i bruków, dachówki i rury.

Twardość znaczna jest wymagana głównie dla wyrobów wystawionych na zużywanie się wskutek tarcia, a więc dla cegieł do bruków i posadzek.

Jednostajność kształtów i wymiarów jest wymagana w cegle zwyczajnej tylko o tyle, o ile jest niezbędną ze względu na prawidłowe wiązanie i prawidłowe przenoszenie się obciążeń, a w rurach tylko o tyle, o ile jest niezbędną ze względu na szczelność połączeń; natomiast wymaganie to musi być znacznie obostrzone odnośnie cegły licowej ze względów estetycznych, a odnośnie dachówki zarówno ze względów estetycznych, jako też z powodu, że nawet nieznaczne odstępstwa od prawidłowego kształtu i wymiarów mogą być przyczyną nieszczelności połączeń.

Barwa cegły zwyczajnej, o ile nie jest następstwem pewnych wad wyrobu, np. niedostatecznego wypalania, jest całkiem obojętną; natomiast dla cegły licowej i dachówki, wymagania co do rodzaju i jednostajności barwy są uwarunkowane względami estetycznymi.

Porowatość jest własnością wielce pożądaną w cegle; mury albowiem z cegły porowatej sprzyjają wentylacji naturalnej, a przytem są złemi przewodnikami ciepła i dźwięku, wskutek czego pomieszczenia otoczone takimi murami są zdrowe, suche, latem chłodne, zimą ciepłe, a przytem szmery z jednego pomieszczenia do drugiego przedostają się przytłumione. Natomiast wyroby, które ze względu na przeznaczenie swoje mają być nieprzemakalne, jak klinkry (cegły wodotrwałe), dachówki, rury i cegły posadzkowe, winny odznaczać się porowatością możliwie najmniejszą.

1. Wytrzymałość.

Wytrzymałość cegły jest zależną od gatunku jej składników i stopnia ich spójności. Masa cegły składa się, jak wiadomo, z ziarn piasku połączonych, jakby spoiwem, gliną. A ponieważ w zwykłej temperaturze pieca ceglarskiego piasek nie topi się, przeto wytrzymałość takiej masy będzie oczywiście tem większą, im większą jest wytrzymałość ziarn piasku, im większą jest siła wiążąca gliny i im większymi są powierzchnie styczne pomiędzy substancją gliniastą a ziarnami piasku.

Substancja gliniasta już przed wypaleniem posiada zdolność wiązania się z ciałami nieplastycznymi; przyczem ta siła wiążąca wzrasta w miarę ulatniania się wody podczas suszenia i palenia. Po zupełnem ulotnieniu się wody siła wiążąca substancji gliniastej staje się względnie największą i wtedy spójność cząstek zależną już jest tylko od wielkości powierzchni stycznych pomiędzy substancją gliniastą a ziarnami piasku. A ponieważ im większą jest porowatość masy, tem mniejszymi są powierzchnie styczne pomiędzy substancją gliniastą a ziarnami piasku, przeto wytrzymałość masy jest w ogóle tem większą im mniejszą jest jej porowatość. Istnieje więc niewątpliwie pewna zależność wytrzymałości cegły od stopnia jej porowatości; lecz porowatość nie jest bynajmniej jedynym czynnikiem rozstrzygającym o wytrzymałości cegły. Na wytrzymałość cegły ma bowiem wpływ wybitny także siła wiążąca spoiwa (substancji gliniastej), a ta siła wiążąca jest zależną głównie od stopnia topliwości gliny i od temperatury palenia. Skoro albowiem przy dostatecznie wysokiej temperaturze pieca glina zmięknie, to wytrzymałość połączenia jej z ziarnami piasku, wskutek tworzących się związków chemicznych substancji gliniastej z krzemionką, zwiększy się znacznie, a tem samem zwiększy się wytrzymałość wyrobu. To zwiększenie wytrzymałości wyrobu okaże się jeszcze znaczniejszem, jeżeli glina po rozmięczeniu przejdzie w stan ciekły, tem bardziej, iż w tym wypadku i porowatość wyrobu będzie możebnie najmniejszą.

Najważniejszymi przeto czynnikami mającymi wpływ na wytrzymałość cegły są: porowatość i siła wiążąca substancji gliniastej, zależna od temperatury palenia i stopnia rozmięczenia gliny w ogniu. Porowatość cegły może być łatwo oznaczona na podstawie próby odręcznej, lecz wytrzymałość połączenia substancji gliniastej z ziarnami piasku nie może być oznaczona z dostateczną dokładnością z cech zewnętrznych cegły, gdyż nawet przy znanym składzie chemicznym gliny, stopień wypalenia i stopień rozmięczenia gliny w ogniu, nie może być oceniony ściśle ani z barwy i dźwięku, ani z wyglądu odłamu cegły. To też ocena dokładna wytrzymałości cegły może opierać się tylko na doświadczeniach umiędzonych, przeprowadzonych w pracowni mechanicznej, tem bardziej, iż odnośne współczynniki wytrzymałości są zmienne w bardzo rozległych granicach. Tak np. wytrzymałość na ściskanie różnych odmian cegły zwyczajnej pełnej, jest zmienną w granicach od 40 do 400 kg na cm^2 (= od 16 do 160 pudów na cal kwadr.).

Z badań nad zależnością wytrzymałości cegły od jej porowatości, można wyprowadzić następujące wnioski:

a) W ceglach o porowatości bardzo małej, nie przekraczającej 10⁰/₁₀ ciężaru (t. j. w ceglach pochłaniających wodę w ilości do 1¹/₁₀ własnego ciężaru), do których należą głównie klinkry i półklinkry, wytrzymałość na ściskanie bywa bardzo różną i jest niezależną od stopnia porowatości. Przy małych zmianach porowatości bowiem, zauważono bardzo wielkie zmiany wytrzymałości na ściskanie. W ceglach, o porach całkiem przesklepionych, wytrzymałość na ściskanie jest również zmienną w bardzo rozległych granicach i zależną głównie od własności gliny. Ponieważ w ceglach tej kategorii (klinkrach i półklinkrach) główną zaletą jest twardość, przeto zaznaczyć należy, że wytrzymałość cegły nie jest dostateczną miarą ich dobroci; często albowiem klinkry mniej twardo wypalone mają taką samą, a nawet niekiedy większą wytrzymałość, aniżeli klinkry najlepszego gatunku. A że ściśle oznaczenie twardości jest bardzo trudnem, przeto dobroć klinkrów i półklinkrów można oceniać jedynie z wyglądu odlamu. Wytrzymałość na ściskanie klinkra jest w ogóle tem większą, im odłam jest bardziej jednorodny. Jeżeli odłam pod lupą przedstawia wygląd żuźlowy, to przypuszczać można, że pod wpływem wysokich temperatur utworzyły się związki chemiczne substancji gliniastej z krzemionką, wskutek czego wytrzymałość na ściskanie takiej cegły będzie przypuszczalnie bardzo znaczną. Wytrzymałość ta będzie tem mniejszą, im więcej ziarn piasku daje się dostrzegać w odlamie i im większą są te ziarna. Ta zmienność wytrzymałości klinkrów pochodzi stąd, że wytrzymałość piasku jest znacznie mniejszą aniżeli wytrzymałość substancji gliniastej, która wskutek stopienia przeszła w stan żuźlowy. Substancja gliniasta bowiem, zlewając się i topiąc w wysokich temperaturach, zwiększa znacznie swą wytrzymałość, gdy tymczasem kwarc w takichże temperaturach traci na wytrzymałości, a to z powodu, że już przy temperaturze około 1000° C. zwiększa swą objętość o 16—17⁰/₁₀₀, przyczem jego ciężar właściwy zmniejsza się z 2,65 na 2,22, a tem samem powstaje rozluźnienie spójności cząsteczek.

Wytrzymałość klinkrów rzeczywistych jest więc zmienną w bardzo rozległych granicach, zależnie od ilości stosunkowych substancji gliniastej i piasku i od własności piasku. W klinkrach wyrobionych z gliny zawierającej stosunkowo wiele piasku (zwłaszcza kwarcowego lub feldspatowego), wytrzymałość na ściskanie nie przekracza zazwyczaj 600—700 kg na cm² (=236—276 pudów na cal kwadr.); w klinkrach zaś o odlamie bardzo równomiernym, wytrzymałość ta jest znacznie większą i niekiedy wynosi do 3000 kg na cm² (=1180 pudów na cal kwadr.), wskutek czego klinkry takie pod względem wytrzymałości na ściskanie nie ustępują najmocniejszym kamieniom rodzimym. Tak np. Böhme oznaczył wytrzymałość na ściskanie t. zw. „cegły ceramicznej“ (n. Keramik-Ziegel), wyrabianej w Peszcie (Steinkohlen- u. Ziegelwerks-Gesellschaft) na 2845 kg na cm² (=1120 pudów na cal kwadr.), zaś klinkrów do bruków, wyrabianych również w Peszcie (Wienerberger-Gesellschaft) na 3704 kg na cm² (=1460 pudów na cal kwadr.).

Ocenienie wytrzymałości z własności odlamu, nawet przy odpowiedniej wprawie, przedstawia znaczne trudności, gdyż przy mało widocznych zmianach odlamu, różnice wytrzymałości mogą być bardzo wielkie. Z tego powodu wytrzymałość na ściskanie klinkrów winna być zawsze oznaczaną za pomocą doświadczeń.

Prof. Bauschinger stwierdził nadto, że wytrzymałość na ściskanie *muru* z cegły zwyczajnej na zaprawie cementowej, po 90 dniach tężenia, wynosi 61—95 kg na cm^2 (=24—37 pudów na cal kwadr.); zaś muru z cegły zwyczajnej na zaprawie wapiennej 51 kg na cm^2 (= 20 pudów na cal kwadr.).

Böhme w Berlinie przeprowadził liczne doświadczenia nad wytrzymałością na ściskanie cegieł pruskich i murów z tych cegieł, przy różnych zaprawach. Wyniki przeciętne tych doświadczeń podane są w poniższej tablicy. Zaznaczamy przytem, że według tych doświadczeń wytrzymałość na ściskanie *muru* wynosi:

1) *przy zaprawie wapiennej* (1 cz. wapna i 2 cz. piasku): 44% wytrzymałości cegły;

2) *przy zaprawie wapienno-cementowej* (7 cz. wapna, 1 cz. cementu i 16 cz. piasku): 48% wytrzymałości cegły;

3) *przy zaprawie cementowej słabszej* (1 cz. cementu, 6 cz. piasku): 55% wytrzymałości cegły;

4) *przy zaprawie cementowej mocniejszej* (1 cz. cementu, 3 cz. piasku): 63% wytrzymałości cegły.

Gatunek cegły	Przeciętna wytrzymałość na ściskanie cegły		Przeciętna wytrzymałość na ściskanie <i>muru</i> przy zaprawie							
			wapiennej (1 cz. wapna, 2 cz. piasku) [44%]		wapienno- cementowej (7 cz. wapna, 1 cz. cementu, 16 cz. piasku) [48%]		cementowej słabszej (1 cz. cementu, 6 cz. piasku) [55%]		cementowej mocniejszej (1 cz. cementu, 3 cz. piasku) [63%]	
	w kg na cm^2	w pud. na cal kw.	w kg na cm^2	w pud. na cal kwadr.	w kg na cm^2	w pud. na cal kwadr.	w kg na cm^2	w pud. na cal kwadr.	w kg na cm^2	w pud. na cal kwadr.
Cegła zwyczajna	206	81	91	36	98	39	113	45	130	51
Cegła lepsza budo- wlana	258	102	114	45	124	49	142	56	163	64
Zendrówka	379	149	167	66	182	72	208	82	240	95
Cegła porowata	184	73	81	32	88	35	101	40	116	46
Cegła porowata, dziu- rowana	84	33	37	15	40	16	46	18	53	21
Cegła dziurowana, zwyczajna	194	76	85	33	93	37	107	42	120	47

Prof. Tetmajer, Hauenschild i in. zauważyli, że wytrzymałość cegły nasyconej wodą jest mniejszą od wytrzymałości cegły suchej, a za pomocą przyrządów bardzo czułych stwierdzili przytem, że podczas nasywania wodą, objętość cegły zwiększa się, następnie zaś podczas wysychania—zmniejsza się; zachodzi więc tu zjawisko, przypominające pęcznienie gliny i innych ciał pochłaniających wodę. Przy tych zmianach objętości zmienia się położenie wzajemne cząsteczek, które podczas zwiększania się objętości oddalają się od siebie, zaś podczas zmniejszania się objętości zbliżają się ku sobie, tak samo jak podczas zmian objętości, będących następstwem zmian temperatury. A jakkolwiek te zmiany w położeniu wzaje-

mnem cząsteczek są bardzo małe, to jednak mogą one osłabić spójność wewnętrzną, a tem samem oddziałać ujemnie na wytrzymałość cegły. Z tego powodu na konferencyi międzynarodowej w Monachium (1884 r.) zalecono badać wytrzymałość cegły zarówno w stanie suchym, jako też w stanie nasyconym wodą. Z doświadczeń jednak wykonanych następnie okazało się, że jakkolwiek rzeczywiście cegły po nasyceniu wodą ujawniają najczęściej wytrzymałość mniejszą aniżeli w stanie suchym, to jednak w niektórych wypadkach nasycenie wodą nie ma żadnego wpływu na wytrzymałość, a niekiedy wytrzymałość na ściskanie cegły nasyconej wodą jest nawet większą aniżeli cegły suchej. Stwierdzono przytem, że oddziaływanie nasycenia wodą na wytrzymałość cegły jest zależne głównie od własności gliny i temperatury wypalenia, oraz od ilości stosunkowej węglanu wapnia w glinie. Cegły wypalone w temperaturze niskiej mają po nasyceniu wodą wytrzymałość mniejszą znacznie aniżeli w stanie suchym, to też, jak wiadomo, cegły wypalone źle (niedopałki) i surówki mogą rozpadać się pod wpływem wilgoci, gdy tymczasem cegły wypalone w temperaturze wysokiej mają po nasyceniu wodą wytrzymałość taką samą jak w stanie suchym, albo tylko mało co mniejszą. Cegły wypalone z gliny zawierającej węglan wapnia mialki i równomiernie rozdzielony ujawniają po nasyceniu wodą wytrzymałość większą aniżeli w stanie suchym. Wpływ tych czynników na względną wytrzymałość cegły nasyconej wodą i suchej, badali głównie Olschewsky i Tetmajer, przyczem Olschewsky starał się wyjaśnić wpływ własności gliny i temperatury palenia, zaś Tetmajer—wpływ węglanu wapnia.

Z doświadczeń, które przeprowadził Olschewsky w pracowni Hoffmann'a nad okazami wyrobionemi z różnych glin, wypalonymi w rozmaitych temperaturach i następnie rozrywaniem na przyrządzie, dają się wyprowadzić następujące wnioski: 1) Wytrzymałość na rozciąganie cegły wzrasta w miarę ulatniania się wody z gliny; po zupełnem ulotnieniu się wody wytrzymałość na rozciąganie pozostaje stałą i przy zwiększaniu temperatury nie zmienia się do chwili, w której glina zaczyna mięknąć; następnie jednak przy dalszem zwiększaniu temperatury, w miarę zmniejszania się porowatości, wytrzymałość na rozciąganie wzrasta. 2) Cegły wypalone w temperaturze niższej od temperatury, przy której następuje spiekanie się gliny, ujawniają po nasyceniu wodą wytrzymałość mniejszą aniżeli w stanie suchym; w ceglach zaś wypalonych w temperaturze wyższej nasycenie wodą nie ma wpływu szkodliwego na wytrzymałość. 3) Temperatura, przy której następuje spiekanie się gliny, jest różną dla rozmaitych glin i zależną nie tyle od obecności topników w glinie, ile raczej od pochodzenia i sposobu przetwarzania gliny.

W niejakiej sprzeczności z temi wnioskami znajdują się doświadczenia Böhme'go w Berlinie, przy których okazało się, że wytrzymałość cegły nawet bardzo dobrze wypalanej, jest nieco większą w stanie suchym aniżeli w stanie nasyconym wodą, jakkolwiek w takich ceglach różnica tych dwóch wytrzymałości jest najczęściej niewielką. Natomiast stwierdził Böhme, że wytrzymałość *muru z cegły na zaprawie cementowej* jest większą po nasyceniu muru wodą aniżeli w stanie suchym, co jednak może być następstwem większej wytrzymałości cementu w wodzie. Z odnośnych doświadczeń Böhme'go przytaczamy następujące wyniki:

Gatunek cegły lub rodzaj muru	Wytrzymałość na ściskanie			
	w stanie suchym		w stanie nasyconym wodą	
	kg na cm^2	pudy na cal kw.	kg na cm^2	pudy na cal kw.
Klinkier żółty	394	155	378	149
Cegła budowlana czerwona	386	152	373	147
Cegła licowa żółta	269	106	241	95
Cegła licowa czerwona	283	111	258	102
Mur z cegły na zaprawie cementowej:				
przy 1 cz. cementu i 6 cz. piasku	152,5	60	155	61
„ 1 „ „ 6 „ „	102	40	95,6	37,7
„ 1 „ „ 3 „ „	174	68,5	186	73,3
„ 1 „ „ 3 „ „	110	43,3	114,5	45,1

Prof. Tetmajer w Zurychu badał wytrzymałość na ściskanie cegły, wypalanej z gliny zawierającej około 25% węgla wapnia w stanie bardzo rozdrobnionym; przyczem poddawał próbom cegły suche i nasycone wodą. Wyniki tych doświadczeń podajemy w następującej tablicy:

Gatunek cegły	Wytrzymałość na ściskanie			
	cegły suchej		cegły nasyconej wodą	
	w kg na cm^2	w pud. na cal kwadr.	w kg na cm^2	w pud. na cal kwadr.
Cegły dziurowane, o wymiarach 250 . 120 . 60 mm, z 17 otworami po 15 mm	304,5	120	374	147
Cegły dziurowane, słabo wypalone, o wymiarach 280 . 135 . 60 mm, z 17 otworami po 20 mm	141	55,5	200	79
Cegły pełne, o wymiarach 270 . 90 . 50 mm	243,5	96	318	125
Cegły pełne licowe, o wymiarach 215 . 105 . 55 mm	128,2	50,5	177	70

Wyniki tych doświadczeń prof. Tetmajer'a zdają się wskazywać, że wapno znajdujące się w glinie w postaci bardzo mialkiego proszku nie wpływa ujemnie na wytrzymałość cegły i że cegły z takiej gliny są wytrzymalsze w stanie nasyconym wodą aniżeli w stanie suchym. Wyniki te znajdują się więc poniekąd w sprzeczności z poglądami dotychczasowymi odnośnie wpływu wapna zawartego w glinie na własności cegły; lecz sprzeczność ta jest tylko pozorną. Wapno, znajdujące się w glinie, wywiera bowiem wpływ szkodliwy na wytrzymałość i trwałość cegły tylko wtedy, gdy znajduje się w większych gniazdach (gruzolkach); wapno zaś drobno sproszkowane łączy się w czasie palenia z krzemionką,

tworząc związki krzemowe. Gdy następnie cegły, wypalone z gliny zawierającej wapno miałkie, zanurzone zostaną w wodę, powstaje w nich przebieg stwardnienia cementowego, przyczyniający się do zwiększenia wytrzymałości cegły. Przeciwnie zaś cegły wypalone z gliny nie zawierającej wcale wapna, lub zawierającej wapno w ilości małej, tracą pod wodą swą wytrzymałość, a nawet z czasem ulegają zniszczeniu. Zaznaczyć przytem należy, że przy nasyceniu cegły wodą następuje gaszenie wapna przy nadmiarze wody, co często jest mniej szkodliwym dla cegły aniżeli gaszenie się stopniowe w powietrzu wilgotnym. Przy gaszeniu wapna bowiem z nadmiarem wody tworzy się rzadkie ciasto wapienne, które może wypłynąć przez pory cegły, gdy tymczasem przy gaszeniu się wapna w powietrzu wilgotnym tworzy się suchy proszek wapienny, który w porach pozostaje. To też niekiedy cegły łatwo na powietrzu wietrzejące można zabezpieczyć od wietrzenia przez uprzednie zanurzenie w wodę. Z tego też powodu cegły wątpliwe dobrze jest, po wyjęciu z pieca i ostudzeniu, zanurzać w wodę, gdyż przytem cegła zła rozpadnie się, w dobrej zaś wapno swobodnie zgasi się bez uszczerbku dla wytrzymałości cegły.

Te wyniki doświadczeń prof. Tetmajer'a nad wpływem wapna miałkiego i równomiernie w glinie rozmieszczonego na wytrzymałość cegły są cenne, zwłaszcza dla kraju naszego, gdyż wiele glin w Królestwie, a głównie w okolicach Warszawy, zawiera obfite przymieszki węgla wapnia.

Wytrzymałość cegieł wyrabianych w Rosyi jest w ogóle mniejsza, aniżeli cegieł pruskich i austriackich. Prof. Bielelubsky w Petersburgu zbadał w latach 1875—1886 wytrzymałość cegły z kilkudziesięciu cegielni w Rosyi, przyczem otrzymał następujące wyniki:

1) Wytrzymałość na ściskanie cegły *niedopalki* (r. alyj kirpicz) wynosi *przeciętnie 84 kg na cm²* (= 33 pud. na cal kwadr.). Wytrzymałość na ściskanie takiej cegły jest zmienną w granicach od 62 do 128 kg na cm² (= od 24 do 50 pudów na cal kwadr.).

2) Wytrzymałość na ściskanie cegły średnio wypalanej (r. połukrasnyj kirpicz) wynosi *przeciętnie 120 kg na cm²* (= 47 pudów na cal kwadr.), a zmienia się w granicach od 85 do 150 kg na cm² (= 33 do 59 pudów na cal kwadr.). Niektóre okazy, nieuwzględnione jednak przy oznaczeniu współczynnika przeciętnego, miały wytrzymałość znacznie większą, dochodzącą do 274 kg na cm² (= 108 pudów na cal kwadr.).

3) Wytrzymałość na ściskanie cegły dobrze wypalanej (wiśniówki) (r. krasnyj kirpicz) wynosi *przeciętnie 170 kg na cm²* (= 67 pudów na cal kwadr.), a zmienia się w bardzo rozległych granicach, od 85 do 417 kg na cm² (= od 33 do 164 pudów na cal kwadr.). Wytrzymałość na ściskanie cegły maszynowej okazała się w przybliżeniu o 50% większą od wytrzymałości na ściskanie cegły ręcznej z tej samej cegielni *).

*) Zaznaczamy tu, że taki sam stosunek pomiędzy wytrzymałością na ściskanie cegły ręcznej i maszynowej wypada z doświadczeń prof. Bauernfeind'a, przeprowadzonych nad cegłami wyrabianymi w okolicach Monachium.

4) Wytrzymałość na ściskanie *zendrówki* (r. żeleźniak) wynosi *przeciętnie 311 kg na cm² (= 122 pudów na cal kwadr.)*, a zmienia się w granicach od 136 do 547 kg na cm² (= od 54 do 215 pudów na cal kwadr.). Jeden okaz *zendrówki*, nieuwzględniony jednak przy oznaczeniu współczynnika przeciętnego, miał wytrzymałość na ściskanie jeszcze większą, wynoszącą 692 kg na cm² (=272,5 pud. na cal kwadr.).

5) Wytrzymałość na ściskanie *cegły dziurowanej* nie jest mniejszą aniżeli cegły pełnej, a wytrzymałość na ściskanie *cegły porowatej* (dla okazów z 2-ch cegielni) wynosi *przeciętnie tylko 36 kg na cm² (=14 pudów na cal kwadr.)*.

Wytrzymałość na ściskanie *murów* z cegły rossyjskiej nie była dotychczas bezpośrednio oznaczaną. Z uwagi jednak na podane powyżej wyniki doświadczeń Böhme'go, przyjąć można, że wytrzymałość na ściskanie muru z cegły na zaprawie wapiennej wynosi około 0,4 wytrzymałości cegły; zaś muru na zaprawie cementowej—około 0,5 wytrzymałości cegły.

Cegły wyrabiane w Królestwie Polskiem, o ile nam wiadomo, nie były dotychczas przedmiotem umiejętności badań w żadnej z pracowni mechanicznych, a wyniki prób doraźnych nie mogą służyć za podstawę dla oceny wytrzymałości tych cegieł, ani też dla zestawienia porównawczego ich własności z odnośniami własnościami cegieł wyrabianych zagranicą i w Cesarstwie i zbadanych w pracowniach mechanicznych. Że wytwórcy cegły u nas nie wysyłają wyrobów swoich do pracowni mechanicznych, temu trudno się dziwić: powodem tego może być u jednych obawa o niepomyślny wynik doświadczeń, u innych zaś ten wzgląd, że doświadczenia przeprowadzone nad wyrobami przesłanymi do pracowni przez wytwórcę, nie budziłyby zaufania, gdyż każdy obeznany z przedmiotem wie dobrze, że cegielnia dająca wyroby nawet całkiem liche, może jednak przygotować kilkanaście okazów wyborowych, umyślnie dla doświadczeń przeznaczonych. Trudniej wytłómaczyć sobie okoliczność, że nabywcy cegły nie starają się poznać dokładnie własności nabywanego materiału; świadczy to o dziwnej jakiejś obojętności budowniczych naszych zarówno na interes własny i swoich mocodawców, jako też na warunki bezpieczeństwa publicznego. Pośpiech w prowadzeniu robót nie może służyć tu za usprawiedliwienie, gdyż przez częste wysyłanie do pracowni mechanicznych okazów cegły dostawianej do robót, możnaby stopniowo ujawnić przeciętny stopień dobroci wyrobów każdej cegielni, a tem samem zniewolić cegielnie dające wyroby poślednie do zaprowadzenia odpowiednich ulepszeń. Do wniosku takiego upoważnia nas ta okoliczność, że niedostateczna dobroć cegły wyrabianej w kraju naszym, a zwłaszcza w okolicach Warszawy, nie jest bynajmniej następstwem własności materiału surowego, który najczęściej jest dobry, lecz pochodzi jedynie z niewystarczających urządzeń cegielni i nader nie-dbałej fabrykacyi.

Próby doraźne, jak to już zaznaczyliśmy, nie mogą służyć za podstawę dla oceny wytrzymałości cegły, lecz i takie próby doraźne były u nas nader rzadko wykonywane, najczęściej tylko na żądanie sądów, rozpatrujących przyczyny wypadków nieszczęśliwych, spowodowanych przez zawalenie się muru lub domu. Prób wykonywanych w podobnych wypadkach nie można oczywiście uważać za równoważne doświadczeniom umiejętnym, bo rzeczoznawcy przyzwani przez sąd,

w braku przyrządów odpowiednich dla doświadczeń, posiłkować się musieli z konieczności przyrządami mającymi zazwyczaj inne przeznaczenie, a przytem ze względu na cel doświadczeń, ograniczali badania do okazów cegły wyjętych z muru zawalonego, a więc do okazów, które nie mogą służyć za miarę przeciętnej dobroci wyrobów danej cegielni, ani tem bardziej wyrobów danej okolicy. Pomimo tych okoliczności, łagodzących niewątpliwie znaczenie wyników takich prób, trudno ustrzedz się od przykrego wrażenia, czytając w sprawozdaniach rzeczoznawców przyzwanych przez sądy w różnych wypadkach, że cegły wyjęte z murów zawalonych gniotły się już pod obciążeniem 15—17 kg na cm^2 (=6—6,8 pud. na cal kwadr.), a wzięte dla porównania cegły z cegielni uznanych za wyborowe, pękały pod obciążeniem 25—40 kg na cm^2 (=10—15,8 pud. na cal kwadr.), zaś gniotły się pod obciążeniem 42—81 kg na cm^2 (=16,5—32 pud. na cal kwadr.). To też niedostateczna wytrzymałość cegły była niewątpliwie jedną z najważniejszych przyczyn częstego rysowania się i zawalania domów budowanych w Warszawie w ostatnich dwóch dziesiątkach lat, a zwłaszcza w okresie gorączki budowlanej od 1874 do 1880 r. Przeświadczenie o rzeczywistej przyczynie tych wypadków zniewoliło miejscową władzę gubernialną do zarządzenia odpowiednich środków, w celu zapobieżenia złemu; wyznaczone więc zostały komisye zarówno do nadzoru nad cegielniami, jako też do nadzoru nad nowowznoszonymi domami, lecz komisye te, wobec braku rozumnego poparcia ze strony najwięcej zainteresowanej, nie przyniosły oczekiwanego pożytku. Właściciele domów nowowznoszonych, a po części także budowniczowie, zapatrywali się na komisye jako na źródło zbytecznych formalności, utrudniających prowadzenie roboty i zwiększających bezpotrzebnie jej koszt.

W 1881 r. inż. Jelenkin, z polecenia władzy inżynierskiej warszawskiego okręgu wojennego, wykonał szereg doświadczeń umiejętnych nad ceglami wyrabianymi w okolicach Warszawy. Do doświadczeń tych brane były nie cegły pochodzące z dostaw uskutecznianych przez cegielnie do robót, lecz cegły umyślnie w tym celu dostarczone przez same cegielnie, a przytem z 40 cegielni, które wówczas były czynne w okolicach Warszawy, dostarczyły okazów próbnych tylko 22 cegielnie uznane za lepsze, gdy tymczasem wyroby pozostałych 18 cegielni uznano za niezasługujące nawet na badanie. Wobec tego, wyniki doświadczeń inż. Jelenkina nie objaśniają bynajmniej o przeciętnej dobroci cegły dostarczanej rzeczywiście do robót w Warszawie, lecz wskazują jedynie jakie własności mogła by mieć cegła, pochodząca z cegielni lepszych w okolicach Warszawy, gdyby cegielnie te wyrabiały cegłę do robót z taką samą starannością jak okazy próbne do doświadczeń. Okoliczność tę należy uwzględnić przy ocenie podanych poniżej wyników doświadczeń inż. Jelenkina nad cegłą wyrabianą w okolicach Warszawy.

Do oznaczania wytrzymałości na ściskanie cegły przy doświadczeniach, o których mowa, służyła prasa wodna (hydrauliczna) z ruchem pionowym, nabyta w Anglii, a której koszt całkowity z ustawieniem na miejscu i fundamentem wynosił około 1720 rub. Do prób wytrzymałości brane były nie cegły całkowite, lecz połówki; przyczem poddawano próbom okazy całkiem suche, oraz okazy nasyczone wodą, które przeleżały w wodzie przez dni 5, a nadto okazy na wpół suche,

które po zanurzeniu w wodę na dni 5 przeleżały na powietrzu przez dni 7. Przy okazach suchych i na wpół suchych odnotowywano zarówno obciążenie odpowiadające pojawieniu się pierwszej rysy, jako też obciążenie odpowiadające zupełnemu zgnieceniu okazu; przy okazach zaś nasyconych wodą, z powodu trudności dostrzeżenia pierwszej rysy, notowano tylko obciążenie odpowiadające zupełnemu zgnieceniu okazu. W celu możebnego wyrównania powierzchni, na które obciążenie działa, obie powierzchnie łożyskowe każdego okazu były okładane warstwami zaprawy z cementu czystego albo też z cementu i piasku, wziętych w równych objętościach, przyczem na stężenie zaprawy przeznaczano dni siedm, co okazało się zupełnie wystarczającym, gdyż okładki z zaprawy cementowej, pod obciążeniem nigdy nie kruszyły się, a tylko niekiedy przy zgnieceniu cegły pękały. Grubość tych warstw z zaprawy cementowej była taka sama jak zwykłych spoin w murach, a więc około $\frac{3}{8}$ cala (=około 10 mm). Wielkość okazów próbnych nie była jednakową, gdyż cegły wyrabiane w okolicach Warszawy mają wymiary rozmaite. W ceglach dostarczonych przez cegielnie do doświadczeń, długość była zmienną w granicach od 10,25" do 11" (=260—280 mm), a grubość w granicach od 2,7" do 3" (=69—76 mm).

Wyniki przeciętne doświadczeń inż. Jelenkina zestawione są w tablicy następującej. W tablicy tej wskazane są współczynniki przeciętne wytrzymałości na ściskanie (t. j. wartości przeciętne obciążeń odpowiadających zgnieceniu zupełnemu okazów) dla cegły wyrobu ręcznego, oraz cegły maszynowej pełnej i dziurowanej.

Oznaczenie cegły	Liczba cegieł- ni, których okazy były poddane pró- bom	Wytrzymałość na ściskanie			
		przeciętna		najmniejsza	największa
		kg na cm ²	pud. na cal kw.	kg na cm ²	pud. na cal kwadr.
Cegła wyrobu ręcznego:					
a) w stanie suchym	21	106,7	42,0	62,0—200,0	24,4—78,8
b) „ „ pół-suchym	„	123,9	48,8	63,7—209,0	25,1—82,3
c) „ „ nasyconym wodą . .	„	123,6	48,7	87,3—182,6	34,4—71,9
Cegła maszynowa pełna:					
a) w stanie suchym	2	178,0	70,1	90,0—267,4	35,4—105,4
b) „ „ pół-suchym	3	150,2	59,2		
c) „ „ nasyconym wodą . .	2	174,3	68,6		
Cegła dziurowana:					
a) w stanie suchym	5	127,9	50,4	90,8—191,1	35,7—75,2
b) „ „ pół-suchym	4	121,4	47,8	74,2—216,7	29,3—85,3
c) „ „ nasyconym wodą . .	3	120,8	47,6	77,6—172,6	30,6—68,0

Inż. Jelenkin, rozpatrując te wyniki swoich doświadczeń, zwraca uwagę na tę okoliczność, że z wyjątkiem cegły maszynowej pełnej, z którą doświadczenia nie zupełnie się udawały, wytrzymałość okazów w stanie pół-suchym i nasyconym wodą okazała się prawie jednakową, a mianowicie dla cegły wyrobu ręcz-

nego 123,9 i 123,6, a dla cegły dziurowanej 121,4 i 120,8 *kg* na *cm*². A że doświadczeniom tym były poddawane zawsze dwie połówki jednej i tej samej cegły, przyczem jedna połówka była próbowana w stanie pół-suchym, druga zaś — w stanie nasyconym wodą, przeto zdaniem inż. Jelenkina, okoliczność powyżej zaznaczona świadczy, że przepoławianie cegieł i poddawanie próbom tylko połówek zamiast cegieł całych, nie ma wpływu na wyniki doświadczeń i że nasykanie cegły wodą nie ma wpływu na jej wytrzymałość. Oba te wnioski są jednak, zdaniem naszym, błędne, gdyż dla oznaczenia wpływu przepoławiania cegły na wynik doświadczeń, należy porównać nie wyniki otrzymane dla dwóch połówek próbowanych w rozmaitych stanach, lecz wyniki przeciętne jakie otrzymano by dla połówek i cegieł całych, poddanych doświadczeniu w stanie jednakowym, a wpływ nasykania wodą na wytrzymałość cegły można ocenić przez porównanie wyników otrzymanych dla okazów nasyconych wodą i suchych, a nie pół-suchych. Zdaniem naszym wpływ nasykania wodą na wytrzymałość cegły zaznaczył się bardzo wyraźnie w wynikach doświadczeń inż. Jelenkina, gdyż przy doświadczeniach nad cegłą ręczną otrzymano współczynniki wytrzymałości znacznie większe dla okazów nasyconych wodą aniżeli dla okazów suchych, a w dwóch pozostałych gatunkach cegły, wytrzymałość w stanie nasyconym wodą okazała się prawie równą wytrzymałości w stanie suchym. Te wyniki, rozpatrywane w świetle wniosków wyprowadzonych z doświadczeń prof. Tetmajer'a, o których powyżej mówiliśmy, świadczą niezawodnie, że w glinach okolic Warszawy znajduje się stosunkowo dużo węglanu wapnia. A jakkolwiek przy wyrabianiu okazów próbnych grubsze przymieszki węglanu wapnia zostały starannie wydalone, to jednak pozostała część węglanu wapnia mialkiego i najprawdopodobniej równomiernie w masie rozdzielonego, zaznaczyła swą obecność w wynikach doświadczeń.

W doświadczeniach inż. Jelenkina obciążenie wywołujące pojawienie się pierwszej rysy wynosiło przeciętnie w ceglach ręcznych 0,61, a w ceglach maszynowych pełnych i dziurowanych 0,64 obciążenia odpowiadającego zupełnemu zgnieceniu okazu; przyczem stosunek ten okazał się zmiennym dla cegły ręcznej w granicach od 0,42 do 0,86, dla cegły maszynowej pełnej w granicach od 0,49 do 0,79, a dla cegły dziurowanej w granicach od 0,52 do 0,89.

Pojawienie się pierwszej rysy może być i jest najczęściej zależne od bardzo wielu przypadkowych okoliczności, nie mających nic wspólnego ze stopniem dobroci okazu próbowanego, a przytem określenie chwili ukazania się pierwszej rysy i odczytanie ściśle ciśnienia na manometrze prasy w chwili pojawienia się tej rysy, nawet przy zachowaniu wszelkich możliwych ostrożności, jest bardzo trudne. Natomiast obciążenie odpowiadające zupełnemu zgnieceniu okazu może być zawsze dokładnie oznaczone, gdyż w chwili zgniecenia okazu, ciśnienie w prasie przestaje się zwiększać. To też za miarę wytrzymałości na ściskanie przyjmuje się zawsze obciążenie odpowiadające zupełnemu zgnieceniu okazu, a nie obciążenie wywołujące pierwszą rysę.

Z tego powodu w następującej tablicy, w której zestawione są wyniki przeciętne doświadczeń inż. Jelenkina nad okazami dostarczonemi przez różne cegielnie z okolic Warszawy, podane są tylko współczynniki rzeczywiste wytrzymałości na ściskanie, t. j. tylko obciążenia odpowiadające zupełnemu zgnieceniu okazów :

Miejscowość	Właściciel	Przeciętna wytrzymałość na ściskanie okazów suchych, pół-suchych i nasyconych wodą					
		cegły wyrobu ręcznego		cegły maszynowej pełnej		cegły dziurowanej	
		kg na cm ²	pud. na cal kw.	kg na cm ²	pud. na cal kw.	kg na cm ²	pud. na cal kw.
Kawęczyn.	Granzow	194,3	76,5	267,4	105,3	{ 166,4 141,0	{ 65,5 55,5
Ząbki	Plater	160,7	63,3	—	—	{ 105,8 80,9	{ 41,7 31,9
Szczęśliwice	Oppenheim	147,8	58,2	—	—	—	—
Szczęśliwice	Halber	147,3	58,0	141,9	55,9	—	—
Wola	Halber	138,9	54,7	—	—	—	—
Włochy	Koelichen	137,7	54,2	—	—	—	—
Szczęśliwice	Birnbaum	134,2	52,9	—	—	—	—
Jelonek	Schneider	133,2	52,5	—	—	—	—
Czaplewizna	Łukin	127,5	50,3	98,2	38,7	—	—
Włochy	Schneider	117,7	46,4	—	—	—	—
Marki	Spółka udziałowa	115,6	45,5	—	—	108,3	42,7
Marki	Halber	111,2	43,8	—	—	—	—
Pulków	Cwilling	103,1	40,6	—	—	—	—
Jerozolimskie rogatki	Ar Halber	102,4	40,3	—	—	—	—
Belwederskie rogatki	Leśniewski	98,9	38,9	—	—	—	—
Mokotów	Ritter	95,4	37,6	—	—	—	—
Powązki	Cohn	92,7	36,5	—	—	—	—
Marki	Łappa	86,1	33,9	—	—	—	—
Szczęśliwice	Michniewski	82,9	32,6	—	—	—	—
Mokotów	Oppenheim	81,1	31,9	—	—	—	—
Belwederskie rogatki	Lott i Cwilling	71,0	28,0	—	—	—	—
Belwederskie rogatki	Witkowski	—	—	206,6	81,4	—	—

Skoro uprzytomnimy sobie, że wyniki powyższe odnoszą się do cegielni uznanych za lepsze i że wszystkie doświadczenia wykonane były jedynie nad okazami dostarczonemi umyślnie w tym celu przez same cegielnie, to trudno nie zgodzić się ze zdaniem inż. Jelenkina, że cegła wyrabiana w Warszawie i jej okolicach nie odznacza się szczególnie wysokimi przymiotami i że wyroby tylko trzech lub czterech cegielni, urządzonych prawidłowo, można uważać za zadawalniające.

Wobec tak ujemnego wyniku doświadczeń, żądanie dokładnego poznania własności materyałów dostawianych u nas do robót nie powinno być uważane za płoną zachciankę teoretyków, nieobeznanych z warunkami praktyki budowlanej, gdyż dokładne badanie materyałów wątpliwej wartości jest niezbędne, ze względu na interes własny budujących i warunki bezpieczeństwa.

b) *Klasyfikacja cegły oparta na jej wytrzymałości.* W memoryale opracowanym przez J. Bauschinger'a, A. Funk'a i Hartig'a (1878 r.), a wydanym przez związek stowarzyszeń inżyn-

nierów i architektów niemieckich (por. str. 147), przyjęty jest podział cegły na dwie grupy zasadnicze. Do grupy pierwszej zaliczono wszystkie cegły wypalone szczególnie mocno, które z powodu znacznej twardości mogą być brane na bruki ulic, chodników i t. p.; do grupy drugiej zaliczono cegły wypalane w zwykłych piecach ceglarskich i stosowane jako kamienie budowlane. Cegły grupy pierwszej objęto nazwą ogólną „klinkrów“; cegły zaś grupy drugiej — nazwą „cegły budowlanej“. Każda grupa dzieli się na „gatunki“.

1) Klinkry.

Najważniejszą własnością cegły tej grupy jest twardość, dla której, jak wiadomo, niema dotychczas miary ścisłej. Z wytrzymałości na ściskanie nie można wnosić o twardości, gdyż z doświadczenia wiadomo, że klinkry mniej twardo wypalone i sprzedawane jako gatunek pośredni, mają wytrzymałość na ściskanie taką samą, a niekiedy nawet większą, jak klinkry najlepsze gatunku I. Z konieczności przeto klasyfikacją klinkrów oprócz należy jedynie na pewnych cechach zewnętrznych, zwłaszcza na wyglądzie odlamu, a także na dźwięku. Przyjęto dwa znamienne różniące się gatunki:

Gatunek I. Powierzchnie zewnętrzne tworzy powłoka dobrze zeszlona, barwy najczęściej czarnej, niekiedy zielonej. Dźwięk czysty i ostry. Odlam najczęściej ciemno-czerwony albo brunatny, niekiedy jasny, zawsze jednak szklisty, spiekły i całkiem jednorodny, o krawędziach ostrych, dających się trudno odłamywać. Od krawędzi ku wnętrzu, na głębokość przynajmniej 1—2 mm, zabarwienie masy jest takie same jak powłoki zewnętrznej.

Gatunek II. Powierzchnie zewnętrzne tylko nieco zeszlone. Dźwięk więcej przytłumiony. Odlam czerwony, niekiedy żółty, z wyglądu matowy, zawsze jednak jednorodny, bez smug i plam. Zabarwienie w krawędziach odlamu takie same jak w częściach środkowych.

2) Cegła budowlana.

Dla każdego gatunku przyjętą została najmniejsza wymagana wytrzymałość na ściskanie. Jako wytrzymałość na ściskanie rozumieć tu należy to obciążenie, obliczone na cm^2 powierzchni, przy którym okaz próbny zupełnie się rozpada, a nie obciążenie, przy którym pojawiają się pierwsze rysy. Wytrzymałość na ściskanie oznaczoną być winna zawsze dla cegły całej, obłożonej w dwóch powierzchniach łóżkowych warstwami zaprawy z dobrego cementu portlandzkiego z piaskiem miałkim. Stosunek ilościowy cementu do piasku może dochodzić do 1:3, grubość warstw winna wynosić 10—20 mm, a zaprawa winna tężeć przez 1—3 tygodni, tak, ażeby warstwy zaprawy podczas próby nie miażdżyły się, lecz tylko pękały wskutek zgniecenia cegły. Powierzchnie zewnętrzne tych warstw zaprawy winny być starannie wygładzone, a przytem winny być dokładnie do siebie równoległe. Podczas próby, cegła w maszynie winna spoczywać pomiędzy dwiema płytami ze stali łanej hartowanej, z których jedna winna być ruchoma na przegubie kulistym, tak, ażeby zawsze mogła przyjmować położenie równoległe do drugiej. Podczas próby, pomiędzy cegłą a płytami stalowymi maszyny winny być umieszczone podkładki pilśniowe. Tylko przy tych zastrzeżeniach, liczby poniżej podane zachowują swoją wartość.

Gatunek I. Najmniejsza wytrzymałość na ściskanie: 200 kg na cm^2 . Złożenie zbite, niekiedy muszlowe. Mała porowatość i chłonność.

Gatunek II. Najmniejsza wytrzymałość na ściskanie: 160 kg na cm^2 .

Gatunek III. Najmniejsza wytrzymałość na ściskanie: 120 kg na cm^2 .

Cegły o wytrzymałości na ściskanie mniejszej aniżeli 120 kg na cm^2 są już bardzo miękkie, kruche, porowate i chłonne; mogą więc być brane tylko do murów przedziałowych, mało obciążonych.

c) **Obciążenie bezpieczne murów z cegły.** Obciążenie rzeczywiste muru zwykłego z cegły nie powinno przekraczać $\frac{1}{10}$ wytrzymałości muru na ściskanie. A że wytrzymałość muru na ściskanie jest znacznie mniejszą aniżeli wytrzymałość na ściskanie cegły i wynosi: przy zaprawie wapiennej około 0,4, a przy zaprawie cementowej około 0,5 wytrzymałości na ściskanie cegły (p. str. 233 i 237), przeto obciążenie bezpieczne muru zwykłego z cegły nie powinno przekraczać:

przy zaprawie wapiennej: $\frac{1}{25}$ wytrzymałości na ściskanie cegły,

„ „ „ „ „ „
cementowej: $\frac{1}{20}$ „ „ „ „ „ „

W murach wystawionych na wtrząśnienia, jak np. w fundamentach pod maszynami i t. p., oraz w budowlach o znacznej wysokości, jak np. w wieżach, kominach fabrycznych i t. p., obciążenie bezpieczne muru należy przyjmować o $\frac{1}{3}$ mniejsze od norm powyżej podanych.

Cegły porowate, których wytrzymałość jest zazwyczaj bardzo małą, oraz wszelkie cegły, o wytrzymałości na ściskanie mniejszej, aniżeli 120 kg na cm^2 , mogą być brane tylko do murów mało obciążonych, np. do murów przedziałowych.

Na podstawie norm powyżej wskazanych ułożono tablicę następującą, w której wskazane jest obciążenie bezpieczne murów, zależnie od stopnia wytrzymałości na ściskanie cegły.

Wytrzymałość na ściskanie cegły :	Obciążenie bezpieczne							
	murów zwykłych				murów wystawionych na wtrząśnienia i murów w budowlach wysokich			
	przy zaprawie wapiennej		przy zaprawie cementowej		przy zaprawie wapiennej		przy zaprawie cementowej	
	kg na cm^2	pud. na cal kw.	kg na cm^2	pud. na cal kw.	kg na cm^2	pud. na cal kw.	kg na cm^2	pud. na cal kw.
75 kg na cm^2 (=29,5 pud. na cal kw.)	3	1,2	—	—	—	—	—	—
120 kg na cm^2 (=47,3 pud. na cal kw.)	5	2,0	6	2,4	—	—	—	—
160 kg na cm^2 (=63 pud. na cal kw.)	6,5	2,6	8	3,2	4,5	1,8	5,5	2,2
200 kg na cm^2 (=78,8 pud. na cal kw.)	8	3,2	10	3,9	5,5	2,2	6,5	2,6
250 kg na cm^2 (=98,5 pud. na cal kw.)	10	3,9	12,5	4,9	6,5	2,6	8,5	3,4
300 kg na cm^2 (=118 pud. na cal kw.)	—	—	15	5,9	—	—	10	3,9

d) *Próba wytrzymałości na ściskanie.* Do próby wytrzymałości na ściskanie cegły używane są takie same przyrządy drągowie i prasy wodne (hydrauliczne) jak dla kamieni rodzimych (por. str. 150). Ciśnienie wywierane na okaz próbny winno być zwiększane stopniowo i winno działać możebnie równomiernie na powierzchnię obciążoną. Obciążenie odpowiadające zupełnemu zgnieceniu okazu, t. j. obciążenie, pod którym okaz rozpada się zupełnie na części, wyrażone w kg na cm^2 (albo w pudach na cal kwadr.) jest wyrazem wytrzymałości na ściskanie danego okazu. Doświadczenia wykonywać należy na okazach kilku, suchych i nasyconych wodą. Obciążenie, pod którym pojawiają się pierwsze rysy, z powodów już powyżej zaznaczonych (p. str. 240), nie może służyć za miarę wytrzymałości na ściskanie. Okazy badane winny być nieuszkodzone, gdyż wszelkie pęknięcia i rysy włoskowate mogą oddziaływać ujemnie na wynik doświadczenia.

Dawniej wykonywano doświadczenia przeważnie na okazach kształtu sześciangu, o boku 5 — 7 cm, które wycinano z cegły całej i szlifowano w powierzchniach łożyskowych. Obecnie doświadczenia wykonywane są zazwyczaj na ceglach całych, których powierzchnie łożyskowe dla wyrównania okładane są warstwami zaprawy z cementu portlandzkiego czystego lub takiegoż cementu z piaskiem, w stosunku 1 : 3. Grubość tych warstw wynosi 10 — 15 mm, a po-

wierzchnie ich zewnętrzne są starannie wygładzane, tak, ażeby były dokładnie do siebie równoległe. Na stężenie zaprawy przeznaczyć należy przynajmniej dni 7.—Na naradach międzynarodowych w Monachium (1884 r.) uchwalono, zgodnie z wnioskiem prof. Tetmajer'a, wykonywać doświadczenia na okazach kształtu zbliżonego do sześciangu, lecz otrzymywanych z dwóch połówek cegły, położonych na sobie i połączonych cienką warstwą zaprawy z czystego cementu portlandzkiego, przyczem powierzchnie łożyskowe okazu winny być również pokryte warstwami zaprawy z czystego cementu portlandzkiego, lecz nieco grubszymi. Zazwyczaj jednak jednocześnie z doświadczeniami nad okazami kształtu zaleconego przez prof. Tetmajer'a, wykonywane są doświadczenia porównawcze na ceglach całych, przygotowanych w sposób powyżej wskazany.

Liczba okazów poddawanych próbie jest zależną od stopnia jednostajności cegieł; jeżeli np. stopień wypalenia lub inne własności cegły danej dostawy, są niejednostajne, to dla prawidłowego ocenienia własności takiej cegły należy wykonać doświadczenia na większej liczbie okazów aniżeli przy dostawach odznaczających się jednostajnością własności. Nadto, liczba okazów jest zależną od typu maszyny; przy użyciu do doświadczeń prasy wodnej wystarcza sześć okazów, przy użyciu zaś przyrządu drągowego liczba okazów winna być większą. Zgodnie z uchwałą powziętą na naradach międzynarodowych w Monachium (1884 r.), próba wytrzymałości na ściskanie cegły winna być wykonywaną przynajmniej na sześciu okazach suchych i tyluż okazach nasyconych wodą.— Ponieważ nawet przy zachowaniu odpowiednich ostrożności, doświadczenia niekiedy nie udają się i ponieważ wyniki liczebne takich doświadczeń nieudanych są zazwyczaj bardzo niskie i nie mogą służyć za miarę rzeczywistej wytrzymałości odnośnej cegły, przeto z otrzymanych wyników liczebnych, należy dwa najniższe wykluczyć, a wytrzymałość przeciętną obliczyć z wyników pozostałych.

Pracownia mechaniczna Instytutu inżynierów komunikacyj w Petersburgu żąda nadsyłania pięciu (lepiej sześciu) cegieł całych dla prób w stanie suchym i nasyconym wodą; przyczem oprócz cegły dobrej budowlanej należy nadsyłać jej odmiany, a mianowicie niedopałki i zendrówki, znajdujące się w danej dostawie. W pracowni tej wykonywane są próby wytrzymałości na ściskanie cegły z okazami cegły całej, a także z połówkami, oraz z okazami kształtu prostopadłościangu, równego $\frac{1}{3}$ cegły i z okazami kształtu sześciangu, wyciętego z narożnika lub ze środka cegły; przyczem powierzchnie łożyskowe są starannie wyrównywane, lecz nie są okładane warstwami zaprawy cementowej. Jako kształt zasadniczy w pracowni, o której mowa, przyjęto kształt sześciangu, a to dla ułatwienia zestawień porównawczych wytrzymałości cegły i kamieni rodzimych, a także z powodu, że wykonywanie prób na okazach małych jest dogodniejszym, aniżeli na ceglach całych.

2) Wytrzymałość na rozciąganie. Wytrzymałość na ściskanie cegły jest zależną od wytrzymałości ziarna piasku i od wytrzymałości spoiwa (gliny), łączącego ziarna piasku, gdy tymczasem wytrzymałość na rozciąganie cegły jest zależną tylko od wytrzymałości gliny. Wytrzymałość gliny zaś jest zależną nie tylko od jej własności, lecz także od stopnia wypalenia i jest tem większą, im większą jest temperatura wypalenia. Stąd pochodzi, że wytrzymałość na rozciąganie cegły jest tem większą, im cegła jest mocniej wypalona.

Wytrzymałość na rozciąganie cegły jest w ogóle niewielka i znacznie mniejsza aniżeli wytrzymałość na ściskanie. Według doświadczeń Bauschinger'a wy-

trzymałość na rozciąganie cegły jest zmienna w granicach od 4 do 20 kg na cm^2 (= od 1,6 do 7,9 puda na cal kwadr.), a wynosi przeciętnie 12 kg na cm^2 (= 4,7 puda na cal kwadr.).

3) Wytrzymałość na przesuwanie (ściananie). Wytrzymałość na przesuwaniu cegły jest znacznie mniejszą aniżeli na ściskanie, lecz większą aniżeli na rozciąganie i wynosi, według doświadczeń Bauschinger'a, od 10 do 80 kg na cm^2 (= od 3,9 do 31,5 puda na cal kwadr.), przeciętnie zaś około 40 kg na cm^2 (= 15,8 puda na cal kwadr.).

4) Wytrzymałość na wyginanie. Wytrzymałość na wyginanie oznaczaną bywa tylko dla dachówek, najczęściej przez bezpośrednie obciążenie okazu próbnego. Według doświadczeń Böhme'go wytrzymałość na wyginanie dachówki wynosi od 54 do 180 kg na cm^2 (= od 21,3 do 70,9 puda na cal kwadr.) i jest prawie jednakową dla okazów suchych i nasyconych wodą, natomiast zmniejsza się znacznie dla okazów, wystawionych przed próbą na działanie mrozu.

5) Wytrzymałość rur. Rury próbowane są na ciśnienie od wewnątrz i zewnątrz. Wytrzymałość ich jest zależną od wytrzymałości samej masy, oraz od wymiaru średnicy wewnętrznej i grubości ścianki. Próba na ciśnienie wewnętrzne, jako ważniejsza, częściej jest wykonywana. Przy próbie tej zamyka się szczelnie jeden koniec rury, następnie napełnia się rurę wodą i wywiera się ciśnienie na powierzchnię górną wody, aż do chwili rozpadnięcia się rury. Podczas próby tej można w pewnych odstępach czasu oznaczać stopień przemakalności ścianki pod ciśnieniem.

Böhme wykonał (w 1885 r.) doświadczenia takie na ciśnienie wewnętrzne z rurami jednej z fabryk pruskich i otrzymał dla rur glinianych polewanych z mufami o średnicy wewnętrznej 160 mm i grubości ścianki 20 mm : 11,5 — 18,5 kg na cm^2 (= 4,5 — 7,3 pud. na cal kwadr.), zaś dla takichże rur, o średnicy wewnętrznej 300 mm i grubości ścianki 33 mm : 13 — 18 kg na cm^2 (= 5,1 — 7,1 pud. na cal kwadr.). — Wytrzymałość rur ogniotrwałych innej fabryki niemieckiej, zbadana w innej pracowni, wynosiła przy średnicy wewnętrznej 70 i 100 mm : 18 — 25 kg na cm^2 (= 7,1 — 9,8 pud. na cal kwadr.), przy średnicy wewnętrznej 200 mm : 21 — 24 kg na cm^2 (= 8,3 — 9,5 pud. na cal kwadr.), a przy średnicy wewnętrznej 300 mm : 18 — 21,5 kg na cm^2 (= 7,1 — 8,5 pud. na cal kwadr.), przyczem wytrzymałość na ściskanie masy była równą 136,7 kg na cm^2 (= 53,8 puda na cal kwadr.), a chłonność — 2,8%.

2. Trwałość.

Trwałość wyrobów ceglarskich jest w ogóle zależną od tych samych czynników, o których mówiliśmy w rozdziale o kamieniach rodzimych (str. 152). — Jak wszystkie ciała, tak i cegła, pod wpływem ciepła rozprzestrzenia się, t. j. zwiększa swą objętość, a pod wpływem zimna kurczy się, t. j. zmniejsza swą objętość. Te zmiany objętości, bezwzględnie brane, są bardzo małe i mniejsze nawet aniżeli w kamieniach rodzimych, gdyż (dla 1° C.) współczynnik rozszerzalności liniowej cegły i muru z cegły wynosi 0,0000046 — 0,0000051, a współczynnik rozprzestrzenienia: 0,0000138 — 0,0000154. Że jednak w cegle rozprzestrzenianie się

ziarn piasku (kwarcu) i spoiwa (gliny) nie jest jednakowem i ponieważ naprężenia wewnętrzne wywoływane przez zmiany temperatury działają ciągle, bez przerwy niemal, przeto zmiany temperatury mogą spowodować stopniowe osłabienie spójności cząstek i powstanie rys włoskowatych. Rysy takie, oraz większe pęknięcia, mogą nadto utworzyć się w cegle z innych przyczyn, już to podczas fabrykacji, już to później, np. wskutek przyciosywania cegły do robót, albo wskutek wstrząśnień, na które cegła jest wystawiona w niektórych murach.

Przebieg zniszczenia cegły pod wpływem czynników atmosferycznych: wody, kwasu węglanego i tlenu, w zasadzie nie różni się od przebiegu zniszczenia kamieni rodzimych. Nawet roślinność, która tak często pojawia się na kamieniach rodzimych i przyśpiesza ich zniszczenie, nie oszczędza cegły; wskutek zagnieżdżania się roślinności bowiem powstają owe plamy brudno-zielonawe, pojawiające się na murach nietynkowanych z cegły i na starych dachach krytych dachówką.

Masa każdego wyrobu ceglarskiego składa się z miążkich okruchów skalnych, tworzących piasek, którego ziarna spojone są z sobą w jedną całość przez substancją gliniastą. Siła wiążąca substancji gliniastej jest więc właściwie jedyną miarą trwałości wyrobu; im większą jest odporność substancji gliniastej na wpływ wody i czynników atmosferycznych, tem powolniej rozluźnia się spójność cząstek i tem powolniejszym jest więc wietrzenie. Że jednak pod wpływem zmian temperatury i czynników atmosferycznych glina, również jak wszystkie skały, wcześniej lub później musi uleść zniszczeniu, przeto i każdy wyrób ceglarski wcześniej lub później musi się rozpaść, a wszelkie ostrożności przy wyborze materiału i wszelkie ulepszenia w sposobach fabrykacji, mają jedynie na celu możebne opóźnienie zniszczenia.

1) Wpływ mrozu. Zachowywanie się cegły wobec mrozu bywa bardzo rozmaite: jedne cegły wytrzymują bez szkody działanie mrozów przez wiele dziesiątków lat, inne już po pierwszej zimie rozsypują się w gruz lub łuszczą się na powierzchni. Takie różnice stopnia odporności na działanie mrozu dają się zauważyć nawet w ceglach wyrobionych z tej samej gliny i wypalonych w jednakowych temperaturach.

Cegły słabo wypalone pod wpływem mrozu stosunkowo prędko kruszą się.

Cegły dobrze wypalone (wiśniówki) są w ogóle odporne na działanie mrozu. W ceglach takich bowiem, przy prawidłowem wypaleniu, porowatość jest w całej masie jednakową, a warstwy zewnętrzne nie są ściślej niż wewnątrz cegły; woda zawarta w porach może więc swobodnie się rozprzestrzeniać, gdyż znajduje ujście przez pory zewnętrzne. Skoro więc woda ta zamarzając zwiększa swą objętość, to nie wywołuje zwiększenia ciśnienia na ścianki porów, a tem samem, nie powoduje kruszenia się cegły.

Cegły, których powierzchnie zewnętrzne są szczelne, spiekle, stopione i zeszlone, gdy tymczasem wewnątrz składa się z masy porowatej, jako to: półklinkry, a po części zendrówki, w ogóle trudno pochłaniają wodę. Skoro jednak wskutek porysowania się lub odłupania się części powłoki, woda do wnętrza się dostanie, to podczas zamarzania, zwiększając swą objętość i nie znajdując ujścia

na zewnątrz, wywiera silne ciśnienie na warstwy zewnętrzne. Ciśnienie to będzie oczywiście tem znaczniejszem, im większym jest opór stawiany przez warstwy zewnętrzne. Jeżeli opór ten jest stosunkowo mały, to warstwy zewnętrzne zostaną oderwane, co ujawni się przez łuszczenie się cegły na jej powierzchni. Jeżeli zaś opór ten jest znacznym, to pod wpływem ciśnienia wody zamarzającej, rozluźni się spójność cząstek masy wewnętrznej porowatej, która stopniowo przekształci się na ciało syple, ziemiste, co stanowi t. zw. *gnicie* wnętrza cegły.

Klinkry rzeczywiste nie pochłaniają wcale wody lub pochłaniają ją tylko w ilości bardzo małej; nie podlegają więc szkodliwym wpływom mrozu. Przymarkowe uszkodzenie powierzchni nie ma wcale wpływu na stopień odporności klinkra na działanie mrozu, gdyż odłam klinkra tak samo nie przepuszcza wody, jak warstwy zewnętrzne.

Z powyższego wynika, że łuszczenie się warstw zewnętrznych jest najczęściej następstwem znacznie mniejszej porowatości tych warstw, w porównaniu z porowatością części wewnętrznych. Łuszczenie się takie ujawnia się przeto głównie w tych wyrobach z masy porowatej, których powierzchnie zewnętrzne są całkiem szczelne lub mają porowatość bardzo małą. Do wyrobów takich oprócz półklinkrów i zendrówek, należą przeważnie: a) wszelkie wyroby, których powierzchnie zewnętrzne, wskutek nieprawidłowego wypalania, a niekiedy nawet już podczas formowania, stały się ściślejsze, gdy tymczasem wewnątrz pozostało porowate; b) wszelkie wyroby z masy porowatej polewane, i c) wszelkie wyroby z masy porowatej, które już po wypaleniu, uszczelnione zostały na powierzchni, np. przez smołę, farbę olejną, roztwór szkła wodnego i t. p. Wszelkie więc powłoki, mające chronić wyrób od wpływów atmosferycznych, należy stosować z wielką ostrożnością, gdyż zbytne uszczelnienie powierzchni może okazać się szkodliwym i wywołać łuszczenie się cegły, skądinąd odpornej na działanie mrozu.

Zaznaczyć jeszcze należy, że rozpadanie się i łuszczenie wyrobów ceglarskich pod wpływem mrozu może być także następstwem błędów fabrykacyi. Jeżeli np. cegła w czasie suszenia wystawioną była na przymrozki, to pojawiają się w niej rysy lub pęknięcia, pozostające i po wypaleniu, a które dają powód do łuszczenia się cegły.

2) Działanie wody. Wietrzenie. Jeżeli cegła jest dostatecznie odporną na działanie mrozu, to nie jest to jeszcze dostatecznym dowodem jej trwałości. Woda albowiem może oddziaływać szkodliwie na trwałość cegły także przez rozpuszczanie i rozkładanie pewnych jej składników, przyczem rozluźnia się spójność cząstek, a tem samem zmniejsza się wytrzymałość cegły. Te zmiany spójności i mocy są na zewnątrz niewidoczne i zazwyczaj cegła taka przez długi czas zachowuje wygląd cegły zdrowej, pomimo, że moc jej znacznie się zmniejszyła. Po pewnym czasie osłabienie spójności cząstek może przybrać tak znaczne rozmiary, iż cegła rozsypuje się w gruz. Stąd pochodzi, że dwie cegły, które przez czas dłuższy jednakowo dobrze opierały się działaniom mrozów, mogą ujawnić całkiem różną odporność na wpływ czynników atmosferycznych: gdy jedna przez długi czas zachowa swą wytrzymałość, druga może stosunkowo prędko uleść zniszczeniu.

Wietrzenie, jak wiemy, polega na rozkładzie chemicznym składników pod wpływem czynników atmosferycznych, zwłaszcza wody i kwasu węglanego (p. str. 152 i 156). Zależnie przeto od składu danej gliny, t. j. od ilości i jakości zawartych w niej przymieszek ciał obcych, wietrzenie wyrobów ceglarskich może być prędsze albo powolniejsze. Jak znaczne mogą być pod tym względem różnice można zauważyć przy rozbiórce starych murów; niekiedy cegły takich murów dają się łatwo wyjmować, a po wyjęciu są kruche i łamliwe, niekiedy zaś, i to nawet w murach o wiele starszych, cegły tylko z największą trudnością dają się odłączać, a po wyjęciu są wytrzymałe i do ponownego użytku przydatne. W wielu budynkach wzniesionych w wiekach średnich mury nietynkowane z cegły zachowały się po dziś dzień w stanie dobrym. Świadczy to niewątpliwie, że przy obecnych udoskonalonych sposobach fabrykacji, cegielnie mogłyby z łatwością dostarczać wyrobów dostatecznie trwałych, gdyby nie stawały temu na przeszkodzie wielce niezdrowe warunki współzawodnictwa handlowego, nakazujące starać się przede wszystkim o możebne obniżenie ceny wyrobów, choćby z uszczerbkiem ich dobroci.

Z przymieszek często w glinie napotykanych, najszkodliwszy wpływ na trwałość wyrobów ceglarskich wywierają: węglany wapnia i marglu, iskrzyk, sole rozpuszczalne i kamyki większe. Wpływ każdego z tych ciał był już objaśniony powyżej (str. 181—183). Tu zaznaczamy jedynie, że cegły zawierające sole rozpuszczalne podczas wietrzenia łuszczą się na powierzchni, cegły zaś zawierające gruzolki węglanu wapnia i iskrzyku podczas wietrzenia rozpadają się na części, a jeżeli gruzolki znajdują się blisko powierzchni zewnętrznej, to podczas wietrzenia cząstki zewnętrzne cegły odpryskują.

3) Próba trwałości. Trwałość cegły i dachówki można ocenić najlepiej wystawiając je przez jedną zimę na wpływy zmienne mrozu i ciepła, deszczu i śniegu, przyczem wyrób nie powinien uleść zmianom pod względem kształtu i barwy, krawędzie jego powinny pozostać ostre, a twardość i ciężar nie powinny zmniejszyć się w stopniu widocznym. Sposób ten, przy obecnym pośpiechu w prowadzeniu robót budowlanych, nie zawsze jest dogodny; to też stosowane są różne inne próby wymagające mniej czasu, a z których najważniejszymi są próby na mróz.

a) *Próba na mróz.* Próby cegły przez zamarzanie bezpośrednio i sztuczne nie różnią się od odnośnych prób przyjętych dla kamieni rodzimych, a opisanych w rozdziale poprzednim (str. 161). Zalecaną jest nadto próba następująca: Okazy próbne cegły gotuje się przez pół godziny w roztworze soli glauberskiej, następnie suszy się w izbie ciemnej; te okazy, które najmniej będą uszkodzone od tworzących się na ich powierzchni kryształków soli, są najodporniejsze na wpływ mrozu.

Na miejscu budowy można doraźnie, lecz mniej ściśle, ocenić stopień trwałości cegły za pomocą próby następującej: Cegły ustawione w kozły i rozgrzane silnie przez słońce, polewa się w pewnych odstępach czasu wodą, przyczem cegły dobre nie powinny łuszczyć się ani wypaczać.

b) *Próba na sole rozpuszczalne.* W celu oznaczenia zawartości soli roz-

puszczalnych w cegle, zaleconą została przez uchwały narad międzynarodowych w Monachium (1884 r.) i Dreźnie (1886 r.) próba następująca: Z danej dostawy należy wybrać pięć cegieł najslabiej wypalonych, które nie były jeszcze w zetknięciu z wodą. Z cegieł tych poddaje się doświadczeniu tylko części wewnętrzne masy. W tym celu każdą z tych cegieł należy rozłupać w trzech kierunkach na ośm części i z każdej z tych części odłamać narożnik wewnętrzny. Odłamane narożniki wewnętrzne należy rozdrobnić na proszek miałki, przechodzący przez sito o 900 otworach na cm^2 , następnie proszek ten przepuszcza się przez sito o 4900 otworach na cm^2 dla oddzielenia pyłu, a część pozostającą pomiędzy temi sitami poddaje się próbie. Z tej części 25 g należy wylugować w 250 cm^3 wody przekrojonej (destylowanej), następnie gotować przez godzinę przy dolewaniu wody świeżej w zamian za ulatniającą się, wreszcie precedzić (przefiltrować) i wymyć. Ilość soli rozpuszczalnych należy oznaczyć przez odparowanie ich roztworu i słabe rozżarzenie. Ilość soli rozpuszczalnych wyrazić należy w odsetkach ciężaru cegły. Otrzymaną masę solną poddać należy rozbirowi ilościowemu. (Por. nadto str. 256).

c) *Próba na węglan wapnia, iskrzyk, gips i inne przymieszki szkodliwe.* Wpływ szkodliwy wapna można ujawnić najłatwiej przez zanurzenie cegły w wodę. Że jednak przytem węglan wapnia gasi się z nadmiarem wody, gdy tymczasem w murze gaszenie może być tylko stopniowe, powolne, pod wpływem wilgoci i pary wodnej powietrza, przeto próba ta nie może być uważana za stanowczą, tem bardziej, iż gaszenie z nadmiarem wody jest mniej szkodliwe aniżeli gaszenie powolne. Przy gaszeniu bowiem z nadmiarem wody tworzy się ciasto wapienne ciekłe, które może wypłynąć przez pory cegły, gdy tymczasem przy gaszeniu powolnem tworzy się proszek wapienny suchy, który w porach pozostaje. Z tego powodu na naradzie międzynarodowej w Monachium (1884 r.) uchwalono, zgodnie z wnioskiem Olschewsky'ego, w celu ujawnienia szkodliwego wpływu wapna i iskrzyku, cegły poddawać działaniu pary wodnej pod ciśnieniem wysokiem.

Przed przystąpieniem jednak do tej próby należy dwie cegły niepalone, wzięte umyślnie w tym celu z cegielni, rozmiękczyć i dla oddzielenia przymieszek grubszych przesiać przez sito o 400 otworach na cm^2 (około $\frac{1}{3}$ mm szerokości oczka w świetle). Składniki mineralogiczne piasku w ten sposób otrzymanego należy zbadać przy pomocy lupy i kwasu solnego i tylko w razie zauważenia przymieszek węglanu wapnia, iskrzyku, gipsu i t. p., należy wykonać próbę zaleconą. Do próby tej należy wziąć odłamki cegły palonej, najlepiej odłamki pozostałe z próby na zawartość soli rozpuszczalnych. Odłamki te umieścić należy na ruszcie kociołka Papin'a w ten sposób, ażeby po zamknięciu szczelnem pokrywy, były wystawione na działanie pary wodnej, lecz nie były w zetknięciu z wodą. Nadmiar ciśnienia winien przytem wynosić $\frac{1}{4}$ atmosfery, a próba winna być prowadzona przez 3 godziny. Odłączone wskutek luszczania się lub odprysnięcia cząstki należy zbadać pod lupą.— Cegła, która wytrzyma tę próbę, może być uważana za odporną na wpływ pary wodnej powietrza, gdyż przy próbie tej ujawnia się wpływ szkodliwy nawet ziarn marglu obfitującego w glinę, pomimo, że margiel w powietrzu trudno się gasi.

4) *Sposoby zwiększenia trwałości.* Najskuteczniej można zwiększyć trwałość cegły przez usunięcie całkowite lub częściowe z gliny przymieszek szkodliwych, jako to: węglanu wapnia, iskrzyku, gipsu, kamyków większych i t. p. Że jednak zupełne oczyszczenie gliny, ze względu na warunki fabrykacji, jest często połączone z pewnymi trudnościami i mogło by wpłynąć na niepomierne zwiększenie kosztu cegły i z powodu, że rzeczony przymieszki same przez się zachowują się obojętnie, a ujawniają wpływ szkodliwy na trwałość wyrobu tylko przy współdziałaniu czynników zewnętrznych, atmosferycznych, zwłaszcza zaś wody i kwasu węglanego, przeto dalsze zwiększenie trwałości cegły można osiągnąć przez możebne zmniejszenie wpływu tych czynników atmosferycznych. Wszystkie więc sposoby zwiększenia trwałości cegły można podzielić na dwie grupy zasadnicze: do pierwszej należą środki mające na celu usunięcie z gliny przymieszek szkodliwych, lub przynajmniej możebne zmniejszenie ich ilości stosunkowej; do drugiej zaś należą środki mające na celu uniemożliwienie lub przynajmniej utrudnienie przystępu wody, a wraz z nią kwasu węglanego, do wnętrza cegły.

a) *Środki przeciwdziałające wpływowi przymieszek szkodliwych.* Węglan wapnia, jak to już zaznaczyliśmy (p. str. 182 i 235—236), występuje w glinie albo w postaci gruzolków większych i ziarn żwirowych, albo też w postaci proszku bardzo miążkiego i często równomiernie w masie rozdzielonego. W pierwszym wypadku węglan wapnia jest zawsze szkodliwym dla trwałości wyrobu, w drugim zaś wypadku jest szkodliwym tylko gdy występuje w ilości znacznej.

Wpływ szkodliwy gruzolków węglanu wapnia polega głównie na tem, że podczas suszenia wyrobu, gruzolki węglanu wapnia, jako ciała twarde, nie kurczące się na powietrzu, mogą dać powód do tworzenia się pęknięć w masie i że podczas wypalania gruzolki te wiążą się chemicznie z gliną tylko na powierzchni, wskutek czego w wyrobie gotowym, wypalonym, przy przystępie wody, wapno gasząc się i zwiększając przytem swą objętość, może zniszczyć wyrób.—Okoliczności, które już to sprzyjają już to przeciwdziałają tym wpływom gruzolków węglanu wapnia, są głównie następujące: 1) Jeżeli gruzolki znajdujące się w glinie składają się z węglanu wapnia całkiem czystego, to w wyrobie gotowym gaszą się bez względu na wysokość temperatury wypalania; jeżeli zaś gruzolki te są zanieczyszczone przez glinę, to gaszą się tem trudniej i tem powolniej, im wyższą jest temperatura wypalania. 2) Niebezpieczeństwo rozsądzenia wyrobu, wskutek gaszenia się gruzolków wapna, jest tem mniejszem, im większą jest objętość gruzolków, im mniej są zanieczyszczone przez przymieszki obce, zwłaszcza glinę, im mniejszą jest wytrzymałość wyrobu i wreszcie im mniejszą jest porowatość wyrobu, gdyż przy porach dostatecznie dużych i licznych, tworzące się ciasto wapienne łatwiej przez pory uchodzi. 3) Jeżeli porowatość i wytrzymałość wyrobu są dostateczne, to gaszenie się gruzolków wapna z nadmiarem wody jest mniej szkodliwe aniżeli gaszenie się ich w powietrzu wilgotnem, a to z powodu, który już powyżej był objaśniony (p. str. 249). — Wynika stąd, że wpływowi szkodliwemu gruzolków węglanu wapnia można zapobiedz najskuteczniej: a) przez wydalanie gruzolków z gliny podczas jej przerabiania; b) przez rozdrobnienie gruzolków na proszek miążki i przemieszanie następnie masy tak, ażeby proszek wapienny był

możebnie równomiernie w masie rozdzielony; c) przez zwiększenie porowatości wyrobu, o ile to jest możebnem bez uszczerbku dla jego wytrzymałości; d) przez możebne zmniejszenie porowatości, a to za pomocą wypalania aż do zupełnego stopienia się masy, gdyż otrzymana w ten sposób masa klinkrowa nie pochłania prawie wcale wody; e) przez gaszenie gruzozków wapna z nadmiarem wody, co najprościej można skutecznie zanurzając w wodę wyroby świeżo wypalone.

Węglan wapnia w postaci proszku miążkiego i równomiernie rozdzielonego w masie jest szkodliwy tylko wtedy, gdy ilość jego jest stosunkowo znaczna (większa aniżeli 25%), albo gdy wyroby wypalane są w temperaturze niskiej. Przy znacznej bowiem zawartości w glinie węglanu wapnia sproszkowanego i przy niskiej temperaturze wypalania, wapno, gasząc się w wyrobie gotowym, zmniejsza jego wytrzymałość. — Warunki sprzyjające i przeciwdziałające tym wpływom węglanu wapnia sproszkowanego, są w ogóle takie same jak przy węglenie wapnia w gruzożkach; zaznaczyć jedynie należy, że niebezpieczeństwo zniszczenia wyrobu wskutek gaszenia się wapna miążkiego jest tem większem, im większą jest ilość tego wapna i im niższą jest temperatura wypalania. — Cegły wyrobione z gliny zawierającej od 20 do 25% węglanu wapnia sproszkowanego, trzymają się dobrze tylko w powietrzu suchem; jeżeli jednak temperatura wypalania jest bardzo wysoka, to zawartość w glinie węglanu wapnia miążkiego do 30% (a według prof. Tetmajer'a, nawet znacznie większa) może okazać się nieszkodliwą. — Usuwanie z gliny węglanu wapnia miążkiego, znajdującego się w ilości nadmiernej, jest ze względu na warunki fabrykacyi niemożebne; przeciwdziałać wpływowi węglanu wapnia miążkiego można by przeto tylko: a) przez zmieszanie gliny danej z gliną zawierającą mało węglanu wapnia; b) przez zwiększenie temperatury wypalania; c) przez zwiększenie porowatości i wytrzymałości wyrobu. Stosowanie tych środków zapobiegawczych jest jednak wielce utrudnione, a to z powodu, że: 1) mieszanie materiału znajdującego się na miejscu z gliną ubogą w węglan wapnia, którą najczęściej należy dowozić z okolic oddalonych, jest ze względów ekonomicznych zawsze niekorzystnem, a często wprost niemożebnem; 2) zwiększanie temperatury pieca przy wypalaniu gliny, bogatej w węglan wapnia miążki, może spowodować paczenie się wyrobów w ogniu, gdyż węglan wapnia miążki działa jako topnik; 3) zwiększenie porowatości wyrobu bez uszczerbku dla jego wytrzymałości jest zazwyczaj niemożebne, gdyż w pewnych granicach wytrzymałość wyrobu wzrasta i maleje ze stopniem jego porowatości. — Z tych przyczyn wyrabianie cegły trwałe z gliny zawierającej nadmierną ilość węglanu wapnia miążkiego jest wielce utrudnione i w największej liczbie wypadków glina taka uznana być musi za nieodpowiednią dla wyrobów, mających odznaczać się odpornością na wpływy czynników atmosferycznych. — Natomiast jeżeli zawartość węglanu wapnia miążkiego w glinie jest nieznaczną, to przy dostatecznej temperaturze wypalania, nie ujawnia on wpływu szkodliwego na trwałość wyrobów, a na wytrzymałość ich może oddziaływać nawet korzystnie, jak to widać z wyników doświadczeń prof. Tetmajer'a, o których powyżej wzmiankę podaliśmy (p. str. 235). Przytem wyroby z gliny takiej, jako chudej, mniej kurczą się w ogniu.

Wpływ szkodliwy iskrzyku polega głównie na tem, że w glinie wilgotnej, leżącej na powietrzu, tworzą się rozpuszczalne sole siarczane, zaś podczas wypa-

lania, wskutek zmiany chemicznej iskrzyku, wyroby łatwo pękają, a po wypaleniu, wskutek tworzenia się siarczynu żelaza, wyroby mogą być uszkodzone albo nawet zniszczone (por. str. 183). Ażeby tym następstwom zapobiedz należy grubsze przymieszki iskrzyku wydalać mechanicznie z gliny podczas jej przerabiania, zaś glinę zawierającą iskrzyk miążko sproszkowany wypalać w temperaturze wysokiej, co sprzyja tworzeniu się krzemianu żelaza.

Sole rozpuszczalne, z pomiędzy których najszkodliwszymi są siarczany wapnia, żelaza, magnezu i zasad, fosforan sodu i t. p., mogą albo znajdować się w materiale surowym (glinie i wodzie), albo być pochłonięte przez wyrób podczas fabrykacji, albo wreszcie wsiąknąć w wyrób gotowy z gruntu lub z zaprawy murowej. Sole siarczane mogą nadto tworzyć się w glinie zawierającej iskrzyk, przy utlenianiu się iskrzyku w powietrzu lub ogniu. Wpływ szkodliwy tych soli polega głównie na tem, że: 1) roztwory soli, nasycające wyrób, wchodzi w związki chemiczne z gliną paloną, co sprzyja wietrzeniu, zwłaszcza jeżeli temperatura wypalenia była niewysoką, 2) sole, wydzielając się z roztworu w postaci kryształów, zwiększają swą objętość, a tem samem osłabiają spójność pomiędzy cząstkami wyrobu; 3) sole hygroskopijne są stałym źródłem wilgoci muru. Przeciwdziałać można tym następstwom zabezpieczając glinę surową od pochłaniania soli z gruntu, a to za pomocą warstw nieprzemakalnych, oraz podwyższając temperaturę wypalenia, gdyż przy temperaturze wysokiej sole wchodzi w związki chemiczne z gliną, przyczem, wskutek wzajemnego podstawienia, tworzą się ciała nierozpuszczalne. Wsiąkaniu w mur soli rozpuszczalnych z gruntu można zapobiedz przez warstwy odosobniające (izolacyjne). Natomiast wsiąkaniu w cegłę porowatą soli z zaprawy murowej zapobiedz nie można, używanie zaś cegły nieprzemakalnej, klinkrowej, jest niemożliwe, ze względu na jej cenę wysoką i na złe wiązanie się z zaprawą. To też przy użyciu zaprawy nieodpowiedniej, zawierającej sole rozpuszczalne, szkodliwe dla trwałości cegły, zniszczenia cegły nic powstrzymać nie jest w stanie.

Kamyki większe, jako ciała twarde, nie kurczące się na powietrzu, mogą spowodować pęknięcie wyrobów już podczas ich suszenia. Zapobiedz temu można przez usuwanie mechaniczne kamyków z gliny podczas jej przerabiania, oraz przez miażdżenie kamyków w walcach i następne staranne przemieszanie gliny, tak, ażeby piasek powstały z rozdrobnienia kamyków, był możebnie równomiernie w masie rozdzielony.

b) *Zabezpieczanie wnętrza wyrobów od przystępu wody i kwasu węglanego.* Woda, a wraz z nią kwas węglany, wsiąka w cegłę tem łatwiej, im porowatość cegły jest większą. Najskuteczniej można by więc zapobiedz wsiąkaniu wody w cegłę przez wypalanie cegły aż do zupełnego przetopienia się masy, gdyż otrzymana w ten sposób cegła będzie klinkrem rzeczywistym, którego porowatość jest bardzo małą i który wskutek tego prawie wcale wody nie pochłania. Klinkier jednak nie może zastąpić zwykłej cegły budowlanej, gdyż cena klinkrów jest zbyt wysoką, a przytem klinkry z powodu gładkich powierzchni źle wiążą się z zaprawą; nadto klinkry, z powodu małej porowatości, są pod względem zdrowotnym mniej odpowiedniami dla domów mieszkalnych aniżeli cegła zwykła, dostatecznie porowata. Półklinkry są wprawdzie tańsze od klinkrów,

lecz dzielą z klinkrami pozostałe ich niedogodności, a przytem odporność półklinkrów na działanie mrozu, z powodów, które już objaśniliśmy (por. str. 220 i 246), jest często mniejszą nawet aniżeli cegły zwykłej dobrej i dostatecznie porowatej.

Cegłę dobrą budowlaną zabezpieczać potrzeba od wsiąkania wody tylko w wypadkach wyjątkowych. W powierzchniach pionowych muru, zabezpieczenie takie jest całkiem zbyteczne, gdyż woda atmosferyczna z powierzchni pionowej szybko spływa, wsiąka więc w cegłę na głębokość niewielką i następnie prędko się ulatnia. Natomiast w powierzchniach poziomych i mało pochyłonych (jak np. w powierzchniach poziomych gzymsów, opraw okien i t. p.), na których opady atmosferyczne dłużej zatrzymywać się mogą, zabezpieczenie muru jest korzystne, a osiągnięte być może przez powłokę z warstwy nieprzemakalnej. Taka powłoka nie powinna jednak pękać pod wpływem zmian atmosferycznych; skoro albowiem w warstwie ochronnej pojawią się rysy włoskowate, albo większe pęknięcia, to wpływ jej na trwałość cegły zabezpieczonej będzie raczej szkodliwy aniżeli pożyteczny. Najlepszym materiałem na powłoki takie jest blacha metalowa nierdzewiejąca, np. blacha cynkowa. Mniej odpowiednimi są powłoki cementowe, gdyż warstwy poziome z zaprawy cementowej, wystawione na działanie czynników atmosferycznych, często pękają. Asphalt rodzimy jest dla powłok takich materiałem wyborynym, gdyż jako ciało sprężyste, nie pęka ani pod wpływem zmian temperatury ani pod wpływem wstrząśnień; to też używany jest często na powłoki sklepień i innych części budowli wystawionych na wstrząśnienia. Do pokrywania w domach mieszkalnych gzymsów, opraw okien i innych powierzchni poziomych, wysoko położonych, asphalt oczywiście nie nadaje się. Przytem przy użyciu asfaltu zachować należy pewne ostrożności, gdyż sprężystość pierwotną zachowują przez czas dłuższy tylko gatunki wyborowe asfaltu rodzimego, gdy tymczasem używane najczęściej obecnie asfalty sztuczne stają się po pewnym czasie kruchemi.

W domach mieszkalnych można uniknąć potrzeby stosowania powłok nad gzymsami, oprawami okien i t. p., biorąc do odnośnych wysoków muru odpowiedni kamień rodzimy albo cegłę wodotrwałą (klinkier).

Wyroby ceglarskie można uczynić nieprzemakalnymi także za pomocą *polewy (glazury)*. O polewach będzie mowa poniżej w ustępie oddzielnym; tu zaś zaznaczamy jedynie, że wszystkie polewy, które z jakichkolwiek bądź przyczyn łatwo pękają, a więc przedewszystkiem wszystkie polewy, których współczynnik rozprzestrzenienia jest inny aniżeli danej gliny palonej, są raczej szkodliwymi aniżeli korzystnymi dla trwałości wyrobu.

3. Barwa i wykwit.

Wyroby ceglarskie, po wypaleniu, mają najczęściej barwę czerwoną w różnych odmianach, lecz piękna barwa czerwona nie jest bynajmniej dowodem dobroci wyrobu. Barwa wyrobu po wypaleniu jest bowiem zależną od gatunku gliny i jej składu, od typu pieca i wysokości temperatury, oraz od gatunku paliwa.

Glina czysta palona ma barwę białą. Wyroby palone z gliny zawierającej tlenek żelaza, choćby w ilości stosunkowo niewielkiej, np. około 4%, mają

barwę czerwoną, której natężenie wzrasta przy temperaturach wyższych. W temperaturach bardzo wysokich zabarwienie to staje się zielonawem, a następnie czarnawem, co pochodzi z przekształcenia się tlenku żelaza na tlenek żelaza. — Barwa wyrobów palonych z gliny zawierającej tlenek żelaza jest nadto zależną od ilości stosunkowej tlenku żelaza i glinki (tlenku glinu). Wyroby palone z gliny bogatej w glinę, a ubogiej w żelazo, mają barwę białawą, a przy większej nieco zawartości żelaza — blado-żółtą lub żółto-brunatną; zaś wyroby palone z gliny, ubogiej w glinę, a obfitującej w żelazo, mają barwę czerwoną. — Węgiel wapnia zawarty w glinie wywołuje w wyrobach palonych barwy żółte albo też żółto-zielone. Jeżeli glina obok węglanu wapnia zawiera także tlenek żelaza, to wyroby palone w ogniu słabym mają barwę czerwoną; zaś wyroby palone w temperaturach wyższych, wywołujących spiekanie się gliny, mają barwę krwisto-czerwoną, lub też białawą do ciemno-żółtej, a przy zupełnem zeszkleniu — zielonawą do czarnawej. — Najczęściej wyroby palone z gliny ubogiej w glinę, a obfitującej w tlenek żelaza i węgiel wapnia, mają barwę żółtą. Odcienia tej barwy żółtej mogą być rozmaite, zależnie od ilości stosunkowych węglanu wapnia i tlenku żelaza, oraz od wysokości temperatury. Zabarwienie żółte takich wyrobów, jak to stwierdził dr. Seger, ujawnia się już całkiem wyraźnie gdy w glinie na 1% tlenku żelaza, przypada przynajmniej 3 — 3,5% węglanu wapnia. Gdy ilość stosunkowa węglanu wapnia jest większą, wyroby palone w temperaturach niskich mają barwy jasne, żółtawe; gdy zaś stosunek ilościowy węglanu wapnia do tlenku żelaza jest zbliżony do podanej powyżej normy, wyroby palone w temperaturach wysokich mają barwy ciemno-żółte, przechodzące w żółto-czerwone lub żółto-brunatne; gdy wreszcie ilość stosunkowa węglanu wapnia jest mniejszą od podanej powyżej, nie tworzy się barwa żółta czysta, lecz powstają owe barwy mieszane, pośrednie, które można często widzieć w wyrobach ceglarskich późniejszych. Takie barwy pośrednie, nieokreślone, sprawiają w ogóle wrażenie nieprzyjemne i z tego powodu są nieodpowiednie dla wyrobów lepszych, a zwłaszcza dla cegły przeznaczonej do licowania murów. — Wyroby palone z gliny zawierającej magnez mają również barwy żółtawe.

Na barwę wyrobów ceglarskich ma wpływ także typ pieca. Skoro wyroby podczas wypalania zabezpieczone są od bezpośredniego przystępu płomienia przez odpowiednie osłony, lub gdy wypalane są w piecach, w których płomień jest odpowiednio kierowanym, tak, ażeby nie miał przystępu do wyrobów, jak np. w piecach gazowych, to zazwyczaj zachowują one barwę żółtą czystą; gdy natomiast płomień ma bezpośredni przystęp do wyrobów, to na powierzchni ich tworzą się plamy ciemne, czerwone, często wyraźnie ograniczone, zwłaszcza gdy paliwo zawiera siarkę. Nadto z każdego ładunku pieca otrzymuje się cegły przynajmniej w trzech odmianach barw, gdyż cegły z warstw najbliższych paleniska mają barwy stosunkowo ciemne, cegły z warstw średnich mają barwy nieco jaśniejsze, a cegły niedopalone, z warstw najbardziej oddalonych od paleniska, mają barwy względnie najjaśniejsze.

Jeżeli paliwo zawiera siarkę, a w gazach dymowych pieca znajduje się tlen swobodny, to tworzy się kwas siarczany, wywołujący barwę ciemno-czerwoną na powierzchni wyrobów, które w innych warunkach miały by barwę żółtą. Tem

tłumaczy się też powstawanie plam czerwonych na wyrobach, które po wypaleniu mają barwę żółtą. Takie zabarwienia i plamy ciemno-czerwone powstają głównie w piecach pierścieniowych ciągłych.— Cegły z pieców opalanych torfem mają w ogóle barwy jaśniejsze aniżeli cegły z pieców opalanych drzewem.

Barwy naleciałe mogą powstawać albo podczas wypalania, albo też już po obmurowaniu cegły. Cegły wyrobione z gliny zawierającej alun lub gips, po wypaleniu, pokryte są często nalotem, w postaci pyłku mącznego, białawego. O tym objawie podaliśmy już wzmiankę powyżej (p. str. 202). Takimże nalotem białawym, pyłkowatym, pokryte są często powierzchnie cegły palonej z gliny zawierającej miążkę wapno. Pyłek ten, składający się z węglanu wapnia, bezpośrednio po wypaleniu jest najczęściej niewidocznym; następnie jednak przy przystępie wilgoci atmosferycznej, cząstki wapna gaszą się, przyczem zwiększają swą objętość w dwójnasób lub trójnasób, a wskutek tego pyłek staje się widocznym dla oka nieuzbrojonego.—Inne naloty barwne, brudnawe, powstają na cegle najczęściej wskutek przystępu popiołu do wyrobów w piecu, a na powierzchni murów nietynkowanych, wskutek osadzania się w porach cegły pyłu i kurzu.

Zabarwienia powstające wskutek wykwitów są zależne od rodzaju tych wykwitów. Wykwity tworzące się na powierzchni wyrobów palonych są najczęściej siarczanami wapnia, sodu (sól Glauberska) i magnezu, związkami chromu, oraz zielonemi i niebieskiemi związkami wanadu. Powstają one w glinie palonej zazwyczaj wskutek użycia paliwa zawierającego iskrzyk. Takież wykwyty mogą powstać już po obmurowaniu cegły, lecz w tym wypadku, wykwyty tworzące się na powierzchni muru, nie zawsze są następstwem soli zawartych w cegle. Mogą one bowiem również utworzyć się wskutek nieodpowiedniego gatunku zaprawy, albo też wskutek złego odosobnienia muru od ziemi rodzajnej, nieczystości kłoczących i wody gruntowej. Wykwity zielone na powierzchniach murów, o ile nie są związkami wanadu, powstają z chromu zawartego w glinie, albo też są to wodorosty, rozwijające się w miejscach wilgotnych. Plamy czarne na powierzchni murów nietynkowanych są przeważnie grzybkami, które najczęściej występują razem z wykwitami węglanu wapnia i gipsu.

Naloty złożone z soli trudno rozpuszczalnych (gips, węglan wapnia) pozostają na murze i stopniowo zwiększają swą objętość; wykwyty zaś złożone z soli łatwo rozpuszczalnych (siarczan sodu i magnezu) pojawiają się podczas pogody suchej i znikają podczas pogody wilgotnej.

Następstwa szkodliwe wykwitów złożonych z soli były już objaśnione powyżej w ustępie o wpływie soli rozpuszczalnych na trwałość wyrobów (p. str. 252), gdzie też wskazane są sposoby zapobiegania tym następstwom.

Cegła, która wytrzymuje próbę na sole rozpuszczalne (p. str. 249) może być uważana za zabezpieczoną od wykwitów, rozumie się, o ile wykwyty te nie będą następstwem wsiąkania w cegłę soli wylugowanych przez wodę z zaprawy cementowej muru. Zaznaczyć jednakże należy, że gdy zawartość soli rozpuszczalnych jest bardzo małą, to nie ujawniają one wpływu szkodliwego na trwałość ani na zabarwienie wyrobów. W doświadczalni dla wyrobów z gliny palonej Hoffmann'a i Olschewsky'ego w Berlinie przyjęto jako normy: że ilość soli trudno rozpuszczalnych, zwłaszcza zaś gipsu, w materiale surowym nie powinna prze-

kraczać 0,1%, a ilość soli łatwo rozpuszczalnych, zwłaszcza siarczanu magnezu, w wyrobie palonym nie powinna być większą aniżeli 0,01%.

Zamiast próby na sole rozpuszczalne, zaleconej na naradach międzynarodowych w Monachium (1884 r.) i Dreźnie (1886 r.) (por. str. 249), można zastosować próbę następującą, dogodniejszą do wykonania, która jednak daje wyniki mniej pewne: Cegły nasycone wodą czystą deszczową, albo lepiej wodą przekroploną (destylowaną), suszy się w miejscu cieniście i zabezpieczonym od kurzu. Jeżeli cegła zawiera sole rozpuszczalne, to po powolnym ulotnieniu się wody, pojawiają się na powierzchni cegły wykwit. Próbę tę powtórzyć należy kilka razy.

4. Twardość.

Twardość cegły dobrze wypalonej jest bardzo znaczną, a twardość klinkrów jest prawie taką samą jak twardych kamieni rodzimych. Często cegła jest tak twarda, że uderzana stalą daje iskry; opiera się mocnym uderzeniem młotkiem; odłam ma zbity, ścisły, o krawędziach ostrych. Cegły, o odłamie ziemistym, łatwo zabarwiają ręce, mają twardość małą.

Cegła twarda, dobrze wypalona, uderzona młotkiem, wydaje dźwięk czysty i donośny. Gdy dźwięk jest przytłumiony, cegła jest źle wypalona; gdy zaś dźwięk jest zgrzytliwy, wnosić można, że cegła jest popękana.

Do oznaczenia twardości cegły służą te same sposoby i przyrządy jak dla kamieni rodzimych (p. str. 168).

5. Porowatość.

Współczynnikiem porowatości albo krócej *porowatością* cegły nazywamy ciężar wody, którą dana cegła pochłoniąć może, wyrażony w odsetkach ciężaru tejże cegły. Można też oceniać porowatość wprost z *objętości porów* i wtedy objętość porów wyrazić należy w odsetkach objętości cegły.

Porowatość cegły jest zależną od gatunku gliny, od ilości stosunkowych substancji gliniastej, piasku i przymieszek, od stopnia topliwości gliny i od temperatury wypalania. Nadto, przy innych warunkach jednakowych, porowatość bywa zależną także od sposobu formowania: cegły maszynowe są mniej porowate aniżeli cegły wyrobu ręcznego.

Glina wypalona do zupełnego stopienia się masy ma porowatość bardzo małą, często równą zero. Z tego powodu klinkry rzeczywiste nie pochłaniają prawie wcale wody; klinkry jednak wyrobione z gliny, do której dla zapobieżenia paczeniu się wyrobu w ogniu, dodano stosunkowo dużo piasku gruboziarnistego, pochłaniają wodę w ilości nieznaczącej, do 4% ciężaru własnego.

Porowatość cegły budowlanej dobrze wypalonej i średnio wypalonej wynosi 6—20%; zaś cegły porowatej — znacznie więcej, niekiedy do 50%. Cegły budowlane, których porowatość jest większą aniżeli 16% mają już zazwyczaj niedostateczną wytrzymałość. — Chłonność dobrej dachówki nie powinna przekraczać 4%.

O zależności zachodzącej pomiędzy porowatością cegły a jej wytrzymałością była już mowa powyżej (p. str. 230—232). Tu zaznaczyć należy jedynie, że ze względu na tę zależność, próba porowatości stanowi niezbędne uzupełnienie próby wytrzymałości. Przy jednakowej porowatości a rozmaitej wytrzymałości odaje się pierwszeństwo zawsze cegle, której wytrzymałość jest większą. Przy

jednakowej zaś wytrzymałości a rozmaitej porowatości, zwrócić należy baczną uwagę na stopień porowatości: jeżeli cegły są bardzo chłonne, to przy jednakowej wytrzymałości, ta jest lepszą, której porowatość jest większą; jeżeli zaś chłonność jest bardzo małą, to przy jednakowej wytrzymałości, przyznać należy pierwszeństwo cegłom o porowatości mniejszej.

Wpływ porowatości kamienia na zdrowotność pomieszczeń był już również objaśniony powyżej, w rozdziale o kamieniach rodzimych (p. str. 169). Tu więc ograniczamy się jedynie na zaznaczeniu, że cegła budowlana dobrze wypalona, obok innych zalet, odznacza się złym przewodnictwem ciepła i dobrą przepuszczalnością powietrza, czyni więc zadość w stopniu wysokim wymaganiom zdrowotnym, co jest jednym z powodów, dla których jest słusznie uważana za wyborny materiał dla domów mieszkalnych.

Do oznaczania porowatości brać należy nie całą cegłę, lecz tylko części wyłamane z jej środka, gdyż cała cegła może być na powierzchni zeszlona do pewnej głębokości, jak w zendrówkach i półklinkrach i wskutek tego nie pochłaniać wody, pomimo, że wewnątrz jej jest porowate. Okazy próbne, wyłamane ze środka kilku cegieł, należy dobrze wysuszyć na powietrzu, starannie zważyć i zanurzyć w wodę na czas przynajmniej pięciu dni, poczem należy je ponownie zważyć, oznaczyć przyrost ciężaru i ten przyrost ciężaru wyrazić w odsetkach ciężaru danych okazów suchych. Jeżeli np. ciężar danych okazów wynosi w stanie suchym 3 kg, a w stanie nasyconym 3,6 kg, to porowatość danej cegły $C = \frac{(3,6 - 3,0) \cdot 100}{3,0} = 20\%$.

Ponieważ przy zanurzaniu okazów próbnych w wodę, sposobem powyżej wskazanym, nasylenie może być niedokładne, gdyż część powietrza może przez czas bardzo długi pozostawać w porach, przeto prof. Tetmajer radzi zanurzać zrazu okazy tylko na taką głębokość, ażeby jedynie ich części dolne były przez wodę zmoczone, następnie zaś przez dolewanie wody w pewnych odstępach czasu podnosić stopniowo jej poziom, aż woda całkiem okazy pokryje. W tym stanie zanurzenia całkowitego winny okazy pozostawać dopóki ich ciężar nie przestanie się zwiększać.

Klinkry bardzo trudno pochłaniają wodę; dla przyśpieszenia więc próby i dla tem lepszego nasylenia okazów, można odłamki klinkrów ogrzewać w wodzie gorącej i ochładzać w wodzie temperatury pokojowej, przez co nasylenie okazów znacznie przyśpieszonym zostanie. To ogrzewanie i ochładzanie należy powtarzać naprzemian, dopóki ciężar okazów nie przestanie się zwiększać. Lang i Hauenschild radzą odłamki klinkru suszyć w temperaturze 100° C., a po zważeniu poddać w cylindrze prasy wodnej ciśnieniu 3 atmosfer przez czas jednej godziny, co zdaniem ich jest całkiem dostateczne dla dokładnego nasylenia okazów.

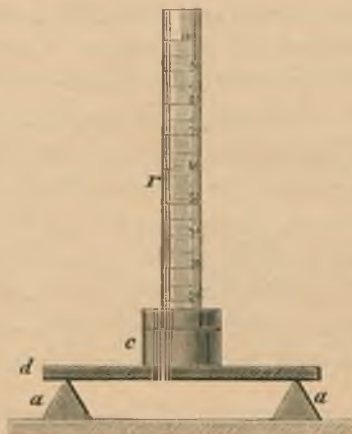
W celu oznaczenia wpływu warstw zewnętrznych cegły na przebieg ulatniania się wody, radzi Olschewsky cegłę nasyconą pozostawić w spoczynku na powietrzu i przez staranne odważanie oznaczać co 24 godziny ubytek wody ulatniającej się. Przy jednakowych innych warunkach, odporniejszą na działanie mrozu będzie oczywiście ta cegła, z której woda łatwiej ulotnić się może.

Przy oznaczaniu porowatości surówek i niedopalek, które w wodzie mo-

gą rozpaść się, zamiast wody brać należy toluol (metylobenzol), benzol, lub inny węglowodór.

Porowatość dachówek oznaczana bywa w taki sam sposób jak porowatość cegły.—Porowatość *powierzchni* dachówki można ocenić w przybliżeniu przez puszczenie kropli atramentu; jeżeli powierzchnia dachówki jest bardzo porowata, to kropla atramentu rozplynie się w kręgi współśrodkowe i prędko wsiąknie w dachówkę; jeżeli zaś porowatość powierzchni jest bardzo małą, to kropla atramentu utrzymuje się długo, a przy rozptywaniu się jej kręgów współśrodkowych nie widać.

Do bezpośredniego oznaczenia stopnia przemakalności dachówki zaleca Olschewsky przyrząd własnego pomysłu (rys. 110). Dachówkę *d* kładzie się na dwóch podpórkach *a a*. W środku dachówki stawia się naczynie szklane bezdenne *c*, którego krawędź dolną umoczyć należy w wosku stopionym. Wewnątrz tego naczynia stawia się na dachówkę rurkę szklaną *r*, opatrzoną w podziałkę, a przestrzeń pomiędzy naczyniem i rurką zalewa się kilku warstwami wosku, przyczem każda warstwa winna ostygnąć, zanim następną się nalewa. Do rurki *r* wlewa się z biurety odmierzoną ilość wody i następnie oznacza się czas, w którym poziom wody w rurce *r* obniży się stopniowo o 10, 20, 30 . . . cm^3 . W początku próby woda wsiąka prędzej aniżeli ku końcowi próby, gdyż w początku woda wsiąka pod znaczniejszem ciśnieniem. Jeżeli dachówka jest bardzo porowata, to woda nasycając ją przesiąka na drugą stronę i splywa w kroplach.—Dla bliższego objaśnienia przytaczamy kilka wyników doświadczeń, wykonanych przez Olschewsky'ego z rzeczywym przyrządem :



Rys. 110.

	P o r o w a t o ś ć d a c h ó w k i			
	16,5%	15,5%	11,3%	3,8%
Pierwotna wysokość wody	180 mm	180 mm	180 mm	180 mm
Pierwsze 10 cm^3 wody wsiąkło po	5 min.	15 min.	22 min.	712 godz.
Drugie 10 cm^3 „ „ „	7 „	20 „	29 „	—
Trzecie 10 cm^3 „ „ „	9 „	25 „	38 „	—

Oczywistą jest rzeczą, że dachówka klinkrowa, o porowatości około 4%, może być uważana za całkiem nieprzemakalną.

Prof. Bielelubsky, badając cegły wyrabiane w Rosyi, oznaczył chłonność przeciętną cegły niedopalonej (niedopałki) na 22%, cegły dobrej budowlanej (wisiówki) na 17%, zendrówki na 12%.

Inż. Jelenkin, przy wspomnianych już przez nas doświadczeniach nad cegłami wyrabianymi w okolicach Warszawy, oznaczał porowatość przez zanurzenie cegły w wodę na dni pięć. Z wyników tych doświadczeń wypada, że cegły wyrabiane w okolicach Warszawy należą przeważnie do bardzo chłonnych, gdyż porowatość okazała się zmienną dla cegły wyrobu ręcznego w granicach od 11,2% do 30,8%, zaś dla cegły maszynowej w granicach od 8,2% do 18,9%. Przytem

objętość porów, wyrażona w procentach objętości cegły, była zmienną: dla cegły wyrobu ręcznego w granicach od 19,8⁰/₀ do 42⁰/₀, a dla cegły maszynowej w granicach od 15,4⁰/₀ do 31,1⁰/₀.

6. Ciężar.

Ciężar właściwy cegły zwyczajnej jest zmienny w granicach od 1,4 do 2,2, zaś klinkrów od 1,5 do 2,3. Ciężar właściwy cegły wypalanej aż do zupełnego stopienia się masy (klinkrów) jest mniejszy aniżeli cegły budowlanej mocno wypalanej lecz nie zeszkłonej, z powodu, że przy temperaturze około 1000⁰ C. kwarc, którego ciężar właściwy = 2,7, przekształca się na opal, o ciężarze właściwym = 2,2.

Według badań prof. Bielelubskiego ciężar właściwy cegieł wyrabianych w Rosyi wynosi przeciętnie: dla cegieł niedopalonych i średnio wypalonych 1,650; dla cegieł dobrze wypalonych (wiśniówek) 1,855; dla zendrówek 1,994.

7. Cechy zewnętrzne dobroci cegły.

Z tego cośmy powiedzieli powyżej o zasadniczych własnościach wyrobów ceglarskich wynika, że z cech zewnętrznych nie można ocenić dokładnie dobroci wyrobu, gdyż wyroby bardzo rozmaitej dobroci mogą mieć niektóre cechy zewnętrzne jednakowe. Tak np. kształt prawidłowy mogą mieć zarówno cegły dobrze wypalone, jako też cegły źle wypalone; ciężar jednakowy mogą mieć cegły trwałe i nietrwałe; wykwit, zbliżone barwą i wyglądem, są albo szkodliwymi dla trwałości cegły, albo też nie wpływają wcale na trwałość, a szpecą jedynie wygląd zewnętrzny wyrobu. Błędem jest również mniemanie jakoby piękna barwa czerwona stanowiła dowód dobroci wyrobu. Barwy albowiem wyrobów ceglarskich, jako zależne od gatunku gliny, jej składu, sposobu przerobienia, rodzaju przymieszek, sposobu wypalania i gatunku paliwa, mogą być bardzo rozmaite, a przy każdej z tych odmian barw, wyrób może być dobrym lub złym. Najczęściej barwa cegły dobrze wypalanej jest rzeczywiście czerwoną, co pochodzi stąd, że większa część glin, używanych do wyrobu cegły, zawiera tlenek żelaza. Cegły z takiej gliny, źle wypalone, mają barwy jaśniejsze, blado-czerwone lub żółtawe, lecz nie można stąd wyprowadzać wniosku, że cegły, o barwach jasnych, muszą być źle wypalone, gdyż przy odmiennym składzie gliny, cegły wyborowe mogą mieć wszystkie odcienia barw jasnych, białawych, żółtawych. W cegle zwyczajnej, przeznaczonej do murów pod tynk, lub do wnętrza murów licowanych, barwa jest właściwie całkiem obojętną; cegły zaś przeznaczone do licowania murów, jedynie ze względów estetycznych, winny mieć barwę piękną, jednolitą, możebnie czystą, bez plam i naleciałości.

Jakkolwiek z cech zewnętrznych nie można dokładnie oznaczyć dobroci wyrobu, to jednak na podstawie tych cech, przy zastosowaniu jednocześnie pewnych prób odręcznych, można w przybliżeniu ocenić czy dana cegła lub dachówka czyni zadość wymaganiom, zwłaszcza gdy znany jest choćby w przybliżeniu skład gliny, użytej do danego wyrobu i sposób wypalania.

Najważniejsze takie cechy, odnoszące się już to do wyglądu zewnętrznego, już to do złożenia wewnętrznego (odłamu), a służące do przybliżonego oceniania dobroci cegły i dachówki, zestawiliśmy poniżej; zastrzegamy jednak przytem, że wszelkie wnioski, na tej podstawie wysnuwane, mają wartość tylko względną i że najważniejsze własności cegły i dachówki, a zwłaszcza wytrzymałość i trwałość, mogą być dokładnie oznaczone jedynie na podstawie doświadczeń umiejętnych.

Kształt cegły winien być możeżnie prawidłowym; powierzchnie winny być płaskie, nie wichrowate i nie spaczone, krawędzie zaś proste i ostre, przyczem krawędzie przeciwległe winny być równoległe, a przyległe prostopadłe do siebie. W cegle zwyczajnej powierzchnie nie powinny być zbyt gładkie, lecz owszem nieco szorstkie, chropowate, gdyż na powierzchniach zbyt gładkich zaprawa trzyma się gorzej aniżeli na szorstkich.—*Wymiary cegły* winny czynić zadość warunkom dobrego wiązania. Kształty i wymiary cegły, przeznaczonej do jednakowych celów, winny być możeżnie jednakowe; przyczem wymiary cegły licowej mogą być nieco większe aniżeli zwyczajnej, tak, ażeby grubość spoin poziomych i pionowych przy cegle licowej była o 20—25% mniejszą aniżeli przy cegle zwyczajnej.

Odlam cegły winien być ścisły, jednostajny, bez dziur i zagłębień. Masa w odlamie widoczna winna być całkiem równomierną, bez obcych przymieszek, a im równomierniejszą jest masa i im większą jest siła potrzebna dla złamania cegły, tem cegła jest w ogóle lepszą.

Wytrzymałość cegły nie daje się ocenić z cech zewnętrznych; jednakże cegła dobra nie powinna się zbyt łatwo łamać, a rzucona na kupę innych cegieł może wyszczerbić się przy krawędziach, lecz nie powinna rozpaść się na części.

Trwałość cegły można ocenić najlepiej wystawiając ją w rzeczywistości na zmienne wpływy ciepła, wilgoci i mrozu, przynajmniej przez czas jednej zimy, przyczem cegła winna zachować swój kształt i barwę, nie powinna pękać, łuszczyć się ani kruszyć, a nadto na powierzchni jej nie powinny się ujawnić wypaczenia ani zagłębienia. Ze względu na warunki trwałości, cegła nie powinna zawierać gruzolków wapna, ani cząstek marglu, ani też kamyków większych. Cegła zawierająca gruzolki wapna, pod wpływem wilgoci pęka; takie gruzolki wapna dają się łatwo rozpoznać na powierzchni cegły lub w jej odlamie, gdyż wyróżniają się barwą białą i małą twardością, przyczem jak kreda dają się paznogciem zeskrobywać. Jeżeli cegła zawiera margiel, to na powierzchni jej lub w odlamie widoczne są małe punkciki białe; po zanurzeniu cegły w wodę cząstki marglu rozpadają się, przyczem mącą wodę. Kamyki, zwłaszcza gdy są większe od ziarn grochu, wpływają także szkodliwie na trwałość cegły, w mniejszym jednak stopniu aniżeli wapno i margiel; takie kamyki kwarcowe, mają często wygląd podobny do wapna, lecz dają się łatwo odróżnić, gdyż z powodu większej twardości nie można ich rysować paznogciem. Skoro cegła zanurzona kilkakrotnie w wodę, po wyschnięciu nie zmienia barwy i nie pokrywa się pyłkiem kryształków, to przyjąć można, że nie zawiera soli rozpuszczalnych w wodzie i że zatem niema obawy tworzenia się wykwitów. Cegła, której chłonność nie przewyższa 16%, uważa się za odporną na zmiany wilgoci i mrozu, o ile mała chłonność cegły nie jest następstwem większej gęstości warstwy zewnętrznej aniżeli wnętrza.

Twardość cegły ocenia się głównie z dźwięku. Cegła dostatecznie twarda i dobrze wypalona, uderzana młotkiem lub kostką palca, wydaje dźwięk czysty, metaliczny; cegła źle wypalona wydaje dźwięk przytłumiony; cegła zaś popękana—dźwięk zgrzytliwy.—Cegła, której cząstki dają się łatwo zeszkrobywać paznokciem i która przy pocieraniu zabarwia rękę, nie jest dobrą.—Cegła dobra daje się prawidłowo przyciosywać ostrym młotkiem mularskim; cegła zła podczas przyciosywania kruszy się, albo łamie się nieprawidłowo. Cegły przepalone (zendrówki), z powodu znacznej twardości, nie dają się prawidłowo przyciosywać.

Chłonność cegły dobrej, po pięciu dniach zanurzenia w wodzie, nie powinna przekraczać około 16⁰/₀. Cegła dobra, zanurzona w wodę, barwy nie zmienia i wody nie zabarwia; po wyjęciu z wody zaś prędko wysycha. Cegła dobra, pokropiona wodą, prędko wysycha. Na powierzchni cegły dobrej, po kilkukrotnym nasyceniu wodą czystą i wysuszeniu powolnym w miejscu cieniście i zabezpieczonym od kurzu, nie powinny pojawiać się żadne naloty ani wykwit.

Dachówki winny w ogóle czynić zadość tym samym warunkom jak cegły, lecz w stopniu wyższym, gdyż bardziej są wystawione na wpływy zmian atmosferycznych; nadto dachówki winny być lekkie i wodotrwałe.

Dachówki spaczone lub skrzywione są nieodpowiednie, gdyż pokrycie dachu staje się nieszczelnem. Dachówki, których powierzchnie lub krawędzie są uszkodzone, prędko pękają na mrozie, gdyż wilgoć wsiąka przez miejsce uszkodzone do wnętrza. Również mało odpornymi na mróz są dachówki mające na powierzchniach zagłębienia, oraz dachówki wyrobione z gliny zawierającej wiele piasku. Dachówki zawierające wapno, margiel lub kamyki, są oczywiście nietrwałe.—Wymiary dachówek winny być możeżebnie jednakowe, gdyż przy rozmaitych długościach i grubościach, pokrycie dachu nie jest płaskiem ani szczelnem.—Grubość dachówki nie jest dostateczną oznaką wytrzymałości; z gliny dobrej, starannie oczyszczonej i odplawionej, można wypalać dachówki cienkie, a jednak wytrzymałe.

Dobra dachówka, ogrzana i zanurzona w wodę, nie powinna pękać.

Porowatość dobrej dachówki, a także rur z gliny palonej, powinna być możeżebnie małą, zwłaszcza na powierzchni. Chłonność dachówki wyborowej nie powinna przekraczać 4%.

D) Zabarwianie i polewanie wyrobów ceglarskich.

Cegły licowe winny mieć barwę całkiem jednostajną, gdyż przy małych wymiarach cegły, nieznaczne nawet różnice barw, jaskrawo się uwydatniają. Zaznaczyliśmy jednak już powyżej (str. 202), że wyrabianie cegły licowej, o barwie całkiem jednostajnej, połączone jest z niemałymi trudnościami. Często zwłaszcza zdarza się, że glina, znajdująca się w danej miejscowości, odpowiednia pod każdym względem do wyrobu cegły, po wypaleniu ma barwę nieokreśloną, mieszaną, sprawiającą wrażenie nieprzyjemne. W takich wypadkach można cegłę zabarwiać sztucznie przez pokrycie jej powierzchni powłoką z innej gliny, mającej po wypaleniu barwę odpowiednią. W tym celu cegłę, już wysuszoną i starannie do właściwego kształtu doprowadzoną, zanurza się w roztworze, o gęsto-

ści śmietany, przygotowanym z gliny odpowiedniej, przyczem roztwór ten wsiąka w pory zewnętrzne cegły. Oczywiście w pory wsiąka tylko woda z roztworu, mułek zaś w nim zawarty, osadza się na powierzchniach cegły, wskutek czego cegła w ten sposób *powleczona* (n. engobirte Ziegel), po wyjęciu z roztworu, pokryta jest cienką warstewką gliny obcej. Ta powłoka, zwana przez ceglarzy *angobą* (Engobe), prędko wysycha, poczem cegła po wypaleniu ma na powierzchni barwę, zależną wyłącznie od gatunku gliny użytej na roztwór. Przygotowując roztwór z gliny, która po wypaleniu ma barwę białą, żółtą lub czerwoną, albo też mieszając różne odmiany glin z sobą, można otrzymać różne zabarwienia cegły. Niezbędnym warunkiem trwałości powłoki jest zupełnie jednakowe kurczenie się glin użytych do wyrobu cegły i do roztworu; gdyby bowiem gliny te podczas wysychania lub wypalania kurczyły się niejednakowo, to oczywiście powłoka musiała by łuszczyć się lub pękać. Zadość uczynienie temu warunkowi przedstawia pewne trudności; niemniej jednak cegły takie od dawna są wyrabiane i trzymają się dobrze. Powłoka albowiem, przy odpowiednim wyborze gliny do roztworu, jest trwała; nadto powierzchnie cegły takiej po wypaleniu są szczelniejsze, aniżeli cegły zwyczajnej, wskutek czego cegły te są odporniejsze na wpływ czynników atmosferycznych, a kurz do powierzchni cegły trudniej przylega.

Zamiast zanurzania cegły w roztwór, można również powlekać ją roztworem za pomocą odpowiedniego pendzla, poczem powierzchnie powłoki wyglądają się nożem. Przy zastosowaniu szablonów i kilku roztworów, przygotowanych z glin, które po wypaleniu mają barwy odmienne, można otrzymać cegły różnobarwne, wzorzyste. Takie cegły wyrabiane są w Niemczech już od lat kilkudziesięciu i okazały się w ogóle trwałymi.

Sposób zabarwiania cegły przez otoczenie jej powłoką z innej gliny przedstawia jednak tę niedogodność, że w razie uszkodzenia narożników lub krawędzi, barwa wnętrza cegły staje się widoczną, w postaci plamy na tle zabarwienia sztucznego. Z tego powodu sposób zabarwiania, o którym mowa, może okazać się korzystnym głównie w tych wypadkach, gdy po wypaleniu barwa gliny użytej do roztworu jest prawie taką samą jak gliny użytej do wyrobu cegły, t. j. gdy chodzi nie o nadanie cegle całkiem odmiennej barwy, lecz jedynie o uzyskanie zabarwienia bardziej jednolitego i czystsze.

Odcienia barw, które można otrzymać przez zastosowanie powłoki glinianej, ograniczone są oczywiście skalą barw właściwych glinie palonej. Są to więc różne odcienia barw białawych, żółtych i czerwonych. Dla celów architektury, gdy chodzi o wywołanie wrażeń estetycznych przez odpowiednie zestawienie barw, odcienia te są często niewystarczającymi i dla tego już w starożytności stosowano *cegły polewane* (*glasurowane*) (fr. briques émaillées; n. glaserirte Ziegel), które można wyrabiać we wszystkich niemal odmianach barw i które wskutek tego dają możliwość odpowiedniego przyozdabiania ścian zewnętrznych budynku. Nadto dobra *polewa* (fr. émail, glaçure; n. Glasur) jest zupełnie gładką, szczelną i nie przepuszcza wody, a wskutek tego chroni wnętrza cegły od przystępu wilgoci, zaś kurz do polewy nie przylega. Mury wyłożone cegłą polewaną mają przeto zawsze wygląd świeży i czysty, gdyż deszcze zmywają kurz i brud z gładkich powierzchni polewy. Pod tym względem mury takie mają

wyższość nad murami z ciosów rodzimych, które z biegiem czasu tracą pierwotną swą barwę i stają się szaremi od kurzu.

Obecnie cegły polewane rzadziej są używane; natomiast często zaopatrywane są w polewę dachówki, w celu zwiększenia ich odporności na wpływy czynników atmosferycznych, oraz rury z gliny palonej, w celu zwiększenia ich nieprzemakalności.

Masa polewy może mieć skład rozmaity. Z masy tej, mialko sproszkowanej, przygotowuje się roztwór rzadki, w który zanurza się odnośny wyrób. Podczas wypalania polewa topi się i wnika w pory zewnętrzne wyrobu, z którym łączy się bardzo trwale. Zamiast zanurzania w roztwór, można też powierzchnie wyrobu powlekać roztworem polewy, za pomocą pendzla.

Polewa nakłada się na wyroby już wysuszone i starannie doprowadzone do właściwego kształtu; można też polewę nakładać na wyroby dopiero słabo wypalone, lecz w tym wypadku wyroby muszą być następnie po raz drugi wypalane.

Cegłę powleka się polewą zazwyczaj tylko na tej powierzchni, która po osadzeniu cegły w murze ma być na zewnątrz widoczną, a to nie tylko dla zmniejszenia kosztu cegły, lecz głównie z powodu, że zaprawy źle się wiążą z powierzchnią gładką polewy.

Wyroby, które mają być polewane winny być możeźnie ściśle i mocno wypalone. W razie bowiem przypadkowego uszkodzenia polewy, wilgoć atmosferyczna znajduje przystęp do części porowatych wnętrza wyrobu i podczas zamarzania, zwiększając swą objętość, niszczy wyrób.

Skład polewy winien być takim, ażeby topienie się jej nastąpiło dopiero przy największej zamierzonej temperaturze pieca. Polewy z masy, zawierającej cząstki już poprzednio zeszlone, łuszczą się łatwo. Łuszczenie się polewy może być także następstwem niedostatecznego jej związania się z powierzchnią wyrobu; im powierzchnia ta jest bardziej porowatą, tem polewa po wypaleniu mocniej się trzyma. Stąd pochodzi, że polewy nakładane na wyroby już nieco wypalone są znacznie trwalszemi, aniżeli polewy nakładane na wyroby wysuszone tylko na powietrzu. — Współczynnik rozszerzalności polewy winien być dokładnie taki sam jak gliny użytej do wyrobu; jeżeli albowiem, podczas ochładzania po wypaleniu, masa wyrobu kurczy się mniej aniżeli polewa, to w polewie powstają liczne rysy włoskowate; w razie przeciwnym zaś, jeżeli masa wyrobu kurczy się więcej aniżeli polewa, to polewa odpryskuje w kawałkach.

Najprostszą polewę, stosowaną zazwyczaj dla rur z gliny palonej, otrzymuje się przez wrzucenie soli do pieca rozżarzonego do białości, przyczem wnętrze pieca prędko zapełnia się parami solnemi. Pod wpływem tych par tworzy się na powierzchniach widocznych wyrobu polewa, składająca się z powłoki polyskującej i cienkiej, lecz bardzo równomiernej i twardej. Taka polewa ma zazwyczaj barwę żółtawą lub brunatną, można jej jednak nadać barwę perlistą, przepuszczając prąd powietrza przez piec, w ostatnim okresie wypalania. W celu zapobieżenia zbyt znacznemu ochłodzeniu, sól wrzuca się do pieca częściowo w ilościach niewielkich, w pewnych odstępach czasu, zazwyczaj co pół godziny. Po wrzuceniu soli, piec do czasu ochłodzenia się, pozostaje zamkniętym.

Zasadą wszystkich polew barwnych jest polewa biała, która składa się zazwyczaj z 11 części na wagę popiołu cyno-olowianego, 4 cz. czystego piasku kwarcowego, 2 cz. kaolinu, 3 cz. soli kuchennej, 2 cz. szkła białego, 2 cz. węgla potasu i 1 cz. saletry. Mieszanina ta stapia się w piecu w tyglach, wylanych poprzednio wewnątrz 1 cz. wapna i 2 cz. kwarcu, a po stężeniu rozdrabnia się mialko na młynkach. Do polew niebieskich bierze się na 6 cz. tej masy zasadniczej, $\frac{1}{4}$ cz. kobaltu, z małą przymieszką braunitu; do zielonych — na 6 cz. masy zasadniczej, $\frac{1}{4}$ cz. smalty i $\frac{1}{8}$ cz. popiołu miedzi; do żółtej — na 3 cz. masy zasadniczej, $\frac{7}{16}$ cz. słabo palonego antymonu; do brunatnej — na 6 cz. masy zasadniczej, $\frac{3}{16}$ cz. braunitu.

Polewy bezbarwne składają się głównie z krzemionki, kaolinu, bieli ołowianej i boraksu, z małą przymieszką smalty.

Skład polew może być oczywiście bardzo różnym, zarówno pod względem ilości stosunkowej składników, jako też ich gatunku, i rzeczywiście w cegielniach stosowane są polewy rozmaite dla różnych wyrobów, przyczem sposób przygotowywania tych polew najczęściej zachowywany bywa w tajemnicy.

Można też zabarwiać cegły i dachówki przez *zadymianie* na szaro lub czarno sposobem następującym: Gdy wypalanie cegły już jest na ukończeniu, zapelnia się możebnie jednocześnie wszystkie kanały ogniowe świeżo ściętem drzewem liściastem (najlepiej młodą olszyną lub wiązkami gałęzi jesionowych, moczonych poprzednio przez kilka miesięcy w wodzie) i zamyka się natychmiast szczelnie wszystkie kanały dymowe i czeluścia. Pod wpływem gorąca, działającego na wilgotne drzewo i liście, tworzy się znaczna ilość gazów i gęste wyziewy zapalniają cały piec. Gazy te wskutek braku powietrza nie mogą się spalić, spalają się więc kosztem tlenu wydzielanego przez tlenik żelaza zawarty w glinie, przyczem związki tlenku żelaza, zabarwiające czerwono, przechodzą w związki tlenotlenku albo tlenku żelaza, zabarwiające czarno. Otrzymane w ten sposób *cegły zadymione* mają zabarwienie ciemne bardzo trwałe, gdyż cegła zabarwiona jest nie tylko na powierzchni lecz w całej swej masie. Przytem sposób zabarwiania, o którym mowa, nie wpływa prawie wcale na cenę cegły i w niczem nie zmienia jej własności technicznych. To też cegły takie są poszukiwane w Holandyi i Niemczech północnych. Postępowanie to nadaje się głównie dla wyrobów z gliny, która w zwykłych warunkach ma po wypaleniu barwę czerwoną, gdyż wtedy cegły po zabarwieniu sposobem powyższym mają więcej lub mniej żywą i piękną barwę niebiesko-szarą; natomiast cegły, które w zwykłych warunkach miały by barwę jasną, otrzymują przy postępowaniu powyższym zabarwienie matowe, niepiękne, żółto-szare albo brunatno-szare.—G. Wasch w Nord-siehl obmyślił piec odpowiedni do zadymiania w ten sposób cegły i dachówki.

Barwę czarną można nadać cegle przez zanurzenie jej w stanie ogrzanym w gorącą smołę z węgla kamiennego, albo przez pociągnięcie powierzchni cegły taką smołą. Środek ten zwiększa także odporność cegły na wpływy czynników atmosferycznych i bywa często stosowany w cegielni bezpośrednio po wyjęciu cegły z pieca. Takie cegły jednak mają wygląd nieprzyjemny, gdyż kurz mocno się trzyma ich powierzchni, a barwa na słońcu prędko płowieje.

Dachówki mogą być zabarwiane farbą z $\frac{2}{3}$ cz. gliny pławionej i $\frac{1}{3}$ cz. okry żelaznej. Farbą tą pociąga się równomiernie powierzchnie dachówki bezpośrednio przed wypaleniem. Po wypaleniu, dachówka ma wygląd piękniejszy i trwałość większą, aniżeli zwyczajna.

E) Zapotrzebowanie i dostawa wyrobów ceglarskich.

Przed zawarciem umowy żąda się zazwyczaj, ażeby dostawca złożył po kilka okazów próbnych każdego gatunku wyrobu. Okazy te, opatrzone pieczęcią i podpisem dostawcy, służą następnie za podstawę do oceniania dobroci wyrobów dostawionych. I rzeczywiście takie okazy próbne, przy ocenianiu cegły licowej, spełniają po części swoje zadanie; przy dostawach jednak cegły zwyczajnej, korzystniej jest zastrzedz sobie prawo zupełnie swobodnego oceniania dobroci wyrobu, bez względu na okazy próbne, a to z powodu, że przy rozmaitym wyglądzie zewnętrznym pojedynczych cegieł zwyczajnych, mogą pomiędzy nimi znajdować się i takie, które wyglądem różnią się od okazów próbnych, a jednak są równie dobre i do użytku odpowiednie.

W umowie oznaczyć należy: a) ilości każdego gatunku wyrobów; b) ceny ich, z zaznaczeniem, czy cena rozumie się na miejscu w fabryce czy też z dowózką na miejsce budowy i zładowaniem; c) terminy dostawy; d) wysokość wynagrodzenia, które uiszczyć winien dostawca, w razie niedotrzymania terminów dostawy. Do umowy dołącza się „warunki szczegółowe“ dostawy, określające bliżej gatunek wyrobów, ich kształty i wymiary, barwę i wymagany stopień dobroci. Te „warunki szczegółowe“ stanowią część nierozdzielną umowy i na równi z nią są dla dostawcy obowiązujące.

Rozumie się, że wymagany stopień dobroci nie jest jednakowy dla wszystkich wyrobów, lecz zależy od ich przeznaczenia. Najmniejsze wymagania stawiane są dla cegły zwyczajnej. Cegła zwyczajna bowiem jest już zazwyczaj odpowiednią do użytku, gdy jest dobrze wypalona, wolna od przymieszek szkodliwych, dostatecznie wytrzymała i gdy ma kształt właściwy, oraz wymiary, umożliwiające prawidłowe wiązania. Cegła licowa winna mieć nadto kształt więcej prawidłowy aniżeli cegła zwyczajna, większą odporność na wpływy czynników atmosferycznych, wytrzymałość średnią, barwę całkiem jednostajną i przynajmniej jedną powierzchnię całkiem gładką, o krawędziach prostych i ostrych. Cegły przeznaczone do znoszenia większych obciążeń, np. w filarach, lukach i t. p., winny nadto być doskonale wypalone i posiadać odpowiednią wytrzymałość na ściskanie. Dachówki winny być przede wszystkim lekkie, trwałe, wytrzymałe i nieprzemakalne.

1) *Warunki szczegółowe.* Jeżeli warunkami szczegółowymi dostawy objęte będą tylko takie wymagania, które są niezbędne ze względu na przeznaczenie wyrobu lub ze względu na siły mechaniczne i wpływy chemiczne, jakim dany wyrób ma w rzeczywistości podlegać, to ścisłe zastosowanie się do tych wymagań nie jest uciążliwym dla cegielni prawidłowo urządzonej. Niekiedy jednak stawiane są wymagania zbyt wygórowane, czego stanowczo unikać należy, gdyż takie wymagania są dla odbiorcy raczej szkodliwymi aniżeli pożytecznymi.

Wpływają one bowiem na zbyteczne zwiększenie kosztu wyrobów, a przytem najczęściej, ze względu na warunki fabrykacyi, nie mogą być ściśle spełnione przez dostawcę. W ogóle przy układaniu warunków szczegółowych należy mieć na uwadze następujące dane:

a) Wymiary długości, szerokości i grubości cegły pełnej, oraz wszystkie wymiary innych wyrobów, winny być podane w milimetrach lub calach. Dla cegły pustej i dziurowanej należy podać nadto liczbę otworów, ich kształt, oraz najmniejszą dozwoloną grubość ścianek. Jeżeli cegielnia ma dostawić także trzy czwarte cegły (dziewiątki), połówki i ćwiartki (kwaterki), to wymiary tych części cegły winny być podane oddzielnie w milimetrach lub calach. Kształty klinówek, modelówek i t. p., oraz dachówek, zwłaszcza dachówek z zakładkami, winny być uwidocznione na odpowiednich rysunkach, sporządzonych w skali dostatecznie dużej, najlepiej w wielkości naturalnej. Zazwyczaj żąda się, ażeby dostawiane wyroby były dokładnie zgodne pomiędzy sobą, pod względem wymiarów. Wymaganie to, ze względu na warunki fabrykacyi, jest wprost niemożliwym do spełnienia i dla tego należy dozwalać co najmniej, ażeby wymiary wyrobów dostawionych były o 1 *mm* (= $\frac{1}{2}$ "') większe lub o 1 *mm* (= $\frac{1}{2}$ "') mniejsze od wymiarów przepisanych, t. j. ażeby się różniły pomiędzy sobą o 2 *mm* (= 1"). Ta granica 2 *mm* jest już stosunkowo bardzo małą i dla cegielni uciążliwą; to też przy budowlach zwykłych można dla cegły zwyczajnej i licowej zezwolić na nieco większe różnice w wymiarach, tem bardziej, iż takie nieco większe różnice, przy starannem wykonywaniu robót, nie wpływają ujemnie na wygląd muru.

b) Barwę cegły licowej należy dokładnie określić i zaznaczyć czy barwa powierzchni zewnętrznych ma być taką samą jak barwa wnętrza, czy też może być sztucznie wywołaną, przez zanurzenie cegły w roztworze innej gliny, przez wystawienie cegły w piecu na działanie dymów, albo też w inny sposób.

c) Wyroby polewane winny mieć polewę trwałą, mocno w ogniu wypaloną, a właściciel cegielni winien przedstawić dowody, że dawniejsze podobne wyroby z jego cegielni okazały się odpornymi na wpływy czynników atmosferycznych. Barwa polewy winna być wyraźnie w warunkach dostawy wskazaną, a w wyrobach dostawionych winna być taką samą jak w okazach próbnych. Nadto zastrzedz należy, że polewa ma być gładką, połyskliwą, nie porysowaną ani uszkodzoną.

d) Podczas przewozu drogą żelazną lub drogą wodną, oraz furmankami, wszystkie lepsze wyroby ceglarskie, a zwłaszcza cegły licowe, modelowe, klinówki, dachówki, wyroby polewane i t. p., winny być opakowane słomą.

e) W każdej dostawie cegły i dachówek, może znajdować się pewna liczba wyrobów uszkodzonych, złamanych. Z tego powodu w warunkach dostawy należy oznaczyć w odsetkach (procentach) najwyższą dozwoloną ilość wyrobów uszkodzonych w danej dostawie. Ta ilość stosunkowa jest oczywiście zależną głównie od liczby niezbędnych przeładowań. Zazwyczaj przyjmuje się, że gdy cegła ma być tylko raz naładowaną i zładowaną, to ilość cegieł złamanych nie powinna przekraczać 3—5%, przy dwukrotnem zaś naładowaniu i zładowaniu — 5—10%. Zastrzedz jednak przy tem należy, że jako cegłę złamaną uważać się będzie tylko te cegły, które pękły na dwie części; cegły zaś potłuczone na dro-

bniejsze części uważane będą jako gruz i zostaną wykluczone z dostawy. Jeżeli do roboty jest potrzebny taki gruz, to może on być nabyty od dostawcy oddzielnie, na podstawie osobnej umowy. Normy powyżej podane stosują się do wyrobów ceglarskich zwykłych; dla wyrobów wykwintniejszych, zwłaszcza dla cegły licowej, modelowej, oraz dla wyrobów polewanych, przyjmuje się, że wyroby złamane nie powinny przekraczać 2⁰/₀ całej dostawy.

f) Z każdego ładunku pieca otrzymuje się cegły przynajmniej w trzech stopniach wypalenia: przepalone (*zendrówki*), dobrze wypalone (*wiśniówki*) i niedopalone (*niedopalki*). W warunkach dostawy zaznaczyć przeto należy, czy cegły inne, aniżeli dobrze wypalone, będą w ogóle przyjmowane i w jakich najwyższych ilościach stosunkowych.

2) Sortowanie (rozgatkowanie) i odbiór. Cegły winny być na miejscu budowy ustawiane w kozły, obejmujące po 150 lub 250 sztuk. Sortowanie cegły najlepiej przeprowadza się jednocześnie z ustawieniem w kozły tak, ażeby w każdym kozle znajdowały się cegły jednogatunkowe.

Sortowanie cegły uskutecznia się najprzód przez oddzielenie cegieł przepalonych (zendrówek), dobrze wypalonych (wiśniówek) i niedopalonych (niedopałek); a następnie z każdego z tych gatunków wydziela się jeszcze: cegły nieuszkodzone, cegły przepołowione i gruz, składający się z części drobniejszych. Cegły przepołowione ustawia się w takie same kozły jak cegły całe, przyczem z każdego dwóch kawałków składa się jedną cegłę. Gruz zaś ustawia się w przyzmy, jak kamienie polne i żwir. Cegły modelowe oraz wyroby polewane, w jakikolwiek sposób uszkodzone lub pęknięte, uważają się za gruz.

Podczas odbioru oblicza się najprzód liczbę kozłów z cegły przepołowionej, w celu przekonania się czy liczba cegieł złamanych nie przekracza przepisanej normy. Następnie kilka kozłów z cegły całej rozrzuca się i pojedyncze cegły poddaje się odpowiednim próbom, w celu oznaczenia stopnia ich dobroci. Kozły przyjęte, dla odróżnienia od zabrakowanych, pokrapia się mlekiem wapiennym.

Przy sortowaniu dachówek oddziela się najprzód najlepiej wypalone od mniej dobrze wypalonych, a następnie z każdego z tych gatunków wyklucza się wszystkie dachówki wichrowate, skrzywione, porysowane lub pęknięte.

3) Miary handlowe. Ceny cegły zwyczajnej, licowej, klinówek, dachówek płaskich (karpiówek), oznaczane są od tysiąca sztuk; cegły modelowej i gąsiorów od sztuki; zaś rur — od jednostki długości: metra bieżącego lub stopy bieżącej.

II. Wyroby garncarskie, kamionkowe, terrakotowe, majolikowe i fajansowe.

1. Wyroby garncarskie.

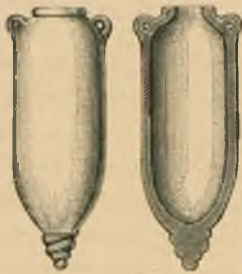
Do wyrobów garncarskich, używanych w budownictwie, zaliczane są niekiedy dachówki i rury z gliny palonej, o których już powyżej mówiliśmy; przede wszystkim jednak należą tu *garunki* do tak zwanych *sklepień garnkowych*.

Garunki (fr. pots; n. Töpfe) używane były już w starożytności do sklepień lekkich, do wymurowania pach sklepień, oraz do lekkich ścian przegrodowych.

W Sycylii znajduje się starożytna brama, której sklepienie kolebkowe, składa się z garnków. Kopuła środkowa kościoła Ś-go Witalisa w Rawennie, wzniesiona w VI stul. za Teodoryka, składa się z garnków, kształtu uwidocznionego na rys. 111, a nadmurowana jest garnkami, kształtu uwidocznionego na rys. 112. Takież garnkami przesklepiony jest kościół Ś-go Stefana w Rzymie, dawniejsza świątynia Fauna, wzniesiona przez cesarza Klaudyusza. Grobowiec (mauzoleum) Ś-tej Heleny, matki Konstantyna W., pod Rzymem, przesklepiony jest garnkami, kształtu uwidocznionego na rys. 113. Od czasu zaprowadzenia pras do wyrobu cegieł pustych i dziurowanych, garnki rzadziej są używane, gdyż cegły puste i dziurowane łączą w sobie zalety garnków z dogodniejszym kształtem. I obecnie jednak garnki są jeszcze używane na stropy ogniotrwałe, a w ostatnich dziesiątkach lat znalazły rozległe zastosowanie w nowym Muzeum w Berlinie i w kilku budynkach w Paryżu i Wiedniu.



Rys. 111.



Rys. 112.

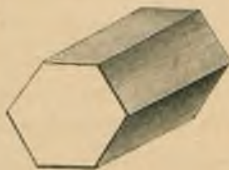


Rys. 113.

Garnki obecnie używane mają kształt sześciianu, prostopadłościanu (rys. 114), równoległościanu prostego sześciobocznego (rys. 115), albo też walca



Rys. 114.



Rys. 115.



Rys. 116.



Rys. 117.

(rys. 116 i 117). Często też zwężają się stożkowo i mają wyżłobienia lub zagłębienia na powierzchni zewnętrznej, podobnie jak garnki uwidocznione na rys. 111, a to w celu, ażeby zaprawa lepiej się wiązała z powierzchnią garnka. Niekiedy mają tylko jedno dno (rys. 115 i 116), niekiedy zaś dwa denka i wtedy w jednym denku muszą być otwory (rys. 117), ażeby podczas wypalania, powietrze z wnętrza mogło uchodzić. Garnek o dwóch dnach osadza się tak, ażeby denko, w którym są otwory, stanowiło część powierzchni wewnętrznej sklepienia, gdyż przez to wyprawa na tej powierzchni lepiej się trzyma.

Garnki osadzane są na zaprawie gipsowej lub cementowej.

2. Wyroby kamionkowe.

Masa kamionkowa (kamionka) składa się z gliny plastycznej, z przymieszką kaolinu, krzemionki i spatu polnego. *Wyrób kamionkowy* (fr. gresserie;

n. Steinzeug) winien być w całej swej masie stopiony i zeszlony. Z tego powodu wyroby kamionkowe odznaczają się znaczną twardością i ani na powierzchni ani w odłamie wody nie przepuszczają. Najprostszym wyrobem kamionkowym jest *klinkier*, o którym już powyżej była mowa.—Z innych wyrobów kamionkowych najważniejszymi są rury wodociągowe i rury do klozetów; nadto wyrabiane są z masy kamionkowej miski do zlewów, miski klozetowe, płyty do posadzek i t. p.

Wyroby kamionkowe wielu fabryk, zwłaszcza angielskich i francuskich, odznaczają się wysokimi zaletami i starannem wykończeniem, a najczęściej powleczone są polewą ziemistą, ciężko topliwą, barwy brunatnej lub grafitowo-czarnawej.

Obok prawdziwej kamionki, znajdują się w handlu także wyroby z masy nie zupełnie stopionej, lub nie w całej masie zeszlone, które tem samem są mniej dobre. Do takich należą półklinkry, oraz wszystkie niemal wyroby kamionkowe (rury i t. p.) pochodzące z fabryk niemieckich.

Rury kamionkowe są o wiele lepsze aniżeli rury zwykłe z masy porowatej, gdyż jako rury wodociągowe odznaczają się większą wytrzymałością na ciśnienie wewnętrzne, jako rury klozetowe zachowują się o wiele czystiej, a jako nasadki na kominy są odporniejsze na wpływy dymów i czynników atmosferycznych. Wyrabiane są w różnych wymiarach od 50 — 600 *mm* średnicy, przy 300 — 1000 *mm* długości. Do każdego wymiaru średnicy wyrabiane są odpowiednie kolana i odgałęzienia jedno- i dwukierunkowe, pod kątami ostremi i prostymi. Połączenia są mufowe. Wytrzymałość rur kamionkowych jest bardzo znaczną; dobre rury kamionkowe pękają dopiero pod ciśnieniem wewnętrznym 15 — 18 *kg* na *cm*².

Płyty kamionkowe używane są na posadzki w pisoarach i w fabrykach, w których są wystawione na działanie kwasów i ciał gryzących.

Odmianami kamionki są:

a) *Kamionka niepolewana* (n. unglasirtes Steinzeug) wprowadzona w użycie przez Wedgwood'a i dla tego w handlu pod nazwą *wedgwood'u* znana. Wyroby z wedgwoodu są albo białe albo też zabarwione już to w całej masie, już to tylko na powierzchni przez angobę. W wyrobach zabarwionych spotykane są najczęściej różne odcienia barwy niebieskiej i zielonej, a na tle tych barw umieszczone są niekiedy ozdoby wypukłe białe.

b) *Terrality* i *syderolity* są to drobne zazwyczaj wyroby, pochodzące głównie z Czech i Danii; nie mają polewy, lecz po wypaleniu powlekane są pokostem zabarwionym albo brązowanym, który suszy się przy słabem ogrzaniu wyrobu.

c) *Kamionka biała* (n. weisses Steinzeug, unechtes Porzellan) z gliny białej z topnikiem feldspatowym, ma polewę ołowianą przezroczystą; znana w handlu pod nazwą *szejngutu* (n. Steingut), stanowi tani i bardzo rozpowszechniony surogat porcelany właściwej.

3. Wyroby terrakotowe.

Terrakota (fr. terre cuite; n. Terracotta) jest nazwą ogólną wyrobów palonych z gliny ceglarskiej, odpowiednio oczyszczonej i przerobionej, których kształt czyni zadość wymaganiom estetycznym. Najprostszymi wyrobami terrakotowymi są więc cegły modelowe, bardziej złożonemi zaś są części kolumn, głowice (kapitele), wsporniki (konsole), płyty z ozdobami wypukłymi (imitujące płaskorzeźby), figury i t. p.

Do niedawna zaliczano wyroby terrakotowe do materiałów budowlanych poślednich, a to z powodu, że rysunek ozdób w terrakotach dawniejszych był rzeczywiście nie dość czysty i że terrakoty uważano za kruche, niedostatecznie wytrzymałe i mało odporne na wpływy czynników atmosferycznych. Wybornie zachowane terrakoty wieków starożytnych i średnich, oraz znakomite wyroby terrakotowe ostatnich dziesiątków lat, są jednak dowodem, że przy umiejętnym doborze materiałów surowych i przy starannej fabrykacyi, terrakota czyni zadość wymaganiom estetycznym, a jako materiał budowlany, łączy w sobie wszystkie zalety doskonałej masy plastycznej, z odpowiednią trwałością i taniością.

Udatność wyrobów terrakotowych zależy głównie od wyboru odpowiedniej gliny, która przy dostatecznej ciągliwości (plastyczności), winna się dobrze wypalać i po wypaleniu mieć piękną barwę. Glinę należy bardzo starannie przerabiać i odplawiać, zwłaszcza gdy w celu otrzymaniażądanego odcienia barwy zachodzi potrzeba mieszania z sobą kilku gatunków glin, lub dodawania do gliny pewnych barwników. Zazwyczaj dodawane są do gliny pewne topniki, głównie piasek kwarcowy, szamota, spat polny i t. p., przez co wyrób na powierzchni zewnętrznej staje się bardzo ścisłym i otrzymuje wygląd podobny do kamieni rodzimych, zwłaszcza granitów i piaskowców. Kuczenie się gliny winno być we wszystkich kierunkach możebnie jednakowe; w ogóle kuczenie się glin niezłożonych wynosi około 12%, złożonych zaś 6—8%.—Forma może być pojedyncza lub składana, najczęściej bywa gipsowa, wewnątrz pokostowana; wymiary formy oznacza się przy uwzględnieniu stopnia kuczenia się masy. Gdy wyrób już nieco stężeje, wyjmuje się go z formy, poczem należy wszystkie nierówności wygładzić i części brakujące uzupełnić, które to roboty przy wyrobach wykwinniejszych, poruczane są uzdolnionym rzeźbiarzom.—Suszenie skutecznia się najlepiej w suszarniach, w których temperatura może być stopniowo zwiększana.—Do wypalania najodpowiedniejszemi są piece gazowe; w piecach zwykłych zaś należy wyroby zabezpieczać, przez odpowiednie osłony z cegły zwyczajnej, od zanieczyszczenia przez popiół, od wpływu szkodliwego gazów siarczanych i t. p.

Wszystkie wyroby większe terrakotowe są wewnątrz puste; a w celu zapobieżenia wypaczaniu się podczas suszenia i wypalania, ścianki wyrobu winny mieć możebnie jednostajną grubość. Wyroby większe, wewnątrz puste, często wypaczają się lub pękają, z powodu, iż powierzchnie zewnętrzne, jako więcej wystawione na bezpośredni przystęp powietrza, pręcej wysychają aniżeli powierzchnie wewnętrzne. Dla zapobieżenia temu można, według sposobu zaleconego przez Augustin'a w Lauban, powierzchnie zewnętrzne wyrobu pokryć warstwą 10—20 *mm* grubą gliny nieco tłuszczej, wewnętrzne części zaś wykonać z gliny chudszej, zmieszanej ze znaczniejszą ilością szamoty. Jeżeli kuczenie się tych dwóch gatunków gliny, na powietrzu i w ogniu, jest jednakowem i jeżeli one szczelnie do siebie przystają, to wysychanie wyrobu będzie całkiem równomierne we wszystkich częściach, a kształty wyrobu po wypaleniu będą prawidłowe, gdyż powierzchnie wewnętrzne, mniej wystawione na działanie powietrza, wykonane są z masy bardziej porowatej i tem samem łatwiej wysychającej, zaś powierzchnie zewnętrzne, wystawione na bezpośredni przystęp powietrza, składają się z masy ściślejszej, trudniej wysychającej.—Wyroby większe, puste, usztywniane są wewnątrz przez drążki z gliny, umieszczone w oddaleniach co 150 *mm*. W drążkach tych i w częściach wyrobu, mających się obmurować, wycina się otwory, dla ułatwienia wysychania.

Wymiary wyrobów terrakotowych są w pewnych granicach dowolne. W Monachium wyrabiane są części kolumn do 6,5 *m* wysokości, figury do 5,13 *m* wysokości i t. p. Nadto znajdują się w handlu: karyatydy i posągi, do 2,5 *m* wysokości, części kolumn różnych wymiarów, głowice i podstawy do kolumn, wsporniki (konsole) do 1,2 *m* wysokości, wazony do 2 *m* wysokości, części gzymsów, świeczniki, ample, fryzy, medaliony, rozety, armatury (łupy) i t. p.

Osadzanie wyrobów terrakotowych w murze nie przedstawia w ogóle żadnych trudności, choćby już ze względu, iż są znacznie lżejsze aniżeli kamienie

rodzime. W wyrobach większych, część osadzoną w murze można wewnątrz, do pewnej głębokości, wymurować cegłą; lecz strzedz się należy zapełniania całego wnętrza wyrobu zaprawą, lub w ogóle masą, która jak cement portlandzki i gips, zwiększa swą objętość, gdyż przez to wyrób zostałby rozsadzony. Większe części gzymsów, o znaczniejszym wysoku, należy przytwardzać do muru za pomocą zachwyków (ankrów), jak się to robi przy takichże częściach z kamieni rodzimych.

Wyroby terrakotowe zazwyczaj wcale nie są obciążane; jednakże wytrzymałość ich jest znacznie większą aniżeli powszechnie przypuszczają. Pulham stwierdził na podstawie doświadczeń, że wytrzymałość na ściskanie dobrej terrakoty angielskiej wynosi 430 kg na cm^2 (= 169 pudów na cal kwadr.) Wsporniki terrakotowe do gzymsów z fabryki Bracia March w Charlottenburgu pod Berlinem, poddane były doświadczeniom podczas budowy muzeum sztuki zastosowanej do przemysłu w Berlinie, przyczem stwierdzono, że wspornik dolny do gzymsu głównego, o wysokości 210 mm i wysoku 380 mm, przy grubości ścianek 20 mm, załamał się dopiero pod obciążeniem 725 kg; przynależny zaś wspornik górny, o wysokości 320 mm i wysoku 520 mm, przy takiejże grubości ścianek, załamał się dopiero pod ciężarem 2027,5 kg; dwa te wsporniki, razem związane, załamały się dopiero pod ciężarem 5353 kg. Inny wspornik do gzymsu głównego, z tejże fabryki, o wysokości 390 mm i wysoku 680 mm, przy grubości ścianek 20 mm, załamał się dopiero pod ciężarem 1995 kg.

Najpiękniejsze terrakoty wyrabiane są w Anglii, oraz w Monachium, Wiedniu i Berlinie. Piękne imitacje granitów i piaskowców, oraz ozdoby architektoniczne i figury w większych wymiarach, dostarczane są w wyborowym gatunku przez fabryki: Bracia March, dawniej Ernest March Synowie, w Charlottenburgu pod Berlinem, Villeroy i Boch w Merzig, oraz przez fabrykę porcelany w Nymphenburgu (w Bawaryi).

Do wyrobów z gliny palonej imitujących kamienie rodzime zaliczyć również należy t. zw. *pyrogranit*, którego fabrykacja znajduje się jeszcze w pierwszym okresie rozwoju. Kostki i płyty z pyrogranitu nagrodzone były na wystawie międzynarodowej w Paryżu w 1889 r. medalem złotym, niemniej jednak wartość pyrogranitu, jako materiału budowlanego, obecnie jeszcze bliżej określoną być nie może. Pyrogranit wypalany jest z gliny zawierającej odpowiednie przymieszki, ma barwę ciemną, prawie czarną (prawdopodobnie wskutek przekształcenia się w wysokiej temperaturze pieca tleniku żelaza na tlenek żelaza), odtam zbity, nieco muszłowy i twardość tak znaczną, że może być polerowany, przyczem przyjmuje połysk piękny, czarny; niekiedy jednak powierzchnie polerowane są przecięte żyłkami nieco jaśniejszemi.

4. Płyty mozaikowe.

Płyty mozaikowe z gliny palonej (a. mosaic tiles; fr. carreaux mosaïques; n. Mosaik-Fliesen) składają się z małych bryłek z gliny palonej, różnych kształtem i barwą i połączonych z sobą za pomocą spoiwa, najczęściej zaś zaprawą cementową, w jedną całość wzorzystą. Różne zabarwienia bryłek są otrzymywane przez dodawanie do gliny związków tlenowych metali. Płyty takie używane są głównie do posadzek, rzadziej do wykładania ścian. Zastępują one obecnie starożytnie mozaiki rzymskie z marmurów różnobarwnych.

Już w XII stul. budowniczowie, z powodu braku odpowiednich marmurów różnobarwnych, jakimi posługiwali się starożytni rzymianie, wprowadzili w użycie mozaikę z gliny palonej.

Do najdawniejszych zabytków tej mozaiki należą posadzki kaplicy kościoła w Saint-Denis, złożone z bryłek przeważnie bardzo małych, barwy czarnej, żółtej, ciemno-zielonej, czerwonej. Bryłki te opatrzone są na powierzchni górnej polewą, w celu utrwalenia barwy i zwiększenia jej połytku. W przekroju poziomym bryłki mają kształt trójkąta, kwadratu, ukośnika, wielokąta, kola. Wymiar boku podstawy trójkątnej bryłek najmniejszych nie przekracza 13—15 mm. Jakkolwiek wówczas nie były jeszcze znane stosowane obecnie sposoby uproszczone wyrabiania bryłek i łączenia ich z sobą, to jednak posadzki, o których mowa, odznaczają się wykwintnym i wyraźnym rysunkiem, udatnym zestawieniem barw i niepospolitą widocznie trwałością, skoro po siedmiu stuleciach znajdują się w stanie dobrym, przyczem barwy kostek dziś jeszcze są o wiele żywsze i piękniejsze aniżeli barwy marmurów.

Powszechniejsze zastosowanie w budynkach znalazły płyty mozaikowe dopiero w ostatnich dziesiątkach lat, dzięki usiłowaniom podjętym przez Singer'a, a głównie dzięki udoskonaleniom fabrykacyi, opartym na spostrzeżeniu Prosser'a.

Singer w Vauxhall uzyskał w 1839 r. przywilej na nowy sposób wyrabiania bryłek z gliny palonej do posadzek mozaikowych i łączenia tych bryłek w całość wzorzystą. Przygotowywał on płytki cienkie z glin różnobarwnych, wycinał z płytek tych za pomocą szablonów bryłki, pożądaných kształtów i wymiarów, a po wysuszeniu bryłek, wypalał je w zwykłym piecu ceglarskim i następnie łączył w płyty wzorzyste za pomocą cementu. Wykonane tym sposobem posadzki w wielu budynkach w Anglii zwróciły ponownie uwagę na wysokie zalety techniczne i estetyczne płyt mozaikowych.

Prosser w Birmingham zauważył w 1840 r., że masa porcelanowa (mieszanina gliny mialkiej z krzemionką), w postaci suchej mączki lub pudru, pod znacznym ciśnieniem, zmniejsza swą objętość do jednej czwartej części objętości pierwotnej, przyczem przekształca się na masę ścisłą, niezmiernie twardą i gęstą, która po wypaleniu jest mniej porowatą i znacznie twardszą aniżeli porcelana zwykła, wypalona z masy nieprasowanej. Spostrzeżenie to spożytkowane zostało przez Blashfield'a przy obmyśleniu sposobu wyrabiania kostek do płyt mozaikowych z gliny sproszkowanej i prasowanej, a nie jak dawniej z gliny mokrej, urabialnej.

Sposób dawniejszy wyrabiania bryłek z gliny mokrej, urabialnej, stosowany jest obecnie już tylko w fabrykach drugorzędnych, nie rozporządzających przyrządami potrzebnymi do wyrabiania bryłek z gliny sproszkowanej suchej. Przy wyrabianiu bryłek z gliny mokrej, formowane są w prasach pręty o długości około 300 mm, które po wysuszeniu i wypaleniu rozcinane są na części odpowiedniej długości za pomocą przyrządu nożowego. Bryłki w ten sposób otrzymane, z powodu nierównomiernego kurczenia się w piecu, mają często wymiary niejednakowe, a kształty nie całkiem prawidłowe; przyczem bryłki takie są znacznie mniej twarde i wytrzymałe aniżeli bryłki z gliny suchej, sproszkowanej.

Sposób nowy wyrabiania bryłek z gliny suchej, sproszkowanej, jest obecnie powszechnie przyjęty we wszystkich fabrykach pierwszorzędnych. Glinę odpowiednio przygotowaną spławia się na masę półciekłą i podczas spławiania miesza się z ciałami, które mają być dodane już to w celu zwiększenia wytrzymałości wyrobów palonych, już to w celu nadania im pewnych zabarwień. Po pławieniu przesiewa się masę przez sita i umieszcza w zbiornikach, a po osadzeniu się na dnie zbiorników części ziemistych, odlewa się wodę nagromadzoną nad osadem. Następnie formuje się z osadu tego bryłki, które po wysuszeniu i rozdrobnieniu, mielone są na proszek. Proszek ten jest przesiewany przez sita, a z części przechodzącej przez sita, formowane są pod znacznym ciśnieniem w prasach wodnych (hydraulicznych) bryłki różnego kształtu, które bezpośrednio po wyjęciu z form idą do pieca. Bryłki w piecu zabezpieczone być muszą przez skorupy (kapsle) od popiołu, ognia i dymu. Ponieważ wyroby z masy suchej, sproszkowanej, w ogniu nie kurczą się, przeto bryłki takie po wyjęciu z pieca, mają krawędzie ostre, wymiary jednakowe i kształty całkiem prawidłowe, a przy umiejętnym doborze związków tlenowych metali, dodawanych do gliny i przy starannym zabezpieczeniu w piecu od zanieczyszczeń przez popiół i dym, mają barwy czyste i piękne. Wytrzymałość i twardość takich bryłek bywa bardzo znaczną, głównie wskutek dodawania do masy krzemionki czystej w ilości odpowiedniej; przy wyrobach natomiast z gliny mokrej domieszka krzemionki jest ograniczoną, gdyż przy znaczniejszej domieszce glina utracą plastyczność i staje się trudno urabialną. Wskutek formowania pod znacznym ciśnieniem, bryłki wyrabiane z masy suchej, sproszkowanej, mają porowatość

bardzo małą i wody prawie wcale nie pochłaniają, zwłaszcza gdy są wypalane w temperaturze wysokiej. Bryłki jednak przeznaczone do płyt posadzkowych nie powinny być wypalane do zupełnego stopienia się masy, gdyż w razie zeszklenia się masy, powierzchnie ich były by zbyt gładkie i ślizgie; natomiast bryłki do płyt, mających służyć do wykładania ścian, są wypalane do zupełnego stopienia się masy, albo nawet powlekane polewą, w celu zwiększenia połysku barw.

Dobroć bryłek zależy oczywiście nie tylko od sposobu formowania i wypalania, lecz także od składu masy. Skład masy jest w różnych fabrykach rozmaity; w znanej fabryce angielskiej Minton, Hollins i Sp. brana jest masa złożona z glinki, krzemionki i ziemi barytowej, z przymieszką odpowiednich związków tlenowych metali. Bryłki tej fabryki są w całej masie jednostajnie zabarwione.

Bryłki wypalone, których wysokość wynosi zazwyczaj 7—10 *mm*, łączone są z sobą za pomocą spoiwa w płyty wzorzyste. W tym celu do skrzynki drewnianej, o głębokości 32—40 *mm*, kładzie się rysunek, według którego płyta ma być wykonana i rysunek ten przykrywa się płytą szklaną. Na płycie szklanej układane są bryłki różnobarwne powierzchnią górną na dół, w porządku wskazanym przez rysunek, a po ułożeniu całego wzoru, bryłki zalewane są masą, mającą stanowić spoiwo, zazwyczaj zaprawą z czystego cementu portlandzkiego bez przymieszki piasku. Po stężeniu zaprawy płyta jest gotową i może być wyjęta ze skrzynki. Ponieważ wymiary bryłek są bardzo małe, a kształty ich mogą być dowolne i ponieważ, przez dodawanie do masy barwników metalicznych, można otrzymywać bryłki we wszystkich niemal odcieniach barw, przeto wyrabiane są obecnie płyty z rysunkami nawet bardzo zawilemi, już to naśladujące starożytne mozaiki rzymskie, już to odtwarzające wzory maurytańskie, już to wreszcie stanowiące części rysunków większych z postaciami ludzi, zwierząt i t. p.

Płyty mozaikowe z gliny palonej odznaczają się niepospolitą wytrzymałością, twardością i trwałością, oraz pięknym rysunkiem o zarysach wyraźnych i barwach żywych. Grubość tych płyt wynosi zazwyczaj 32—40 *mm*; najczęściej mają kształt kwadratu, sześciokąta lub ośmiokąta. Nadto wyrabiane są odpowiednie płyty prostokątne i kwadratowe do fryzów posadzek.

Najpiękniejsze płyty mozaikowe z gliny palonej pochodzą z fabryk: Minton, Hollins i Sp. w Stoke upon Trent w Anglii, Villeroy i Boch w Mettlach, oraz Bracia March, dawniej Ernest March Synowie, w Charlottenburgu pod Berlinem.

W porównaniu z mozaiką marmurową, płyty mozaikowe z gliny palonej przedstawiają tę wyższość, że przy jednakowej wytrzymałości i trwałości są znacznie tańsze, a barwy mają różnolitsze i żywsze. Przytem bryłki z gliny palonej, jako mające kształt całkiem prawidłowy, przystają do siebie dokładnie powierzchniami bocznymi, wskutek czego spoiny są prawie niewidoczne, gdy tymczasem odłamki marmuru, zmudnie przyciosywane do kształtu właściwego, nie zawsze przystają do siebie szczelnie, wskutek czego na powierzchni mozaiki marmurowej widoczne są niekiedy smugi spoiwa, psujące wrażenie rysunku.

5. Płyty enkaustowe.

Płyty enkaustowe (inkrustowane) (a. encaustic tiles; fr. carreaux encaustiques; n. enkaustische Fliesen), zwane w handlu niewłaściwie *terrakotowemi*, formowane są przynajmniej z dwóch gatunków glin, poczem prasowane są pod bardzo znacznem ciśnieniem i wypalane w wysokiej temperaturze, niekiedy do zupełnego stopienia się masy. Warstwa wierzchnia płyty, mająca zazwyczaj tylko bardzo niewielką grubość, składa się z masy, która po wypaleniu ma pewną ściśle oznaczoną i zawsze jednakową barwę, a jeżeli płyta ma być kilkobarwną, wzorzystą, to warstwa wierzchnia składa się z kilku różnych mas ułożonych wzorzysto. Warstwa

spodnia płyty składa się z masy pośledniejszej i służy jedynie dla nadania płycie odpowiedniej grubości.

Płyty enkaustowe mogą być formowane z masy suchej albo też z masy mokrej. Płyty formowane z masy suchej, mialko sproszkowanej, poddawane znacznemu ciśnieniu (od 200 do 500 atmosfer) w prasach wodnych (hydraulicznych) i wypalane aż do zupełnego stopienia się masy, są znacznie twardsze, mają wytrzymałość większą i są mniej chłonne, aniżeli płyty z masy mokrej, wypalane w temperaturze niższej. Że jednak płyty wyrabiane z masy suchej są stosunkowo drogie, przeto obecnie w wielu nawet pierwszorzędných fabrykach wyrabiane są płyty z masy mokrej.—Twardość warstwy wierzchniej jest największą, gdy obie warstwy prasowane są razem. W tym celu na dnie formy układa się najprzód według szablonów masę mającą stanowić warstwę wierzchnią, następnie na niej masę do warstwy spodniej, poczem płyta złożona z dwóch warstw idzie do prasy. Sposób ten stosowany jest zazwyczaj tylko przy wyrabianiu płyt z masy suchej. Przy wyrabianiu zaś płyt z masy mokrej lub półsuchej, prasowaną jest oddzielnie warstwa spodnia, przyczem w powierzchni górnej tej warstwy osadzone są szablony metalowe (miedziane lub cynkowe), zaś w zagłębienia znajdujące się w prasowanej płycie po wyjęciu tych szablonów wciskana jest masa mająca stanowić warstwę wierzchnią. — Masy używane w rozmaitych fabrykach są różne i zależne po części od gatunku materiałów surowych znajdujących się na miejscu, a skład tych mas trzymany jest zazwyczaj w tajemnicy.

W porównaniu z płytami wyborowemi wyrabianemi z masy suchej i wypalaniem w temperaturze bardzo wysokiej, płyty wyrabiane z masy mokrej i wypalone słabiej mają często wygląd piękniejszy i barwy żywsze, lecz są przytem mniej wytrzymałe i trwałe, więcej chłonne, a z powodu mniejszej twardości zużywają się znacznie prędzej. Z wyglądu płyty nigdy więc o jej dobroci sądzić nie można. Barwy płyt wypalanych w temperaturze bardzo wysokiej są w ogóle łagodne, matowe, bez połysku, co jednak nie stanowi wady, gdyż dla posadzek, do których głównie płyty takie są brane, barwy łagodne są odpowiedniejsze aniżeli zbyt żywe.

Najlepsze płyty enkaustowe wyrabiane są w fabryce angielskiej Minton, Hollins i Sp. w Stoke upon Trent w Staffordshire i w fabryce Villeroy i Boch w Mettlach. Wyborowe płyty dostarczane są nadto przez fabryki: Bracia March (dawniej E. March Synowie) w Charlottenburgu pod Berlinem, Probst w Alzacyi, towarzystwa udziałowego w Sinzig w Prusach (Sinziger-Mosaik-Platten-Fabrik), towarzystwa „Wienerberger - Gesellschaft“ w Inzersdorf pod Wiedniem, ks. J. Lichtenstein'a w Themenau pod Lundenburgiem (w Austrii), Utzschneider i Ed. Jaunez w Saargemünd (w Lotaryngii), „Teplitzer Chamottewaaren-Fabrik“ w Cieplicach, towarzystwa udziałowego „Lisa“ na Szląsku pruskim.

Płyty fabryki angielskiej Minton, Hollins i Sp. składają się z trzech warstw, z których dwie skrajne, wierzchnia i spodnia, mające po 3 mm grubości, wyrobione są z gliny porcelanowej, środkowa zaś, mająca 25 — 30 mm grubości, gruboziarnista, z gliny brunatnej, pośledniejszej. Warstwa spodnia dodawana jest w celu zapobieżenia pacczeniu się płyty w ogniu. — Dostarczone przez tę fabrykę płyty enkaustowe, polewane, do posadzek gmachu parlamentu w Londynie, wykonane według rysunków Pugin'a, należą do najlepszych i najpiękniejszych wyrobów tego rodzaju, jakkolwiek barwy ich są nieco zbyt blade.— W tejsze fabryce wyrabiane są także płyty tańsze z gliny nie całkiem suchej, złożone z dwóch warstw.

W fabryce Villeroy i Boch w Mettlach, której płyty enkaustowe słusznie uważane są obecnie za najlepsze, brana jest do wyrobu masa składająca się z glin zawierających krzemionkę i tlenek żelaza, z przymieszką różnych ciał ziarnistych, mialko sproszkowanych, zwłaszcza skal feldspatowych, kapsli mielonych (szamoty) i t. p., oraz gliny lojkowej. Masa ta miesza się w stanie wilgotnym (nasyconym parą wodną), następnie suszy się i miele, poczem w postaci proszku mialkiego sypie się w formy, których wysokość jest dwa razy większą od grubości płyty. Jeżeli powierzchnia płyty ma być wielobarwną, to na dnie formy układa się najprzód odnośny wzór z mialko sproszkowanych glin różnych gatunków, zaprawionych rozmaitemi barwnikami, a następnie wysypuje się masa właściwa płyty składająca się z ziarn nieco większych. Płyty w formach poddawane są znacznemu ciśnieniu w prasach wodnych (hydraulicznych), przyczem gru-

bość płyty zmniejsza się do połowy. Po wyjęciu z formy, płyty już są bardzo twarde; w tym stanie są najprzód ogrzewane w piecach, następnie wypalane w żarze białym do zupełnego stopienia się masy, co jednak nie wywołuje zmiany ich kształtu. Po wypaleniu, barwy są zagłębione w masę na 2—3 *mm*, a masa jest tak wytrzymałą i twardą, iż służy nie tylko na posadzki, lecz także na chodniki i bruki. Pomimo wysokiej temperatury pieca, barwy płyt są piękne, choć matowe. Dzięki wysokim zaletom swoim, płyty z fabryki Villeroy i Boch, znane w handlu pod nazwą „płyt mettlachowskich“, znalazły liczne zastosowania we wszystkich niemal większych miastach Europy.

Płyty enkaustowe z fabryk pierwszorzędnych, zwłaszcza zaś z fabryki Villeroy i Boch, odznaczają się znaczną odpornością na wpływy czynników atmosferycznych i znaczną wytrzymałością, a przytem są tak twarde, że uderzane stałą wydają iskry. Stanowią przeto wyborny materiał na posadzki, zwłaszcza w kościołach, cieplarniach, korytarzach, przedsionkach, kąpielach, sklepach i t. p., tem bardziej, iż odznaczają się bogactwem udatnych wzorów barwnych i stosunkowo nie zbyt wysoką ceną. Zaznaczyć przytem należy, że fabryki na żądanie wyrabiają płyty według nadesłanych rysunków, lecz zawsze tylko w wymiarach zastosowanych do form w fabryce używanych.

Płyty do bruków, o grubości 30—40 *mm* i do chodników o grubości 30 *mm* są kwadratowe, o boku 150—200 *mm*; mają zazwyczaj barwę żółtą, szarą, albo brunatną, a na powierzchni górnej są żłobkowane na głębokość 3—5 *mm*, dla zapobieżenia wyslizgiwaniu się ludzi i zwierząt. Płyty do posadzek są jednobarwne albo też wielobarwne, wzorzyste; mają one najczęściej kształt kwadratu o boku 150—200 *mm*; wyrabiane są jednak także płyty ośmiokątne, z wkładkami kwadratowymi, oraz płyty sześciokątne. Powierzchnia górna płyt posadzkowych jest albo całkiem gładka, albo też wyrobiona w płytkie bruzdy w mozaikę. Grubość tych płyt wynosi najczęściej 20 *mm*; znajdują się w handlu także płyty cieńsze, o grubości 12—18 *mm*, oraz małe płytki sześciokątne, o grubości 7 *mm*, które jednak z powodu zbyt małej grubości są mniej wytrzymałe i przytem najczęściej spaczone, wskutek czego nadają się tylko do robót podrzędniejszych.

Płyty kwadratowe fabryki Villeroy i Boch mają 167 *mm* boku. Płyt takich liczy się 36 sztuk na 1 *m*² powierzchni, a ciężar ich wynosi: dla płyt chodnikowych, o grubości 30 *mm*, około 75 *kg* na *m*² (= 20,85 pud. na saż. kwadr.), zaś dla płyt posadzkowych, o grubości 20 *mm*, około 50 *kg* na *m*² (= 13,9 pud. na saż. kwadr.). Wyrabiane w teźże fabryce płyty posadzkowe ośmiokątne z wkładkami kwadratowymi i sześciokątne mają taką samą grubość jak kwadratowe.

W fabryce Utzschneider i Jaunez w Saargemünd wyrabiane są płyty kwadratowe do bruków i chodników, mające 143 i 160 *mm* boku, przy grubości 35—40 *mm*, oraz płyty kwadratowe do posadzek, mające 160 i 200 *mm* boku, przy grubości 20—25 *mm*, nadto takieżże grubości płyty posadzkowe ośmiokątne z wkładkami kwadratowymi i sześciokątne. Ciężar tych płyt, jako wyrabianych z masy mokrej, jest stosunkowo mniejszy aniżeli płyt mettlachowskich i wynosi: przy grubości 50 *mm* około 106 *kg* na *m*² (= 29,5 pud. na saż. kwadr.), przy grubości 40 *mm* około 84 *kg* na *m*² (= 23,3 pud. na saż. kwadr.), przy grubości 35 *mm* około 73 *kg* na *m*² (= 20,3 pud. na saż. kwadr.), przy grubości 25 *mm* około 52 *kg* na *m*² (= 14,5 pud. na saż. kwadr.), przy grubości 20 *mm* około 42 *kg* na *m*² (= 11,7 pud. na saż. kwadr.).

Do każdej zamówionej posadzki dostarczane są przez fabryki, w ilości potrzebnej, części płyt (połówki, ćwiartki), oraz oddzielne wielobarwne płyty do fryzów ozdobnych. W tym celu przy zapotrzebowaniu przesłać należy fabryce dokładny szkic posadzki z oznaczeniem w liczbach wszystkich wymiarów. — Można także rozłupać prawidłowo płytę na dwie części, uderzając krótkim dłutkiem w danym kierunku najprzód na powierzchni górnej, następnie na powierzchni dolnej; przy-

czem uderzenia winny być z początku słabe, a gdy utworzy się małe wyżłobienie, wystarczy zazwyczaj kilka mocniejszych uderzeń od strony dolnej dla rozłupania płyty.

Posadzki z takich płyt układać należy na odpowiednim podmurowaniu. W tym celu na starannie wyrównanej i ubitej ziemi zakłada się najprzód warstwę betonu, ze żwiru, szabru, żużlu, lub gruzu ceglanego, na wapno lub cement, a na niej warstwę cegły na płask na cement. Na tej warstwie układa się płyty na zaprawie cementowej, możebnie szczelnie obok siebie, a po ułożeniu zalewa się wszystkie spoiny rzadką zaprawą cementową. Po wyschnięciu zaprawy, myje się posadzkę piaskiem i wodą, lub mydłem szarem, a gdyby pozostały jeszcze jakie plamy, to można je usunąć rozcieńczonym kwasem solnym lub roztworem gorącym sody.

Płyty enkaustowe, zwłaszcza mettlachowskie, stosowane są także do wykładania od zewnątrz murów starych i już uszkodzonych lub wzniesionych z materiału niedostatecznie odpornego na wpływy czynników atmosferycznych. Takie licowania z płytek 17 mm grubości, zastępujące wyprawę zewnętrzną murów, wykonał udatnie bud. Hofmann w hotelu „Zum Kopf“ w Offenburgu; na tej robocie wzorowane było późniejsze licowanie płytkami mettlachowskiemi gmachu ratusza i szkoły w Herbolzheim (w Badeńskim),

W fabrykach Villeroy i Boch w Merzig i Bracia March w Charlottenburgu, z takiej samej masy jak płyty posadzkowe, wyrabiane są różne ozdoby architektoniczne: części gzymsów, wsporniki, fryzy, wazy, figury i t. p., które jednak wyciskane są z masy mokrej i wskutek tego nie mogą być tak ściśle, twarde i wytrzymałe jak płyty posadzkowe, lecz posiadają dostateczną odporność na wpływy czynników atmosferycznych.

6. Wyroby majolikowe i fajansowe.

Tu należą wyroby z gliny palonej, na powierzchni już to gładkie już to z ozdobami wypukłemi w rodzaju płaskorzeźb, najczęściej opatrzone rysunkiem barwnym, a zawsze pokryte polewą. Wyroby takie objęte nazwą ogólną *messa-majolica* znajdują zastosowanie w budownictwie głównie w postaci płytek, zwanych w handlu niewłaściwie „porcelanowemi“, a służących do wykładania ścian.

1) *Płyty z ozdobami wypukłemi (płaskorzeźbami)* (a. embossed tiles; n. Relief-Fliesen) wyciskane są z masy mokrej w formach opatrzonych na dnie w odpowiednie zagłębienia. Po wyjęciu z formy i słabem wypaleniu, wszystkie wzniesienia są pokrywane polewą przezroczystą, poczem płyta ponownie jest wypalana.

2) *Płyty fajansowe* (n. Fayence-Fliesen) są wyrabiane z gliny białej, lub powlekane (angobowane) taką gliną. Wzory barwne mogą być wprost odbijane na powierzchni płyty sposobem litograficznym, albo też wykonane z innych glin, miało sproszkowanych, zmieszanych z odpowiedniami barwnikami i wciśniętych w powierzchnie płyty. W jednym i drugim wypadku, powierzchnia płyty pokrywana jest polewą przezroczystą, bezbarwną, poczem płyta wypala się w silnym ogniu.

3) *Majolika szwajcarska*. Wyrób pokrywany jest powłoką glinianą (angobą), która po wypaleniu ma barwę inną aniżeli masa wyrobu. Przez wycinanie w powłoce linii, otrzymuje się na powierzchni wyrobu rysunek, mający barwę masy wyrobu na tle barwy powłoki. Najczęściej powłoka po wypaleniu ma barwę ciemniejszą

aniżeli masa wyrobu, wskutek czego rysunek składa się z linii jasnych na tle ciemnym. Ten sposób zdobienia znajduje zastosowanie dotychczas głównie do wyrobów garncarskich.

Sposób zdobienia powierzchni przez wycinanie linii w powłoce, mającej inną barwę aniżeli masa wewnętrzna, zwany w włoska *sgraffito* (fr. maniere égratignée; n. Sgraffitomaleri), stosowany jest już oddawna w budownictwie we Włoszech, zwłaszcza we Florencji, oraz w Szwajcarii. W tym celu powierzchnię muru pokrywa się wyprawą od zewnątrz ciemną, a przez wycinanie linii otrzymuje się rysunek białawy na tle ciemnym. Rysunek piękny, większych wymiarów, wykonany tym sposobem, zdobi część jednej ze ścian zewnętrznych gmachu szkoły politechnicznej w Zurychu; rysunki mniejsze tego rodzaju widzieć można na wielu budynkach publicznych w miastach większych na Zachodzie. Do wyrobów ceramicznych sposób zdobienia, o którym mowa, przystosowany został przez Keller-Leuzinger'a w Heimberg (w kantonie Thun).

4) Płyty majolikowe (a. majolica tiles; n. Majolika-Fliesen) wyrabiane są również z gliny białej i po słabem wypaleniu pokrywane są na powierzchni polewą gęstą, cynowo-olowianą, nieprzezroczystą. Na tej polewie maluje się ręcznie lub odbija się wzór, poczem płyta wypala się w silnym ogniu. Takie płyty rzadko w budownictwie są używane, z powodu, iż należą do wyrobów bardzo drogich.

Najlepsze i stosunkowo tanie płyty fajansowe i majolikowe wyrabiane są w Holandji, oraz w fabrykach: Minton, Hollins i Sp., Villeroy i Boch i Bracia March, o których już niejednokrotnie powyżej była mowa.

5) Kafle. Do wyrobów fajansowych i majolikowych pospolitych należą też *kafle* do pieców t. zw. porcelanowych. Kafle takie wyrabia się z gliny zawierającej 14—15% wapna i powleka się gęstą polewą ołowianą białą, rzadziej polewą barwną. Wyborowa glina do kaffli znajduje się w pobliżu Velten pod Oranienburgiem. — W okolicach, w których niema gliny zawierającej wapno, nie powleka się kaffli polewą ołowianą, lecz gęstym roztworem gliny białej, która tworzy na powierzchni kaffla rodzaj polewy przezroczystej. Przy tym sposobie można również nadać kafflom różne zabarwienia, naśladujące barwy kamieni rodzimych, granitu, marmurów i t. p.

Kafle prawidłowo wyrobione, po wypaleniu, mają polewę całą, niepopękaną. Polewa ta pęka dopiero później po osadzeniu kaffla w piecu, a to wskutek częstych zmian temperatury. Niekiedy polewa pęka już podczas wypalania, lecz rysy takie, zwłaszcza w kafflach białych, zrazu są niewidoczne. Przy nabywaniu kaffla można jednak przez zmycie powierzchni kaffla cieczą barwną przekonać się czy polewa jest całą; jeżeli albowiem jest popękaną, to rysy się uwidoczną, w postaci smug włoskowatych takiej barwy, jaką ma ciecz użyta.

Kształtami pięknymi, wyrobem starannym i polewą świetną odznaczają się kafle majolikowe i gładkie zwyczajne, z fabryk: Villeroy i Boch w Mettlach, L. C. Hardtmuth w Budweis (w Czechach) i innych.

W Królestwie Polskiem najpiękniejsze kafle majolikowe wyrabiane są w fabryce ks. Michała Radziwiła w Nieborowie (gub. warszawska). Kafle krajowe, zwłaszcza majolikowe, pod względem prawidłowości kształtów, piękności wzorów, oraz równości i świetności polewy, ustępują obecnie jeszcze zagranicznym, są jednak stosunkowo tańsze i dostatecznie trwałe.

ROZDZIAŁ III.

Materyały wiążące (zaprawy).

Materyały wiążące (łąszące) (fr. matières liaisonnantes; n. Bindemittel), zwane zazwyczaj *saprawami* (fr. mortiers; n. Mörtel, Speise), są to ciała miękkie, plastyczne (ciągliwe), przekształcające się stopniowo na masę twardą, kamienistą. To stopniowe przechodzenie ze stanu miękkiego w stan twardy, stanowi *tężenie zaprawy*.

W murach i sklepieniach, zaprawy spełniają cel dwojaki: zapełniają przestrzenie wolne pomiędzy kamieniami i wiążą te kamienie w jedną całość stałą.

Przez zapełnienie zaprawą przestrzeni wolnych pomiędzy kamieniami osiąga się równomierniejszy rozdział obciążenia na podstawę. Kamienie albowiem, o powierzchniach chropowatych, ułożone jeden na drugim, stykają się z sobą tylko w pewnych punktach, a tem samym obciążenie wywierane przez kamień górny na dolny, nie przenosi się równomiernie na całą powierzchnię podstawy, lecz tylko na cząstki sterczące. Wskutek tego wytrzymałość tych kamieni nie może być całkowicie wyzyskana, gdyż pod ciśnieniem znaczniejszem mogły by one ulec zgnieceniu. Skoro jednak pomiędzy kamienie te założoną zostanie warstwa ciała plastycznego (ciągliwego), zapełniającego wszelkie nierówności w powierzchniach łożyskowych, to obciążenie rozdzieli się na podstawę równomierniej, przez co zwiększy się wytrzymałość muru na ściskanie, a tem samym zwiększy się także jego stałość. — Wielkie ciosy, o powierzchniach bardzo gładkich, starannie oszlifowanych, mogą być wprawdzie zakładane bez zaprawy, jak to widzimy w budowlach marmurowych starożytnej Grecyi; lecz gdy powierzchnie takich ciosów są szorstkie, chropowate, należy zawsze używać zaprawy. — W murach z ciosów mniejszych, z kamieni łamanych i cegły, grubość zaprawy w spoinach wynosi 10—12 mm (= $\frac{3}{8}$ " — $\frac{1}{2}$ ").

Przez spojenie kamieni w jedną całość zwiększa się tarcie, co również wpływa na zwiększenie stałości konstrukcyi. — Wielkie łuki i sklepienia, mogą być wykonywane tylko przy użyciu zaprawy.

Ażeby zaprawa mogła szczelnie zapełnić wszelkie przestrzenie wolne pomiędzy kamieniami, winna być nie tylko dostatecznie miękką i plastyczną, lecz

nadto podczas tężenia nie powinna by zmieniać swej objętości. Takich jednak zapraw, o objętości niezmiennej, nie znamy. Wszystkie zaprawy bowiem, będące obecnie w użyciu, podczas tężenia zmniejszają swą objętość czyli kurczą się, albo też zwiększają swą objętość czyli pęcznieją. Skoro zaprawa podczas tężenia kurczy się, to mur *osiada* czyli *osadza się*, t. j. wysokość jego zmniejsza się, przyczem osadzanie się muru jest tem większem, im większą jest grubość warstw zaprawy w spoinach poziomych; z tego też powodu należy brać do murów zaprawę tylko w takiej ilości, jaka jest niezbędną dla połączenia z sobą kamieni. Skoro zaprawa podczas tężenia pęcznieje, to wywiera ona oczywiście pewne ciśnienie na powierzchnie kamieni przyległych; jeżeli więc pęcznienie jest bardzo znacznem, to może ono spowodować kruszenie się krawędzi kamienia, a nawet naruszenie równowagi muru; jeżeli jednak pęcznienie nie przekracza pewnych granic, to może ono okazać się poniekąd nawet korzystnem, gdyż zaprawa, zwiększając swą objętość, szczelniej zapełni wszelkie zagłębienia i mocniej zwiąże się z powierzchniami kamieni.

Ażeby zaprawa mogła służyć do łączenia kamieni w jedną całość stałą, winna nie tylko po pewnym czasie stężeć i po stężeniu odznaczać się pewną twardością i wytrzymałością, lecz nadto winna doskonale wiązać się z danym kamieniem. Niektóre zaprawy wiążą się dobrze z jednemi kamieniami, źle zaś z innemi, tak np. zaprawa wapienna wiąże się dobrze z cegłą paloną, źle z surówką; zaprawa gliniana wiąże się dobrze z surówką, źle zaś z kamieniami polnemi i t. p.

Z powyższego wynika, że każda zaprawa dobra winna być dostatecznie plastyczną, a po stężeniu twardą i wytrzymałą, przyczem winna dobrze wiązać się z danym kamieniem i podczas tężenia nie zmieniać zbyt znacznie swej objętości. Nadto zaprawa dobra winna oczywiście posiadać dostateczną odporność na wpływy czynników atmosferycznych i nie powinna zawierać żadnych ciał szkodliwych dla jej własnej trwałości lub dla trwałości kamieni.

Czas potrzebny do zupełnego stężenia zaprawy jest zależny od własności materiałów użytych do zaprawy i sposobu jej przygotowania. W ogóle jednak rozróżnia się zaprawy prędko i powoli tężące. Przy użyciu zaprawy prędko tężącej, mur wcześniej osiąga normalną swą wytrzymałość, mniej się zawilgaca, a tem samem prędszy wysycha i mniej się osadza, aniżeli przy użyciu zaprawy powoli tężącej, jednakże po stężeniu wytrzymałość zaprawy prędko tężącej i jej siła wiążąca bywają najczęściej znacznie mniejszemi aniżeli zaprawy tężącej powoli. — Doświadczenie uczy, że nawet zaprawy średniej dobroci mogą po dłuższym czasie nabrać znacznej twardości i wytrzymałości. Przy rozbieraniu murów, przechowanych z wieków starożytnych i średnich, łatwiej pękają kamienie aniżeli zaprawa w spoinach, co przypisać należy nie tyle starannemu przygotowaniu tych zapraw, ile raczej znacznemu zwiększeniu się ich twardości i wytrzymałości w przeciągu wieków.

Zaprawy służące do spajania kamieni nazywają się *murowemi*. Niezależnie od tego, zaprawy używane są do zabezpieczania murów od wpływu czynników atmosferycznych, za pomocą *wypraw* czyli *tynków*, oraz do przyozdabiania powierzchni murów.

Zależnie od sposobu tężenia, rozróżniane są zaprawy *mechaniczne* i *chemiczne*.

Zaprawy mechaniczne tężą wskutek wysychania, t. j. wskutek ulatniania się połączonej z nimi mechanicznie wody, albo też, wskutek krzepnięcia ze stanu stopionego; przyczem ani podczas tężenia ani po stężeniu, nie zachodzą w zaprawie żadne zmiany chemiczne. Do zapraw mechanicznych tężących wskutek wysychania należą: zaprawa gliniana, szamotowa, oraz niektóre kity i kleje; zaś do zapraw mechanicznych tężących wskutek krzepnięcia ze stanu stopionego należą: zaprawa asfaltowa.

Zaprawy chemiczne przechodzą w stan stały nie tylko wskutek ulatniania się z nich wody, lecz także wskutek pewnych zmian chemicznych, przyczem część wody, użytej do zarobienia ciasta, pozostaje połączona z zaprawą i po jej stężeniu. Tu należą: zaprawa wapienna zwyczajna (powietrzna), zaprawy wapienne wodotrwałe (wodne) i zaprawa gipsowa.

Właściwie nazwą zaprawy, w ściślejszem tego słowa znaczeniu, oznaczane są zazwyczaj jedynie zaprawy chemiczne. — Z zapraw mechanicznych, w robotach mularskich ma pewne znaczenie zaprawa gliniana, oraz zaprawa asfaltowa i niektóre kity.

W rozdziale niniejszym mówić będziemy tylko o zaprawie glinianej oraz o zaprawach chemicznych, t. j. wapiennych i gipsowych. — Krótkie wzmianki o zaprawie asfaltowej, oraz o niektórych kitach i klejach, podane są w rozdziale V działu niniejszego.

I. Zaprawa gliniana.

Zaprawa gliniana jest najdawniejszą z zapraw, gdyż była już znaną w odległej starożytności. Budowle Niniwy wzniesione były przeważnie z surówki na zaprawie glinianej i tej to okoliczności przypisać należy, że szczątki tych budowli nie przechowały się do dziś dnia w stanie równie dobrym jak mury Babilonu i pomniki Egiptu.

Zaprawa gliniana jest zarazem najprostsza z zapraw; składa się bowiem jedynie z gliny rozcieńczonej wodą. Niekiedy do zaprawy glinianej dodawany jest piasek.

Do zaprawy glinianej najodpowiedniejszymi są gliny tłustawe, lecz nie zbyt tłuste, żółtawe, brunatnawe i jasno-szare, które z wodą dają się łatwo zarabiać na ciasto lepkie, o jednostajnej gęstości. Gliny bardzo tłuste są mniej odpowiedniami, gdyż trudniej dają się urabiać, powolniej wysychają, a po wyschnięciu pękają.

Zaprawa gliniana wiąże się słabo z kamieniami łamanymi i polnemi; w murach z takich kamieni wypełnia ona przeto tylko przestrzeń wolną pomiędzy kamieniami, lecz nie spaja kamieni z sobą. Nieco lepiej, lecz także niedostatecznie, wiąże się ona z cegłą paloną, a najlepiej z surówką i lempacą, dla których stanowi jedyną właściwą zaprawę, tem bardziej, iż zaprawa wapienna z surówką wcale się nie wiąże.

Zaprawy glinianej nie należy używać do murów fundamentowych, gdyż przy użyciu zaprawy glinianej mury podziemne nigdy nie wysychają, a sama za-

prawa pozostaje również mokrą. — Obecnie zaprawa gliniana używana jest głównie przy wznoszeniu podrzędniejszych budowli wiejskich; budowle takie jednak, należy przykrywać dachami, o szerokich okapach, w celu zabezpieczenia ścian zewnętrznych od wpływu działania deszczów.

Glina jest odporniejszą na działanie ognia aniżeli wapno. Z tego powodu zaprawa gliniana może być korzystnie stosowaną w murach wystawionych na bezpośrednie działanie ognia lub silnego gorąca, jako to: w częściach dolnych murów kominowych, w murach kanałów i trzonów piecowych, kominków i t. p., oraz na powłokę dla drzewa; przyczem jednak zaprawa gliniana winna być przygotowaną bardzo starannie, z gliny przedtem oczyszczonej, odplawionej i w razie potrzeby odtluszczonej.

Wyprawy (tynki) murów wewnętrznych mogą być wykonywane z zaprawy glinianej; zewnętrznych zaś tylko wtedy, gdy są zabezpieczone od przystępu deszczu. Do zaprawy glinianej przeznaczonej dla wypraw dodawane są często w stanie drobno posiekany: słoma, siano, plewy, mech leśny i t. p.

Zaprawa gliniana jest tania, a przytem może być przygotowywaną i stosowaną bez trudności nawet przez robotników mało wprawnych. Mury jednak na zaprawie glinianej, zwłaszcza zewnętrzne, trudno jest zazwyczaj zabezpieczyć od wilgoci, wskutek czego w spoinach takich murów zagnieżdża się łatwo grzyby domowy. Niedogodność ta jest tem większą, iż muru w ten sposób zakażonego, niepodobna uchronić od zniszczenia. To też nawet w budowlach podrzędnych, o ile to jest możebnem, korzystniej jest używać zaprawy wapiennej.

Zaprawa szamotowa. Mieszanina t. zw. mączki szamotowej (w której skład wchodzi przeważnie glinka) z gliną suchą, sproszkowaną, po zarobieniu z wodą, daje zaprawę ogniotrwałą, zwaną *szamotową*, odpowiednią dla murów pozostających w bezpośredniej styczności z ogniem. Zaprawa ta winna być oczywiście zabezpieczona od przystępu wilgoci, a na działanie żaru winna być wystawiona dopiero po zupełnem wyschnięciu, gdyż w razie przeciwnym pęka.

II. Wapno.

Materyałem głównym zapraw wapiennych jest tlenek wapnia, zwany *wapnem palonem* albo krócej *wapnem*, a otrzymywany przez wypalanie węgla wapnia. Węgla wapnia czyste: krystaliczne (spat wapienny i aragonit) i ziarniste (marmur biały), rzadko jednak i tylko w ilości niewielkiej, najczęściej jedynie dla badań naukowych, są używane do wypalania wapna. Na większą skalę otrzymywane jest wapno z różnych odmian wapieni zbitych: skalnych (łomowych) i narzutowych, nadto z wapieni muszlowych i marglistych, z wapieni łąkowych i martwic wapiennych, rzadziej z wapieni ziemistych (kredy), a w niektórych okolicach, zwłaszcza nadmorskich, także z muszli, zawierających około 97% i ze skorup ostryg, zawierających około 93% węgla wapnia.

Wapienie skalne są wydobywane z łomów w kawałach różnej wielkości; wapienie narzutowe napotykanne są wraz z innymi kamieniami narzutowymi w dolinach rzek wypływających z gór wapiennych; wapienie margliste występują często w postaci ziemi, która przed wypaleniem musi być zazwyczaj przewietrzana, formowana w cegielki i suszoną; wapienie ziemiste (kreda) muszą być

również przed wypaleniem formowane, a przytem dają wapno mniej dobre aniżeli wapnienie zbite. — W kraju naszym, oprócz odmian wapienia, o których była mowa w rozdziale I działu niniejszego, występują w wielu okolicach, zwłaszcza w kotlinach torfowisk, łąk i wód, liczne i znaczną niekiedy grubość posiadające osady skorupiaków, dające często do 95% czystego węglanu wapnia. Osady te, stanowiące pozostałość z epoki trzeciorzędowej, leżą prawie nietknięte, pomimo, że możnaby wypalać z nich dobre wapno.

1. Własności węglanu wapnia.

1) Własności chemiczne. Węglan wapnia czysty (CaCO_3) zawiera na wagę 56,3 części wapnia i 43,7 cz. kwasu węglanego; nie ma zapachu ani smaku; w postaci krystalicznej jest bezbarwny i jasno-wodnisty, zaś w postaci zbitej — biały i nieprzezroczysty. Polany kwasami burzy się przy jednoczesnem wydzielaniu gazów; w kwasie solnym, octowym i azotnym rozpuszcza się całkowicie; w kwasie fosfornym i siarczanym, nie rozpuszczając się, przechodzi w fosforan wapnia lub siarczan wapnia. W wodzie czystej nie rozpuszcza się prawie wcale; rozpuszcza się natomiast w wodzie nasyconej kwasem węglanym.

Fresenius stwierdził, że 1 cz. węglanu wapnia rozpuszcza się w 8834 cz. wody zimnej, 1061 cz. wody wrzącej i 65246 cz. wody amoniakalnej. Według Weltzien'a w 1 l wody rozpuszcza się 0,036 g węglanu wapnia. Lassaigue stwierdził, że 1 cz. węglanu wapnia rozpuszcza się w 1196 cz. wody nasyconej kwasem węglanym, przy temperaturze 10° C.

Węglan wapnia rozpuszczony w wodzie, podczas parowania wody, wydzielela się z niej w postaci masy wapnistej, tworzącej często powłokę na przedmiotach pozostających w styczności z wodą parującą.

Ta własność węglanu wapnia wydzielania się z wody parującej jest przyczyną tworzenia się martwic wapiennych, kamienia sprudlowego, nacieków czyli sopli (stalaktytów) w pieczarach skał wapiennych i t. p., a także t. zw. kamienia kotłowego w kotłach parowych zasilanych wodą zawierającą wapno.

Węglan wapnia czysty nie topi się nawet w najwyższych znanych temperaturach, staje się jednak topliwym w temperaturze wysokiej, gdy zawiera glinkę, krzemionkę (kwarc) i tlenek żelaza.

Na tej własności, niekorzystnej ze względu na prawidłowe wypalanie wapna, opiera się zastosowanie węglanu wapnia w hutach szkła i metali, oraz w wielu gałęziach przemysłu chemicznego.

Węglan wapnia czysty, rozżarzany przez czas dłuższy przy przystępie powietrza w miejscu otwartem, utracą kwas węglany, wskutek czego ciężar jego zmniejsza się w przybliżeniu o 44%, gdy tymczasem objętość zmniejsza się w stosunku znacznie mniejszym. Przez takie ogrzewanie węglanu wapnia czystego otrzymuje się tlenek wapnia (wapno palone czyste). Cel wypalania wapna polega więc na wydzieleniu z węglanu wapnia kwasu węglanego czyli na przekształceniu węglanu wapnia na tlenek wapnia.

2) Wpływ przymieszek. Węglan wapnia chemicznie czysty wcale w przyrodzie nie występuje. Wszystkie wapnienie, używane do wypalania wapna, zawierają domieszki ciał obcych, które w rozmaitym stopniu wpływają ujemnie na użyteczność danego wapienia. Najszkodliwszemi pod tym względem są znaczniejsze domieszki gliny (krzemianu glinu) i piasku kwarcowego; znacznie mniej szko-

dliwemi są domieszki żelaza, manganu, magnezu i bitumów, o ile nie występują w ilościach zbyt znacznych. Ciała organiczne, zawarte w wapieniu, w piecu spalają się, nie wywierając wpływu szkodliwego.

Skoro w wapieniu znajduje się tlenek żelaza w ilości znacznej, to wapno palone ma barwę żółtawą albo żółtą i dla tego nie nadaje się do bielienia i wyprawiania (tynkowania) ścian. Węglan magnezu ujawnia wpływ szkodliwy już gdy znajduje się w wapieniu w ilości około 10%, gdyż wapno z takiego wapienia jest chude; a gdy zawartość węglanu magnezu jest większą, wapno palone pozbawione jest własności gaszenia się (lasowania). Szkodliwiej jeszcze oddziałują domieszki ciał gliniastych i krzemionkowych, gdyż wapień, zawierający takie ciała w ilości większej, podczas wypalania, zwłaszcza w zbyt wysokiej temperaturze, spieka się, poczem nie daje się już gasić; takie wapienie używane są jednak do zapraw wodotrwałych.

Im wapień jest czystszy, tem jest twardszym, ściślejszym, przezroczystszym i tem mniej przez wypalenie traci na ciężarze. Nasze wapienie zwykle zawierają zazwyczaj około 5—18% domieszek.

3) Badanie wapienia. Ażeby przekonać się czy dany wapień nadaje się do wypalania wapna, należy poddać go rozbirowi chemicznemu, przyczem niema potrzeby oznaczania ilościowo wszystkich składników, gdyż dość jest przekonać się czy i w jakiej ilości dany wapień zawiera ciała, mogące uczynić go nieodpowiednim do wypalania wapna.

Stopień użyteczności danego wapienia można też oznaczyć przez próbne wypalenie. W tym celu kilka kawałków wapienia wypala się w tyglu przy rozżarzeniu do białości, poczem gasi się je z ilością wody 3—4 większą na objętość. Ze stopnia zwiększenia objętości i ogrzania się przy gaszeniu, oraz z jakości otrzymanego wapna gaszonego, można wnosić o dobroci i użyteczności danego wapienia; im zupełnie mianowicie wapno się gasi, im jest bielszem i im mniej zawiera grubszych przymieszek, tem wapień jest lepszym. Doświadczenie to może dać wyniki w przybliżeniu dokładne tylko wtedy, gdy wypalenie było zupełne, t. j. gdy kawałki wapienia utraciły rzeczywiście całą zawartość kwasu węglanego, o czem można się łatwo przekonać, polewając otrzymane wapno gaszone rozcieńczonym kwasem solnym; jeżeli pod działaniem tego kwasu, wapno nie burzy się wcale, to wypalenie było dostatecznem, w razie przeciwnym zaś, wypalenie było niezupełnem.

2. Wypalanie wapna.

Czysty węglan wapnia, ogrzewany przy przystępie powietrza, traci najprzód wodę, a następnie kwas węglany. Wydzielanie się kwasu węglanego zaczyna się już przy 400° C.; zupełne wydzielenie się kwasu węglanego jednak następuje zazwyczaj dopiero po rozżarzeniu do białości. W początkach wypalania, aż do chwili zupełnego ulotnienia się wody zawartej w wapieniu, temperatura winna być niską, następnie zaś stopniowo zwiększaną. Wysokość temperatury potrzebnej dla rozkładu wapienia jest zmienną i zależną od różnych okoliczności; jest jednak większą od temperatury pieców ceglarskich i wynosi nie mniej aniżeli

1100—1300° C. Wapienie porowate wypalają się łatwiej aniżeli zbite. W atmosferze kwasu węglanego, jak nauczają doświadczenia Faraday'a i Gay Lussac'a, wapień wypala się trudno; z tego powodu korzystnym jest wydzielający się kwas węglany wydalać prędko z pieca za pomocą silnego prądu powietrza, albo też pary wodnej, gdyż przy obecności pary wodnej kwas węglany prędzej z wapienia się ulatnia. Ten wpływ pary wodnej jest też przyczyną, że wapień świeżo z łomu wydobyty i zawierający jeszcze wilgoć skalną, łatwiej się wypala, aniżeli wapień pozbawiony wilgoci.

Czas trwania palenia jest zależny od typu i wielkości pieca, od gatunku paliwa, od gęstości i innych własności wapienia, od położenia pieca względem kierunku wiatrów panujących i t. p. Przy wszystkich okolicznościach sprzyjających wypalenie ładunku pieca wymaga 36 godzin, często jednak wypalanie ładunku trwa 60—100 godzin. Wapienie zanieczyszczone przez ciała obce, zwłaszcza przez glinę i krzemionkę, wypalają się prędzej aniżeli czyste, gdyż zawierają mniej kwasu węglanego. Rozumie się, że wypalanie wapieni w kawałach dużych jest utrudnione i wymaga dłuższego czasu, gdyż ciepło, działające na powierzchnię kamienia, trudniej przenika kamienie wielkie aniżeli małe. Jeżeli przy wypalaniu kamieni wielkich ogień nie jest dostatecznie długo podsycany, to części wewnętrzne kamieni mogą pozostać surowe. W takim wapieniu palonym gasi się z wodą tylko warstwa zewnętrzna każdego kamienia, gdy tymczasem jądro pozostaje w postaci wapienia niewypalonego. Zapobiedz temu można rozbijając kawały większe wapienia na mniejsze, mające 75—100 mm średnicy, albo też układając kawały większe w miejscach najgorętszych, a więc najbliższej paleniska, zaś kawały mniejsze w miejscach mniej gorących.

Ładunek wyjęty z pieca winien być ochładzany stopniowo, gdyż przy ochłodzeniu nagle wapno pęka.

Z powyższego wynika, że wypalanie wapna z czystego węglanu wapnia, albo też z kamieni wapiennych, zawierających domieszki ciał obcych w ilościach małych, nie przedstawia żadnych trudności poważniejszych. Skoro ciepło jest dostateczne dla zupełnego rozkładu węglanu wapnia, to otrzymuje się *wapno palone*, które nawet w bardzo wysokich temperaturach już się nie zmienia, gdyż jest nietopliwym. Zwiększenie niewielkie ciepła podczas wypalania, po nad temperaturę niezbędną dla rozkładu węglanu wapnia, nie wywiera przeto w ogóle wpływu szkodliwego na wapno. Zauważono jednak, że gdy wapienie zbyt długo są rozżarzane, wapno otrzymane trudniej nieco się gasi i dla tego korzystniejszym jest wypalać wapienie prędko.

Skoro wapień zawiera domieszki ciał obcych, to oczywiście w temperaturze pieca ulegają one pewnym przekształceniom. Po ulotnieniu się wody i spalaniu się ciał organicznych (węgla, bitumów), tleniki żelaza i manganu przekształcają się na tlenki, co jednak w ogóle nie wywiera wpływu szkodliwego na wapno; węgiel magnezu zaś, na równi z węglanem wapnia, traci kwas węglany i przekształca się na tlenek magnezu. Nawet przy znaczniejszej domieszce węglanu magnezu, wapno pozostaje nietopliwym w najwyższych temperaturach pieca, gdyż utworzony tlenek magnezu jest tak samo nietopliwym jak tlenek wapnia. — Skoro jednak wapień, jak to często się zdarza, zawiera znaczniejsze domieszki

krzemionki lub gliny, to w temperaturze wysokiej, wapno tworzy z krzemionką i krzemianem glinu związki topliwe, a wskutek tego wapno na powierzchni spieka się i pokrywa powłoką szklaną. Takie wapno traci własność gaszenia się z wodą i nazywa się *przespalonem* (fr. chaux trop cuite, chaux morte; n. todtgebrannter Kalk). Utworzeniu się wapna przespalonego można zapobiedz przez stosowanie temperatury możebnie umiarkowanej, oraz przez stopniowe jej zwiększanie do wysokości niezbędnej dla wydzielenia kwasu węglanego, co tem staranniej wykonywać należy, im większą jest zawartość krzemionki i gliny w wapieniu. Najkorzystniejszym jednak jest brać do wypalania wapienie możebnie czyste, tem bardziej, iż wydajność takich wapieni jest stosunkowo większą, a wszelkie przymieszki ciał obcych, nie tylko, że powodują zmniejszenie wydajności, lecz nadto nie wpływają wcale na polepszenie jakości wapna. Zaznaczyć przytem należy, że wypalanie wapieni zanieczyszczonych wymaga znacznie większej staranności aniżeli wypalanie wapieni czystych, które wytrzymują bez szkody nawet bardzo znaczne gorąco. Wapienie, zawierające w pewnych ilościach krzemionkę, krzemian glinu i zasady (alkalie), są jednak cenione jako materiał dla zapraw wodotrwałych.

Utworzenie się powłoki szklistej na wapieniu może nastąpić także gdy glina lub margiel tylko zewnątrznie złączone są z powierzchnią wapienia, jak również, gdy wapień w piecu styka się z popiołem z węgla brunatnego lub kamiennego, zawierającym glinę. — Przy wypalaniu wapieni węglem brunatnym lub kamiennym, zawierającym iskrzyk, część wapna przekształca się na siarczan wapnia (gips), a gdy w wapieniu znajduje się magnez, to część magnezu przekształca się na siarczan magnezu. Tak np. Aron badając wapno palone na węgle brunatnym zauważył, że cała warstwa zewnętrzna wapna przekształconą była na gips. — Okoliczność ta jest niezmiernie ważną, gdyż siarczany te mogą stać się przyczyną powstawania wykwitów w murach, do których użyte zostało wapno zawierające gips lub siarczan magnezu.

Wapień surowy winien być wypalany zupełnie, tak, ażeby utracił całą zawartość kwasu węglanego, gdyż tylko w tym wypadku wapno palone gasi się dobrze i wiąże mocno. Gdy kwas węglany nie zostanie wydzielony zupełnie, tworzy się kamień, zwany *półwęglanem wapnia* albo *wapnem niedopalonem*, który polany wodą nie rozpada się, lecz twardnieje, a ponownie ogrzany z trudem utraci pozostałą w nim część kwasu węglanego. Takie wapno nawet po ponownem wypaleniu najczęściej nie zyskuje już własności gaszenia się z wodą.

Wypalanie wapna, t. j. wytwarzanie wapna palonego, może być uskuteczniane w rozmaity sposób, a to zależnie od wymaganej jakości wapna oraz od jego przeznaczenia (na nawóz, na zaprawy i t. p.), a nadto od wielkości oczekiwanego zbytu i od gatunku paliwa. Paliwem jest najczęściej drzewo, torf, węgiel brunatny, węgiel kamienny, koks i gaz.

W ogóle różni się wypalanie w stosach, dołach i piecach polowych, oraz wypalanie w piecach stałych.

1) *Wypalanie wapna w stosach, dołach i piecach polowych* połączone jest z licznymi niedogodnościami, wymaga albowiem dłuższego czasu i większej ilości paliwa, aniżeli wypalanie w piecach stałych. Nadto, przy wypalaniu w stosach, dołach i piecach polowych, wapno palone bywa niezupełnie dobre, wydajność przeciętna zaś wapieni jest zazwyczaj stosunkowo małą, a to

głównie z powodu, że jedne wapienie, najbliższej paleniska ułożone, często przepalają się, inne, najbardziej od paleniska oddalone, zazwyczaj są niedopalone. To też rzeczone sposoby wypalania wapna stosowane są obecnie rzadko i to głównie na potrzeby miejscowe w okolicach bardziej oddalonych od dróg komunikacyjnych.

a) *Wypalanie w stosach.* Stos, kształtu stożka kołowego ściętego, ustawia się bezpośrednio na ziemi, starannie ubitej i wyrównanej. W kierunku średnicy podstawy, od obwodu aż po za jej środek, urządza się rów, o głębokości około 1 m, mający służyć za kanał płomienny. Rów ten przesklepia się kamieniami większemi, luźno obok siebie układanemi, a otwory pomiędzy temi kamieniami, przykrywa się kamykami mniejszemi, ażeby węgiel miałki nasypany na sklepienie nie mógł wpadać do kanału. Sam stos wznoszony jest z warstw kamieni wapiennych, mających się wypalić, ustawionych na rąb i nieco ku środkowi pochylonych; przyczem każdą warstwę kamieni posypuje się węglem miałkim. Grubość przeciętna tych warstw wynosi około 180—200 mm, cała wysokość stosu około 4,5 m, średnica jego podstawy dolnej około 4,5 m, zaś średnica podstawy górnej (pokrywy) około 2,7 m. Grubość warstw kamienia bywa w środku większą i zmniejsza się ku obwodowi, przez co tworzy się pewien rodzaj przesklepień, które zabezpieczają stos od runięcia wskutek kurczenia się kamieni podczas wypalania. Nadto grubość warstw kamienia zwiększa się od podstawy ku pokrywie, a w warstwach najwyższych wynosi około 300 mm. Grubość warstw węgla kamiennego jest jednorodną. Powierzchnie zewnętrzne stosu obrzuca się gliną wilgotną na 50 mm grubości, poczem w około stosu ustawia się mur ochronny z kamieni większych na płask. Po wzniesieniu stosu, zapelnia się kanał płomienny drzewem suchem, chrustem i t. p., a gdy po roznieceniu ognia piec się rozgrzeje, zamyka się czelusie szczelnie ziemią. Przez cały czas wypalania należy stos zabezpieczać od przystępu wiatru przez maty słomiane, a wszelkie rysy i pęknięcia w wyprawie glinianej należy natychmiast uszczelniać świeżą gliną.

Takie stosy napotyka się często w Belgii. Podobny stos wzniesiony nad brzegami Sambry (w Belgii) obejmował 43,3 m³ wapienia, do którego wypalania użyto 7,9 m³ miałkiego węgla kamiennego, przyczem otrzymano 29 m³ wapna i 1,6 m³ miału wapiennego, zmieszanego ze znaczną ilością popiołu z węgla kamiennego. Do wzniesienia tego stosu użyto 8-iu robotników przez 4 dni, czyli 32 dniówek roboczych. Wapno otrzymywano w 5—6 dni po roznieceniu ognia.

b) *Wypalanie w dołach.* W stoku ziemnym urządza się wcięcie, 2,5—3 m głębokie, mające za podstawę kwadrat, o boku 1,2—1,5 m, z narożnikami zaokrąglonemi, poczem ściany wewnętrzne tego wykopu wyprawia się gliną lub wyklada cegłą ogniotrwałą. W dole tym układane są wapienie w ten sposób, że u podstawy, na całej niemal jej długości, tworzy się przestrzeń wolna o 0,4—0,6 m głębokości i szerokości, służąca za kanał płomienny. Kanał przesklepia się większemi kamieniami wapiennymi, pomiędzy którymi pozostawia się otwory, a nad sklepieniem ustawia się kamienie mniejsze, mające po 90—180 mm grubości, pomiędzy którymi pozostawia się również przestrzeń wolna, ażeby płomień mógł się przedostawać. Przez zapalenie drzewa suchego w kanale roznieca się najprzód płomień słaby, który przez 3—4 dni należy stopniowo wzmacniać, do zupełnego wypalania wapieni. — Węgla kamiennego używa się około 50 kg na 300 kg wapienia.

c) *Wypalanie w piecach połowych.* W stoku niewielkiego pagórka, lub w skarpie nasypu, wykopuje się zagłębienie, o średnicy około 5,45 m. W podstawie tego zagłębienia urządza się kanał płomienny przesklepiony, w taki sam sposób jak przy wypalaniu w dołach. Po nad kanałem ustawia się piec kształtu stożka ściętego, złożony z wapieni mających się wypalać. Warstwy dolne pieca układane są z kamieni największych, górne zaś—z najmniejszych, a po nad warstwą najwyższą urządzona jest pokrywa, kilka cali gruba, z ziemi. W części dolnej pieca znajduje się przystęp wolny do kanału płomiennego. Od wiatru zabezpiecza się piec przez mur ochronny. Przez ustawienie pieca na wzniesieniu zyskuje się przystęp dogodny zarówno od dołu jako też od góry, a ziemia otaczająca piec zabezpiecza go od runięcia i chroni go od utraty ciepła. — Przy wypalaniu używa się około 50 kg drzewa w szczapach na 1 m³ wapna palonego.

2) *Piece stałe.* Gdy wapno ma być wypalane w ilościach większych na sprzedaż, urządza się piece stałe, przyczem zyskuje się nie tylko na robociznie, czasie i paliwie, lecz także na jakości wapna.

Wypalanie wapna stanowi od lat kilkudziesięciu jedną z gałęzi przemysłu wielkiego, zwłaszcza w okolicach, w których możebnym jest przewóz tani, oraz w pobliżu wielkich miast, gdzie można liczyć na stały odyt. W tych warunkach, w ostatnich dziesiątkach lat podjęte były liczne usiłowania, w celu obniżenia kosztów wypalania wapna, a to przez zastosowanie takich konstrukcyj pieców, które daly by możność najlepszego wyzyskania wapienia, przy zużyciu możebnie najmniejszej ilości paliwa. Dzięki tym usiłowaniom powstały liczne nowe odmiany pieców do wypalania wapna, których konstrukcyje są zależne głównie od ilości mającego się wyrabiać wapna, od czasu wypalania i od gatunku paliwa.

Piece do wypalania wapna budują się zazwyczaj z cegły lub z kamienia łamanego, przy użyciu cegły ogniotrwałej. W piecach opalanych węglem kamiennym i torfem urządzać należy ruszty i popielniki.

Ze względu na zakres niniejszej pracy ograniczymy się tu jedynie na podaniu zasadniczych różnic pomiędzy typami pieców wapiennych, oraz krótkiej wzmianki o kilku ważniejszych typach tych pieców.

Piece do wypalania wapna mogą być *okresowe* czyli *peryodyczne*, albo też *ciągłe*.

W *piecach okresowych* każdorazowe wypalenie stanowi zamknięty w sobie okres fabrykacyi; po każdym wypaleniu bowiem należy piec ostudzić, w celu wyjęcia wapna palonego, poczem piec na nowo ładuje się dla następnego wypalania. W *piecach ciągłych* naładowywanie i wyladowywanie pieca skutecznia się podczas samego wypalania, przyczem w pewnych odstępach czasu, wapno palone wyjmowane jest przez otwór umieszczony u dołu pieca, a jednocześnie wkładane są świeże wapienie w odpowiedniej ilości przez otwór umieszczony u góry pieca; w tych piecach przeto wypalanie nie doznaje żadnej przerwy, gdyż dla wyjęcia wapna palonego niema potrzeby ochładzać pieca.

Inną różnicę pomiędzy piecami stanowi sposób ogrzewania. W jednych piecach wapienie i paliwo układane są w warstwach na przemian, a po zapaleniu najniższej warstwy paliwa, płomień stopniowo rozprzestrzenia się ku górze, przyczem każda warstwa wapienia wypalana jest przez paliwo pod nią się znajdujące; są to *piece o płomieniu krótkim (małym)*. W innych piecach urządzone jest palenisko oddzielne, tak, iż tylko płomień i gazy gorące przedostają się do wapienia, przyczem wapień wypala się jedynie wskutek bezpośredniego działania ognia i powietrza rozżarzonego; są to *piece o płomieniu długim (wielkim)*. — Piece o płomieniu krótkim mogą być ogrzewane węglem kamiennym miałkim, nawet pośledniejszego gatunku, lecz nie mogą być ogrzewane drzewem ani torfem; piece o płomieniu długim zaś ogrzewać można drzewem, torfem, dobrym węglem kamiennym, koksem, albo gazem. Wypalanie wapna w piecach o płomieniu krótkim jest nieco tańszem aniżeli w piecach o płomieniu długim, lecz piece o płomieniu krótkim wydzielają zazwyczaj bardzo silne wyziewy, nieprzyjemne i szkodliwe dla zdrowia.

W piecach o płomieniu krótkim można wypalać wapienie tylko w kawałkach mniejszych i możebnie jednakowych, gdyż kawały większe nie wypalają się dostatecznie i jądro ich nie rozkłada się. W piecach zaś o płomieniu długim można odpowiedniej regulować płomień, wapienie przeto wypalają się równomierniej, a tem samem mogą być wypalane także w kawałach większych. Przy wypalaniu w piecach o płomieniu długim zaoszczędza się więc na robociznie, gdyż niema potrzeby rozdrabniania kamieni, a nadto otrzymuje się wapno w kawałach większych, które przy późniejszym przechowywaniu lepiej opiera się wpływowi atmosferycznym i z tego powodu chętniej nabywane jest przez odbiorców, tem bardziej, iż przy zwykłym zakupowaniu wapna palonego na miarę, a nie na wagę, otrzymuje się w stosunku do objętości zakupionego wapna palonego, większą objętość wapna gaszonego z kawałów wielkich aniżeli z małych.

Ważną jest także okoliczność, że w piecach o płomieniu krótkim, wapienie, zarówno jak wapno palone, stykają się bezpośrednio z paliwem i popiołem. Daje to wprawdzie możność najzupełniejszego wyzyskania paliwa, lecz przytem wapno, po wyjęciu z pieca, jest zanieczyszczone popiołem i żużlem z węgla kamiennego; gdy tymczasem wapno z pieców o płomieniu długim jest czyste, gdyż podlega ono w piecu jedynie działaniu ognia i powietrza rozżarzonego, a popiół i żużel nie ma do niego przystępu. — Zanieczyszczenie wapna palonego przez popiół i żużel wpływa oczywiście ujemnie na jego jakość; z tego powodu wapno takie należy oczyszczać, co można skutecznie przez przesuwanie wapna palonego po rusztach z prętów

żelaznych, przyczem odpadają cząstki zewnętrzne, tworząc mieszaninę mialu wapiennego z popiołem i żużlem, używaną na nawóz i znaną w handlu pod nazwą *popiołu wapiennego* albo *wapna nawozowego*.

Inną niedogodność pieców wapiennych o płomieniu krótkim stanowi ta okoliczność, że popioły zawierające glinę, zwłaszcza przy bardzo wysokich temperaturach, stapiają się z wapnem, przez co na powierzchni wapna tworzy się powłoka szklista. Takie wapno gasi się trudno i tylko częściowo.

Z powyższych powodów wapno wypalane w piecach o płomieniu długim słusznie uważane jest w ogóle za lepsze, a jakkolwiek jest nieco droższem, chętnie jednak znajduje nabywców, gdyż jest wypalone równomiej, w większych kawałach, a przytem jest czystsze, aniżeli wapno z pieców o płomieniu krótkim.

a) *Piece okresowe* czyli *peryodyczne* w porównaniu z piecami ciągłymi przedstawiają tę niedogodność, że po każdorazowym wypaleniu muszą być na nowo ogrzewane, co pociąga za sobą stratę na paliwie. Nadto ciepło znajdujące się w piecu po wypaleniu, nie może być zużytkowane, gdyż dla wyjęcia wapieni trzeba piec ochłodzić. — W piecach o paleniskach bocznych, warstwy dolne wapienia zbliżone do paleniska, wypalają się znacznie wcześniej, aniżeli warstwy górne, muszą jednak być ogrzewane aż do zupełnego wypalenia warstw górnych. — Piece okresowe więc przy mniejszej wytwórczości zużywają więcej paliwa, aniżeli piece ciągłe; to też piece okresowe budowane są głównie w okolicach, w których niema stałego zbytu większego.

Zliczonych typów pieców okresowych o płomieniu długim wymieniamy tu tylko najważniejsze.

Piece leżące mają w planie kształt prostokątny, otoczone są murami grubemi, wewnątrz wyłożonemi cegłą ogniotrwałą. Wysokość ich w stosunku do długości i szerokości bywa zazwyczaj małą. W piecu, o długości 5,5 m i szerokości 4 m, wysokość wynosi około 3,5 m. — Korzystnem jest dwa takie piece stawiać obok siebie. Piec przykryty jest sklepieniem płaskim, w którym znajdują się otwory. Przez zamykanie i otwieranie pewnej liczby tych otworów można odpowiednio do potrzeby regulować przeciąg powietrza i kierunek płomienia w piecu. Po nad tem sklepieniem płaskim znajduje się sklepienie półkoliste, zakończone u góry krótkim kominem, służącym do odprowadzania par i dymu. Wewnątrz pieca urządza się na całej jego szerokości kanały płomienne z wapieni, przesklepione i wewnątrz wyłożone cegłą ogniotrwałą, a których ujścia z czeluściami do wkładania paliwa znajdują się w jednej ze ścian podłużnych; w przeciwległej zaś ścianie podłużnej, albo też w jednej ze ścian poprzecznych, urządzony jest otwór do wkładania i wyjmowania wapieni. Niekiedy po obu stronach pieca urządzone są komory, jedna na paliwo, druga zaś na wapienie. Korzystnem jest cały piec przykryć dachem. — Po naładowaniu pieca należy zamurować czeluście oraz otwór do wkładania i wyjmwienia wapieni; następnie roznieca się ogień słaby, przyczem woda połączona mechanicznie ulatnia się. Po ulotnieniu się wody należy ogień stopniowo wzmacniać aż do rozżarzenia do białości. Barwa płomienia wydostającego się przez otworki w sklepieniu jest najprzód ciemno-czerwoną, następnie czerwoną, fioletową, niebieską i wreszcie prawie białą. Rozżarzenie do białości, zależnie od gatunku wapienia, należy przez czas dłuższy lub krótszy podtrzymywać, następnie zaś natężenie płomienia stopniowo zmniejszać i piec powoli ochładzać. — Czas wypalania w takich piecach wynosi przy warunkach korzystnych 36—40 godzin.

Piece stojące zwyczajne mają wewnątrz kształt gruszki albo też elipsoidu. Gdy piec ma być czynnym, buduje się najprzód palenisko, przesklepione większemi wapieniami, pomiędzy którymi pozostawia się otwory, dla przepuszczania płomienia. Czeluść paleniska znajduje się w ścianie obwodowej; czeluść ta może być zamknięta lub otwierana, za pomocą płyty żelaznej. Na sklepieniu paleniska układa się wapienie, mające się wypalać, a które wprowadzane są do pieca przez otwór górny czyli przez wylot gardzieli. — W piecach opalanych węglem kamiennym znajduje się pod paleniskiem ruszt; w piecach opalanych drzewem niema rusztu. — W środku pieca ustawia się jeden lub kilka drągów drewnianych, po których spalaniu się pozostaje pewien rodzaj kanałów, zwiększających przeciąg powietrza. — W piecach o wymiarach większych znajduje się kilka palenisk.

Po naładowaniu pieca roznieca się ogień słaby, przyczem na powierzchni kamieni osadzają się sadze i skrapla się woda, a przez gardziel wychodzi najprzód ciężka para wodna, następnie gęsty dym czarny. W miarę zwiększania płomienia dym zmniejsza się i staje się niebie-

skawym; sadza zaś na kamieniach spala się. Płomienie przez wylot gardzieli wychodzące są najprzód ciemne, potem coraz jaśniejsze. Skoro wapienie, obserwowane przez wylot gardzieli, przedstawia masę rozżarzoną do białości, wyglądu wełnistego, to wypalanie jest już ukończone; można więc temperaturę pieca zmniejszyć i wapienie wyjąć.

Taki piec bez rusztu, ogrzewany drzewem, uwidoczony jest na rys. 118. Ustawiany bywa zazwyczaj przy stoku pagórka, w celu zabezpieczenia go od przystępu wiatru i ułatwienia ładowania przez wylot gardzieli. Wysokość pieca wynosi 4,9 m, średnica otworu górnego 2 m, średnica podstawy 2,5 m, wysokość otworu paleniska 1,2 m. Wypalanie, wraz z naładowaniem, ochłodzeniem i opróżnieniem pieca, trwa około 7-10 dni. Na 1 m³ wapna palonego zużywa się 2 — 3 m³ drzewa bukowego w szczepach.



Rys. 118.

Takiż piec do ogrzewania torfem, węglem brunatnym lub węglem kamiennym ma wewnątrz ruszt żelazny, pod którym znajduje się popielnik. Ruszt umieszczony jest w oddaleniu 0,6 m nad podstawą pieca. Nad rusztem urządzone jest palenisko przesklepione wapieniami większemi. Wysokość paleniska wynosi 0,6 m, a wysokość pieca od rusztu do wylotu gardzieli 2,55 m. Największa średnica wewnętrzna wynosi 1,88 m, najmniejsza średnica wewnętrzna u dołu 1,7 m, u góry zaś 1,5 m. Wszystkie te wymiary są jednak zmienne w dość rozległych granicach. Zależnie od wymiarów pieca, gatunku wapieni i paliwa, oraz stanu pogody, jednorazowe wypalanie wymaga 24 do 28 godzin, przyczem na 3 m³ wapna palonego zużywa się 1—1,5 m³ węgla kamiennego.

W niektórych odmianach pieców stojących zwyczajnych wapienie nie są wkładane przez wylot gardzieli, lecz przez urządzone w murach obwodowych oddzielne otwory, które przed roznieceniem ognia należy zamurować.

Obsługa pieców stojących zwyczajnych jest wielce niewygodną, a zużycie paliwa jest znaczniejsze aniżeli w innych piecach. Można wprawdzie w piecach stojących wypalać kamienie większe, lecz samo wkładanie kamieni do pieca połączone jest ze znaczną stratą czasu, a naładowywanie pieca jeszcze niezupełnie ostudzonego jest dla robotników bardzo uciążliwym.

Niekiedy piec stały ma wymiary większe i dwa lub więcej palenisk. Takim jest *piec Mihalik'a*, o dwu paleniskach, który może być urządzone do opalania zarówno drzewem jako też torfem lub węglem. Wysokość tego pieca od podstawy paleniska do wylotu gardzieli wynosi około 6,5 m, długość 4,9 m, szerokość 3,7 m. Przy takich wymiarach piec mieści w sobie około 28 m³ wapienia, do którego wypalania potrzeba około 20 m³ drzewa, lub około 15 m³ węgla kamiennego.

Piec piętrowe (piece Petof'a) składają się w zasadzie z dwóch pieców zwyczajnych, postawionych na sobie, a mogą być ogrzewane albo drzewem albo też torfem lub węglem. Wypalanie wapieni w tych piecach może być uskuteczniane przy współdziałaniu pary wodnej, co przedstawia tę dogodność, że wapno wypala się przy niższej temperaturze, a tem samym przy mniejszym rozchodzie paliwa. Według spostrzeżeń Faraday'a i Gay-Lussac'a bowiem, prąd pary wodnej, działający na wapień rozżarzony, przyspiesza wydzielanie się kwasu węglanego (p. str. 284), przyczem rozkład wapienia następuje już przy rozżarzeniu do ciemnej czerwoności, gdy tymczasem bez udziału pary wodnej, rozkład wapienia następuje zazwyczaj dopiero po rozżarzeniu do białości. — Ładowanie jednak pieców piętrowych, z powodu znacznej ich wysokości, jest bardzo uciążliwe. Piece, o których mowa, znalazły zastosowanie w arsenale morskim w Brest.

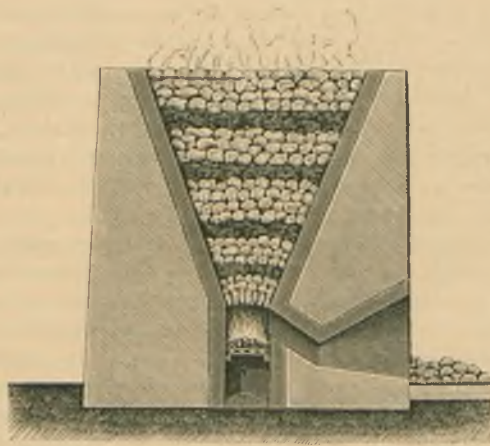
Piec Fink'a różni się od zwyczajnego głównie tem, iż ma dwa paleniska *state*, z rusztami z cegły ogniotrwalej, niema więc potrzeby budowania sklepień. Piec taki, o 4 m wysokości i 3 m największej średnicy wewnętrznej, mieści około 21 m³ wapienia, z którego otrzymuje się około 16—17 m³ wapna palonego, przyczem zużywa się na 1 m³ wapna 600—650 kg dobrego drzewa sosnowego w szczepach. Naładowanie pieca wymaga pracy 8 robotników przez 1 1/2

dnia; wypalanie trwa przez 4 doby; opróżnianie zaś skutecznie dwóch robotników w $1\frac{1}{2}$ dnia.

Piec o rusztach bocznych, pomysłu Heeren'a, do opalania węglem brunatnym i węglem kamiennym, ma kształt zbliżony do stożka. Część dolna pieca, służąca do wypalania wapna jest przesklepioną, górna zaś służy do odprowadzania dymu. W okolo pieca, na zewnątrz muru obwodowego, urządzone są cztery paleniska, z pochylemi rusztami bocznymi. Wypalanie jednorazowe trwa 3 doby, przyczem na $1\ m^3$ wapna palonego zużywa się około $\frac{1}{3}-\frac{2}{5}\ m^3$ węgla kamiennego.

Piece baniaste mają kształt kuli u dołu spłaszczonej, u góry zaś opatrzonej w otwór (gardziel) o średnicy $0,9\ m$. Takie piece budowane są zazwyczaj o trzech paleniskach stałych, z rusztami żelaznymi sięgającymi na całą niemal głębokość pieca. Średnica wewnętrzna pieca wynosi w środku $5\ m$, u podstawy zaś $4\ m$. Wysokość wewnętrzna pieca od wierzchu rusztu do spodu gardzieli wynosi $4,5\ m$. — Piece baniaste mogą służyć także do wypalania ciągłego.

Piece okosowe o płomieniu krótkim mają zazwyczaj zewnątrz kształt leja, czyli stożka ściętego, którego podstawa mniejsza zwrócona jest na dół. W piecach takich można warstwy dolne w miarę ich wypalania się wyjmować, przyczem przestrzeń wolną, utworzoną u góry wskutek opadania ładunku, zapelnia się świeżym wapniem. W ten sposób wypalanie z okosowego przekształca się na ciągłe. Przytem wapno wypala się w takich piecach prędzej i taniej, przy mniejszym zużyciu paliwa, aniżeli w piecach o płomieniu długim, lecz z drugiej strony, piece o płomieniu krótkim przedstawiają liczne niedogodności, o których wspomnieliśmy już powyżej (p. str. 287 — 288).



Rys. 119.

Piec lejowy okosowy, o płomieniu krótkim, uwidoczony na rys. 119, przedstawia jedną z licznych odmian tego typu. U spodu leja znajduje się ruszt nad popielnikiem. Nad rusztem zaś znajduje się ujście kanału bocznego, służącego do wyjmowania wapna palonego. Bezpośrednio na ruszcie kładzie się materiały łatwo zapalne (drzewo suche, chrust), na nich zaś warstwę paliwa, którem może być miałki węgiel kamienny, węgiel brunatny, albo koks; na tej warstwie zaś układa się warstwę wapieni, którą przykrywa się znowu warstwą paliwa i t. d. Po roznieceniu ognia, płomień rozprzestrzenia się powoli ku górze, przyczem każda warstwa paliwa wypala warstwę wapieni na niej ułożonych. Podczas opalania otwór kanału bocznego winien być zamurowany, albo zamknięty drzwiczkami żelaznymi. — Piece lejowe mają zazwyczaj $3,76-5,6\ m$ wysokości, $2,2-4,7\ m$ średnicy wewnętrznej u góry i $1,25-1,56$ średnicy wewnętrznej u spodu. — Przeciętnie zużywa się $1\ m^3$ węgla kamiennego na $3\ m^3$ wapienia.

Istnieją liczne odmiany tego typu pieców. Jedne nie mają kanału bocznego, a ruszt ich składa się z luźnych sztabek żelaznych, które po ukończeniu wypalania są wyjmowane, wskutek czego wapno palone wpada do popielnika i stąd może być zabrane. Inne mają kanał boczny, lecz nie mają rusztu i wtedy kanał boczny służy zarówno do rozniecania ognia jako też dla

doprowadzania powietrza. — Niekiedy piec taki ma wewnątrz kształt nie leja lecz elipsoidu, przy wysokości dochodzącej do 8—9 m.

Piece tego typu, pomimo licznych niedogodności, są bardzo rozpowszechnione, głównie z powodu, iż mogą być ogrzewane paliwem taniem, posledniejszego gatunku.

Piece okresowe do wypalania jednocześnie wapna i cegły. W piecach zwykłych wapiennych warstwy znajdujące się bezpośrednio przy paleniskach wypalają się znacznie wczesniej aniżeli warstwy górne; pomimo tego ciepło w piecu musi być podtrzymywane do czasu zupełnego wypalenia się wszystkich warstw wapienia, przyczem oczywiście traci się bezużytecznie wiele ciepła, a tem samem zużywa się stosunkowo za wiele paliwa. Ażeby zapobiedz tej niedogodności, starano się budować piece, w których nadmiar ciepła, powstający przy wypalaniu wapna, mógł być użytkowany do wypalania takich cegieł i dachówek, które ze względu na skład gliny mogą być wypalane w temperaturze znacznie niższej aniżeli wapienie. Piece tego rodzaju bywają otwarte lub przesklepione. Wapienie układane są w nich bezpośrednio przy kanałach płomiennych, do wysokości wierzchu sklepienia tychże kanałów, a gdy wytwórczość wapna ma być większą, to do wysokości 0,40—0,50 m po nad sklepienie kanałów. Niekiedy przyjmuje się $\frac{2}{7}$ wysokości pieca na wapienie i sklepienia, $\frac{2}{7}$ na cegłę i $\frac{2}{7}$ na dachówkę. — Wszystkie piece tego rodzaju przedstawiają tę niedogodność, że cegły i dachówki podczas wypalania nie pozostają w spoczynku, lecz podlegają pewnym ruchom, z powodu nierównomiernego obniżania się warstw wapienia. Wskutek tego cegły i dachówki już podczas wypalania spaczają się lub pękają, a po wypaleniu mają kształty i wymiary nieprawidłowe. — Ażeby temu zapobiedz, urządza się po nad częścią pieca, przeznaczoną na pomieszczenie wapieni, sklepienie płaskie z otworkami dla przepuszczania ognia, a na tem sklepieniu układano cegłę i dachówkę. W takich piecach jednak ciepło w części górnej rzadko bywa dostatecznem dla należytego wypalenia cegły i dachówki. — Lepiej zadaniu swemu odpowiadają piece pomysłu Schlickeysen'a i Fikentscher'a, mające w planie kształt prostokąta, a opatrzone w cztery kanały płomienne, rozłożone symetrycznie względem środka, z których płomienie wzbijają się pod płaskie sklepienie przykrywające piec. W tych piecach cegłę układa się bezpośrednio na posadzce, a na ceglach kładzie się wapienie, przyczem wzbijające się płomienie wypalają najprzód wapienie, a później dopiero cegłę znajdującą się w części dolnej pieca. Gazy gorące uchodzą z części dolnej pieca do kanałów znajdujących się pod posadzką, a stąd do wspólnego zbiornika, połączonego z kominem ustawionym w środku pieca. W tych piecach nierównomierne obniżanie się warstw wapienia podczas wypalania nie wywiera na cegłę wpływu tak szkodliwego jak w piecach powyżej wspomnianych, lecz natomiast cegły podczas wypalania są obciążone znacznym ciężarem wapienia, a wskutek tego kurczą się nieprawidłowo.

Do tej kategorii pieców należą także piece leżące, o których wspomnieliśmy w rozdziale II (str. 193); lecz i w tych piecach jednoczesne wypalanie wapna i cegły połączone jest z pewnymi niedogodnościami.

b) *Piece ciągłe* dość jest opalać tylko raz jeden na cały czas fabrykacyi; wyjmowanie wapna palonego i wkładanie wapieni świeżych uskutecznia się bez ostudzenia pieca; zyskuje się więc, w porównaniu z piecami okresowymi, na robociznie i paliwie. Korzyści te jednak mogą być wyzyskane należycie tylko wtedy, gdy zapewniony jest zbyt stały wapna w ilościach większych.

Z pomiędzy pieców ciągłych, o płomieniu długim, zwanych także *piecami walcowymi* (*cylintrycznymi*), albo też *piecami Rumford'a*, najbardziej rozpowszechnionym i najwięcej cenionym jest tak zwany *piec rüdersdorfski*, który już oddawna jest w użyciu w wielkich wapiennikach rządowych w Rüdersdorfie pod Berlinem. Piec rüdersdorfski jednak jest w zasadzie tylko udoskonalonym piecem Rumford'a.

Piec Rumford'a składa się głównie z szybu wysokiego, kształtu rury stożkowej. Szyb zapelnia się wapieniem przez otwór górny; wapno palone zaś wyjmuje się przez otwory, znajdujące się u spodu szybu. W celu utrzymania ciepła szyb otoczony jest murem podwójnym, a przestrzeń wolna pomiędzy temi murami zapelniona jest materiałami stanowiącemi złe przewodniki ciepła, jako to: piaskiem, popiołem, koksem miałkim i t. p. Palenisko z rusztem znajduje się zewnątrz pieca. Ogrzewanie uskutecznia się za pomocą gazów gorących, które z paleniska doprowadzane są do wnętrza szybu. W celu tem zupełniejszego spalania gazów wpro-

wadzane jest do szybu powietrze zewnętrzne przez otwory boczne, umieszczone w pewnej wysokości po nad podstawą szybu. Powietrze to ochładza zarazem warstwy dolne wapienia, już wypalone i uchodzi na zewnątrz przez otwory, służące do wyjmowania wapna. Wapno palone wyjmowane jest w pewnych odstępach czasu i jednocześnie ładowane są wapienie świeże przez wylot gardzieli, przyczem piec ogrzewany jest bez przerwy. — Piece Rumford'a znalazły liczne zastosowania, zwłaszcza w Anglii i w Niemczech.

Piec rüdersdorfski, do opalania drzewem lub torfem, uwidoczniiony jest w przecięciu podłużnym i poziomym *ZZ* na rys. 120. Częścią zasadniczą tego pieca jest szyb pionowy *A*, mający w przecięciu poziomym kształt koła. Wysokość tego szybu od wylotu gardzieli do paleniska wynosi 12 *m*, a stąd do podstawy 2,2 *m*, razem więc 14,2 *m*. Największa średnica wewnętrzna szybu znajduje się na wysokości ujęcia kanałów płomiennych, gdzie równa się 2,5 *m*; stąd zmniejsza się stopniowo ku górze i ku dołowi, tak, że średnice wewnętrzne wylotu gardzieli i podstawy wynoszą tylko po 1,9 *m*. Powierzchnia wewnętrzna szybu, do wysokości 10 *m* po nad podstawą, wyłożona jest cegłą ogniotrwałą, u dołu na grubość 1½ cegły, w środku na grubość 1 cegły, u góry na grubość ½ cegły. W okolo szybu ustawiony jest mur *DD*, z kamieni łamanych, przyczem pomiędzy tym murem a murem szybu *CC* pozostawiona jest przestrzeń wolna na kilka cali szerokości, którą zapełnia się popiołem; wskutek tego mur szybu może swobodnie rozszerzać się podczas ogrzewania, bez naruszenia muru obwodowego z kamieni łamanych. — Cały piec otoczony jest murem *BB*. Pomiedzy tym murem a murem *DD* urządzone są pomieszczenia *EE* i *FF*, przykryte sklepieniami *pp*. Pomieszczenia dolne *EE* służą do przechowywania paliwa, w górnych zaś *FF* przebywają robotnicy. — Symetrycznie względem szybu urządzone są cztery paleniska *bb*, w postaci kanałów poziomych, których ściany wewnętrzne wyłożone są cegłą ogniotrwałą. Ruszty tych palenisk składają się z płytek z gliny palonej. Paliwo wkłada się na ruszty przez otwory *c*, zamykane drzwiczkami żelaznymi. Powietrze dochodzi do paliwa przez kanał *d*, a popiół opada do popielnika *G*. Dla opróżnienia popielnika odsuwa się płytę żelazną *e*, poczem popiół spada do przestrzeni *H*, skąd po ostudzeniu może być wyjęty. Pomiedzy każdymi dwoma popielnikami znajduje się otwór *a*, do wyjmowania wapna palonego. Ażeby opadanie wapna ułatwić, otwór ten jest rozszerzony na wewnątrz, a posadzkę ma pochyloną i tak urządzoną, iż wapno samo zsuwać się musi. Otwory *a* są zamykane płytami żelaznymi, które tylko na czas wyjmowania wapna są odsuwane. Od otworów *a* prowadzi kanał pionowy *f* do przestrzeni *E*, a to w celu odprowadzania powietrza gorącego, zanieczyszczonego pyłem wapiennym i ułatwienia tem samem robotnikowi jego czynności.

Wyjmowanie wapna palonego uskutecznia się w pewnych odstępach czasu, zazwyczaj co 12 godzin; jednocześnie piec ogrzewany jest bez przerwy, a w miarę potrzeby wkładane są wapienie świeże przez wylot gardzieli, który w tym celu przykryty jest płytą *g* i otoczony balustradą *h*. — Gdy piec ma być w ruch wprowadzony, zapełnia się szyb wapieniami tylko do wysokości palenisk *bb* i wypala się te wapienie przez rozniecenie ognia w otworach *a*. Następnie zapełnia się cały szyb wapieniami, które najprzód opuszczane są w kublach, a potem wrzucane przez otwór górny, poczem roznieca się ogień na właściwych paleniskach *bb* i podtrzymuje się go przez cały czas wypalania.

Taki piec o czterech paleniskach mieści w sobie około 40 *m*³ wapienia, przyczem otrzymuje się codziennie przeszło 11000 *kg* wapna palonego.

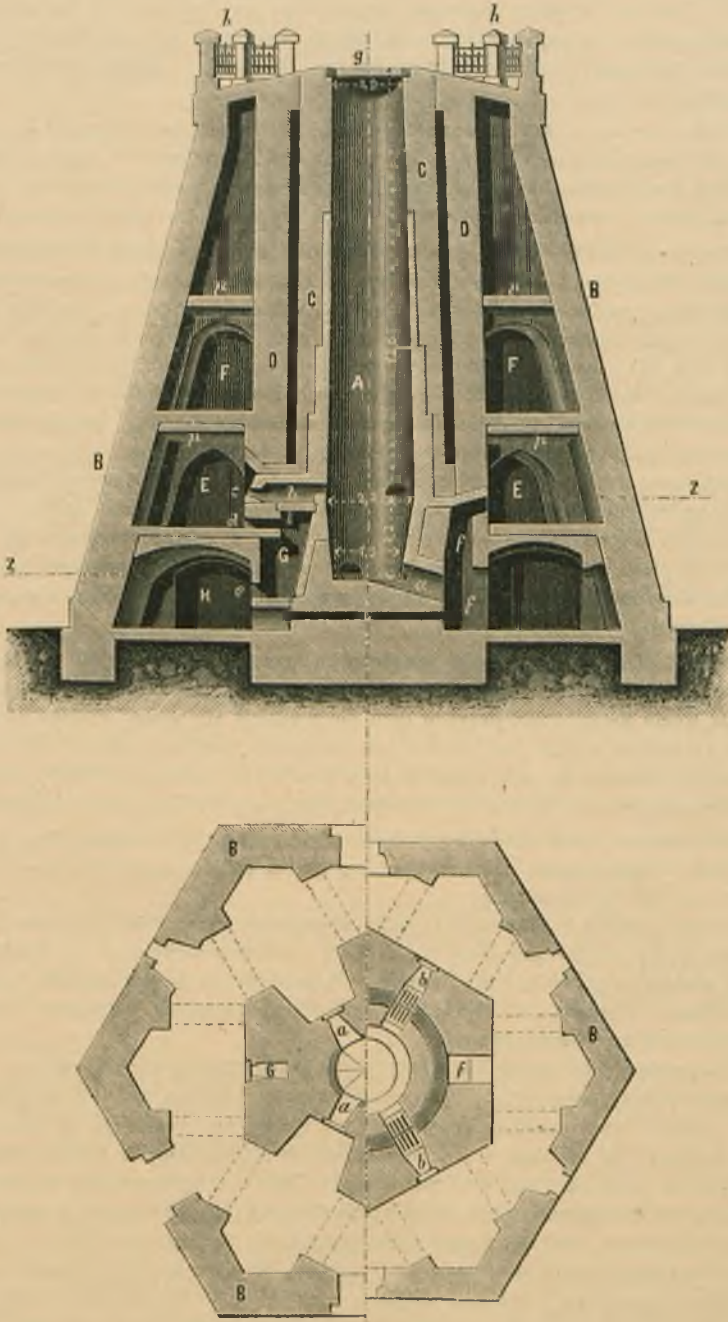
Istnieją też takie piece o trzech i pięciu paleniskach. W piecu o trzech paleniskach cała wysokość szybu od podstawy do wylotu gardzieli wynosi 10,7 *m*, największa średnica wewnętrzna 2,197 *m*, średnica wewnętrzna wylotu gardzieli 1,569 *m*, a wydajność na dzień około 9000 *kg* wapna palonego. — Z pieca o pięciu paleniskach, którego wymiary są stosunkowo większe, otrzymuje się codziennie do 13000 *kg* wapna palonego.

Od 1875 r. kilka pieców tego typu ogrzewa się w Rüdersdorfie gazem, przyczem jednak korzyści osiągnięte, w porównaniu z piecami ogrzewanymi torfem, są stosunkowo nie zbyt znaczne.

Wapno wypalane w piecach rüdersdorfskich jest czyste, bez przymieszek popiołu i żużłu. Urządzenie pieca rüdersdorfskiego jest jednak bardzo kosztowne i dla tego piece takie mogą znaleźć korzystne zastosowanie tylko tam, gdzie znaczny i stały zbyt wapna jest zapewniony.

Piec S. Hoffmann'a jest właściwie tylko odmianą pieca rüdersdorfskiego, a przedstawia pewne dogodności, ze względu na łatwiejsze regulowanie płomienia. Przytem w piecu tym w przedłu-

zeniu szybu, urządony jest komin wysoki, po którego bokach znajdują się otwory do wkładania wapienia. Dzięki temu robotnicy podczas ładowania pieca są mniej wystawieni na dzia-



Rys. 120.

lanie szkodliwe dymu i wyciewów, wydobywających się z gardzieli.—Wielką niedogodność pieca Hoffmann'a stanowi ta okoliczność, że wapno nie ostudza się w piecu, lecz musi być w stanie rozżarzonem wyjmowane, co oczywiście jest bardzo uciążliwe dla robotników.

Piec ciągły Fink'a różni się od rüdersdorfskiego głównie tem, że ma szyb kształtu jajowatego; nad szybem zaś wznosi się komin wysoki, w którym znajduje się otwór boczny dla wkładania wapieni. Piec taki, opalany drzewem, mający 6 m wysokości i 2 m największej szerokości wewnętrznej, przy 5 m wysokości kolumny, mieści w sobie 12 m³ wapienia; daje codziennie 2 — 3 m³ wapna palonego, przyczem zużywa się 500 kg dobrego drzewa jodłowego na 1 m³ wapna palonego.

Piece stojące francuskie, tak nazwane z powodu, że wzniesione były najprzód w departamencie de la Mayenne, ogrzewane są za pomocą palenisk prawidłowych i jednocześnie przez wrzucanie paliwa bezpośrednio do szybu. Piece te przedstawiają pewne dogodności, ze względu na oszczędność paliwa i robocizny, lecz wapno w nich wypalone jest zanieczyszczone popiołem.

Piece ciągłe o płomieniu małym, rozpowszechnione we Francji i w prowincjach nadreńskich, zwłaszcza w okolicach Myluzy (Mulhouse), i dla tego niekiedy *myluzeskiemi* zwane, składają się głównie z szybu, kształtu leja okrągłego, u którego podstawy znajdują się otwory do wyjmowania wapna palonego. Gdy piec ma być w ruch wprowadzony, roznieca się najprzód ogień silny na dnie leja, następnie kładzie się warstwę wapieni, którą przykrywa się warstwą paliwa i w ten sposób stopniowo zapełnia się cały szyb naprzemian warstwami wapienia i paliwa. W miarę wypalania się wapieni i zmniejszania się wskutek tego ich objętości, oraz w miarę spalania się paliwa, warstwy górne wapienia osuwają się na dół. Wapno palone wyjmowane jest w pewnych odstępach czasu i jednocześnie wkładane są przez otwór górny leja świeże warstwy paliwa i wapienia. Bezpośrednio przy otworach służących do wyjmowania wapna urządzone są ruszty żelazne, przez które wapno palone musi być przesuwane, w celu oczyszczenia go z popiołu i żużlu.—W takim piecu, gdy szyb ma wysokości 4,8 m, średnica leja u podstawy 1,4 m, u góry zaś 2,8 m, można wypalać na dobę 8 m³ wapna, przyczem zużywa się około 250 kg węgla na 1 m³ wapna palonego.

Piece gazowe. Ogrzewanie pieców wapiennych gazem połączone jest z licznymi dogodnościami: umożliwia bowiem zastosowanie każdego niemal paliwa, za wyłączeniem mocno spiekającego się węgla kamiennego, przytem dym nie wydziela się wcale, obsługa pieca jest dogodną i łatwą, a wapno palone jest czyste bez domieszek popiołu i żużlu. Pierwsze próby ogrzewania pieców wapiennych gazem podjęte były w 1862 r., z zapoczątkowania H. Siemens'a; pierwszy zaś piec gazowy do wypalania wapna zbudowany był w 1864 r. przez F. Steinmann'a.

Piec typu Siemens-Steinmann'a rozpowszechniły się głównie w Niemczech i Austro-Węgrzech. Piec taki, o wytwórczości dziennej 4000 kg wapna palonego, zużywa 70—80 kg węgla brunatnego na 100 kg wapna palonego.

Piece gazowe Hodek'a i Frühling'a są tylko ulepszeniami pieca Siemens-Steinmann'a

Z innych typów pieców gazowych najbardziej rozpowszechnione są: w Anglii i Francji piec z rusztem ruchomym pomysłu I. R. Swann'a w Edynburgu, w Szwecyi piec O. Fahnehjelm'a, w Niemczech piece E. Ziegler'a, C. Nehse'go i R. I. Schmutzler'a, w Niemczech i Niderlandyi piec I. A. Verkonteren'a w Amsterdamie.

Piec G. Mendheim'a w Monachium opalany jest jednocześnie gazem i węglem.

Piece pierścieniowe, służące już to wyłącznie do wypalania wapna, już to do wypalania jednocześnie cegły i wapna, pod względem konstrukcyi nie różnią się w zasadzie od takichże pieców opisanych w rozdziale II (p. str. 194).—Z pomiędzy pieców pierścieniowych najliczniejsze zastosowania do wypalania wapna znalazł w Niemczech piec Licht'a i Hoffmann'a.—H. Meyerberg na podstawie badań nad wydajnością pieca Licht'a i Hoffmann'a, w porównaniu z piecem lejowym ciągłym, twierdzi, że na 1000 kg wapna palonego zużywa się: w piecu Licht'a i Hoffmann'a 260 kg węgla kamiennego dobrego i 2140 kg wapienia; w piecu lejowym ciągłym zaś 380 kg węgla kamiennego pośledniego i 2250 kg wapienia; przyczem koszt robocizny przy wypalaniu w piecu lejowym wynosi wprawdzie tylko 62,6% odnośnego kosztu robocizny przy piecu pierścieniowym, lecz wapno z pieca Licht'a i Hoffmann'a, jako znacznie lepsze, sprzedaje się odpowiednio drożej. Nadto wapno wypalone w piecu Licht'a i Hoffmann'a jest o 10% lżejsze i zupełnie czyste, gdy tymczasem wapno z pieca lejowego musi być dopiero oczyszczane, przyczem zyskany popiół wapienny sprzedaje się po cenie wynoszącej tylko 1/4 ceny odnośnego wapna palonego.

Piec kanałowy Bock'a, o którym wspomnieliśmy w rozdziale II (p. str. 197) jest również używany do wypalania wapna.

Istnieją też piece pierścieniowe wapienne ogrzewane gazem, z których najwięcej rozpowszechnionym jest piec H. Escherich'a w Schwandorfie.

Ulepszone typy pieców obmyślił i zbudował w ostatnich latach: P. Montagné w Paryżu, K. Freitag w Königsutter, A. i R. Fach w Wiesbaden, G. Emmel w Horde, G. Hänsch w Fürstenbergu n. O., E. Arnold i inni.—Solvay uzyskał przywilej na przyrząd mechaniczny do wyjmowania wapna palonego z pieca.

3. Własności wapna palonego.

1) Ciężar i objętość. Podczas wypalania wapien podlega pewnym zmianom chemicznym, które już objaśniliśmy powyżej (p. str. 282—285); nadto wskutek wypalania wapien traci na ciężarze i objętości.—Węglan wapnia czysty przez wypalenie traci około 44% ciężaru pierwotnego; zatem z 100 części na wagę zupełnie suchego i chemicznie czystego węglanu wapnia otrzymuje się 56 części na wagę tlenku wapnia czyli wapna palonego czystego. Ta wydajność jest znacznie mniejszą gdy dany wapien zawiera wiele wody i ciał organicznych, znacznie większą zaś gdy dany wapien zawiera znaczniejsze przymieszki ciał gliniastych i krzemionkowych. Są wapienie, które przez wypalenie tracą tylko 20—25% ciężaru pierwotnego.

Pomimo tak wielkich zmian ciężaru, objętość wapienia zmniejsza się podczas wypalania nieznacznie. Wprawdzie wapien w piecu kurczy się, lecz zmniejszenie objętości nie przekracza zazwyczaj 10—20% objętości pierwotnej. Stopień kurczenia się jest zależny od gatunku wapienia i czasu trwania palenia. Im wapien więcej się kurczy, tem ciężar właściwy wapna palonego jest większy i tem większym jest więc ciężar jednostki objętości tego wapna. Stąd pochodzi, że korzec lub metr sześć. wapna palonego może mieć rozmaity ciężar i rozmaita wydajność. Tak np. 1 m^3 wapna palonego z zakładów rządowych w Rüdersdorfie waży 675—700 kg , zaś 1 m^3 wapna palonego z pieca Mendheim'a w Monachium waży 900—925 kg . Okoliczność ta jest ważną ze względu, że jak dotychczas, wapno palone nabywane jest przeważnie na miarę, a nie na wagę.

Ciężar jednego korca wapna palonego z wapienników w Królestwie Polskiem wynosi 6—7 pudów, zatem 1 m^3 waży 770—900 kg (= 47—55 pudów).

Przeciętnie ciężar 1 m^3 wapna palonego wynosi: przy uwzględnieniu przestrzeni wolnych pomiędzy kawałkami wapna 800—1080 kg , bez uwzględnienia tych przestrzeni 1250—1800 kg , w stanie sproszkowanym 1300—1400 kg , a w proszku ubitym (prasowanym) 2300 kg .

2) Własności chemiczne. Wapno palone, zwane pospolicie *wapnem*, a także *wapnem skalistem*, *niegussonem* (*nielasowanem*), *gryzącem*, *żywym*, (fr. chaux, chaux calcinée, chaux anhydre, chaux caustique, chaux vive; n. Kalk, gebrannter Kalk, Kalkerde, Aetzkalk, kaustischer Kalk, lebendiger Kalk, ungelöschter Kalk), w stanie czystym, jak to powyżej nadmieniliśmy, jest *tlenkiem wapnia* (CaO), składa się na wagę z 71,43 cz. wapnia i 28,57 cz. tlenu, otrzymuje się zaś przez rozżarzenie czystego węglanu wapnia. Tlenek wapnia jest ciałem stałym, porowatym, ziemistym, bezpostaciowym, barwy czystej białej, bez zapachu, lecz o smaku ostrym, ługowym, palącym. Ciało to w najsilniejszym ogniu pieca nie topi się ani

spieka, rozżarza się jednak do białości; z wodą łączy się chciwie. Ciężar właściwy jego wynosi według Roger'a i Dumas'a, przy 4^o C. w próżni, 3,08, według Karsten'a 3,1605, według Boullay'a 3,18.

Ze względu na własności chemiczne tlenek wapnia jest silną zasadą, z kwasami tworzy sole wapienne i zalicza się do zasad zwanych *ziemiami alkalicznymi*; daje odczyn alkaliczny.

Kawałek wapna palonego, zanurzony na kilka chwil w wodę, lub polany taką ilością wody, jaką wchłonać może, rozgrzewa się w krótkim czasie bardzo silnie, wydziela parę wodną, pęcznieje czyli *narasta*, a następnie pęka i rozpada się na proszek mialkoziarnisty, biały, o ciężarze właściwym 2,078, zwany *mąką wapienną*. Ten przebieg zowie się *gaszeniem* czyli *lasowaniem wapna*. — Woda wchłonięta wiąże się chemicznie z wapnem, przy silnem wydzielaniu ciepła, przyczem powstaje *wodan wapnia* (CaO_2H_2), zwany zwykle *wapnem gassonem* albo *wapnem lasowanym* (fr. chaux éteinte, hydratee; n. gelöschter Kalk), którego objętość jest 2 $\frac{1}{2}$ do 3 razy większą od objętości wapna niepalonego. Przy powstawaniu wodanu wapnia, 100 cz. na wagę wapna palonego wchłania około 32 cz. na wagę wody; 100 cz. na wagę wodanu wapnia zawiera na wagę 75,67 cz. tlenku wapnia i 24,33 cz. wody.

Skoro pewną, nie zbyt małą, ilość wapna palonego połączymy tylko z taką ilością wody, jaka może z niem chemicznie się związać, to wywiązujące się ciepło może być bardzo znacznem, dostatecznem dla zapalenia prochu strzelniczego lub zwęglenia drzewa. Nawet w zetknięciu z lodem, wapno rozgrzewa się do 100^o C. — Powinowactwo przeto wapna do wody jest nader silnem; to też wodan wapnia rozkłada się ponownie dopiero przy rozżarzeniu do białości.

Przyczyna zwiększania się objętości, czyli tak zwanego *narastania wapna* (fr. foisonnement; n. Gedeihen, Wachsen), objaśnianą bywa w dwojaki sposób:

Jedni, opierając się na licznych spostrzeżeniach, oraz na doświadczeniach Wolters'a, Knapp'a i innych, sądzą, że przyczyną narastania jest jedynie nagłe parowanie wody pod wpływem znacznego ciepła, wywiązującego się podczas gaszenia. Pod działaniem bowiem prężności tworzących się par wodnych, cząstki oddzielne wapna zostają rozsadzone i rozpadają się na cząsteczki (molekuły), a wskutek zwiększenia się odległości pomiędzy cząsteczkami, zwiększa się także objętość wapna. Według tego poglądu więc, narastanie jest następstwem ciepła, wydzielającego się podczas gaszenia i nie mogło by ujawnić się, gdyby wodan wapnia powstawał w innych warunkach bez udziału ciepła.

Jako potwierdzenie tego poglądu mogą służyć następujące spostrzeżenia: Wolters dowiódł, że kawałki wapna palonego, umieszczone w rurce szklanej i po ogrzaniu poddane działaniu silnego prądu pary wodnej w ten sposób, ażeby para wodna nie mogła się skroplić, przekształcają się na wodan wapnia, lecz bez zjawisk towarzyszących gaszeniu, gdyż nie rozpadają się i nie narastają. — Knapp stwierdził, że skoro wapno palone, mialko sproszkowane, ubijemy w rurce metalowej, w której ściance znajdują się małe otworki, następnie rurkę z obu końców szczelnie zamkniemy, zostawiwszy owe otworki i wreszcie rurkę na kilka godzin zanurzymy w wodę, to po wyjęciu i wysuszeniu w powietrzu nie zawierającym kwasu węglanego, otrzymamy sztabkę wapienną twardą i mocną jak kreda. Sztabka ta jest wodanem wapnia, stwardniałym hydraulicznie, bez zjawisk towarzyszących gaszeniu wapnia, gdyż przy powolnem wsiąkaniu wody przez małe otworki, pary wodne w miarę powstawania uchodziły, co przeszkodziło rozsadzeniu cząstek wapna, a tem samem zwiększeniu się jego objętości. Otrzymana w ten sposób sztabka wodanu wapnia, pochłaniając chciwie kwas węglany z powietrza, przekształca się na bardzo twardy wapień sztuczny. — Skoro wapno palone, zmielone, zmieszamy w stanie suchym z piaskiem i następnie mieszaninę tę zmoczymy wodą, to nie otrzymamy zaprawy mającej

się wiążącą; mialkie cząstki wapna przekształcają się jednak na wodan wapnia lecz bez narastania, gdyż użyta woda spowoduje jedynie uwodnienie (hydratyzacją).

Inni, opierając się na doświadczeniach J. Stingl'a, objaśniają narastanie tem, że wodan wapnia w chwili powstawania posiada własność pochłaniania i zatrzymywania znacznej ilości wody, bez tworzenia z nią związku chemicznego, wskutek czego przekształca się na masę ciastowatą i zwiększa swą objętość; a im większą jest ilość wody w ten sposób zatrzymanej, tem lepszem jest wapno, tem znaczniejszem jest narastanie i tem mniejszą jest zarazem gęstość ciasta wapiennego.

Skoro do gaszenia wapna użytą jest woda w ilości niedostatecznej, to wapno może wprawdzie przekształcić się na wodan wapnia, lecz bez narastania.

Wodan wapnia trudno rozpuszcza się w wodzie: 1 cz. wodanu wapnia rozpuszcza się przy 16° C. w 778 cz. wody, przy 100° C. zaś dopiero w 1270 cz. wody. Roztwór przejrzysty (klarowny), utworzony przy niskiej temperaturze, zamaça się przeto podczas ogrzewania. Roztwór przejrzysty wodanu wapnia w wodzie nazywa się *wodą wapienną* (fr. eaux de chaux, eaux calcaire; n. Kalkwasser).

Woda wapienna jest bezbarwną, daje odczyn mocno alkaliczny i ma słabo alkaliczny smak. W roztworach soli kuchennej, salmiaku, saletry potasowej i saletry sodowej, wapno łatwiej się rozpuszcza, aniżeli w wodzie. W roztworze wodnistym cukru rozpuszcza się większa ilość wapna, aniżeli w wodzie, przyczem tworzy się t. zw. *wapno cukrowe* (*cukrzan wapnia*), rozpuszczalne w wodzie. Także w glicerynie wapno rozpuszcza się łatwiej aniżeli w wodzie.

Skoro 1 cz. na wagę wapna palonego polejemy 1 cz. na wagę wody, tak, ażeby wapno było całkiem w wodzie zanurzone, to woda zagotuje się, a wapno, mocno pęczniejąc, utworzy masę ciastowatą, białą, lepka, zwaną *ciastem wapiennem* albo *wapnem białem* (fr. pâte de chaux; n. Kalkbrei, Weisskalk). Ciasto wapienne jest mieszaniną mialkich cząstek wodanu wapnia i wody wapiennej. Jeżeli ciasto wapienne rozcieńczymy wodą w ilości mniejszej od potrzebnej do zupełnego rozpuszczenia wodanu wapnia, to utworzy się ciecz biaława, mleczna, mętna, złożona z cząstek stałych wodanu wapnia, zawieszonych w wodzie wapiennej, zwaną *mlekiem wapiennem* (fr. lait de chaux; n. Kalkmilch). Z mleka wapiennego w stanie spoczynku osadza się wapno, a pozostała ciecz przejrzysta (klarowna) jest wodą wapienną *).

Tlenek wapnia czysty, w powietrzu zupełnie suchem i przy zwykłej temperaturze, nie pochłania kwasu węglanego; przy temperaturze wyższej zaś (przy rozżarzeniu do czerwoności) wiąże się z kwasem węglanym. Tak samo zachowuje się wodan wapnia: w stanie całkiem suchym i w powietrzu suchem nie pochłania kwasu węglanego; skoro jednak wodan wapnia lub kwas węglany jest wilgotnym, to łączą się z sobą. Stąd pochodzi, że wapno palone wystawione na działanie powietrza, wchłania stopniowo wodę i kwas węglany, a wskutek tego rozpada się, przyczem zwiększa nieco swą objętość i staje się znacznie gorszem. Takie wapno zowie się *zwietrzalem* (fr. chaux éventée; n. abgestorbener Kalk). Utworzony przytem proszek nie jest mialkim, jak przy zwyktem gaszeniu, lecz szorstkim i zawiera ziarenka twarde. Przy dłuższem leżeniu na powietrzu, wapno

*) Ciężar mleka wapiennego jest oczywiście zależny od jego gęstości. Ciężar 1 litra mleka wapiennego wynosi przy 1° areometru Beaumęgo 1007 kg, przy 15° B. 1116 kg, przy 30° B. 1263 kg.

palone przekształca się zupełnie na węglan wapnia. Wapno palone należy przechowywać w ten sposób, ażeby możebnie było zabezpieczone od przystępu powietrza.

Woda wapienna na powietrzu pochłania szybko kwas węglany, przyczem na powierzchni cieczy tworzy się powłoczka (skórka), złożona z węglanu wapnia. Ten węglan wapnia stopniowo strąca się, a przebieg tworzenia i strącania się węglanu wapnia powtarza się dopóty, dopóki cały tlenek wapnia nie strąci się jako węglan wapnia. Z tego powodu wodę wapienną należy przechowywać w naczyniach szczelnie zamkniętych.

Ciasto wapienne wystawione na działanie powietrza, pochłaniając kwas węglany, przekształca się stopniowo na ciało twarde, przyczem jednak przekształcanie się wodanu wapnia na węglan wapnia odbywa się znacznie powolniej aniżeli w wodzie wapiennej.

3) Wpływ przymieszek. Własności wapna palonego, otrzymywanego z wapieni zwykłych, są zależne od gatunku tych wapieni i ich składu, oraz od sposobu wypalania. Im czystszy jest wapień, tem barwa wapna palonego więcej zbliża się do czystej białej. Zazwyczaj jednak wapno palone zawiera przymieszki gliny, oraz związków żelaza i manganu, a wskutek tego barwa jego nie jest zupełnie białą. Wapno palone, które zawiera glinę i tlenek żelaza w ilościach niewielkich, miewa barwę szaro-żółtawą, przy większej zawartości zaś związków żelaza i manganu—żółtawą lub żółtą.

Skoro wapień zawiera w większych ilościach magnez, jak również glinę i krzemionkę, to wapno palone gasi się powolniej, oporniej, przyczem mniej wydziela ciepła i mniej narasta. Zależnie od tego rozróżnia się wapno *tluste* i *chude*.

Wapno tluste (fr. chaux grasse; n. fetter Kalk) burzy się w wodzie mocniej, wydziela ciepła więcej, rozpada łatwiej, narasta silniej i tworzy ciasto białe, bardzo lepkie, tłuste.

Wapno chude (fr. chaux maigre; n. magerer Kalk) przy gaszeniu rozgrzewa się mniej, narasta słabiej i tworzy proszek szorstki, ziarnisty albo też ciasto, w dotknięciu szorstkie, piaszczyste, chude, najczęściej barwy brudnawej.

Wapno tłuste przy należytem gaszeniu zużywa większą ilość wody, a po gaszeniu łączy się z większą ilością piasku, aniżeli wapno chude. 1 m³ wapna tłustego po gaszeniu daje 2—3¹/₂ m³ ciasta, zaś 1 m³ wapna chudego po gaszeniu daje 1—2 m³ ciasta. W ogóle przeto wapno, które przy gaszeniu zwiększa swą objętość więcej aniżeli dwa razy, uważane jest za tłuste; wapno zaś, które przy gaszeniu zwiększa swą objętość tylko 2 razy lub mniej, zwane jest chudem. — Wapno wodotrwałe należy do odmian chudych wapna.

Wapienie zawierające 94—99% węglanu wapnia z małemi przymieszkami węglanu magnezu, gliny i innych ciał, dają wapno bardzo tłuste; wapienie zawierające 80—94% węglanu wapnia, z przymieszkami węglanu magnezu (w ilości nie większej nad 10%), gliny i innych ciał, dają wapno tłuste i średnio-tłuste; wapienie zawierające mniej aniżeli 80% węglanu wapnia, przy znaczniejszych przymieszkach węglanu magnezu oraz gliny i krzemionki, dają wapno chude.

W ogóle przyjmuje się, że przy dostatecznem wypaleniu i umiejętnem gaszeniu, wapno jest tem tłustszem, im jest czystsze; narastanie zaś przy gaszeniu jest tem większem, im wapno jest tłustszem. — Wskutek niedostatecznego wypalenia, wapno nawet czyste może stać się chudem.

4) Skład chemiczny niektórych gatunków wapna palonego. W następującej tabelce podany jest skład chemiczny wapna palonego z Jezopola (w Galicyi) według rozbioru

J. Stingl'a, z pod Sulejowa i Częstochowy, według rozbiórów docenta p. W. A. Hemilian'a, wykonanych w pracowni chemicznej uniwersytetu warszawskiego, oraz z Dąbrowy Górniczej i z góry Kadzielni pod Kielcami, według rozbioru p. N. Milicer'a, zarządzającego pracownią chemiczną przy Muzeum Przemysłu i Rolnictwa w Warszawie.

Na 100 cz. na wagę znajduje się :	w wapnie palonem				
	z Jezopola	z Dąbrowy Górniczej	z pod Częstochowy	z pod Sulejowa	z góry Kadzielni
tlenku wapnia (CaO)	94,68	94,77	91,04	96,74	99,05
„ magnezu (MgO)	0,86	0,69	0,64	0,83	} 0,95
tleniku żelaza (Fe ₂ O ₃)	0,24	0,49	} 0,89	0,12	
tlenku glinu (Al ₂ O ₃)	0,93	1,12		0,15	
krzemionki (SiO ₂)	1,23	2,91	5,30	0,15	—
kwasu węglanego (CO ₂)	} 1,86	—	0,44	0,68	—
wody (H ₂ O)		—	1,68	1,46	—
zasad i ciał organicznych	—	—	—	ślady	—
tlenków potasu i sodu	—	ślady	—	—	—
kwasu siarczanego	—	ślady	—	—	—
„ fosfornego	ślady	—	—	—	—
	99,80	99,98	99,99	99,98	100,00

4. Przechowywanie (magazynowanie) wapna palonego.

Wapno palone, jak to powyżej wspomnieliśmy (p. str. 297), na powietrzu wchłania stopniowo wilgoć i kwas węglany i przekształca się na wapno zwiędnięte. Z tego powodu najlepiej jest nie przechowywać wcale wapna palonego, lecz używać go w stanie świeżym; a gdy to jest niemożliwym, należy wapno palone przechowywać w ten sposób, ażeby było możebnie zabezpieczone od przystępu wilgoci i kwasu węglanego, zawartych w powietrzu. Najdogodniej można ten cel osiągnąć pozostawiając wapno w piecu szczelnie zamkniętym, lecz sposób ten może być zastosowany tylko przy piecach okresowych (peryodycznych) i przy stosunkowo małej wytwórczości. W zakładach wapiennych pomniejszych, obsługiwanych przez piece okresowe, właściciel zakładu zazwyczaj ogłasza publicznie, w którym dniu rozpocznie się wyjmowanie wapna palonego, poczem oddaje zgłaszającym się odbiorcom wapno wprost z pieca. — Można też wapno, bezpośrednio po wypaleniu i ostudzeniu, ładować w beczki szczelnie zamykane i przechowywać w miejscu suchem. Mniej korzystnym nieco jest przechowywanie wapna w dołach. — W zakładach większych, zwłaszcza obsługiwanych przez piece ciągle i wytwarzających wapno przez cały rok bez przerwy w ilościach znaczniejszych, przechowuje się wapno palone w składach (magazynach), umyślnie na ten cel wznoszonych. Składy takie, które należy jaknajrzadziej otwierać, winny mieć podłogę szczelną z bali i winny być szczelnie zamykane, przyczem wszystkie otwory w drzwiach i oknach uszczelnia się wołfokiem lub piłnią (filcem); nadto w skła-

dach murowanych ściany wewnętrzne winny być wyprawione cementem, a w drewnianych wszystkichspoiny ścian wewnętrznych winny być obite tekturą asfaltową.

Vicat podał następujący wyborny sposób przechowywania przez czas dłuższy wapna palonego: W szopie, na szczelnej i zabezpieczonej od przystępu powietrza podłodze, przygotowuje się warstwę 15—20 *cm* grubą z wapna, które wskutek zmożenia wodą, rozpadło się na proszek. Na tej warstwie układa się wapno palone, przyczem kawały wapna ubija się drągami tak, ażeby leżały możebnie blisko przy sobie. Warstwę górną układa się nieco pochyło i przykrywa się warstwą wapna, które zwilgaca się wodą. Wskutek tego warstwa pokrywająca stos pod wpływem wody rozpada się, a utworzony stąd proszek zapełnia przestrzenie wolne pomiędzy pojedynczemi kawałami wapna palonego i otacza te kawały niejako powłoką, ochraniającą je od bezpośredniego przystępu powietrza i wilgoci. Dla próby przechowywano w ten sposób 60 *m*³ wapna palonego przez pięć miesięcy zimowych, bardzo wilgotnych, poczem wapno palone, wyjęte ze stosa, gasiło się całkiem prawidłowo.

Zalecany jest także następujący sposób, dający jakoby możność przechowywania wapna palonego do zapraw, nawet przez lat kilka: Pokrapia się wapno palone taką ilością wody, ażeby rozpadło się na proszek. Proszek ten pozostawia się przez dni 8 w spoczynku, poczem przesiewa się przez sito, o oczkach $\frac{1}{2}$ *mm* szerokości, a pozostałość grubszą rozciera się i gasi przez pokropienie wodą. W tym stanie sproszkowane wapno palone przechowuje się w miejscu zabezpieczonem od deszczu, lub przykrywa się warstwą popiołu.

Ponieważ wapno przechowywane przez czas dłuższy, czyli tak zwane *wapno odleżale*, jest zawsze nieco gorszem i trudniej się gasi, aniżeli świeże, przeto zazwyczaj miesza się około $\frac{2}{3}$ wapna odleżalego z $\frac{1}{3}$ wapna świeżego. Zauważono albowiem, że wapno odleżale, zmieszane z pewną ilością wapna świeżego, polepsza się i gasi się dobrze. Z tego powodu w niektórych zakładach wapiennych obsługiwanych przez piece pierścieniowe ustawione są także piece szybowe, jedynie w celu wytwarzania wapna świeżego, potrzebnego na przymieszkę do wapna odleżalego.

Gdy dostawa uskutecznia się w porze wilgotnej, lub w dni słotne, zazwyczaj brane jest tylko wapno świeże.

5. Zapotrzebowanie, dostawa i odbiór wapna palonego.

W umowie na dostawę wapna palonego, oprócz ceny jednostkowej, ilości wapna mającej się dostawić i terminu dostawy, należy oznaczyć czy dowóz ma być uskuteczniony łądem czy też wodą, oraz jakie wynagrodzenie obowiązany jest uścić dostawca, w razie przekroczenia terminu dostawy lub w razie dostawienia wapna nieodpowiedniego gatunku. Przedewszystkiem zaś zastrzedz należy, że wapno, mające się dostawić, winno być świeże, a w razie możności użycia wapna odleżalego, należy oznaczyć oddzielne ceny za wapno świeże i odleżale. Nadto żądać należy, ażeby wapno, mające się dostawić, było bezwarunkowo całkiem czyste, bez przymieszek popiołu i żużlu i ażeby dostawione było w kawałach twardych, z których najmniejsze winny mieć wielkość pięści.

Wapno palone nabywane jest na objętość albo na wagę; w pierwszym wy-

padku cenę oznacza się za jednostkę objętości (korzec, hektolitr), w drugim zaś — za jednostkę ciężaru (pud, centnar).

Nabywanie wapna palonego na objętość przedstawia liczne niedogodności. Ciężar właściwy bowiem wapna palonego, jak to powyżej wspomnieliśmy (p. str. 295), bywa rozmaity, zależnie od stopnia kurczenia się wapna w piecu, a tem samem dana jednostka objętości (korzec, hektolitr), może mieć rozmaity ciężar i rozmaity wydajność. Nadto, przy nabywaniu wapna palonego na objętość, przypuszcza się oczywiście, że suma przestrzeni wolnych w danej jednostce objętości bywa mniej więcej stałą, gdy tymczasem w rzeczywistości jest ona zmienną w granicach od 20 do 35%, zależnie od wielkości i kształtu kawałów wapna.

Nabywanie wapna palonego na wagę przedstawia również pewne niedogodności. Przy większych odległościach przewozowych bowiem wapno w drodze pochłania pewną ilość wilgoci i kwasu węglanego; skoro więc przewaga uskutecznia się na miejscu budowy, to odbiorca płaci nie tylko za wapno, lecz także za wodę i kwas węglany przez nie pochłonięte. Niedogodność ta jest tem dotkliwszą, iż niepodobna żądać od dostawcy, ażeby zabezpieczał wapno w drodze od wpływów atmosferycznych, a uskutecznianie przewagi w zakładzie wapiennym jest zazwyczaj dla odbiorcy niemożliwe lub nader uciążliwe.

Można też oznaczać cenę wapna palonego zależnie od jego wydajności, jak to jest w użyciu w wielu miastach większych. W tym celu pewną ilość wapna palonego, starannie odważonego, gasi się prawidłowo i następnie mierzy się objętość otrzymanego ciasta wapiennego, po zupełnem jego osadzeniu się. Sposób ten jest najdogodniejszym zarówno dla dostawcy jako też dla odbiorcy. Dostawca zabezpieczony jest od uzależnień na zbyt małą wydajność wapna palonego w stosunku do jego objętości lub ciężaru, a przytem w interesie własnym musi starać się o dostawianie wapna, którego wydajność jest możebnie wielką; odbiorca zaś wie z góry, jaką mniej więcej ilość ciasta wapiennego otrzyma z danej ilości wapna palonego, a tem samem może ocenić, jaką dane wapno palone przedstawia dla niego wartość rzeczywistą.

Dr. Michaëlis obmyślił przyrząd służący do oznaczania wydajności wapna palonego (t. j. ilości stosunkowej wapna gaszonego, którą można otrzymać z danego wapna palonego), oraz porowatości wapna palonego. Przyrząd ten zwany jest w handlu *objętościomierzem dla zaprawy wapiennej* (n. Mörtelvolumeter).

Niekiedy zastrzega się w umowie, że dostawca obowiązany jest gasić wapno na miejscu budowy własnym kosztem i staraniem, w dołach przez niego urządzonych i wodą przez niego dostawioną, a to pod nadzorem odbiorcy, przyczem określone być winny wyraźnie warunki i sposób gaszenia. W takim wypadku cenę oznacza się od objętości, jaką ma wapno gaszone w chwili gdy woda ulotni się o tyle, iż w wapnie gaszonym utworzą się rysy i pęknięcia mające po 20—25 *mm* (0,8"—1") grubości. Przy takim zastrzeżeniu jednak nabywa się właściwie już wapno gaszone, a nie wapno palone.

Mąka wapienna, w handlu znajdująca się, winna być opakowana w beczkach szczelnych, nieprzemakalnych. Ciężar przeciętny jednej beczki, brutto i netto, winien być na beczce wyraźnie oznaczony.

Przewóz wapna palonego na odległości mniejsze skuteczniejszą się w wozach szczelnych, krytych, wewnątrz smołowanych. Na drogach żelaznych przewozi się wapno palone w wagonach krytych odrębnego typu (wapniarkach).

Przy zakupie wapna palonego, albo gdy zachodzi potrzeba użycia wapna odleżalego, można oznaczyć w przybliżeniu ilość przymieszek ciał obcych, w sposób następujący: Pewną ilość wapna palonego, starannie odważonego, kładzie się w woreczek płócienny, również starannie odważony i zanurza się w wodę. Po pewnym czasie woda stanie się mętną, wskutek utworzenia się mleka wapiennego. Tę wodę mętną odlewa się i zastępuje się ją wodą czystą, co powtarzać należy dopóki nie przestanie tworzyć się mleko wapienne. Następnie woreczek należy wyjąć, wysuszyć i zważyć, a od otrzymanego ciężaru odjąć ciężar samego woreczka. Różnica jest ciężarem przymieszek ziemistych.

Wapno wystawione na sprzedaż zawiera zazwyczaj około 8—11% kwasu węglanego, nawet gdy było dobrze wypalone. Kwas ten wchłonięty został już po wypaleniu z powietrza. Niekiedy znajduje się w wapnie palonym nadmiar kwasu węglanego. Przekonać się o tem można gasząc wapno prawidłowo i polewając otrzymane wapno gaszone kwasem solnym; jeżeli przytem wapno gaszone burzy się, to jest to dowodem, iż wapno dane było wypalane przez czas zbyt krótki albo też w temperaturze zbyt niskiej.

6. Zastosowania wapna palonego.

Najpowszechniejsze i najważniejsze zastosowanie znajduje wapno palone do przygotowywania zapraw mularskich dla murów, wypraw (tynków) i ozdób architektonicznych. — W rolnictwie używane jest na nawóz; w przemyśle zaś ma zastosowania bardzo liczne i różnorodne.—Wszystkie te zastosowania wapna palonego opierają się na tych jego własnościach, że jest ono silną zasadą, którą można wszędzie łatwo i tanio otrzymywać i że polane wodą, rozpada się na bardzo mialki proszek, co ułatwia znacząco stosowanie wapna do różnych celów. W wielu wypadkach wapno palone używane jest dla tego, że z kwasem węglanym i kwasem siarczanym tworzy związki nierozpuszczalne lub trudno rozpuszczalne, a przeto za pomocą kwasu węglanego lub kwasu siarczanego może znowu być usunięte.

W przemyśle chemicznym stosowane jest wapno palone do fabrykacji zasad gryzących (potażu gryzącego i sody gryzącej), amoniaku płynnego, chlorku wapnia, chloranu potasu, kwasów: octowego, szczawiowego, cytrynowego i winnego, do fabrykacji sody sposobem Leblanc'a, sody i alunu z kryolitu, stearyny i t. p. Wapno palone używane jest także do oczyszczania soku burakowego w cukrowniach, do wyrabiania szkła, do wydalania włosów ze skór w garbarniach, do bielenia przędzy bawełnianej w blicharniach, do wyrabiania tygli ogniotrwałych, kitów, proszków polerniczych i t. p., oraz w hutach do różnych procesów metalurgicznych, w farbiarniach do przygotowywania niektórych barwników i t. d.

7. Zaprawy wapienne i ich klasyfikacja.

Ze względu na sposób tężenia rozróżniamy: *zaprawę powietrzną i zaprawę wodotrwałą*.

Zaprawa powietrzna, czyli *zaprawa wapienna szwycyjna*, jest mieszaniną ciasta wapiennego z piaskiem, twardnieje wskutek wysychania na powietrzu, w miejscu suchym, przyczem zachodzą w niej pewne zmiany chemiczne; używa się do budowli lądowych, nie nadaje się zaś do budowli wodnych, gdyż bez przystępu powietrza nie przekształca się na ciało twarde, kamieniste.

Zaprawy wodotrwałe, zwane także *wodnemi* albo *hydraulicznemi*, posiadają zdolność twardnienia zarówno na powietrzu jako też w wodzie, używane są przeto nie tylko do budowli lądowych, lecz także i to przeważnie do budowli wodnych.

Zaprawa powietrzna weszła w użycie, jak się zdaje, później aniżeli zaprawy gliniane i gipsowe, znaną jednak była już fenicyanom i egipcyanom, są o niej wzmianki w Biblii, lecz pierwsze dokładniejsze wiadomości o jej własnościach i sposobach przygotowywania przechowane zostały w dziełach późniejszych autorów rzymskich, zwłaszcza Witruwiusza i Pliniusza.

Trudniejsza o wiele umiejętność przekształcania zaprawy powietrznej na wodotrwałą znaną była również już w starożytności, najprzód grekom (na 1200 lat przed Nar. Chr.), następnie rzymianom (na 200 lat przed Nar. Chr.), którzy w tym celu dodawali do zaprawy powietrznej pewną ilość mialkiej ziemi wulkanicznej, napotykaniej w okolicach miasta Puteoli, zwanego dziś Puzzuoli, leżącego w pobliżu Wezuwiusza i Neapolu. I rzeczywiście ta ziemia, zwana przez rzymian *pulvis puteolus*, a dziś—*ziemią pucolanową* albo *pucolaną neapolitańską* (p. str. 118), zmieszana z ciastem wapiennem (w stosunku 2 cz. ziemi pucolanowej na 1 cz. ciasta wapiennego), daje zaprawę, która nie tylko w powietrzu lecz także w wodzie twardnieje. — Następnie odkryto takich samych własności ziemię w pagórkach pod Rzymem, którą dla odróżnienia od pucolany neapolitańskiej nazwano *pucolaną rzymską*. — Od czasu tych odkryć rzymskich do XVII stul. umiejętność przygotowywania zapraw wodotrwałych nie uczyniła żadnych postępów. Z pierwszego okresu ery chrześcijańskiej znajdujemy w dziełach Św. Augustyna wzmianki o zaprawach wapiennych, wypowiedziane językiem barwnym i poetycznym, lecz w zasadzie zaczerpnięte z dzieł autorów rzymskich. Z wieków średnich przechowały się niepewne podania o mieszanii wina i miodu do zapraw przy budowie różnych kościołów, lecz nie wiemy nic pewnego o rzeczywistych sposobach przygotowywania zapraw w tej tak ważnej epoce budowlanej *). Są jednak ślady, że w wiekach średnich podejmowane były poważne usiłowania w dziedzinie wyrabiania zapraw wodotrwałych **), lecz usiłowania te były odosobnione, nie pozostawiły więc po sobie śladów trwalszych i nie odziały na dalszy rozwój fabrykacyi cementów.

Dopiero w XVII stul. holendrzy zaczęli przygotowywać zaprawę wodo-

*) Z pism Pliniusza wiadomo, że już rzymianie przygotowywali zaprawę, zwaną „malta”, przez gaszenie w winie wapna świeżo wypalonego, które ubijano z tłuszczem wieprzowym i figami. Zaprawa ta po wyschnięciu miała być twardszą aniżeli kamień, lecz trzymała się tylko na powierzchniach pokrytych olejem. Nowsze badania nad zaprawami w podobny sposób przygotowanymi wykazały, że zaprawa taka rzeczywiście jest bardzo wytrzymałą, twardą i wodotrwałą, daje się nawet polerować i dowolnie zabarwiać, a w warstwach 4—5 mm grubych trzyma się dobrze na powierzchni kamieni porowatych (np. martwicy wapiennej).

**) Przechowały się z wieków średnich posągi odlane z masy cementowej, świadczące niewątpliwie, że w epoce tej znane już były nawet takie cementy, które zazwyczaj uważane są za wynalazki ostatnich dziesiątków lat. Posągi te przez jednych przypisywane są mnichowi Thiemo z klasztoru Św. Piotra pod Salzburgiem, który od 1090 r. był arcybiskupem Salzburgskim; przez innych zaś odnoszone są do XIV stul.

trwała przez dodawanie do ciasta wapiennego miążko zmielonej martwicy wulkanicznej, zwanej przez nich *tyras* (czyli „*kit*“), dziś zwanej *tras* (por. str. 119), znajdującej się nad brzegami Renu, w okolicach miasta Andernach. — W początkach stulecia bieżącego, w krajach położonych nad m. Śródziemnym i na wyspach Archipelagu, zaczęto dodawać do ciasta wapiennego ziemię, sprowadzaną z wyspy Santorino, a którą nazwano *ziemią santorynową*.

Oprócz przymieszek napotykanych w przyrodzie, jak ziemie pucolanowe, tras i ziemia santorynowa, używane były już oddawna i inne przymieszki do wyrabiania zapraw wodotrwałych; tak np. rzymianie dodawali w tym celu do ciasta wapiennego mączkę ceglana miłąką, zaś około 1815 roku zaczęto dodawać do ciasta wapiennego glinę paloną czystą, miążko utłuczoną, a później żużel, piaskowiec gliniasty palony, gnejs palony i t. p. — Wszystkie te przymieszki mają zbliżony skład chemiczny, wszystkie są związkami krzemowemi tlenków różnych metalów, a skuteczność ich przy wyrabianiu zapraw wodotrwałych jest zależną głównie od obecności krzemionki bezpostaciowej, galaretowatej. Krzemionka bezpostaciowa bowiem zmieszana z ciastem wapiennem nadaje mu własność twarzenia w wodzie. Prawdę tę udowodnił pierwszy Fuchs, a stwierdzili później inni badacze. Wszystkie przymieszki posiadające tę własność, że zmieszane z ciastem wapiennem tworzą zaprawę wodotrwałą, zawierają krzemionkę bezpostaciową; a każda taka przymieszka tem więcej nadaje się do tworzenia zaprawy wodotrwałej, im więcej zawiera w sobie krzemionki bezpostaciowej.

Te przymieszki, które napotykają się w przyrodzie w stanie gotowym do użycia, nazywają się *pucolanami naturalnemi*; przymieszki zaś, w których krzemionka dopiero po pewnych przeróbkach przechodzi w stan bezpostaciowy, nazywają się *pucolanami sztucznemi*. Do pucolan naturalnych należą: pucolany neapolitańskie i rzymskie, tras, ziemia santorynowa i t. p., do sztucznych zaś: mączka ceglana, glina palona, krzemiaki palone, żużle i t. p.

W pierwszej połowie stulecia bieżącego, dzięki badaniom Vicat'a, zaczęto wyrabiać nową zaprawę wodotrwałą, która wkrótce wyrugowała niemal zupełnie z użycia wszelkie pucolany. Zaprawa ta przygotowuje się z palonego wapienia gliniastego czyli marglu. Podczas palenia margiel traci kwas węglany, przyczem zawarty w marglu węglan wapnia przekształca się na tlenek wapnia czyli wapno palone, a glina — na pucolanę sztuczną. Jeżeli margiel po wypaleniu zawiera dostateczną ilość wapna palonego, to po lany wodą rozgrzewa się, rozpada się na proszek i gasi się tak jak wapno zwyczajne, przyczem daje zaprawę wodotrwałą. Taki margiel palony nazywa się *wapnem wodotrwałem* albo *hydraulicznem*. Wapno wodotrwałe jest więc także tylko połączeniem wapna palonego z pucolaną sztuczną, różni się zaś od powyżej wspomnianych zapraw wodotrwałych tylko tem, że tu otrzymuje się wapno palone i pucolanę z jednego kamienia przez wypalenie. — Skład wapieni gliniastych bywa jednak niejednostajny i często jest różny w warstwach jednego pokładu. Stąd poszło, że wapna wodotrwałe, pochodzące nawet z jednej fabryki, miały rozmaite własności. Ażeby temu zapobiedz, Vicat wskazał sposób wyrabiania margli sztucznych, przez mieszanie mielonych wapieni (np. kredy), z gliną oczyszczoną z piasku; wskutek czego rozróżnia się: *wapno wodotrwałe naturalne i sztuczne*.

Z wapieni gliniastych oprócz wapna wodotrwałego otrzymuje się jeszcze inne materyały wiążące. Wapień gliniasty po wypaleniu polany wodą tem mniej się rozgrzewa i tem trudniej się rozpada, im więcej zawiera części gliniastych, a gdy zawiera części gliniastych 25—40%, traci zupełnie zdolność gaszenia się z wodą. Skoro jednak taki margiel palony, miałko utłuczony lub zmielony, zmieszamy z wodą, to otrzymamy ciasto, które pod wodą prędko twardnieje i zazwyczaj nabiera znacznej mocy. Tego rodzaju wyroby z margli palonych, obfitujących w glinę, noszą nazwę *cementów rzymskich (romańskich)* *) (*Roman - Cement*). Wprowadzone zostały w użycie w 1796 r. przez Jamesa Parker'a.

Różnolitość składu margli, z których wyrabiane są cementy rzymskie, jest przyczyną, że własności tych cementów są wielce niejednostajne. Ażeby niedogodność tę usunąć, zaczęto wyrabiać cementy z margli sztucznych, otrzymywanych przez zmieszanie z gliną wapienia (np. kredy), starannie oczyszczonego przez pławienie. Zazwyczaj miesza się 78—75% wapienia z 22—25% gliny. Cement otrzymany z takich margli sztucznych, po ich wypaleniu, nazywa się *cementem portlandzkim*. Ma on stosunkowo znaczny ciężar właściwy (nie mniejszy od 3,0) i barwę zazwyczaj ciemno-szaro-zielonawą. Takież cementy mogą być wyrabiane z margli naturalnych, o ile skład tych margli przypadkowo jest odpowiednim; wskutek tego rozróżnia się: *cementy portlandzkie naturalne i sztuczne*. Cement portlandzki wynaleziony został w 1824 r. przez Józefa Aspdin'a.

Jeżeli cement portlandzki zawiera nadmiar wapna, to przez dodanie żużlu, który jest pucolaną i zawiera krzemionkę bezpostaciową, można przywrócić właściwy skład cementu. Takie cementy nazywają się *cementami pucolanowemi* albo *żużłowemi*. Niekiedy dodawane są do cementu portlandzkiego także różne inne ciała, już to w zamiarze polepszenia wyrobu, już to w celu obniżenia jego ceny, przez co otrzymuje się t. zw. *cementy mieszane*.

Przemysł cementowy od lat kilkudziesięciu przechodzi okres niezwykłego rozkwitu, a to głównie dzięki badaniom naukowym, we wszystkich niemal krajach gorliwie prowadzonym.

Z powyższego wynika następująca klasyfikacja zapraw wapiennych, którą przyjmujemy według układu prof. Szulaczenko:

- I. *Zaprawa wapienna powietrzna* czyli *szwykla*.
- II. *Zaprawy wodotrwałe (wodne)* czyli *hydrauliczne*, do których należą:
 - 1) *pucolany*, zarówno naturalne jako też sztuczne;
 - 2) *wapno wodotrwałe* czyli *hydrauliczne*, zarówno naturalne jako też sztuczne;
 - 3) *cement rzymski*;
 - 4) *cement portlandzki*, zarówno z naturalnych jako też sztucznych wapieni marglistych;

*) Nazwa ta, przyjęta powszechnie w nauce i handlu, jest niezupełnie właściwą, gdyż rzymianie nie znali wcale podobnych wyrobów.

- 5) *cementy mieszane*;
- 6) *cementy pucolanowe (żuźłowe)*.

Klasyfikacja ta jest w zasadzie zgodna z klasyfikacją przyjętą na naradach międzynarodowych w Monachium (1884) i Dreźnie (1886)*), oraz z klasyfikacją przyjętą w Szwajcaryi. W klasyfikacji szwajcarskiej jednak pominięto dwie ostatnie grupy (cementy mieszane i żuźłowe).

III. Zaprawa wapienna powietrzna czyli zwykła.

Zaprawa wapienna powietrzna czyli *zwykła* (fr. mortier de chaux grasse; n. Luftmörtel, gemeiner Mörtel, gewöhnlicher Kalkmörtel) jest mieszaniną ciasta wapiennego z piaskiem, która na powietrzu stopniowo twardnieje i przekształca się na masę kamienistą.

Dobroć zaprawy powietrznej jest zależną od własności materiałów (wapna, piasku i wody), wchodzących w jej skład, nadto od sposobu gaszenia wapna, oraz przygotowywania zaprawy. — Wybór materiałów do zaprawy powietrznej jest najczęściej ograniczony przez warunki miejscowe i względy pieniężne; tem się też tłumaczy, iż dobroć zaprawy, nawet przy umiejętnem gaszeniu i starannem przygotowywaniu, bywa różnaitą w różnych miejscowościach.

Wapień, z którego ma być wypalone wapno do zaprawy, nie powinien zawierać przymieszek ciał ziemistych w ilości większej nad 10%; a ilość takich przymieszek w wapnie palonem nie powinna przekraczać 15%. Ciasto wapienne (złożone z 60% wody i 40% wodanu wapnia) nie powinno zawierać obcych przymieszek więcej nad 5—6%. Gdy ilość przymieszek jest większą, zaprawa okaże się niedobłą. — Wapno zawierające związki chloru, sole, daje zaprawę złą, gdyż sole te pozostają w zaprawie i wchłaniają wodę z powietrza, przez co podtrzymują wilgoć w murze i mogą spowodować powstawanie wykwitów.

Najodpowiedniejszym dla zaprawy powietrznej jest t. zw. *wapno tłuste* (p. str. 298). Wapno to należy gasić w taki sposób, ażeby otrzymać ciasto bardzo tłuste i lepkie, t. j. ażeby przez gaszenie wapna osiągnąć możebnie największy przyrost jego objętości.

1. Gaszenie (lasowanie) wapna.

Gaszenie (lasowanie) wapna (fr. extinction de la chaux; n. Löschen des Kalkes) polega na zmieszaniu wapna palonego z wodą, przyczem wapno pęka i rozpada się na proszek miałkoziarnisty, a gdy ilość wody jest dostatecznie wielką, proszek ten przekształca się w dalszym ciągu na masę ciastowatą rzadką, nawpół ciekłą. Zależnie od ilości wody dodanej do wapna, rozróżnia się głównie dwa rodzaje gaszenia: 1) *gaszenie przy nudmiarze wody* czyli *gaszenie swyczajne*, zwane także *gaszeniem mokrem*, polegające na przekształceniu wapna palonego na ciasto wapienne rzadkie; oraz 2) *gaszenie suche*, polegające na przekształceniu wapna palonego na proszek, który następnie, w miarę potrzeby, można

*) Porządek układu gatunków zapraw wodotrwałych, przyjęty na tych naradach, jest następujący: a) wapno wodotrwałe, b) cement rzymski, c) cement portlandzki, d) przymieszki wodotrwałe (pucolany), e) cementy pucolanowe, f) cementy mieszane.

przez dodanie wody przerabiać na ciasto wapienne. — Gaszenie mokre jest odpowiedniejszym dla wapna tłustego, czystego, łatwo i zupełnie rozpadającego się w wodzie; gaszenie suche zaś może być odpowiedniejszym dla wapna mniej czystego, oporniej gaszącego się. — Wydajność wapna palonego przy gaszeniu mokrem jest w ogóle większą aniżeli przy gaszeniu suchem. Wapno przy nadmiarze wody gasi się równomierniej, narasta więcej i daje tem samem zaprawę lepszą, aniżeli przy gaszeniu suchem. Nadto przy gaszeniu mokrem otrzymuje się odrazu ciasto wapienne, potrzebne do zaprawy; ciasto to można przez czas dłuższy przechowywać, lecz trudno jest je przewozić, zwłaszcza na większe odległości i dla tego bywa zazwyczaj przygotowywane na miejscu budowy. Natomiast proszek, otrzymywany przy gaszeniu suchem, daje się łatwo mierzyc i przewozić; może więc być przygotowywany w wapienniku bezpośrednio po wypaleniu wapna i następnie przewożony w beczkach szczelnie zamkniętych, lecz nie może być przechowywany przez czas dłuższy.

1) *Gaszenie mokre* (fr. extinction par fusion; n. nasses Löschen). Istnieją bardzo liczne sposoby gaszenia mokrego, zależne w pewnej mierze od własności wapna, lecz więcej od zwyczajów miejscowych. W każdym kraju, a często nawet w różnych okolicach jednego kraju, stosowane są rozmaite sposoby gaszenia wapna; a każdy niemal z tych sposobów ma zarówno gorliwych obrońców, jako też stanowczych przeciwników. Pochodzi to głównie stąd, że przy żadnym ze znanych sposobów wapno nie gasi się zupełnie. Ciasto wapienne zawiera zawsze pewne cząstki niegaszone, w postaci ziarn, których grubość i ilość stosunkowa jest większą przy jednych, mniejszą przy innych sposobach gaszenia. Zmniejszenie tej niedogodności połączone jest najczęściej z powstaniem innych niedogodności, jak np. ze stratą czasu, ze zwiększeniem kosztów i t. p. Usunięcie zupełnie zaś tej niedogodności jest niemożliwe, gdyż gaszenia wapna, zwłaszcza w ilości większej, niepodobna wykonać w ten sposób, ażeby wszystkie kawałki wapna znajdowały się w styczności nie z większą ani mniejszą, lecz tylko z taką ilością wody, jaka do gaszenia ich zupełnego jest niezbędną.

Ze stanowiska naukowego, ten sposób gaszenia musi być uważany za najlepszy, przy którym rozdzielanie się wapna na cząstki jest najzupełniejszym, a narastanie największem. Z licznych doświadczeń bowiem nad własnościami ciasta wapiennego i zapraw wiadomem jest, że ciasto wapienne jest w ogóle tem lepszem, a zaprawa po stężeniu tem twardszą i wytrzymałą, im drobniejszymi i równomierniejszymi są cząstki, na które wapno rozpada się przy gaszeniu. A że rozdzielanie się wapna na cząstki, jak to już powyżej nadmieniliśmy, jest następstwem działania mechanicznego par wodnych, powstających wskutek podniesienia się temperatury, przeto im wyższą jest temperatura podczas gaszenia, tem prędzej wapno rozdziela się na cząstki i tem drobniejszymi są te cząstki. Stąd wynika, że najodpowiedniejszy sposób gaszenia mokrego jest ten, przy którym wszystkie kawałki wapna znajdują się bez przerwy w styczności z wodą i przy którym samo mieszanie wapna z wodą uskuteczniane jest tak, ażeby temperatura podczas gaszenia była możliwie najwyższą. Wszystko, co przerywa, choćby chwilowo, styczność pomiędzy wapnem a wodą, musi oddziaływać niekorzystnie na własności ciasta wapiennego. Co się zaś tyczy temperatury, to temperatura wysoka nie jest wprawdzie warunkiem niezbędnym otrzymania ciasta dobrego, lecz przyspiesza i ułatwia przebieg gaszenia. Wiadomem jest z praktyki i stwierdzonem zostało przez doświadczenia Michaëlis'a, że dobre ciasto wapienne można otrzymać nawet, gdy gaszenie wapna odbywa się przy temperaturze stosunkowo niskiej, lecz w tym wypadku, przebieg gaszenia jest znacznie powolniejszym, a sama czynność gaszenia wymaga znacznie większej staranności i uwagi. Z tego powodu podczas gaszenia unikać należy

wszystkiego, co wpływa na obniżenie temperatury, gdyż wskutek zwolnienia przebiegu gaszenia i utrudnienia odnośnych czynności, otrzymanie dobrego ciasta z wapna gaszonego przy temperaturze stosunkowo niskiej jest w każdym razie mniej pewnym, aniżeli gdy gaszenie uskutecznia się przy temperaturze wysokiej.

Niezależnie od tych warunków istnieją pewne wymagania praktyczne, mające zawsze wpływ na wybór sposobu gaszenia. Od sposobu gaszenia i starannego wykonania odnośnych czynności jest zależną w stopniu wysokim wydajność wapna palonego (t. j. ilość ciasta wapiennego, którą można otrzymać z danej ilości wapna palonego), oraz dobroć ciasta wapiennego. Czynność gaszenia jest więc bardzo ważną i winna być poręczaną tylko robotnikom (*gracownikom* czyli *gracarzom*) wprawnym, wybieranym z pośród starszych i doświadczeńszych mularzy. — Niemniej przecież wszelkie te ostrożności, które przestrzegać należy przy gaszeniu wapna w ilościach znaczniejszych, nie mogą oczywiście przekraczać pewnych granic, zakreślonych warunkami pracy na miejscu budowy. O przestrzeganiu w praktyce takiej dokładności, jaka jest zachowywaną w pracowniach naukowych, mowy nawet być nie może. To też do zastosowania w praktyce nie może nadawać się żaden taki sposób, choćby teoretycznie racjonalny, który wymaga nadmiernych ostrożności, niezwykłych umiejętności, albo zbyt znacznych kosztów. Nadto, niedogodnemi w użyciu są zazwyczaj te sposoby, które połączone są ze znaczną stratą czasu. Z tych powodów w praktyce częstokroć oddaje się pierwszeństwo sposobom mniej odpowiednim, zwłaszcza jeżeli otrzymuje się przytem wapno gaszone dostatecznej dobroci i jeżeli zastosowanie sposobów racjonalniejszych pociągnęło by za sobą pewne poważniejsze niedogodności. Z drugiej strony jednak tu i owdzie utrzymują się sposoby gaszenia nieodpowiednie, nie ze względów praktycznych, lecz jedynie wskutek utrwalaonych zwyczajów miejscowych, a często także wskutek nieuzasadnionych uprzedzeń.

Przy ocenianiu ważniejszych sposobów gaszenia wapna, o których poniżej będzie mowa, uwzględnimy przeto zarówno wyniki odnośnych badań naukowych, jako też słuszne wymagania praktyki.

a) *Główne sposoby gaszenia mokrego:*

Sposób 1-szy, przez polewanie całą ilością wody, polega na tem, że wapno palone, ułożone w tak zwanej *skrzyni wapiennej* czyli *foli*, polewa się odrazu całą ilością wody potrzebną do gaszenia, tak, iż wapno całkiem jest w wodzie zanurzone; a skoro wapno zacznie syczeć, parować i rozpadać się, to natychmiast miesza się silnie wapno z wodą przez ciągłe poruszanie i przerabianie *gracą*. To gracowanie trwa bez przerwy, dopóki wapno mieszane z wodą nie przekształci się na masę ciekłą, nie zawierającą gruzolków twardych.

Sposób 2-gi, przez stopniowe dolewanie wody, polega na tem, że do wapna palonego ułożonego w skrzyni wapiennej, dolewa się najprzód tylko około $\frac{1}{3}$ wody potrzebnej do gaszenia; wywiązuje się przytem odrazu bardzo znaczna temperatura; wapno zaczyna syczeć i pękać z trzaskiem. Następnie, przy ciągłym przerabianiu *gracą*, dolewa się natychmiast pozostałe $\frac{2}{3}$ wody, nie na raz jednak, lecz stopniowo, w krótkich odstępach czasu. Ta woda dolewana, pod wpływem ciepła, które poprzednio się wywiązało, ogrzewa się rychło do 100° C., a wskutek tego cały przebieg gaszenia jest niezmiernie szybki i w krótkim stosunkowo czasie otrzymuje się ciasto wapienne.

Sposób 3-ci, zwany sposobem Lebrun'a, polega na tem, że najprzód wlewa się do skrzyni wapiennej całą ilość wody, potrzebną do gaszenia, a następnie dopiero wkłada się wapno przy ciągłym przerabianiu *gracą*, przyczem wapno kipiące, występujące na powierzchnię wody, natychmiast zatapiać należy. I w tym wypadku, jak w poprzednich, gracowanie nie powinno ustawać dopóty, dopóki

wapno zmieszane z wodą nie przekształci się na masę ciekłą, nie zawierającą gruzolków twardych.

Sposób 4-ty, najmniej rozpowszechniony, polega na tem, że skrzynię wapienną napełnia się najprzód do połowy wodą i następnie wkłada się wapna tyle ile dana woda pokryć może; nadmiar wody należy wyczerpać. Wapno, zanurzone w ten sposób w wodę, pozostawia się w spoczynku, bez poruszania go lub przerabiania, do czasu gdy zacznie się rozpadać, przyczem przekłwca się jedynie masę wapienną w różnych miejscach drążkami żelaznymi lub drewnianymi, w celu utorowania wodzie przystępu do wnętrza masy. Skoro wapno wchłonie całą ilość wody, to przerabia się ciasto wapienne na masę jednolitą, którą rozcieńcza się przez dolewanie wody.

W celu porównawczego ocenienia względnej wartości każdego z tych czterech sposobów gaszenia wapna, zauważyć przedewszystkiem należy, że przy sposobie 2-gim, temperatura podczas gaszenia jest znacznie wyższą aniżeli przy pozostałych trzech sposobach, co pociąga za sobą niewątpliwe korzyści (p. str. 307—308). Skoro jednak leje się wodę bezpośrednio na wapno, jak przy sposobie 1-ym i 2-gim, to łatwo zdarzyć się może, że dopływ wody do pewnych części okaże się za małym; kawałki wapna bowiem mogą stykać się z sobą w skrzyni, a wtedy woda do miejsc styczności dopływa w ilości niedostatecznej, wskutek czego miejsca te gaszą się źle. Zapobiedz temu można, rozpoczynając mieszanie wapna natychmiast po wlaniu pierwszej części wody i mieszając starannie, bez przerwy, przez cały czas gaszenia. Niedogodność ta rzadziej i w mniejszym stopniu ujawnia się przy sposobie 3-cim, lecz tu zagraża inna niedogodność — nadmiar wody. — Z powyższego wynika, że sposób 1-szy łączy w sobie wady sposobu 2-go i 3-go, a mianowicie niską temperaturę i niebezpieczeństwo niedostatecznego dopływu wody do pewnych części wapna, przyczem nie przedstawia żadnych równoważnych zalet. Sposób 4-ty, w ogóle mało rozpowszechniony, jednoczy w sobie w stopniu jeszcze wyższym wady poprzednich trzech sposobów, bez równoważnych korzyści. — W warunkach zwykłych przeto, względnie najkorzystniejszymi są sposoby: 2-gi i 3-ci. Przy sposobie 2-gim czynność gaszenia jest łatwiejszą i znacznie prędszą, a unormowanie ilości wody potrzebnej do gaszenia mniej trudnem, aniżeli przy sposobie 3-cim; nadto sposób 2-gi nadaje się zarówno dla wapna czystego, jako też, i to głównie, dla wapna mniej czystego; gdy tymczasem sposób 3-ci wymaga dłuższego czasu, jest kosztowniejszym i może być z korzyścią stosowany tylko dla wapna dostatecznie czystego. Wapno mniej czyste, oporniej gaszące się, należy zawsze gasić tylko sposobem 2-gim.—Nasze wapna krajowe, wypalane w Królestwie Polskiem, należą przeważnie do gatunków dostatecznie czystych; można więc z nich otrzymywać również dobre ciasto wapienne sposobem 2-gim jak i 3-cim. W Niemczech gaszą najczęściej wapno sposobem 2-gim. U nas sposób 2-gi ma licznych zwolenników, bardziej rozpowszechnionym jednak jest sposób 3-ci i niema potrzeby zwyczajaj tego zmieniać; nie należy tylko uprzedzać się zbyt na korzyść tego sposobu, gdyż, jak widzieliśmy, ma i on swoje niemałoważne niedogodności.

Zdaniem Michaëlis'a najzupełniej można by gasić wapno tylko pod wysokiem ciśnieniem; sposób ten oczywiście w zwykłych warunkach, na miejscu budowy, jest niemożliwym do zastosowania.

b) *Woda*. Woda miękka jest w ogóle odpowiedniejszą do gaszenia wapna aniżeli woda twarda. Woda do gaszenia wapna winna być możebnie czystą; najodpowiedniejszą jest woda deszczowa; w braku zaś wody deszczowej można brać wodę rzeczną lub wodę z jezior słodkich, o ile wody te nie zawierają znaczniejszych przymieszek mineralnych. Wody studzienne i źródlane uważane są powszechnie jako mniej odpowiednie, zawierają bowiem kwas węglany, który tworząc węglan wapnia, psuje zaprawę. Okoliczności tej jednakże nie należy przeceniać, gdyż w zwykłych wodach studziennych i źródłanych ilość kwasu węglanego jest bardzo nieznaczna, a mała ilość węglanu wapnia nie może oddziaływać zbyt ujemnie na własności zaprawy. Natomiast należy unikać wody zawierającej związki chloru, sole, gdyż cząstki soli, pozostając w zaprawie, wchłaniają wodę z powietrza, wskutek czego zaprawa pozostaje wilgotna, co może spowodować tworzenie się wykwitów murowych. Również nieodpowiednią do gaszenia wapna jest woda zawierająca związki amoniakalne, kwasy, znaczniejsze ilości kwasu węglanego i w ogóle woda nieczysta. Wreszcie nieodpowiednią jest woda, zawierająca gips, gdyż w wodzie takiej wapno gasi się opornie.—Wody rzeczne korzystnie jest trzymać przez pewien czas przed użyciem w cysternach, dla osadzenia się.

Woda do gaszenia wapna nie powinna być zbyt chłodną; im chłodniejszą jest bowiem woda, tem wapno gasi się oporniej. Można przyspieszyć przebieg gaszenia używając wody ogrzanej; w zwykłych jednak warunkach, przy wykonywaniu robót w porze letniej, ogrzewanie wody do gaszenia jest zbędnym.

c) *Ilość wody*. Ilość wody do gaszenia ma wpływ wybitny na dobroć ciasta wapiennego. Wapno palone tak chętnie pochłania wodę, że cząstki jego obok siebie znajdujące się mogą niejednakowo narastać, a jądro może być jeszcze surowym, gdy warstwy zewnętrzne są już zgaszone. Tem tłumaczą się następujące zjawiska: Skoro do gaszenia wapna użytą zostanie woda w ilości za małej, to wapno gasi się po części na sucho, przyczem rozpada się na proszek wilgotny, nie całkiem mialki, lecz mniej lub więcej ziarnisty. Proszek ten pozostaje zawieszony w wapieniu gaszonym przez czas dłuższy, wskutek czego ciasto wapienne nie tworzy masy całkiem galaretowatej, plastycznej, lecz jest w dotknięciu ziarnistym, piaszczystym, sztywnym. Wapno takie nazywa się *spalonem*. Skoro natomiast ilość wody użytej do gaszenia jest zbyt wielką, to wapno gasi się opornie i daje ciasto zwane *wapnem zatopionem, zalaniem* lub *zasięzionem*. W jednym i drugim wypadku wapno narasta stosunkowo mało, wydajność jego jest więc mniejszą aniżeli przy użyciu wody w ilości odpowiedniej. Nadto, zarówno zbytek jak i brak wody przy gaszeniu, wpływa ujemnie na własności ciasta wapiennego.

W celu zapobieżenia tym niedogodnościom i zmniejszenia kosztów gaszenia wapna, obmyślono liczne przyrządy mechaniczne, służące do gaszenia wapna tłustego, z pomiędzy których najbardziej rozpowszechnione są przyrządy Möller'a i Blum'a w Berlinie. Z innych tego rodzaju przyrządów zasługują na wyróżnienie: E. Sostmann'a w Minsleben, J. G. Lehnartz'a w Dellbrüch pod Düsseldorfem i E. Mik'a w Saaz. Przyrządy te mogą się opłacać tylko przy gaszeniu bardzo znacznych ilości wapna.

Oznaczenie dokładne ilości wody potrzebnej do gaszenia danego wapna jest więc rzeczą ważną, lecz zarazem i trudną. Ilość wody bowiem potrzebnej dla wywołania największego narastania i najzupełniejszego rozdzielenia się cząstek

wapna jest zależną od wydajności danego gatunku wapna; a wydajność ta jest zależną od czystości i świeżości wapna. Im wapno jest czystsze i świeższe, tem większą jest jego wydajność i tem większą jest ilość wody potrzebnej dla prawidłowego gaszenia. Że jednak stopień czystości i świeżości wapna bywa bardzo rozmaity, przeto gdy zachodzi potrzeba gaszenia wapna o własnościach nieznanych, korzystnem jest oznaczyć poprzednio ilość wody za pomocą prób.

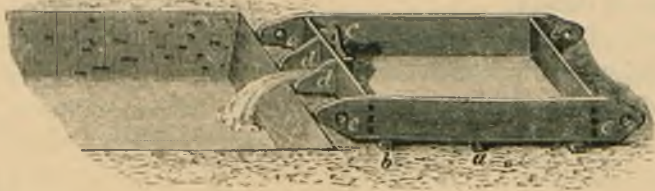
Przy gaszeniu mokrem przyjmuje się przeciętnie: na wagę od 2 do 3-ch części wody do gaszenia 1 części wapna palonego. Jeszcze bardziej chwiejnemi są normy na objętość, a to z powodu, że ciężar wapna palonego przy jednakowej objętości, jak to już powyżej zaznaczyliśmy, bywa bardzo rozmaitym (p. str. 295), gdy tymczasem ciężar ciasta wapiennego, jest znacznie jednostajniejszym. Przeciętnie jednak przyjmuje się na objętość od 1,6 do 2,4 części wody do gaszenia 1 części wapna palonego, przyczem jako objętość rozumieć należy objętość rzeczywistą wapna, bez uwzględnienia przestrzeni wolnych.

d) *Wydajność wapna palonego.* Wydajność wapna jest oczywiście zależną od jego czystości i stopnia świeżości, a tem samym od ilości wody użytej do gaszenia. Przeciętnie można otrzymać na wagę od 3 do 3,7 cz. ciasta wapiennego z 1 cz. wapna palonego, albo też na objętość od 1,7 do 2,5 cz. ciasta wapiennego z 1 cz. wapna palonego. — Wydajność wapna wyborowego bywa jeszcze znacznie większą; można albowiem otrzymać na objętość do 3,4 cz. ciasta wapiennego z 1 cz. wapna bardzo dobrego.

Ciężar 1 m^3 ciasta wapiennego wynosi 125—140 *kg.* — Przy jednakowych ilościach wody, gęstość ciasta wapiennego jest tem większą, im świeższe i czystsze jest wapno palone.

Zaznaczyliśmy już powyżej, że najdogodniej jest gasić wapno w skrzyni wapiennej, poczem otrzymane ciasto wapienne przechowuje się w dołach.

e) *Skrzynia wapienna swyczajna* (fr. *caisse*; n. *Löschbank*, *Löschkasten*, *Kalkkasten*) (rys. 121), zwana przez mularzy *folą*, zbita z desek drewnianych, ma

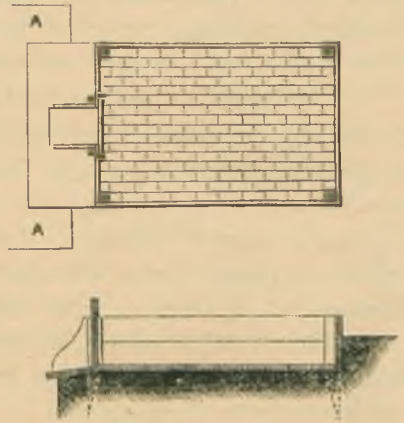


Rys. 121.

w planie kształt prostokąta, o długości około 2—2,5 *m* (= 6,5—8 stóp) i szerokości 1,25—1,5 *m* (= 4—5 stóp), przy głębokości 0,40—0,45 *m* (= 1 $\frac{1}{4}$ —1 $\frac{1}{2}$ stopy). Skrzynię wapienną należy ustawiać bezpośrednio przy dole, w którym wapno ma być przechowywane. — W jednej ze ścian poprzecznych skrzyni znajduje się otwór, zaopatrzony w kratę żelazną lub siatkę mocną z drutu, a służący do spuszczenia wapna gaszonego do dołu. Przez cały czas gaszenia otwór ten jest zamknięty przez zasuwę pionową (szyber) *c*. Po ukończeniu gaszenia wyjmuje się zasuwę *c*, poczem wapno gaszone spływa przez kratę w otworze i korytko *dd*

do dołu; wszystkie większe kamyki zaś pozostają w skrzyni. Dla ułatwienia spływu, ustawia się skrzynię nieco pochyło względem dołu. Można też, jak wskazano na rysunku, ustawić skrzynię poziomo, na trzech podpórkach, z których środkowa *a* jest listwą trójkątną, a gdy wapno ma być spuszczone, wyjmuje się podpórkę *b*, od strony dołu, przez co skrzynia przyjmuje położenie pochylone względem dołu. — Po spuszczeniu wapna do dołu należy skrzynię oczyścić z pozostałości, poczem można ponownie w tejże skrzyni gasić wapno. — W przedłużeniach ścian podłużnych, urządzone są ucha *ee*, dla ułatwienia przenoszenia skrzyni.

Przy wznoszeniu budowli większych, gdy skrzynia ma przez czas dłuższy pozostawać na jednym miejscu, można urządzić skrzynię stałą, według sposobu podanego przez majstra mularskiego Jenisch'a. — W tym celu bezpośrednio przy dole, w którym wapno gaszone ma być przechowywane, zabija się w ziemię cztery paliki drewniane, tak, ażeby sterczały po nad powierzchnię ziemi na $1\frac{1}{2}$ — $1\frac{3}{4}$ stopy. Do palików tych przybija się od zewnątrz deski, przyczem w deskach od strony dołu pozostawia się otwór, który zaopatrzyć należy w kratę i zasuwę pionową, jak w skrzyni zwykłej. Wewnątrz utworzonej w ten sposób skrzyni należy wyrównać i ubić ziemię, z odpowiednim spadkiem ku dołowi, poczem układa się posadzkę z cegły na płask. Stosugi pomiędzy cegłami winny być starannie zalane zaprawą. — Skrzynia taka, uwidoczniiona na rys. 122 w planie i przecięciu podłużnym, jest bardzo szczelną i trwałą. Zauważono wprawdzie, że wapno gaszone przylega silnie do posadzki ceglanej, co utrudnia robotę gracownika; niedogodność ta jednak ujawnia się tylko w początkach i znika zupełnie po kilkakrotnem gaszeniu wapna w tej samej skrzyni.



Rys. 122.

G. Hilke w Freienwalde nad Odrą uzyskał w 1879 r., przywilej na skrzynię własnego pomysłu do gaszenia wapna wodą gorącą.

Wapno gaszone może być brane bezpośrednio ze skrzyni wapiennej do robot; bezwarunkowo korzystniejszym jednak jest przechowywać przez pewien czas ciasto wapienne w dołach.

f) *Grace*. Do przerabiania wapna w skrzyni wapiennej podczas gaszenia służy, jak to już wspomnieliśmy, narzędzie zwane *gracą* (fr. bouloir; n. Löschrücke, Kalkkrücke, Kalkhacke). Jest to narzędzie żelazne trójkątne, prostokątne,



Rys. 123.



Rys. 124.



Rys. 125.

albo łyżkowate, z uchem do osadzania na drzewcu (stylisku). Niektóre typy tego narzędzia, wypróbowane i rozpowszechnione, uwidocznione są na rys. 123, 124 i 125.

g) *Doły* służące do przechowywania (*gnojenia*) wapna urządzić należy w gruncie możebnie ścisłym, nieprzepuszczalnym i nie zawierającym wód zaskórnych. Gdy wapno ma być przechowywane przez czas dłuższy, korzystnem jest ściany i dno dołu wyłożyć deskami i uszczelnić warstwą gliny tłustej, albo też urządzić dół, murowany prawidłowo z cegły i opatrzony posadzką z cegły. Jeżeli albowiem dół urządzony jest w gruncie przepuszczalnym, albo jeżeli ściany i dno dołu nie są należycie uszczelnione, to woda zawarta w wapnie gaszonym zbyt prędko wsiąka w ziemię, co musi szkodliwie oddziaływać na własności ciasta wapiennego. Nadto, przez uszczelnienie ścian i dna zabezpiecza się dół od przystępu wód zaskórnych i deszczowych. — Wymiary dołu oznaczane są zazwyczaj w ten sposób, ażeby można było łatwo obliczać jego objętość. Najczęściej doły takie mają 2—4 m długości, tyleż szerokości i 2 m głębokości. Przy głębokości większej aniżeli 2 m wydobywanie wapna przedstawia już pewne trudności. Głębokość mniejsza aniżeli 2 m jest również niedogodną; na powierzchni bowiem wapna w dole, wskutek pochłaniania kwasu węglanego z powietrza, tworzy się powłoczka węglanu wapnia, niezdatna do zaprawy; a strata stąd powstająca jest oczywiście w stosunku do objętości dołu tem większą, im dół jest płytszym.

h) *Przechowywanie wapna gaszonego w dołach*. Wapno gaszone, świeżo spuszczone do dołu, zawiera około 60—64% wody na 40—36% wodanu wapnia. Część tej wody ulatnia się, część zaś wsiąka z czasem w grunt, przyczem wraz z wodą wsiąkają w grunt także sole w wapnie znajdujące się. Z tego to powodu wapno zawierające sole należy zawsze przechowywać przez pewien czas w dołach, w celu wylugowania soli, gdyż w razie przeciwnym sól, pozostając w zaprawie, wchłania wodę z powietrza, przez co powstaje wilgoć w murach, sprzyjająca tworzeniu się wykwitów.

W wapnie gaszonym, jak to już powyżej zaznaczyliśmy, zawsze niemal znajdują się cząstki niezupełnie gaszone, w postaci ziarn (p. str. 307). Jeżeli wapno gaszone bezpośrednio ze skrzyni wapiennej brane jest do zaprawy, to cząstki te w murze dogaszają się, przyczem zwiększają swą objętość, co daje powód do kruśnięcia się zaprawy i łuszczenia się przyległych części kamieni. Skoro zaś wapno gaszone przechowywane jest w dole, to cząstki te gaszą się w dole, przez co masa wapienna przekształca się na ciasto całkiem jednolite, w dotknięciu tłuste i lepkie.

Z powyższego wynika, że wskutek przechowywania w dołach wapno staje się lepszem i to tem lepszem im dłużej jest przechowywane. Do wypraw (tynków) należy brać tylko takie wapno gaszone, które było przechowywane w dole, przynajmniej przez kilka miesięcy; gdyż przy użyciu wapna świeżego, tworzą się w wyprawie pęcherzyki od dogaszających się później cząstek wapna. Do zwykłej zaprawy murowej można wprawdzie brać wapno gaszone świeże, lecz lepiej jest przygotowywać wapno zawczasu i przechowywać je w dole przynajmniej przez kilka tygodni.

Już w starożytności zalecano przechowywać wapno gaszone przez czas dłuższy; w Rzymie istniało nawet prawo zabraniające używania do ważniejszych budowli wapna, które nie było przechowywane prawidłowo przynajmniej przez lat trzy.

Po spuszczeniu wapna do dołu, nadmiar wody gromadzi się na powierzchni wapna. W tym stanie wapno nie powinno być wystawione przez czas dłuższy na wpływy atmosferyczne, gdyż w wodzie tej znajduje się wapno gaszone, które wchłaniając z powietrza kwas węglany, przekształca się na węglan wapnia. Ten węglan wapnia zaś opadając, miesza się z wapnem gaszonym i je psuje. Należy przeto wodę gromadzącą się na powierzchni wapna gaszonego wyczerpać i odlać, następnie zaś należy wapno gaszone zabezpieczyć od bezpośredniego przystępu powietrza, gdyż w razie przeciwnym wapno wysycha zbyt prędko, pęka i rozpada się, przyczem na powierzchni jego tworzą się rysy i szczeliny, mające niekiedy do kilku cali grubości. — Wapno gaszone można zabezpieczyć dostatecznie od przystępu powietrza, przykrywając je warstwą piasku wilgotnego lub warstwą ziemi zmieszanej z piaskiem, przyczem grubość tej warstwy winna wynosić przynajmniej 1—2 stóp. Wapno gaszone, w ten sposób zabezpieczone, można przechowywać przez czas bardzo długi, bez żadnego uszczerbku dla jego własności.

Jahn przytacza fakt, że w ruinach zamku Landsberg w ks. Meiningeńskim, znaleziono pod jednym ze sklepień piwnicznych dół znacznych rozmiarów, napełniony wapnem gaszonym temu lat 300. Powierzchnia górna tego wapna, do głębokości około 5 *cm* (= 2''), była nasycona kwasem węglanym; poniżej tej warstwy zaś wapno było wprawdzie nieco suche, lecz zachowało się w ogóle w stanie całkiem dobrym i zdatnym do użytku. — Petion zapewnia, że rozkopując prastare groty w pieczarach Bilczy (w pow. zaleszczyckim), znalazł na kilka lub kilkanaście cali pod powierzchnią ziemi wielką ilość wapna gaszonego, doskonale zachowanego.

Wapno gaszone należy wyjmować z dołu warstwami poziomymi; a po wyjęciu ilości potrzebnej, pozostałe wapno należy ponownie przykryć warstwą piasku.

Przy każdej większej budowli należy urządzić przynajmniej dwa doły na wapno gaszone, ażeby nie być zmuszonym brać do robót wapno zbyt świeże.

Wapno palone można też gasić bezpośrednio w dole, przedstawia to jednak liczne niedogodności. Gasząc wapno w dole w ilości znacznej nie można oczywiście przemieszywać wapna tak dokładnie, jak przy gaszeniu mniejszej ilości w skrzyni wapiennej. Wszelkie zanieczyszczenia zaś, kamienie i t. p., zawarte w wapnie, przy gaszeniu w dole, pozostają w wapnie gaszonym, gdyż nie mogą być oddzielone. Jeżeli zaś grunt jest przepuszczalny, to wapno już podczas gaszenia traci znaczną ilość wody, która wsiąka w ziemię, wskutek czego wapno źle się gasi i następnie zbyt prędko wysycha. Wreszcie wapno gaszone w dole zanieczyszczane bywa często częściami ziemistemi, co bardzo ujemnie wpływa na własności zaprawy. Pomimo tych niedogodności, gaszenie wapna w dole jest w bardzo wielu okolicach, zwłaszcza w Rosyi, rozpowszechnione. — W Rosyi urządzają w tym celu doły mające około 7 stóp szerokości i długości, zaś 10—14 stóp głębokości. Ściany i dno dołów tych wykładają często deskami. — Samo gaszenie odbywa się dwojakim sposobem. Albo zapełnia się najprzód dół do połowy wapnem, które polewa się całą ilością wody potrzebnej do gaszenia, poczem gdy wapno zacznie się rozpadać, przekłuwają je drągami żelaznymi lub drewnianymi, dla utorowania wodzie przystępu do warstw niższych; albo też wlewa się najprzód do dołu całą ilość wody potrzebnej do gaszenia, poczem wrzuca się wapno i przy ciągłym przerabianiu graczami otrzymuje się ciasto rzadkie, które po kilku dniach pod wodą gęstnieje, tak, iż może być wyjmowane łopatami.

Wapno łąkowe palone, nadające się wybornie do wypraw, można gasić w skrzyni wapiennej, należy jednak mieszać je tylko z małą ilością wody. Otrzymane ciasto wapienne można odrazu mieszać z piaskiem. Lepiej jest jednak wapno takie gasić na sucho, poczem otrzymany proszek należy przesiać przez sito dla oczyszczenia od grubszych przymieszek i kamieni.

Wapna zawierające zasady i ich sole należy, jak to już powyżej zaznaczyliśmy (p. str. 313), przechowywać przez czas dłuższy w dolach. Dna dołów, do

przechowywania takiego wapna przeznaczonych, nie powinny być uszczelniane, a to dla ułatwienia wsiąkania w ziemię wody, w której sole są rozpuszczone. Jeżeli przechowywanie takiego wapna przez czas dłuższy jest niemożliwym, to należy je przynajmniej przepłukać wodą kilkakrotnie przy gaszeniu, a to w celu wyfugowania soli.

2) Gaszenie suche. *Gaszenie suche* (fr. extinction sèche; n. trockenheit Löschen) jest odpowiednikiem głównie dla gatunków wapna mniej czystych, oporniej gaszących się; w niektórych wypadkach jednak może być stosowane z korzyścią i dla wapna czystszej, zwłaszcza gdy na miejscu budowy nie można urządzić dołów na wapno, albo gdy woda musi być sprowadzana ze znaczniejszej odległości.

a) *Sposoby gaszenia suchego.* Znane są głównie trzy następujące sposoby gaszenia wapna na sucho:

Sposób 1-szy, przez zanurzenie (fr. extinction par immersion; n. Löschen durch Eintauchen), polega na tem, że wapno palone, rozbite młotkiem mularskim na kawałki wielkości orzecha włoskiego lub jaja kurzego, wkłada się w kosz, z grubej plecionki, tak, ażeby kosz do trzech czwartych swej objętości był wapnem zapelniony; poczem kosz z wapnem zanurza się na kilka minut w zbiorniku wody, a gdy powierzchnia wody zacznie się burzyć, należy kosz wyjąć i zawartość jego rozsypać w warstwę równomierną na pomoście drewnianym, gdzie wapno, sycząc i wydzielając parę gorącą, dogasza się i rozpada na proszek. Przy tym sposobie postępowania wapno gasi się źle; większa część bowiem wapna na pomoście nie rozpada się na proszek dostatecznie mialki, lecz pozostaje w postaci ziarn grubszych. Skoro jednak po wyjęciu kosza z wody, wapno umieścimy w zbiorniku zamkniętym, np. w skrzyni lub w beczce, i przykryjemy płótnem, słomą lub piaskiem, to wapno gasi się znacznie lepiej i rozpada się na proszek bardziej mialki. Proszek ten zazwyczaj przesiewa się przez sita druciane, a niekiedy przeprowadza się jeszcze przez pytle mechaniczne. Proszek w ten sposób przesiany, zwany w handlu *wapnem pyłowanym*, może być przez pewien czas przechowywany w beczkach; a zmieszany z odpowiednią ilością wody daje ciasto wapienne.

Gaszenie wapna przez zanurzenie, znane już było w starożytności; rzymianie wapno w ten sposób gaszone nazywali *calx extincta*.

Sposób 2-gi, przez zraszanie wodą (fr. extinction par aspersion; n. Löschen durch Berieselung unter einer Sanddecke). Przy tym sposobie wapno gasi się pod pokrywą z piasku. W tym celu wapno palone układane jest w kupy stożkowe lub wydłużone, mające około 1 m szerokości w podstawie i około 0,75 m wysokości, które przykrywa się taką ilością piasku, jaka jest potrzebną do przygotowania zaprawy z danej ilości wapna. Piasek ten ubija się w warstwę równej grubości i w pewnych odstępach czasu, zazwyczaj co 6 godzin, zrasza się wodą za pomocą polewaczek ogrodniczych. Przy takim postępowaniu wapno gasi się powoli i stopniowo. Przekluwając od czasu do czasu kupę drążkiem żelaznym lub drewnianym, można łatwo przekonać się, czy znajdują się jeszcze części niegaszone. Baczyc przytem należy, ażeby przez cały czas gaszenia żadna część wapna nie była wystawiona na bezpośredni przystęp powietrza; w tym

celu wszelkie rysy i pęknięcia, tworzące się w pokrywie z piasku należy natychmiast zasypywać piaskiem świeżym. Po 24—48 godz. gaszenie jest już zwykle ukończone; poczem natychmiast miesza się proszek wapienny z piaskiem, przerabiając gracami całą kupę. Niekiedy przed mieszaniem wapna z piaskiem przesiewa się wapno przez sito o oczkach $\frac{1}{2}$ mm.—Ten sposób gaszenia jest powszechnie stosowany dla wapna chudego, zwłaszcza we Francji, a w Szwecji i Holandyi uznawany jest za odpowiedni także dla wapna tłustego.

Można też wapno palone układać warstwami poziomymi, mającemi po 5—6 cm grubości, przyczem każdą warstwę zrasza się taką ilością wody, jaką wchłonąć może, a utworzony w ten sposób stożek pokrywa się warstwą piasku mokrego. Lecz i przy tym sposobie wapno gasi się dopiero po 48 godzinach.

Przy gaszeniu wapna sposobem 2-gim, t. j. pod pokrywą z piasku, otrzymuje się proszek wapienny już zmieszany z odpowiednią ilością piasku. Mieszanina ta, zarobiona odpowiednią ilością wody, daje zaprawę wapienną.

Sposób 3-ci, przez wystawienie na działanie powietrza, zwany *naturalnym* (fr. extinction spontanée; n. Löschen an freier Luft), zalecony przez Vical'a, polega na tem, że wapno palone, rozbite na kawałki wielkości jaja kurzego, układa się na pomoście drewnianym, w warstwie o grubości 1—2 stóp i wystawia się na działanie powietrza, przyczem jednak wapno zabezpieczone być winno od przystępu wody. Wapno, wchłaniając wilgoć z powietrza, gasi się i rozpada na bardzo mialki proszek, lecz jednocześnie z parami wodnymi wchłania ono z powietrza i kwas węglany, wskutek czego jednocześnie gasi się i przekształca się na węglan wapnia. Potrzebnym jest czas przynajmniej trzech miesięcy, ażeby wapno tym sposobem całkiem przekształciło się na proszek mialki. Proszek ten zawiera około 50% tej ilości kwasu węglanego, jaka jest potrzebną do zupełnego nasycenia wapna i około 10—11% wody.

W celu porównawczego ocenienia względnej wartości każdego z tych trzech sposobów zasadniczych gaszenia suchego, zauważyć przedewszystkiem należy, że gdy gasimy kawałek wapna przez zanurzenie w wodę, niezbędnem jest, ażeby pochłonął on rzeczywiście taką ilość wody, jaka jest potrzebną do gaszenia. Im większym jest kawałek wapna, tem dłuższego czasu potrzeba, ażeby woda przesiąkła przez warstwy zewnętrzne do jądra. Jeżeli więc zanurzamy w wodę większy kawałek wapna, to może zdarzyć się, że gdy warstwy zewnętrzne są już nasycone wodą, jądro jeszcze nie pochłonęło dostatecznej ilości wody. Skoro taki kawałek wapna pozostawimy w wodzie do czasu, gdy jądro pochłonie odpowiednią ilość wody, to przez ten czas warstwy zewnętrzne gaszą się, rozpadają na proszek i pod wpływem wody przekształcają się na ciasto wapienne. Skoro zaś wapno wyjmemy z wody w chwili gdy warstwy zewnętrzne zaczynają się gasić i rozpadać na proszek, to jądro z powodu braku wody gasi się źle i rozpada się nie na proszek mialki, lecz na ziarna grubsze, spieczone. W jednym i drugim przypadku wynik gaszenia jest przeto wielce niezadowolniający, a objawy, o których powyżej mowa, występują oczywiście tem dobitniej, im dany kawałek wapna jest większym. Z tego powodu wapno, mające gasić się przez zanurzenie w wodę, należy zawsze rozbijać na kawałki małe, wielkości jaja kurzego lub orzecha włoskiego, lecz i w tym wypadku ujawniają się te same niedogodności,

tylko w stopniu znacznie mniejszym. Jeżeli przeto wapno takie, po wyjęciu z wody, rozsypiemy na pomost drewniany, to wskutek nierównomiernej zawartości wody w różnych częściach wapna, gasi się ono także źle, gdyż jedne części wapna, które pochłonęły dostateczną ilość wody gaszą się prawidłowo i rozpadają się na proszek mialki, inne zaś części wapna, które pochłonęły wody za mało, rozpadają się na ziarna grubsze. Ażeby zapobiedz tym niedogodnościom, wapno po wyjęciu z wody kładzie się w zbiorniki, w beczki, kadzie lub skrzynie, i przykrywa się płótnem, słomą lub piaskiem. Przy takim zabezpieczeniu część par wodnych, wywiązujących się w początkach gaszenia, nie może ujsć na zewnątrz i zostaje pochłonięta przez wapno, znajdujące się w zbiorniku, wskutek czego wapno to gasi się lepiej i rozpada się na proszek mialszy i jednostajniejszy. I w tym wypadku jednak, proszek otrzymany, po zarobieniu z wodą, daje ciasto niezupełnie lepkie i tłuste, lecz nieco ziarniste, w dotknięciu szorstkie, przypominające wapno spalone. Nadto zaznaczyć należy, że część par wodnych wydobywa się ze zbiornika i unosi cząstki wapna. Pary te są wielce szkodliwe i przykre dla robotników, wskutek czego gaszenie skutecznie należy w miejscu przewiewnem, tak, ażeby pary wodne mogły być natychmiast przez wiatr rozpraszane.

Sposób 2-gi w zasadzie nie różni się od sposobu 1-go. I tu pary wodne, wywiązujące się w początkach gaszenia, powstrzymywane po części przez pokrywę z piasku, pochłaniane są przez wapno, które wskutek tego gasi się lepiej i równomierniej. Wyniki gaszenia sposobem 2-gim są przeto w ogóle takie same, jak przy sposobie 1-szym.

Sposób 3-ci daje wyniki najlepsze; wapno pochłania z powietrza taką ilość wody, jaka jest potrzebną dla utworzenia wodanu wapnia, gasi się całkiem prawidłowo i rozpada się na proszek bardzo równomierny i niezmiernie mialki, zawierający stosunkowo bardzo małą ilość części niegaszonych. Lecz dla otrzymania takiego wyniku, potrzeba przynajmniej trzech miesięcy czasu; wskutek czego w zastosowaniu sposób ten jest niewygodnym, tem bardziej, iż dla pomostów, na których wapno ma być rozłożone, potrzeba stosunkowo dużo miejsca. Niemniej jednak sposób ten znajduje liczne zastosowania, zwłaszcza w Hiszpanii, Francji, Włoszech i Austrii.

b) *Woda*. Woda do gaszenia wapna na sucho winna czynić zadość tym samym warunkom, jak woda do gaszenia mokrego. Ilość wody potrzebnej i wydajność wapna są oczywiście zależne od sposobu gaszenia; w ogóle jednak ilość wody przy gaszeniu wapna na sucho jest mniejszą i wydajność takiego wapna jest także mniejszą, aniżeli przy gaszeniu mokrem.

c) *Wydajność*. Ciężar proszku wapiennego otrzymanego przez gaszenie suche jest 1,3—1,4 razy większy od ciężaru użytego wapna palonego. — Ciężar właściwy proszku jest zmienny w granicach od 2,445 do 3,15. — Proszek ten wsypany w beczkę, lecz nie ubity, ma przy gaszeniu sposobem 1-ym i 2-gim objętość 1,5—1,7 razy większą od objętości użytego wapna palonego, przyczem waży 550—700 kg na m^3 ; przy gaszeniu zaś sposobem 3-cim objętość proszku nieubitego jest do 3,5 razy większą od objętości użytego wapna palonego.

Przy zarabianiu na ciasto dodaje się na wagę 1,7—1,9 cz. wody na 1 cz.

proszku. Objętość otrzymanego ciasta wapiennego jest 2—2,6 razy większą od objętości użytego wapna palonego.

Wszystkie te dane odnoszą się do wapna tłustego i są zmienne w dość rozległych granicach, zależnie od gatunku wapna i względnej jego czystości.

A. Jelenkin, gasząc wapno z pod Częstochowy i Dąbrowy sposobem 3-cim, otrzymał wyniki następujące: Ilość wody potrzebnej dla przekształcenia wapna palonego na proszek wynosi na wagę około 30⁰/_o. Ciężar otrzymanego proszku jest 1,3 razy większy od ciężaru użytego wapna palonego; ciężar właściwy tego proszku wynosi około 2,1. Proszek jest bardzo miłym, tak, że około 96—97% całej ilości proszku przechodzi przez sito o 5000 oczkach na 1 cm^2 . — 1 kg wapna palonego, po gaszeniu, daje proszku swobodnie nasypanego 3,2 cm^3 , zaś mocno ubitego 2,0 cm^3 . — Tenże Jelenkin, badając wapna sulejowskie, częstochowskie i dąbrowskie, oznaczył ilość wody potrzebnej do utworzenia ciasta wapiennego z proszku, otrzymanego przez gaszenie sposobem 3-cim. Mieszając 1 kg proszku, przesianego przez sito o 900 otworach na 1 cm^2 , z wodą w ilości 1300 cm^3 (co odpowiada stosunkowi 1,7 kg wody na 1 kg wapna palonego), otrzymał 1705 cm^3 ciasta wapiennego, o ciężarze właściwym 1,348. Rozumie się, że im mniejszą ilość wody dodaje się do proszku, tem mniejszą jest objętość ciasta i tem ciasto to jest gęstszem. Tak np. 1 kg tegoż proszku zmieszany z 1000 cm^3 wody daje 1430 cm^3 ciasta, o ciężarze właściwym 1,398; 1 kg proszku zmieszany z 800 cm^3 wody daje 1265 cm^3 ciasta, o ciężarze właściwym 1423 i t. d. — Jelenkin oznaczył dla rzeczonych gatunków wapna tę ilość wody, jaka jest niezbędną dla zapełnienia przestrzeni wolnych pomiędzy miłkami ziarnkami proszku, t. j. dla utworzenia ciasta, o objętości możebnie jednostajnej i stwierdził, że ciasto takie otrzymuje się, mieszając 1 kg proszku z 1844 cm^3 wody, przyczem objętość ciasta wynosi 2285 cm^3 , a ciężar jego właściwy 1,244. Jako najodpowiedniejsze do zaprawy uważa Jelenkin ciasto otrzymane przez zmieszanie 1 kg proszku z 850 cm^3 wody; ciasto takie nazywa *normalnem*, objętość jego wynosi około 1300 cm^3 , a jego ciężar właściwy około 1,41. Uwzględniając, że ciężar proszku jest 1,3 razy większy od ciężaru użytego wapna palonego, wypada, że z 1 kg wapna palonego otrzymuje się około 1,7 cm^3 ciasta normalnego.

Wydajność wapna gaszonego na sucho jest więc w ogóle znacznie mniejszą, aniżeli wapna gaszonego z nadmiarem wody; ale też ciasto z wapna gaszonego na sucho, podczas tężenia, kurczy się znacznie mniej, aniżeli ciasto z wapna gaszonego sposobem zwykłym.

d) *Przechowywanie wapna gaszonego na sucho*. Proszek otrzymany przez gaszenie wapna na sucho może być przechowywany przez pewien czas, gdy jest dobrze zabezpieczony od przystępu wilgoci; lepiej jednak jest brać proszek do zaprawy w stanie świeżym. — W celu przygotowania zaprawy, należy proszek najprzód mieszać dobrze z całą ilością potrzebnego piasku (około 3—4 części na objętość piasku na 1 cz. proszku), a następnie dopiero mieszaninę tę zarobić wodą.

2. Przygotowywanie zaprawy powietrznej.

Przygotowywanie zaprawy powietrznej polega na dokładnem zmieszaniu ciasta wapiennego z piaskiem.

Ciasto wapienne wystawione na działanie powietrza traci wodę, pochłania kwas węglany i wskutek tego powoli tężeje, przyczem jednak znacznie kurczy się, pęka i rozpada. Ciasto wapienne więc, bez przymieszki piasku, lub innego materiału zastępującego miejsce piasku, nie stanowiło by dobrej zaprawy, gdyż umieszczone pomiędzy kamieniami, zrazu przylegało by wprawdzie do ich powierzchni i zapełniało by przestrzenie wolne pomiędzy kamieniami, lecz następnie, wskutek kurczenia się i pękania, utraciło by siłę wiążącą. Z tego powodu do ciasta wapiennego dodawany jest piasek, co wpływa także na zmniejszenie kosztu zaprawy. Jeżeli utworzymy ścisłą, równomierną, mieszaninę piasku i ciasta wapiennego, w odpowiednich ilościach, to mieszanina ta, stanowiąca zaprawę powietrzną, wysycha i twardnieje prędzej, kurczy się zaś przytem mniej, aniżeli ciasto wapienne bez piasku. Skoro taka zaprawa zapełnia przestrzenie wolne pomiędzy kamieniami, to ziarenka piasku zapełniają nierówności w powierzchniach kamieni, a ciasto wapienne jest spoiwem wiążącym te ziarenka piasku pomiędzy sobą i z powierzchniami kamieni. W dobrej zaprawie powietrznej ciasto wapienne winno więc być rozdzielone równomiernie w cienkie warstewki pomiędzy ziarnkami piasku i zapełniać szczerlnie wszystkie przestrzenie wolne pomiędzy temi ziarnkami.—W celu ułatwienia dokładnego mieszania ciasta wapiennego z piaskiem, rozcieńcza się ciasto wapienne pewną nieznaczną ilością wody.

Z powyższego wynika, że dobroć zaprawy powietrznej jest zależną nie tylko od własności jej składników: ciasta wapiennego, piasku i wody, lecz także od ilości stosunkowej tych składników, oraz od dokładnego i ścisłego zmieszania ciasta wapiennego z piaskiem.

1) Piasek. Piasek wchodzi w skład zaprawy powietrznej w ilości większej aniżeli ciasto wapienne; a dobroć zaprawy powietrznej jest w stopniu wyższym zależną od własności piasku aniżeli od własności ciasta wapiennego. Wytrzymałość na ściskanie i rozciąganie zapraw powietrznych przygotowanych z jednokowego ciasta wapiennego, przy użyciu rozmaitych gatunków piasku, jest zmienną w rozleglejszych granicach, aniżeli zapraw przygotowanych z jednokowego piasku, przy użyciu ciasta wapiennego różnej dobroci.

Dobroć piasku, przeznaczonego do zaprawy, jest zależną od wielkości i kształtu jego ziarn, od gatunku tych ziarn, oraz od ilości i jakości przymieszek ciał obcych.

Pod względem wielkości ziarn rozróżniają mularze: piasek drobnoziarnisty, używany do wypraw (tynków); piasek średnioziarnisty, używany do murów zwykłych z cegły, i piasek gruboziarnisty, używany do murów z kamieni łamanych i polnych.—Zaznaczyliśmy powyżej, że ciasto wapienne, tężąc, kurczy się, przez co zrywa się związek jego z powierzchniami ciał przyległych. Im grubsza jest warstwa ciasta wapiennego, tem dobitniej ujawnia się ta niedogodność. A ponieważ w zaprawie powietrznej ciasto wapienne winno zapełniać szczerlnie wszystkie przestrzenie wolne pomiędzy ziarnkami piasku, przeto im te przestrzenie wolne są większe, tem większą jest grubość odnośnych części ciasta wapiennego i tem słabszym jest, po wyschnięciu zaprawy, związek pomiędzy ciastem wapiennym a ziarnkami piasku. Największe przestrzenie wolne pomiędzy ziarnkami znajdują się w piasku gruboziarnistym; to też piasek o ziarnkach bardzo

dużych nie jest odpowiednim do zaprawy. Przy użyciu takiego piasku bowiem zaprawa, po wyschnięciu, nie stanowi jednej stałej i mocnej całości, lecz masę mniej lub więcej luźną i kruchą. Najmniejsze przestrzenie wolne pomiędzy ziarnkami znajdują się w piasku drobnoziarnistym, lecz przy użyciu takiego piasku zaprawa ma gęstość zbyt jednostajną, co utrudnia wysychanie zaprawy. Najodpowiedniejszym przeto do zaprawy jest piasek średnioziarnisty. Piasek całkiem odpowiedni do zaprawy można też otrzymać, mieszając piasek gruboziarnisty z drobnoziarnistym, w ten sposób, ażeby ziarnka miłkie mieściły się tylko w przestrzeniach wolnych pomiędzy ziarnkami grubszymi. W tym celu mieszanie należy skuteczniej bardzo starannie, a przed mieszaniem należy oznaczyć choćby w przybliżeniu ilość stosunkową dwóch danych gatunków piasku. Tę ilość stosunkową można oznaczyć, z dostateczną dokładnością, w sposób następujący: Wsypuje się do naczynia pewną dokładnie odmierzoną ilość piasku gruboziarnistego; następnie dosypuje się piasek drobnoziarnisty stopniowo, w ilościach niewielkich i także odmierzonych. Po wsypaniu pierwszej ilości piasku drobnoziarnistego potrząsa się silnie naczyniem, tak, ażeby piasek drobnoziarnisty zmieszał się dokładnie z gruboziarnistym. Ponieważ przytem ziarnka drobne zajmą tylko część przestrzeni wolnych pomiędzy ziarnkami większemi, przeto objętość piasku w naczyniu nie zwiększy się. Po wsypaniu drugiej części piasku drobnoziarnistego potrząsa się ponownie naczyniem i postępuje się dalej w ten sam sposób, dopóki objętość piasku w naczyniu nie zacznie się zwiększać, co stanowi oznakę, że wszystkie przestrzenie wolne pomiędzy ziarnkami grubszymi są już zajęte przez ziarnka mniejsze. Znając ilości znajdujących się w naczyniu dwóch gatunków piasku: gruboziarnistego i drobnoziarnistego, miesza się w tym samym stosunku dane dwa gatunki piasku do zaprawy.

Pod względem kształtu ziarn rozróżnia się piasek o ziarnach ostrokanciastych, ograniczony powierzchniami mniej lub więcej płaskimi, oraz piasek o ziarnach okrągłych.—Ciasto wapienne wiąże się z ziarnami piasku tylko w powierzchniach przylegania. Im więc suma ogólna powierzchni stycznych pomiędzy ciastem a ziarnami piasku jest większą w stosunku do całej objętości zaprawy, tem większą jest spójność zaprawy. Nadto, ciasto wapienne przylega lepiej do powierzchni szorstkich aniżeli do powierzchni gładkich. A ponieważ w piasku o ziarnach ostrokanciastych suma ogólna powierzchni ziarn jest większą i przytem powierzchnie te są zazwyczaj bardziej szorstkie, aniżeli w piasku o ziarnach okrągłych, przeto piasek o ziarnach ostrokanciastych, czyli tak zwany piasek ostry, jest odpowiedniejszym do zaprawy, aniżeli piasek o ziarnach okrągłych.

Pod względem gatunku ziarn, piasek jest tem odpowiedniejszym do zaprawy, im więcej zawiera krzemionki, przyczem piasek ten winien zawsze składać się tylko z okruchów skał. Z tego powodu najodpowiedniejszym do zaprawy jest czysty piasek kwarcowy. Przymieszka od 5 do 10% okruchów skał granitowych i w ogóle feldspatowych nie wpływa ujemnie na własności piasku kwarcowego, również nieszkodliwemi są nieznaczne przymieszki okruchów skał hornblendowych, łyszczyku i syenitu.—Piasek kwarcowy występuje w przyrodzie bardzo obficie, zwłaszcza w wydmach nadmorskich, nad brzegami rzek i w pokładach, stanowiących pozostałość dawniejszych napływów. Rozróżnia się przeto piasek kwarcowy morski,

rzeczny i kopalny. Piasek morski, nie tylko z powodu okrągłych ziarn, lecz także z powodu przylegających doń cząstek soli, które trudno jest oddzielić, nie nadaje się do zaprawy. Piasek rzeczny bywa zazwyczaj stosunkowo czystym, lecz często składa się z ziarn okrągłych. Piasek kopalny jest mniej czysty aniżeli rzeczny, lecz natomiast najczęściej składa się z ziarn ostrokanciastych.—Nieco mniej odpowiedniemi do zaprawy aniżeli piasek kwarcowy, są piaski dolomitowe i wapienne; dają one jednak zaprawę dostatecznie dobrą, zwłaszcza gdy miesza się je z okruchami skał feldspatowych i hornblendowych, granitu, łyszczyku i syenitu.

Wszelkie przymieszki w piasku ciał obcych, nie stanowiących okruchów skał, a zwłaszcza przymieszki ciał ziemistych i organicznych, oraz ciał rozmięczających się w wodzie, jak np. gliny, są stanowczo szkodliwemi dla zaprawy. Ciasto wapiene bowiem może wiązać się z ziarnkami piasku tylko wtedy, gdy przylega bezpośrednio do powierzchni tych ziarenek. Jeżeli zatem piasek zmieszany jest z mialkami cząstkami ciał obcych, np. gliny, kurzu, próchnicy i t. p., lub gdy takie ciała są przylepione do ziarn piasku, to ciasto wapienne przylega do tych ciał i nie wiąże się bezpośrednio z powierzchniami ziarn piasku. Wskutek tego zaprawa nie może nabrać dostatecznej spójności ani wytrzymałości. Nadto, ciała organiczne pod wpływem wilgoci przekształcają się stopniowo na ciała próchnowe, co sprzyja powstawaniu wykwitów murowych. Okoliczność tę należy tem bardziej uwzględnić, że w wielu okolicach istnieje niewłaściwy zwyczaj dodawania umyślnie do zaprawy różnych ciał organicznych, np. włosów zwierzęcych, trocin i t. p., co stanowczo winno być zaniechanem.

Stopień dobroci piasku, przeznaczonego do zaprawy, można ocenić doraźnie za pomocą następujących prób: Jeżeli piasek ściskany mocno i rozcierany w rękę, jest w dotknięciu ostrym, tak, iż można odczuwać oddzielne ziarna i jeżeli po odrzuceniu nie pozostawia na rękę śladów ciał ziemistych lub innych zanieczyszczeń, to uważany bywa jako odpowiedni do zaprawy. Jeżeli piasek przechodzi szybko pomiędzy palcami ręki, nie pozostawiając na palcach śladów zanieczyszczeń i gdy rzucony na chustkę białą, nie brudzi jej, to bywa uważany za dostatecznie czysty. Stopień czystości piasku można też ocenić, mieszając go w naczyniu szklanem z wodą; jeżeli po zmieszaniu i osadzeniu się piasku woda jest bardzo mętną, to jest to dowodem, że w piasku danym znajduje się stosunkowo znaczna ilość ciał rozmięczających się w wodzie, a piasek taki jest nieodpowiednim do zaprawy; jeżeli natomiast po osadzeniu się piasku woda jest stosunkowo czystą i przejrzystą (klarowną), to piasek jest dostatecznie czystym.

Piasek zanieczyszczony ciałami organicznymi i zawierający kamyki, gruzolki gliniane i t. p., winien być oczyszczany. W tym celu piasek taki arfuje się, t. j. przerzuca się przez arfy, a otrzymane stąd zgoniny brane są do zaprawy. Dla otrzymania piasku odpowiedniego do wypraw, zgoniny te przesiewane są jeszcze przez sita. — Piasek zanieczyszczony częściami ziemistymi może być oczyszczany przez szuflowanie, t. j. za pomocą przerzucania szuflami, przyczem części ziemiste, jako lżejsze, opadają bliżej, ziarna piasku zaś padają dalej. Arfowanie, przesiewanie i szuflowanie, daje dostatecznie zadowalniające wyniki tylko dla piasku mało zanieczyszczonego. Piasek bardziej zanieczyszczony, zwłaszcza gdy zanieczy-

szczenia mocno przylegają do powierzchni ziarn, należy oczyszczać przez mycie lub pławianie.

Z licznych przyrządów obmyślonych dla możebnie dokładnego oczyszczania piasku za pomocą arfowania i mycia zasługują na wyróżnienie:

Arfa samodziatająca, pomysłu C. Schlickeysen'a w Berlinie (Schlickeysen's automatisches Schwingsieb). Przy użyciu tego przyrządu można rozdzielić piasek na cztery gatunki, różne wielkością ziarn.

Przyrząd do mycia piasku z możebnem zaoszczędzeniem wody, pomysłu A. Gresley-Oberlin'a w Liesbergu i A. Ruge'go w Zurychu (Gresley-Ruge'sche Sand-Waschmaschine). Przyrząd ten, urządzony dla obsługi maszynowej i ręcznej, przemywa na dzień 14,5—15 m³ piasku, przy zużyciu 670—680 l wody.

Piasek zanieczyszczony częściami gliniastymi i organicznymi można też dostatecznie oczyścić przez rozżarzanie na płytach z blachy żelaznej, co może być uskuteczniane bez wielkiego zachodu na powietrzu wolnem, na miejscu budowy.

Piaski napotymane w przyrodzie nigdy nie są całkiem czyste i nigdy nie składają się z ziarn jednakowej wielkości. Piaski rzeczne jednak są zazwyczaj o tyle czyste, iż nie wymagają sztucznego oczyszczania. Ilości stosunkowe ziarn różnych wielkości można oznaczyć, przesiewając pewną starannie odmierzoną ilość danego piasku przez sita o rozmaitej liczbie oczek na jednostkę kwadratową.—Przez skrócenie oznacza się liczebnie wielkość ziarn danego piasku za pomocą ułamku, przyczem licznik tego ułamku wyraża liczbę oczek na 1 cm² sita, przez które dany piasek przechodzi całkiem, mianownik zaś — liczbę oczek na 1 cm² sita, przez które dany piasek nie przechodzi wcale. W ten sposób wyrażenie: „piasek $\frac{120}{240}$ “ oznacza, że dany piasek przechodzi całkiem przez sito o 120 oczkach na 1 cm², lecz nie przechodzi wcale przez sito o 240 oczkach na 1 cm².

Inż. Jelenkin stwierdził, że piasek wiślany pod Warszawą zawiera: około 12⁰/₀ piasku $\frac{60}{120}$, około 30⁰/₀ piasku $\frac{120}{240}$, około 34⁰/₀ piasku $\frac{240}{480}$ i około 24⁰/₀ piasku $\frac{480}{900}$.

W celu oznaczenia wpływu wielkości ziarn piasku na wytrzymałość zaprawy, Jelenkin przeprowadził szereg doświadczeń nad zaprawami z wapna częstochowskiego i dąbrowskiego, do których oprócz czterech podanych powyżej gatunków piasku, otrzymanych przez przesiewanie piasku wiślanego, brał także piasek wiślany naturalny, nieprzesiany, oraz mieszaninę piasku $\frac{60}{120}$ z piaskiem $\frac{120}{240}$ i wreszcie piasek bardzo miękki, pylasty. Wyniki tych doświadczeń podamy poniżej; tu ograniczymy się na zaznaczeniu, zgodnie z wynikami badań Jelenkina, że piasek wiślany pod Warszawą jest przeważnie średnioziarnisty, że wytrzymałość zapraw przy użyciu piasku $\frac{480}{900}$ i piasku naturalnego wiślanego nieprzesianego okazała się stosunkowo największą i że wskutek tego piasek wiślany może być brany do zapraw w stanie naturalnym bez przesiewania.

2) Woda. Woda do zaprawy winna zadość czynić tym samym warunkom, jak woda do gaszenia. Najodpowiedniejszą do zaprawy jest woda rzeczna i deszczowa; mniej odpowiednią zaś woda studzienna. Woda zawierająca znacz-

niejsze ilości związków chloru, sole, oraz związki amonu, kwasy, kwas węglany, jest nieodpowiednią do zaprawy.

3) Ilości stosunkowe piasku i ciasta wapiennego. Ilość stosunkowa piasku i ciasta wapiennego ma znaczny wpływ na dobroć, trwałość i wytrzymałość zaprawy powietrznej. Stosunek ilości piasku do ilości ciasta wapiennego zależy głównie od stopnia tłuściości wapna, od wielkości ziarn piasku i od przeznaczenia zaprawy. Im tłuściejszem jest wapno, tem więcej wymaga piasku. W celu oznaczenia ilości stosunkowych piasku i ciasta wapiennego do zaprawy, przyjmuje się za zasadę, że ciasto wapienne winno otoczyć każde ziarnko piasku cienką powłoczką, oraz szczelnie zapełnić wszelkie przestrzenie wolne pomiędzy ziarnkami piasku. Objętość tych przestrzeni wolnych można oznaczyć napełniając piaskiem wilgotnym naczynie, którego objętość dokładnie jest znana i dolewając tyle wody, ile wsiąknąć może w dany piasek. Objętość tej wody dolanej jest oczywiście równa objętości przestrzeni wolnych pomiędzy ziarnkami piasku.

Dokładniej jeszcze można tę objętość oznaczyć za pomocą przyrządu, zwanego *psammometrem* (*piaskomierzem*), pomysłu H. Hauenschild'a.

Objętość przestrzeni wolnych pomiędzy ziarnkami piasku jest oczywiście zależną od wielkości ziarn i jest tem większą, im większemi są ziarna. Za pomocą licznych doświadczeń stwierdzono, że zależnie od wielkości ziarn, objętość przestrzeni wolnych pomiędzy ziarnami wynosi od 30 do 50⁰/₀ całej objętości piasku. W piasku normalnym berlińskim objętość ta wynosi 31,35⁰/₀, w piasku z Dunaju 32,59⁰/₀. Piasek wiślany, o ile nam wiadomo, nie był badany za pomocą psammometru; z obliczeń i doświadczeń jednak, przeprowadzonych przez inż. Jelenkina, daje się wyprowadzić wniosek, że objętość przestrzeni wolnych w piasku wiślanym wynosi około 35,7⁰/₀ całej objętości piasku.

Stosunek ten, jako oparty tylko na obliczeniu przybliżonem, nie może być uważany za dostatecznie dokładny.

Ponieważ ciasto wapienne winno szczelnie zapełniać wszystkie przestrzenie wolne pomiędzy ziarnami piasku, przeto stosunek objętości tych przestrzeni wolnych do całej objętości piasku, wyraża szukany stosunek objętości ciasta wapiennego do objętości piasku w zaprawie. Jeżeli objętość ciasta wapiennego jest znacznie większą od objętości przestrzeni wolnych pomiędzy ziarnami piasku, to zaprawa podczas wysychania kurczy się nadmiernie i pęka; z tego powodu w praktyce przyjmuje się dla zaprawy z wapna tłuścigo 1 : 2 jako największy stosunek ciasta wapiennego do piasku. Jeżeli zaś objętość ciasta wapiennego jest znacznie mniejszą aniżeli objętość przestrzeni wolnych pomiędzy ziarnkami piasku, to ziarnka piasku nie łączą się z sobą dostatecznie mocno, a wskutek tego wytrzymałość zaprawy, po wyschnięciu, jest stosunkowo małą; to też w praktyce, dla zwykłych zapraw murowych, przyjmuje się 1 : 4 jako najmniejszy stosunek ciasta wapiennego do piasku.

Zaprawy zawierające za wiele ciasta wapiennego zwane są *tłustemi*, zawierające zaś za mało ciasta wapiennego, czyli za dużo stosunkowo piasku, zwane są *chudemi*.

Dr. Ziurek na podstawie licznych doświadczeń twierdzi, że ilości piasku i ciasta wapiennego winny być oznaczone w ten sposób, ażeby zaprawa po wy-

schnięciu zawierała 13—15⁰/₀ wodoru wapnia. Przy użyciu wapna z Rüdersdorfu warunkowi temu czyni zadość zaprawa o stosunku 1 : 3.

Z badań prof. Manger'a nad zaprawami powietrznymi podajemy następujące wyniki:

a) Wytrzymałość zaprawy powietrznej jest zależną nie tylko od jej wieku i ilości stosunkowej składników, lecz także od szczelności przylegania ziarenek piasku do siebie i do powierzchni kamieni. Im szczelniej ziarnka piasku przylegają do siebie, tem większemi są powierzchnie przylegania i tem mniejszemi są przestrzenie wolne pomiędzy ziarnkami. Stąd wynika, że w zaprawie mocno ściskanej, ilość ciasta wapiennego może być stosunkowo znacznie mniejszą, aniżeli w zaprawie mało obciążonej. Zdaniem prof. Manger'a przy silnem ściskaniu stosunek ten może wynosić 1 : 14, przyczem zaprawa taka po 2-ach latach przekształca się na piaskowicę mocny, o spoiwie wapnistem. Tem się tłumaczy dostateczna moc cegieł wapnolitych i murów wapnolitych, przy bardzo małym stosunku ilościowym ciasta wapiennego do piasku.

b) Do murów zwykłych nadziemnych z cegły, jako stosunek przeciętny na objętość ciasta wapiennego do piasku przyjąć należy 1 : 3, jako stosunek największy 1 : 1¹/₄, jako stosunek najmniejszy 1 : 4. Zaprawę o stosunku przeciętnym 1 : 3 uważać należy za najodpowiedniejszą; przy użyciu takiej zaprawy mur jest dostatecznie wytrzymały i trwały. Przy stosunku większym od przeciętnego, zaprawa zyskuje na wytrzymałości, lecz tęższe zbyt powoli i przytem odkształca się. Przy stosunku mniejszym od przeciętnego, zaprawa ma wytrzymałość mniejszą, lecz tęższe prędzej.

c) W murach podziemnych jako stosunek dostatecznie wielki przyjąć można 1 : 3, jako stosunek zaś przeciętny 1 : 4. Stosunki te są mniejszemi aniżeli w murach nadziemnych, raz dla tego, że kwas węglany ma przystęp utrudniony do zaprawy znajdującej się pod ziemią, wskutek czego zaprawa ta powolniej tęższe i powtórze dla tego, że zaprawa w murach podziemnych znajduje się zazwyczaj pod znacznem ciśnieniem wywieranem przez mury nadziemne, wskutek czego ilość ciasta wapiennego w tej zaprawie może być stosunkowo mniejszą.

d) Do murów z wielkich kamieni ścisłych, zbitych, należy używać zaprawy chudej, t. j. zawierającej stosunkowo więcej piasku, aniżeli do murów z cegły lub kamieni porowatych, a to z powodu, że i w tym wypadku, kwas węglany ma przystęp utrudniony, gdyż może się dostawać do zaprawy tylko przez spoiny, a nadto z powodu, że wielkie kamienie zbite, już przez swój ciężar własny, wywierają znaczne ciśnienie na zaprawę.

Z doświadczeń inż. Jelenkina, przeprowadzonych z zaprawami z wapna częstochowskiego i dąbrowskiego, przy użyciu piasku wiślanego, wynika, że dobre zaprawy murowe otrzymuje się przy stosunkach na objętość ciasta wapiennego do piasku: 1 : 2,5, 1 : 3 i 1 : 3,5. Najodpowiedniejszym ze względu na wymagania praktyki okazał się i w tych zaprawach stosunek 1 : 3.

W zaprawach z wapna chudego stosunki te są znacznie mniejszemi i wynoszą od 1 : 1¹/₂ do 1 : 2, a to z powodu, że wapno chude zawiera w sobie ciała, które w zaprawie wywierają taki sam wpływ jak piasek.

Zaprawy do wypraw (tynków) winny zawierać mniejszą ilość piasku aniżeli zaprawy do murów. Najczęściej w zaprawach takich ilości stosunkowe ciasta wapiennego do piasku wynoszą na objętość od 1 : 1 $\frac{1}{2}$ do 1 : 2.

Ponieważ od dokładnego zachowania właściwego stosunku wapna do piasku zależy w stopniu wysokim dobroć zaprawy, przeto obmyślono liczne przyrządy, służące do mierzenia objętości tych składników. Przy budowie tunelu na linii Altkirchen-Au zastosowano w tym celu wózki wąskotorowe wywrotowe (kolebkowe), o dwóch nierównych przedziałach, których objętości odpowiadały ściśle objętościom wapna i piasku. — Istnieją też przyrządy samodiałające do mierzenia objętości wapna i piasku, połączone z maszynami do przygotowywania zapraw; przyrządy te jednak nie znalazły większego rozpowszechnienia.

4) Ilość wody. Ilość wody dodawanej do zaprawy jest zależną głównie od gatunku kamieni, z których mur jest wznoszony. Do murów z cegły lub z kamieni porowatych zaprawa winna być dostatecznie rzadką, prawie ciekłą; przy użyciu takiej zaprawy bowiem, woda w niej zawarta, wsiąkając w pory cegły lub kamienia, przenosi najdrobniejsze cząstki ciasta wapiennego, przez co zwiększa się spójność pomiędzy cegłą lub kamieniem a zaprawą. Błędem jest natomiast dodawanie do zaprawy zbyt znacznej ilości wody, tak, że woda gromadzi się na powierzchni zaprawy, gdyż w tym wypadku, zwłaszcza przy większej przymieszce piasku, zaprawa przestaje być plastyczną, a tem samem traci siłę wiążącą. — Do murów z kamieni ścisłych, nieprzepuszczalnych, zaprawa winna być gęstą, gdyż w tym wypadku, woda nie wsiąka w kamień, lecz ulatnia się stopniowo jedynie wskutek parowania. Okoliczność tę należy mieć na uwadze głównie przy wznoszeniu murów z klinkrów.

5) Wydajność zaprawy. Wydajność zaprawy, t. j. ilość zaprawy otrzymanej z danych ilości ciasta wapiennego i piasku, jest na objętość mniejszą od objętości składników. Dr. Ziurek, mieszając na objętość 1 cz. piasku z 3 cz. ciasta wapiennego, otrzymał 2,5 cz. zaprawy; mieszając zaś 1 cz. piasku z 2,5 cz. ciasta, otrzymał 2,2 cz. zaprawy. Do doświadczeń tych brał ciasto wapienne o ciężarze właściwym 1,308 i piasek o ciężarze właściwym 1,154; ciężar właściwy otrzymanej zaprawy wynosił 1,961. — Inż. Jelenkin, mieszając na objętość 1 cz. ciasta wapiennego z wapna częstochowskiego o ciężarze właściwym 1,414 i dąbrowskiego o cięż. właśc. 1,425 z 3 cz. piasku wiślanego, otrzymał 3 cz. zaprawy; mieszając zaś też składniki w stosunku 1 : 2,5 otrzymał 2,6 cz. zaprawy. To zmniejszanie się objętości zaprawy, w porównaniu z objętością jej składników, jest po części następstwem wchłaniania kwasu węglanego, nagromadzonego pomiędzy ziarnkami piasku, przez wodan wapnia, znajdujący się w cieście wapiennem, przyczem wydziela się węglan wapnia w postaci ciała stałego.

Hauenschild, biorąc pod uwagę, że objętość piasku po zmieszaniu z wapnem gaszonym jest mniejszą aniżeli piasku luźno nasypanego i że na miejscu budowy pewna ilość piasku ginie bezużytecznie, radzi liczyć w praktyce na objętość: 3 cz. zaprawy na 4 cz. piasku. Przy tej normie wypada, że mieszając na objętość 1 cz. piasku z 3 cz. ciasta wapiennego, otrzymuje się 2,25 cz. zaprawy; mieszając zaś 1 cz. piasku z 2,5 cz. ciasta wapiennego, otrzymuje się 1,9 cz. zaprawy.

6) Mieszanie ciasta wapiennego z piaskiem. Dokładne, ścisłe, zmieszanie ciasta wapiennego z piaskiem, jest jednym z najgłówniejszych warunków dobroci zaprawy. Przy dokładnem mieszaniu, ciasto wapienne rozdziela się na warstewki

bardzo cienkie, zapełnia szczelnie wszystkie przestrzenie wolne pomiędzy ziarnkami piasku i otacza każde ziarnko cienką powłóczką. Mieszanina, w ten sposób otrzymana, ma wygląd masy zupełnie jednorodnej, mającej jednostajną barwę i jednostajną gęstość. Przy przecinaniu mieszaniny tej gracą, nie powinny być widoczne smugi wapienne, ani gruzolki wapienne, ani też swobodne ziarna piasku. Jeżeli więc w zaprawie widoczne są gruzolki lub smugi wapienne, to zaprawa niewątpliwie źle przygotowaną została.

Piasek należy dodawać tylko do wapna już całkiem zgaszonego. Dodawanie piasku do wapna podczas gaszenia jest niewłaściwym, gdyż wsypanie piasku do skrzyni wapiennej wpływa na obniżenie temperatury podczas gaszenia, a tem samym szkodliwie oddziałuje na przebieg gaszenia. W zaprawie, w ten sposób przygotowanej, znajdują się zawsze cząstki wapna niezupełnie zgaszone, które są przyczyną, że zaprawa taka, zwłaszcza gdy zbyt prędko brana jest do robót, podlega w murze zmianom objętości, mogącym szkodliwie oddziaływać na wytrzymałość i trwałość budowli.

Zaprawę należy przygotowywać tylko w takiej ilości, jaka jest potrzebną do robót w danym dniu. Jeżeli wyjątkowo zachodzi konieczność przechowania zaprawy do dnia następnego, to należy zabezpieczyć zaprawę od ulatniania się wody i od wpływu kwasu węglanego, przez przykrycie piaskiem, matami, deskami lub t. p.

Zaprawa przygotowuje się zazwyczaj ręcznie, przez robotników silnych i odpowiednio w tej czynności wyćwiczonych. Przy robocie ręcznej, dokładność mieszaniny jest oczywiście zależną głównie od zręczności i wprawy robotnika. W celu zapobieżenia tej niedogodności, zaprawa, zwłaszcza przy budowlach większych, przygotowywana bywa także za pomocą umyślnie w tym celu budowanych maszyn, przyczem mieszanie bywa dokładniejszym, zaprawa zaś tańszą, aniżeli przy robocie ręcznej. O ważniejszych typach takich maszyn podana jest wzmianka na końcu niniejszego rozdziału.

Przy robocie ręcznej, rozrzedza się najprzód nieco ciasto wapienne wodą i posypuje się je piaskiem, poczem ubija się je stępą drewnianą, dla rozmiękczenia wapna, wreszcie dosypuje się piasek stopniowo, przy ciąglem ugniataniu i mieszaniu masy.

Inny sposób przygotowywania zaprawy polega na tem, że na ciasto wapienne rozrzedzone, ciska się z pewnej odległości piasek szuflami, przyczem każde ziarnko piasku, opadając wskutek swej ciężkości, otacza się powłóczką wapna. — Po dodaniu w ten sposób całej ilości piasku, masa daje się dokładnie i łatwo przerabiać gracą.

W niektórych okolicach istnieje zwyczaj, że ciasto wapienne, tylko powierzchniowo zmieszane z piaskiem za pomocą szuflki, oddaje się mularzowi, który po dodaniu wody, sam przygotowuje sobie zaprawę. Zwyczaj ten jest wielce niewłaściwym, gdyż zaprawa, w ten sposób przygotowana, nie przedstawia nigdy dokładnej mieszaniny ciasta wapiennego z piaskiem.

Do przerabiania zaprawy używane są najczęściej zwykłe grace wapienne; korzystniejszymi jednak do tego celu są grace, w których łopatka płaska, tworzy z trzonem kąt ostry około 45°.

Przygotowywanie ręczne zaprawy wymaga nie tylko znacznej zręczności i wprawy, lecz także siły. Jeden robotnik silny i dostatecznie wprawny, przy pomocy jednego najemnika, może przygotować zaprawę potrzebną na jeden dzień dla 20 mularzy.

3. Własności ogólne zaprawy powietrznej.

1) *Tężenie*. Zastosowanie ciasta wapiennego jako zaprawy opiera się na tej jego własności, że zmieszane z wodą i piaskiem, i wystawione następnie na działanie powietrza, stopniowo wysycha, a pochłaniając przytem z powietrza kwas węglany, przekształca się na ciało twarde, wytrzymałe i odporne na wpływy czynników atmosferycznych. W przebiegu tężenia zaprawy powietrznej rozróżnić można dwa okresy: *wiązanie się* zaprawy i jej *twardnienie*.

Wiązanie się czyli *krzepnięcie* (fr. prise; n. Abbinden, Anziehen) polega na tem, że zaprawa, która w chwili użycia jest masą ciastowatą, nawpół ciekłą, przekształca się stopniowo na ciało stałe, lecz jeszcze miękkie i dające się w palcach rozcierać. To przekształcenie jest czysto mechaniczne, gdyż jest wyłącznie następstwem wysychania zaprawy. Wskutek ulatniania się wody bowiem, spójność cząstek mialkich wapna gaszonego zwiększa się i to tak znacznie, że nawet przymieszka sześciokrotnej na wagę ilości piasku, spójności tej zniweczyć nie może. Przez wysychanie zaprawy powstaje przeto spójność cząstek wapna pomiędzy sobą, oraz wiązanie się ich z powierzchniami ziarn piasku i kamieni. Wapno gaszone bez przymieszki piasku zachowuje się pod tym względem tak samo jak zaprawa, t. j. krzepnie w miarę wysychania.—Przebieg wiązania się zaprawy, umieszczonej na podstawie przepuszczalnej, np. na cegle palonej, jest znacznie prędszy, aniżeli na powietrzu.—Dzięki wiązaniu się, zaprawa w stosunkowo krótkim czasie tężęje o tyle, że zapewnia murowi pewną wytrzymałość na ściskanie.

Twardnienie zaprawy (fr. durcissement; n. Erhärtung) jest działaniem chemicznem, gdyż jest następstwem pochłaniania przez zaprawę kwasu węglanego z powietrza, przyczem zaprawa, przekształcając się na węglan wapnia, tworzy ciało wytrzymałe, twarde, kamieniste. Przebieg twardnienia jednak jest znacznie powolniejszy aniżeli przebieg wiązania się zaprawy.

Najprędzej twardnieją te części zaprawy, które znajdują się w bezpośrednim zetknięciu z powietrzem. To też w warunkach zwykłych, przy zastosowaniu zaprawy do murów, można zauważyć, że najprzód twardnieją warstwy zewnętrzne zaprawy, następnie warstwy, które są w zetknięciu z powietrzem za pośrednictwem szpar, rys, lub kanalików, a w końcu dopiero części wewnętrzne zaprawy. Im grubszy jest mur, tem powolniejszym jest przeto twardnienie zaprawy w częściach środkowych, a znane są przykłady, że zaprawa we wnętrzu murów bardzo grubych, nawet po stuleciach była niezupełnie stwardniałą. Okoliczność ta stanowi jedną z przyczyn, dla których zaprawa w budynkach nowych nie może być tak wytrzymałą jak w budynkach starych.

Zachowywanie się zaprawy wapiennej względem kwasu węglanego i przebieg twardnienia zaprawy były w czasach nowszych przedmiotem licznych badań zwłaszcza Vicat'a, Wolters'a i Knapp'a, Fuchs'a, Minard'a, Villeneuve'a, Roché'go,

Berthier'a, Rivot'a, Chatoney'a, Szulaczenki, Bauer'a, Wallace'a, Schrötter'a, Latzko, Petzhold'a, Winkler'a, Jelenkina, Dmitriewa i innych. Dawniej już znanym był fakt, że przy temperaturze zwykłej ani suchy tlenek wapnia, ani suchy wodań wapnia, nie pochłaniają kwasu węglanego. Cenne doświadczenia Wolters'a, przeprowadzone pod kierunkiem F. Knapp'a, udowodniły ponownie, że zupełnie suchy wodań wapnia i całkiem suchy kwas węglany nie oddziałują wcale na siebie i że pochłanianie kwasu węglanego przez wodań wapnia może nastąpić tylko przy obecności wody, przyczem woda winna występować w postaci cieczy, a nie w postaci pary. — Z tychże doświadczeń wynika, że pochłanianie kwasu węglanego, przez zaprawę wapienną, następuje dopiero w miarę wysychania zaprawy. Świeża zaprawa wapienna, zawierająca normalną ilość wody, pochłania nie więcej aniżeli $\frac{1}{2}$ % kwasu węglanego, nie może przeto stwardnieć. Dopiero w miarę wysychania zaprawy, ilość pochłanianego kwasu węglanego zwiększa się i to nie proporcjonalnie do ilości ulatniającej się wody, lecz w stosunku znacznie większym; przyczem pochłanianie kwasu węglanego jest powolnym i stopniowym, gdy wysychanie jest powolnym; prędkiem zaś — gdy wysychanie jest prędkiem. Pochłanianie kwasu węglanego jest przeto głównie zależnym od ilości wody zawartej w zaprawie; obfitość zaś kwasu węglanego w atmosferze otaczającej ma tylko znaczenie drugorzędne. Wolters twierdzi, że najchciwiej pochłaniany jest kwas węglany przez zaprawę zawierającą około 1% wody niezwiązanej chemicznie, a Vicat dowiódł nadto, że pochłanianie kwasu węglanego przez zaprawę wapienną jest tem znaczniejszem, im mniej gładką jest powierzchnia zaprawy.—Pochłanianie kwasu węglanego, samo przez się, nie wywołuje spójności w zaprawie; skoro jednak zaprawa już nabędzie pewnej spójności wskutek wysychania, to kwas węglany, wiąże cząstki wapna w jedną twardą i wytrzymałą masę, która mocno przylega do ziarn piasku i powierzchni kamieni.

Zgodnie z temi wynikami doświadczeń Wolters'a, przebieg tężenia zaprawy wapiennej jest następujący: Najprzód zaprawa tylko wysycha, przyczem spójność cząstek wapna zwiększa się, czyli zaprawa wiąże się. Podczas tego okresu tężenia pochłanianie kwasu węglanego jest nieznacznym i nie ma wpływu widocznego na przebieg tężenia. Następnie jednak, w miarę ulatniania się wody, ilość pochłanianego kwasu węglanego znacznie się zwiększa, a jednocześnie zwiększa się wytrzymałość i twardość zaprawy. Ostatni okres wysychania jest zarazem chwilą ostatecznego stwardnienia zaprawy i przekształcenia się jej na kamienisty węgiel wapnia. To tworzenie się kamienistego węgla wapnia jest możebne tylko wtedy, gdy zaprawa przebyła już okres wiązania się i gdy zatem cząstki wapna są już do siebie zbliżone. Korzystnie oddziałują przytem zazwyczaj ciśnienie wywierane przez warstwy górne muru, gdyż pod wpływem tego ciśnienia cząstki wapna bardziej do siebie się zbliżają, co przyspiesza i ułatwia twardnienie zaprawy.—Ponieważ w zaprawie znajduje się woda wapienna, przeto po ulotnieniu się wody, wydziela się wodań wapnia w postaci drobnych kryształków, które przylegając do powierzchni kamieni, mogą także przyczynić się do zwiększenia siły wiążącej zaprawy.

Dmitriew, na podstawie doświadczeń własnych, stwierdził również, że wytrzymałość zaprawy jest stosunkowo największą, a twardnienie jej najprędzem,

gdy wiązanie się chemiczne zaprawy wilgotnej, nie zupełnie suchej, z kwasem węglanym następuje jednocześnie z wysychaniem zaprawy i krystalizacją wodoru wapnia i gdy woda, wydzielająca się przy tworzeniu się węglanu wapnia, może swobodnie ulatniać się. Skoro natomiast zaprawa wyschnie przed pochłonięciem kwasu węglanego, to wytrzymałość zaprawy będzie małą, gdyż zaprawa utworzy masę kruchą. Taka zaprawa, poddana następnie działaniu kwasu węglanego, nie osiąga już należytej wytrzymałości.

Ciasto wapienne, bez przymieszki piasku, zachowuje się pod względem tężenia tak samo jak zaprawa. Przymieszka piasku jednak czyni zaprawę porowatą, ułatwia więc pochłanianie kwasu węglanego, a tem samym przyspiesza przebieg twardnienia. Z tego powodu zaprawa zbyt tłusta jest mniej odpowiednią, zwłaszcza do wnętrza murów grubych. Jeżeli zamiast piasku dodaje się do wapna gaszonego mąkę marmurową, okruszy wapienne i t. p., to zaprawa twardnieje prędzej i równomierniej.

Wytrzymałość zaprawy jest zależną głównie od przekształcenia się wapna gaszonego na węglan wapnia. Przy użyciu do zaprawy piasku kwarcowego zawierającego okruszy skał feldspatowych, może wprawdzie utworzyć się w zaprawie krzemionka galaretowata, lecz dla ostatecznej wytrzymałości i twardości zaprawy ma to znaczenie tylko drugorzędne. Gatunek piasku ma przeto tylko niewielki wpływ na wytrzymałość zaprawy, o ile piasek jest czysty i niewietrzejący.

Petzhold doszedł drogą doświadczeń do wniosku, że przy obecności wody, wodoru wapnia oddziaływa na piasek kwarcowy, przyczem tworzy się niewielka ilość krzemianu wapnia. Tem starają się tłumaczyć stwierdzoną niejednokrotnie obecność w starych zaprawach powietrznych krzemionki rozpuszczalnej w kwasach, której ilość bywa jednak bardzo różną. Na podstawie badań nowszych zaprzeczono możności rozpuszczania piasku kwarcowego przez wodoru wapnia i stwierdzono, że krzemian wapnia tworzy się w zaprawie tylko przez oddziaływanie wodoru wapnia na części rozpuszczalne, feldspatowe, piasku.

Jakkolwiek badania, o których mowa, stwierdziły w sposób niewątpliwy, że przez działanie wodoru wapnia na piasek kwarcowy zawierający okruszy skał feldspatowych, może przy obecności wody utworzyć się krzemionka galaretowata (rozpuszczalna), to jednak nie wynika stąd bynajmniej, ażeby krzemionka galaretowata napotykana w starych zaprawach jedynie w ten sposób powstała. Winkler twierdzi, że w największej liczbie wypadków, krzemionka galaretowata, znajdująca się w starych zaprawach, powstała najprawdopodobniej wskutek użycia do zaprawy wapna palonego zawierającego glinę i utworzyła się już podczas wypalania wapna. Możliwym jest także, jak sądzi Feichtinger, że w miejscach styczności zaprawy z cegłą powstaje chemiczne oddziaływanie wodoru wapnia na cząstki cegły, powodujące tworzenie się krzemianu wapnia; wiadomem jest bowiem, że krzemiany łatwo podlegające działaniu wodoru wapnia, jak np. ziemia pucolanowa, tras, mączka ceglana i t. p., dodane do zaprawy wapiennej, przekształcają ją na zaprawę wodotrwałą.

Te przemiany chemiczne wywierają wpływ niewątpliwie korzystny na przebieg twardnienia zaprawy i są jedną z przyczyn znacznej wytrzymałości zapraw starych; niemniej jednak nie należy czynnika tego przeceniać, gdyż wpływ tworzenia się krzemianu wapnia na przebieg twardnienia zaprawy powietrznej ma znaczenie tylko drugorzędne. Wiadomo z doświadczenia, że przy użyciu piasku wapiennego, zamiast kwarcowego, można otrzymać zaprawę, która po pewnym czasie przekształca się również na masę twardą, kamienistą, wytrzymałą, pomimo, że w tym wypadku tworzenie się krzemianu wapnia jest oczywiście niemożliwe.

Rozpowszechnione mniemanie jakoby przyczyną znacznej wytrzymałości zapraw starych i mocnego ich przylegania do powierzchni kamieni była wyjątkowa dobroć pierwotna tych zapraw, jest bezwarunkowo błędem. Badania nad zaprawami starymi udowodniły, że były one przygotowywane najprawdopodobniej w taki sam sposób jak obecnie i że pod względem ilości

stosunkowej piasku i ciasta wapiennego nie różnią się od zapraw nowszych. Rzeczywistą więc przyczyną znacznej wytrzymałości zapraw starych jest jedynie ich wiek. Wystawione przez stulecia na działanie powietrza doszły do wysokiego stopnia stwardnienia, przyczem tworzenie się krzemianu wapnia nie pozostało bez wpływu na ich ostateczną wytrzymałość. Po kilkuset latach zaprawy dobre w murach obecnie wznoszonych niewątpliwie wykażą wytrzymałość taką samą, jaką mają obecnie zaprawy w murach wzniesionych temu kilka wieków.

Zaznaczyliśmy już powyżej, że dla stwardnienia zaprawy niezbędną jest obecność pewnej ilości wody i że zaprawa staje się tem wytrzymalszą im powolniej ulatnia się z niej woda, przyczem przebieg jednoczesny wysychania i twardnienia winien być możeżnie długotrwały. Zaprawa, która zbyt prędko wysycha, nie może nabrać dostatecznej wytrzymałości, lecz staje się kruchą i rozsypuje się na piasek. Tem tłumaczą się następujące zjawiska, zauważane często przy robotach mularskich: Zaprawa w murach podziemnych tęższe powolniej, lecz, przy jednakowych innych warunkach, mury podziemne mają ostatecznie większą wytrzymałość aniżeli nadziemne. Również mury wznoszone w latach wilgotnych są mocniejszymi aniżeli wznoszone w latach upalnych. Mury niezraszane dostatecznie wodą podczas wznoszenia, nie osiągają w ogóle dostatecznej wytrzymałości. Mury grube, obficie zraszane wodą, mają wytrzymałość stosunkowo większą, aniżeli mury cienkie, prędko wysychające. Mury cienkie w piętrach wyższych, wystawione na silne przewiewy powietrza i wskutek tego wysychające zbyt prędko, mają wytrzymałość stosunkowo małą. Zaprawa, której wysychanie sztucznie przyspieszone zostało, pozostaje kruchą, a tem samem mury sztucznie suszone mają wytrzymałość stosunkowo małą.

Z tego powodu osuszanie sztuczne murów, np. przez ogrzewanie, jest zawsze szkodliwe i to bez względu na gatunek paliwa. Na okoliczność tę kładziemy nacisk z powodu poglądu niektórych techników, sądzących, że ogrzewanie murów węglem kamiennym nie może mieć wpływu szkodliwego na ich wytrzymałość, a przyspiesza twardnienie zaprawy. Pogląd ten jednak jest mylnym. Podczas ogrzewania murów węglem kamiennym wydziela się wprawdzie z wytworów palenia swobodny kwas węglany, lecz wskutek zbyt szybkiego wysychania zaprawy, nie ma on wpływu na przebieg twardnienia. To też zaprawa w murach takich po wyschnięciu jest kruchą.— Przyspieszyć nieco można prawidłowe tężenie zaprawy, zwłaszcza w wyprawach (tynkach), przewietrzając pomieszczenia otoczone murami, przyczem para wodna przez prąd powietrza unoszoną jest na zewnątrz.

Przy wznoszeniu murów z kamieni suchych porowatych, jak np. z cegły palonej, należy kamienie przed zamurowaniem należycie zmoczyć, najlepiej przez zanurzenie w wodę. W razie przeciwnym bowiem kamienie pochłaniają zbyt prędko wodę z zaprawy, wskutek czego zaprawa po wyschnięciu nie ma dostatecznej wytrzymałości. Moczenia kamieni nie można zastąpić przez używanie do kamieni suchych zaprawy bardzo rzadkiej, gdyż w tym wypadku, mleko wapienne, wsiąkając w pory kamieni, przenosi ze sobą mialkie cząstki wapna, które nie mają żadnego wpływu na wytrzymałość połączenia zaprawy z kamieniem, gdy tymczasem ubytek wapna z przestrzeni wolnych pomiędzy ziarnkami piasku, oddziaływa szkodliwie na spójność zaprawy.

Błędem jest przeto oszczędzanie wody przy wznoszeniu murów, a błąd ten w czasach nowszych często bywał popełniany, ze szkodą dla wytrzymałości bu-

dynków. Ci, co starają się wznosić mury mało zawilgocone, ażeby jaknajrychlej módz mieszkania w stanie suchym wynająć, zmniejszają dobrowolnie wartość domu, a nadto narażają się na następstwa groźniejsze, w razie runięcia lub pochylenia się muru.

Zaznaczone powyżej warunki tężenia zaprawy powietrznej są jedną z przyczyn, dla których, nawet przy zastosowaniu jednakowych materiałów i jednakowych stosunków mieszaniny, można otrzymać zaprawę rozmaitej dobroci i różnej wytrzymałości.

2) *Wytrzymałość*. Wytrzymałość zaprawy powietrznej jest zależną nie tylko od gatunku i ilości stosunkowej jej składników: wapna, piasku i wody, lecz także od sposobu gaszenia wapna i przechowywania ciasta wapiennego, nadto od wielkości ziarn piasku i od wieku zaprawy.

W warunkach zwykłych i w murach nie grubszych nad $0,75\text{ m}$ ($= 2\frac{1}{2}'$), stwardnienie zupełne zaprawy następuje po latach trzech. Już po roku jednakże zaprawa osiąga około 70—80% swej wytrzymałości ostatecznej; postęp tężenia bowiem jest znacznie większy w roku pierwszym aniżeli w drugim, a w drugim większy aniżeli w trzecim.

Moc przylegania zaprawy do powierzchni kamieni łamanych i cegły jest znacznie większą aniżeli spójność części składowych zaprawy pomiędzy sobą.

Zaprawa powietrzna w murach wznoszonych podczas mrozu jest nietrwała, kruszy się i rychło traci siłę wiążącą.

a) *Wytrzymałość ciasta wapiennego (zaprawy wapiennej czystej)*, bez przymieszki piasku, jest niezmiernie małą i niemożliwą prawie do oznaczenia. To też Hoffmann zaprawę powietrzną słusznie nazywa *zaprawą niesamoistną* (n. unselbständiger Mörtel). — Według Hauenschild'a wytrzymałość na rozciąganie ciasta wapiennego, po 90 dniach tężenia, wynosi zaledwie 1 kg na cm^2 , zaś wytrzymałość na ściskanie takiegoż ciasta wapiennego nie mogła być ściśle oznaczona.

b) *Wytrzymałość na ściskanie zaprawy*. Rondelet, badając wytrzymałość na ściskanie zaprawy powietrznej otrzymał wyniki następujące: Wytrzymałość na ściskanie zaprawy z piaskiem rzeczonym, przy ciężarze właściwym zaprawy 1,63, wynosi $30,7\text{ kg na cm}^2$, zaś przy c. wł. zaprawy 1,89—41,9 kg na cm^2 ; wytrzymałość na ściskanie zaprawy z piaskiem kopalnym, przy c. wł. zaprawy 1,59, wynosi $40,7\text{ kg na cm}^2$, zaś przy c. wł. zaprawy 1,9—56,2 kg na cm^2 . Z tych wyników możnaby wyprowadzić wnioski, wymagające jednak potwierdzenia przez dalsze badania: 1) że wytrzymałość zapraw z piaskiem kopalnym jest większą aniżeli zapraw z piaskiem rzeczonym; 2) że przy jednakowym gatunku piasku, wytrzymałość zaprawy powietrznej jest w ogóle tem większą, im większym jest jej ciężar właściwy.

c) *Wytrzymałość na rozciąganie*. Według doświadczeń Hauenschild'a wytrzymałość na rozciąganie zaprawy wapiennej, przy stosunku wapna do piasku 1 : 2,5, po 90 dniach tężenia, wynosi 4 kg na cm^2 ; wytrzymałość na ściskanie zaś 16 kg na cm^2 . Według doświadczeń Michaëlis'a wytrzymałość na rozciąganie zaprawy z wapna rüdersdorfskiego, przy stosunku wapna do piasku 1 : 2, po

90 dniach tężenia na powietrzu, wynosi 10,9 kg na cm^2 , przy tężeniu zaś w piasku mokrym tylko 3,24 kg na cm^2 .

Z licznych doświadczeń inż. Jelenkina z wapnami z okolic Sulejowa, Częstochowy i Dąbrowy wynika, że wytrzymałość odnośnych zapraw, przy stosunku wapna do piasku 1 : 3, po 512 dniach tężenia na powietrzu, wynosi przeciętnie na rozciąganie 4,3 kg na cm^2 , na ściskanie zaś 22,9 kg na cm^2 . Zaznaczyć przytem należy, że te wyniki odnoszą się do zapraw otrzymanych z wapna gaszonego przez zanurzenie i zmieszanego z wodą w stosunku 850 cm^3 wody na 1 kg wapna w proszku. W taki sam sposób przygotowane zaprawy z wyżej wymienionych gatunków wapna, po 8 dniach tężenia, ujawniają wytrzymałość na rozciąganie 2,0 — 2,6, przeciętnie zaś 2,4 kg na cm^2 .

Doświadczenia przeprowadzone w pracowni mechanicznej Instytutu inżynierów komunikacyj w Petersburgu z wapnem z góry Kadzielni pod Kielcami, dały wyniki następujące: Wytrzymałość na rozciąganie zaprawy z 1 cz. wapna i 4 cz. piasku wynosiła po 4-ch miesiącach tężenia na powietrzu 4,33 kg na cm^2 , a po 6-ciu miesiącach tężenia na powietrzu tylko 3,74 kg na cm^2 (?). Wytrzymałość na rozciąganie zaprawy z 1 cz. wapna i 5 cz. piasku wynosiła po 4-ch miesiącach tężenia na powietrzu 4,05 kg na cm^2 , zaś po 6-ciu miesiącach tężenia na powietrzu 4,52 kg na cm^2 . Do doświadczeń tych przygotowano zaprawę przy użyciu piasku normalnego. Piasku tego brano do zaprawy z 1 cz. wapna i 4 cz. piasku 2000 g, zaś do zaprawy z 1 cz. wapna i 5 cz. piasku 2500 g na 1385 g ciasta wapiennego, zawierającego 500 g wapna i 885 g wody. — W celu otrzymania ciasta wapiennego z badanego wapna należy wziąć na wagę 200 cz. wody na 100 cz. wapna niegaszonego; przy gaszeniu ulatnia się skutek parowania 23 cz. wody, ciasto zawiera przeto 177 cz. wody na 100 cz. wapna.

d) *Wpływ mrozu.* Dittmar w celu zbadania wpływu mrozu na zaprawę powietrzną przeprowadził szereg doświadczeń z zaprawami przygotowanymi z ciasta wapiennego i z wapna gaszonego na sucho, przy różnych stosunkach ilościowych wapna do piasku od 1 : 1 do 1 : 9. Wapno do okazów próbnych było gaszone na dwa miesiące przed użyciem. Okazy próbne tężały przez miesiąc w pokoju i następnie przez miesiąc w piwnicy, poczem były zanurzane w wodę na 6 godzin i zamrażane sztucznie przez 3 godziny przy temperaturze stopniowo zmniejszającej się od -4° do -15° R. Po zamrożeniu okazy przechowywane były w kąpeli wodnej przez 2 godziny. — Z wyników tych doświadczeń dadzą się wyprowadzić wnioski następujące: 1) Zaprawy przygotowane z proszku wapiennego i piasku są odporniejsze znacznie na działanie mrozu aniżeli zaprawy z ciasta wapiennego i piasku. 2) Bez względu na sposób gaszenia wapna, najodporniejszymi na działanie mrozu są mieszaniny wapna z piaskiem w stosunku 1 : 3, 1 : 4 i 1 : 5. 3) W zaprawach z ciasta wapiennego i piasku mieszaniny 1 : 1 i 1 : 2 są odporniejsze na działanie mrozu aniżeli mieszaniny o stosunku od 1 : 6 do 1 : 9. 4) W zaprawach z proszku wapiennego i piasku odporność na działanie mrozu mieszanin o stosunku od 1 : 6 do 1 : 9 jest większą aniżeli mieszaniny 1 : 1 i taką samą jak mieszaniny 1 : 2.

Doświadczenia Dittmar'a są ważne głównie z tego powodu, iż stwierdziły, że odporność na działanie mrozu zaprawy powietrznej jest znacznie większą ani-

żeli powszechnie przypuszczano. Wszystkie okazy z mieszaniny ciasta wapiennego z piaskiem wytrzymały pięć zamrożeń, a wszystkie okazy z mieszaniny proszku wapiennego z piaskiem wytrzymały sześć zamrożeń. Podczas następnych zamrażeń okazy pękały; jednakże okazy z mieszaniny ciasta wapiennego z piaskiem o stosunku 1 : 3, 1 : 4 i 1 : 5 pękały dopiero podczas dwunastego zamrożenia, a okazy z proszku wapiennego z piaskiem przy takichże stosunkach ilościowych nie pękały nawet po trzynastu zamrożeniach. Pęknięcia pojawiały się stale prawie dokładnie w środku okazu. Przed pęknięciem ujawniały się różne oznaki uszkodzeń: drobne rysy, luszczenie się powierzchni, kruszenie się krawędzi i narożników. Te oznaki uszkodzeń występowały wcześniej i w stopniu wyższym w okazach z ciasta wapiennego i piasku aniżeli w okazach z proszku wapiennego i piasku. W okazach z ciasta wapiennego i piasku, uszkodzenia, o których mowa, były liczniejsze i znaczniejsze w mieszaninach o stosunkach od 1 : 6 do 1 : 9 aniżeli w mieszaninach o stosunkach od 1 : 1 do 1 : 5. Wskutek luszczenia i kruszenia się, ciężar okazów po próbach był mniejszy od pierwotnego. W okazach z proszku wapiennego i piasku, które po 13 zamrożeniach nie pękły, ubytek ciężaru wynosił: przy stosunku mieszaniny 1 : 3 — 7,5⁰/₁₀₀, przy stosunku 1 : 4 — 8,4⁰/₁₀₀, przy stosunku 1 : 5 — 5,2⁰/₁₀₀.

e) *Wpływ wieku zaprawy.* W celu zbadania wpływu wieku zaprawy na jej wytrzymałość przeprowadzono we Francji doświadczenia z zaprawami z dwóch różnych gatunków wapna, zarobionych z piaskiem gruboziarnistym i mialkoziarnistym, w stosunku 350 kg wapna na 1 m³ piasku; przyczem oznaczano wytrzymałość każdej zaprawy na rozciąganie i ściskanie po 5, 10, 15 i 20 dniach tężenia. Wyniki przeciętne tych doświadczeń podane są w tabelicy następującej:

Okres tężenia	Z a p r a w a I			Z a p r a w a II		
	Wytrzyma- łość na roz- ciąganie. kg na cm ²	Wytrzymałość na ściskanie.		Wytrzyma- łość na roz- ciąganie. kg na cm ²	Wytrzymałość na ściskanie.	
		Ciężar powo- dujący pier- wsze pęknię- cie kg na cm ²	Ciężar odpow- iadający zupelnemu zgnieceniu kg na cm ²		Ciężar powo- dujący pier- wsze pęknię- cie kg na cm ²	Ciężar odpow- iadający zupelnemu zgnieceniu kg na cm ²
od 5 do 10 dni .	0,98	5,32	9,77	0,78	2,71	5,56
„ 11 „ 15 „ .	1,06	5,00	10,04	1,32	4,35	8,44
„ 16 „ 21 „ .	1,29	6,15	12,25	—	—	—

Stwierdzono przy tychże doświadczeniach, że zaprawy z piaskiem gruboziarnistym, jako więcej porowate, twardnieją znacznie prędzej aniżeli zaprawy z piaskiem mialkoziarnistym. W początkowym okresie tężenia bowiem wyniki prób wytrzymałości, zwłaszcza na ściskanie, były stale większe dla zapraw z piaskiem gruboziarnistym aniżeli dla zapraw z piaskiem mialkoziarnistym. Po 15-tym dniu tężenia wyniki prób wytrzymałości były już prawie jednakowe dla zapraw z piaskiem gruboziarnistym i mialkoziarnistym.

Dr. Ziurek w celu poznania wpływu wieku zaprawy na jej wytrzymałość zbadał zaprawy stare, mające po 100, 250 i 300 lat. Wyniki jego doświadczeń dadzą się streścić w sposób następujący: Jeżeli wytrzymałość na ściskanie (ciężar odpowiadający zupelnemu zgnieceniu) zaprawy wapiennej, składającej się na objętość z 1 cz. ciasta wapiennego i 3 cz. piasku, świeżej i pozwoli osuszonej, oznaczymy przez 1, to wytrzymałość na ściskanie zbadanych zapraw, wziętych z różnych budynków okazała się: dla zaprawy jednorocznej = 1,18, dla zaprawy stuletniej

= 1,27, dla zaprawy 250-letniej = 2,22, dla zaprawy 300-letniej = 4,4—5,4; natomiast dla zaprawy świeżej z ciasta wapiennego i części równych gliny i piasku tylko = 0,36, a dla ciasta wapiennego czystego, świeżego, bez piasku, po stwardnieniu, tylko = 0,3.

f) *Wytrzymałość muru.* Wytrzymałość muru wzniesionego przy użyciu zaprawy jest zależną od wytrzymałości kamieni i zaprawy, a nadto od pory roku, w której mur był wzniesiony. Z doświadczeń, których wyniki zestawione są w dziale I (str. 487), oraz w rozdziale II działu niniejszego (str. 233, 242 — 243), jest widocznem że wytrzymałość muru jest zawsze mniejszą od wytrzymałości użytych doń kamieni.

3) *Rozszerzalność liniowa.* Na wytrzymałość i trwałość murów wzniesionych przy użyciu zaprawy ma też pewien wpływ rozszerzalność zaprawy pod wpływem zmian temperatury. Rozszerzalność ta, według Bruniceau'a w Paryżu, wynosi $\frac{1}{70} - \frac{1}{100} mm$ na każdy metr bieżący i stopień różnicy temperatury; jest zatem większą od rozszerzalności kamieni rodzimych i cegły, wynoszącej tylko około $\frac{1}{120} mm$.

4) *Wpływ przymieszek.* Do zaprawy powietrznej dodawane są niekiedy ciała obce, w celu polepszenia gatunku danej zaprawy, albo też w celu nadania jej własności zaprawy wodotrwałej.

Gлина dodawaną jest do zaprawy powietrznej głównie w celu zmniejszenia kosztu zaprawy. Ponieważ jednak glina nie wiąże się z wapnem, przeto taka zaprawa *gliniano-wapienna* ma bardzo małą siłę wiążącą, a posiada przytem tę własność, że użyta w miejscu wilgotnem wcale nie wysycha i sprzyja powstawaniu grzyba domowego. To też w wielu miejscowościach, używanie zaprawy gliniano-wapiennej jest słusznie wzbronione.

Pucolany naturalne i sztuczne dodawane są do zaprawy powietrznej w celu nadania jej własności zaprawy wodotrwałej, prędko wiążącej. O własnościach takich zapraw będzie mowa poniżej w ustępie o pucolanach.

Również o mieszaninach zaprawy powietrznej z cementową i gipsową będzie mowa poniżej w ustępach o cemencie i gipsie.

Wapno niegaszone, sproszkowane, dodane do ciasta wapiennego, wywołuje wiązanie się przy podniesionej temperaturze, przyczem ciasto wapienne, prawdopodobnie krystalizując się, przechodzi w stan stały i nie zmienia tego stanu nawet przy dalszem działaniu wody, tak, iż może być użyte jako zaprawa wodotrwała. Na tej własności oparte są liczne kombinacje zapraw powietrznych mieszanych, z pomiędzy których bardziej znanymi są zaprawy Lorient'a, Artus'a i Smirke'go.

Zaprawa Lorient'a, o której już w połowie zeszłego stulecia wiele pisano, była w ostatnich dziesiątkach lat przedmiotem ożywionych polemik. Można ją otrzymać mieszając na objętość 2 cz. przesianej mączki ceglanej, 2 cz. mieszaniny piasku miążkiego z taką ilością wapna gaszonego, jaka jest potrzebną dla otrzymania, z wymienionych powyżej dwóch składników i wody w dole, zaprawy nieco mniej gęstej, aniżeli zwykła zaprawa powietrzna. Do tej zaprawy dodaje się wapno niegaszone, całkiem świeże, dobrze wypalone i miążko sproszkowane, w ilości takiej samej, jak mączkę ceglana; a gdy wapno to nie jest zupełnie świeżem, to ilość jego należy odpowiednio zwiększyć.

Według innych przepisów zaprawa Lorient'a przygotowaną być może z 2 cz. wapna, 2 cz. mączki ceglanej i 3 cz. piasku, albo też z 2 cz. wapna, 3 cz. mączki ceglanej i 3 cz. piasku, przyczem do każdej z tych mieszanin dodaje się 2 cz. sproszkowanego wapna niegaszonego.

Lorient zalecał nadto dodawać do zaprawy nieco pyłu węglanego.

Hauenschild oznaczył wytrzymałość na rozciąganie zaprawy Lorient'a, przygotowanej z 1 cz. na wagę suchego wapna niegaszonego i 8 cz. piasku, w jedną godzinę po zarobieniu, na 3 kg na cm^2 .

Pomysł Lorient'a dodawania do zaprawy powietrznej wapna niegaszonego żywo poparty został w Anglii przez Roberta Smirke'go, który przeprowadził z tego rodzaju zaprawami liczne próby. *Zaprawy Smirke'go* składają się poważnie z wapna niegaszonego, świeżo wypalonego i sproszkowanego, dokładnie zmieszanego w stanie suchym z piaskiem i gruzem, przyczem mieszaninę tę, po dodaniu wody, dwóch robotników zarabia możebnie prędko na ciasto. Masę w ten sposób otrzymaną zrzuca się natychmiast z wysokich rusztowań wprost do dołów fundamentowych, gdzie należy ją wyrównać i ubić. Podczas gaszenia się wapna temperatura wzrasta umiarkowanie, a tężenie masy jest tak prędkim, że na warstwie zaprawy, bezpośrednio po wyrównaniu, można zakładać fundamenty nawet znaczniejszych budowli.

W czasach nowszych dr. Artus zalecał podobne zaprawy. *Zaprawa Artus'a* otrzymuje się, mieszając dokładnie 1 cz. dobrze gaszonego wapna z 3 cz. piasku, do której to mieszaniny, bezpośrednio przed użyciem, dodaje się $\frac{3}{4}$ cz. bardzo mialko sproszkowanego wapna niegaszonego, poczem należy całą masę ponownie dobrze przerobić. Zaprawa w ten sposób przygotowana, użyta do muru fundamentowego, już po 4-ch dniach stwardniała tak, że żelaza zaostzonego nie można było w nią wcisnąć, przyczem związała się również mocno z powierzchniami kamieni muru; a po 2-ch miesiącach zaprawa nabrała twardości kamienia.

Inną zaprawę prędko tężącą otrzymać można w sposób następujący: Do naczynia napełnionego wodą wrzuca się kilka kawałków wapna niegaszonego, przez co otrzymuje się wodę wapienną. Inne wapno niegaszone pokrapia się wodą, aż rozpadnie się na mączkę. Tę mączkę wapienną przesiewa się przez sito, poczem miesza się w stanie suchym 2 cz. wapna, 2 cz. mączki ceglanej i 3 cz. piasku i mieszaninę tę zarabia się przygotowaną poprzednio wodą wapienną. — Otrzymana w ten sposób masa, o gęstości zwykłej zaprawy powietrznej, tężęje prędko, a po stężeniu jest dostatecznie wytrzymałą. Przy znaczniejszej ilości wody wapiennej, pod wpływem powietrza zawierającego kwas węglany, wydziela się w większej ilości węglan wapnia, który działa wiążąco.

Dobrą *zaprawę bez piasku* można otrzymać mieszając 50 kg wapna gaszonego, sproszkowanego i 100 kg popiołu z węgla brunatnych, kamiennych lub z torfu. Popiół należy starannie przesiać przez gęste sito druciane. Mieszaninę tę zarabia się wodą na ciasto gęste, do którego dodaje się roztwór z 0,50 kg szkła wodnego 33-procentowego w 3 cz. wody. Całą masę należy dobrze przerobić. — Dobrą *zaprawę z piaskiem* można otrzymać, dodając do wskazanej powyżej mieszaniny wapna gaszonego i popiołu, przed zarobieniem jej z wodą na ciasto,

50 kg piasku kwarcowego czystego i postępując następnie zgodnie z podanym powyżej przepisem. — Zaprawy te twardnieją po 7—8 dniach i mogą być użyte zarówno na powietrzu, jak w wodzie.

Fuchs (1829 r.) i inni poważni badacze wyrazili bardzo nieprzychylnie zdanie o wartości zaprawy Lorient'a; Hauenschild jednak, na podstawie własnych doświadczeń, twierdzi, że przy ścisłym zachowaniu stosunku ilościowego składników, przy przestrzeganiu ażeby nadmiar wody w mieszaninie był rzeczywiście możebnie małym i przy użyciu zaprawy w okresie rozgrzewania się, zaprawa Lorient'a ujawnia wszystkie przypisywane jej dodatnie własności.

Obecnie zaprawy Lorient'a, Smirke'go, Artus'a i inne tego rodzaju, wyszły prawie zupełnie z użycia, gdyż dogodniej i taniej można otrzymać zaprawę podobnych własności, mieszając zaprawę powietrzną z cementem portlandzkim.

4. Dostawa i odbiór wapna gaszonego, piasku i zaprawy gotowej.

1) *Wapno gaszone.* Częstokroć korzystnym jest wapno potrzebne do przygotowania zaprawy powietrznej nabywać w postaci wapna gaszonego, przyczem cenę oznacza się od jednostki sześcienniej objętości wapna zgaszonego i zagnojonego w dołach. W takim wypadku dostawca zobowiązany być winien wapno gasić własnym kosztem i staraniem, przy użyciu wody przejrzystej (klarownej), czystej i wolnej od przymieszek szkodliwych i następnie wapno gaszone spuścić w doły. Odbiór takiego wapna, jak to już nadmieniliśmy powyżej (p. str. 301), winien nastąpić dopiero wtedy, gdy woda wyparuje o tyle, iż w wapnie znajdującym się w dole utworzą się rysy i pęknięcia, mające po 20—25 mm (= 0,8" — 1") grubości. Ilość i wielkość dołów winien oznaczyć prowadzący roboty, którego obowiązkiem jest też wskazać miejsca, odpowiednie dla dołów; nadto należy w umowie określić, czy dostawca wapna ma doły urządzić własnym kosztem i staraniem i czy ciąży na nim obowiązek zasypania tych dołów po użyciu wapna. Wodę potrzebną do gaszenia wapna obowiązany jest zazwyczaj dostarczyć dostawca wapna. Gaszenie wapna winno odbywać się pod nadzorem prowadzącego roboty, a to w celu zapobieżenia spaleniowi wapna, oraz przestrzegania, ażeby w doły spuszczaną była tylko masa jednolicie zabarwiona, nie zawierająca kawałków wapna niegaszonego. Ilość wody potrzebnej do gaszenia wapna oznacza się albo na wagę w stosunku $2\frac{1}{2}$ cz. wody na 1 cz. wapna palonego, albo też na objętość w stosunku $3—3\frac{1}{2}$ cz. wody na 1 cz. wapna palonego. Ciężar 1 m³ wapna gaszonego, o ile nie posiada się ściślejszych danych odnośnie danego gatunku wapna, przyjmuje się równym 1310 kg, z których przypada 800 kg na wodę i 510 kg na wodan wapnia. Odnośnie terminów dostawy należy żądać od dostawcy, ażeby w czasie, gdy jeden dół opróżnionym zostanie, inny dół z wapnem gaszonym, gotowem do użycia, był już przygotowanym. — Wapno gaszone przeznaczone do wypraw winno być dostawione zawczasu i przechowywane w dołach przynajmniej przez 3 miesiące, przyczem przez odpowiednie pokrywy winno być zabezpieczone od wpływów atmosferycznych i zanieczyszczeń (p. str. 314). Zabezpieczenie wapna niegaszonego dostawionego na plac budowy od deszczu winien skutecznie dostawca bez oddzielnego za to wynagrodzenia.

2) Piasek. Piasek dostawiany do budowy winien być kwarcowy, średnio- lub gruboziarnisty, możebnie czysty, bez wszelkich przymieszek ciał ziemistych, gliniastych lub roślinnych. Dostawa piasku skutecznia się zazwyczaj furami, przyczem na jedną furę dwukonną liczy się około 12 stóp sześć. (= 0,35 m³) piasku. Można też przyjmować piasek w skrzyniach bez dna, umyślnie na ten cel przygotowanych i mających ściśle oznaczoną objętość. Im wyższymi są te skrzynie tem lepiej osadza się w nich piasek, przyczem jednak baczyć należy, ażeby piasek wsypywany był do skrzyni tylko w stanie suchym, gdyż piasek wilgotny po wyschnięciu znacznie zmniejsza swą objętość. — Ciężar 1 m³ piasku wynosi około 1600 kg (ciężar 1 saż. sześć. piasku = 950 pudów). — Piasek, dostawiony na zasadzie umowy, winien pod każdym względem dorównywać próbkom uprzednio przez dostawcę złożonym i przez odbiorcę przyjętym; nadto piasek taki winien być w razie potrzeby przesiany i dostawiony na plac budowy w stanie gotowym do bezzwłocznego użycia. W piasku przeznaczonym do murów z cegły największe ziarna mogą co najwyżej dorównywać ziarnom grochu, a w piasku do murów z kamieni łamanych — orzechom laskowym. Piasek do wypraw wewnętrznych winien być dostatecznie ostry i miałki, do wypraw zewnętrznych zaś możebnie ostry i gruboziarnisty. — W umowie zaznaczyć należy czy piasek, który ma być dostawiony, winien być rzeczny czy też kopalnym; a jeżeli ma być kopalnym, to korzystnem jest oznaczyć miejsce, z którego piasek ma być wybrany. — Robotników potrzebnych do wymierzenia objętości piasku, oraz do usypania piasku w przyzmy, winien dostarczyć dostawca, bez oddzielnego za to wynagrodzenia.

3) Zaprawa gotowa. W czasach nowszych w wielu miastach większych powstały zakłady, często na rozległą skalę prowadzone, wyrabiające zaprawę gotową. Przy zakupie takiej zaprawy, sprawdzenie jej własności bez prób mechanicznych i chemicznych jest oczywiście trudnem. Baczyć jednak należy, ażeby w zaprawie dostawionej wodan wapnia był w warstwach cienkich możebnie równomiernie rozdzielony pomiędzy ziarnami piasku, o czem przekonać się można, przecinając w kilku miejscach zaprawę gracą, przyczem w powierzchniach przecięć nie powinny być widoczne białe cząstki wapna, ani smugi wapienne, a cała masa winna mieć całkiem jednostajną barwę i jednostajną gęstość (p. str. 326).

Ponieważ niejednokrotnie stwierdzono, że w zaprawach dostawianych przez rozmaite zakłady, w stanie gotowym do użycia, zawartość stosunkowa wapna jest mniejszą od przyobiecanej przez dostawcę i określonej umową, przeto dla oznaczenia dokładnego ilości stosunkowej wapna i piasku w danej zaprawie, można posługiwać się przyrządem obmyślonym przez d-ra Frühling'a (1884 r.).

Sposób Frühling'a opiera się na tej własności wodanu wapnia, iż rozkłada on szybko sole amoniakalne. Chcąc oznaczyć zawartość wapna w danej zaprawie, należy wykonać następujące czynności:

Naczyńko blaszane bez dna, kształtu sześcianu, o objętości dokładnie 100 cm³, ustawia się na podstawie gładkiej i napelnia się zaprawą, która ma być zbadana, przyczem baczyć należy, ażeby naczynie napelnione zostało zaprawą szczelnie, bez miejsc pustych wewnątrz. Nadmiar zaprawy, sterzcący po nad krawędziami górnymi naczynka, ścina się nożem; poczem zaprawę z naczynka przelewa się ostrożnie do butelki za pomocą leja blaszanego, a cząstki zaprawy, przylegające do ścianek naczynka i leja, zmywa się do tejże butelki roztworem salmiako-

wym, w ilości dokładnie 150 cm^3 . Po odjęciu leja zamyka się butelkę szczelnie korkiem starannie doszlifowanym i wstrząsa się nią silnie przez pewien czas, przyczem następuje dokładne zmieszanie się zaprawy z roztworem salmiakowym. Butelkę szczelnie zamkniętą pozostawia się przez czas około 15 minut w spoczynku, przyczem piasek oddziela się od cieczy, w której rozpuszczone jest wapno; niema jednak potrzeby, ażeby ciecz nad piaskiem stała się zupełnie przejrzystą. Z cieczy tej odlewa się dokładnie 100 cm^3 do zlewki szklanej, napelnionej uprzednio do połowy wodą w ilości około $400 - 500 \text{ cm}^3$ i mieszaninę tych cieczy zabarwia się na czerwono około 20-tu kroplami alkoholowego roztworu kwasu rozalowego. Następnie naczynie szklane, o którym mowa, podstawia się pod biuretę, obejmującą 200 cm^3 , napelnioną do punktu zero kwasem solnym, o pewnym stopniu gęstości, a po odkręceniu kurka wpuszcza się do naczynia szklanego kwas solny z biurety, przyczem zawartość naczynia szklanego należy ciągle mieszać. Gdy barwa mieszaniny w naczyniu szklanym zmieni się z czerwonej na słabo żółtawą, należy wstrzymać dalszy dopływ kwasu solnego i na podziałce biurety odczytać objętość kwasu solnego zużytego. Ilość centymetrów sześciennych zużytego kwasu solnego wyraża zarazem ilość kilogramów wapna, zawartego w jednym metrze sześciennym badanej zaprawy; jeżeli więc dla wywołania oddziaływania zużyto np. 130 cm^3 kwasu solnego, to w 1 m^3 badanej zaprawy znajduje się 130 kg wapna.

Ten wynik można otrzymać bez żadnych rachunków dodatkowych, gdy kwas solny ma taką gęstość, iż każdy cm^3 tego kwasu jest równoważnym $0,05 \text{ g}$ tlenku wapnia (wapna palonego, niegaszonego),

W ten sam sposób można oznaczyć zawartość części stałych w wapnie gaszonym spuszczone w doły, gdy pewną starannie odmierzoną lub odważoną ilość tego wapna podda się badaniu. Sposób ten jest dla celów praktycznych dostatecznie dokładnym, gdyż błędy w wynikach spowodowane przez czynności powyżej zaznaczone, przy starannem i umiejętnem wykonywaniu próby, nie przekraczają $\frac{1}{2}\%$.

IV. Zaprawy wodotrwałe (wodne) czyli hydrauliczne.

Zaprawy posiadające zdolność tężenia nie tylko na powietrzu lecz także w wodzie, zwane *wodotrwałemi* (*wodnemi*) albo *hydraulicznemi*, mogą oczywiście być stosowane nie tylko do budowli lądowych, lecz także do budowli wodnych. Przy użyciu *zaprawy wodotrwałej* (fr. mortier hydraulique; n. Wassermörtel, hydraulischer Mörtel) zakładanie fundamentów w wodzie jest niezmiernie ułatwione, a niektóre roboty podwodne były by wprost niemożliwymi bez użycia zaprawy wodotrwałej. Dla stężenia zaprawy wodotrwałej na powietrzu potrzebnym jest większy stopień wilgoci aniżeli dla stężenia zaprawy powietrznej; ponieważ jednak zaprawy wodotrwałe tężą bardzo szybko, a po stężeniu mają bardzo znaczną wytrzymałość, przeto przy użyciu takich zapraw, czystych lub zmieszanych z zaprawą powietrzną, można w możebnie najkrótszym czasie wznosić mury i urządzić wyprawy (tynki), posiadające najwyższy stopień wytrzymałości, o ile tylko dany mur lub wyprawa znajduje się w warunkach sprzyjających stężeniu zaprawy.

Wszystkie te własności posiada w stopniu najwyższym cement portlandzki, który też słusznie uważany jest za najdoskonalszą z zapraw wodotrwałych. Nadto, cement portlandzki może być wyrabiany niemal wszędzie, gdy tymczasem do fabrykacji innych ważniejszych zapraw wodotrwałych potrzebne są niektóre materiały, napotykanie tylko w pewnych miejscowościach.

Związki wapna z krzemionką i gliną, których znaczenie w zaprawie powietrznej jest tylko drugorzędne, mają ważność pierwszorzędą w zaprawach wodotrwałych.

Do zapraw wodotrwałych należą: 1) pucolany, 2) wapno wodotrwałe (hydrauliczne), 3) cement rzymski, 4) cement portlandzki, 5) cementy mieszane i 6) cementy pucolanowe (żuźlowe); (p. str. 302 — 306).

A) Pucolany.

Pucolanami (fr. puzzolanes; n. Puzzolanen) (p. str. 118 i 303) nazywają się pewne ciała, które domieszane w stanie sproszkowanym (zmielonym) do wapna tłustego, nadają mu własność tężenia w wodzie. Zaprawa wodotrwała w ten sposób otrzymana, zwana *zaprawą pucolanową*, tęższe wprawdzie powoli, lecz po stężeniu ujawnia znaczną wytrzymałość. Ponieważ pucolany same nie stanowią zaprawy, lecz tylko domieszane do wapna przekształcają zaprawę powietrzną na wodotrwałą, przeto zwane są także *przymieszkami wodotrwałymi (hydraulicznymi)* (fr. gangues hydrauliques; n. hydraulische Zuschläge).

Ilość stosunkowa pucolany, którą należy domieszać do wapna dla otrzymania zaprawy wodotrwałej, jest zależną głównie od stopnia tłustości danego wapna. W wapnie chudem znajdują się już ciała cementujące, t. j. wywołujące wodotrwałość zaprawy; z ciał takich napotykamy w wapnie chudem głównie glinę. W celu otrzymania przeto z wapna chudego zaprawy wodotrwałej, wystarcza mniejsza ilość pucolany, aniżeli przy użyciu wapna tłustego. Stąd wynika, że ilość stosunkową pucolany można oznaczyć tylko za pomocą doświadczenia. W tym celu pewną ilość danego wapna gaszonego miesza się i ugniata z taką ilością danej pucolany, jaka okaże się potrzebną dla otrzymania ciasta sztywnego, które następnie zanurza się w wodę. Jeżeli po 24 godzinach ciasto w wodzie nie rozpadnie się, lecz owszem jeszcze bardziej zeszywnieje, to daną mieszaninę można uważać za dobrą i oczekiwać należy, że przy zastosowaniu tych samych ilości stosunkowych wapna gaszonego i pucolany otrzyma się zaprawę, która stężeje prawidłowo i po stwardnieniu będzie dostatecznie wytrzymałą.

Pucolana przeznaczona na domieszkę do wapna winna być miałko zmielona. Dodawaną jest do wapna zamiast piasku lub też z małą przymieszką piasku, najlepiej podczas gaszenia, albo bezpośrednio po ukończeniu gaszenia. Wapno gaszone zmieszane z pucolaną należy przerabiać gracą albo ubijać tłuczkami drewnianymi, dla otrzymania masy dostatecznie sztywnej, plastycznej i całkiem jednostajnej. Zaprawę w ten sposób przygotowaną należy użyć do roboty natychmiast, lub w każdym razie tegoż samego dnia, gdyż zaprawa przetrzymana do dnia następnego sztywnieje, wysycha, traci siłę wiążącą i staje się niezdatną do użycia. Z tego powodu zaprawę pucolanową należy przygotowywać na raz tylko w takiej ilości, jaka może być natychmiast użytą do roboty.

Zaprawy pucolanowe wychodzą stopniowo z użycia i są dziś rzadziej stosowane z powodu, że dobrą zaprawę takich samych własności można dogodniej i taniej otrzymać dodając pewną ilość cementu portlandzkiego do zwykłej zaprawy powietrznej.

Własność pucolan tworzenia w połączeniu z wapnem zapraw wodotrwałych jest następstwem tej okoliczności, że wszystkie pucolany zawierają rozpuszczalne krzemiany glinu, tlenek żelaza, mangan, wapno i alkalia. Twardnienie takich zapraw wodotrwałych jest następstwem z jednej strony łączenia się tlenku wapnia z krzemionką, z drugiej strony wapna z gliną lub tlenkiem żelaza, przy udziale wody.

Rozróżniane są pucolany naturalne i sztuczne (p. str. 304).

1. Pucolany naturalne.

Do *pucolan naturalnych* należą: 1) pucolana właściwa czyli ziemia pucolanowa, 2) tras, 3) ziemia santorynowa. Oprócz tych martwic mogą jednak być używane jako przymieszki do zaprawy powietrznej wszystkie niemal skały wulkaniczne (lawy, martwica bazaltowa i t. d.), oraz niektóre niewulkaniczne (np. opal, chalcedon i t. d.).

1) *Pucolana właściwa* czyli *ziemia pucolanowa* (*pulvis puteolus*) (*martwica okruczowa*) (fr. puzzolane; n. Puzzolane, Puzzolanerde) (p. str. 118 i 303), zwana także *pucolaną neapolitańską*, jest martwicą wulkaniczną o złożeniu ziarnistym, nieco porowatym. Zawdzięcza swą nazwę miastu Puzzuoli (starożytnemu Puteoli), leżącemu w pobliżu Wezuwiusza i zatoki Neapolu, gdzie napotyka się w znacznych ilościach.

Ziemia pucolanowa wydobywana jest głównie w okolicach Neapolu. Najlepszą pucolanę dostarczają kopalnie Bacoli pod Puzzoli, których wydajność wynosi do 10 000 beczek rocznie; dobrą pucolanę wydobywa się także w kopalniach Bassano pod Torre del Greco i w Montenuovo pod Bajac. Lepsze odmiany zwane są w Neapolu *puzzolane di fuoco*, dla odróżnienia od *puzzolane dolci*, które zawierają wiele przymieszek obcych ciał ziemistych. Te ostatnie znajdują się w nieznacznej głębokości pod powierzchnią ziemi, wydobywają się nawet w samym mieście i używają się do zwykłych budowli. Barwa odmian lepszych jest ciemno-brunatna, mniej dobrych — żółta, a najgorszych — żółtawo-biała. — W okolicach Neapolu znajduje się także materiał pochodzenia wulkanicznego, złożony z okruczów pumeksu i zbitego żużlu wulkanicznego, zwany *lapilli* (p. str. 49), który domieszany do wapna daje zaprawę bardzo trwałą, używaną do bruków i odachowań domów.

W okolicach Rzymu, w górach Albaneńskich, w pagórkach południowo-wschodnich stoków gór Apenińskich i w górach Viterbo, znajduje się również ziemia pucolanowa, która, dla odróżnienia od neapolitańskiej, zwana jest *pucolaną rzymską*. Barwa jej jest przeważnie czerwonawo-fioletową, rzadziej czarną lub szarą. Ziemia ta używana jest zamiast piasku do przygotowywania zapraw niewystawionych na bezpośrednie działanie wody. Pucolana rzymska występuje naprzemian z tufem w warstwach prawidłowych, mających do 18 m grubości.

Martwice pochodzenia wulkanicznego, podobne do pucolany, znajdują się także we Francji, w Auvergne (*montagne gravenaire*) i jak to Vicat dowiódł w departamentach de l'Hérault i de l'Ardèche.

Ziemia pucolanowa podczas ogrzewania traci wodę, a w zgęszczonym kwasie solnym rozkłada się niemal zupełnie, jak to widać z następującej tablicy, w której podany jest skład chemiczny kilku odmian pucolany: 1) pucolany włoskiej według rozbioru Elsner-Stengel'a; 2) pucolany

włoskiej według Elsner-Reinhardt'a; 3) pucolany z pod Neapolu według Rivot'a; 4) pucolany z dep. de l'Hérault według Rivot'a; 5) pucolany z Auvergne (montagne gravenaire) według Rivot'a.

		1	2	3	4	5
W kwasie solnym rozpuszczalne	Krzemionka	10,24	10,25	19,5	21,0	28,2
	Glinka	9,00	2,56	9,7	10,7	2,0
	Tlennik żelaza	4,76	4,56	6,3	6,8	21,8
	Tlenek wapnia	1,90	1,58	8,0	1,5	9,0
	Tlenek magnezu	—	—	0,9	1,1	—
	Potas	} 1,50	1,50	} 2,6	3,0	1,2
	Sód		1,47			
Woda	—	—	10,2	12,1	4,1	
W kwasie solnym nierozpuszczalne	Krzemionka	48,89	49,56	32,7	33,5	25,0
	Glinka	12,27	13,79	8,1	8,2	6,7
	Tlennik żelaza	—	—	—	—	—
	Tlenek wapnia	—	—	1,2	1,3	1,3
	Potas	2,87	} 12,65	—	—	—
	Sód	6,23		—	—	—

W następującej tabelce wskazany jest skład chemiczny kilku innych odmian pucolany: 1) z St.-Paul pod Rzymem według Berthier'a; 2) z Pausilipp, barwy żółtej, według Abich'a; 3) z San Paolo według Demarchie'go i Foder'a.

	1	2	3
Krzemionka	44,5	52,80	47,66
Glinka	15,0	15,83	14,33
Tlenniki żelaza i manganu	12,0	7,57	10,33
Tlenek wapnia	8,8	3,13	7,66
Tlenek magnezu	4,7	0,84	3,86
Potas	1,4	7,66	} 4,13
Sód	4,1	2,90	
Piasek	—	—	5,00
Chlor	—	0,15	—
Woda	9,2	9,26	7,03

Ciężar właściwy ziemi pucolanowej wynosi 2,40.— Jeden hektolitr pucolany naturalnej włoskiej, miątko zmielonej i przesianej, luźno nasypanej, waży 88 kg.

Według Faujas de St. Foud można rozróżniać następujące gatunki pucolany:

- Pucolana bazaltowa*, składa się z lawy i słupienia, jest zbita i krucha.
- Pucolana lawowa*, najpospolitsza, gąbczasta, porowata, łatwo rozcierająca się.
- Pucolana pumekсова*, rzadziej napotykana, powstała z pumeksu.
- Pucolana gliniasta*, napotykana w kraterach wygasłych, składa się z masy ściślej, miękkiej, barwy czerwonej do żółto-szarej,

e) *Pucolana mieszana*, powstała przez osadzanie się w wodach odmian poprzednio wymienionych.

We Włoszech, oraz we Francyi, Anglii i Holandyi, pucolana znalazła liczne zastosowania do robót wodnych. Pucolanę rzymską zastosowano przy przebudowie domku Piotra w Kronsztadzie (1859 r.) i przy robotach w celu rozprzestrzenienia portu w Odesie (1871—1875 r.).—We Włoszech przygotowują zaprawę z wapna i pucolany w sposób następujący: Taką ilość wapna, jaka jest bezpośrednio do robót potrzebną, rozpościera się na płaszczyźnie w postaci koła. Wzdłuż obwodu tego koła sypie się pucolanę, zaś w zagłębienie stąd powstałe wlewa się tyle wody, ile potrzeba ażeby wapno rozpadło się na proszek, który następnie przez dodanie świeżej wody zamienia się na ciasto wapienne. Otrzymane w ten sposób ciasto wapienne miesza się stopniowo z pucolaną i piaskiem gruboziarnistym, poczem całą masę starannie się przerabia.

Zazwyczaj miesza się 2 cz. mąki wapiennej z 1 cz. pucolany i 1 cz. piasku, albo też 2 cz. świeżej mąki wapiennej z 3 cz. pucolany, bez dodania piasku. Ażeby zaś ze zwykłego wapna gaszonego otrzymać zaprawę wodotrwałą, dodaje się 2 cz. pucolany i nieco piasku na 1 cz. wapna, albo też 3 cz. pucolany bez piasku na 1 cz. wapna. Niekiedy do zaprawy w ten sposób otrzymanej, bezpośrednio przed użyciem, dodaje się nieco mąki wapiennej, która dobrze zmieszana z zaprawą, przyspiesza twardnienie; baczyć jednak należy, ażeby w mące wapiennej nie znajdowały się większe kawałki wapna niegaszonego, gdyż cząstki takie wapna, gasząc się następnie w murze i zwiększając przytem swą objętość, wypychają część zaprawy ze spoin.

Przy budowie dr. ż. istryjskiej i wodociągów w Istrii brano do budowy lądowych mieszaninę wapna tłustego z pucolaną włoską, przyczem mieszanina z 1 cz. wapna tłustego i 3 cz. pucolany okazała się najodpowiedniejszą.

Do przygotowania zaprawy brana być winna tylko pucolana świeża lub przechowana w sposób zabezpieczający ją od wpływów atmosferycznych, gdyż pucolana, która przed użyciem była przez czas dłuższy wystawiona na działanie powietrza, traci część swoich własności.

Mury wzniesione na zaprawie pucolanowej winny być wystawione na działanie powietrza przez 5—6 tygodni, lub co najmniej przez 8—10 dni. Przy zachowaniu tego warunku zaprawa pucolanowa tęższe następnie w wodzie szybko i w krótkim stosunkowo czasie staje się bardzo twardą i wytrzymałą. Skoro natomiast mury wzniesione na zaprawie pucolanowej wystawione będą na działanie powietrza przez czas zbyt krótki, np. tylko przez dzień lub dwa dni, to zaprawa tęższe następnie pod wodą bardzo powoli. W podobnych wypadkach stężenie należyte zaprawy utrudnionem jest szczególnie w wodach bieżących.

2) *Tras* (p. str. 119 i 304). Rzymianie odkryli w Niemczech, w okolicach miasta Bonn nad Renem, martwicę wulkaniczną gąbczastą podobną do pucolany. Czy rzymianie używali martwicy tej do budowy wodnych zamiast ziemi pucolanowej nie zostało stwierdzonem. W wiekach średnich martwica ta była używaną jako kamień budowlany, a pod koniec XVII stul. stosowaną już była ogólnie do przygotowywania zapraw wodotrwałych, najprzód w Holandyi, następnie we Francyi, Anglii i Niemczech. W 1682 r. niejaki van Santen z Holandyi miał

zbudować pierwszy młyn dla rozdrabniania tej martwicy. Zmielona, w postaci proszku, nosi nazwę *tras*, prawdopodobnie od holenderskiego wyrazu *tyras*, oznaczającego kit, spoiwo.

Martwica ta, zwana w Niemczech *martwicą nadreńską* (n. rheinischer Tuffstein), a nad Renem *duckstein*, występuje głównie w dolinach Nette i Brohl po stronie lewej Renu, w pobliżu miast Neuwied i Andernach; składa się głównie z pylastych mas, wyrzuconych na powierzchnię ziemi przez dawniejsze wulkany i spojonych następnie w twarde kamienie przez działanie wody i ciśnienia. Stąd pochodzi, że najgłębiej znajdują się kamienie twarde, stanowiące wytwory wybuchów najdawniejszych, nad nimi kamienie mniej mocne powstałe z wybuchów późniejszych, a najwyżej ogromne masy popiołu wulkanicznego, przykryte ziemią rodzajną. Grubość tych warstw bywa rozmaita, a w dolinie Brohl dochodzi do 10 m.

Kamienie warstw najgłębszych i najstarszych, zwane w handlu *prawdziwą martwicą nadreńską* (n. echter ältester Tuffstein), w stanie wysuszonym mają twardość cegły dobrze wypalonej, odłam ostrokanciasty, są porowate, barwy żółtawo-szarej, po części z odbłyśkiem niebieskawym; po zmieleniu dają proszek barwy szarej, w doknięciu ostry. Kamienie warstw średnich, zwane w okolicach doliny Brohl *knuppen*, w okolicach Andernach zaś — *tauch*, mają twardość kredy, odłam okrągławy, nie są porowate i zawierają liczne przymieszki pumeksu i łupku glinianego. Popioły wulkaniczne, stanowiące warstwy najwyższe, zwane *trasem dzikim* (n. wilder Trass), mają wygląd proszku luźnego, barwy białawo-szarej i jako przymieszka do wapna są mało cenione lub całkiem bezwartościowe.

Martwica nadreńska może być nabywaną w kawałach, ważących w przybliżeniu po 10 kg, lub w postaci proszku. Tras mielony, znajdujący się w handlu, bywa często zanieczyszczony znaczną ilością bezwartościowych popiołów wulkanicznych i dla tego tylko nabywanie w kawałach zabezpiecza odbiorcę od nadużyć. W handlu rozróżnia się martwice nadreńskie żółte, szare i niebieskie; niebieska uchodzi za najlepszą.

Tras, zarówno jak pucolna włoska, ogrzewany traci wodę, a w zgęszczonym kwasie solnym po większej części się rozpuszcza, jak to widać z tablicy, podanej na str. 344. a w której wskazany jest skład chemiczny kilku odmian trasu: 1) trasu pośledniego, żółtawo-szarego, według rozbioru Elsner'a; 2) trasu niebieskiego, najlepszego, z warstw spodnich kopalni Herfeldt'a w dolinie Brohlthal, według rozbioru Vohl'a; 3) i 4) trasów holenderskich, według Rivot'a; 5) martwicy trasowej żółtej (n. gelber Tuffstein) z kopalni Herfeldt'a, według Kyll'a; 6) martwicy trasowej szarej (n. grauer Tuffstein), z tejże kopalni, według Kyll'a; 7) martwicy trasowej niebieskiej (n. blauer Tuffstein), z tejże kopalni, według Kyll'a.

Tras nadreński, jak okazuje się z tablicy, ma składniki takie same jak cement, tylko nie zawiera prawie wcale wapna; z tego powodu mieszany bywa z wapnem.

Berthier i Fuchs na podstawie doświadczeń stwierdzili, że przy zmieszaniu trasu z wapnem tłustem i wodą, zarówno krzemionka rozpuszczona, jako też glinka, wchodzi w związki chemiczne z wapnem, przyczem tworzy się krzemian wapnia, oraz związek glinki z wapniem, przy jednoczesnem pochłanianiu wody.

Ciężar właściwy trasu = 2,3. Jeden hektolitr trasu zmielonego i luźno nasypanego waży 90 kg.

Zaprawy trasowe mają być odporne na działanie wody morskiej. Obecnie zaprawy te używane są głównie nad Renem, w Holandyi i Belgii.

		1	2	3	4	5	6	7
W kwasie solnym rozpuszczalne	Krzemionka	11,50	5,15	29,5	31,0	14,5	10,6	8,2
	Glinka	17,70	16,02	5,1	10,5	8,3	6,1	5,2
	Tlenek żelaza	11,77	3,33 *)	3,9	6,1	4,8	3,6	4,3
	Tlenek wapnia	3,15	1,25	6,5	3,0	3,5	3,6	2,2
	Tlenek magnezu	2,14	0,81	7,1	0,7	0,9	0,9	0,9
	Potas	0,29	3,52	6,4	10,0	1,8	1,2	1,3
	Sód	0,43	2,17			0,6	1,5	1,5
		Woda	7,65	12,65	12,6	7,7	2,8	5,5
W kwasie solnym nierozpuszczalne	Krzemionka	37,43	47,93	28,0	23,0	42,3	48,7	44,0
	Glinka	1,25	2,26	5,0	6,0	8,3	6,1	10,0
	Tlenek żelaza	0,57	0,48	—	—	4,6	4,9	7,1
	Tlenek wapnia	2,25	—	1,2	1,0	4,8	2,6	4,5
	Tlenek magnezu	0,27	0,50	—	—	1,3	1,0	1,6
	Potas	0,07	0,65	—	—	0,3	2,3	2,8
	Sód	1,11	1,27	—	—	0,5	1,8	1,1

*) tlenek żelaza.

Przygotowywanie zaprawy trasowej wymaga wielkiej ostrożności; głównie unikać należy nadmiaru wody, gdyż nadmiar wody ułatwia wprawdzie robotę, lecz zarazem zwalnia przebieg twardnienia i utrudnia otrzymanie masy całkiem jednostajnej. Zazwyczaj miesza się na objętość 2 cz. trasu i 1 cz. wapna tłustego, albo też 1 cz. trasu i 1 cz. wapna wodotrwałego.— Wapno, przeznaczone do danej zaprawy, rozpościera się na płaskiej, ściślej, podłodze drewnianej, ubija się starannie, oczyszcza ze wszelkich gruzolków i dobrze przerabia się gracą; następnie dosypuje się stopniowo tras, ciągle mieszając i przerabiając, aż do otrzymania masy całkiem jednostajnej. Skoro masa zeszywnieje o tyle, że nie można jej należycie przerabiać gracą, to dalsze przerabianie uskuteczni się szuflami.— Dla przygotowania ilości większych zaprawy używane są maszyny.

Dobłą zaprawę trasową z piaskiem, używaną do murów nad powierzchnią ziemi, otrzymuje się mieszając na objętość 1 cz. proszku trasowego, 1 cz. ciasta wapiennego i 1 cz. piasku mularskiego. Nadto zalecane są następujące stosunki mieszanki na objętość: 4 cz. wapna wodotrwałego, 5 cz. trasu i 5 cz. piasku; albo 1 cz. wapna, 1 cz. trasu i 4 cz. piasku; albo 2 cz. wapna gaszonego, 1 cz. trasu i 6 cz. piasku. Ta ostatnia mieszanina daje zaprawę wyborną na podrutkę dla dachówek.

Wytrzymałość zaprawy trasowej po stężeniu jest dla celów budowlanych całkiem dostateczną. Przy stosowaniu trasu z kopalni w Andernach do budowy szluz portowych w Harburgu (1877 r.) żądano, ażeby ciałka próbne kształtu sześcianu o boku 10 *cm*, przygotowane z mieszaniny na objętość 2 cz. trasu i 1 cz.

wapna tłustego, po tężeniu przez 1 dzień na powietrzu i 39 dni w wodzie o temperaturze 15°C ., miały wytrzymałość na ściskanie nie mniejszą aniżeli 17 kg na cm^2 .

W Ries pod Nördlingen w Bawaryi znajduje się martwica, używana w postaci ciosów do budowy i w postaci proszku do przygotowywania zapraw wodotrwałych. Martwica ta różni się znacznie od martwicy nadreńskiej, od ziemi pucolanowej i w ogóle od martwic wulkanicznych. Ma ona w różnych pokładach bardzo rozmaity skład; w kwasie solnym rozpuszcza się tylko nieznacznie; jest zlepieńcem, a zależnie od ilości stosunkowej składników i stopnia ich zwietrzenia, miewa rozmaite barwy: żółtawo-białą, szarawą, brunatną i t. d.

3) Ziemia santorynowa (fr. terre de Santorin; n. Santorinerde) (p. str. 304), zwana także *aspe* albo *ziemią asprońską*, jest martwicą wulkaniczną z wysp greckich Santorin (St. Erini, Ś-tej Ireny), Therasia i Aspronisi. Z wyglądu zewnętrznego jest podobną do trasy nadreńskiego i pucolany włoskiej, różni się jednak od nich tem, że daje łatwiej się rozcierać, że jest mniej ścisłą i mniej mocną, że zawiera znacznie więcej swobodnej krzemionki bezpostaciowej i że w kwasach trudniej się rozkłada.

Skład chemiczny ziemi santorynowej: krzemionki 64,45, glinki 16,45, tlenniku żelaza 3,54, tlenku wapnia 2,94, tlenku magnezu 1,52, potasu 4,34, sodu 2,33, wody 3,56.

Ciężar właściwy ziemi santorynowej = 2,37. Jeden hektolitr waży 83,3 kg.

Heider i Feichtinger dowiedli, że za pomocą pławienia dają się wydzielić z ziemi santorynowej trzy jej główne składniki: 20% pumeksu lżejszego od wody, 60% proszku miążkiego barwy jasno-szarej i 20% piasku ostrego, barwy przeważnie czarnej, po części czerwonej, żółtej i t. d., składającego się głównie z okrucichów różnych odmian obsydyanu. Własność przekształcania zaprawy powietrznej na wodotrwałą zawdzięcza ziemia santorynowa proszkowi jasno-szarem, o którym powyżej wspomniano, a właściwie zawartej w tymże proszku w znacznej ilości krzemionce bezpostaciowej.

Ziemia santorynowa z zaprawą wapienną tworzy doskonałą zaprawę wodotrwałą (*zaprawa santorynowa*), która wprawdzie dopiero po kilku tygodniach staje się odporną na działanie wody, następnie jednak twardnieje prędko, nabiera znacznej wytrzymałości i trwałości. Zaprawa ta musi pozostawać stale pod wodą, gdyż na powietrzu staje się kruchą i rozpada się na proszek. Zaprawa santorynowa oddawna używaną jest w krajach nad brzegami morza Śródziemnego, głównie do robót wodnych, a w czasach nowszych znalazła rozległe zastosowanie przy budowie portów w Tryeście, Wenecyi i Fiume.

Do murów podwodnych przygotowuje się zaprawa z 7 cz. ziemi santorynowej, 2 cz. wapna tłustego gaszonego i 7—9 cz. szabru kamiennego; do murów, które czasowo sterczą nad zwierciadło wody miesza się 6 cz. ziemi santorynowej, 2 cz. wapna tłustego i 6—7 cz. szabru kamiennego. Przy budowie portu w Fiume zastosowano z dobrym skutkiem mieszaninę: 4 cz. wapna, 11 cz. ziemi santorynowej i 1 cz. piasku.

2. Pucolany sztuczne.

Do *pucolan sztucznych* (fr. puzzolanes artificielles; n. künstliche Puzzolanen) należą: szkło wodne, żużle z pieców wielkich, glina palona, mączka ceglana, lupek alunowy palony, popiół z węgla kamiennych i brunatnych, piasko-

wiec gliniasty palony, gnejs palony i t. d. Wszystkie te ciała, zawierające krzemionkę rozpuszczalną, domieszane do wapna dają zaprawę posiadającą w stopniu większym lub mniejszym zdolność tężenia w wodzie. Że jednak skład chemiczny tych ciał jest bardzo rozmaity, przeto i stopień dobroci odnośnych zapraw wodotrwałych jest bardzo zmienny.

1) *Żużel z pieców wielkich* (fr. laitier de hauts fourneaux; n. Hohofenschlacke). *Żużle z pieców wielkich*, zmielone na proszek mialki, używane są w czasach nowszych często do przygotowywania zapraw wodotrwałych, a nadto, jak o tem poniżej będzie mowa, zalecane są także na przymieszkę do cementu portlandzkiego. Na przymieszkę do zaprawy powietrznej nadają się jednak tylko takie żużle z pieców wielkich, które ze względu na swój skład chemiczny zbliżone są do pucolan naturalnych. Żużle zawierające dużo żelaza i mało krzemionki (*żużle fryszerskie*) są nieodpowiednie na przymieszkę wodotrwałą do zaprawy powietrznej, natomiast żużle zawierające mało żelaza i dużo krzemionki (*żużle właściwe z pieców wielkich*) są przymieszką wodotrwałą bardzo skuteczną. O ile z dotychczasowych spostrzeżeń wnosić można, żużle z pieców wielkich zawierające około 50—60% krzemionki i 15—20% glinki nie ustępują najlepszym pucolanom naturalnym; jednakże żużle zawierające około 40% krzemionki i około 15% glinki nadają się już na przymieszkę do zaprawy powietrznej. Warunkom tym nie wszystkie żużle czynią zadość, gdyż ich skład chemiczny jest bardzo zmienny; tak np. Szulaczenko przytacza rozbiory żużłów zawierających tylko 27—28% krzemionki. Z tego powodu na przymieszkę do zaprawy brano być winny tylko żużle, których skład chemiczny jest znany. O użyteczności danego żużlu, jako przymieszki wodotrwałej, można przekonać się także za pomocą następującej próby odręcznej, opartej na tej własności żużłów, że żelatynują z kwasem solnym: Skoro żużel, mialko zmielony, polany w naczyniu szklanem niewielką ilością kwasu solnego czystego, skrzepnie rychło na masę spójną, galaretowatą, przezroczystą lub przeświecającą, to dany żużel może być uważany za odpowiedni na przymieszkę wodotrwałą. Gerstenbergk twierdzi, że najlepszymi są żużle możebnie jednostajnie stopione, mające twardość szkła i których barwa, wskutek niewielkiej zawartości iskrzyku, jest zielonawą.

W tablicy, podanej na str. 347, wskazany jest skład chemiczny żużli, które okazały się odpowiedniami na przymieszkę do zaprawy powietrznej: 1) i 2) z huty w Gliwicach na Szląsku pruskim, według rozbiorów Elsner'a; 3) z dep. Dordogne, według rozbioru Berthier'a; 4) z huty la Charbonnière pod Nevers we Francyi, według Berthier'a; 5) z huty Steinrenner na Harcu górnym, według Bodenmann'a; 6) z Bley w dep. Haute-Saône, według Drouat'a. Nadto wskazany jest w teże tablicy skład dwóch żużli: 7) i 8) pochodzenia niewiadomego, według rozbiorów Szulaczenki; skuteczność tych dwóch gatunków żużli, jako przymieszki wodotrwałej, z powodu małej zawartości krzemionki, uważać należy za wątpliwą.

Zaprawa wodotrwała z wapna i żużli wiąże się powoli, lecz pod wodą staje się bardzo twardą i wytrzymałą.

Niektóre żużle rudy miedzianej zachowują się tak samo jak żużle z pieców wielkich; do takich należą żużle z kopalni miedzi w Mannsfeld, zawierające około 48% krzemionki rozpuszczalnej w kwasie solnym.

2) *Popioły*. W Niderlandach przygotowują wyborną zaprawę wodotrwałą z *popiołu z Tournay* (fr. cendre de Tournay; n. Asche von Tournay). Jest to

	Ż u ż l e d o b r e						Żużle dobrotci wątpliwej	
	1	2	3	4	5	6	7	8
Krzemionka	40,12	40,44	50,00	55,20	59,42	49,00	28,33	27,31
Glinka	15,37	15,38	18,60	19,20	14,94	21,80	13,81	22,40
Tlenek wapnia	36,02	33,10	26,40	19,20	19,79	24,00	46,66	47,00
Tlenek magnezu	—	—	2,00	1,40	0,11	ślady	5,44	0,42
Tlenek manganu	5,80	4,40	—	1,40	ślady	0,60	—	—
Tlenek żelaza	1,25	1,63	2,40	3,40	6,03	2,10	1,56	1,46
Potas	2,25	2,07	—	—	—	—	—	—
Siarka	0,70	0,76	—	—	—	—	3,84	1,39
							siarcz. wapnia	
	101,51	97,78	99,40	99,80	100,29	97,50	99,64	99,98

mieszanina popiołu węgla kamiennych z okruciami wapna, otrzymywana jako pozostałość na ogniskach pieców wapiennych.

W okolicach Tournay, z wapienia zawierającego krzemionkę i glinę wypalają wapno na znajdującym się w pobliżu węgla kamiennym łupkowym, smolnym. Podczas opróżniania pieca liczne okrucie drobne wapna palonego spadają na dno ogniska, gdzie mieszają się z popiołem. Ta mieszanina, zawierająca przeciętnie około 75% popiołu z węgla kamiennego i 25% okrucich wapna palonego, zarobiona taką ilością wody, jaka jest potrzebna do zupełnego zgaszenia okrucich wapna, dobrze przemieszana i ubita, daje zaprawę, która tak samo jak zwykła zaprawa powietrzna, może być przechowywana w dołach zabezpieczonych warstwą ziemi. Przed użyciem należy zaprawę tę rozcieńczyć wodą i przerobić przez ciągłe ubijanie na masę rzadką, następnie suszyć przez dni kilka w miejscu cieniście i zabezpieczonem od deszczu, wreszcie ponownie ubijać przez kilka godzin. Zaprawa ta wiąże się bardzo prędko i już po kilku godzinach tężenia na powietrzu ma wytrzymałość bardzo znaczną, a po 24 godz. tężenia na powietrzu może być wystawiona na działanie wody bieżącej.

Podobną zaprawę można też otrzymać mieszając 3 cz. wapna palonego i 2 cz. dobrego czystego *popiołu wapiennego* (fr. cendrée; n. Kalkasche), oczyszczonego z okrucich węgla i przesianego przez sito. Wapno można gasić albo na mokro, albo też przez zanurzenie. Jeżeli wapno gaszone jest na mokro, to przy przerabianiu mieszaniny nie należy dodawać wody; natomiast należy mieszaninę taką, umieszczoną w naczyniu, w pewnych odstępach czasu przez dni kilka ubijać tarankiem ważącym 15—20 kg, aż przekształci się na ciasto tłuste, lepkie. Ciasto to najlepiej jest użyć natychmiast do robót, a gdy ma być przechowane, to winno być zabezpieczone od wpływu powietrza i słońca, matami słomianymi i t. p. — Dla murów, które naprzemian są już to suche już to mokre, zaprawa z popiołem jest bardzo odpowiednią; zaprawa ta jednak winna najprzód dobrze stwardnąć na powietrzu, zanim wystawioną zostanie na działanie wody.

Zaprawa z 3 cz. ciasta wapiennego i 3 cz. popiołu z węgla kamiennych, przygotowana w taki sam sposób jak poprzednia nie nadaje się wprawdzie do robót podwodnych, lecz jest bardzo dobrą dla murów suchych, oraz dla murów, do których woda może mieć przystęp dopiero po stężeniu zaprawy. W Londynie zaprawa taka brana jest na wyprawy ścian szczytowych, oraz murów wystawio-

nych na działanie deszczów. Wapno do zaprawy tej najlepiej jest gasić przez zanurzenie.

Podobnych własności zaprawę można otrzymać, mieszając 2 cz. wapna podczas gaszenia z 3 cz. świeżego popiołu drzewnego. Mieszanka ta po ostudzeniu winna być dobrze przerobiona gracą, ubita tarankiem i natychmiast użyta.

3) Mączka ceglana. Mączka z cegły dobrze wypalanej, a zwłaszcza mączka z klinkrów holenderskich, jasno-żółtych, jest wyborną przymieszką wodotrwałą. Zazwyczaj miesza się 1 cz. mączki ceglanej, 1 cz. wapna palonego zwykłego i 2 cz. piasku. Taka mieszanka sprzedawana jest w Hiszpanii w beczkach, po cenie cementu, w stanie gotowym do użycia.

Zalecane są także mieszaniny: 1 cz. wapna tłustego, 2 cz. wapna chudego i 1 cz. mączki ceglanej; 3 cz. wapna, 2 cz. mączki ceglanej i 3 cz. piasku; 8 cz. proszku otrzymanego z wapna gaszonego przez zanurzenie, 3 cz. mączki ceglanej i 3 cz. zendry miało sproszkowanej.

Zaprawa Lorient'a (p. str. 334) i zaprawa Fleuret'a należą również do zapraw z mączką ceglana.

Zaprawa Fleuret'a składa się z 2 cz. mączki z cegły nie zbyt mocno wypalanej, 4 cz. piasku miłego i 3 cz. świeżo zanurzonego w wodę wapna, które jeszcze nie rozpadło się na proszek. Wapno natychmiast po wyjęciu z wody przykrywa się warstwą ścisłej mieszaniny mączki ceglanej z piaskiem, a gdy wapno rozpadnie się na proszek, przerabia się wszystkie trzy składniki, przy dodaniu niewielkiej ilości wody, na masę jednolitą, której stopień wilgoci winien być taki sam jak ziemi w głębokości 1 m. Tę masę, po umieszczeniu w zbiorniku, ubija się tarankiem na masę lepłą. Zaprawa ta jest doskonałą na zalewy (jastrychy); wyrabiane są z niej także zbiorniki dla wody, rynny podwórzowe i t. p.

Zaprawy z mączką ceglana, jako przymieszką wodotrwałą, znalazły rozległe zastosowanie do budowy mostów na dr. ż. Mikołajwskiej i Niżegorodzkiej.

4) Inne przymieszki wodotrwałe. a) *Pucolany francuskie.* We Francji wyrabiane są pucolany sztuczne nie dorównujące jednak pucolanom naturalnym włoskim. Pucolany, o których mowa, przygotowywane są przez mieszanie gliny z wapnem gaszonym. Z mieszaniny tej wyrabiane są cegielki, które po osuszeniu i wypaleniu w zwykłych piecach ceglarskich, mielone są na proszek.

b) *Tras satuczny.* Pod tą nazwą wyrabiana jest w Amsterdamie pucolana z gliny wydobywanej z morza, następnie mocno palonej i mielonej.

c) *Tras nowy* (n. Neutrass) jest to zaprawa wodotrwała złożona z okrzemkówki i wapna gaszonego, wyrabiana od 1878 r. przez E. Heintzel'a w Lüneburgu. Wapno zgaszzone przez zanurzenie miesza się w postaci proszku z okrzemkówką starannie odplawioną, osuszoną, następnie słabo rozżarzoną i zmieloną na proszek miły. Do zapraw podwodnych wapno i okrzemkówka mieszane są w częściach jednakowych na wagę; do zapraw nadwodnych miesza się na wagę 1 cz. okrzemkówki i 2 cz. wodanu wapnia suchego. Wytrzymałość zapraw z trasu nowego ma być większą aniżeli zapraw z trasu naturalnego nadreńskiego. Przytaczane są następujące wyniki doświadczeń porównawczych: Mieszanka na wagę 1 cz. okrzemkówki, 1 cz. wodanu wapnia i 6 cz. piasku, zarobiona z wodą, dała zaprawę, której wytrzymałość na rozciąganie po tężeniu przez 7 dni na powietrzu i 21 dni w wodzie, wynosiła 2,7 kg na cm^2 , gdy tymczasem wytrzymałość na rozciąganie zaprawy z mieszaniny na wagę 1 cz. trasu naturalnego, 1 cz. wodanu wapnia i 6 cz. piasku, przy takich samych warunkach, wynosiła tylko 1,3 kg na cm^2 .

d) Zalecane są nadto następujące mieszaniny:
2 cz. proszku z wapna gaszonego przez zanurzenie i 3 cz. słupienia palonego i zmielonego, albo łupku niebieskiego palonego i zmielonego, albo wreszcie ziemi okrowej palonej i zmielonej.

3 cz. proszku z wapna gaszonego przez zanurzenie i 4 cz. piaskowca żelazistego, słabo wypalonego i zmielonego.

8 cz. proszku z wapna wodotrwałego gaszonego przez zanurzenie, 3 cz. palonego i zmiełonego łupku, słupienia, piaskowca żelazistego lub ziemi okrowej i 3 cz. piasku.

B) Wapno wodotrwałe (hydrauliczne).

Do końca zeszłego stulecia pucolany stanowiły jedyny materiał, służący do przygotowywania zapraw wodotrwałych. Dopiero badania inżyniera angielskiego J. Smeaton'a, spowodowane zamierzoną budową słynnej latarni morskiej Edystone, u wejścia do zatoki Plymouth, udowodniły, że wszelkie wapienie, które pod działaniem kwasów dają osad gliniasty, po wypaleniu mają własność twarzenia w wodzie, gdy tymczasem wapienie, które rozpuszczane w kwasach osadu takiego nie wydzielają, nie nadają się do zapraw wodotrwałych. To doniosłe spostrzeżenie Smeaton'a zwróciło uwagę badaczy na liczne odmiany wapieni gliniastych, znajdujących się we wszystkich niemal krajach. Wapienie te poddano badaniom doświadczalnym i przekonano się, że nadają się rzeczywiście do wyrabiania dobrej zaprawy wodotrwałej, nie umiano jednak sobie tej ich własności wytłumaczyć. Dopiero Fuchs w Monachium (1830 r.) objaśnił naukowo wpływ krzemionki bezpostaciowej w pucolanach i wskazał uzasadnione sposoby wyrabiania zapraw wodotrwałych.

Rozpatrując skład chemiczny wszystkich przymieszek wodotrwałych: pucolan naturalnych i sztucznych, łatwo można zauważyć, że wszystkie one zawierają jednakowe składniki i że wszystkie są krzemianami tlenników różnych metali. Ze względu na związki chemiczne, jakie każdy z tych składników może tworzyć z ciastem wapiennym, najważniejszym składnikiem wszystkich przymieszek wodotrwałych jest krzemionka, a mianowicie ta odmiana krzemionki, którą oznaczamy jako bezpostaciową czyli rozpuszczalną (galaretowatą). Krzemionka rozpuszczalna bowiem dodana do ciasta wapiennego nadaje mu własność twarzenia w wodzie. Wszystkie przeto ciała, które posiadają tę własność, że domieszane do ciasta wapiennego, przekształcają zaprawę powietrzną na wodotrwałą, muszą zawierać krzemionkę rozpuszczalną, a skuteczność przymieszki wodotrwałej wzrasta i maleje w stosunku prostym do ilości krzemionki rozpuszczalnej w niej zawartej.

Dzięki tym spostrzeżeniom Fuchs'a i cennym badaniom inżyniera francuskiego Vicat'a wytwórczość zapraw wodotrwałych weszła na nowe tory. Od czasu tych badań rozpowszechniło się użycie wapieni zawierających glinę, czyli margli, jako najodpowiedniejszego materiału do wyrabiania zapraw wodotrwałych. Margle albowiem należą do skał bardzo pospolitych, w niektórych miejscowościach zaś, jak np. w Alpach bawarskich, Tyrolu, występują w pokładach niewyczerpanych, a przytem, po odpowiedniej przeróbce, same, bez żadnych przymieszek, mogą dać zaprawę wodotrwałą.

Margiel (wapień gliniasty) (p. str. 86) jest mieszaniną węglanu wapnia z krzemionką lub różnemi krzemianami, przeważnie gliniastemi. Najczęściej zawierają margle także: węglan magnezu, węglan żelaza, tlenek żelaza, tlenek manganu, blaszki łuszczyku i t. d. Margle zawierają przeto części składowe roz-

puszczalne i nierozpuszczalne w kwasach. Część nierozpuszczalną w kwasie solnym lub saletrzanym nazwano *gliną* i wskutek tego określono, że margiel jest mieszaniną węglanu wapnia z gliną. Nazwą gliny nie oznaczono więc w tym wypadku związku o pewnym stałym składzie chemicznym, lecz tylko pozostałość marglu nierozpuszczalną w kwasie solnym, która to pozostałość najczęściej składa się głównie z krzemianów gliniastych, niekiedy zaś z samej tylko krzemionki. — Skład chemiczny margliów bywa w różnych miejscowościach, a niekiedy nawet w jednym i tym samym pokładzie, bardzo rozmaitym; nie rzadko napotyka się w marglach: gips, kwarc, iskrzyk i t. d., a także skamieniałości zwierząt i roślin.

Podczas wypalania marglu w piecu, węglan wapnia traci zawarty w nim kwas węglany i przekształca się na tlenek wapnia, zaś glina — na pucolanę. Margiel po wypaleniu jest zatem mieszaniną wapna palonego z pucolaną sztuczną. Jeżeli do mieszaniny tej dodamy nieco wody, to tlenek wapnia przekształci się na wodan wapnia, a przy większej ilości wody — na ciasto wapienne, które w połączeniu z pucolaną sztuczną tężeje pod wodą. Ta mieszanina składa się więc tak samo jak każda zaprawa pucolanowa z ciasta wapiennego i pucolany, różni się zaś od zwykłej zaprawy pucolanowej tylko tem, że oba składniki: ciasto wapienne i pucolana, otrzymywane są odrazu przez wypalenie jednego kamienia.

Margiel palony zawierający większą ilość wapna, zmoczony wodą, rozgrzewa się, rozpada się na proszek i gasi się tak samo jak wapno zwyczajne. Z tego powodu takie margle palone nazwano także wapnem, lecz, dla odróżnienia od wapna zwykłego, oznaczono je nazwą *wapna wodotrwałego*, t. j. wapna przydatnego dla zapraw wodotrwałych.

Wapno wodotrwałe (wodne) czyli hydrauliczne (fr. chaux hydraulique; n. hydraulischer Kalk, Wasserkalk) jest to więc wyrób, otrzymywany przez wypalanie wapieni zawierających więcej lub mniej gliny (albo krzemionki), a które po wypaleniu zmoczone wodą rozpadają się całkowicie lub częściowo na proszek.

Przydatność marglu, po wypaleniu, do wyrabiania zaprawy wodotrwałej jest zależną głównie od ilości stosunkowej węglanu wapnia i owej pozostałości nierozpuszczalnej w kwasie solnym, nazwanej gliną. Z doświadczenia wiadomo, że margle zawierające 20 — 25% gliny dają zazwyczaj najlepsze wapno wodotrwałe, jakkolwiek dobre wapno wodotrwałe można też otrzymać z margliów zawierających mniej aniżeli 20% i więcej aniżeli 25% gliny. Na dobroć wapna wodotrwałego ma bowiem wpływ nie tylko ilość stosunkowa gliny zawartej w danym marglu, lecz także skład chemiczny tej gliny i stopień jej wypalenia. Margle zawierające glinę składającą się przeważnie z krzemionki swobodnej, dają wapno wodotrwałe tylko średniej dobroci; natomiast najlepsze wapno wodotrwałe otrzymuje się z margli zawierających glinę, w której skład wchodzi przeważnie związki krzemionki z gliną, tlenek żelaza, tlenek żelaza, potas i sól. Jeżeli glina w marglu składa się przeważnie z krzemionki występującej w postaci piasku grubego, to taki margiel trudno jest wypalić równomiernie.

Znaczny wpływ na twardość i wytrzymałość zaprawy z wapna wodotrwałego mają również własności fizyczne marglu: im ściślejszym i wytrzymalszym jest margiel, tem ściślejszą i wytrzymalszą jest zaprawa po stężeniu w wodzie.

Margle przydatne do wypalania wapna wodotrwałego występują we wszystkich niemal formacjach, najlepiej jednak do tego celu nadają się margle formacji nowszych. Z powodu niejednorodności składu chemicznego tych margłów, wapno wodotrwałe z nich wypalane bywa rozmaitej dobroci. Już Vicat rozróżniał: wapno wodotrwałe słabe, wypalane z margłów zawierających 12^o/_o gliny; wapno wodotrwałe średnie, wypalane z margłów zawierających 15^o/_o gliny i wapno wodotrwałe mocne, wypalane z margłów zawierających od 20 do 25^o/_o gliny.

Oprócz margłów używane są do wypalania wapna wodotrwałego wapienie formacji jurajskiej, występujące w okolicach miasta Ulm w Wirtembergii, wapienie formacji liasowej i kajprowej, występujące w przedgórzach Alp w Wirtembergii i Frankonii, wapienie muszlowe z okolic Kassel i Meiningen i t. d. Frühling zwrócił uwagę na możebność wypalania wapna wodotrwałego z lupków formacji jurajskiej, występujących na północ od Wogezów, w okolicach górzystych W. Ks. Hesskiego, w dolinie Hanowerskiej, u podnóża dolnego Harcu, na przestrzeni pomiędzy lasem Getyngskim a Harcem i w wielu innych miejscowościach. Nadto, w niektórych okolicach używane są do wyrabiania wapna wodotrwałego margle łąkowe (ziemia marglista), które po zagnojeniu wypalane są w postaci cegiełek.

Wypalanie margłów skutecznia się zazwyczaj w piecach stojących ciągłych, przyczem układane są naprzemian warstwy paliwa (węgla kamiennego lub koksu) i kamieni, rozdrobnionych do wielkości pięści. Kamienie większe wypalają się niezupełnie, mniejsze zaś tamują przeciąg powietrza. Ilość stosunkowa paliwa do kamieni jest zależną od gatunku danego marglu i musi być oznaczoną za pomocą prób. W ogóle jednak ilość paliwa potrzebnego do wypalania margłów jest mniejszą od ilości potrzebnej do wypalania wapna zwykłego.— Piece, których ogniska znajdują się na zewnątrz, jak np. piece rüdersdorfskie, nie nadają się do wypalania margłów, gdyż w piecach takich temperatura w pobliżu ognisk jest znacznie większą aniżeli w środku. — Po wypaleniu, kamienie niedopalone oraz zeszkłone (przeżalone) należy oddzielić jako niezdatne do użycia. — Temperatura podczas wypalania winna być zastosowaną do składu chemicznego margłów. Margle, których części składowe nierozpuszczalne w kwasie solnym składają się wyłącznie lub przeważnie z krzemionki, winny być wypalane powoli, przy temperaturze niskiej; zaś margle, których części składowe nierozpuszczalne w kwasie solnym składają się wyłącznie lub przeważnie z gliny, winny być wypalane prędko, przy temperaturze wysokiej; nadto margle tem ostrożniej i słabiej winny być wypalane im więcej zawierają krzemionki. Ponieważ jednak skład chemiczny margłów, pochodzących nawet z jednego i tego samego pokładu, jak to już powyżej nadmieniliśmy, bywa rozmaitym, przeto margle przeznaczone do wypalania należało by w pewnych odstępach czasu poddawać rozbiorom chemicznym. Ostrożność ta rzadko bywa przestrzegana i tem się tłumaczy, że najczęściej, nawet z jednego i tego samego pieca, otrzymuje się wapno wodotrwałe bardzo rozmaitej dobroci.

Wapno wodotrwałe polane wodą gasi się tak samo jak wapno palone zwyczajne, lecz nieco powolniej; przytem mniej się rozgrzewa i mniej narasta aniżeli wapno powietrzne. — Wapno wodotrwałe gaszone bywa najczęściej przez zanurzenie lub pod pokrywą z piasku, przyczem kawały wapna rozpadają się stopniowo

na miałki proszek wodoru wapnia, który brany jest bezpośrednio do przygotowania zaprawy. Niekiedy wapno wodotrwałe, gaszone w ten sposób, rozpada się niezupełnie, tak, że po zgaszeniu wapna otrzymuje się proszek miałki zawierający przymieszki grubsze. Te grubsze kawałki wapna są rozdrabniane na młynkach i mieszane z proszkiem wodoru wapnia.

W handlu wapno wodotrwałe sprzedawane jest w kawałach i w postaci proszku miałkiego. Wapno wodotrwałe, które podczas gaszenia rozpada się niezupełnie, winno być sprzedawane tylko w postaci proszku. — Według Dyckerhoff'a 1 hektolitr wapna wodotrwałego, zgaszonego na proszek, przy luźnym nasypaniu proszku, waży 55—65 kg. — Ciężar właściwy wapna wodotrwałego jest niemal zawsze mniejszy od 2,9; najczęściej zaś jest zmienny w granicach od 2,4 do 2,8.

Zaprawy z wapna wodotrwałego przyjmują do 5 cz. na objętość piasku; tężeją powoli, lecz są znacznie tańszymi aniżeli zaprawy cementowe, prędzej tężejące. Nadają się wybornie do powoli postępujących robót nadwodnych i podwodnych, których wytrzymałość początkowa może nie być zbyt znaczną. Do robót podwodnych zaprawy z wapna wodotrwałego są odpowiednie tylko wtedy, gdy przed zetknięciem z wodą mogą przez czas dłuższy tężeć na powietrzu. — Wapno wodotrwałe jest nadto cennym materiałem dla betonów wapiennych.

Zaznaczone powyżej niedogodności, wynikające z niejednostajnego składu chemicznego margłów, pochodzących nawet z jednego i tego samego pokładu, były przyczyną, iż już w początkach stulecia bieżącego starano się w Anglii i we Francji wyrabiać margle sztuczne. Vicat (1818 r.) zalecał w tym celu mieszać wapienie miękkie, dające się łatwo mleć, np. kredę, z rozmaitemi gatunkami gliny, oczyszczonej z piasku. Jakkolwiek w owym czasie zależność dobroci wapna wodotrwałego od składu chemicznego marglu i od ilości stosunkowej jego składników nie była jeszcze znana, to jednak drogą licznych prób i doświadczeń zdołano doprowadzić fabrykacją margłów sztucznych do wysokiego stopnia doskonałości. Stąd poszło, że w handlu i nauce rozróżniane jest *wapno wodotrwałe naturalne* i *sztuczne*.

Takie margle sztuczne odznaczały się w porównaniu z naturalnymi jednostajniejszym składem chemicznym i korzystniejszymi stosunkami ilościowymi składników; to też wypalane z nich wapno wodotrwałe sztuczne uchodziło słusznie za lepsze od naturalnego, gdyż było mniej zmiennem pod względem swych własności. — Z wapna wodotrwałego sztucznego wzniesiono we Francji wiele budowli wodnych.

Oczywiście, że jeżeli margiel naturalny posiada całkiem jednostajny skład chemiczny, przy odpowiednim stosunku ilościowym składników, to wypalane z niego wapno wodotrwałe jest równie dobre jak sztuczne, a przytem jest tańsze, gdyż odpadają koszty wyrabiania marglu sztucznego. Takie margle naturalne jednak występują w większych pokładach niezmiernie rzadko. Najbardziej znane i najwięcej cenione pokłady marglu naturalnego występują w Theil pod Montelimar we Francji południowej. Wapno wodotrwałe naturalne wypalane z margli wydobywanych w Theil (fr. *chaux du Theil*) daje wyborną zaprawę wodotrwałą, która znalazła rozległe zastosowanie przy budowie portów morza Śród-

ziemnego we Francji i Algierze, oraz przy budowie portu Poti w Rosyji (1876 r.), a i dziś poszukiwane jest wapno to do wyrabiania bloków betonowych dla murów portowych.

Wapno wodotrwałe z Theil, zgaszone na proszek, waży w stanie luźno nasypanym 65—70 kg na 1 hl. Z 40% wody daje 70 l zaprawy czystej, a po dodaniu 3 hl piasku, daje, zależnie od gatunku piasku, 2,88—3,0 hl zaprawy.

Skład chemiczny wapna wodotrwałego z Theil: tlenu wapnia 78,3, krzemionki 18,2, glinki 1,8, piasku 1,7.

C) Cement rzymski.

Margiel naturalny, po wypaleniu zmoczony wodą, tem mniej rozgrzewa się i tem trudniej rozpada na proszek, im więcej zawiera ciał gliniastych; a gdy zawiera ciał gliniastych 25 — 40%, traci zupełnie zdolność gaszenia się i traci tem samem podobieństwo zewnętrzne do wapna wodotrwałego. Oczywiście, iż w takim marglu palonym znajdują się jednak te same składniki jak w wapnie wodotrwałym: tlenek wapnia i pucolana sztuczna, tylko w innych ilościach stosunkowych. Jeżeli tego rodzaju margiel naturalny palony, obfitujący w glinę, który zmoczony wodą nie rozpada się na proszek, rozdrobniony zostanie na proszek miałki sposobami mechanicznymi i jeżeli następnie proszek ten zarobiony będzie wodą, to otrzymuje się ciasto, które pod wodą prędko tęższe i zazwyczaj nabiera znacznej wytrzymałości. — Tego rodzaju wyroby noszą nazwę *cementów rzymskich* (p. str. 305).

Cement rzymski (romański) (fr. ciment romain, ciment à prise rapide; n. Roman - Cement), zwany także *cementem wodotrwałym* (n. hydraulischer Cement), albo *wapnem cementowem* (n. Cement-Kalk), rzadziej *cementem angielskim*, albo wprost *cementem*, jest to więc wyrób otrzymywany przez wypalanie niższej temperatury spiekania margliów bogatych w glinę, a który zmoczony wodą nie gasi się i wskutek tego tylko sposobami mechanicznymi jest rozdrabniany na proszek miałki.

Rozumie się, iż wyraźnej granicy pomiędzy marglami przydatnymi do wyrabiania wapna wodotrwałego i cementu rzymskiego przeprowadzić nie można, gdyż rozmaite własności margliów palonych są zależne nie tylko od zawartości gliny, lecz także od ich budowy fizycznej i od sposobu wypalania. Margiel obfitujący w glinę, gdy jest wypalony słabo, może po zmoczeniu go wodą rozpaść się na proszek, gdy tymczasem margiel ubogi w glinę, wypalony mocno, nie gasi się.

Za wynalazcę cementu rzymskiego uchodzi James Parker, który pierwszy zaczął wyrabiać taki cement w Anglii, z mocy przywileju udzielonego mu na ten wyrób w 1796 r. i który też pierwszy wprowadził w użyciu nazwę tego materiału wiążącego, chcąc zapewne przez nią wyrazić, że wyrób jego jest równie dobrym jak zaprawy pucolanowe starożytnego Rzymu. — Parker otrzymywał swój cement, wypalając bulwy wapienne (a. nodules of clay), znajdujące się w rozpostartej nad brzegami Tamizy warstwie gliny, zwanej *London clay*, z powodu, że Londyn na niej jest zbudowany, a spoczywającej na warstwie kredy. Cement rzymski Parker'a, barwy jasno-brunatnej, przechodzącej nieco w żółtawą, szybko rozpowszechnił się w Anglii i wyparł niemal zupełnie z użycia wszelkie zaprawy pucolanowe. Cement ten pod wodą szybko tęższe, a po stężeniu ma znaczną wytrzymałość i trwałość.

Bulwy wapienne, z których wyrabiany jest w Anglii wschodniej cement rzymski, zwane przez dawniejszych mineralogów *septaryami* albo *Ludus Helmonti*, są konkretyami, zawierającymi

obok węgla wapnia około 23 — 26% gliny. Bulwy te są wytrzymałe, twarde, drobnoziarniste, barwy szaro-brunatnej i nie zawsze jednakowych własności. Takież bulwy znajdują się w Anglii południowo-zachodniej nad kanałem, oraz na wyspach Wight i Sheppey w postaci luźnych okrągłaków (a. Sheppey pebbles), nadto około Whitby w Yorkshire. Septarye z Withby używane są do wyrabiania *cementu Atkinson'a*, tak nazwanego z powodu, że inżynier Atkinson pierwszy wprowadził w użycie ten cement w Londynie. Tenże cement nosi nadto nazwę *cementu Mulgrave'a*, pochodzącą od nazwiska hr. Mulgrave.

Septarye znajdują się także z drugiej strony kanału, we Francji, około Boulogne sur mer (fr. *galets*), na co pierwszy zwrócił uwagę Lesage; z septaryj tych od 1802 r. wyrabiane jest wapno wodotrwałe (plâtre-ciment de Boulogne sur mer). Podobne bulwy wapienne znajdują się także w niektórych okolicach Niemiec, np. około Altdorf pod Norymbergą, około Kulmbach w Górnej Frankonii, w pokładach glinianych około Arkony na Rugii.

Wypalanie cementu rzymskiego odbywa się tak samo jak wapna wodotrwałego, lecz przy temperaturze stosunkowo niższej, gdyż odnośne margle, wskutek niejednostajnego składu chemicznego i stosunkowo większej zawartości części gliniastych, w temperaturach wysokich zbyt łatwo się przepalają. Barwa cementu rzymskiego, po wypaleniu, jest zazwyczaj żółtą lub żółtawą do ciemno-brunatnej.

Po wypaleniu cement rzymski rozdrabnia się na proszek miałki, który po zapakowaniu w beczki, bywa przez pewien czas przechowywany (magazynowany), co wpływa dodatnio na własności wyrobu, o ile beczki są szczelne.

Skład chemiczny niektórych cementów rzymskich podany jest w następującej tabelicy, ułożonej przez prof. Szulaczenko:

	James Parker		Medina	Boulogne sur mer	Schmidt w Rydze	Czerkasow w Kerczu (w Rosyi połudn.)	Rosché w Peters- burgu
Krzemionka . . .	25,27	22,10	19,5	32,35	23,47	18,63	17,00
Glinka	7,47	} 18,21 {	5,60	9,60	5,76	4,23	3,07
Tlenik żelaza . . .	9,47		12,05	5,73	2,74	4,75	8,84
Tlenek wapnia . . .	55,65	55,98	44,43	49,28	31,48	44,20	45,00
Tlenek magnezu. . .	1,59	0,38	13,93	2,58	24,84	23,13	3,81
Zasady	1,51	—	1,20	—	—	—	—
Kwas węglany . . .	—	—	—	7,8	7,8	3,74	19,00

Starano się też wyrabiać sztucznie cement rzymski mieszając dokładnie w częściach równych wapno i glinę i dodając na każde 100 cz. na wagę tej mieszaniny 1 — 3 cz. soli kuchennej, poczem z mieszaniny tej formowano cegiełki, które suszono, wypalano i mielono.

Cement rzymski sprzedaje się tylko w postaci proszku miałkiego w beczkach. Przy dobrem opakowaniu może wprawdzie być przechowywany przez czas dłuższy, lepiej jednak jest brać go do roboty natychmiast, gdyż chciwie wchłania kwas węglany i wilgoć z powietrza, co, w razie nie szczelności beczek, oddziaływa szkodliwie na własności wyrobu. Zarobiony wodą bezpośrednio po wypaleniu rozgrzewa się nieznacznie, przyczem nie pochłania wiele wody i nie

zwiększa w sposób widoczny swej objętości. — Zaprawa z cementu rzymskiego pod wodą tężyje w zasadzie bardzo prędko, prędzej nawet aniżeli zaprawa z cementu portlandzkiego, a po stężeniu ma znaczną wytrzymałość. Z tego powodu cement rzymski jest materiałem cennym dla robót podwodnych i chętnie używany jest w wypadkach, w których zależy na szybkim stężeniu zaprawy, np. przy tamowaniu źródeł lub dopływu wód zaskórnych. Jednakże zarówno prędkość tężenia, jako też wytrzymałość po stężeniu, są zmienne, zależnie od gatunku danego cementu rzymskiego i sposobu jego użycia.

W stanie czystym używany jest tylko do murów wystawionych na działanie fal; w tym wypadku zarabiany bywa małą ilością wody, a ilość w ten sposób przygotowanej na raz zaprawy nie powinna być większą, aniżeli robotnik w czasie 8—10 minut zużyć może. — Do wszelkich innych murów brana jest zaprawa z przymieszką piasku. Do murów wznoszonych na gruncie mokrym bierze się zazwyczaj 4 cz. piasku na 6 cz. cementu; do murów zwykłych zaś od 1 do 3 cz. piasku na 1 cz. cementu. — Najodpowiedniejszy sposób przygotowania zaprawy jest następujący: Cement miesza się dobrze z piaskiem i z mieszaniny tej usypuje się pierścień, a w utworzone wewnątrz zagłębienie nalewa się wody; następnie zarabia się mieszaninę z wodą na ciasto całkiem jednolite. — Zaprawa z cementu rzymskiego winna być użytą do robót natychmiast i winna być przygotowywaną na raz tylko w ilościach małych, gdyż prędko sztywnieje i psuje się. — W czasach ostatnich popełniano często błąd, przygotowując zaprawę z cementu rzymskiego z nadmiarem wody i używając jej do murów w stanie zbyt rzadkim. Zaprawa taka podczas wysychania kurczy się i pęka, a po stwardnieniu ma bardzo małą siłę wiążącą.

Cement rzymski używany jest także na wyprawy (tynki) murów i do robót sztukatorskich. Zaprawę odpowiednią dla tych celów otrzymuje się, biorąc 6 — 8 cz. piasku na 1 cz. cementu i zarabiając mieszaninę tę z wodą na ciasto; przyczem mury przed nałożeniem zaprawy winny być zmoczone wodą, gdyż zaprawa z cementu rzymskiego przy braku wody opornie twardnieje.

Z cementu rzymskiego wyrabiane są też odlewy ozdób architektonicznych, w formach glinianych lub gipsowych. Używany jest w tym celu cement bardzo prędko tężący. Ponieważ jednak wytrzymałość początkowa cementu po wyjęciu z formy jest stosunkowo małą, przeto w odlewach cementowych unika się krawędzi ostrych; nadto powierzchnie takich odlewów są zazwyczaj oszpecone licznymi zagłębieniami. Kształty tych odlewów nie zawsze są prawidłowe, gdyż odlewy z cementu prędko tężącego, podczas wysychania i twardnienia, pęcznieją bardzo nierównomiernie. Z tych powodów odlewy z cementu rzymskiego pozostawiają wiele do życzenia pod względem czystości rysunku i do wyrobów wykwinnych zaliczone być nie mogą; znajdują jednak odbyt, z powodu, że są bardzo tanie. Wprawdzie, przy bardzo starannym doborze materiałów i bardzo starannej robocie, można otrzymać odlewy wykwinniejsze, lecz takie odlewy, jako zbyt drogie, rzadko są stosowane; natomiast odlewy zwykłe, znajdujące się w handlu, sprawiają wrażenie nieprzyjemne i zaliczane są do wyrobów tuzinkowych, pospolitych.

O wiele lepiej nadaje się cement rzymski do wyrabiania kamieni sztucznych,

zwłaszcza takich, które czasowo lub stale pozostają w zetknięciu z wodą. W tym celu cement rzymski powoli tężejący, najczęściej w połączeniu z cementem portlandzkim, miesza się ze znaczną ilością piasku i zarabia małą ilością wody, poczem masę w ten sposób otrzymaną ubija się w formy drewniane. Tym sposobem wyrabiane są z cementu rzymskiego koryta wodne, wieńce do studzien, rury kanalizacyjne, rynny, rury drenowe, żłoby do stajen, płyty do pisoarów, miski pod rynny, kamienie do murów studziennych i t. p., a także dachówki, które jednak są trwałe tylko przy bardzo starannej robocie i przy użyciu dobrego materiału. Do najlepszych tego rodzaju wyrobów należą poszukiwane i cenione dachówki cementowe z zakładów w Staudach (n. Staudacher Cement-Dachziegel).

Wszystkie wyroby z cementu rzymskiego winny być bardzo starannie przygotowywane, a w początkach twardnienia, przynajmniej przez czas 3—4 tygodni, winny być przechowywane w miejscach wilgotnych i cienistych, zabezpieczonych od przewiewu powietrza; w ogóle zaś nie powinny być stosowane w miejscach, w których mogły by zbyt szybko wysychać lub zbyt silnie się rozgrzewać.

Ciężar właściwy cementu rzymskiego jest zawsze niemal mniejszy od 3,0; przeciętnie wynosi 2,7.

Beczka o objętości 175 l najlepszego cementu rzymskiego z fabryk angielskich waży netto 360 funt. ang. = około 163 kg, zatem 1 hl takiegoż cementu waży około 93 kg. Ciężar 1 hl cementu rzymskiego innych fabryk wynosi w stanie nasypanym luźno 70 — 90 kg. — Ciężar rzeczywisty niektórych cementów rzymskich, według badań wykonanych w 1890 r. w pracowni mechanicznej Instytutu inżynierów komunikacyj w Petersburgu, wynosi:

	W stanie ubitym		W stanie luźno nasypanym	
	Ciężar 1 stopy sześć. w pudach	Ciężar 1 hl w kg	Ciężar 1 stopy sześć. w pudach	Ciężar 1 hl w kg
K. Schmidt w Rydze.	2,07	120	1,30	75
E. Liphardt w Szczurowie.	1,50	87	0,98	57
Kolonia Nowo-Saratowska (firma „Mjedwjed“)	2,35	136	1,48	86
Wapno Lafarge (z Theil)	2,00	116	1,34	78
Cement Lafarge (z Theil)	2,85	166	1,85	107

Sposób oznaczania ciężaru rzeczywistego cementów w stanie ubitym i w stanie nasypanym luźno jest objaśniony poniżej w ustępie o cemencie portlandzkim.

Po zarobieniu wodą cement rzymski zmniejsza swą objętość tem znacznie im mniejszym jest ciężar 1 hl proszku luźno nasypanego. Wydajność jednakowych ciężarów cementu przy jednakowej przymieszce wody jest jednak prawie stałą; natomiast wydajność jednego i tego samego gatunku cementu rzymskiego może być bardzo różnaita, gdy ilości wody dodawanej są różne i gdy używany jest piasek niejednakowy. Przeciętnie 1 hl cementu rzymskiego, o ciężarze 80—90 kg, zarobiony wodą w ilości 30—40%, daje 0,60—0,76 hl zaprawy czystej,

która z 3 *hl* piasku daje 2,9 — 3,0 *hl* zaprawy zwykłej. — Z 1 *hl* takiegoż cementu z 60—80% wody, otrzymuje się 0,91—1,11 zaprawy czystej.

Dla otrzymania zaprawy, pewnej oznaczonej gęstości, należy do cementów rzymskich prędko tężących dodawać znacznie więcej wody aniżeli do powoli tężących; przyczem jednak cementy prędko tężące zarobione znaczną ilością wody, podczas wysychania, więcej się kurczą i częściej pękają, a po stwardnieniu mają mniejszą siłę wiążącą, aniżeli cementy powoli tężące z małą przymieszką wody. Zazwyczaj wystarcza domieszka na objętość 30—35% lub na wagę 40—43% wody, dla otrzymania zaprawy dostatecznie gęstej, sztywnej; zaś na objętość 55—60% lub na wagę 68—75% wody, dla otrzymania zaprawy rzadkiej, ciekłej, z czystego cementu rzymskiego. Do zapraw z piaskiem ilość wody należy zwiększyć o kilka procentów. — Mieszanina cementu rzymskiego z piaskiem w stosunku 1 : 3 może jeszcze dać dobrą zaprawę, gdy cement jest świeży.

W uzupełnieniu podanych powyżej wiadomości o wapnach wodotrwałych i cementach rzymskich zaznaczamy, iż materiały te mogą być też otrzymywane przez wypalanie wapieni dolomitowych. Vicat, Deville i inni zauważyli, że gdy dolomit wypalany jest w temperaturze niższej od żaru czerwonego (t. j. w temp. około 400° C.), tak, iż kwas węglany ulatnia się tylko z węglanu magnezu, nie zaś także z węglanu wapnia, to po wypaleniu, dolomit zanurzony w wodę bardzo prędko twardnieje i przekształca się na ciało niezwykle wytrzymałe. Skoro zaś dolomit wypalony będzie w temperaturze wyższej tak, iż węglan wapnia przekształci się na tlenek wapnia, to po wypaleniu dolomit w wodzie nie twardnieje, lecz pęcznieje i rozpada się. Na zasadzie tych spostrzeżeń, uzupełnionych późniejszymi badaniami d-ra Michaelis'a, wyrabiane jest w wielu miejscowościach dobre wapno wodotrwałe, a w Oberkammerloh nad jeziorem Tegern w Bawaryi — cement rzymski, przez wypalanie znajdujących się obficie w przyrodzie margłów dolomitowych, bogatych w węglan magnezu, pomimo, że niektórzy (jak Held i Bender) sądzą, że magnezyna wywiera wpływ szkodliwy na stwardnienie krzemianów glinu. — L. Gatschenberger twierdzi, że z margłów dolomitowych, nie tylko przez wypalanie ich w temp. około 400° C., lecz także przez wypalanie w temperaturze bardzo wysokiej, przy której dolomit mocno się spieka, a magnez traci swe własności hydrauliczne, można otrzymać cement, w wodzie prędko i dobrze twardniejący; (por. ustęp o cementie magnezowym).

Wskutek rozmaitego składu chemicznego margłów, z których wypalane są cementy rzymskie, własności tych cementów są wielce niejednostajne. Ta niedogodność stała się pobudką do wyrabiania cementu z margłów sztucznych, czyli tak zwanego cementu portlandzkiego.

D) Cement portlandzki.

Cement portlandzki (fr. ciment Portland, ciment à prise lente; n. Portland-Cement), w przeciwstawieniu do cementu rzymskiego, jest mieszaniną *sztuczną* węglanu wapnia i gliny. Margle sztuczne, mające służyć do wypalania cementu portlandzkiego wyrabiane są zazwyczaj z wapieni miękkich (najczęściej z kredy), które po oczyszczeniu za pomocą pławienia (szlamowania) z przymieszek ciał obcych, mieszane są z gliną, w stosunku 22—25% gliny na 78—75% wapienia. Dzięki udoskonalonym przyrządom mechanicznym, mieszanina ta bywa zupełnie jednostajną, wskutek czego taki margiel sztuczny może być wypalany w bardzo wysokiej temperaturze, niemal do stopienia się całej masy. Podczas wypalania w tak wysokiej temperaturze, tlenek wapnia wiąże się chemicznie z krzemionką

gliny, wskutek czego margiel po wypaleniu, nie zawicrajac wapna swobodnego, nie gasi się z wodą. Skoro jednak margiel ten, po zmieleniu na proszek mialki, zarobiony zostanie z wodą na ciasto, to tak samo jak wapno wodotrwałe i cement rzymski, tężęje w wodzie, a po stwardnieniu ma znaczną wytrzymałość. Z powyższego wynika, że cement portlandzki, tak samo jak inne wyroby wypalane z marglów, jest połączeniem wapna ze związkami krzemionkowemi, a wyższość jego własności hydraulicznych polega jedynie na starannem przygotowaniu marglów, przy najwłaściwszem ustosunkowaniu ilościowem ich składników, dzięki czemu możebnem jest wypalanie mieszaniny w temperaturze wysokiej.

Cement portlandzki wyrabiany jest najczęściej z marglów sztucznych, a nie z marglów naturalnych, dla tego, że skład gliny i wapna w marglach naturalnych bywa zazwyczaj wielce niejednostajnym, a ustosunkowanie ilościowe tych składników nieodpowiedniem, wskutek czego margle takie mogą być wypalane tylko w temperaturach umiarkowanych. Skoro jednak napotka się w przyrodzie margiel, w którym glina i wapno mają skład właściwy i znajdują się w stosunku ilościowym odpowiednim, to taki margiel naturalny może być wypalany w temperaturze wysokiej do spieczenia się masy, a otrzymany stąd cement portlandzki nie ustępuje w niczem cementowi portlandzkiemu z marglów sztucznych. — Takie margle naturalne napotykają się wprawdzie bardzo rzadko, są jednak już od lat 30 w niektórych miejscowościach używane do wyrabiania cementu portlandzkiego; tak np. w Perlmoos, w pobliżu Kufstein w Tyrolu, wyrabiany jest od 1860 r. wyborny cement portlandzki (Perlmooser oder Kufsteiner Portland-Cement) z wielkich pokładów marglu formacji trzeciorzędowej. Później odkryto i zaczęto wyzyskiwać także margle w pobliżu Salzburga (Gartenau), w Oberkammerloh w Bawaryi, w Hindelang w Bawaryi, w Vassy i Grenoble we Francyi, na Bukowinie i t. d., a od 1882 r. istnieje w Rossyi, mianowicie w Noworossyjsku nad m. Czarnem, fabryka cementu portlandzkiego z marglów naturalnych.

W nauce i handlu rozróżnia się przeto *cement portlandzki naturalny* (fr. ciment Portland naturel; n. natürlicher Portland-Cement) i *sztuczny* (fr. ciment Portland artificiel; n. künstlicher Portland-Cement), lecz nazwy te nie wskazują żadnej zasadniczej różnicy odnośnie własności tych cementów, a objaśniają jedynie, z jakich marglów dane cementy są wyrabiane. Nie należy więc do nazw tych przywiązywać szczególniejszego znaczenia, a błędem było by mniemanie, iż oznaczają one dwa materiały różnego stopnia dobroci.

Cementem portlandzkim nazywa się więc wyrób, dający zaprawę wodotrwałą, czyli tężącą w wodzie, a otrzymywany z margli naturalnych albo też z mieszaniny sztucznej ciał zawierających glinę i wapno, przez wypalenie aż do spieczenia i następne rozdrobnienie na proszek mialki. Warunkiem niezbędnym jest, ażeby podczas wypalania nastąpiło rzeczywiście spieczenie czyli rozmiękczenie się masy, gdyż od tego zależą w stopniu wysokim cenne własności cementu portlandzkiego, a nadto wypalanie w tak wysokiej temperaturze jest jedną z różnic zasadniczych pomiędzy cementem portlandzkim a cementem rzymskim i wapnem wodotrwałem, które są wypalane w temperaturze znacznie niższej.

Za wynalazcę cementu portlandzkiego uważany jest Józef Aspdin, mularz z Leeds (w hrabstwie York) w Anglii, który w 1824 r. uzyskał przywilej na swój pomysł. I rzeczywiście Aspdin,

po dziesięcioletnich mozolnych badaniach, pierwszy oznaczył właściwy stosunek ilościowy wapna i gliny, umożliwiając wypalanie mieszaniny tych materiałów w temperaturze wysokiej. Wyrabiał on swój cement mieszając, przy dodaniu wody, glinę z mułem i pyłem, pokrywającym ulice, brukowane wapniem, a gdy materiał ten w ilości dostatecznej nie mógł być zebrany, mieszał glinę z wapnem palonem i gaszonem, poczem otrzymaną masę plastyczną suszył, rozłamywał na kawały, wypalał w piecu wapiennym aż do zupełnego ulotnienia się kwasu węglanego i rozdrabniał mechanicznie na proszek mialki. Aspdin wyrobiony w ten sposób cement nazwał *portlandzkim*, z powodu, iż po stwardnieniu w wodzie tworzył masę, która pod względem barwy i wytrzymałości podobną jest do poszukiwanego i bardzo cenionego w Anglii kamienia budowlanego portlandzkiego (a. portlandstone). — W 1826 r. generał Pasley na zasadzie doświadczeń praktycznych udowodnił, że można wyrabiać cement portlandzki z mieszaniny wapienia lub kredy z gliną niebieską, która w postaci mułu osadza się nad brzegami rz. Medway, przy jej ujściu do Tamizy. Dzięki temu powstały niebawem w Anglii liczne większe fabryki cementu portlandzkiego i anglicy przez długi czas zaopatrywali rynki łądu stałego w ten materiał. Do najdawniejszych i najbardziej znanych fabryk angielskich należą: Wyatt, Parker i Sp.; Francis, Whyte i Francis; Francis Brothers, Robins i Sp.; J. M. Blashfield, wszystkie w Londynie. W fabrykach tych wyrabiany jest nie tylko cement portlandzki lecz także rzymski, a fabryka Francis Brothers, Robins i Sp., oprócz cementu portlandzkiego i rzymskiego, wyrabia także odmianę cementu rzymskiego zwaną *cementem medina*, której skład chemiczny podany jest na str. 354.

Spostrzeżenia Aspdin'a i Pasley'a były gorliwie badane przez słynnego inżyniera francuskiego Vicat'a, który też słusznie uchodzi za twórcę obecnego przemysłu cementowego. —

Od 1850 r. wyrabiany jest cement portlandzki i na lądzie stałym, a dzięki badaniom naukowym, prowadzonym gorliwie we wszystkich niemal krajach, fabrykacja cementu portlandzkiego w ostatnim dziesiętku lat doszła do wysokiego stopnia doskonałości. — W Niemczech pierwszą fabrykę cementu portlandzkiego założył Gieron w Szczecinie w 1850 r.; najwięcej jednak przyczynił się do rozwoju fabrykacji cementu w Niemczech dr. Bleibtreu, który już w 1852 r. założył większą fabrykę na wyspie Wollin pod Szczecinem, następnie zaś zbudował także fabryki w Bonn i kilku innych miejscowościach. W 1877 r. było czynnych w Niemczech ogółem 29 fabryk, z produkcją roczną 2,4 milj. beczek po 170 kg, a w 1890 r. było czynnych 60 fabryk, z produkcją roczną przeszło 9 milj. beczek po 170 kg.

W Szwecyi wyrabiany jest ceniony powszechnie cement „Skancka Cement Malmö.“

W Austro-Węgrzech powstały w ostatnich dziesiętkach lat liczne fabryki cementu, z których najwybitniejszymi są wspomniane już powyżej fabryki koło Kufstein i Staudach. W Podolu pod Pragą czeską istnieje fabryka cementu portlandzkiego, założona w 1868 r. przez Barta i Swoboda, a będąca obecnie od 1873 r. własnością towarzystwa udziałowego. — W Galicyi jest czynną od 1885 r. fabryka cementu portlandzkiego w Szczakowie, której wytwórczość w 1893 r. miała wynosić około 200 000 beczek po 200 kg.

W Rosyji jest czynnych ośm fabryk cementu portlandzkiego. Najdawniejszą z nich jest fabryka K. Schmidt'a w Rydze, założona w 1868 r. (wytwórczość: 130 000 beczek rocznie). — Następnie powstały: w 1870 r. fabryka w Port-Kunda w Estlandyi (120 000 beczek); w 1875 r. fabryka E. Liphart'a w Szczurowie (stacya dr. ż. Moskiewsko-Riazańskiej) (20000 beczek); fabryka w Podolsku (gub. moskiewska), własność towarzystwa udziałowego moskiewskiego, (35000 beczek); fabryka w Savio w Finlandyi; w 1882 r. fabryka w Noworossyjsku nad m. Czarnem, wyrabiająca cement portlandzki z margłów naturalnych, (100 000 beczek); fabryka w Zdołbunowie (stacya dr. żel. Kijowsko-Brzeskiej); w 1884 r. fabryka w Głuchoozersku pod Petersburgiem. Wskazana powyżej wytwórczość fabryk odnosi się do 1885 r.; obecnie wszystkie niemal fabryki wyrabiają cement w ilości znacznie większej. Ogólna wytwórczość fabryk w Rosyji w 1893 r. jest oceniana na 1,2 milj. beczek. — Fabryki Liphart'a w Szczurowie i towarzystwa udziałowego w Podolsku wyrabiają cement w ilości niewielkiej, głównie na potrzeby miejscowe. — Fabryki w Rydze, Podolsku i Noworossyjsku, oprócz cementu portlandzkiego, wyrabiają także cement rzymski. Nadto są czynne fabryki cementu rzymskiego: Czerkasowa w Kerzu i Rosch'ego w Petersburgu.

W Królestwie Polskiem są czynne cztery fabryki cementu portlandzkiego: Ciechanowski w Grodźcu (stacya Będzin dr. ż. Warszawsko-Wiedeńskiej), założona w 1857 r.; Eiger'a

i Landau'a w Wysokiej (stacya Łazy dr. ż. Warszawsko-Wiedeńskiej), założona w 1885 r.; Herbert'a i Sp. w Rudnikach (1894 r.), oraz Towarzystwa akcyjnego lubelskiego „Firley“ w Lublinie (1895 r.). Wytwórczość fabryk w Grodźcu i Wysokiej wynosiła w 1893 r. przeszło 300 000 beczek.

Dobroć cementu portlandzkiego jest zależną przeważnie od własności materiałów surowych, zwłaszcza gliny, od możebnie ścisłego i jednostajnego zmieszania składników w właściwym stosunku ilościowym i od właściwej temperatury przy wypalaniu.

1. Wyrabianie (fabrykacya) cementu portlandzkiego.

1) *Materiały surowe.* Dwa składniki główne cementu portlandzkiego są: węglan wapnia i glina.

a) *Węglan wapnia.* Wszystkie niemal odmiany wapienia, występujące w przyrodzie, nadają się do wyrabiania cementu. Że jednak do wyrabiania cementu brany jest wapień w stanie oczyszczonym i w postaci proszku mialkiego lub mułku (szlamu), przeto w celu zmniejszenia kosztów wyrobu pierwszeństwo oddaje się tym wapieniom, które przy możebnie największej zawartości węglanu wapnia, t. j. przy możebnie największej czystości, odznaczają się nieznaczną twardością i dają się łatwo rozdrabniać. Z tego powodu najczęściej używane są ziemie margliste, kreda, martwice wapienne, oraz wapień wód słodkich (jeziorne, łąkowe), znacznie rzadziej zaś—wapień łomowy i margiel zbity, które muszą być rozdrabniane albo za pomocą maszyn o wielkiej sile, albo też za pomocą palenia w piecach i gaszenia w wodzie, co w każdym razie wpływa na zwiększenie kosztów wyrobu.

W celu otrzymania możebnie dokładnej mieszaniny z gliną, najkorzystniejszym jest wprowadzić kamień wapienny palić i następnie gasić; jednakże w fabrykach, w których stosowany jest wapień łomowy lub margiel zbity, rozdrabniane są odnośne kamienie na proszek mialki tylko w drodze mechanicznej za pomocą maszyn, gdyż ten sposób rozdrabniania jest znacznie tańszym aniżeli palenie i gaszenie.

Jakkolwiek w ogóle wapień ten jest odpowiedniejszym do fabrykacyi cementu portlandzkiego im jest czystszy, to jednak pewne niewielkie przymieszki ciał obcych, zwłaszcza tlenku żelaza i zasad, zdają się być niezbędne, gdyż wszelkie próby otrzymania dobrego cementu portlandzkiego z mieszaniny chemicznie czystego węglanu wapnia z krzemianem glinki nie dały wyników oczekiwanych.

W wielu wapieniach znajduje się piasek w ilości znacznej, a w kredzie znajdują się często kamienie kwarcowe. Te przymieszki muszą być wydzielone za pomocą pławienia (szlamowania).

Wapień zawierające znaczniejsze ilości magnezyi (dolomity) mogą również być używane do wyrabiania cementu, lecz, jak Erdmenger, Frühling i inni dowiedli, otrzymywany stąd *cement dolomitowy* jest o wiele gorszy od cementu portlandzkiego, gdyż wytrzymałość jego po stężeniu jest znacznie mniejszą, a przytem podczas tężenia i po stężeniu w murze zwiększa cement taki swą objętość (pęcznieje).

W czasach nowszych starano się wapień częściowo lub całkowicie zastąpić przez ziemię barytową. Sposoby wyrabiania takiego *cementu barytowego* wskazane zostały przez Allain'a i Aaron'a. Na podstawie doświadczeń stwierdzono jednak, że cementy barytowe zachowują się inaczej aniżeli portlandzkie i że mogą wprawdzie służyć za zaprawę powietrzną, lecz nie nadają się dla zaprawy wodotrwałej.

b) *Glina*, jako wytwór wietrzenia skał, zwłaszcza spatów polnych, napotyka się w przyrodzie już to w miejscach jej powstawania już to w miejscach in-

nych, dokąd naniesioną została przez wodę. W tym ostatnim wypadku glina zawiera zazwyczaj przymieszki ciał obcych, jako to: piasku kwarcowego, węglanu wapnia, gipsu, węglanu magnezu, iskrzyku, wodoru tlenika żelaza i t. p. — W glinie przeznaczonej do wyrabiania cementu ważnym jest zarówno jej skład mechaniczny jako też chemiczny. Glina zawierająca w znacznej ilości piasek kwarcowy, zwłaszcza gruboziarnisty, jest do fabrykacji cementu nieodpowiednią. Glina odpowiednia do wyrabiania cementu winna w przekroju mieć wygląd masy jednostajnej, nie zawierającej grubszych przymieszek ciał obcych i przytem winna być dostatecznie plastyczną, ażeby po zmieszaniu gliny z rozdrobnionym węglanem wapnia, można było z mieszaniny tej formować cegiełki. — Co się zaś tyczy składu chemicznego, to z doświadczenia wiadomo, że gliny ogniotrwałe, które składają się niemal wyłącznie z krzemianu glinki i kwarcu, tylko w wyjątkowych wypadkach nadają się do wyrabiania cementu. Najczęściej używane są gliny łatwo topliwe, którą to własność zawdzięczają w stopniu wysokim tlenikowi żelaza i zasodom (alkaliom). Domieszki tych ciał nie powinny jednak być ilościowo zbyt znaczne, gdyż zbyt wielka zawartość tleniku żelaza może oddziaływać ujemnie na własności wodotrwałe cementu; przy zbyt znacznej zaś zawartości zasad mogą na powierzchni stwardniałego cementu tworzyć się wykwitły z węglanów zasad. — Topliwość mieszaniny można zwiększyć także, jak dowiódł Frühling, przez domieszkę magnezyi, lecz domieszka magnezyi nie powinna przekraczać 4⁰/₁₀, gdyż w razie przeciwnym może ujemnie oddziaływać na dobroć cementu.

Z powyższego wynika, że glina wyborowa do fabrykacji cementu winna zawierać: krzemionki 60—70%, glinki 15—25%, tlenku magnezu 2—4%, tleniku żelaza 5—12%, zasad 1—4%. Liczby te wskazują stosunek ilościowy składników rzeczywiście potrzebnych dla wyrabiania cementu, po wydzieleniu z gliny wszelkich przymieszek zbytecznych lub szkodliwych.

W następującej tablicy wskazany jest skład chemiczny niektórych glin, używanych do wyrabiania cementu portlandzkiego: 1) gliny z nad rz. Medway, według rozbioru Feichtinger'a; 2) z nad Elby w Saksonii, według Michaëlis'a; 3) z Pomeranii, według tegoż; 4) z Harcu górnego, według tegoż; 5) z Brandeburgii, według tegoż; 6) z okolic Petersburga, według Szulaczenko:

	1	2	3	4	5	6
Krzemionka	68,45	60,06	59,25	60,00	62,48	59,81
Glinka	11,64	17,79	23,12	22,22	20,00	18,96
Tlenik żelaza	14,80	7,08	8,53	8,99	7,33	6,98
Tlenek wapnia	0,75	9,92	—	4,18	6,30	1,49
Tlenek magnezu	—	1,89	2,80	1,60	1,16	2,50
Potas	1,90	2,50	1,87	1,49	1,74	} 5,12
Sód	2,10	0,73	1,60	0,72	0,37	
Gips	—	0,60	2,73	0,89	0,60	—

Glina z Wysokiej pod Łazami, według rozbioru Michaëlis'a, zawiera: krzemionki 56,195, piasku wydzielonego 1,288, glinki 19,960, tleniku żelaza 6,158, tleniku manganu ślady, tlenku wapnia 3,144, tlenku magnezu 1,418, zasad około 3,0, kwasu siarczanego 0,170, wody, kwasu węglanego i ciał organicznych 9,313. —

W niektórych fabrykach cementu zamiast gliny używane są margle zawierające do 45%

gliny. W innych znowu fabrykach zamiast gliny używane są wapienie zawierające od 8 do 15% krzemionki (margle wapienne), które miesza się z marglem glinianym zawierającym 30—40% krzemionki. Zgodnie z wynikami badań Dorn'a, Fittig'a i Frühling'a mogą zamiast gliny być używane niektóre łupki bitumiczne; zaś według Balling'a i Erdmenger'a nadają się do tego celu także niektóre zieleńce (dyabazy i dyoryty).—W niektórych fabrykach używa się jako domieszki do surowej masy cementowej już to spatu polnego, już to sody uwapnionej.

Cement portlandzki, jak to już powyżej nadmieniliśmy (p. str. 358), może być wyrabiany nie tylko przez sztuczne mieszanie gliny i wapieni i następne palenie, lecz także wprost z wapieni (margli) naturalnych, jeżeli dany wapień posiada odpowiedni skład chemiczny, co zależnem jest głównie od stosunku ilościowego gliny i wapna i od składu chemicznego samej gliny.

2) Mieszanie materiałów surowych. Materiały surowe, po odpowiedniem ich przygotowaniu, rozdrabniane są możebnie miałko i mieszane możebnie dokładnie. Sposoby rozdrabniania i mieszania materiałów surowych są zależne od własności tychże materiałów surowych.

Rozróżniane są głównie trzy sposoby mieszania materiałów surowych: mieszanie w drodze suchej, półmokrej i mokrej.

a) *Mieszanie suche* polega na tem, że materiały surowe, zazwyczaj każdy oddzielnie, rozdrabniane są na proszek bardzo miałki, poczem materiały te, już w stanie rozdrobnionym, przy dodaniu odpowiedniej ilości wody, zarabiane są na ciasto nie zbyt gęste i wreszcie mieszane są przez ugniatanie, nożowanie lub ubijanie. — Ziemie margliste i wapienie wód słodkich mogą być łatwo rozdrabniane przez kilkakrotne zamrażanie i suszenie, poczem mogą być bez żadnych dalszych przygotowań mieszane z gliną. Natomiast wapienie łomowe i kredy twarde suszone być muszą w piecach, a następnie rozdrabniane i mielone na proszek za pomocą przyrządów mechanicznych. — Glina, po wysuszeniu na powietrzu lub w suszarniach, jest rozdrabniana i mielona również za pomocą przyrządów mechanicznych. — Materiały sproszkowane przesiewa się przez sita, mające zależnie od gatunku materiałów od 360 do 500 oczek na 1 cm^2 ; poczem odmierzone dokładnie ilości wapna i gliny miesza się za pomocą szufli i łopat w miejscu zabezpieczonem od przystępu wiatru i możebnie w bliskości mieszarek.

Do dokładnego zmieszania materiałów sproszkowanych służą mieszarki mechaniczne różnych systemów, z których najczęściej używane są: mieszarka pomysłu Frühling'a, oraz mieszarka pomysłu Diener'a i Erdmenger'a.

Materiały sproszkowane i dokładnie zmieszane spuszczone są w doły urządzone w pobliżu mieszarek i po dodaniu odpowiedniej ilości wody, zarabiane są na ciasto gęste, nieciekłe. Następnie mieszaninę przeprowadza się przez glinokrajnie, w których mieszanina przekształca się na masę o tyle jednostajną, iż części jej składowe okiem nieuzbrojonem nie mogą być rozróżniane. — Mieszanina przygotowana na sucho może być znacznie ulepszoną przez dłuższe przechowywanie w stanie zwilgoconym, zwłaszcza w porze zimowej, gdyż pod wpływem mrozu części składowe rozdrabniają się, sama mieszanina zaś staje się więcej jednostajną, delikatniejszą i bardziej plastyczną, tak, iż można bez trudności formować z niej cegielki.

b) *Mieszanie półmokre* polega na tem, że jeden z dwóch materiałów surowych, wapień lub glinę, oczyszcza się z przymieszek piasku i kamyków i rozdrabnia się za pomocą pławienia, poczem otrzymaną stąd masę mułkową miesza się z drugim składnikiem sproszkowanym w drodze suchej. — Najczęściej pławiony jest wapień, gdyż wszystkie niemal odmiany wapienia, a zwłaszcza ziemie margliste, wapienie łąkowe, kredy, margle zbite i wapienie skalne, zawierają w znacznych ilościach piasek i kamyki. Niekiedy jednak poddaje się pławieniu glinę i miesza się ją następnie z wapieniem sproszkowanym w drodze suchej. — Sposoby pławienia są zależne od gatunku danego materiału. Margle zbite i wapienie łomowe przed pławieniem rozdrabniane są za pomocą przyrządów mechanicznych.

c) *Mieszanie mokre* polega na tem, że wapień i glina, zmieszane w odpowiednim stosunku ilościowym, odplawiane są razem, przyczem otrzymuje się mułek, zawierający już oba

składniki dostatecznie rozdrobnione i dokładnie z sobą zmieszane. — Ten sposób mieszania przedstawia jednak pewne niedogodności, a to z powodu, że przy niejednakowym ciężarze właściwym wapna i gliny, mułek osadza się nie w postaci masy jednostajnej lecz w warstwach, a przytem woda odpływająca unosi zbyt znaczne ilości już to jednego już to drugiego składnika, wskutek czego stosunek ilościowy wapna i gliny w mułku nie jest taki sam jak w mieszaninie pierwotnej. Można wprawdzie zapobiedz tym niedogodnościom, ponieważ jednak środki zapobiegawcze są uciążliwe i kosztowne, przeto mieszanie mokre rzadko bywa stosowane.

3) Formowanie i suszenie. Z masy cementowej, otrzymanej za pomocą jednego z trzech powyżej wspomnianych sposobów mieszania materiałów surowych, formowane są cegielki, które następnie są suszone.

a) *Formowanie.* Z masy cementowej wyrabiane są cegielki o wymiarach 26.12.55 cm, już to ręcznie, już to za pomocą maszyn.

Z maszyn służących do formowania cegiełek, najwięcej rozpowszechniony jest w Niemczech przyrząd pomysłu Schlickeysen'a,

Niekiedy omija się zupełnie formowanie cegiełek i masę cementową, po odpowiednim wysuszeniu, wkłada się do pieca w postaci brył nieforemnych, co wpływa wprawdzie na zmniejszenie kosztów wyrobu, lecz jednocześnie oddziałuje ujemnie na dobroć cementu.

Ponieważ, przy jednakowych innych warunkach, cement bywa tem lepszym, im gęstszą jest masa cementowa przed paleniem, przeto formowanie cegiełek za pomocą maszyn jest stanowczo odpowiedniejszym, aniżeli formowanie ręczne. Masa cementowa bowiem w cegielkach formowanych za pomocą maszyn zawiera mniej wody i posiada większą gęstość, aniżeli w cegielkach formowanych ręcznie, przyczem suszenie cegiełek formowanych za pomocą maszyn nie wymaga dłuższego czasu aniżeli cegiełek formowanych ręcznie.

W czasach nowszych stosowane były niejednokrotnie do formowania cegiełek prasy, zwane *suszarkami* (n. Trockenpresse), przedstawiające tę dogodność, że masa cementowa w tych przyrządach nie tylko jest formowaną w cegielki, lecz jednocześnie pod wpływem znacznego ciśnienia osusza się, tak, iż otrzymywane stąd cegielki nie wymagają już dodatkowego suszenia i mogą być bezpośrednio palone. Ponieważ jednak formowanie cegiełek za pomocą takich przyrządów wymaga ciągłego, bardzo starannego i umiejętnego nadzoru, a przytem ten sposób formowania cegiełek nie dla każdej masy cementowej może być stosowany. przeto przyrządy, o których mowa dotychczas mało są rozpowszechnione.

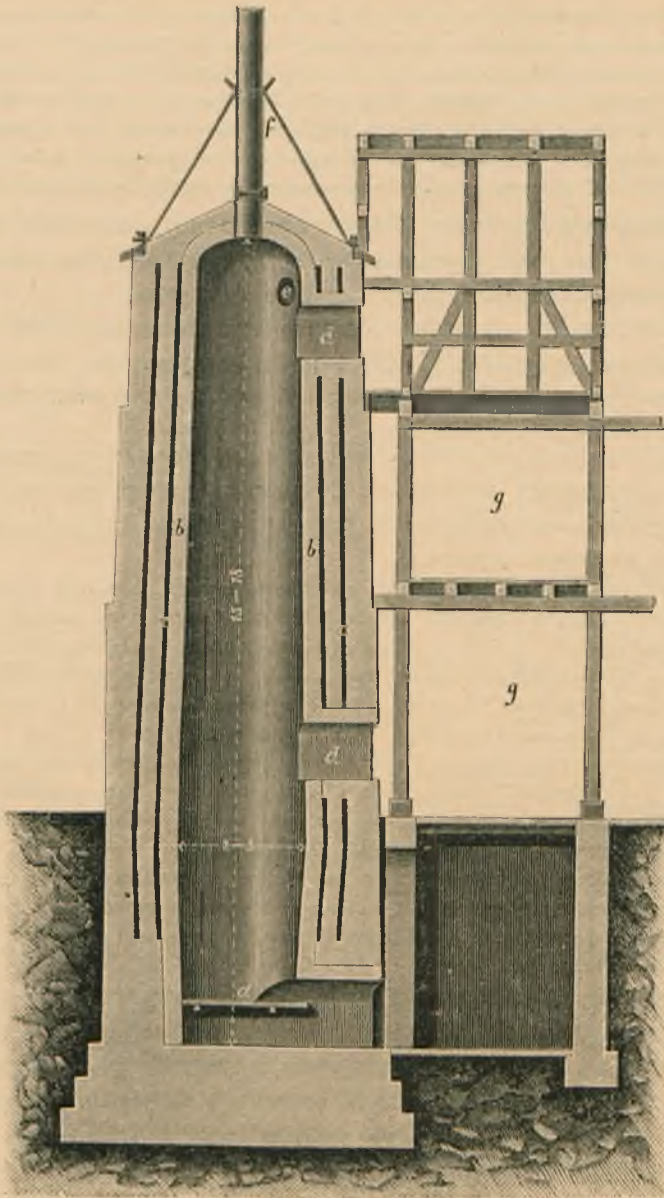
b) *Suszenie.* Cegielki suszone są albo na powietrzu, albo też w szopach zabezpieczonych od deszczu, albo wreszcie w suszarniach sztucznie ogrzewanych.

Przy suszeniu na powietrzu czas trwania suszenia jest oczywiście zależnym od stanu pogody. Suszarnie sztucznie ogrzewane stawiane są zazwyczaj bezpośrednio przy piecu, tak, ażeby ciepło promieniejące z pieca mogło być użytkowane do ogrzewania suszarni.

4) Wypalanie cementu. Cement wypalany być może zarówno w piecach okresowych (peryodycznych) jako też w piecach ciągłych. Dotychczas jednak używane są przeważnie piece okresowe.

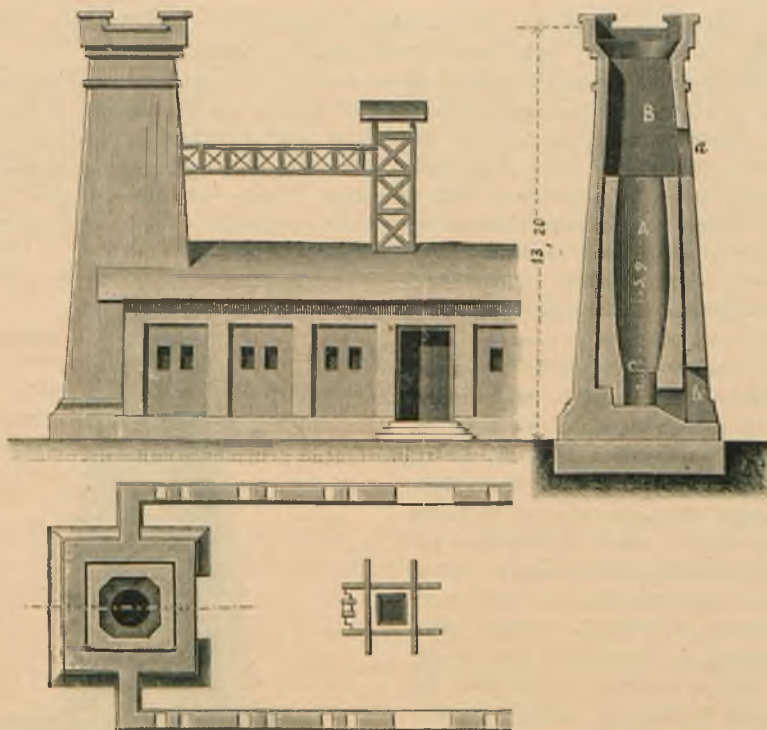
a) *Piece okresowe.* Są to najczęściej zwykłe piece stojące (szachtowe), w których masa cementowa w postaci cegiełek lub brył nieforemnych, układana jest w warstwy naprzemian z paliwem. Za paliwo służy najczęściej koks, rzadziej węgiel kamienny twardy (antracytowy). — Kształt i wielkość pieca stojącego mają znaczny wpływ na wynik palenia.

Jako przykład takiego pieca stojącego może służyć piec, uwidoczony w przekroju podłużnym i planie na rys. 126. Wysokość wewnętrzna tego pieca wynosi zazwyczaj 15—18 m, z których na wysokość szybu właściwego przypada 6—8 m. Na wysokości 0,9—1,2 m po



Rys. 126.

nad spodem pieca umieszczony jest mocny ruszt *a*, którego pręty z żelaza kutego mają przekrój kwadratowy o boku 40—80 *mm*, a którego powierzchnia wynosi 1,5—2,5 *m*². Średnica wewnętrzna pieca nie jest jednostajną na całej jego wysokości, lecz jest największą w oddaleniu 4—5 *m* po nad rusztem; na tej wysokości średnica wewnętrzna pieca wynosi 2—3 *m*. Mur wewnętrzny *b*, gruby na jedną cegłę (250—260 *mm*), wykonany jest z cegły ogniotrwałej i oddzielony jest od muru zewnętrznego warstwą odosobniającą *c*. Grubość muru zewnętrznego wynosi od 0,7—1,5 *m*. Dla ładowania pieca służą otwory *d*. Zazwyczaj otworów takich jest kilka, najmniej jednak dwa, z których jeden znajduje się poniżej osady komina blaszanego *f*, drugi zaś na wysokości 4—5 *m* po nad rusztem. Nadto w części górnej pieca znajduje się otwór rewizyjny *e*, a bezpośrednio przy piecu wzniesione jest rusztowanie ładunkowe *g*. — Przy ładowaniu pieca układa się na ruszcie warstwę materiałów łatwo zapalnych (drzewo suche, chrust i t. p.),



Rys. 127.

a na niej drzewo w szczepach, oraz węgle lub torf, następnie zaś dopiero większą ilość paliwa przeznaczonego do wypalania cementu, t. j. koksu lub węgla kamiennego twardego (antracytowego). Po starannym wyrównaniu tej warstwy paliwa układa się na niej luźno pierwszą warstwę masy cementowej, następnie znowu warstwę paliwa, a na niej drugą warstwę masy cementowej i t. d. Ilość paliwa w oddzielnych warstwach zmniejsza się stopniowo ku środkowi ładunku, stąd zaś zwiększa się stopniowo ku górze, przyczem ilość i rozdział paliwa należy uprzednio dla każdej masy cementowej oznaczyć na podstawie prób. Ponieważ masa cementowa podczas palenia kurczy się, przeto pomiędzy pojedynczemi jej częściami tworzą się przestrzenie wolne, dostateczne dla swobodnego ruchu gazów. — Po naładowaniu pieca zapala się paliwo ułożone na ruszcie, a gdy ogień ogarnie całą warstwę dolną paliwa, zamyka się szczelnie lub zamurowuje otwory, przyczem powietrze dopływa przez otwór znajdujący się pod rusztem. Na dalszy przebieg palenia nie można już z zewnątrz wywierać żadnego wpływu. Palenie jest ukończone, gdy najwyższa warstwa paliwa jest rozżarzona, co można zauważyć przez otwór rewizyjny *e*. — Im suchszym jest ładunek, tem prędszem i silniejszym jest palenie.

W piecach mniejszych, obejmujących do 50 beczek (10 000 kg) masy cementowej, palenie trwa przy korzystnych warunkach tylko 24 godziny; w piecach większych zaś, obejmujących 100—150 beczek, czas trwania palenia wynosi 30—40 godzin.

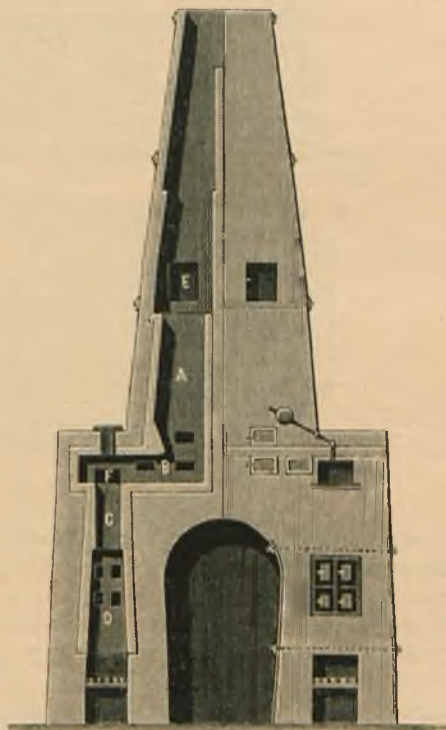
Inny typ pieca okresowego stojącego do wypalania cementu, przedstawiony w widoku, przecięciu podłużnym i planie na rys. 127, ma wysokości 13,2 m. W tym piecu część dolna *A*, o wysokości 6,9 m, tworząca szyb właściwy, zabezpieczona jest od wewnątrz murem z cegły ogniotrwałej, oddzielonym od muru zewnętrznego warstwą odosobniającą; część górna zaś *B* służy za komin do odprowadzania wytworów palenia. Na wysokości 1 m po nad spodem pieca umieszczony jest ruszt *c*. Średnia szerokość wewnętrzna paleniska *A*, wynosząca około 2 m, zmniejsza się stopniowo ku górze do 1,3 m, ku dołowi zaś do 1 m. Otwór *a*, do którego prowadzi pomost ładunkowy, służy do ładowania pieca, zaś otwór *b* — do opróżniania pieca. Ładowanie i opalenie tego pieca uskutecznia się w taki sam sposób jak w piecu poprzednim.

Starano się także zastosować do wypalania cementu piece okresowe kopulaste, które jednak okazały się mniej korzystnymi od zwykłych pieców stojących.

Piece okresowe dla cementu przedstawiają, na równi ze wszystkimi piecami okresowymi, tę niedogodność, że wskutek niezbędnego ogrzewania i ochładzania każdego ładunku oddzielnie, traci się na czasie, a ciepło nie może być należycie wyzyskane; przytem paliwo w tych piecach musi być przynajmniej w części gatunku wyborowego (koks). Nadto, w razie uszczelnienia się masy cementowej, w jednej lub kilku warstwach, przeciąg ustaje i wtedy cały ładunek pieca może być zniszczony; a nawet przy całkiem prawidłowym przebiegu palenia, straty na masie niedopalonej lub przepalanej są stosunkowo znaczne.

b) *Piece ciągłe*. Pomimo zaznaczonych powyżej niedogodności pieców okresowych, piece te były dotychczas i po części są jeszcze obecnie uważane za najodpowiedniejsze do wypalania cementu. Starano się wprowadzić przystosować piece stojące do palenia ciągłego, lecz na tej zasadzie oparte piece, obmyślane przez W. Bertina i A. Tomei, dały wyniki nie całkiem zadowalniające. Piece ciągłe pierścieniowe, tak korzystne dla wypalania cegły, a między innymi piece pomysłu Hoffmann'a, Bühner'a, Lipowitz'a i in., opalane węglem i koksem, oraz piece gazowe pomysłu Steinmann'a, Escherich'a, Emmel'a, Sonnet'a i in., okazały się korzystnymi dla wypalania cementu tylko w pewnych wyjątkowych warunkach. Dopiero Karolowi Dietzsch'owi w Malstatt pod Saarbrücken, udało się obmyślić (1883 r.) typ pieca ciągłego, który, o ile z dotychczasowych doświadczeń wnosić można, czyni zadość odrębnym warunkom dobrego pieca cementowego. To też piec ten znalazł już bardzo liczne zastosowania w fabrykach zagranicznych, oraz w naszych fabrykach krajowych.

Piec piętrowy Dietzsch'a. Piec ten budowany jest w kilku odmianach, przystosowanych do własności masy cementowej; nadto może być pojedynczy (o wydajności około 10 000 kg na dzień), albo podwójny (o wydajności około 20 000 kg na dzień). Na rys. 128 uwidoczony jest szematycznie piec podwójny. Piec ten składa się z szybu pionowego, którego część dolna *D*, znajdująca się bezpośrednio nad rusztem, przeznaczona jest do ostudzenia masy cementowej już wypalanej; część górna zaś *C* jest właściwym paleniskiem, w którym wypalana jest masa cementowa ułożona w warstwy naprzemian z paliwem. Palenisko *C* połączone jest za pomocą



Rys. 128.

kanalu przesklepionego *B* z ogrzewaczem *A* i kominem, służącym do podtrzymywania przeciągu. Po zapelnieniu szybu *DC* warstwami masy cementowej i paliwa roznieca się ogień na ruszcie; jednocześnie zapelniany jest ogrzewacz *A* przez otwór *E* masą cementową czystą. Ponieważ płomień rozniecony na ruszcie ogarnia tylko stopniowo warstwy wyżej położone, przeto w chwili, gdy masa cementowa w palenisku *C* wypala się, warstwy w przestrzeni dolnej *D* są już wypalone. Powietrze wchodzące z pod rusztu ochładza przeto masę cementową w przestrzeni *D*, samo przytem się rozgrzewa i w stanie już ogrzanym zasila ogień w palenisku *C*. Gazy gorące, uchodzące z paleniska *C*, przedostawszy się przez kanał *B* do ogrzewacza *A*, rozgrzewają masę cementową, która ma być następnie wypaloną. Skoro palenie w palenisku *C* jest ukończone, to warstwy ochłodzone z przestrzeni *D* są wyjmowane przez otwór znajdujący się przy ruszcie. W miarę wyjmowania masy cementowej z przestrzeni *D*, warstwy z paleniska *C* opadają do przestrzeni *D*, a jednocześnie robotnicy za pomocą łopat przesuują przez otwór *F* masę cementową rozgrzaną z ogrzewacza *A* do paleniska *C*, przyczem każdą warstwę wyrównaną posypują odpowiednią ilością paliwa. W ścianach obwodowych ogrzewacza *A* znajdują się otwory służące do rozluźniania w razie potrzeby masy cementowej za pomocą drągów. Takież otwory, znajdujące się w sklepieniu kanału *B* i w ścianach obwodowych szybu *CD*, służą do odbijania za pomocą drągów masy cementowej od muru; masa cementowa bowiem, rozmiękczona podczas wypalania, często do muru się przylepia.

Z bardzo szczegółowych badań, przeprowadzonych nad piecem piętrowym Dietzsch'a przez d-ra Heintzel'a, prof. Tetmajer'a, Olschewsky'ego, L. Schall'a i F. M. Meyer'a, zdaje się wynikać, że piec ten w porównaniu z innymi typami pieców cementowych, wymaga najmniejszych kosztów nakładowych, najmniejszych wydatków na utrzymanie w stanie należytem i co najważniejsza najmniejszej stosunkowo ilości paliwa, bez widocznego uszczerbku dla własności cementu.

W latach ostatnich przyznany został F. Kowalewskiemu i L. du Pasquier'owi przywilej na nowy typ pieca stojącego ciągłego do wypalania cementu. Piec ten, o ile nam wiadomo, nie jest jeszcze dostatecznie wypróbowany.

5) Wpływ palenia na masę cementową. Masa cementowa, należycie wypalona, ma wygląd ciała spiekłego, podobnego do lawy wulkanicznej, barwy zielono - szarej. Wytrzymałość masy cementowej wypalanej jest dość znaczną, a stopień jej porowatości bywa różnym zależnie od gatunku materiałów surowych.

Części niedopalone nie są spieczone, a przytem mają wytrzymałość małą i barwę jasno-brunatną. Części przepalone mają złożenie bardzo ściśle, bazaltowe, barwę niebiesko-szarą do czarno-zielonej, wytrzymałość znaczną, a po rozdrobnieniu dają proszek ciężki, ostry, pozbawiony już jednak własności wiązania się.

Temperatura potrzebna dla należytego wypalania masy cementowej jest w zasadzie tem większą im większą jest gęstość materiału surowego i im większą jest przymieszka wapna. Zazwyczaj do należytego wypalania masy cementowej, potrzebną jest temperatura żaru jasno-białego, około 2000° C.; przyczem stopień natężenia ciepła może być oceniany tylko ze zmian barwy masy cementowej w piecu. W pierwszym okresie palenia, przy żarze czerwonym, z węgla wapnia tworzy się tlenek wapnia, który wywołuje stopniowy rozkład gliny, tak, iż w czasie około jednej godziny cała krzemionka, z wyjątkiem większych cząstek kwarcu, przechodzi w stan galaretowaty, przyczem masa cementowa przybiera barwę jasno-żółto-szarą; zanurzona w wodę rozgrzewa się silnie, jej zdolność twardnienia jednak jest jeszcze małą. Podczas dalszego wypalania, przy temperaturach wyższych, barwa masy cementowej stopniowo ciemnieje i przechodzi w brunatną; przyczem masa zanurzona w wodę rozgrzewa się już mniej,

a jej zdolność twardnienia okazuje się większą. W drugim okresie palenia, przy żarze białym, masa cementowa staje się szarą, z odcieniem zielonawym; przyczem dobroć jej i zdolność twardnienia stają się po pewnym czasie największemi, wskutek czego palenie winno być uważane za ukończone. -- Masa cementowa poddana jeszcze znaczniejszej temperaturze przybiera barwę niebiesko-szarą, przyczem wskutek przepalenia staje się już do użytku niezdatną. Taka masa poddana jeszcze dalszemu wypalaniu, staje się coraz ściślejszą, przyczem tlenik żelaza znika, a miejsce jego zajmuje tlenek żelaza; wreszcie masa przechodzi w stan zupełnego stopienia, przybiera wygląd obsydyanu i barwę czarną z odcieniem zielonawym lub niebieskawym.

Po pierwszym okresie palenia masa cementowa jest jeszcze *niedopaloną*; rozdrobniona daje proszek *jasny, żółto-brunatny, luśny*. Po drugim okresie palenia masa jest *wypaloną dostatecznie*, ma odłam matowy, w dotknięciu szorstki; rozdrobniona daje proszek *ostry, szary z odcieniem zielonawym*. Po dalszem paleniu masa staje się *przepaloną*, traci na dobroci, daje proszek *niebiesko-szary*. Masa poddana jeszcze znaczniejszym temperaturom i doprowadzona do stanu zupełnego stopienia tworzy cement szklisty, o odłamie gładkim, muszlowym; taki cement rozdrobniony daje proszek *jasny, biało-szary, bardzo ostry, ciężki, nie wiążący się wcale*.

Wszystko, co powyżej było powiedziane o barwie masy cementowej w różnych okresach palenia, odnosi się do masy cementowej otrzymywanej przez mieszanie gliny i wapienia zbitego. Masa cementowa otrzymywana z mułku glinianego (szliku) i kredy ujawnia inne zmiany barw w ogniu. W pierwszym okresie palenia przyjmuje barwę jasno-zieloną, która w następnych okresach palenia przechodzi stopniowo najprzód w czarno-zieloną, następnie zaś w niebiesko-czarną lub czarną. Tylko masa barwy czarno-zielonej lub łupkowo-czarnej daje dobry cement; masa ta po sproszkowaniu ma barwę *niebiesko-szarą*. Barwa zielono-szara takiego cementu sproszkowanego jest oznaką niedostatecznego wypalenia.

6) Rozdrabnianie masy cementowej palonej. Masa cementowa wypalona do spieczenia posiada znaczną twardość i wytrzymałość. Z tego powodu do rozdrabniania masy cementowej używane są maszyny o znacznej sile; przyczem rozdrabnia się masę najprzód w kamieniotłuczkach lub w przyrządach walcowych na ziarna wielkości orzecha lub grochu, które następnie rozdrabniane są w młynkach na proszek miałki. — Ponieważ dobroć cementu zależną jest w niemałym stopniu od jednostajnej wielkości ziarn i od dostatecznej miałkości proszku, przeto masa cementowa zmielona przesiewana jest jeszcze przez odpowiednie sita dla wydzielenia ziarn grubszych.

2. Pakowanie i przechowywanie (magazynowanie) cementu portlandzkiego.

1) Pakowanie. Masa cementowa po zmieleniu i przesianiu przez sita pakuje się w beczki i worki, przyczem stosowane są oddzielne przyrządy dla zabezpieczenia cementu od zanieczyszczenia przez kurz i pył.

Jeżeli cement otrzymany z danego ładunku pieca jest całkiem jednostajnie wypalony i odznacza się jednostajnymi własnościami, to można cement sproszkowany i przesiany bezpośrednio pakować w beczki, podstawiając beczki pod sita.

Że jednak najczęściej, zwłaszcza zaś przy paleniu w piecach stojących, cegielki z danego ładunku pieca są wypalone niejednakowo, przeto dla otrzymania cementu możebnie jednostajnego miesza się najprzód dokładnie proszek z jednego lub kilku ładunków pieca pochodzący, a następnie dopiero proszek w ten sposób przygotowany pakuje się w beczki lub worki. — Niekiedy cement, przed zapakowaniem, przechowywany jest przez pewien czas w składach, zabezpieczonych od wilgoci, co korzystnie oddziałuje na jego własności.

Ciężar jednej beczki cementu portlandzkiego wynosi od 160 do 200 *kg*, najczęściej 180 *kg* brutto i 170 *kg* netto. W fabrykach „Grodziec“ i „Wysoka“ cement sprzedaje się w beczkach mających po 10 i 12 pudów brutto (9,37 i 11,35 pudów netto). — Każda beczka winna być od wewnątrz wyłożona papierem grubym, ażeby zapobiedz pochłanianiu przez cement wody, zawartej w drzewie.

Zastosowano także sposobem próby, zamiast beczek drewnianych, beczki z masy papierowej, które jednak, ze względu na stosunkowo wysoką cenę, dotychczas rzadko są używane.

Przewóz po drogach żelaznych cementu w workach jest około 10% tańszym aniżeli w beczkach; worki jednak muszą być starannie zabezpieczone od wilgoci, zarówno podczas przewozu, jako też podczas późniejszego przechowywania. Ciężar cementu w jednym worku wynosi najczęściej od 60 do 85 *kg*.

Na każdej beczce i na każdym worku, oprócz firmy fabryki i wyrazów „cement portlandzki“, winien być wyraźnie oznaczony ciężar brutto i netto. — Przy odbiorze, ubytek ciężaru nie przekraczający 2% nie powinien stanowić powodu do zabrakowania cementu.

2) Przechowywanie (magazynowanie). Cement portlandzki, po zapakowaniu w beczki lub worki, winien być przez pewien czas przechowywany w miejscach suchych, zabezpieczonych od wpływu czynników atmosferycznych. Zazwyczaj fabryki przeznaczają na sprzedaż tylko taki cement odleżały. Jeżeli jednak cement nabyty jest świeżym, nieodleżałym, to przed użyciem winien być złożony w składach lub szopach, przez co stopień jego dobroci znacznie się zwiększa. Zależnie od własności danego cementu czas przechowywania (magazynowania) bywa rozmaity; dobry cement portlandzki jest zazwyczaj dostatecznie odleżałym po trzech miesiącach przechowywania.

3) Zmiany cementu podczas przechowywania. Podczas przechowywania (magazynowania) własności cementu ulegają bardzo znacznym zmianom; zauważono mianowicie, że podczas przechowywania cement rozpada się na proszek bardziej mialki i więcej jednostajny, przyczem staje się powolniej tężącym i traci skłonność do pęcznienia. Ponieważ wytrzymałość zapraw powoli tężących jest po stężeniu w ogóle większą aniżeli zapraw prędko tężących i ponieważ, przy jednakowych innych warunkach, wytrzymałość zaprawy cementowej po stężeniu jest tem większą im mialszym i jednostajniejszym jest proszek cementowy, przeto zmiany, którym podlega cement portlandzki podczas przechowywania, są niewątpliwie korzystne. I rzeczywiście stwierdzono za pomocą doświadczeń bezpośrednich, że zaprawy przygotowane z cementów odleżałych ujawniają po stężeniu wytrzymałość znacznie większą aniżeli zaprawy przygotowane z cementów świeżych. — Z doświadczenia wiadomo, że każdy cement podczas tężenia w wodzie zwiększa swą objętość; to zwiększenie objętości jest jednak znacznie mniejszem w cementach odleżałych aniżeli w świeżych. Skłonność do pęcznienia zapraw

z cementów świeżych bywa niekiedy bardzo znaczną. Częstość już w dwa tygodnie po użyciu zaprawy pojawiają się w niej nabrzmienia zewnętrzne, po których następuje kruszenie się cementu tężącego; jednocześnie zaś z temi nabrzmieniami pojawiają się w zaprawie rysy włoskowate, które następnie stopniowo się zwiększają. To też w murach, do których użyto zaprawy z cementu świeżego, często cegły, nawet wyborowe, łuszczą się w pobliżu spoin, pod parciem zaprawy pęczniejącej.

Zaznaczyć jeszcze należy, że cement świeży zarobiony wodą najczęściej znacznie się rozgrzewa; odleżały traci tę własność.

Te zmiany, zachodzące podczas przechowywania cementu portlandzkiego, są przyczyną, że cement odleżały słusznie uważany jest za znacznie lepszy aniżeli cement świeży.

Przechowywanie ma wpływ także na ciężar właściwy cementu. Erdmenger stwierdził, że ciężar właściwy cementu świeżego 3,20 po kilkumiesięcznym przechowywaniu zmniejszył się do 2,96. Cement portlandzki angielski, którego c. wł. w stanie świeżym wynosił 3,09, po jednorocznym przechowywaniu w izbie, w warstwie 10 *cm* grubej, miał c. wł. 2,85.

Zmniejszanie się ciężaru właściwego zdaje się być niewątpliwie następstwem pochłaniania przez cement kwasu węglanego z powietrza. Czy jednak i o ile czynnik ten jest także przyczyną innych zmian, zachodzących w cemencie podczas przechowywania, nie zostało dotychczas dostatecznie stwierdzonem.

Beczka drewniana napełniona cementem świeżym, suchym i dostatecznie ochłodzonym, przy uderzaniu nie wydaje dźwięku czystego; dopiero po dwóch tygodniach, a niekiedy dopiero po miesiącu przechowywania w miejscu suchem, beczka pod uderzeniem wydaje dźwięk czysty, metaliczny. Dowodzi to, że cement w beczce skurczył się, przez co klepki uderzane zyskały możność drgania. Gdyby w tym stanie możebnem było zdjąć obręcz bez uderzania młotem i bez wstrząsania beczką, to zawartość beczki przedstawiła by się w postaci masy pozornie ściślej, nie rozsypującej się. Po pewnym czasie, zazwyczaj po 4-ch tygodniach, niekiedy jednak dopiero po 2-ch miesiącach przechowywania, proszek cementowy w beczce ponownie pęcznieje, przyczem wskutek zwiększania się objętości cementu, obręcz beczki pęka, jeżeli beczka była zbyt szczelnie napełnioną, a obręcz zbyt mocno naciągnięte. Po tem pęcznieniu cement osiąga najwyższy stopień dobroci. — Dalsze przechowywanie cementu, nawet w miejscu suchem i zabezpieczonem od przystępu kwasu węglanego, wpływa już tylko ujemnie na dobroć cementu. — Cement rzymski podczas przechowywania podlega takim samym zmianom lecz w stopniu jeszcze wyższym.

Światło, zdaniem E. Heintzel'a, wywiera wpływ ujemny na dobroć cementu. Cement wystawiony przez czas dłuższy na działanie światła przybiera barwę żółtą, co zdaje się być następstwem rozkładu związków żelaza w cemencie: związki zielone, zawierające tlenek żelaza, przekształcają się na związki żółte, zawierające tlenek żelaza. Wytrzymałość cementu żółtego pod wpływem światła ma być mniejszą aniżeli cementu zielono - szarego. — Przy przechowywaniu należało by przeto zabezpieczać cement od przystępu światła. — Zaznaczyć jednak należy, iż zdaniem innych badaczy, wpływ ujemny światła na dobroć cementu nie jest dostatecznie stwierdzonem i w każdym razie nie tak znacznym, jak to przypuszcza Heintzel.

3. Własności ogólne cementu portlandzkiego.

1) *Złożenie i barwa.* Dobry cement portlandzki przedstawia się w postaci proszku miątkiego, w dotknięciu ostrego, barwy jasno-szarej do ciemno-szarej, z odcieniem zielonym lub niebieskim (p. str. 367—368).

Pod drobnowidzem (mikroskopem) można rozpoznać, że proszek cementu portlandzkiego składa się wyłącznie z kanciastych blaszek lub płytek łupkowych, które w warstwach cienkich są bezbarwne, w warstwach grubszych zaś—zielone, niekiedy fioletowe.

2) *Ciężar właściwy.* Ciężar właściwy *świeżego* cementu portlandzkiego dobrego jest zmienny, zależnie od stopnia wypalenia i od zawartości wapna, w granicach od 3,1 do 3,25. Podczas przechowywania (magazynowania) ciężar właściwy cementu portlandzkiego zmniejsza się (p. str. 370); jednakże ciężar właściwy dobrego cementu portlandzkiego *odleżalego* nie powinien być mniejszym aniżeli 3,05, a nie bywa większym aniżeli 3,2.

Ciężar właściwy cementu portlandzkiego jest większy aniżeli ciężar właściwy innych materiałów wiążących i to stanowi jedną z przyczyn większej ścisłości i większej wytrzymałości zaprawy z cementu portlandzkiego w porównaniu z innymi zaprawami.

Ciężar właściwy jest jedną z najważniejszych oznak dobroci cementu portlandzkiego; jedynie z ciężaru właściwego można ocenić, czy masa była wypalona rzeczywiście do spieczenia.

Ciężar właściwy cementu portlandzkiego niedopalonego i przepalonego jest mniejszy aniżeli cementu należycie wypalonego; przyczem cement niedopalony jest lżejszy od przepalonego.

3) *Ciężar rzeczywisty.* Ciężar rzeczywisty cementu portlandzkiego (jak w ogóle wszystkich ciał sypkich) jest w stopniu wysokim zależny od miążkości proszku. Im drobniejszemi są ziarna, tem mniejszym jest ciężar rzeczywisty. Jeden litr cementu przesianego przez sito o 5000 oczkach na cm^2 waży w stanie luźno nasypanym 1,1—1,5 *kg*, w stanie ubitym zaś 1,9—2,2 *kg*.

4) *Skład chemiczny.* Skład chemiczny cementu portlandzkiego jest jednostajniejszy aniżeli cementu rzymskiego. Dobre cementy portlandzkie zawierają na wagę:

tlenku wapnia	od 58	do 67%
krzemionki	„ 20	„ 26,5%
glinki	„ 4	„ 10%
tlenku żelaza	„ 2	„ 6%
tlenku magnezu	„ 0,5	„ 3%
kwasu siarczanego	„ 0,5	„ 2%
zasad (potasu i sodu).	„ 0	„ 3%

Michaëlis na podstawie licznych rozbiórów podaje następujący skład *przeciętny* dobrego cementu portlandzkiego:

tlenku wapnia	60,05%	tlenku magnezu	1,17%
krzemionki	24,31%	potasu	0,80%
glinki	7,50%	sodu	0,74%
tlenku żelaza	3,34%	gipsu	1,82%

Z powyższego wynika, że w porównaniu z cementami rzymskimi cementy portlandzkie zawierają więcej wapna i krzemionki, zaś nieco mniej glinki i znacznie mniej tlenniku żelaza.

Przy jednakowych innych warunkach cement portlandzki jest tem lepszym im mniej zawiera tlenniku żelaza, zasad, gipsu i przymieszek ciał obcych (piasku, gliny, żużłu, popiołu, węgla i t. p.).

Własność tężenia pod działaniem wody i kwasu węglanego zawdzięcza cement portlandzki tworzącym się w temperaturze pieca związkom chemicznym wapna z krzemionką i glinką.

W tablicy, podanej na str. 373, wskazany jest skład chemiczny niektórych cementów portlandzkich, wyrabianych w różnych krajach.

Cementy portlandzkie, których skład chemiczny znacznie różni się od podanych powyżej stosunków normalnych, należy uważać za cementy droboci wątpliwej.

W wielu cementach portlandzkich znajdują się związki siarkowe (siarczany i siarkony), których ilość stosunkowa jednak, w dobrych cementach portlandzkich, jest bardzo nieznaczna.

Najszkodliwszą dla trwałości zapraw z cementu portlandzkiego jest nadmierna zawartość w cemencie wapnia i magnezu; ujemny wpływ na dobroć cementu mają także domieszki różnych ciał, o ile znajdują się w cemencie w ilości zbyt znacznej.

5) Wpływ nadmiernej ilości tlenków wapnia i magnezu. Jakkolwiek znaczna zawartość tlenku wapnia w cemencie portlandzkim jest bezwarunkowo szkodliwą, to jednak we wszystkich niemal nowszych cementach portlandzkich ilość wapna jest stosunkowo znacznie większą aniżeli w dawniejszych, znanych z dobroci, cementach angielskich. Pochodzi to stąd, że obecnie powszechnie, choć niesłusznie, nabywcy oceniają dobroć cementu jedynie ze stopnia wytrzymałości zaprawy w początkach jej tężenia, nie zwracając uwagi ani na inne własności danego cementu, ani na tę okoliczność, że nadmierna wytrzymałość w początkach tężenia może być następstwem czynników szkodliwych dla trwałości zaprawy. Wobec tego fabrykanci, w interesie własnym i pod naporem warunków współzawodnictwa handlowego, starają się wyrabiać cementy posiadające w początkach tężenia wytrzymałość możebnie największą. Cel ten daje się najłatwiej osiągnąć przez odpowiednie zwiększenie zawartości tlenku wapnia. Cementy portlandzkie bowiem, w których ilość tlenku wapnia w stosunku do ilości krzemionki, glinki i tlenniku żelaza razem wziętych, jest znaczną, dają zaprawy, których wytrzymałość w początkach tężenia jest znacznie większą aniżeli zapraw z cementów zawierających stosunkowo mniej tlenku wapnia.—Z drugiej jednakże strony takie zaprawy z cementów obfitujących w wapno ujawniają skłonność do zwiększania swej objętości podczas tężenia lub po stężeniu, niekiedy dopiero w kilka lat po wzniesieniu budowli. Zjawisko to, znane pod nazwą *pęcznienia (narastania)* zaprawy cementowej i wywołujące *pęknięcie* zaprawy, stanowi jedną z największych niedogodności i obaw przy stosowaniu cementów portlandzkich.

Szulaczenko twierdzi, że cementy portlandzkie sztuczne należy już uważać za niezdatne do użytku, gdy stosunek na wagę tlenku wapnia do krzemionki, glinki i tlenniku żelaza razem wziętych, jest większym aniżeli 2,3; w cementach port-

	Cementy angielskie		Cementy francuskie		Cementy belgijskie		Cementy niemieckie						Cementy wyrabiane w Austro-Węgrzech						Cementy wyrabiane w Rosyji						Cementy Krolestwa Polskiego	
	Robinson	White et Brothers			Szczecin	Wildau	Stern	Bracia Dyckerhoff w Amönenburgu	Bonn	Bracia Heyn w Lüneburgu	Kuffstein	Podol pod Pragę czeską	Szczakowa	Schmidt w Rydze	Schmidt w Rydze	Port-Kunda (Estlandya)	Gluchoozersk (Petersburg)	Podolsk pod Moskwą	Noworosyjsk	Sawio (Finlandya)	Grodziec	Wysoka				
Tlenek wapnia (CaO)	56,68	59,06	62,42	61,45	61,44	60,03	61,74	61,91	61,32	58,68	57,18	62,02	55,78	62,11	64,25	60,83	58,10	62,82	64,00	64,00	60,00	57,55	60,83			
Krzemionka (SiO ₂)	22,74	24,07	25,45	25,88	24,85	24,06	25,68	24,19	24,04	21,11	23,36	22,58	22,53	23,35	21,72	20,93	22,27	22,42	22,07	21,11	23,00	23,60	20,57			
Glinka (Al ₂ O ₃)	7,74	6,92	7,38	9,44	6,45	8,51	6,17	7,66	7,16	11,36	9,20	6,52	8,90	6,26	7,56	9,75	10,39	6,28	6,50	6,03	8,00	6,82	8,13			
Tlenek żelaza (Fe ₂ O ₃)	3,70	3,41	4,55	2,36	2,70	2,84	0,45	2,54	3,24	3,36	5,12	2,82	6,05	2,52	2,62	2,94	3,11	3,06	3,41	2,33	5,00	5,53	2,65			
Tlenek magnezu (MgO)	0,57	0,82	—	—	0,70	0,88	2,24	1,15	0,38	2,39	1,32	1,13	1,62	2,10	0,02	0,92	3,29	1,94	1,88	1,41	—	3,45	1,22			
Kwas siarczynowy (SO ₃)	—	2,85	—	1,22	1,03	1,54	1,64	—	—	0,64	1,15	1,85	1,33	1,11	0,69	—	1,29	1,53	0,80	0,78	—	—	0,20			
Zasady (potas i sód) (K ₂ O+Na ₂ O)	0,63	1,90	—	—	—	1,00	0,87	0,72	1,28	2,27	1,81	—	—	—	0,94	2,84	1,34	0,92	1,60	1,42	—	—	0,51			
Gips	1,60	—	—	—	—	0,60	—	1,06	0,51	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
Gлина i piasek	—	1,47	—	—	—	1,13	1,82	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
Części nierozpuszczalne	0,58	—	—	—	—	—	0,74	0,49	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,02			
Strata w ogniu (kwas węglany i woda)	5,40	—	—	—	2,05	1,20	—	—	—	1,06	1,37	1,00	1,46	1,02	1,92	3,49	—	—	—	—	—	3,35	—			

Kto wykonał rozbiór chemiczny

Ziureck
Michaëlis
Candlot
Candlot
Vicat
Vicat
Ziureck
Ziureck
Ziureck
Fechtlinger
Fechtlinger
—
Fechtlinger
Fechtlinger
Schmidt
Schulczenko
Schilling
Livien
Pracownia Szkoły politechnicznej w Helsinki
Mangon
Michaëlis

landzkich naturalnych stosunek ten nie powinien być większym aniżeli 2,5. — Jednakże i w cementach portlandzkich, w których rzeczony stosunek jest mniejszym aniżeli 2,3 i wynosi tylko 2,1—2,2, zauważono skłonność do pęcznienia zaprawy i to jedynie wskutek nadmiaru tlenu wapnia, a okoliczność ta jest tem ważniejszą, iż w bardzo wielu nowych cementach rzeczony stosunek wynosi 2,1—2,25. W dawniejszych cementach angielskich stosunek ten nigdy prawie nie był większym aniżeli 1,75—1,85; to też zaprawy z tych cementów nie pęczniały.

Skłonność do pęcznienia i to w stopniu bardzo wysokim ujawniają także zaprawy z cementów portlandzkich zawierających zbyt wiele tlenu magnezu. Największa ilość magnezyi w dobrym cemencie portlandzkim nie powinna przekraczać 4⁰/₀.

Wpływ nadmiernej ilości tlenu magnezu na własności cementu portlandzkiego jest od lat kilkunastu przedmiotem gorliwych i bardzo sumiennych badań w Anglii, Francji i Niemczech, tem bardziej, iż przedwczesne zniszczenie wielu budowli w tych krajach, przypisano użyciu cementu, zawierającego zbyt wiele magnezyi. Z tych po części nieukończonych jeszcze i ożywioną polemikę wywołujących badań Lechartier'a, Dyckerhoff'a, Durand-Claye'go i Debray'a, Michaelis'a i innych, można już obecnie wyprowadzić wniosek, że w cementach wypalanych do spieczenia, tlenek magnezu przechodzi stopniowo w wodan magnezu, a wskutek tego cementy zawierające znaczną ilość tlenu magnezu mają niewątpliwie skłonność do pęcznienia. Ta ich własność jest tem niebezpieczniejszą, że nie może być rozpoznana przy próbach, którym cement zazwyczaj jest poddawany i że najczęściej niszczące działanie pęcznienia cementu ujawnia się w budowli dopiero po latach kilku. — Stwierdzono wprawdzie, że nieznaczna ilość tlenu magnezu jest nieszkodliwą, nie zdołano jednakże dotychczas oznaczyć ściśle, jaką największą ilość tlenu magnezu może zawierać cement portlandzki bez uszczerbku dla swych własności. Przy badaniu cementów użytych do budowli, które wskutek pęcznienia zaprawy uległy zniszczeniu, okazało się, że cementy, do tych budowli użyte, zawierały we Francji 16—27⁰/₀, a w Niemczech 20—30⁰/₀ tlenu magnezu. Niewątpliwie jednak tlenek magnezu przy znacznie nawet mniejszej ilości stosunkowej oddziałuje szkodliwie na własności cementu.

Stowarzyszenie fabrykantów niemieckich cementu portlandzkiego, przyznając, że obecnie niema jeszcze dostatecznych danych dla oznaczenia największej ilości tlenu magnezu, nie wywierającej wpływu szkodliwego na własności cementu, powzięło jednak uchwałę, że cement zawierający więcej aniżeli 3⁰/₀ tlenu magnezu, nie powinien być uważany za cement portlandzki i że tlenek magnezu, znajdujący się w cemencie w ilości nie większej aniżeli 3⁰/₀, jest bezwzględnie nieszkodliwy.

Podczas obrad Komisji cementowej w Petersburgu (1889—1890 r.) prof. Bielelbusky przedstawił zebrane przezeń poglądy znamenitszych badaczy w przedmiocie, jaką może być największa dozwolona ilość stosunkowa tlenu magnezu w cemencie portlandzkim. Z odnośnej pracy prof. Bielelbusky'ego podajemy następujące szczegóły: Dr. Liven twierdzi, że największa ilość stosunkowa tlenu magnezu w cemencie portlandzkim nie powinna przekraczać 3⁰/₀. Schilling i Dyckerhoff uważają granicę tę za zbyt niską. Candlot sądzi, że jako granicę należało by przyjąć 4⁰/₀. Erdmenger radzi również ograniczyć ilość tlenu magnezu do 4⁰/₀, lecz tylko w cementach przeznaczonych do robót lądowych; cementy zaś przeznaczone do robót podwodnych mogą, zdaniem jego, zawierać 6—7⁰/₀ tlenu magnezu, bez uszczerbku dla swych własności. Bernouilli, zaznaczając, że badania jeszcze nie są ukończone, sądzi jednak, że granica 4⁰/₀ jest za niską. Delbrück, Michaelis, Bermann i Durand-Claye zalecają ograniczyć ilość tlenu magnezu do 5⁰/₀. Tetmajer radzi przyjąć tymczasowo 3⁰/₀, zaznacza jednak, że istnieją cementy bezwzględnie dobre, zawierające 8⁰/₀ tlenu magnezu.

Zaznaczyć jeszcze należy, że tlenek magnezu może dostać się do cementu portlandzkiego nie tylko z materiałów surowych, lecz także wskutek zmieszania cementu portlandzkiego z cementem rzymskim; w tym jednakże wypadku tlenek magnezu ma być nieszkodliwym. Takie mieszaniny wyfabrykowane są zresztą bardzo rzadko, najczęściej w celu nadania cementowi portlandzkiemu większej plastyczności.

Cementy zawierające nadmierną ilość tlenu wapnia ujawniają skłonność do pęcznienia, z powodu, że pewna ilość tlenu wapnia znajduje się w cemencie w stanie swobodnym, niezwiązanym chemicznie. Tę część tlenu wapnia starają się fabrykanci zubożyć przez silniejsze wypalanie i przez przechowywanie (magazynowanie) cementu, a także przez odpowiednie przymieszki ciał obcych. — Przez silniejsze palenie ułatwia się możebnie zupełny związek tlenu wapnia z krzemionką. Podczas przechowywania (magazynowania) cementu gotowego pary wodne i kwas węglany, znajdujące się w powietrzu, wiążą się z tlenkiem wapnia. Wskutek tego silniejsze palenie i przechowywanie może rzeczywiście, jeżeli nie całkowicie, to przynajmniej częściowo, usunąć niedogodności, grożące z nadmiaru wapnia w cemencie. — Co się jednak tyczy domieszek do cementu gotowego, to wpływ ich na własności cementu jest oczywiście zależny nie tylko od własności odnośnych ciał, lecz także od ich ilości. Najczęściej dodawane są do cementu portlandzkiego: gips mielony i mielone żużle z pieców wielkich.

6) *Wpływ domieszek do cementu gotowego.* a) *Gips.* Wpływ gipsu na własności cementu portlandzkiego nie jest dotychczas dostatecznie wyjaśniony. Z doświadczeń Michaëlis'a, Kowalewskiego, Dyckerhoff'a, Erdmenger'a i in. zdaje się wynikać w sposób niewątpliwy, że znaczniejsze domieszki gipsu do cementu portlandzkiego wywierają zawsze wpływ ujemny na własności zaprawy, wywołują albowiem zmniejszenie wytrzymałości, a często pęcznienie i rozpadanie się zaprawy. Stwierdzono jednak, że gips dodany w ilości niewielkiej, od 1 do $1\frac{1}{2}\%$, do cementu zawierającego stosunkowo dużo wapnia, usuwa niebezpieczeństwo pęcznienia zaprawy, nie osłabiając dodatnich własności danego cementu pod innemi względami. Najczęściej dodawany jest gips do cementów zbyt prędko tężących, w celu usunięcia tej niedogodności. Podczas zarabiania cementu z wodą, gips rozpuszcza się w wodzie i osadzając się na ziarnkach cementu, otacza je cienką powłóczką gipsową, wskutek czego oddziaływanie wody na cement zostaje opóźnione. Dla osiągnięcia tego celu wystarcza domieszka gipsu w ilości $\frac{1}{2}$ — 2% . — Z doświadczeń Szulaczenki wynika, że ilość gipsu, którą cement może znieść, winna być starannie oznaczaną dla każdego cementu oddzielnie; zdarza się bowiem, że cement, który zawierając $\frac{1}{2}\%$ gipsu, jest dobrym, staje się zupełnie niezdatnym do użytku przy zwiększeniu ilości gipsu do 2% . — W ogóle przyjmuje się, że w dobrym cemencie portlandzkim ilość gipsu nie powinna być większą aniżeli 2% .

b) *Żużle.* Przez dodanie żużlu z pieców wielkich do cementu portlandzkiego można również do pewnego stopnia usunąć niebezpieczeństwo pęcznienia zaprawy, gdyż krzemionka bezpostaciowa, zawarta w żużlach, wiąże się z tlenkiem wapnia.

c) *Soda, sól.* Mniej korzystną jest domieszka do cementu sody zwapnionej, a całkiem szkodliwą jest domieszka soli rozpuszczalnych. Jakkolwiek albowiem sól, dodana do zaprawy cementowej, zwiększa na razie jej odporność na wpływ mrozu, to jednak może z czasem wywołać rozpadanie się zaprawy *). — W związku z wpły-

*) I ten pogląd, oparty na badaniach Dyckerhoff'a, Delbrück'a, Seger'a i in., ma licznych poważnych przeciwników, którzy powołując się na wyniki doświadczeń, przeprowadzonych przy

wem soli na zaprawy cementowe, badaną była gorliwie w latach ostatnich sprawa wpływu wody morskiej na zaprawy cementowe, którą jednak tu, ze względu na zakres niniejszej pracy, pomijamy; zaznaczamy jedynie, że, jak twierdzi Goerke, na pomorzu Bałtyckiem zabronionem jest przez władze budowlane używanie wody słonej do zapraw przeznaczonych dla budowli lądowych.

d) *Inne domieszki.* Inne domieszki do cementu portlandzkiego, jako to: wapień, glina, łupki gliniane, piasek, popiół i t. p., są w ogóle szkodliwe, lub w najlepszym razie stanowią balast obojętny, za który jednak płacić trzeba jak za cement. Cement, w którym ilość ogólna takich domieszek jest większą aniżeli 2%, winien być uważany za wyrób dobroci wątpliwej.

e) *Falszowanie cementu.* Z powyższego wynika, że domieszka ciał obcych do cementu, zwłaszcza w ilościach niewielkich, nie zawsze stanowi nadużycie ze strony fabrykanta, może bowiem być spowodowana potrzebą polepszenia danego cementu, t. j. naprawienia pewnych przeoczeń w fabrykacyi, lub usunięcia wad składu chemicznego. Przymieszki takie dodane do cementu portlandzkiego w ilości większej mogą w stopniu wysokim zmienić jego własności, tak, iż dany cement przestaje być cementem portlandzkim. To też cementy o znacznej ilości przymieszek ciał obcych stanowią oddzielną grupę cementów mieszanych i pucolanowych (żuźlowych), o których poniżej będzie mowa. Jakkolwiek pod względem własności cementy te ustępują w ogóle cementowi portlandzkiemu, to jednak ze względu, że cena ich bywa w handlu niższą aniżeli cena cementu portlandzkiego i że dla wielu robót budowlanych są one dostatecznie dobrymi, wyrabianie takich cementów nie stanowi bynajmniej nadużycia ze strony fabrykanta, o ile odbywa się otwarcie, t. j. o ile cementy takie są sprzedawane pod nazwą objaśniającą, że są to cementy mieszane lub pucolanowe i jakie mianowicie zawierają przymieszki. Jeżeli jednak cementy takie są sprzedawane pod nazwą cementu portlandzkiego, to nabywca jest oczywiście wprowadzany w błąd, tem bardziej, iż zazwyczaj nie ma on możliwości stwierdzenia składu chemicznego danego cementu i przekonania się jakie i w jakich ilościach przymieszki dodane zostały do nabytego przezeń wyrobu. — Okoliczność ta dała pochop do wyrabiania cementów fałszowanych. To też pod nazwą cementu portlandzkiego pojawiły się w handlu liczne cementy, zawierające do 50% przymieszek ciał obcych, a nadużycie mogło i może po części dotychczas być popełniane bezkarnie, gdyż obecność w cemencie niektórych przymieszek, zwłaszcza żuźli mielonych, jest niemożliwą do stwierdzenia za pomocą prób, którym cement zazwyczaj jest poddawany, a często jest trudną do rozpoznania nawet w drodze ścisłego rozbioru chemicznego. Rzecz naturalna, że pojawienie się w handlu takich cementów portlandzkich fałszowanych zaniepokoiło ogół wytwórców, gdyż mogło zachwiać zaufanie do cementów portlandzkich w ogóle, przyczem dla fabryk uczciwych współzawodnictwo z tego rodzaju wyrobami okazało by się niemożliwym. — Ażeby choć

robotach hydraulicznych w Spandawie, przy budowie śluz na kanale St.-Mery i przy wieloletniej praktyce budowlanej w Ameryce, gdzie budowle wznoszone są nie tylko w porze letniej, lecz także w porze zimowej, twierdzą, że przez dodanie soli kuchennej odporność zaprawy cementowej na wpływ mrozu zwiększa się, bez uszczerbku dla innych własności zaprawy.

w części zapobiedz grożącemu niebezpieczeństwu, fabrykanci cementu w Niemczech, na kongresach odbytych w 1883 i 1885 r., powzięli uchwałę, której mocą postanowiono jako cement portlandzki uważać tylko wyrób powstały przez ściśle zmieszanie wapna z gliną, następne palenie do spieczenia i rozdrobnienie na proszek miałki. Wyrób utworzony w inny sposób, a także każdy wyrób, do którego podczas palenia lub po paleniu dodano ciała obce, zgodnie z rzeczoną uchwałą, nie jest cementem portlandzkim; domieszka jednak gipsu, w ilości do 2^o/₁₀ jest dozwoloną. Sprzedawanie pod nazwą cementu portlandzkiego, wyrobu zawierającego przymieszki ciał obcych, należy uważać za wprowadzanie w błąd nabywcy. Uchwałę tę podpisało 55 fabrykantów niemieckich, zobowiązując się tym sposobem, wzajemnie i względem nabywców, nie wprowadzać do handlu pod nazwą cementu portlandzkiego wyrobów nie mających prawa do tej nazwy.

Uchwała ta w niczem oczywiście nie szkodzi uczciwym fabrykantom cementów mieszanych i pucolanowych, którzy wyroby swoje, jako mające odrębne własności, pod właściwymi nazwami sprzedają.

f) *Domieszka farb.* W celu odpowiedniego zabarwienia cementu portlandzkiego, przeznaczonego do celów dekoracyjnych, do wyrabiania kamieni sztucznych i t. p., dodawane są w fabrykach do cementu różne farby, składające się zazwyczaj z bieli wapiennej z przymieszką ziem barwnych, albo też z barwników metalicznych (*braunit, caput mortuum, ultramaryna, okra*). Barwniki roślinne nie nadają się do tego celu, gdyż źle wiążą się z cementem, lub wywierają wpływ zbyt szkodliwy na wytrzymałość cementu.

Lehmann, Dyckerhoff i Erdmenger stwierdzili, że wszystkie barwniki wywołują zmniejszenie wytrzymałości zaprawy, a najszkodliwszą pod tym względem jest okra. Wyjątek stanowią jedynie farby ultramarynowe (niebieska i zielona), które mogą być dodawane do cementu nawet w ilości znacznej, dochodzącej do 40^o/₁₀₀, bez uszczerbku dla wytrzymałości zaprawy. Przy mniejszej domieszce farb ultramarynowych zauważono nawet zwiększenie się wytrzymałości zaprawy. Za przyczynę takiego działania ultramaryny uważać należy tę okoliczność, że ultramaryna, zawierając około 70^o/₁₀₀ krzemionki rozpuszczalnej w kwasach i glinki, posiada własności hydrauliczne.

Jakkolwiek inne barwniki ziemne i metaliczne wpływają ujemnie na wytrzymałość zaprawy, to jednak wpływ ten, jak objaśnia Dyckerhoff, można uważać za zrównoważony, po części przynajmniej, przez większą miałkość cementów zabarwionych, a to z powodu, że cementy po dodaniu barwników, są zawsze powtórnie mielone.

Najczęściej dodawane są do cementu portlandzkiego barwniki następujące:

dla barwy czarnej i ciemno-czarej: braunsztejn (dwutlenek manganu), albo też t. zw. czerń cementowa (czerń węglowa);

dla barwy czerwonej: caput mortuum (tlenek żelaza) w różnych odcieniach;

dla barwy ognisto-ceglastej: czerwień pompejańska, albo też czerwień angielska;

dla barwy żółtej do brunatnej: okra w różnych odcieniach;

dla barwy zielonej i niebieskiej: ultramaryna zielona i niebieska.

Barwy białej czystej nie można otrzymać; barwę możebnie jasną zaprawy można osiągnąć przez dodanie do cementu wapna gaszonego, możebnie czystego, nie zawierającego związków tlenowych żelaza, przy jednoczesnem użyciu do zaprawy piasku białego albo marmuru białego zmielonego.

Farby czerwone żelaziste, znajdujące się w handlu, zawierają często znaczną ilość kwasu siarczanego. Przy dodaniu takich farb do cementu może, wskutek tworzenia się gipsu, nastąpić pęcznienie zaprawy.

Zabarwienia wyrobów cementowych są w ogóle matowe, bez połysku. Barwy zyskują jednak wiele na piękności, gdy powierzchnie wyrobów są powlekane rozcieńczonym roztworem szkła wodnego i szlifowane pumeksem.

4. Zaprawy z cementu portlandzkiego.

Pod względem siły wiążącej, cement portlandzki jest pomiędzy zaprawami wodotrwałymi, naturalnymi i sztucznymi, najdoskonalszym. — Zarobiony z wodą, (w ilości 24—40% na wagę) daje *zaprawę cementową czystą*, która tężąc, nabiera po pewnym czasie bardzo znacznej wytrzymałości.

Zaprawa cementowa czysta rzadko bardzo w praktyce budowlanej jest używaną; najczęściej dodaje się do niej pewną ilość piasku, przyczem po przemieszaniu utrzymuje się *zaprawę cementową zwykłą*. Zaprawa taka tęższe znacznie powolniej aniżeli zaprawa czysta, co jednak nie wpływa bynajmniej ujemnie ani na jej ostateczną wytrzymałość, ani na inne jej własności. Domieszka piasku jest najczęściej niezbędną, zwłaszcza w zaprawach przeznaczonych do budowli na lądzie, gdyż w budowlach takich zaprawa czysta, bez piasku, podczas tężenia kurczy się niejednostajnie i pęka. W budowlach podwodnych zaprawa czysta tęższe prawidłowo i nie pęka; że jednak zaprawa taka jest droższą aniżeli zaprawa z przymieszką piasku, przeto i do robót podwodnych najczęściej bierze się zaprawę zwykłą, z przymieszką piasku.

Zaprawa czysta jest odpowiednią tylko w wypadkach wyjątkowych, w których, ze względu na warunki roboty, wymagane jest prędkie stężenie zaprawy, jak np. przy zatykaniu źródeł, przy zapełnianiu szpar i pęknięć w murach podwodnych lub w kanałach, przez które płynie woda, przy zalewaniu cementem części żelaznych w murach podwodnych lub kanałowych i t. p.

Dobroć zaprawy zależy nie tylko od dobroci cementu, lecz także od sposobu przygotowywania zaprawy, oraz od ilości stosunkowej składników i od ich własności.

1) Wybór cementu. W zasadzie, do wszystkich niemal robót, odpowiedniejszym jest cement powoli tężący, gdyż zaprawa z cementu powoli tężącego jest w użyciu dogodniejszą, tęższe prawidłowej, a po stężeniu ma wytrzymałość większą, aniżeli zaprawa z cementu prędko tężącego.

Cement prędko tężący jest korzystniejszym aniżeli powoli tężący tylko w niektórych wypadkach wyjątkowych, a zwłaszcza w robotach niezabezpieczonych od natychmiastowego dopływu wody. Również do wypraw (tynków), gzymsów i t. p., oraz do murów wznoszonych późną jesienią, w porze chłodnej, brać należy cement nie zbyt powoli tężący.

2) Woda i piasek. Woda i piasek do zaprawy cementowej winny w ogóle czynić zadość tym samym warunkom, jakie wymagane są dla wody i piasku do zaprawy powietrznej (p. str. 319—323); przy zaprawie cementowej jednak każde, pozornie nawet nieznaczące, uchybienie tym warunkom, pociąga za sobą następstwa o wiele szkodliwsze aniżeli przy zaprawie powietrznej.

a) *Woda*. Woda przeznaczona do zaprawy cementowej winna przeto być bezwarunkowo czysta i nie powinna zawierać żadnych ciał, które, jak glina, mułek, tłuszcz i t. p., mogłyby osłabić spójność części składowych zaprawy, ani też żadnych soli, od których mogą pojawić się w murze wykwit.

b) *Ilość wody*. Ilość wody potrzebnej dla przygotowania zaprawy, zależnie od gatunku cementu, przeznaczenia roboty i stanu pogody, jest zmienną w granicach od 24—40% na wagę i może być oznaczoną dla każdego cementu oddzielnie tylko za pomocą prób. Cementy prędko tężejące wymagają więcej wody aniżeli powoli tężejące. Do zapraw używanych w porze suchej i gorącej należy brać nieco więcej wody aniżeli do zapraw stosowanych w miejscach wilgotnych lub używanych w porze chłodnej i wilgotnej.

W ogóle korzystnym jest zarabiać cement bez nadmiaru wody, gdyż im gęstsza jest zaprawa, tem po stężeniu większą jest jej gęstość, wytrzymałość i odporność na wpływy czynników atmosferycznych. Zaprawa cementowa do murów z cegły winna być nieco rzadszą aniżeli do murów z kamieni łamanych, gdyż cegła, nawet gdy jest należycie zmoczona, pochłania pewną ilość wody z zaprawy.

Zaprawa po stężeniu zachowuje tylko 10—15% związanej chemicznie wody, przyczem ciężar właściwy zaprawy stwardniałej wynosi według Lipowitza 2,60—2,67; pozostała część wody użytej do zaprawy ulatnia się, lub wycieka z zaprawy podczas jej tężenia.

Przy użyciu do zaprawy zbyt małej ilości wody, zaprawa podczas tężenia często pęcznieje, co może oddziaływać wielce niekorzystnie na trwałość budowli. Przy użyciu do zaprawy zbyt wielkiej ilości wody, zaprawa po stężeniu jest za mało gęstą i zbyt porowatą.

Przy niektórych robotach, a głównie przy robotach mularskich, niepodobna uniknąć użycia do zaprawy większej nad potrzebę ilości wody, co zresztą jest o tyle korzystnym, iż zapobiega zbyt prędkiemu stężeniu zaprawy. Przy innych jednak robotach, jak np. przy przygotowywaniu betonu, przy wyrabianiu kamieni z cementu i t. p., należy cement zarabiać możebnie małą ilością wody. Przy wyrabianiu kamieni, cement zarabia się tylko taką ilością wody, jaka jest potrzebną dla otrzymania masy w postaci piasku wilgotnego, którego ziarenka nie są bynajmniej z sobą związane. Taka ilość wody jest już wystarczającą dla stwardnienia cementu; to też cement taki przy ubijaniu w formach przekształca się na masę jednolitą, wytrzymałą i gęstą, w której niema pęcherzyków, nieuniknionych w odlewach.

c) *Piasek*. Piasek do zaprawy cementowej winien być możebnie czysty. Piasek, którego ziarenka są oblepione mułkiem ziemistym lub gliną jest całkiem nieodpowiednim, gdyż daje zaprawę o wytrzymałości małej. Jeżeli przeto piasek taki, w braku odpowiedniejszego, ma być do robót brany, to należy go oczyścić, najlepiej za pomocą przemywania wodą (p. str. 322), przyczem przemywanie należy uważać za ukończone dopiero wtedy, gdy woda spływająca okaże się całkiem czystą i przezroczystą. — Jeżeli cząstki gliny są tylko luźno zmieszane z ziarnkami piasku, to takie zanieczyszczenie piasku jest mniej szkodliwym. — Piasek zawierający sole, winien być przed użyciem starannie przemyty wodą czystą, gdyż sole wywierają wpływ niekorzystny na przebieg tężenia zaprawy i mo-

gą spowodować tworzenie się wykwitów w murze. — Nieodpowiednim jest także piasek zawierający ciała organiczne, zwłaszcza próchnicowe (humusowe) i torfiste, gdyż przy użyciu takiego piasku, zaprawa cementowa ma wytrzymałość małą.

Wpływ ujemny takiego piasku na wytrzymałość zaprawy, objaśnia Lieven tem, że kwasy próchnicowe torfu tworzą z wapnem cementu mydło wapienno-próchnicowe, miękkie, nie twardniejące. Nawet gdy ilość stosunkowa próchnicy lub torfu w piasku jest nieznaczną i nie przekracza 4—5%, zaprawa nie twardnieje należycie.

Ponieważ wytrzymałość zaprawy jest zależną nie tylko od własności cementu, lecz także od stopnia spójności cementu z piaskiem, przeto na własności zaprawy ma wpływ znaczny zarówno gatunek piasku, jako też kształt i wielkość jego ziarn.

Odnosnie gatunku piasku wiadomo z doświadczenia, że najodpowiedniejszym do zaprawy jest piasek kwarcowy czysty, gdyż piasek taki już sam w sobie posiada bardzo znaczną wytrzymałość. W braku piasku kwarcowego mogą byćbrane niektóre odmiany piasku wapiennego, zwłaszcza o ziarnkach twardych i zbitych.

Odnosnie kształtu ziarn stwierdzono, że im mniej gładką i im więcej chropowatą, szorstką, jest powierzchnia ziarn piasku, tem piasek jest do zaprawy odpowiedniejszym. Przy jednakowych innych warunkach piaski kopalne były by przeto odpowiedniejszymi aniżeli rzeczne, lecz piaski kopalne są zazwyczaj bardzo zanieczyszczone i z tego powodu oddaje się pierwszeństwo piaskom rzeczny.

Wielkość ziarn piasku ma również pewien wpływ na wytrzymałość zaprawy. Piasek miałki miesza się wprawdzie z cementem ściślej i rozdziela się w cemencie równomierniej, aniżeli piasek gruboziarnisty, lecz przy użyciu piasku miałkiego zaprawę zarabiać należy większą ilością wody. Taka zaprawa tężeje powoli, a po stężeniu, z powodu ulotnienia się znacznej ilości wody, jest porowatą i wskutek tego ma wytrzymałość stosunkowo niewielką. To też zaprawa cementowa z piaskiem gruboziarnistym, przy innych warunkach jednakowych, jak stwierdził za pomocą doświadczeń Candlot, ma wytrzymałość, zwłaszcza w początkach tężenia, większą aniżeli zaprawa z piaskiem drobnoziarnistym. Najmniej odpowiednim jest piasek bardzo miałki, lotny. Najodpowiedniejszym natomiast jest piasek otrzymany przez zmieszanie piasku gruboziarnistego z drobnoziarnistym w ten sposób, ażeby ziarnka miałkie zapełniły przestrzenie wolne pomiędzy ziarnami większemi (p. str. 320 i 322). Taki piasek daje zaprawę najgęstszą i bez uszczerbku dla wytrzymałości zaprawy może być dodawany do cementu w ilości stosunkowo większej aniżeli piasek o ziarnach jednakowych, w którym objętość ogólna przestrzeni wolnych jest zawsze większą.

Z powyższego wynika, że warunki, od których zależy dobroć piasku są dość złożone, wskutek czego z wyglądu trudno jest ocenić względną wartość piasku. Jeżeli przeto w danej miejscowości znajduje się kilka różnych gatunków piasku, to korzystnem jest, zwłaszcza przy robotach większych, zbadać porównawczo stopień wytrzymałości zaprawy przy użyciu każdego z tych gatunków piasku oddzielnie. Jak znacznymi mogą być różnice wytrzymałości zaprawy przy użyciu różnych gatunków piasku w jednej i tej samej miejscowości znajdujących się, świadczą wyniki podobnych prób porównawczych, przeprowadzonych przy jednej z robót większych w Niemczech. Ciała próbne do tych doświadczeń przygotowano z mieszaniny na wagę 1 cz. cementu i 3 cz. piasku. Wytrzymałość ciałek próbnych, po 28 dniach tężenia, w kg na cm^2 , wy-

nosiła: przy użyciu piasku kopalnego miałkiego 5,1, przy użyciu piasku rzeczno- miałkiego 11,6—14,5, przy użyciu piasku rzeczno- gruboziarnistego 20,2—21,1.

Zaprawy z cementu portlandzkiego z domieszką piasku, jak to już powyżej nadmieniliśmy, tężeją powolniej aniżeli zaprawy czyste, lecz podczas tężenia na powietrzu nie kurczą się nadmiernie i nie pękają, a po stężeniu mają dostateczną wytrzymałość i znaczną odporność na wpływy czynników atmosferycznych.

d) *Ilość stosunkowa piasku.* Ilość piasku w zaprawie jest zależną od gatunku cementu i piasku, a także od wymaganego stopnia wytrzymałości i wodotrwałości zaprawy. Im większą jest ilość piasku, tem zaprawa tężeje powolniej, zarówno w powietrzu, jako też w wodzie, i tem mniejszą jest po stężeniu jej wytrzymałość, jej gęstość i jej siła wiążąca. Wynika stąd, że zaprawa cementowa tem trudniej przepuszcza wodę, im mniejszą jest ilość piasku domieszanego. Przy wykonywaniu więc robót wodotrwałych, a także przy wyrabianiu naczyń do ciecicy, nie należy przekraczać stosunku na objętość cementu do piasku 1 : 1; na jedną więc część na objętość cementu należy brać nie więcej aniżeli jedną część piasku.

Z siedmioletnich doświadczeń Grant'a nad wytrzymałością zapraw cementowych wynika, że zaprawa czysta z cementu portlandzkiego ma wytrzymałość większą aniżeli zaprawa z przymieszką piasku i że po roku wytrzymałość zaprawy cementowej z przymieszką piasku wynosi: przy stosunku 1 : 1 około 75%, przy stosunku 1 : 2 około 50%, przy stosunku 1 : 3 około 33%, przy stosunku 1 : 4 około 25%, przy stosunku 1 : 5 około 16—17%, a przy stosunku 1 : 6 około 14% wytrzymałości zaprawy czystej.

Im dany cement powolniej tężeje i im wytrzymałość jego bez przymieszki piasku jest większą, tem większą znosi on ilość piasku. Że jednak ilość piasku jest zależną od gatunku cementu i piasku, przeto zasady ogólnej pod tym względem ustanawiać nie można, lecz należy, zwłaszcza przy robotach większych, oznaczać najkorzystniejszą ilość piasku za pomocą prób.— Jeżeli weźmiemy pod uwagę, że suma przestrzeni pustych w piasku wynosi przeciętnie $\frac{1}{10}$ jego objętości i że zaprawa po stwardnieniu może utworzyć masę gęstą i wytrzymałą tylko wtedy, gdy każde ziarnko piasku jest otoczone powłoką z masy cementowej, to przyjdziemy do przekonania, że dla otrzymania zaprawy wytrzymałej i gęstej, należy brać na objętość na jedną część cementu nie więcej aniżeli 3 części piasku. Ponieważ jednak ilość piasku, jaką można dodać do danego cementu jest zależną także od wielkości i kształtu ziarn piasku i od wymaganych własności zaprawy, przeto w praktyce budowlanej stosowane są nie tylko zaprawy o stosunku 1 : 3, lecz także tłusciejsze, t. j. zawierające mniej piasku, oraz chudsze, t. j. zawierające więcej piasku; przyczem do robót lądowych bierze się na objętość od 3 do 6 części piasku na jedną część cementu, zaś do robót podwodnych zazwyczaj nie więcej aniżeli 2 cz. piasku na jedną część cementu, jakkolwiek i zaprawy znacznie chudsze dobrze pod wodą tężeją.

Zaprawy z 1 do 2 cz. piasku na 1 cz. cementu używane są tylko wtedy, gdy pożądanem jest, ażeby zaprawa już w początkach tężenia miała wytrzymałość znaczną, albo też gdy zaprawa ze względu na jej przeznaczenie ma mieć po stężeniu znaczną odporność na zużywanie się (jak np. w posadzkach), albo wreszcie gdy zaprawa po stężeniu ma być nieprzemakalną.— Zaprawy z 3 do 4 cz. piasku na 1 cz. cementu używane są do murów, fundamentów, betonów, kamieni sztucznych i t. p.—Zamiast zapraw jeszcze chudszych, t. j. zawierających 5 lub więcej części piasku na 1 cz. cementu, korzystniejszą jest zaprawa cementowo-wapienna, o której mowa poniżej.

3) Wydajność. Wydajność zapraw z cementu portlandzkiego była badaną między innymi przez Manger'a i Michaëlis'a.

Manger przytacza następujące dane dla różnych stosunków części składowych zaprawy *na objętość*:

1 cz. cementu z 1 cz. wody daje 0,91 cz. zaprawy.
1 cz. cementu, 1 cz. piasku i 0,66 cz. wody = 1,83 cz. zaprawy
1 „ „ 2 „ „ „ 0,88 „ „ = 2,78 „ „
1 „ „ 3 „ „ „ 1,20 „ „ = 3,80 „ „
1 „ „ 4 „ „ „ 1,65 „ „ = 5,01 „ „

Michaëlis podaje dla różnych stosunków części składowych zaprawy *na objętość*:

cementu litrów	piasku litrów	wody litrów	daje zaprawy litrów	100 litrów zaprawy waży kilogramów
100	100	53	166,7	201,55
100	200	76	266,2	193,05
100	300	107	371,4	189,55
100	400	132	470,5	187,45
100	500	163	569,9	187,40
100	600	194	699,2	187,40
100	700	221	771,3	186,05
100	800	252,5	870,7	186,05
100	900	276,5	968,0	186,05
100	1000	300	1063,4	186,05

Wydajność zapraw z cementu portlandzkiego może być oznaczoną albo bezpośrednio za pomocą prób na miejscu budowy, albo też za pomocą przyrządu pomysłu Michaëlis'a, zwanego *objętościomierzem dla zaprawy* (p. str. 301).

4) Przygotowywanie zaprawy. Przygotowywanie zaprawy z cementu portlandzkiego wymaga bardzo znacznej staranności i umiejętności w obchodzeniu się z materiałami i winno być poruczane tylko mularzom dostatecznie wprawnym; w razie niezachowania bowiem należytej ostrożności, można z dobrego cementu portlandzkiego otrzymać złą zaprawę.

Zazwyczaj zaprawy cementowe przygotowywane są ręcznie, przez bezpośrednie mieszanie i przerabianie części składowych; przy budowach jednak większych, dla przygotowania zaprawy w ilościach znacznie większych, używane są maszyny, o których podana jest wzmianka na końcu niniejszego rozdziału.

Jeżeli *piasek jest całkiem suchy*, to przy robocie ręcznej, można najprzód zmieszać cement z piaskiem, a następnie dopiero dolać wodę i zarabiać. Jeżeli zaś *piasek jest wilgotny*, to należy najprzód cement zarobić z wodą, a następnie dosypać potrzebną ilość piasku i zarabiać. Zarówno przy jednym jako też przy drugim z tych sposobów przygotowywania, części składowe zaprawy należy zawczasu odmierzyć w ilościach potrzebnych, a mieszanie uskutecznić starannie. Mocne i długotrwałe przerabianie bowiem jest niezbędnym warunkiem dla otrzymania zaprawy dostatecznie lepkiej, nieszttywnej, wiążącej się dobrze i tężejącej prawidłowo.

5. Własności ogólne zaprawy z cementu portlandzkiego.

Od dobrej zaprawy z cementu portlandzkiego wymagane są głównie własności następujące: Zaprawa winna tężeć prawidłowo zarówno w powietrzu, jako też w wodzie, a po stężeniu winna mieć dostateczną wytrzymałość i twardość, oraz dostateczną trwałość, przyczem objętość zaprawy stężącej winna być może- bnie stałą, niezmienną.

1) *Tężenie*. Cement portlandzki, zarobiony z wodą, przekształca się po pewnym czasie na masę twardą, kamienistą. To przekształcenie się masy ciekłej lub ciastowatej na masę twardą, skamieniałą, nazywa się *tężeniem*. W przebiegu tężenia zaprawy rozróżniane są dwa okresy: *wiązanie się zaprawy* i jej *twardnienie*.

a) *Wiązanie się zaprawy* (fr. prise; n. Abbinden, Binden, Anziehen). Bezpośrednio po zarobieniu cementu portlandzkiego z wodą, zaprawa jest masą ciekłą albo też masą ciastowatą i ciągliwą (plastyczną). Masa ta tężąc sztywnieje. Skoro zaprawa zeszywnieje o tyle, że naciskanie lekkie palcem nie pozostawia śladu, to mówi się, że zaprawa *odwiązała się*, czyli, że przebyła pierwszy okres tężenia, zwany *wiązaniem się zaprawy*. W tym stanie zeszywnienia zaprawa ma jeszcze wytrzymałość bardzo małą i twardość niewielką; daje się rysować paznokciem i krajać nożem, jednakże zanurzona w wodę nie rozpada się. Oznaką zewnętrzną tego stanu zeszywnienia jest wyschnięcie powierzchni zaprawy.

Długość tego pierwszego okresu tężenia, wyrażona w minutach, nazywa się *czasem wiązania się zaprawy* albo krócej *czasem wiązania* (fr. durée de prise; n. Bindezeit). Zależnie od własności materiałów surowych i ich składu chemicznego, oraz od stopnia wypalenia i stopnia czystości cementu, czas wiązania zapraw z cementu portlandzkiego jest zmienny w granicach bardzo rozległych, od kilku minut do kilkunastu godzin. W handlu jednak rozróżniane są tylko *cementy powoli wiążące się* czyli *powoli tężące* (fr. ciments à prise lente; n. langsam bindende Cemente) i *cementy prędko wiążące się* czyli *prędko tężące* (fr. ciments à prise rapide; n. rasch bindende Cemente); przyczem jako powoli wiążące się uważane są te cementy, których czas wiązania nie jest mniejszy aniżeli 30 minut, gdy tymczasem w cementach prędko wiążących się, czas wiązania jest znacznie krótszym i częstokroć nie przekracza 5 — 10 minut.

Materiały surowe bogate w glinę dają najczęściej cement prędko wiążący się; natomiast z materiałów surowych bogatych w krzemionkę otrzymuje się zazwyczaj cement powoli wiążący się. Cementy słabo wypalone i zawierające stosunkowo mało wapna wiążą się znacznie prędzej, aniżeli cementy mocno wypalone i zawierające dużo wapna; jednakże od zasady tej są liczne wyjątki gdyż niektóre materiały surowe dają właśnie przy mocnem wypaleniu cement prędko wiążący się. — Cement świeży wiąże się prędzej, aniżeli cement, który przed użyciem był odpowiednio przechowywany (magazynowany). — Niektóre ciała, dodane do cementu lub do wody, mają wpływ na prędkość wiązania. Zasady (potas, sól, węglan sodu) przyspieszają wiązanie się cementu; natomiast gips (siarczan wapnia) i niektóre sole siarkowe, dodane do cementu nawet w ilości niewielkiej ($\frac{1}{2}$ —2%), opóźniają wiązanie się zaprawy. Przez dodanie kwasu siarczanego do wody można również przedłużyć czas wiązania.

Każdy fabrykant może przeto stosownie do potrzeby wyrabiać cement prędko lub powoli wiążący się, a to przez odpowiednie unormowanie ilości stosunkowej wapna i temperatury wypalania; może także cement prędko wiążący się uczynić powoli wiążącym, przez dodanie na przykład niewielkiej ilości gipsu. Jednakże znajdujące się w handlu cementy prędko wiążące się, zawdzięczają tę własność najczęściej znacznej przymieszce cementu słabo wypalonego. W fabrykach bowiem ładunki źle wypalone mieszane są po zmieleniu z dobrze wypalonymi, a gdy w mieszaninie takiej ilość stosunkowa cementu słabo wypalonego jest znaczną, cement wiąże się prędko. To też do cementów prędko wiążących się odnosić się należy zawsze z pewną nieufnością, gdyż najczęściej są to wyroby malej wartości.

Tężenie zaprawy cementowej jest następstwem pochłaniania wody. Feichtinger dowiódł jednak, że ilość wody pochłanianej przez cement podczas zarabiania i wiązania się zaprawy jest bardzo nieznaczną; wskutek czego nawet czasowe wstrzymanie przebiegu wiązania nie może oddziaływać szkodliwie na ostateczną wytrzymałość i twardość zaprawy z cementu dostatecznie powoli tężącego. Jest to jedna z najcenniejszych własności cementu portlandzkiego, która jednak dotychczas nie jest należycie wyzyskiwana. Na zasadzie tej własności mogą być używane cementy powoli tężące nawet do takich robót, przy których prędkie stężenie zaprawy jest pożądanem i do których wskutek tego zazwyczaj brane są cementy prędko tężące, jak np. do zatykania źródeł, do robót betonowych, do uszczelniania ścian szpuntułowych, do fugowania ścian wilgotnych w tunelach i t. p. Przy podobnych robotach należy bowiem jedynie zaprawę przygotowaną z cementu powoli tężącego pozostawić w spoczynku do chwili odwiązania się, następnie zaś dobrze przerobić i natychmiast użyć. Wskutek ponownego przerabiania gęstość ostateczna zaprawy po stężeniu będzie wprawdzie nieco mniejszą aniżeli w razie gdyby przebieg wiązania nie był czasowo wstrzymany, lecz to zmniejszenie gęstości bywa najczęściej bardzo nieznaczne i nie oddziaływa w sposób widoczny na dobroć ostateczną zaprawy.

Szkodliwszem znacznie jest naruszenie prawidłowego przebiegu wiązania w cementach prędko tężących. Skoro w cemencie takim przebieg wiązania zostanie naruszonym, np. przez ciągle przerabianie zaprawy, to zaprawę na wpół zeszywniałą można wprawdzie ponownie rozcieńczyć i do roboty użyć, lecz zaprawa taka pozostanie przez czas długi miękka, odwiąże się powoli, a po stężeniu będzie znacznie mniej twardą aniżeli w razie, gdyby przebieg wiązania był prawidłowym. Z tego powodu zaprawy z cementów prędko tężących winny być brane do roboty natychmiast po zarobieniu i przed odwiązaniem się.

Podczas zarabiania i wiązania się temperatura zaprawy nieco wzrasta, co jest następstwem pochłaniania przez cement wody i tworzenia się związków chemicznych wody ze składnikami zaprawy. W zaprawach z cementów dobrych, to zwiększenie temperatury jest zawsze bardzo nieznaczne. Według Erdmenger'a podczas zarabiania i wiązania się zaprawy temperatura wzrasta o 2,5 — 13° C.; jednakże w zaprawach z cementów powoli tężących zwiększanie się temperatury nie ujawnia się wcale w sposób widoczny, gdy tymczasem w zaprawach z cementów prędko tężących, temperatura wzrasta o 9 — 13° C. Nadto ogrzewanie się zaprawy jest tem znaczniejszem, im krócej przechowywany był cement przed użyciem, im mialszym jest proszek cementu i im mniejszą jest ilość wody użytej do zaprawy. Herzog twierdzi, że przy zarabianiu na raz większej ilości zaprawy, ogrzanie ujawnia się wyraźniej; zauważył mianowicie, że przy ubijaniu kostek cementowych, o wysokości 10 — 20 *cm*, temperatura wzrasta o 16—32° C.

b) *Twardnienie*. Po odwiązaniu się zaprawa w dalszym ciągu sztywnieje, gęstnieje i po pewnym czasie przekształca się na masę twardą, kamienistą. Stanowi to drugi okres tężenia, zwany *twardnieniem zaprawy* (fr. durcissement; n. Erhärtung). Zazwyczaj zaprawa po trzech miesiącach tężenia jest stwardniałą, jakkolwiek i po tym czasie, w ciągu lat kilku, twardość zaprawy zwiększa się stopniowo, lecz już w stopniu znacznie mniejszym.

Przyczyny twardnienia zaprawy z cementu portlandzkiego i w ogóle zapraw wodotrwałych dotychczas nie są dostatecznie wyjaśnione. Niewątpliwem jest obecnie tylko: 1) że tężenie zaprawy z cementu portlandzkiego i w ogóle zapraw wodotrwałych jest następstwem głównie pochłaniania wody, która najprawdopodobniej wchodzi w pewne związki chemiczne z częściami składowymi zaprawy, przyczem tworzą się nierozpuszczalne w wodzie związki krzemowe, zwłaszcza krzemiany wapnia i glinu; 2) że przy tężeniu w wodzie cement portlandzki traci pewną część swych składników, zwłaszcza zaś zasady, oraz niewielką ilość wapna i krzemionki; 3) że na przebieg tężenia zaprawy z cementu portlandzkiego, zarówno w powietrzu jako też w wodzie, ma pewien wpływ kwas węglany; 4) że oprócz tych czynników chemicznych przyczyną twardnienia są także pewne oddziaływania mechaniczne składników zaprawy, polegające na tem, że po zarobieniu cementu z wodą cząstki cementu osadzają się na sobie, przez co zaprawa nabiera pewnej gęstości.

Fuchs (1833 r.) pierwszy starał się wyjaśnić naukowo przyczyny twardnienia zapraw wodotrwałych. Stwierdził mianowicie, że w ogniu pieca krzemionka przechodzi w stan rozpuszczalny (galaretowaty), t. j. w stan czyniący ją zdolną do wchodzenia w związki chemiczne. Skoro więc masa cementowa wypalona zarobiona zostanie wodą, to krzemionka wiąże się chemicznie z wapnem, przy jednoczesnem pochłanianiu wody, przyczem powstają związki stwardniałe. Zgodnie z tem nie może istnieć żadna zaprawa wodotrwała bez krzemionki. Każda zaprawa wodotrwała, oprócz wapna swobodnego, musi zawierać krzemionkę swobodną, a także krzemiany ubogie w wapno. — Badacz francuski Vicat wystąpił jako przeciwnik poglądów Fuchs'a. Nie zaprzecza faktu, który zresztą już przed Fuchs'em był stwierdzony przez Sefström'a, że w ogniu pieca krzemionka z wapnem mogą tworzyć związki chemiczne, objaśnia jednak przyczyny twardnienia zapraw wodotrwałych w sposób odmienny aniżeli Fuchs. Zdaniem Vicat'a podczas wypalania wapienia zawierającego glinę tworzy się dwukrzemian glinki i wapna, mający własność wiązania się z wodą, tak samo jak gips palony, a ta własność rzeczzonego związku jest przyczyną twardnienia zaprawy. — Badania zapoczątkowane przez Fuchs'a i Vicat'a prowadzone są od lat kilkudziesięciu gorliwie, nie doprowadziły jednak dotychczas do zadowalniającego wyjaśnienia przyczyn twardnienia zapraw wodotrwałych. Z licznych w tym względzie teoryj nie podajemy tu żadnej, z powodu, że żadna dotychczas nie jest dostatecznie uzasadnioną i że teorie te pod niejednym względem pozostają z sobą w sprzeczności. Ograniczamy się przeto na wskazaniu wymienionych powyżej zjawisk twardnienia, które mogą być uważane za dostatecznie stwierdzone, zaznaczając przytem, że badaniami, o których mowa, oprócz Fuchs'a i Vicat'a, zajmowali się lub zajmują się jeszcze obecnie głównie: Pettenkofer, Fremy, Knapp, Saint-Clair Deville, Landrin, Rivot, Chatoney, Michaëlis, Frühling, Feichtinger, Erdmenger, Hauen-schild, Heldt, Michel, Gunning, Winkler, Candlot, Szulaczenko i Lieven.

Sposób pochłaniania wody przez cement portlandzki był badany przez Feichtinger'a i Winkler'a. Feichtinger stwierdził, że ilość wody związanej chemicznie bezpośrednio po zarobieniu cementu z wodą jest bardzo nieznaczną (około 1%), że następnie woda pochłaniana jest przez cement jednostajnie i że po 35 dniach tężenia cement pochłonął już całą ilość wody, jaka może być chemicznie związana. Winkler zauważył, że ilość wody związanej chemicznie w zaprawie stwardniałej może być stosunkowo znaczną (do 20%) i że jest w ogóle zmienną nawet dla zapraw przygotowanych z jednego i tego samego cementu przy użyciu jednakowej wody.

Cement portlandzki twardnieje zarówno w powietrzu jako też w wodzie. Zaprawa tężąca w powietrzu i zwilżana dostatecznie w pierwszych dniach tężenia, ma po stwardnieniu wytrzymałość nieco większą aniżeli zaprawa tężąca w wodzie. Największą wytrzymałość ujawnia po stwardnieniu zaprawa, która tężęce naprzemian w wodzie i powietrzu.

Zauważono niewyjaśnione dotychczas dostatecznie zjawisko, że wytrzymałość zaprawy z cementu portlandzkiego, która stwardniała w powietrzu, zmniejsza się po zanurzeniu zaprawy w wodę lub po zmoczeniu przez deszcz; przy dłuższem jednak pozostawianiu w wodzie zaprawa taka odzyskuje stopniowo wytrzymałość pierwotną. Również wytrzymałość zaprawy z cementu portlandzkiego, stwardniałej w wodzie, zmniejsza się zrazu, gdy zaprawa wystawioną jest na działanie powietrza; przy dłuższem jednak pozostawianiu w powietrzu zaprawa taka rychło odzyskuje wytrzymałość pierwotną.

c) *Wpływ ilości wody na przebieg tężenia.* Zaprawa z cementu portlandzkiego zarobiona z małą ilością wody, a więc gęsta, sztywna, wiąże się prędzej aniżeli zaprawa rzadka, zarobiona z nadmiarem wody; wytrzymałość i twardość zaprawy rzadkiej po stężeniu, jest nieco mniejszą aniżeli zaprawy gęstej.

Zupełne stwardnienie zaprawy z cementu portlandzkiego jest możebne tylko przy dostatecznej ilości wody. Z tego powodu w czasie tężenia zaprawy, a zwłaszcza w pierwszych miesiącach tężenia, należy baczyć, ażeby woda nie mogła w zbyt znacznych ilościach uchodzić z zaprawy. Nie należy przeto zaprawy świeżej wystawiać na przeciągi powietrza, ani na zbyt wysokie temperatury, a nadto nie należy kłaść zaprawy na kamienie porowate suche lub niedostatecznie zmoczone, mogące zbyt znaczną ilość wody z zaprawy pochłonać. Nienależyte przerabianie zaprawy sprzyja również prędkiemu ulatnianiu się wody.

We wszystkich wypadkach, w których woda z zaprawy uchodzi zbyt prędko, zaprawa po stwardnieniu ma wytrzymałość niewielką, a niekiedy spójność jej składników bywa tak małą, że zaprawa pęka i rozsypuje się. Zaprawa najbardziej narażoną jest na takie następstwa, gdy zakładaną jest w postaci warstw cienkich na dużych powierzchniach, jak np. w wyprawach (tynkach), gdyż w tym wypadku, wskutek znacznej powierzchni parowania, ulatnianie się wody bywa przyspieszone.— Niekorzystnem jest również zakładanie zaprawy cementowej w pomieszczeniach ogrzewanych sztucznie, gdyż pod wpływem ciepła woda z zaprawy prędko się ulatnia.

Ze względu jednak, że przy robotach budowlanych cement zarabiany jest z dostateczną ilością wody, wynoszącą zazwyczaj nie mniej aniżeli 33% na wagę, gdy tymczasem ilość wody, wiążącej się chemicznie z cementem portlandzkim do chwili stwardnienia, wynosi najczęściej tylko 14 — 16%, można być pewnym, że w warunkach zwykłych, ilość wody dodana do cementu okaże się wystarczającą dla prawidłowego stężenia zaprawy.

d) *Wpływ gatunku wody i jej temperatury na przebieg tężenia.* Heintzel i Michaëlis stwierdzili, że zaprawa zarobiona wodą twardą wiąże się powolniej, a po stężeniu ma wytrzymałość większą, aniżeli przy użyciu wody miękkiej.

Michaëlis, Candlot i inni stwierdzili, że zaprawy z cementu portlandzkiego zarobione wodą gorącą po stężeniu mają wytrzymałość znacznie mniejszą, aniżeli przy użyciu wody chłodnej.

Zdaje się być nadto niewątpliwem, że przy użyciu wody ciepłej zaprawa z cementu portlandzkiego wiąże się i twardnieje prędzej, aniżeli zaprawa zarobiona wodą chłodną i że przeto zarabiając wodą gorącą cement powoli tężejący, można przyspieszyć przebieg tężenia, z uszczerbkiem jednak dla ostatecznej wytrzymałości zaprawy. Michaëlis twierdzi, że zarabiając cementy portlandzkie wodą wrzącą, nie zauważył przyspieszenia przebiegu tężenia.

e) *Wpływ temperatury powietrza na przebieg tężenia.* Zaprawy cementowe zakładane latem tężeją prędzej, lecz po stężeniu mają wytrzymałość nieco mniejszą, aniżeli zaprawy zakładane na wiosnę lub jesień. Upał oddziałuje ujemnie na przebieg tężenia, gdyż przyspiesza ulatnianie się wody; to też zaprawy wystawione w okresie tężenia na działanie temperatury wysokiej winny być stale zwilżane, a to w celu utrzymania w zaprawie ilości wody niezbędnej dla prawidłowego przebiegu tężenia. — Zaprawy wystawione w pierwszym miesiącu tężenia na działanie mrozu, mają po stężeniu wytrzymałość stosunkowo małą, a niekiedy wcale nie twardnieją, lecz kruszą się i pękają; to też wyprawy zakładane zimą są nietrwałe, często w kawałach od muru odpadają, albo też pękają i kruszą się. O wpływie mrozu na trwałość zapraw cementowych będzie mowa jeszcze poniżej w ustępie o trwałości zapraw cementowych (p. str. 389—390).

Z powyższego wynika, że najodpowiedniejszą porą roku dla robót cementowych jest wiosna i wczesna jesień; podczas lata należy roboty cementowe zabezpieczać od działania promieni słońca i od przeciągów powietrza, a podczas upałów należy roboty cementowe utrzymywać stale w stanie wilgotnym.

f) *Wpływ kwasu węglanego na przebieg tężenia.* Gunning i Michaëlis stwierdzili, że cement portlandzki rozpuszcza się w wodzie przekroplonej (destylowanej), nie zawierającej kwasu węglanego; Feichtinger zaś dowiódł, że nawet stwardniałe zaprawy z cementu portlandzkiego, jako też wszelkie stwardniałe zaprawy wodotrwałe, rozpuszczają się częściowo w wodzie przekroplonej. Wiemy jednak, że zaprawy wodotrwałe tężeją w wodzie prawidłowo i że z tego właśnie powodu używane są do robót wodnych. Wynika to stąd, że w wodach na ziemi znajduje się kwas węglany, który zabezpiecza zaprawę od rozkładu przez wodę.

Kwas węglany, wiążąc się z wapnem zaprawy, tworzy węglan wapnia. Stąd pochodzi, że zaprawy wodotrwałe stwardniałe, zawierają więcej węglanu wapnia aniżeli także zaprawy świeże. Ponieważ węglan wapnia tworzy się najprzód na powierzchni zaprawy, przeto zasklepia pory zewnętrzne i utrudnia dalsze przenikanie kwasu węglanego do wnętrza zaprawy. To też wpływ kwasu węglanego na przebieg tężenia jest tylko drugorzędny i ogranicza się jedynie na przyspieszeniu twardnienia warstwy zewnętrznej; do wnętrza zaś zaprawy kwas węglany przedostaje się niezmiernie powoli. I rzeczywiście stwierdzono, że nawet po latach kilku kwas węglany przedostaje się tylko na głębokość kilku milimetrów. Części zaprawy, do których przedostał się kwas węglany, wyróżniają się w odłamie zabarwieniem ciemniejszym, niekiedy brunatnawem. W zaprawy z piaskiem, z powodu większej ich porowatości, kwas węglany przenika głębiej, aniżeli w zaprawy czyste.

Powietrze zawiera więcej kwasu węglanego aniżeli woda. Z tego powodu zaprawa tężejąca w powietrzu twardnieje na powierzchni prędzej aniżeli zaprawa tężejąca w wodzie; części wewnętrzne jednak zaprawy twardnieją jednakowo prędko w powietrzu i w wodzie.

g) *Tężenie w wodzie.* Zaprawa z cementu portlandzkiego po odwiązaniu się zanurzona w naczyniu z wodą nie rozpada się; cząstki jej zewnętrzne wprawdzie przez pewien czas odpadają i osadzają się na dnie naczynia, niemniej jednak zaprawa stopniowo tężeje i po pewnym czasie staje się twardą. Wkrótce po zanurzeniu zaprawy, woda w naczyniu staje się mocno alkaliczną, w dotknięciu tłustawą, a na powierzchni jej tworzy się cienka warstwa tlenku wapnia. Po dłuższem pozostawianiu zaprawy w wodzie, można stwierdzić, że woda za-

wiera w stanie rozpuszczonym wapno, zasady i kwas węglany. Podczas tężenia zaprawy w wodzie, na dnie naczynia i na wewnętrznych powierzchniach jego ścian bocznych, a także na powierzchniach zewnętrznych zaprawy, tworzy się osad z płytek białych, z wyglądu podobnych do stearyny lub mydła. Są to oznaki częściowego rozkładu zaprawy w wodzie; to też warstwa zewnętrzna zaprawy stwardniałej w wodzie ma zazwyczaj wytrzymałość mniejszą aniżeli części wewnętrzne. Po wydobyciu z wody i osuszeniu zaprawa taka ma wygląd podziurawiony, albo też szorstki, chropowaty, a cząstki jej zewnętrzne przy pocieraniu odpadają w postaci proszku miałkiego.

Zauważono jednakże, że wytrzymałość i twardość takiej zaprawy po wydobyciu z wody zwiększa się, niekiedy w stopniu bardzo znacznym. Zjawisko to nazwano *twardnieniem dodatkowem zaprawy* (n. Nachhärtung).

Dawniej żądano, ażeby zaprawa świeża z cementu portlandzkiego wiązała się pod wodą i uważano to za oznakę dobroci cementu, jeżeli kulka wyrobiona z zaprawy świeżej, przed odwiązaniem się na powietrzu zanurzona w wodę, tężała bez zmiany kształtu. Pogląd ten był nieuzasadnionym, gdyż próbę taką mogą wytrzymać najlepiej cementy najgorsze, mianowicie cementy prędko tężące, gdy tymczasem kulki wyrobione z cementów ciężkich, powoli tężących, zanurzone w wodę przed odwiązaniem, najczęściej rozpadają się i przyjmują kształt stożka, a następnie dopiero tężą.

Erdmenger stwierdził, że zaprawa z cementu portlandzkiego tężąca w wodzie letniej, ma po stężeniu wytrzymałość większą, aniżeli zaprawa tężąca w wodzie gorącej lub zimnej.

h) *Współdziałanie czynników mechanicznych w tężeniu*. Zaznaczyliśmy już powyżej, że niezależnie od czynników chemicznych, będących następstwem pochłaniania wody, przyczyniają się do stwardnienia zaprawy wodotrwałej także pewne oddziaływania mechaniczne jej części składowych. Te działania chemiczne i mechaniczne odbywają się jednocześnie. Działania mechaniczne polegają na tem, że cząstki cementu zarobionego z wodą osadzają się na sobie lub na ziarnkach piasku, przez co zaprawa nabiera pewnej gęstości. Stąd pochodzi, że jednym z niezbędnych warunków prawidłowego tężenia zaprawy jest spokój. Zaprawa po zarobieniu ciągle wstrząsana nie stwardnieje; również zaprawa świeża wystawiona na działanie wody bieżącej nie stwardnieje wcale lub stwardnieje niedostatecznie; gdy tymczasem ta sama zaprawa pozostawiona w spoczynku, w powietrzu lub w wodzie stojącej, stwardnieje prawidłowo.

Wskutek osadzania się cząstek cementu na sobie, zaprawa, jak rzekliśmy, nabiera pewnej gęstości. Im dłużej trwa to osadzanie się cząstek, tem cząstki ściślej do siebie przylegają i tem ściślej staje się zaprawa. Że jednak jednocześnie z osadzaniem się cząstek odbywają się działania chemiczne, dzięki którym zaprawa po pewnym czasie sztywnieje, wiąże się, przeto osadzanie się cząstek musi ustać z chwilą zeszywnienia, czyli z chwilą odwiązania się zaprawy. Wynika stąd, że im wcześniej zaprawa odwiąże się, tem większe są oddalenia pomiędzy cząstkami i tem mniejszą jest ich spójność. Tem się tłumaczy, że przy innych warunkach jednakowych, zaprawy prędko wiążące się mają po stwardnieniu mniejszą gęstość i mniejszą wytrzymałość aniżeli zaprawy powoli wiążące się. To też cementy powoli tężące słusznie są uważane za znacznie lepsze i do roboty odpowiedniejsze, dają bowiem zaprawę, która po stężeniu jest ściślej, mniej porowatą i wytrzymalszą, aniżeli zaprawa z cementów prędko tężących.

Cementy tężące prędko można, jak wiemy, w pewnym stopniu polepszyć przez odpowiednie przechowywanie (magazynowanie) przed użyciem (p. str. 369—370), oraz przez niewielką domieszkę gipsu (w ilości $\frac{1}{3}$ —2%) (p. str. 375), a także przez zarabianie wodą twardą, nie zaś mięką (p. str. 386).

i) *Skamienienie zaprawy*. Zaprawa z cementu portlandzkiego po stężeniu jest ciałem twardem, skamieniałem. *Skamienienie zaprawy* (fr. solidification; n. Versteinerung) następuje przeto z chwilą ukończenia przebiegu twardnienia. Zaprawa skamieniała odznacza się twardością równomierną, złożeniem zbitym, barwą jednostajną, szarą, z odcieniem niebieskim lub oliwkowo - zielonym. Odłam zaprawy skamieniałej jest gładki, często muszlowy, o krawędziach ostrych. Im cement był równomiernej i zupełnie wypalony i im dokładniej był zmielony, tem krawędzie odłamu są ostrzejsze. — Barwa zaprawy skamieniałej jest nieco jaśniejszą aniżeli podczas tężenia.

W zaprawie stwardniałej z cementu portlandzkiego można pod drobnowidzem (mikroskopem) rozróżnić trzy części składowe. Jedną stanowi siatka galaretowata, opalizująca, barwy mlecznej. Drugą stanowi wodan wapnia zapełniająca oczka rzeczonej siatki, a występujący już to w postaci tabliczek szklitych, połyskujących, już to w postaci igiełek szklitych, ułożonych równolegle względem siebie, już to wreszcie w postaci zwojów z nici szklitych. Trzecią stanowią nierozłożone jeszcze przez wodę mialkie ziarenka piaszczyste, występujące w postaci punkcików ciemnych, wkropionych w tło białawe, utworzone przez dwie poprzednie części składowe. Barwa tych punkcików bywa najczęściej brudną lub mętno-topazową, rzadziej oliwkowo-zieloną lub czarną.

Jeżeli cement portlandzki był wypalony niedostatecznie, lub jeżeli był zmieszany po zmieleniu z masą, która w piecu rozpadła się, to na powierzchni zaprawy stwardniałej tworzą się często plamy, smugi i obłoki, barwy rdzawo-żółtej.

2) *Trwałość*. Zaprawa z dobrego cementu portlandzkiego odznacza się zawsze znaczną bardzo odpornością na wpływy czynników atmosferycznych, o ile przy przygotowaniu zaprawy i przy jej użyciu zachowane były odpowiednie ostrożności i o ile zaprawa podczas tężenia nie była wystawiona na wpływy szkodliwe. Trwałość zapraw z cementów portlandzkich ciężkich, powoli tężących, jest większą aniżeli zapraw z cementów lekkich, prędko tężących. Nadto trwałość zapraw z cementów ciężkich, powoli tężących, jest tem większą, im cement jest dokładniej zmielony i im gładszą jest powierzchnia zaprawy po stwardnieniu. — Do budowli monumentalnych, do murów nieprzemakalnych wszelkiego rodzaju, do robót kanalizacyjnych, zbiorników dla wody i t. p., należy zawsze brać tylko cement ciężki, powoli tężący, przyczem jednak baczyć należy ażeby i inne materiały były możebnie trwałe, gdyż przy użyciu materiałów mało odpornych na wpływy czynników atmosferycznych, zaprawa wyborowa nie uchroni oczywiście budowli od przedwczesnego zniszczenia.

a) *Wpływ mrozu*. Zaznaczyliśmy już powyżej (p. str. 387), że zaprawy z cementu portlandzkiego, wystawione w okresie tężenia na działanie mrozu, są po stwardnieniu zazwyczaj kruche i że tem tłumaczy się pęknięcie i odpadanie od muru wypraw (tynków) cementowych zakładanych w porze zimowej. Zwłaszcza szkodliwym jest działanie mrozu podczas wiązania się zaprawy; skoro zaś zaprawa dopiero po odwiązaniu się wystawiona jest na działanie mrozu, to ucierpi ona tem więcej, im większą zawiera w sobie ilość wody.

Poglądy te mają licznych i poważnych przeciwników. Nie zaprzeczają oni, że trwałość wypraw zakładanych w porze zimowej, zwłaszcza zbyt mocno zacieranych lub gładzonych, jest

małą, twierdzą jednak, że w murach mrozów oddziaływa mniej szkodliwie na przebieg tężenia. Böhme, Dyckerhoff i Riggenbach, na podstawie doświadczeń, przyszedli do przekonania, że mrozów zwalnia wprawdzie lecz nie powstrzymuje przebiegu twardnienia i że jakkolwiek w początkach twardnienia zaprawa, tężąca na mrozie, ma wytrzymałość mniejszą, to jednak po ostatecznym stwardnieniu wytrzymałość takiej zaprawy jest taką samą jak zaprawy tężącej w temperaturze zwykłej. Wyprowadzono stąd wniosek, że nawet podczas silnych mrozów można wznosić mury na zaprawie cementowej i wykonywać roboty betonowe, należy jedynie zachować przytem pewne ostrożności, mianowicie zarabiać cement nie zbyt wielką ilością wody gorącej, oczyszczać starannie cegły ze śniegu, ogrzewać piasek i zwilżać mur wodą ogrzaną. A że przebieg tężenia jest podczas mrozu powolniejszy, przeto do robót wykonywanych w porze zimowej zalecany jest cement prędko tężący. Rozumie się, że przy ścisłym nawet przestrzeganiu wszystkich tych ostrożności, niezależnie od znacznego zwiększenia kosztu roboty, ujawnią się objaśnione już powyżej niedogodności, wynikające z używania wody gorącej i cementu prędko tężącego.

Zalecanem jest także, jak to już nadmieniliśmy (p. str. 375 — 376), w celu osłabienia wpływu mrozu na świeże zaprawy cementowe, dodawać do zaprawy nieco soli kuchennej. W Ameryce, Niemczech i Austrii były z zaprawami takimi wykonywane próby, przyczem w wodzie przeznaczony do zarobienia cementu rozpuszczano sól kuchenną w ilości około 8% na wagę. Takie zaprawy po stwardnieniu na mrozie ujawniły wytrzymałość dostateczną. Sól kuchenna może jednak spowodować tworzenie się wykwitów i podtrzymywać wilgoć w murze; to też skuteczność tego środka należy uważać za wielce wątpliwą.

Zaprawy z cementu portlandzkiego, które podczas tężenia pozostawały w temperaturze zwykłej i których tężenie miało przebieg prawidłowy, odznaczają się po stwardnieniu bardzo znaczną odpornością na działanie mrozu, większą aniżeli inne zaprawy wodotrwałe. Zaprawy chude, t. j. zawierające dużo piasku, są odporniejsze na działanie mrozu, aniżeli zaprawy tłuste.

b) *Wpływ gorąca.* Zaprawa stwardniała z cementu portlandzkiego wyborowego znosi temperaturę do 100° C. bez widocznego uszczerbku; przy temperaturze wyższej wytrzymałość zaprawy zmniejsza się tem widoczniej, im wyższą jest temperatura, a w żarze czerwonym zaprawa staje się kruchą i pęka.

c) *Wpływ wapna swobodnego.* Jeżeli w masie cementowej idącej do pieca znajduje się węglan wapnia nierównomiernie rozdzielony i niedostatecznie rozdrobniony, to w cemencie palonym znajduje się często tlenek wapnia swobodny. Na powierzchni zaprawy z takiego cementu tworzą się najprzód drobne wypukłości, następnie zaś cząstki wysadzone odpadają, a w zagłębieniach stąd powstałych widzieć można zawsze, często nawet okiem nieuzbrojonym, drobne białe ziarenka wapna.

Jeżeli wapno swobodne znajduje się w zaprawie tylko w postaci nielicznych ziarenek odosobnionych, to wpływ ich ujawnia się zwykle dopiero po 1½ — 2 latach i najczęściej nie oddziaływa w sposób widoczny na trwałość zaprawy. Jeżeli jednak ilość takich ziarenek jest znacznie większą, to wpływ ich ujawnia się wcześniej, niekiedy już podczas tężenia zaprawy, a w cementach zresztą dobrych — w kilka miesięcy po użyciu zaprawy, przyczem oddzielanie się cząstek może trwać przez lat kilka. Zaprawa z takiego cementu, wskutek tworzących się na jej powierzchni zagłębień, ma wygląd wyrobu podziurawionego, a wskutek ciągłego oddzielania się cząstek może zostać całkiem zniszczoną.

Te uszkodzenia występują najwidoczniej w zaprawach, które stwardniały w powietrzu suchym, oraz w zaprawach, które podczas tężenia nie były dostatecznie zwilżane wodą; nadto uszkodzenia, o których mowa, bywają tem znaczą-

niejsze i ujawniają się tem wcześniej, im większą jest ilość ziarenek wapna swobodnego w zaprawie i im mniejszą wzięto ilość wody i piasku do zarobienia cementu.

d) *Wpływ kwasów, zasad, soli i ścieków kanałowych.* Na działanie kwasów silnych zaprawa cementowa, nawet stwardniała, nie jest odporną. Najszkodliwszymi są kwasy, które z wapnem tworzą związki rozpuszczalne, a więc kwas solny, kwas azotny, kwas octowy i t. d.; znacznie mniej szkodliwymi są kwasy, które z wapnem tworzą związki nierozpuszczalne lub trudno rozpuszczalne, jak kwas siarczany, kwas fluowodórny (fluorowodór).

Zasady czyste (potas, sól, amoniak) nie wywierają żadnego wpływu na zaprawę cementową stwardniałą. — Węglany zasad (węglan potasu, węglan sodu, węglan amonu) oddziałują korzystnie na przebieg tężenia zaprawy z cementu portlandzkiego; z wapnem cementu tworzą bowiem, przy jednoczesnym wydzielaniu się zasad czystych, węglan wapnia, który wzmacnia siłę spójną cząstek zaprawy i tem samem zwiększa jej wytrzymałość. — Sól kuchenna (chlorek sodu), chlorek potasu, salmiak, nie wywierają wpływu szkodliwego na zaprawę cementową stwardniałą. — Z soli znajdujących się w wodzie morskiej są szkodliwymi głównie: chlorek magnezu i siarczan magnezu.

Smola i oleje mineralne nie oddziałują w sposób widoczny na zaprawę cementową stwardniałą; natomiast oleje tłuste i kwas garbnikowy (a także piwo skwaśniałe) wywierają wpływ szkodliwy, gdyż kwasy tłuste olejów tworzą z wapnem cementu mydło wapienne, nie twardniejące. Tem się tłumaczy, że tłuszcze, a zwłaszcza smary, przy dłuższem działaniu rozmiękczają zaprawę cementową. Odporność zaprawy na działanie tłuszczów jest tem większą, im zaprawa jest ściślejszą. Zaprawa porowata, zawierająca 3 lub więcej części piasku na 1 cz. cementu, mięknie pod działaniem tłuszczów stosunkowo prędko, gdy tymczasem zaprawa ścisła, zawierająca 1 cz. piasku na 1 cz. cementu, może być uważana za całkiem odporną na działanie tłuszczów, zwłaszcza jeżeli zaprawa taka tężała poprzednio przez pewien czas na powietrzu tak, że na powierzchni jej utworzył się węglan wapnia.

Z powodu tego działania tłuszczów, a głównie smarów, w fundamentach maszyn miejsca, na które stale opadają krople smaru (czystego lub zmieszanego z wodą) z maźnic, skrzynek suwakowych, dławnic i t. p., należy zabezpieczać, najlepiej przez pokrycie blachą cynkową.

Ścieki kanałowe, pomimo że rozpuszczone są w nich najrozmaitsze ciała, nie wywierają wpływu szkodliwego na stwardniałą zaprawę cementową, o ile nie zawierają zbyt znacznej ilości kwasów. To obojętne zachowywanie się ścieków można objaśnić po części tem, że działania różnych ciał w ściekach zawartych wzajemnie się znoszą, głównie zaś tem, że zawieszony w ściekach ciała tłustawe i inne ciała organiczne mulkowate, osadzając się na ścianach wewnętrznych kanału, tworzą z czasem powłokę ochronną, zabezpieczającą mur od dalszego oddziaływania ścieków, tak, że nawet kwasy rozcieńczone nie sprawiają już szkody. To też kanały murowane na zaprawie cementowej lub wykonane z betonu cementowego są bardzo trwałe i po wielu dziesiątkach lat, jak to niejednokrotnie w miastach większych stwierdzono, znajdują się w stanie całkiem dobrym.

e) *Wykwity*. Wykwity, pojawiające się niekiedy w murach wzniesionych na zaprawie cementowej, mogą pochodzić nie tylko z zaprawy, lecz także z kamieni do muru użytych. O wykwitach i przyczynach ich powstawania podaną będzie wzmianka szczegółowa w dziale III.

3) *Stalność objętości*. Zazwyczaj żąda się, ażeby zaprawa z cementu portlandzkiego odznaczała się *stałością, niezmiennością objętości* (fr. invariabilité de volume; n. Volumenbeständigkeit), t. j. ażeby ani podczas tężenia ani po stwardnieniu nie zwiększała ani nie zmniejszała swej objętości. Żądaniu temu jednak nie czyni zadość w zupełności ani zaprawa z cementu portlandzkiego ani żadna inna z zapraw znanych. Wszystkie zaprawy bowiem jak i wszystkie w ogóle ciała podlegają zmianom objętości pod wpływem zmian temperatury; rozprzestrzeniają się pod działaniem ciepła, a kurczą się pod działaniem zimna. Nadto wszystkie zaprawy bezpośrednio po zarobieniu, wskutek nasycenia wodą, rozprzestrzeniają się, następnie zaś kurczą się podczas wysychania.

Te nieznaczne zresztą zmiany objętości są wspólne wszystkim w ogóle zaprawom. Zaprawy z cementu portlandzkiego podlegają jednak jeszcze pewnym dodatkowym zmianom objętości, właściwym tylko im i niektórym innym zaprawom wodotrwałym.

Zaprawa z cementu portlandzkiego po odwiązaniu się na powietrzu zwiększa niekiedy swą objętość w początkach twardnienia, lecz następnie kurczy się. Te zmiany objętości, dające się zauważyć we wszystkich bez wyjątku znanych cementach portlandzkich, są najprawdopodobniej jednym z nieodłącznych warunków prawidłowego twardnienia zaprawy. Są one zawsze znaczniejsze w zaprawach czystych aniżeli w zaprawach z przymieszką piasku, oraz znaczniejsze w zaprawach z cementów świeżych aniżeli w zaprawach z cementów przechowywanych (magazynowanych), wreszcie znaczniejsze w zaprawach z cementów gruboziarnistych aniżeli w zaprawach z cementów mialkoziarnistych. Domieszka gipsu do cementu zmielonego wpływa na zwiększenie tych zmian objętości.

W zaprawie z cementu portlandzkiego dobrego, przygotowanej należycie, zmiany objętości, o których mowa, są zawsze bardzo nieznaczne i nie wywierają wpływu szkodliwego ani na ostateczną wytrzymałość zaprawy, ani tembardziej na wytrzymałość budowli. Nazwami *pęcznienia* i *kurczenia się* czyli *wysychania* oznaczać będziemy tylko takie zmiany objętości zaprawy, które mogą oddziaływać szkodliwie na jej wytrzymałość.

a) *Pęcznienie* (fr. fendillement; n. Treiben, Quellen, Bersten, Blähen) zaprawy cementowej polega na tak znacznym zwiększeniu się jej objętości, iż wskutek tego zaprawa pęka, kruszy się, a nawet rozpada się zupełnie. Jeżeli zaprawa pęcznijąca znajduje się pomiędzy warstwami kamieni, lub pomiędzy ścianami pionowymi, tak, że nie znajduje dość miejsca swobodnego dla zwiększenia swej objętości i jeżeli przytem pęcznienie jest znacznem, to zaprawa pęcznijąca może rozsadzić kamienie przyległe i tem samem spowodować zniszczenie budowli.

Pęcznieniu podlegają głównie zaprawy z cementów portlandzkich zawierających stosunkowo dużo wapna, a także zaprawy z cementów zawierających zbyt znaczną ilość siarczanu wapnia (gipsu) albo takie związki chemiczne, które pośrednio mogą spowodować tworzenie się siarczanu wapnia. Niezależnie od tego

przyczyną pęcznienia zaprawy mogą też być błędy w fabrykacji cementu, a zwłaszcza niedostateczne rozdrobnienie i niedokładne przemieszanie materiałów surowych, niedostateczne wypalenie masy cementowej, oraz niedostateczna miąższość proszku cementowego, lub niedostateczna jednostajność proszku pod względem wielkości ziarn. — Wielką skłonność do pęcznienia mają także zaprawy z cementów portlandzkich wyrabianych z dolomitu.

Tetmajer stwierdził, że niekiedy zaprawy z cementów portlandzkich zachowują się prawidłowo w wodzie i powietrzu wilgotnym, a rozpadają się w powietrzu suchym. Przyczyny tego zjawiska szukać należy, zdaniem Tetmajer'a, nie w składzie chemicznym cementu, lecz w błędach fabrykacji, a głównie w niedokładnym przemieszaniu materiałów surowych i niedostatecznym wypaleniu masy cementowej.

Pod wpływem pęcznienia spójność cząstek zaprawy słabnie, wskutek czego zaprawa staje się kruchą, pęka, łuszczy się i rozpada.

Jeżeli pęcznienie jest nieznaczne, to wpływ jego jest tem mniej szkodliwym, im więcej wzięto piasku i wody do zarobienia cementu i im zaprawa dłużej zachowuje nadmiar wody.

Pęcznienie ujawnia się zawsze dopiero po odwiązaniu się zaprawy i tem wcześniej im ma być silniejszym; nadto pęcznienie występuje wcześniej w zaprawach tężejących w wodzie aniżeli w zaprawach tężejących w powietrzu.

Powierzchnia ciałka próbnego, przygotowanego w postaci placka i zanurzonego w wodę, już po kilku dniach pokrywa się siecią rys włoskowatych, a gdy skłonność danej zaprawy do pęcznienia jest znaczniejszą, placek wypacza się i pęka w krawędziach. Znamioną właściwością tych pęknięć jest ich kierunek promienisty; szczeliny są w krawędziach placka najszersze i zwiężają się ku środkowi placka. Wiedząc to, można łatwo odróżnić pęknięcia powstające wskutek pęcznienia zaprawy od pęknięć będących następstwem zsychniania się (kurczenia) zaprawy, gdyż rysy pochodzące od zsychniania się zaprawy występują najprzód w środku placka, a nie w krawędziach i mają kształt linii krzywych, często zamkniętych, nadto powstają już podczas wiązania się zaprawy, gdy tymczasem pęknięcia spowodowane przez pęcznienie tworzą się zawsze dopiero po odwiązaniu się zaprawy. Pęknięcia, będące następstwem zsychniania się zaprawy, pojawiają się głównie w cementach powoli tężejących, zwłaszcza gdy zaprawa rzadko zarobiona podczas wiązania się wystawiona jest na działanie przeciągów powietrza lub promieni słońca.

Zaprawa z cementu portlandzkiego może pękać także wskutek zbyt wczesnego zanurzenia w wodę. Zaprawę należy bowiem zanurzać w wodę dopiero po zupełnem odwiązaniu się, a podczas wiązania się zaprawa winna być zabezpieczona od przeciągów powietrza i promieni słońca. Ciałka próbne najlepiej jest w tym celu przechowywać w skrzyniach zamkniętych, albo też przykrywać płótnem mokrem. — Rysy, powstające wskutek zbyt wczesnego zanurzenia zaprawy w wodę, z powodu odmiennego ich kształtu, można łatwo rozpoznać i odróżnić od pęknięć spowodowanych przez pęcznienie.

Pęcznienie ujawnia się często dopiero w lat kilka po użyciu zaprawy i to nawet w zaprawach, które w początkach twardnienia miały wytrzymałość dostateczną.

b) *Zsychnianie* czyli *kurczenie się* (fr. retrait; n. Schwinden) zaprawy z cementu portlandzkiego może również spowodować zniszczenie zaprawy i oddziaływać szkodliwie na stałość budowli. Pojawia się ono głównie w zaprawach czystych, rzadziej znacznie w zaprawach z przymieszką piasku.

Zaprawa czysta z cementu portlandzkiego nie jest odporną na wpływy czynników atmosferycznych. Jeżeli taką zaprawę stwardniała w wodzie wystawimy na działanie powietrza, to objętość jej zmniejszy się. To zmniejszanie się objętości jest tylko wtedy całkiem jednostajne i nieszkodliwe, gdy zaprawa znajduje się w miejscu zabezpieczonem od wpływu nagłych zmian temperatury.

Skoro natomiast zaprawa taka wystawioną jest na zmienne działania przeciągów powietrza, wiatru, deszczu i promieni słońca, to pojawią się w niej rysy. Pęknięcie zaprawy jest w tym wypadku następstwem działań wyłącznie mechanicznych; jest spowodowane bowiem jedynie przez prędsze wysychanie i kurczenie się warstwy zewnętrznej, w porównaniu z częściami wewnętrznymi. Rysy takie powstają oczywiście tem łatwiej, im częstszymi są zmiany stanu suchego i mokrego. Jeżeli do pęknięć tych dostanie się woda, to pod działaniem mrozu zaprawa może się rozpaść.

Tem się tłumaczy zauważone niejednokrotnie zjawisko rozpadania się pod działaniem powietrza zewnętrznego zapraw, które w pomieszczeniach zamkniętych zachowywały się przez wiele lat w stanie dobrym.

Z powodu zaznaczonych powyżej okoliczności, zaprawy czyste z cementu portlandzkiego, zwłaszcza zarobione z nadmiarem wody, nie są odpowiednie do murów i wypraw (tynków). Zaprawy takie bowiem nie są dostatecznie trwałe; najczęściej już podczas twardnienia, niekiedy jednak znacznie później, wskutek zmniejszania się ich objętości, tracą spójność z murem, pękają i odpadają.

Znacznie odporniejszą na wpływy czynników atmosferycznych jest zaprawa z przymieszką piasku, lecz i w takiej zaprawie pojawiają się niekiedy rysy, spowodowane nierównomiernym zsuchaniem, a to głównie wtedy, gdy zaprawa znajduje się w warunkach sprzyjających prędkiemu ulatnianiu się wody. Tem tłumaczy się pęknięcie i rozpadanie się zapraw wystawionych podczas twardnienia na przeciągi powietrza, na zbyt silne lub jednostronne ogrzewanie i t. p. W wyprawach, wskutek znacznej powierzchni parowania, woda może prędko ulatniać się, to też wyprawy cementowe często z tego powodu pękają i od muru odpadają; mogą jednak pękać także gdy są zakładane na murze porowatym, prędko pochłaniającym wodę z zaprawy, albo gdy są zakładane w porze gorącej i nie mogą być zabezpieczone od bezpośredniego działania promieni słońca. Przyczyną pęknięcia wyprawy może też być zbyt mała domieszka piasku do zaprawy, gdyż zaprawy tłuste pękają wskutek nierównomiernego kurczenia się łatwiej, aniżeli zaprawy chude. Niekiedy brana jest do warstwy zewnętrznej wyprawy zaprawa tłuszczejšia aniżeli do części wewnętrznych; jest to postępowanie błędne, będące często przyczyną pęknięcia wyprawy.

4) Porowatość. Porowatość zapraw z cementu portlandzkiego jest zmienną w bardzo rozległych granicach. W ogóle zaprawy z cementów portlandzkich ciężkich, mialkoziarnistych i przechowywanych (magazynowanych) przed użyciem, są mniej porowate aniżeli zaprawy z cementów lżejszych, gruboziarnistych i świeżych. Nadto zaprawy czyste są mniej porowate aniżeli zaprawy z przymieszką piasku, a zaprawy z przymieszką piasku są tem mniej porowate im mniejszą jest ilość piasku. Zaprawy z przymieszką piasku mialkiego, przy innych warunkach jednakowych, są mniej porowate aniżeli zaprawy z piaskiem gruboziarnistym. Wreszcie stopień porowatości jest zależnym także od czasu twardnienia; zaprawa staje się bowiem tem ściślejszą i mniej porowatą, im dłużej twardnieje.

Możebnie mała porowatość jest oczywiście niezbędną w wypadkach, gdy zaprawa ma być nieprzemakalną, jak np. w zbiornikach wody i t. p.; zaprawa albo jest tem mniej przemakalną, im jest ściślejszą. Nadto nieprzemakalność jest zależną także od grubości warstwy zaprawy, gdyż im warstwa zaprawy jest grubsza,

tem trudniej wodę przepuszcza. Zaprawa czysta z cementu portlandzkiego może być uważana za nieprzemakalną gdy grubość warstwy zaprawy wynosi 15 *mm*; zaprawa zaś składająca się na objętość z 1 cz. cementu i 1 cz. piasku osiąga taki sam stopień nieprzemakalności dopiero gdy grubość warstwy wynosi 30 *mm*. Grubość wypraw (tynków) cementowych na ścianach zewnętrznych budynku może być znacznie mniejszą, gdyż wyprawy takie są wystawione nie stale, lecz tylko czasowo, na działanie wody deszczowej; jednakże grubość wypraw cementowych zewnętrznych, a także zalewów posadzkowych (jastrychów) z masy cementowej, nie powinna być mniejszą aniżeli 20 *mm*.

Zaprawy z cementu portlandzkiego zawierające na 1 cz. cementu więcej aniżeli 1 cz. piasku są w ogóle przemakalne. Takie zaprawy można jednak uczynić nieprzemakalnemi przez dodanie pewnej ilości ciasta wapiennego, przyczem ilość ciasta wapiennego winna być tem większą, im większą jest ilość piasku w zaprawie. Zalecane dla zapraw nieprzemakalnych stosunki ilościowe cementu, ciasta wapiennego i piasku, są wskazane poniżej w ustępie o zaprawie wapienno-cementowej.

5) Wytrzymałość. a) *Wpływ nadmiaru wapna.* Ponieważ dobroć cementu ocenianą bywa dotychczas przeważnie, choć niewłaściwie, z wytrzymałości zaprawy w początkach twardnienia, przeto fabrykanci, jak to już powyżej zaznaczyliśmy (p. str. 372), w celu możebnego zwiększenia wytrzymałości zaprawy w początkach twardnienia, wyrabiają w czasach nowszych cementy portlandzkie już to o zbyt znacznej zawartości tlenu wapnia w stosunku do krzemionki, glinki i tleniku żelaza razem wziętych, już to zawierające zbyt znaczne przymieszki różnych ciał obcych. Własności cementów zawierających znaczną stosunkową ilość przymieszek ciał obcych będą objaśnione poniżej w ustępach o cementach mieszanych i pucolanowych; co się zaś tyczy cementów portlandzkich, zawierających stosunkowo zbyt znaczną ilość tlenu wapnia, to zaznaczyliśmy już powyżej (p. str. 372 i 392), że zaprawy z cementów takich ujawniają skłonność do pęcznienia i że wskutek tego zwiększanie wytrzymałości w początkach twardnienia przez nadmierne zwiększenie zawartości tlenu wapnia jest wielce niewłaściwem. Niemniej jednak wszystkie niemal nowsze cementy portlandzkie wyrabiane są z nadmiarem wapnia i odznaczają się rzeczywiście znaczną wytrzymałością w początkach twardnienia, często jednak z uszczerbkiem dla innych własności zaprawy. Wytrzymałość zaprawy czystej z takich cementów, po 7 dniach tężenia, wynosi na rozciąganie 40—60 *kg* na *cm*², a na ściskanie około 300 *kg* na *cm*²; wytrzymałość zaś zaprawy zawierającej na objętość 3 cz. piasku na 1 cz. cementu, po 28 dniach tężenia, wynosi na rozciąganie 20—40 *kg* na *cm*², na ściskanie zaś około 150 *kg* na *cm*². Wskazane powyżej współczynniki wytrzymałości na ściskanie oznaczone zostały dla ciałek próbnych mających kształt sześcianu i stwardniałych w wodzie. A ponieważ zaprawy cementowe w murach podlegają działaniu sił mechanicznych nie w postaci sześcianów, lecz w postaci cienkich warstw, które o wiele lepiej opierają się ciśnieniu aniżeli sześciany o takiejże podstawie i ponieważ zaprawy po 28 dniach tężenia nie osiągają bynajmniej największej swej wytrzymałości, gdyż wytrzymałość ich z czasem znacznie się jeszcze zwiększa, przeto słusznie twierdzić można, że wytrzymałość zaprawy z cementów port-

ladzkich, obecnie wyrabianych, jest nie tylko dostateczną, lecz nawet większą od rzeczywiście potrzebnej, że więc zabiegi w celu dalszego zwiększania tej wytrzymałości są zbyteczne i że raczej dążyć należy do możebnego obniżenia ceny cementów, przy zwiększeniu ich odporności na wpływy czynników atmosferycznych, oraz ich siły wiążącej. Pogląd ten wygłoszony na konferencyi międzynarodowej w Monachium (1884 r.) przez prof. Szulaczenkę, poparty następnie przez Stahl'a, Bauschinger'a i Tetmajer'a, uznany został za słuszny przez konferencyą międzynarodową w Dreźnie (1886 r.).—Szulaczenko zwrócił przytem uwagę i na tę okoliczność, że wytrzymałość na rozciąganie zaprawy czystej z dawniejszych angielskich cementów portlandzkich, które cieszyły się tak zasłużoną sławą i w których nigdy pęcznienia nie zauważono, po 28 dniach tężenia w wodzie, nie przekraczała 16—20 kg na cm^2 , przyczem liczne budowle, wykonane w różnych krajach w pierwszej połowie stulecia bieżącego, przy użyciu tych cementów, przechowały się podziśdzień w stanie jaknajlepszym i nie nie upoważnia do wniosku, ażeby wytrzymałość tych cementów była za małą. Stahl i Tetmajer słusznie zwracają uwagę, że wyrabianie cementów dających zaprawy odznaczające się bardzo znaczną wytrzymałością, nie przedstawia żadnej korzyści, skoro przy dozwolonych obciążeniach kamieni i cegły, tylko część tej wytrzymałości zapraw może być w rzeczywistości wyzyskana.

Wytrzymałość zaprawy z cementu portlandzkiego jest zależną nie tylko od składu chemicznego, lecz także od własności fizycznych danego cementu, a głównie od ciężaru właściwego, stopnia mialkości proszku, czasu wiązania, temperatury i ilości wody użytej do zaprawy, oraz od gatunku i ilości piasku użytego do zaprawy.

b) *Wpływ ciężaru właściwego.* Odnośnie ciężaru właściwego zaznaczyliśmy już powyżej, że, przy innych warunkach jednakowych, zaprawy z cementów ciężkich mają w ogóle wytrzymałość większą, aniżeli zaprawy z cementów lżejszych.

c) *Wpływ mialkości.* Wielkość ziarn cementu ma znaczny wpływ na stopień wytrzymałości zaprawy. Michaëlis dowiódł, że ziarnka cementu, nie przechodzące przez sito o 900 oczkach na cm^2 , wiążą się późno i słabo. W zaprawie przygotowanej z cementu, zawierającego część takich ziarn większych, ziarnka te zachowują się zupełnie tak samo jak ziarnka piasku. Jeżeli przeto w danym cemencie ziarnek większych jest dużo, to zaprawa z tego cementu, przy innych warunkach jednakowych, będzie słabszą, aniżeli zaprawa z cementu mialkiego, przechodzącego całkiem przez sito o 900 oczkach na cm^2 .—Wpływ mialkości cementu na wytrzymałość zapraw uwidocznia się głównie w zaprawach zwykłych, z przymieszką piasku; znacznie mniej w zaprawach czystych. — Zaprawy z cementów mialkich są gęste, zbite; zaprawy zaś z cementów gruboziarnistych są bardziej porowate i łatwiej przepuszczają wodę. — Cementy mialkie przyjmują znacznie więcej piasku aniżeli gruboziarniste.— Wpływ wielkości ziarn na wytrzymałość zapraw tłumaczy się tem, że dla prawidłowego tężenia niezbędnem jest, ażeby każde ziarno było nasycone wodą, gdy tymczasem przy ziarnach większych woda nie przedostaje się do jądra, które wskutek tego nie bierze udziału w wiązaniu się zaprawy. — Jeżeli pozostałość na sicie o 900 oczkach na cm^2 jest nieznaczną, a pozostałość na sicie o 5000 oczkach na cm^2 wynosi nie więcej ani-

żeli 30—35⁰/₀, to cement, zdaniem Candlot'a, może być uważany za dostatecznie miałki. — Cementy złe, obfitujące w glinę, oraz cementy złe wypalone, dają się jednak łatwiej aniżeli cementy dobre, mocno wypalone, rozdrabniać na bardzo miałki proszek; stopień miałkości, sam przez się, nie stanowi przeto dostatecznej oznaki dobroci cementu i winien być brany pod uwagę tylko łącznie z innymi własnościami danego cementu, zwłaszcza z jego wytrzymałością.

d) *Wpływ czasu wiązania.* Wpływ wiązania na wytrzymałość zapraw cementowych jest również bardzo znaczny, gdyż, przy innych warunkach jednakowych, wytrzymałość zaprawy bywa tem większą, im czas wiązania jest większym. Przyczynę tego zjawiska objaśniliśmy już powyżej (p. str. 388).

Sposób oznaczania czasu wiązania w minutach, za pomocą przyrządu, zwanego *igłą Vicat'a*, wskazany jest poniżej w ustępie o rozpoznawaniu stopnia dobroci cementów portlandzkich. Tu zaś zaznaczamy, że Heintzel dowiódł, iż czas wiązania jest zależnym także od ilości wody, tak, iż czas wiązania jednego i tego samego cementu wynosił: przy 33¹/₃% wody — 9¹/₄ godz., przy 30% wody — 7¹/₄ godz., przy 26¹/₂% wody — 4 godz., przy 23¹/₂% wody — 37 minut, przy 20% wody — 4 minuty.

Przy porównywaniu przeto wytrzymałości zapraw z różnych cementów, należy niezbędnie brać pod uwagę i czas wiązania się tychże cementów.

e) *Wpływ temperatury wody.* Odnośnie temperatury wody zaznaczyliśmy już powyżej (p. str. 386), że wytrzymałość zapraw przy użyciu wody o temperaturze zwykłej jest większą aniżeli przy użyciu wody gorącej lub bardzo zimnej.

f) *Wpływ gęstości zaprawy.* Ilość wody nie bywa mniejszą aniżeli 20⁰/₀ ani większą aniżeli 40⁰/₀. Ze względu na wytrzymałość zaprawy korzystnem jest zarabiać cement z małą stosunkowo ilością wody, nie mniejszą jednak aniżeli 22—26⁰/₀. Zbytne zwiększenie ilości wody jest ze względu na wytrzymałość zaprawy mniej szkodliwem, aniżeli nadmierne zmniejszenie ilości wody.

P. Alefandre badając wytrzymałość zapraw czystych z jednakowego cementu z wodą o temperaturze 17^o C., zauważył, że po roku wytrzymałość zapraw z 22—25% wody była największą; przy użyciu 30—35% wody, wytrzymałość okazała się o 10—20% mniejszą; przy użyciu zaś 14—15% wody wytrzymałość zmniejszyła się o 30—50%.

Z powyższego wynika, że współczynniki wytrzymałości zapraw można porównywać tylko wtedy, gdy pierwotna gęstość ciasta była jednakową.

Ponieważ dla otrzymania ciasta jednakowej gęstości, do różnych cementów dodawać należy rozmaite ilości wody, przeto dla dokładnego oznaczenia gęstości ciasta używane są przyrządy zwane *gęstomierzami*. Każdy z takich przyrządów składa się głównie z tak zwanej *igły Vicat'a grubszej*, t. j. z pręta stalowego, o średnicy 1 cm, obciążonego 330 g (włącznie z ciężarem własnym) i poruszającego się wzdłuż podziałki. Gęstość zaprawy czystej, przy której pręt ten zagłębia się w ciasto o tyle, że wskazówka staje na działce oznaczonej liczbą 6, nazywaną została *gęstością normalną* (n. normale Consistenz). Sposób stosowania gęstomierza objaśniony jest szczegółowo poniżej w ustępie o rozpoznawaniu stopnia dobroci cementów portlandzkich.

g) *Wpływ piasku.* Wytrzymałość zapraw zwykłych, z przymieszką piasku, może być porównywaną tylko przy jednakowym gatunku i jednakowych ilościach stosunkowych piasku. Wytrzymałość zaprawy z jednego i tego samego cementu, przy rozmaitych gatunkach piasku, może być zmienną w bardzo rozległych granicach, przyczem wielkość i kształt ziarn ma wpływ mniejszy na wytrzymałość

aniżeli stopień czystości i skład piasku. Z tego powodu do badań porównawczych używaniem być winien, zgodnie z uchwałą konferencji międzynarodowej w Monachium (1884 r.), tak zwany *piasek normalny międzynarodowy* (fr. sable normal; n. Normalsand), t. j. możebnie czysty piasek kwarcowy, starannie przemyty, osuszony i przesiany przez trzy sita o 64, 144 i 225 otworach na cm^2 , przyczem pozostałości na sitach o 144 i 225 otworach na cm^2 mieszane są w częściach równych. Grubość drutów w tych sitach winna wynosić przy 64 oczkach na mm^2 — 0,40 mm, przy 144 oczkach — 0,30 mm, a przy 225 oczkach — 0,20 mm. W Niemczech używanym jest w tymże celu piasek normalny przechodzący całkiem przez sito o 60 otworach na cm^2 i nie przechodzący wcale przez sito o 120 otworach na cm^2 . We Francji używany jest już to piasek przechodzący całkiem przez sito o 64 otworach i nie przechodzący wcale przez sito o 144 otworach, już to piasek przechodzący całkiem przez sito o 90 otworach i nie przechodzący wcale przez sito o 110 otworach na cm^2 .

Im więcej piasku zaprawa zawiera, tem wytrzymałość zaprawy, przy innych warunkach jednakowych, jest mniejszą (p. str. 381).

h) *Współczynniki przeciętne wytrzymałości na ściskanie i rozciąganie*. Wytrzymałość zaprawy z cementu portlandzkiego, przy stosunku na wagę cementu do piasku 1 : 3, po 28 dniach tężenia (dzień pierwszy w powietrzu, następne w wodzie), winna wynosić na rozciąganie nie mniej aniżeli 9 kg na cm^2 ; na ściskanie zaś nie mniej aniżeli 75 kg na cm^2 dla cementów powoli tężących i nie mniej aniżeli 50 kg na cm^2 dla cementów prędko tężących. Zazwyczaj jednak wymagana jest wytrzymałość znacznie większa i żąda się, ażeby wytrzymałość na ściskanie po 28 dniach tężenia dla zapraw, jak powyższa, z cementów dobrych, powoli tężących, wynosiła 110 — 150 kg na cm^2 , z cementów zaś prędko tężących 75—90 kg na cm^2 .

W Niemczech wymagane są współczynniki jeszcze znacznie większe, a mianowicie dla zapraw z cementów portlandzkich powoli tężących i piasku normalnego, przy stosunku na wagę cementu do piasku 1 : 3, po 28 dniach tężenia (dzień pierwszy w powietrzu, następne w wodzie), na rozciąganie 16 kg na cm^2 , a na ściskanie 160 kg na cm^2 .

i) *Stosunek wytrzymałości na ściskanie do wytrzymałości na rozciąganie*. Stosunek wytrzymałości na ściskanie do wytrzymałości na rozciąganie zapraw z cementu portlandzkiego nie jest ilością stałą i bywa rozmaitym dla różnych cementów, a dla jednego i tego samego cementu jest zmiennym w różnych okresach tężenia. Dyckerhoff oznaczył stosunek ten dla zapraw z 1 cz. cementu i 3 cz. piasku, po 28 dniach tężenia, w przybliżeniu na 10; Bielelubsky zaś, dla takichże zapraw — na 5—6. Hauenschild sądzi, że stosunek ten w pierwszych trzech miesiącach tężenia wzrasta w przybliżeniu od 6 do 8,5; po 2-ach latach jednak wytrzymałość na ściskanie może być do 20 razy większą aniżeli wytrzymałość na rozciąganie, a to z powodu, że podczas tężenia gęstość zaprawy stopniowo zwiększa się, wskutek czego wytrzymałość na ściskanie wzrasta prędzej aniżeli wytrzymałość na rozciąganie.

k) *Wytrzymałość na przesuwanie (ścinanie)*. Wytrzymałość na przesuwanie (ścinanie) zaprawy z cementu portlandzkiego oznaczył Böhme dla zaprawy czystej na 52 kg na cm^2 , dla zaprawy zaś zwykłej, przy stosunku 1 : 1 na 50 kg na cm^2 , przy stosunku 1 : 2 na 45 kg na cm^2 , przy stosunku 1 : 3 na 34 kg na cm^2 . Bauschinger znalazł całkiem odmienne współczynniki, a mianowicie dla zaprawy czystej 18 kg na cm^2 , dla zaprawy zaś zwykłej z 1, 2 i 3 częściami piasku kolejno : 28, 26 i 23 kg na cm^2 . Tak znaczne różnice w wynikach doświadczeń tłumaczą się tem, że badania nad wytrzymałością zapraw na ścinanie rozpoczęte zostały dopiero w latach ostatnich i dotychczas przedmiot ten nie jest dostatecznie wyjaśniony. Według Bauschinger'a i Hauen-

schild'a stosunek wytrzymałości na ścinanie do wytrzymałości na rozciąganie wynosi przeciętnie 1,8, zaś do wytrzymałości na ściskanie — przeciętnie 0,17 (p. t. I., cz. 1, str. 329).

l) *Wytrzymałość na złamanie.* Wytrzymałość na złamanie zapraw z cementu portlandzkiego wynosi według Böhme'go 0,18 wytrzymałości na ściskanie.

m) *Współczynnik sprężystości.* Współczynnik sprężystości zapraw z cementu portlandzkiego wynosi według Kōpcke'go 147 000 do 168 000, przeciętnie 157 000 kg na cm^2 .

n) *Wyniki doświadczeń.* W tablicy, podanej na str. 400, zestawione są przeciętne wyniki doświadczeń, przeprowadzonych w latach 1885 i 1886 w pracowni mechanicznej Instytutu inżynierów komunikacyj w Petersburgu, z cementami portlandzkimi, pochodzącymi z fabryk Cesarstwa i Królestwa. W tablicy na str. 401 podane są wyniki doświadczeń późniejszych tejże pracowni, przedstawione na trzecim zjeździe fabrykantów i techników cementowych rossyjskich, odbytym w marcu 1892 r. w Petersburgu. Doświadczenia, których wyniki zestawione są w tablicach na str. 400 i 401, były wykonane przy zastosowaniu gęstości normalnej zaprawy i przy użyciu piasku normalnego międzynarodowego.

Ważniejsze wyniki doświadczeń, przeprowadzonych w 1891 r. w stacyi doświadczalnej dróg żel. Południowo-Zachodnich, z niektórymi gatunkami cementów, zestawione są w tablicy, podanej na str. 402.

W praktyce nie przygotowuje się zaprawy z taką starannością jak ciała próbne w pracowniach, ani przy użyciu piasku tak czystego i jednostajnego jak piasek normalny, to też rzeczywista wytrzymałość zapraw w murze jest mniejszą, aniżeli wytrzymałość oznaczona w pracowniach. Mając to na uwadze, inż. P. Wilejszys wykonał szereg doświadczeń z zaprawami z cementu portlandzkiego, które przygotowywał mularz w sposób zwykły, nie starając się bynajmniej o wyjątkowo dokładne mieszanie części składowych. Do doświadczeń tych brany był cement z fabryki K. Schmidt'a w Rydze, piasek zaś był czysty, rzeczny, dość gruby. Połowa ciałek próbnych, po przebyciu na powietrzu przez 24 godziny, była zanurzana w wodę aż do chwili wykonywania doświadczeń; druga zaś połowa pozostawała na powietrzu, w temperaturze pokojowej. Wyniki tych doświadczeń zestawione są w tablicy na str. 403.

o) *Wytrzymałość połączenia zaprawy z murem.* W celu oznaczenia wytrzymałości połączenia zaprawy z murem, Bauschinger rozrywał kamienie połączone zaprawą z cementu portlandzkiego. Przy doświadczeniach tych ciała próbne pękały najczęściej wewnątrz spoiny (fugi), znacznie rzadziej w powierzchni pomiędzy zaprawą a kamieniem (p. t. I, cz. 1, str. 329), z czego wnosić można, że wytrzymałość połączenia zaprawy z murem jest większą, aniżeli spójność cząstek zaprawy pomiędzy sobą. Wniosku tego nie można jednak uważać za ogólny, gdyż moc przylegania zaprawy do muru jest zależną od wielu złożonych okoliczności, zwłaszcza zaś od gatunku kamienia, od stopnia chropowatości jego powierzchni, od gatunku piasku użytego do zaprawy i od stopnia miakkości cementu. To też Hauenschild na podstawie doświadczeń doszedł do wniosku wprost przeciwnego aniżeli Bauschinger i sądzi, że spójność cząstek zaprawy pomiędzy sobą jest większą aniżeli moc przylegania zaprawy do muru.

Z doświadczenia wiadomo, że przy rozbiórce starych murów kamienie często łatwiej pękają, aniżeli oddzielają się od zaprawy cementowej, co w każdym razie świadczy o dostatecznej wytrzymałości połączenia zaprawy z murem.

Prof. Warren w Sidney wykonał szereg doświadczeń dla oznaczenia wytrzymałości połączenia cegły z zaprawą cementową. Do doświadczeń tych brany był cement portlandzki, którego wytrzymałość na rozciąganie w zaprawie czystej wynosiła po 7 dniach tężenia 38,5 kg na cm^2 (= 15,2 puda na cal kwadr.), a po 28 dniach 44,7 kg na cm^2 (= 17,6 puda na cal kwadr.); piasek zaś brany był dwojaki, a mianowicie: piasek otrzymany przez zmielenie piaskowca i piasek rzeczny, czysty. Wyniki tych doświadczeń zestawione są w tablicy na str. 404.

Firma fabryki	Poilu dniach tężenia ciałek próbných doświadczenie wykonane zostało		Wytrzymałość na ściskanie		Wytrzymałość na rozciąganie (przy powierzchni rozrywanej 5 cm ²)				Ilość wody potrzebnej dla otrzymania gęstości normalnej		Miałość.		Czas wiązania w minutach
			zaprawy zwykłej o stosunku 1 : 3		zaprawy zwykłej o stosunku 1 : 3		zaprawy czyste						
			kg na cm ²	pudy na cal kwadr.	kg na cm ²	pudy na cal kwadr.	kg na cm ²	pudy na cal kwadr.					
			Stosunek wytrzymałości na ściskanie do wytrzymałości na rozciąganie zaprawy zwykłej, o stosunku 1 : 3										
												Stosunek wytrzymałości na ściskanie do wytrzymałości na rozciąganie zaprawy zwykłej, o stosunku 1 : 3	
												w zaprawie zwykłej o stosunku 1:3	
												w zaprawie czystej	
												o 900 otworach na cm ²	
												o 5000 otworach na cm ²	
K. Schmidt w Rydze.	28	89,2	35,1	13,32	5,25	39	15,4	6,7	10,75	30,5	6,7	21,6	120
	60	—	—	17,46	6,91	—	—	—	—	—	—	—	—
Port-Kunda w Estlandyi.	28	73,3	28,9	14,03	5,53	43	16,9	5,2	10,2	27,2	6,7	28,6	165
	60	—	—	17,60	6,93	—	—	—	—	—	—	—	—
	360	84,6	33,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
E.Liphardt (stacya Szczurowo dr. ż. Mosk.-Riaz.)	28	34,4	13,6	9,30	3,66	38	15,0	4,2	11	24	8,1	18,7	140
	60	—	—	11,30	4,45	—	—	—	—	—	—	—	—
Tow. akc. mosk. Podolsk	28	52,9	20,8	13,39	5,29	49	19,3	3,95	10,3	27,5	1,3	27,4	170
	60	93,3	36,8	16,35	6,44	—	—	5,7	—	—	—	—	—
Fabryka Czarnomorska w Noworossyjsku . . .	7	—	—	11,17	4,40	45	17,7	—	10,5	27,5	17,7	47,0	140
	28	84,1	33,1	13,71	5,40	53	20,9	6,1	—	—	—	—	—
Głuchoozersk w Petersburgu	28	57,4	22,6	9,86	3,88	47	18,5	5,9	10,5	23	14,0	—	140
Czerkasow w Kierczu .	28	109,3	43,1	16,22	6,49	51	20,1	6,7	10,5	24	0,5	46,0	100
	60	—	—	17,27	6,80	—	—	—	—	—	—	—	—
Zdobunowo (stacya Zdobunowo dr. ż. Kijowsko-Brzeskiej) . . .	28	105,3	41,5	13,11	5,17	—	—	8,0	11	26	1,1	40,3	45
Grodziec (przy stacyi Będzin d. ż. War.-Wied.)	28	99,2	39,6	17,25	6,80	53	20,9	5,9	10,5	28	0	63,6	210
	180	123,5	48,7	20,73	8,17	—	—	6,0	—	—	—	—	—
Wysoka (przy stacyi Łazy dr. ż. Warsz.-Wied.) .	28	74,2	29,2	14,54	5,73	47	18,5	6,1	10,5	25	0,5	24,5	85
	180	123,5	48,7	20,73	8,17	—	—	6,0	—	—	—	—	—

Firma fabryki	Miałość.		Ciezar właściwy (gatu- kowy)	Ilość wody w % dla 1 : 3	Wyrzymałość na rozciaganie w kg na cm^2 zaprawy, o stosunku 1 : 3, po							Wytrzymałość na ściskanie w kg na cm^2 zaprawy, o stosunku 1 : 3, po					Wyrzymałość na rozciaganie w kg na cm^2 zaprawy z cementu czystego, po																								
	o 900 otwo- rach na cm^2	o 490 otwo- rach na cm^2			Pozosta- łość w % na sicie	3 dniach	7 dniach	28 dniach	2 miesi- ącach	6 miesi- ącach	1 roku	3 latach	2 latach	3 latach	28 dniach	6 miesi- ącach	1 roku	3 dniach	7 dniach	28 dniach	2 miesi- ącach	6 miesi- ącach	1 roku																		
																								0 900 otwo- rach na cm^2	0 490 otwo- rach na cm^2																
K. Schmidt w Rydze	8	41	3,085	10	—	9,21	14,77	15,96	22,00	28,41	25,87	30,87	85	—	—	—	26,72	36,56	34,48	35,15	42,69	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
Grodzice (gub. piotrkowska)	0,3	41,3	3,125	9 1/2	7,07	10,37	15,48	—	18,56	—	—	—	—	—	—	—	32,77	42,76	58,25	57,92	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
Port-Kunda w Estlandy	—	—	—	10 1/2	—	—	11,70	—	—	18,01	—	19,40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
E. Liphardt w Szczurowie	12	51	3,016	—	—	11,50	16,10	16,65	15,73	18,20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
Zdobunowo	4	38	3,135	—	4,16	8,34	11,66	12,60	16,02	18,69	19,71	21,88	100	—	—	—	—	20,86	36,33	57,85	60,87	65,15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Tow. akc. mosk. Podolsk	0,5	21	—	9 1/4	—	—	8,46	13,96	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Noworossyjsk	5	35	3,096	9 1/4	6,47	9,51	13,59	15,27	17,98	18,19	19,43	20,44	135	—	—	—	—	20,27	30,34	41,10	43,01	47,10	48,85	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Gluchoozersk	8	38	3,100	10 1/2	—	9,17	12,46	13,46	15,77	20,88	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Sawio w Finlandyi	4	35	3,130	9 1/2	6,88	8,34	14,59	15,04	22,82	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Wysoka przy st. Łazy dr. zel. Warsz.-Wied.	12	41,5	3,105	10	—	5,00	7,41	9,88	12,16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	0,5	10	3,125	9 1/4	—	12,49	15,71	20,89	24,73	25,39	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Firma fabryki	Barwa cementu	Ciężar 1 cementu luźno nasypanego w kg	Ciężar właściwy cementu	Miałkość.		Prędkość wiązania się zaprawy czystej		Wytrzymałość na rozciąganie zaprawy czystej w kg na cm^2						Wytrzymałość na rozciąganie zaprawy, o stosunku na wagę cementu do piasku jak 1 : 3, przy 1% na wagę wody, w kg na cm^2					
				0 900 otworach na cm^2	0 4900 otworach na cm^2	Początek wiązania	Czas (koniec) wiązania	po 7 dniach		po 28 dniach		po 7 dniach		po 28 dniach		po 7 dniach		po 28 dniach	
								w wodzie	na powietrzu	w wodzie	na powietrzu	w wodzie	na powietrzu	w wodzie	na powietrzu	w wodzie	na powietrzu		
Wysoka	Zielonawo-szara	1,153,1005	0,50	11,45	2 g. 57 m. 6 g. 46 m.	40,38	40,88	42,00	44,50	40,00	44,50	14,50	10,75	18,75	18,75	22,00	23,75		
Port-Kunda	Kawowo-szara	1,063,044	4,80	26,70	3 g. 46 m. 6 g. 36 m.	26,75	23,75	43,75	37,50	44,00	40,00	9,75	10,13	12,25	12,50	17,25	15,75		
Grodzisz	Szarnawa	1,293,091	1,95	32,20	3 g. 13 m. 7 g. 30 m.	35,00	32,75	38,50	33,25	57,00	43,50	9,75	13,50	14,50	16,50	18,50	20,75		
Schmidt (Rygn).	Szarawo-żółta	1,233,026	6,55	16,25	4 g. 44 m. 9 g. 00 m.	31,00	28,75	41,25	29,75	44,25	35,75	14,00	7,50	14,50	9,50	16,38	10,50		
Czarnomska (Noworossyjsk)	Żółtawo-szara	0,992,085	4,05	22,25	0 g. 45 m. 1 g. 53 m.	25,25	17,00	33,25	21,00	34,25	33,00	12,75	8,75	19,75	10,25	24,50	13,25		
Firley pod Lublinem	Popielato-szara	1,313,120	3,00	30,00	0 g. 20 m. 1 g. 40 m.	—	16,10	—	27,80	—	—	—	7,10	—	10,00	—	—		

Uwaga. W tablicy niniejszej, dla cementu „Firley”, podane są wyniki doświadczeń pracowni mechanicznej miejskiej w Warszawie (z 1895 r.); dla pięteli pozostających zaś cementów — wyniki stały doświadczeń dr. Żel. Poludniowo-Zachodnich (z 1891 r.).

W żadnym z pierwszych pięciu cementów, podczas przebiegu wiązania nie zauważono podwyższenia się temperatury, a w czasie pierwszych 84 dni tężenia nie zaszły widoczne zmiany objętości. — Cement Firley wytrzymał przepisaną próbę na stałość objętości.

W temencie Firley ilość wody dla gęstości normalnej wynosi: dla zaprawy czystej 30%, a dla zaprawy z piaskiem (1 : 3) — 9%. Dla tegoż cementu wytrzymałość na ściskanie zaprawy z piaskiem (1 : 3), (dla kostek o podstawie 50 cm^2), okazała się: po 7 dniach 52,3, a po 28 dniach 138 kg na cm^2 .

Czas tężenia zapraw, w miesiącach	Wytrzymałość na rozciąganie zapraw podwodnych, przy stosunku na objętość cementu do piasku												Wytrzymałość na rozciąganie zapraw nadwodnych, przy stosunku na objętość cementu do piasku											
	1:3		1:4		1:5		1:6		1:3		1:4		1:5		1:6		1:7							
	kg na cm ²	pudy na cal kwadr.	kg na cm ²	pudy na cal kwadr.	kg na cm ²	pudy na cal kwadr.	kg na cm ²	pudy na cal kwadr.	kg na cm ²	pudy na cal kwadr.	kg na cm ²	pudy na cal kwadr.	kg na cm ²	pudy na cal kwadr.	kg na cm ²	pudy na cal kwadr.	kg na cm ²	pudy na cal kwadr.						
1	7,87	3,10	6,09	2,40	5,08	2,00	3,94	1,55	6,40	8,76	3,45	6,00	2,40	5,08	2,00	3,05	1,20							
2	9,64	3,80	7,63	3,00	6,60	2,60	5,33	2,10	7,50	11,84	4,65	7,87	3,10	6,72	2,65	4,34	1,70							
3	10,92	4,30	8,76	3,45	7,49	2,95	6,23	2,45	8,15	13,96	5,50	8,90	3,55	7,87	3,10	5,20	2,05							
4	11,96	4,70	9,78	3,85	8,12	3,20	6,85	2,70	8,75	15,23	6,00	10,03	3,95	8,63	3,40	5,84	2,30							
5	12,82	5,05	10,41	4,10	8,87	3,50	7,37	2,90	9,25	16,50	6,50	10,92	4,30	9,14	3,60	6,22	2,45							
6	13,58	5,35	11,04	4,35	9,40	3,70	7,74	3,05	9,60	17,77	7,00	11,68	4,60	9,64	3,80	6,60	2,60							
7	14,34	5,65	11,55	4,55	9,92	3,90	8,12	3,20	10,05	18,92	7,45	12,42	4,90	9,90	3,90	6,73	2,65							
8	14,98	5,90	11,96	4,70	10,28	4,05	8,51	3,35	10,45	19,93	7,85	12,95	5,10	10,16	4,00	—	—							
9	15,49	6,10	12,31	4,85	10,54	4,15	8,76	3,45	10,80	20,82	8,20	13,58	5,35	10,41	4,10	—	—							
10	16,00	6,30	12,69	5,00	10,79	4,25	9,02	3,55	11,10	21,33	8,40	13,96	5,50	10,74	4,15	—	—							
11	16,38	6,45	13,00	5,12	11,04	4,35	9,14	3,60	11,40	21,84	8,60	14,34	5,65	10,66	4,20	—	—							
12	16,50	6,50	13,25	5,22	11,17	4,40	9,27	3,65	11,70	22,34	8,80	14,72	5,80	10,79	4,25	—	—							

R o d z a j z a p r a w y	Wytrzymałość połączenia cegły z zaprawą na rozciąganie			
	po 7 dniach tężenia		po 28 dniach tężenia	
	kg na cm^2	pudy na cal kwadr.	kg na cm^2	pudy na cal kwadr.
Zaprawa czysta	11,7	4,2	13,5	5,3
Zaprawa z piaskowcem mielonym, przy stosunku				
1 : 1	7,4	2,9	9,3	3,7
1 : 2	3,4	1,3	4,6	1,8
1 : 3	1,7	0,65	3,0	1,2
1 : 4	1,0	0,4	2,9	1,1
Zaprawa z piaskiem rzeczonym, przy stosunku				
1 : 1	6,5	2,55	6,7	2,6
1 : 2	2,4	0,95	2,9	1,1
1 : 3	1,3	0,5	1,5	0,6
1 : 4	0,6	0,23	0,9	0,35

Wytrzymałość połączenia zaprawy cementowej z kamieniem dotychczas nie często w ogóle bywa badaną, a to głównie z powodu, że nie ustalono jeszcze sposobów wykonywania odnośnych doświadczeń. Michaëlis zalecał wprawdzie kolejno kilka różnych sposobów badania siły przylegania zaprawy cementowej, lecz ze sposobów tych tylko jeden daje względnie zadowalniające wyniki. Przy stosowaniu tego sposobu należy podstawkę graniastosłupową szklaną, oczyszczoną starannie z części tłustych, wstawić w formę mosiężną bez dna i następnie napelnić szczelnie formę zaprawą, włączaną przez ubijanie. Odrywanie zaprawy od szkła uskutecznia się na przyrządzie Michaëlis'a, poniżej opisanym, przy użyciu jednak form i kleszczy, odrębnego typu. Sposób ten jest stosowany w Niemczech, a w ostatnich latach był zastosowany w dwóch pracowniach petersburskich, a mianowicie w pracowni Instytutu inżynierów komunikacyj i w pracowni Akademii Mikołajewskiej inżynierów, przy czem jednak nie osiągnięto wyników zgodnych, co po części może być następstwem nieznaczonej dotychczas liczby doświadczeń, a także pewnych różnic w sposobie wykonywania prób. W pracowni Akademii Mikołajewskiej inżynierów brano bowiem do doświadczeń zaprawę z 1 cz. cementu i 2 cz. piasku i badano jej przyleganie do powierzchni różnych ciał: szkła, marmuru, granitu, piaskowca, cegły, klinkra i cementu stwardniałego, gdy tymczasem w pracowni Instytutu inżynierów komunikacyj stosowano zaprawę z 1 cz. cementu i 3 cz. piasku, oraz płytki wyłącznie szklane, matowe.

Z wyników doświadczeń przeprowadzonych w pracowni Instytutu inżynierów komunikacyj okazuje się, że dla ciałek próbnyc, z 1 cz. cementu i 3 cz. piasku, siła przylegania zaprawy po 28 dniach wynosi około 0,15, a po 6 miesiącach około 0,75 wytrzymałości na rozciąganie zaprawy 28-dniowej.

Wyniki doświadczeń przeprowadzonych w pracowni Akademii Mikołajewskiej inżynierów dadzą się streścić w sposób następujący: Przyleganie zaprawy cementowej do powierzchni zaprawy cementowej już stwardniałej, jest prawie równe wytrzymałości na rozciąganie danej zaprawy. Przyleganie jednej i tej samej zaprawy do powierzchni różnych ciał jest prawie jednako-
we. Moc przylegania zaprawy cementowej do powierzchni różnych ciał wzmaga się z czasem, w stopniu jednak mniejszym aniżeli wytrzymałość na rozciąganie danej zaprawy. Moc przylegania zaprawy cementowej wzrasta, po dodaniu do tej zaprawy wapna.

W Niemczech, oprócz przyrządu Michaëlis'a, stosowany jest do badania przylegania także przyrząd pomysłu inż. Suchier'a w Frankfurcie, dający zarazem możność wykonywania doświadczeń na ściskanie, rozciąganie i ścinanie. Siły dostarcza w przyrządzie tym olej, pozostający pod ciśnieniem, a wielkość ciśnienia wskazywana jest przez dwa podwójne manometry kontrolujące Bourdon'a. Naprężenia mniejsze, do 50 kg na cm^2 , oznaczone być mogą z dokładnością na 0,1 kg; naprężenia większe zaś, do 500 kg na cm^2 —z dokładnością na 1 kg. Koszt przyrządu tego wynosi około 1000 rubli.

p) *Klasyfikacja cementów portlandzkich oparta na ich wytrzymałości.* W memoryale opracowanym przez J. Bauschinger'a, A. Funk'a i Hartig'a (1878 r.), a wydanym przez związek stowarzyszeń inżynierów i architektów niemieckich (p. str. 147 i 241), przyjęty jest podział cementów portlandzkich na dwie grupy zasadnicze, a mianowicie na cementy powoli wiążące się i prędko wiążące się, przyczem w każdej z tych grup różniane są trzy „gatunki“, zależnie od stopnia wytrzymałości na ściskanie zaprawy, składającej się na objętość z 1 cz. cementu i 3 cz. piasku, po 28 dniach tężenia. Jako prędko wiążące się uznano te cementy, których czas wiązania nie przekracza 30 minut, a do powoli wiążących się zaliczono cementy, których czas wiązania jest większy aniżeli 2 godziny.

	Najmniejsza wymagana wytrzymałość na ściskanie cementów	
	powoli wiążących się	prędko wiążących się
Gatunek I	150 kg na cm^2	90 kg na cm^2
Gatunek II	110 kg na cm^2	75 kg na cm^2
Gatunek III	75 kg na cm^2	50 kg na cm^2

6) *Wpływ własności na sposób stosowania cementu portlandzkiego.* Obchodzenie się z zaprawą z cementu portlandzkiego, przy stosowaniu jej do robót, wymaga wielkiej staranności i znajomości zjawisk towarzyszących tężeniu. Przedewszystkiem pamiętać należy, że zaprawy wodotrwałe tężą znacznie prędzej aniżeli zaprawy powietrzne, że przy użyciu zaprawy wodotrwałej mur osadza się znacznie mniej aniżeli przy użyciu zaprawy powietrznej i że jakkolwiek zaprawy wodotrwałe tężą zarówno dobrze w wodzie jako też na powietrzu, to jednak dla prawidłowego ich stężenia niezbędnym jest znacznie większy stopień wilgoci, aniżeli przy zaprawach powietrznych.

Czas potrzebny dla zupełnego stężenia zaprawy z cementu portlandzkiego, czyli dla przekształcenia się jej na masę twardą, kamienistą, jest zmiennym w granicach od kilku miesięcy do kilku lat.—W okresie pierwszym tężenia, t. j. podczas wiązania się, zaprawa winna być pozostawiona w zupełnym spoczynku, gdyż każde naruszenia położenia wzajemnego cząstek względem siebie oddziaływa szkodliwie na przebieg tężenia (p. str. 388). W okresie drugim tężenia, t. j. podczas twardnienia, dbać należy o dostateczną ilość wody, gdyż jednym z warunków zasadniczych prawidłowego twardnienia jest tworzenie się związków chemicznych wody z częściami składowymi zaprawy. Stąd wynika, że, jak to już powyżej zaznaczyliśmy (p. str. 386), świeże zaprawy cementowe należy utrzymywać stale w stanie dostatecznie wilgotnym i zabezpieczać od wszelkich wpływów, sprzyjających zbyt prędkiemu uchodzeniu wody z zaprawy, a więc od gorąca, przeciągów powietrza, oraz od styczności z kamieniami suchymi i porowatymi i t. p. Niemniej szkodliwym jest wpływ mrozu na świeże zaprawy cementowe (p. str. 389), zwłaszcza w pierwszym miesiącu tężenia, wskutek czego zaprawy cementowe zakładane w porze zimowej lub późną jesienią, gdy w nocy pojawiają się stale przymrozki, są w ogóle nietrwałe. — W zaprawach cementowych, które po tężeniu przez pewien czas (przynajmniej przez 3—4 tygodni) w wodzie, wystawione są na działanie powietrza, pojawia się często tak zwane *twardnienie dodatkowe*

(p. str. 388), przyczem wytrzymałość zaprawy w czasie 30—60 dni stopniowo i to niekiedy dość znacznie wzrasta, następnie jednak znowu zmniejsza się, tak, że ostateczna wytrzymałość jest mniej więcej taką samą, jaką była by przy prawidłowym stwardnieniu zaprawy w wodzie.

Ponieważ zaprawy wodotrwałe tężąją stosunkowo prędko, przeto winny być przygotowywane na raz tylko w takiej ilości, jaką można zużyć przed odwiązaniem się zaprawy. Zaprawę z cementu portlandzkiego należy przygotowywać na raz w ilości nie większej, aniżeli można zużyć w czasie około dwóch godzin. Zaprawy już przygotowanej nie należy przechowywać przez czas obiadu, a tembardziej przez noc, gdyż wskutek częściowego lub całkowitego zeszywnienia, staje się nieprzydatną do robót. Ponowne zarobienie z wodą takiej, choćby tylko częściowo zeszywniałej, zaprawy, nie prowadzi do celu i nie powinno być stosowane, gdyż ostateczna wytrzymałość i twardość zaprawy zeszywniałej i ponownie zarobionej wodą jest zawsze znacznie mniejszą aniżeli zaprawy przygotowanej prawidłowo.

Kamienie do murów na zaprawie cementowej, a także do betonów, winny mieć powierzchnie możebnie czyste, gdyż z powierzchniami zanieczyszczonemi zaprawa wiąże się źle, lub nie wiąże się wcale. Nadto kamienie te nie powinny być miękkie ani kruche, lecz winny odznaczać się dostateczną wytrzymałością i trwałością (p. str. 389), gdyż w razie przeciwnym własności zaprawy nie mogą być należycie wyzyskane. Z tego powodu cegła do murów na zaprawie cementowej winna być wyborową, dobrze wypaloną, odporną na wpływy czynników atmosferycznych i nie powinna dawać wykwitów.

Przy stosowaniu zaprawy z cementu portlandzkiego do murów należy kamienie, zwłaszcza gdy są porowate (jak np. cegła palona), nasycić wodą. Kamienie suche bowiem, pochłaniając wodę, osuszają część zaprawy przylegającą do kamienia, wskutek czego zaprawa pozbawiona wody nie łączy się z murem i traci częściowo lub całkowicie możność wiązania się i stwardnienia. Im staranniej i dokładniej nasycane są kamienie wodą, tem większą jest wytrzymałość zaprawy i tem mocniejszą jest jej spójność z murem, zwłaszcza przy użyciu cementu tężającego powoli. Przy dokładnem nasycaniu kamieni wodą, można brać zaprawę gęstą. Nasycenie kamieni wodą winno być możebnie zupełne, a nie powierzchowne; polewanie wodą kamieni już założonych w mur, lub pokrapianie ich wodą przy użyciu pędzla mularskiego, jest niewystarczającym; natomiast należy kamienie przed użyciem przechowywać w kadziach napełnionych wodą, dopóki kamienie nie pochłoną całej ilości wody, jaką przyjąć mogą — Z cegłą, o powierzchniach bardzo gładkich, zeszlonych, zaprawa cementowa wiąże się słabo.

Powierzchnie murów pod wyprawy (tynki) cementowe należy również starannie oczyścić z brudu, kurzu, cząstek wapna i t. p., następnie zmyć wodą czystą, a po wyschnięciu ponownie dobrze zmoczyć. Przy niedostatecznem zmoczeniu, mur pochłania wodę, potrzebną do stężenia zaprawy, wskutek czego zaprawa nie może należycie stwardnieć, osiąga wytrzymałość nieznaczną i łączy się z murem słabo. Wyprawy cementowe, zwłaszcza wystawione na działanie słońca lub przeciągów powietrza, należy przez czas dłuższy utrzymywać w stanie wilgotnym, przez częste zwilżanie wodą. — Niejednokrotnie daje się zauważyć, że wyprawy

(tynki) cementowe, nawet przy użyciu cementu dobrego, po pewnym czasie pękają lub łuszczą się. Najczęściej są to wyprawy złożone z kilku cienkich warstw, z których wewnętrzne (bliższe muru) zakładane były z zaprawy chudej, zewnętrzne zaś — z zaprawy tłustej lub czystej. Pod wpływem działań atmosferycznych, warstwy te kurczą i rozciągają się w niejednakowym stopniu, wskutek czego wyprawa pęka lub łuszczy się (p. str. 394). Niedogodności te nie ujawniają się w wyprawach, które nie są zabezpieczane na zewnątrz warstwą z zaprawy tłustej lub czystej.

Mury, na których mają być dane wyprawy cementowe, nie powinny być zbyt porowate, gdyż na murach porowatych wyprawa, wskutek prędkiego uchodzenia wody tężeje nieprawidłowo, nie osiąga dostatecznej wytrzymałości i twardości, a często pęka i w kawałach od muru odpada. Kamienie murów pod wyprawy cementowe winny być oczywiście odporne na wpływy czynników atmosferycznych i nie powinny dawać wykwitów solnych.—Mury porowate, jak np. mury z cegły, piaskowca i t. p., należy przez warstwy odosobniające (izolacyjne) zabezpieczyć od przedostawania się wilgoci z gruntu, gdyż w razie przeciwnym wyprawa pod działaniem mrozu odpadnie od muru.

Do wypraw (tynków) brana jest zaprawa nie zbyt tłusta, lecz zazwyczaj mniej chuda aniżeli do murów. Zaprawa zbyt tłusta jest nieodpowiednią, gdyż wskutek nierównomiernego kurczenia się łatwo pęka; zaprawa zbyt chuda zaś nie ma dostatecznej ciągliwości (plastyczności). Dyckerhoff stwierdził, że zaprawy z dobrego cementu portlandzkiego, zawierające na objętość 2 — 3 cz. piasku na 1 cz. cementu, nadają się jeszcze dobrze do wypraw. Piasek brany do zaprawy takiej winien być miałki. — Do zacierania wypraw korzystnymi są zacierki pilśniowe; długotrwałe zacieranie kielnią lub zacierką stalową jest szkodliwe, gdyż wyprawa, wskutek zbytńskiego uszczelnienia powierzchni, staje się mniej odporną na działanie mrozu.

Przy dopływie wody do muru, nie można zakładać wypraw trwałych z cementu; podczas zakładania wyprawy cementowej więc woda nie powinna mieć przystępu do muru.

Wyprawy cementowe najkorzystniej jest zakładać na wiosnę lub jesień, t. j. w porze chłodnej i wilgotnej, gdyż w porze letniej trudno jest zabezpieczyć wyprawę od zbyt prędkiego wysychania. Przy wykonywaniu robót w porze gorącej, należy starać się przynajmniej o zabezpieczenie wyprawy od bezpośredniego działania promieni słońca, a po odwiązaniu się zaprawy, należy wyprawę możebnie często zwilżać wodą.—Do wypraw budynków korzystniejszą aniżeli zaprawa z cementu portlandzkiego jest zaprawa wapienno-cementowa (p. str. 409).

Jakkolwiek temperatury wysokie działają szkodliwie na świeże zaprawy cementowe, to jednak zaprawa cementowa zwykła, z przymieszką piasku, po kilku tygodniach tężenia, znosi temperaturę 80 — 100° C., bez uszczerbku dla swej wytrzymałości (p. str. 390). Widoczne osłabienie spójności cząstek ujawnia się w zaprawie takiej dopiero po ogrzaniu jej po nad 180° C., przyczem zaprawa często pęka; lecz nawet i po tak znacznem ogrzaniu, zaprawa, jeżeli nie pojawiły się w niej rysy ani pęknięcia, odzyskuje ponownie wytrzymałość i twardość normalną po zanurzeniu jej w wodę lub po obfitem zmoczeniu wodą. Te spostrzeżenia, podane przez Erdmenger'a, mają doniosłe znaczenie przy stosowaniu zaprawy

cementowej do murów wystawionych na bezpośrednie działanie wody gorącej, pary, powietrza gorącego i t. p. Mury takie bowiem, do czasu dostatecznego stężenia zaprawy, winny pozostawać w temperaturze zwykłej i dopiero po dostatecznym stężeniu zaprawy mogą być wystawiane na działanie temperatury wysokiej (do 100° C.). Zaprawa cementowa w murach wystawionych na działanie temperatury wyższej nad 180° C. jest w ogóle nietrwałą, gdyż stałe zwilżanie dostateczne takich murów jest najczęściej niewykonalnym.

Cement portlandzki już po kilku dniach tężenia ujawnia znaczną wytrzymałość; na fundamentach wzniesionych przy użyciu zaprawy z cementu portlandzkiego można już po kilku dniach stawiać mury. Z tego powodu cement portlandzki nadaje się przede wszystkim do robót, przy których pożądanem jest prędkie i prawidłowe stwardnienie zaprawy, jako to: do fundamentów filarów mostowych, kanałów, szluz, murów tunelowych, tam, betonów podwodnych, oraz do uszczelniania źródeł, osuszania piwnic, nadto do warstw odosobniających w murach i t. p., wreszcie do wszelkich robót wodnych.

Niemniej cennym jest cement portlandzki jako zaprawa do robót lądowych. Zaprawa czysta z cementu portlandzkiego nie jest jednak odporną na wpływy czynników atmosferycznych; to też do murów budynków i do wszelkich w ogóle robót nadwodnych brać należy tylko zaprawę z przymieszką piasku. Zdobiny (ornamenty) i wszelkie wyroby wystawione na zmiany atmosferyczne winny również być przygotowywane z zaprawy z przymieszką piasku. Takąż zaprawę brać należy do fugowania i zalewów (jastrychów). Do fugowania murów z cegły i ciosów, oraz do zalewania spoin pomiędzy płytami posadzkowymi z marmuru i innych kamieni rodzimych, korzystniejszym aniżeli cement portlandzki jest wapno wodotrwałe, a to ze względów, które objaśnione będą w dziale III.

Przy stosowaniu cementu portlandzkiego w budowlach należy mieć na uwadze także zachowywanie się zaprawy cementowej względem innych materiałów budowlanych, z którymi znajduje się w styczności. Ołów w zetknięciu z zaprawą cementową, a także z zaprawą z wapna wodotrwałego, przekształca się na proszek tleniku ołowiu. To też rury ołowiane, czy to wodociągowe, czy też do innych celów służące, w miejscach zetknięcia z zaprawą cementową lub z zaprawą z wapna wodotrwałego, należy kilkakrotnie owinąć papierem, jak to czynią powszechnie we Francyi.—Cynk jest odporniejszym aniżeli ołów na działanie zaprawy cementowej; jednakże w blachach cynkowych, układanych bezpośrednio na zaprawie cementowej, pojawiają się małe otworki, często trudne do dostrzeżenia. Z tego powodu pomiędzy blachą cynkową a powierzchnią wyprawioną cementem zakładaną być winna tekstura asfaltowa lub piłśniowa, albo też grubsza nieco warstwa papieru, o czem pamiętać należy przy pokrywaniu blachą cynkową gzymsów, wyskoków podokiennych i t. p.

Sądzą niektórzy, że użycie wyborowej zaprawy z cementu portlandzkiego jest zawsze dla budowli korzystnym. Pogląd ten jest błędnym; wytrzymałość i trwałość budowli jest bowiem zależną nie tylko od gatunku i własności zaprawy, lecz w stopniu niemniejszym także od dobroci materiałów głównych, jakimi w murach są kamienie rodzime i cegła. Przy niedostatecznej wytrzymałości i trwałości tych materiałów głównych najlepsza zaprawa nie uchroni muru od

przedwczesnego zniszczenia (p. str. 389). To też błędzą ci, którzy biorą materiały poślednie do muru w mniemaniu, że przez dobrą wyprawę cementową można trwałość takiego muru zwiększyć, gdy tymczasem na powierzchni muru z kamieni rodzimych poślednich lub z cegły nietrwałej, kruszącej się i łuszczącej, wyprawa cementowa nigdy trwałą być nie może. Z tego samego powodu nie należy wykonywać fundamentów w gruncie wilgotnym z materiałów poślednich, w błędnym mniemaniu, że dobra wyprawa cementowa zabezpieczy taki fundament od wilgoci; gdy jednak grubość fundamentu jest znaczną, można części wewnętrzne wykonać z materiałów pośledniejszych, a tylko do części zewnętrznych brać materiały wyborowe i na nich dać wyprawę cementową.

Z powyższego wynika, że użycie zaprawy cementowej może być korzystnym tylko wtedy, gdy materiały główne muru (kamienie rodzime i cegła) są gatunku wyborowego i gdy ich wytrzymałość i trwałość nie jest mniejszą aniżeli danej zaprawy; w razie przeciwnym stosowanie zaprawy cementowej nie jest uzasadnione i za odpowiedniejszą uznać należy zwykłą zaprawę wapienną.

6. Zaprawa wapienno-cementowa.

1) *Zaprawa cementowo-wapienna.* Cement portlandzki jest doskonałą przymieszką wodotrwałą do zaprawy powietrznej. Zaprawa powietrzna z niewielką przymieszką cementu portlandzkiego, czyli t. zw. *zaprawa cementowo-wapienna*, wiąże się z murem mocniej, twardnieje prędzej, a po stwardnieniu ma większą wytrzymałość i większą trwałość, aniżeli zaprawa powietrzna zwykła. Zaprawa cementowo-wapienna jest nadto lepszą i w użyciu dogodniejszą, aniżeli zaprawa wapienna z jakąkolwiek inną przymieszką wodotrwałą, pucolaną naturalną lub sztuczną. — To też zaprawy cementowo-wapienne oddawna używane są do rozmaitych robót budowlanych, zarówno do murów i sklepień, jako też do wypraw, oraz do wyrabiania kamieni sztucznych i t. d. — Ilość cementu, którą należy dodać do zaprawy powietrznej, jest zależną od własności wapna użytego do tejże zaprawy; a że własności wapna są bardzo zmienne, przeto ilość stosunkową cementu należy dla każdej zaprawy powietrznej oddzielnie oznaczyć za pomocą prób.

2) *Zaprawa wapienno-cementowa.* Skoro ilość stosunkowa cementu jest znaczną, równą lub większą na wagę od ilości wapna, to zaprawa przyjmuje nazwę *wapienno-cementowej*. Zaprawę wapienno-cementową otrzymuje się przeto przez domieszanie ciasta wapiennego do zaprawy zwykłej z cementu portlandzkiego. Dodawanie ciasta wapiennego do zaprawy tłustej z cementu portlandzkiego nie przedstawia żadnej korzyści, lecz owszem oddziałuje ujemnie na wytrzymałość, trwałość i siłę wiążącą danej zaprawy. Natomiast domieszka pewnej ilości ciasta wapiennego do zaprawy chudej z cementu portlandzkiego jest zawsze korzystną, o ile ilość stosunkowa dodanego ciasta wapiennego jest odpowiednią. — Zaprawa z cementu portlandzkiego nawet bardzo chuda, t. j. zawierająca stosunkowo dużo piasku, np. 6—7 cz. piasku na 1 cz. cementu, posiada wprawdzie jeszcze wytrzymałość dostateczną dla wielu robót budowlanych, lecz jest już zbyt sztywne, a z tego powodu jest niedogodną w użyciu i słabo wiąże się z murem. To też zaprawa taka rzadko jest używaną. Przez domieszanie pewnej ilości ciasta wa-

piennego do zaprawy cementowej chudej otrzymuje się zaprawę, która w porównaniu z taką zaprawą bez przymieszki ciasta wapiennego jest więcej ciągliwą (plastyczną) i wskutek tego w użyciu dogodniejszą, ujawnia wytrzymałość większą, wiąże się z murem mocniej, jest odporniejszą na wpływy czynników atmosferycznych, podczas tężenia w warstwach cienkich (np. w wyprawach) nie pęka i od muru nie odpada, a przytem ma gęstość większą i jest wskutek tego mniej przemakalna. Nadto zaprawa taka tężęje prawidłowo zarówno w wodzie jako też w powietrzu, wiąże się wolniej aniżeli zaprawa zwykła z cementu portlandzkiego, wskutek czego bez uszczerbku dla swej siły wiążącej może być kilkakrotnie ponownie przerabiana w czasie 24—36 godzin; a że przytem jest znacznie tańszą aniżeli zaprawa zwykła z cementu portlandzkiego, przeto słusznie stosowaną jest do wielu robót budowlanych, do fundamentów betonowych, do murów podziemnych i nadziemnych, oraz do wyrabiania kamieni sztucznych i t. d. Dla wypraw i sklepień zaprawa wapienno-cementowa jest bezsprzecznie najodpowiedniejszą z zapraw znanych.

Te poglądy miały do niedawna licznych przeciwników. Jedni powoływali się na wyniki niepomyślne prób z zaprawą wapienno-cementową, inni drogą rozumowania dochodzili do wniosku, że domieszka zaprawy gorszej do lepszej nie może oddziaływać korzystnie. To też nawet tak zasłużony badacz zapraw jak Michaelis twierdził, że przez domieszkę ciasta wapiennego można zaprawę cementową tylko pogorszyć. Dopiero badania nowsze, przeprowadzone w ostatnich dwóch dziesiątkach lat przez R. Dyckerhoff'a, Wolff'a, G. Prüssing'a, Delbrück'a, Erdmenger'a, Hauenschild'a i in., oraz roboty na rozległą skalę wykonane przy budowie twierdzy w Moguncyi, fundamentów betonowych pod gmach uniwersytetu w Strassburgu i t. d., udowodniły w sposób niewątpliwy, że domieszka ciasta wapiennego w ilości odpowiedniej do zaprawy chudej z cementu portlandzkiego jest bezsprzecznie korzystną i że dawniejsze wyniki niepomyślne prób były następstwem jedynie niewłaściwego ustosunkowania ilości ciasta wapiennego.

3) Ilości stosunkowe składników. Zaprawa chuda z cementu portlandzkiego jest porowatą; przez domieszkę ciasta wapiennego gęstość zaprawy zwiększa się. To zwiększanie się gęstości ma jednak swą granicę; przy nadmiernej bowiem ilości ciasta wapiennego zaprawa staje się znowu rzadszą. Ta ilość ciasta wapiennego, przy której zaprawa osiąga gęstość największą, jest dla danej zaprawy najodpowiedniejszą, gdyż zaprawa, której gęstość jest największą, ujawnia najwyższy stopień dobroci. Im zaprawa jest chudsza, tem oczywiście ilość ciasta wapiennego winna być większą; ilość stosunkowa ciasta wapiennego jest więc zależną głównie od ilości stosunkowej cementu i piasku w danej zaprawie.

Dla murów i sklepień zalecane są jako najodpowiedniejsze następujące stosunki ilościowe na objętość:

1 cz. cementu,	5 cz. piasku,	$\frac{1}{2}$ cz. ciasta wapiennego
1 „ „	6—7 „ „	1 „ „ „
1 „ „	8 „ „	$1\frac{1}{2}$ „ „ „
1 „ „	10 „ „	2 „ „ „

Wydajność zaprawy gotowej przy tych stosunkach ilościowych wskazana jest w następującej tablicy:

Mieszanka w hl					Do 1 m ³ zaprawy potrzeba			
Cement	Piasek	Ciasto wapienne	Woda	Wydajność	cementu kg	piasku l	ciasta wapiennego l	wody l
1	5	0,5	1,30	4,90	286	1020	102	265
1	6	1,0	1,35	6,00	233	1000	167	235
1	7	1,0	1,60	6,80	206	1029	167	235
1	8	1,5	1,60	7,80	182	1040	195	205
1	10	2,0	1,70	9,45	148	1055	212	180

Do wypraw zalecany jest nadto stosunek na objętość:

1 cz. cementu, 3 cz. piasku, $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{3}$ cz. ciasta wapiennego.

Dla zapraw nieprzemakalnych zalecane są stosunki na objętość:

1 cz. cementu, 2 cz. piasku, $\frac{1}{2}$ cz. ciasta wapiennego

1 " " 3 " " 1 " " "

1 " " 5 " " 1 $\frac{1}{2}$ " " "

1 " " 6 " " 2 " " "

4) Przygotowywanie zaprawy wapienno-cementowej. Zaprawę wapienno-cementową można najdogodniej przygotować w sposób następujący: Odmierzoną ilość ciasta wapiennego zarabia się w skrzyni wapiennej z wodą na mleko wapienne. Na pokładzie z desek, umieszczonym przy skrzyni wapiennej, rozsypuje się w warstwę piasek w ilości odmierzonej, a na piasek sypie się całą ilość potrzebną cementu, poczem należy piasek z cementem starannie zmieszać. Mieszankę tę wsypuje się do mleka wapiennego i przerabia aż do otrzymania zaprawy całkiem jednostajnej.

5) Własności zaprawy wapienno-cementowej. Zalety zaprawy wapienno-cementowej są głównie następujące: Zaprawa wapienno-cementowa twardnieje stosunkowo prędko; już po kilku dniach tężenia ujawnia wytrzymałość znaczną. Nadto zaprawa taka, nawet przy jednakowych na wagę ilościach cementu i ciasta wapiennego, czyli przy stosunku ilościowym na objętość 2 cz. ciasta wapiennego na 1 cz. cementu, ujawnia w stopniu wysokim własności wodotrwałe, tak, że już po kilku godzinach tężenia jest odporną na działanie wody. Wreszcie przy tężeniu na powietrzu zaprawa wapienno-cementowa osiąga znaczną wytrzymałość, wiąże się z murem silnie, podczas tężenia zachowuje stałą objętość, jest więc trwałą, a po stężeniu odznacza się znaczną gęstością. Dzięki tym własnościom zaprawa wapienno-cementowa może oddawać w wielu robotach takie same usługi, jak znacznie droższa zaprawa cementowa tłusta.

Skoro do zaprawy chudej z cementu portlandzkiego dodamy ilość odpowiednią ciasta wapiennego, to wytrzymałość na ściskanie wzrasta bardzo znacznie i również znacznie wzrasta siła wiążąca z murem. Zaprawa z 1 cz. cementu portlandzkiego, 1 cz. ciasta wapiennego i 7 cz. piasku ujawnia taką samą wytrzymałość na ściskanie jak zaprawa z 1 cz. cementu portlandzkiego i 5 cz. piasku, bez wapna; zaś wytrzymałość połączenia z murem taką samą jak zaprawa z 1 cz.

cementu portlandzkiego i 3 cz. piasku, bez wapna. Wytrzymałość na rozciąganie wzrasta także, lecz w stopniu znacznie mniej widocznym.

6) Zaprawa z cementu portlandzkiego i wapna wodotrwałego. Zamiast ciasta wapiennego można brać w takich samych ilościach stosunkowych dobre wapno wodotrwałe, przyczem cement, wapno i piasek zmieszać należy starannie w stanie suchym, następnie zaś dopiero zarobić z wodą. Baczycy należy, ażeby wapno wodotrwałe było dobrze zgaszone i przesiane lub zmielone, gdyż ziarna surowe, gasząc się w zaprawie, mogą wskutek narastania rozluźnić lub zniszczyć zaprawę.

7) Zaprawa Ambroselli'ego. Zaprawa pomysłu Ambroselli'ego (1874 r.), należąca do zapraw cementowo-wapiennych, używana jest głównie do wypraw i gzymsów wykwintnych, naśladowujących gzymsy z piaskowca. Do zaprawy tej przygotować należy trzy różne mieszaniny. Mieszanina Nr. 1 składa się z 1 cz. wapna, które gaszone być winno przynajmniej na 14 dni przed użyciem zaprawy i 2 cz. piasku gruboziarnistego, bardzo ostrego. Po starannem przerobieniu tej masy dodać należy do niej dobry cement portlandzki w ilości 0,25 objętości mieszaniny. Po ponownem bardzo starannem przerobieniu, mieszanina ta używana jest w postaci ciasta gęstego, lepkiego, przyczem nakładaną być winna na mur w warstwach możebnie jednostajnych. W celu zapobieżenia pękaniu podczas zsychniania się zaprawy należy każdą warstwę nakładać dopiero wtedy, gdy warstwa poprzednio założona już do pewnego stopnia zeszytwnieje. Na warstwy mieszaniny Nr. 1 nakładane są dwie warstwy mieszaniny Nr. 2, także w postaci ciasta gęstego, lepkiego. Ta mieszanina Nr. 2 składa się z 2 cz. wapna i 2 cz. piasku średnioziarnistego, z dodatkiem 0,12 cz. cementu portlandzkiego i farby zawczasu rozpuszczonej i zarobionej, w takiej ilości, jaka jest potrzebną dla nadania mieszaninie barwy żądanej. W gzymsach o kształtach złożonych na warstwy z mieszaniny Nr. 2 nakładane są jeszcze dwie warstwy mieszaniny Nr. 3. Mieszanina Nr. 3 składa się z 1 cz. wapna mialko sproszkowanego i przesianego, 1 cz. piasku bardzo mialkiego, 0,05 cz. cementu portlandzkiego mialkiego, przesianego, oraz pewnej ilości barwnika. zawczasu wypróbowanego tak, ażeby zaprawa w stanie suchym miała barwę żądaną. Rozumie się, że i ta mieszanina winna być przed użyciem bardzo starannie przerobiona.

Robotę prowadzić należy w ten sposób, ażeby każdego dnia ukończyć całkowicie pewną ograniczoną część wyprawy lub gzymsu. Wykonanie połączeń w narożnikach gzymsu wymaga wielkiej zręczności. Nadto podaje Ambroselli jeszcze następujące wskazówki: Mur pod wyprawę winien być wykonany tylko z cegły dobrze wypalonej, wytrzymałej i nie zawierającej marglu. Wyprawę nakładać należy dopiero po zupełnem wyschnięciu muru na całej jego grubości. Wapno i piasek do mieszanin, winny być starannie oczyszczone i wolne od wszelkich przymieszek ciał obcych. Do każdej z trzech mieszanin brać należy inny piasek, a mianowicie do mieszaniny Nr. 1 — gruboziarnisty, do mieszaniny Nr. 2 — średnioziarnisty, do mieszaniny Nr. 3 — mialkoziarnisty. Bezpośrednio przed założeniem wyprawy należy mur dobrze zmoczyć wodą czystą, najlepiej za pomocą natrysków.

Przy zachowaniu wszystkich tych ostrożności zaprawa Ambroselli'ego odznacza się niepospolitą trwałością, nie pęka, nie łuszczy się i zachowuje stale

powierzchnię gładką, oraz zabarwienie jednolite. Nadto zaprawa ta ma być tańszą aniżeli stucco-lustro, o którym będzie mowa w rozdziale następnym.

7. Rozpoznawanie stopnia dobroci cementu portlandzkiego.

Własności cementu portlandzkiego oceniane są na podstawie rozbioru chemicznego i doświadczeń mechanicznych.

1) Rozbiór chemiczny. *Rozbiór chemiczny* winien być poruczony biegłemu chemikowi. Przez porównanie wyników tego rozbioru chemicznego ze składem chemicznym cementów uznanej dobroci (p. str. 373), można wnioskować czy i o ile cement dany czyni zadość wymaganiom pod względem ilości stosunkowej składników.—Zazwyczaj żąda się, ażeby chemik, któremu poruczony jest rozbiór chemiczny, oznaczył także ciężar właściwy cementu; wymagać jednak przy tem należy, ażeby ciężar właściwy był oznaczony w sposób wskazany w „warunkach normalnych“, poniżej podanych.

2) Doświadczenia mechaniczne. Rozbiór chemiczny stanowi tylko jedno z ogniw w szeregu badań, którym cement poddać należy i sam przez się nie jest wystarczającym dla wyprowadzenia wniosków ostatecznych o stopniu dobroci cementu danego; albowiem nawet przy całkiem prawidłowym składzie chemicznym, cement, wskutek błędów fabrykacji (jak np. wskutek niedostatecznego lub nadmiernego wypalenia, wskutek niedostatecznej mialkości proszku, wskutek przymieszki ciał niedających się oznaczyć przy rozbiorze chemicznym i t. d.), może posiadać wady ważne w zastosowaniu do robót. Wady tego rodzaju można odkryć tylko za pomocą odpowiednich prób i z tego powodu, niezależnie od rozbioru chemicznego, należy poddać cement doświadczeniom mechanicznym, najlepiej w jednej z pracowni mechaniczno-technicznych (p. str. 5).

Badanie własności cementu w takich rozmiarach jest uciążliwe i kosztowne, a nadto wymaga dłuższego czasu; o niektórych bowiem własnościach można sądzić dopiero po zupełnym stwardnieniu ciałek próbnych. To też rozbiorowi chemicznemu i doświadczeniom mechanicznym w pracowniach, poddawany jest cement tylko przy dostawach większych do robót znacznych i długotrwałych; przy nabywaniu zaś cementu w ilościach mniejszych, do zwykłych robót budowlanych, można ograniczyć się na pewnych próbach odręcznych, poniżej wskazanych, tem bardziej, iż cement portlandzki, wyrabiany w fabrykach wybitniejszych, odznacza się w stopniu wysokimi własnościami jednolitymi i całkiem dostateczną dobrocią.

Doświadczenia mechaniczne mają na celu wykazanie o ile dany cement włada własnościami, wymaganymi przy stosowaniu cementu do robót budowlanych. Od zupełnie dobrego cementu portlandzkiego wymaga się: ażeby zarobiony z wodą wiązał się i twardniał w oznaczonym czasie, zarówno w wodzie, jako też na powietrzu; ażeby po stężeniu stanowił masę twardą, kamienistą, posiadającą dostateczną wytrzymałość na ściskanie i rozciąganie; ażeby wiązał się z murem mocno; ażeby przyjmował możebnie wielką ilość piasku; ażeby zaprawa z niego przygotowana, podczas tężenia i po stężeniu, zachowywała objętość możebnie jednolitą, niezmienną, t. j. ażeby nie kureczyła się i nie pęczniała w rozmiarze szkodliwym dla zaprawy i budowli; ażeby zaprawa ta była trwała, t. j. odporną na wpływy czynników atmosferycznych, zwłaszcza zaś na działanie mrozu; ażeby na zaprawie nie pojawiały się wykwyty. W razie potrzeby, żąda się nadto, ażeby zaprawa po stwardnieniu była nieprzemakalna. — W celu ozna-

czenia każdej z tych własności wykonywa się oddzielne próby, a nadto oznacza się ciężar właściwy (gatunkowy) i ciężar rzeczywisty danego cementu, stopień mialkości proszku i wydajność cementu.

Doświadczenia mechaniczne wykonywane są na ciałkach próbnych, przygotowywanych już to z zaprawy czystej, już to z zaprawy z przymieszką piasku.

3) Warunki normalne. Wyniki doświadczeń są oczywiście zależne nie tylko od własności samego cementu, lecz także od gatunku piasku i od sposobów stosowanych przy wykonywaniu prób. Z tego powodu, ażeby móc sprawiedliwie ocenić własności danego cementu i porównywać z sobą wyniki badań prowadzonych przez różne osoby, w różnych miejscowościach, należy wszelkie badania cementu wykonywać w sposób możliwie jednostajny, przy stosowaniu piasku jednokowego gatunku. Okoliczność ta jest tem ważniejszą, że i fabrykanci ze swej strony mają słuszne prawo żądać, ażeby byli powiadomieni, w jaki sposób wyrób ich będzie badany i na jakich zasadach będzie oceniany stopień jego dobroci. Stąd poszło, że od czasu gdy cement portlandzki ma zastosowanie rozleglejsze do robót budowlanych, uznawaną jest potrzeba ujednostajnienia sposobów badania cementu. Pierwszy postępek ważniejszy w tym kierunku zaznaczyły prace Grant'a w Anglii (1860 — 1871 r.), a w ślad za tem Michaëlis w Niemczech (1875 r.) ogłosił zasady oceniania cementu, które z nieznacznymi zmianami zostały powszechnie przyjęte, najprzód w Prussach (1878 r.), następnie w innych państwach niemieckich, oraz w Danii, Szwecyi, Anglii (1879 r.), Austrii (1880 r.), Szwajcaryi (1881 r.), Rossyi (1881 r.), Francyi. Dalszy postępek w tym kierunku zaznaczony został przez prace komisji paryskiej (La commission des Ciments), która obradowała pod przewodnictwem prof. Leona Durand-Clayego, przez uchwały konferencji międzynarodowych w Monachium (1884 r.), Dreźnie (1886 r.), Berlinie (1890 r.) i Wiedniu (1893 r.), przez rozporządzenie ministerium handlu pruskiego z d. 28 lipca 1887 r., do którego dołączono warunki techniczne obowiązujące przy odbiorach cementu portlandzkiego, przez prace komisji wyznaczonej z Iona Towarzystwa inżynierów i architektów austriackich (1889 r.), przez prace komisji petersburskiej (1889 r.), oraz przez uchwały zjazdów fabrykantów cementu i techników cementowych, stale odbywających się co lat kilka w różnych krajach, zwłaszcza w Niemczech i Rossyi. — Obecnie więc we wszystkich niemal państwach Europy, są przyjęte tak zwane „warunki normalne dla dostawy i odbioru cementu portlandzkiego“. Warunki te są w zasadzie z sobą zgodne, różnią się jednak w niektórych szczegółach; we wszystkich tych warunkach uwzględnione są zasady ogłoszone przez Michaëlis'a, a w niektórych wprowadzone są już zmiany zalecone przez konferencje międzynarodowe w Monachium i Dreźnie.

W Niemczech stosowane są powszechnie normy dla dostaw i badań cementu portlandzkiego (n. Normen für einheitliche Lieferung und Prüfung von Portland-Cement), stanowiące załącznik do wspomnianego już powyżej rozporządzenia ministerium pruskiego handlu, przemysłu i robót publicznych, z d. 28 lipca 1887 r., a które podajemy poniżej w przekładzie.

Normy dla ujednostajnienia dostawy i badania cementu portlandzkiego.

(Załącznik do rozporządzenia kr. ministerjum pruskiego dla handlu, przemysłu i robót publicznych, z d. 28 lipca 1887 r.).

Określenie cementu portlandzkiego.

Cement portlandzki jest wyrobem powstałym przez palenie do spieczenia i następne rozdrobnienie na proszek mączny materiałów, zawierających jako składniki główne wapno i glinę.

I. Opakowanie i ciężar.

W zasadzie cement portlandzki winien być sprzedawany w beczkach normalnych, ważących 180 *kg* brutto i około 170 *kg* netto, oraz w półbeczkach normalnych, ważących 90 *kg* brutto i około 83 *kg* netto. Ciężar brutto winien być na beczkach oznaczony.

Jeżeli cement ma być dostawiony w beczkach innego ciężaru albo w workach, to ciężar brutto należy i na tych opakowaniach wskazać za pomocą wyraźnych napisów.

Straty wskutek rozsypania, oraz możebne różnice w ciężarach jednostkowych, nie przekraczające 2%, nie powinny być w rachunkach uwzględniane.

Na każdej beczce, oprócz ciężaru, winna być za pomocą napisu wyraźnego wskazana firma lub marka fabryki.

Uzasadnienie ad I. Ustalenie ciężaru jednostajnego jest bardzo pożądanem zarówno dla nabywców, jako też dla fabryk. W tym celu przyjęto najczęściej rozpowszechniony w handlu międzynarodowym ciężar 180 *kg* = około 400 funtom angielskim.

II. Czas wiązania.

W uwzględnieniu rodzaju zastosowania można nabywać cement portlandzki powoli lub prędko wiążący się.

Jako powoli wiążące się uważane są cementy, które dopiero w dwie godziny lub później odwiązują się.

Objaśnienia ad II. Ażeby oznaczyć czas wiązania, należy cement prędko wiążący się przez trzy minuty, powoli zaś wiążący się przez jedną minutę, zarabiać z wodą na ciasto sztywne; następnie przez jednorazowe tylko nałożenie ciasta tego na płytkę szklaną wyrobić placek, mający około 1,5 *cm* wysokości i obniżający się stopniowo ku krawędziom. Gęstość masy, z której placek jest wyrabiany, winna być taką, ażeby ciasto, nałożone za pomocą łopatki na płytkę szklaną, dopiero po wielokrotnem uderzeniu płytki, obniżyło się ku krawędziom. Dla nadania takiej gęstości masie wystarcza najczęściej 27 — 30% wody. Skoro placek zeszywnieje o tyle, że lekkie naciskanie paznokciem nie pozostawi na nim śladu, to cement można uważać za odwiązany.

W celu dokładnego oznaczenia czasu wiązania, oraz ustalenia początku wiązania, który ma doniosłe znaczenie dla cementów prędko wiążących się (ze względu, że cement brany być winien do robót przed początkiem wiązania), posługiwać się należy igłą normalną, o ciężarze 300 g, kształtu walca, mającego 1 *mm*³ powierzchni w przekroju poziomym i ściętego prostopadłe do osi. Pierścień z gumy utwardnionej, mający 4 *cm* wysokości i 8 *cm* średnicy w świetle, a ustawiony na płycie szklanej, należy napelnić ciastem cementowym, mającym gęstość powyżej określonej i podstawić pod igłę. Chwila, w której igła nie może już przekłuć całej masy cementowej, uważana jest za „początek wiązania“. Czas aż do chwili, w której igła nie pozostawia widocznego zagłębienia na zeszywniałej masie cementowej, jest „czasem wiązania“.

Ponieważ na przebieg wiązania wywiera wpływ temperatura powietrza i wody użytej, gdyż temperatura wysoka przyspiesza, niska zaś opóźnia odwiązanie się zaprawy, przeto, w celu osiągnięcia wyników zgodnych, pożądanem jest wykonywać doświadczenia w temperaturze średniej powietrza i wody 15 — 18° C.

Podczas wiązania cement powoli wiążący się nie powinien znacznie ogrzewać się; natomiast temperatura cementów prędko wiążących się może zwiększać się w sposób widoczny.

Wskutek przechowywania (magazynowania) cement portlandzki staje się wolniej wiążącym się, a jeżeli cement przechowywany jest w miejscu suchym i zabezpieczonym od przewiewów powietrza, to wzmagają się jego siła wiążąca. Rozpowszechnione dotychczas mniemanie, jakoby cement portlandzki, przez czas dłuższy przechowywany, stawał się gorszym, jest przeto błędne; wskutek czego nie należy w umowach zamieszczać zastrzeżenia, że dostawiany ma być jedynie towar świeży.

III. Stałość objętości.

Cement portlandzki winien odznaczać się stałością objętości. Jako próbę stanowczą przyjąć należy, że w placku przygotowanym na płycie szklanej z cementu czystego i po 24 godzinach tężenia na powietrzu zanurzonemu w wodę, nawet po czasie dłuższym nie powinny ujawnić się spaczenia ani rysy w krawędziach.

Objaśnienia ad III. Do wykonania tej próby brany jest placek przygotowany dla ustalenia czasu wiązania. Placki z cementu powoli tężącego należy po 24 godzinach, a w każdym razie dopiero po odwiązaniu się, zanurzać w wodę. Placki z cementu prędko tężącego można zanurzać w wodę już znacznie wcześniej. Placki, zwłaszcza z cementu powoli tężącego, należy aż do chwili odwiązania się zabezpieczać od przewiewu powietrza i promieni słońca, najlepiej przez umieszczenie w skrzyni zamkniętej, albo też przez przykrycie płótnem mokrem. Zapobiega się przez to powstawaniu rys, tworzących się wskutek zsuchania (kurczenia się) masy, a porczytywnych przez niewprawnych za rysy, spowodowane przez pęcznienie masy.

Jeżeli podczas twardnienia w wodzie zauważone będą w placku spaczenia albo rysy w krawędziach, to uważać je należy za oznakę niewątpliwą „pęcznienia“ cementu, t. j. pęknięcia wskutek nadmiernego zwiększenia objętości, przy jednoczesnym stopniowym osłabieniu pierwotnej spójności, co może doprowadzić do zupełnego rozsypania się masy.

Oznaki pęcznienia ujawniają się w placku zazwyczaj już po trzech dniach; w każdym razie wystarczają spostrzeżenia prowadzone przez dni 28.

IV. Miałkość proszku.

Cement portlandzki winien być zmielony tak miałko, ażeby pozostałość na sicie o 900 otworach na cm^2 nie przekraczała 10%. Grubość drutu sita winna być równą połowie szerokości otworu.

Uzasadnienia i objaśnienia ad IV. Do każdej próby miałkości brać należy 100 g cementu.

Ponieważ cement stosowany jest niemal wyłącznie w mieszaninie z piaskiem, a często nawet z bardzo znaczną domieszką piasku, i ponieważ wytrzymałość zaprawy jest tem większą, im mialszym jest proszek danego cementu (gdź im mialszym jest proszek, tem większa ilość cząstek cementu wiąże się chemicznie), przeto dostateczną miałkość proszku cementowego ma znaczenie doniosłe. Z tego powodu pożądanem jest stwierdzać stopień miałkości ziarna, w sposób jednostajny, za pomocą sita powyżej określonego.

Błędem było by jednak oceniać dobroć cementu wyłącznie ze stopnia miałkości proszku, gdyż cementy pośrednie, miękkie, często są znacznie mialsze aniżeli cementy dobre, mocno wypalone. Jednakże cementy dobre, mocno wypalone, nawet gdy mają ziarna grubsze, ujawniają siłę wiążącą większą, aniżeli cementy pośrednie, miękkie. Jeżeli cement ma być zmieszany z wapnem, to brać należy tylko cement mocno wypalony i bardzo miałko zmielony, którego wyższa cena zrównoważoną jest przez znaczne polepszenie wyrobu.

V. Próby wytrzymałości.

Sila wiążąca cementu portlandzkiego winna być stwierdzana za pomocą doświadczeń z mieszaniną cementu z piaskiem. Doświadczenia w celu oznaczenia wytrzymałości na rozciąganie i ściskanie należy wykonywać w sposób jednostajny, a mianowicie przy użyciu ciałek próbnych jednakowego kształtu i jednakowego przekroju poprzecznego i przy zastosowaniu jednakowych przyrządów.

Pożądanem jest nadto oznaczenie wytrzymałości zaprawy z cementu czystego.

Do oznaczenia wytrzymałości na rozciąganie służą ciała próbne, mające 5 cm^2 w powierzchni rozerwania; do oznaczenia zaś wytrzymałości na ściskanie służą kostki, o podstawie 50 cm^2 .

Uzasadnienie ad V. Z doświadczenia wiadomo, że z współczynników wytrzymałości cementu czystego, bez piasku, nie można wnosić o sile wiążącej cementu z piaskiem, zwłaszcza gdy chodzi o porównanie cementów portlandzkich różnych fabryk. Z tego powodu uzasadnieniem jest żądanie, ażeby do badania siły wiążącej cementu brana była zaprawa z domieszką piasku.

Doświadczenia z cementem czystym bez piasku są pożądane głównie w wypadku, gdy cementy portlandzkie mają być porównywane z cementami mieszanymi, albo z innymi zaprawami wodotrwałymi, gdyż wytrzymałość własna cementu czystego uwydatni lepiej, aniżeli próba wytrzymałości cementu z piaskiem, odrębne właściwości cementu portlandzkiego, nie będące przymiotami innych zapraw wodotrwałych.

W zaprawach wodotrwałych stosunek wytrzymałości na ściskanie do wytrzymałości na rozciąganie jest rozmaitym; pomimo tego często wartość różnych zapraw wodotrwałych oceniana jest jedynie z wytrzymałości na rozciąganie. Skoro jednak w rzeczywistości zaprawy wystawione są głównie na działanie sił ściskających, to rozstrzygającą próbą wytrzymałości winna być próba na ściskanie.

W celu możebnego ujednostajnienia doświadczeń, zaleca się stosować przyrządy i naczynia takie, jakie są stosowane w kr. stacyi doświadczalnej w Charlottenburg-Berlinie.

VI. Wytrzymałość na rozciąganie i ściskanie.

Dla cementu portlandzkiego powoli wiążącego się, najmniejsza wytrzymałość na rozciąganie mieszaniny na wagę z 3 cz. piasku normalnego na 1 cz. cementu, po 28 dniach tężenia — 1 dzień na powietrzu i 27 dni w wodzie — winna wynosić 16 kg na cm^2 . Wytrzymałość na ściskanie nie powinna być mniejszą aniżeli 160 kg na cm^2 .

W cementach portlandzkich prędko wiążących się wytrzymałość po 28 dniach tężenia jest w ogóle mniejszą od powyżej wskazanej. To też przy podawaniu współczynników wytrzymałości, należy zawsze wskazywać czas wiązania.

Uzasadnienie i objaśnienia ad VI. Ponieważ siła wiążąca różnych cementów z piaskiem, rozstrzygająca głównie o wartości cementu w zastosowaniu, może być bardzo rozmaita, przeto niezbędnym jest, zwłaszcza przy porównywaniu z sobą kilku cementów, wykonywanie prób przy znacznej domieszce piasku. Jako stosunek odpowiedni przyjęto na wagę: 3 cz. piasku na 1 cz. cementu, z powodu, że przy domieszce 3 cz. piasku wielkość względna siły wiążącej różnych cementów ujawnia się w stopniu dostatecznym.

Cement, wykazujący większą wytrzymałość na rozciąganie lub ściskanie, znosi często większą domieszkę piasku; to też z tego punktu widzenia, a również z powodu większej wytrzymałości przy jednakowej domieszce piasku, może być słusznie sprzedawany po cenie wyższej.

Rozstrzygającą próbą wytrzymałości jest próba na ściskanie po 28 dniach, gdyż w czasie krótszym, przy porównywaniu z sobą różnych cementów, nie można ocenić dostatecznie dokładnie siły wiążącej. Tak np. współczynniki wytrzymałości różnych cementów mogą okazać się jednakowymi przy 28-dniowej próbie, a różnić się bardzo znacznie pomiędzy sobą po 7 dniach tężenia.

Za zasadę do oceny towaru dostawionego służy próba wytrzymałości na rozciąganie po 28 dniach. Można jednak wykonać próbę już po 7 dniach, lecz w tym celu należy poprzednio wykonać doświadczenie przedwstępne, w celu ustalenia dla danego cementu stosunku wytrzymałości na rozciąganie po 7 dniach do wytrzymałości na rozciąganie po 28 dniach tężenia. Można też próbę wykonać z cementem czystym, ustalivszy poprzednio dla danego cementu stosunek wytrzymałości zaprawy czystej do wytrzymałości zaprawy z 3 cz. piasku po 28 dniach tężenia.

Pożądanem jest, ażeby w wypadkach, w których to okaże się możebnem, próby wytrzymałości wykonywane były przez czas dłuższy, z ciałkami próbnymi przygotowanemi w tym celu na zapas, a to dla wyjaśnienia jak zachowują się różne cementy przy dłuższych okresach tężenia.

W celu ujednostajnienia wyników, winien być do wszystkich doświadczeń brany piasek, o jednakowych ziarnach i jednakowych własnościach. Ażeby taki piasek normalny otrzymać, należy możebnie czysty piasek kwarcowy przemyć, osuszyć i następnie, w celu wydzielenia ziarn najgrubszych, przesiać przez sito o 60 otworach na cm^2 ; z otrzymanego zaś w ten sposób piasku należy jeszcze wydzielić ziarna najdrobniejsze za pomocą sita o 120 otworach na cm^2 . Grubość drutu w tych sitach winna wynosić: 0,38 mm dla sita o 60 otworach, zaś 0,32 mm dla sita o 120 otworach na cm^2 .

Ponieważ nie wszystkie piaski kwarcowe, nawet jednakowo przysposobiane, mają wytrzymałość jednakową, przeto należy przekonać się, czy dany piasek daje współczynniki wytrzymałości takie same, jak piasek przygotowywany pod nadzorem Zarządu Stowarzyszenia fabrykantów niemieckich cementu i używany przez kr. stacyą doświadczalną w Charlottenburg-Berlinie.

Opisanie prób wytrzymałości na rozciąganie i ściskanie.

Ponieważ pożądanem jest, ażeby wyniki doświadczeń, wykonywanych w różnych miejscowościach z jednym i tym samym cementem, były możebnie zgodne, przeto należy ściśle stosować zasady poniżej wyłożone.

W celu otrzymania dokładnych ilości przeciętnych, należy do każdego doświadczenia przygotować przynajmniej 10 ciałek próbnych.

Przygotowywanie ciałek próbnych z mieszaniny cementu z piaskiem.

Ciałka próbne dla oznaczenia wytrzymałości na rozciąganie.

Ciałka próbne dla oznaczenia wytrzymałości na rozciąganie mogą być przygotowywane albo ręcznie albo też za pomocą przyrządów mechanicznych.

a) *Przygotowywanie ręczne.* Płytę metalową, albo grubą płytę szklaną, przykrywa się 5 arkuszami bibuły, nasyconej wodą, a na bibule tej ustawia się 5 form zwilżonych wodą. Odważa się 250 g cementu i 750 g piasku suchego normalnego, poczem miesza się starannie te składniki w misce. Następnie dodaje się 100 cm^3 = 100 g czystej wody słodkiej i przerabia się masę mocno przez 5 minut. Z zaprawy w ten sposób otrzymanej wkłada się jednorazowo do każdej z form taką ilość, ażeby napelnąć formę i ażeby część zaprawy sterczała kopulasto po nad krawędzie górne formy. Za pomocą łopatki, mającej 5 — 8 cm^2 powierzchni i 35 cm długości, a ważącej około 250 g, ubija się sterczącą po nad formę część zaprawy, najprzód lekko i z boków, następnie coraz mocniej, aż do chwili, gdy zaprawa stanie się sprężystą i na powierzchni jej pokaże się woda. Ubijanie ciągle do tej chwili, trwające około jednej minuty, jest niezbedne. Do łatkowe weiskanie i ubijanie zaprawy jest niedozwolone, gdyż ciałka próbne z jednego i tego samego cementu, przygotowywane w różnych miejscowościach, winny mieć gęstość jednakową. — Część zaprawy, sterczącą po nad formę, ścina się nożem i tymże nożem wyrównywa się powierzchnię zaprawy. Odejmuje się ostrożnie formę, a ciałka próbne umieszcza się w skrzyni, obitej blachą cynkową i przykrytej pokrywą, a to w celu zapobieżenia nierównomiernemu wysychaniu ciałek próbnych, przy różnych temperaturach. W 24 godziny po przygotowaniu, ciałka próbne zanurzane są w wodę, przyczem baczyć jedynie należy, ażeby podczas całego czasu tężenia były pokryte przez wodę.

b) *Przygotowywanie maszynowe.* Formę ze skrzynką dla zaprawy przytwierdza się za pomocą śrub na płycie w położeniu właściwem. Dla każdego ciałka próbnego wkłada się w formę 180 g zaprawy, przygotowanej w sposób wskazany powyżej sub a), poczem zakłada się trzonek

formowy. Wreszcie za pomocą przyrządu młotkowego d-ra Böhme'go uderza się w trzonek 150 razy młotkiem, ważącym 2 kg.

Po odjęciu skrzydki i trzonka ścina się nadmiar zaprawy i wyrównywa powierzchnię ciałka próbnego, poczem ciałko próbne wraz z formą zdejmuje się z płyty. Dalsze postępowanie z ciałkiem próbnym nie różni się od opisanego sub a).

Przy ścisłem przestrzeganiu przepisów powyżej podanych, ciałka próbne przygotowane ręcznie i maszynowo dają wyniki zgodne. W wypadkach wątpliwych rozstrzygają wyniki otrzymane dla ciałek próbnych przygotowanych maszynowo.

Ciałka próbne dla oznaczenia wytrzymałości na ściskanie.

Dla ujednostajnienia wyników doświadczeń, wykonywanych w różnych miejscowościach, niezbędnem jest przygotowywanie maszynowe ciałek próbnych.

Odważa się 400 g cementu i 1200 g suchego piasku normalnego, następnie składniki te miesza się starannie w misce, a po dodaniu $160 \text{ cm}^3 = 160 \text{ g}$ wody, przerabia się zaprawę mocno przez czas 5 minut. Z tej zaprawy kładzie się 860 g w formę kostkową, opatrzoną w skrzynkę do napelniania i przytwierdzoną za pomocą śrub do płyty. Zakłada się trzonek formowy i uderza się w trzonek 150 razy młotkiem przyrządu młotkowego d-ra Böhme'go, ważącym 2 kg.

Po odjęciu skrzynki i trzonka ścina się nadmiar zaprawy i wyrównywa powierzchnię ciałka próbnego; poczem zdejmuje się ciałko próbne wraz z formą z płyty i postępuje się dalej jak sub a).

Przygotowywanie ciałek próbnych z cementu czystego.

Formy, zwilżone nieco od wewnątrz olejem, ustawiane są na płycie metalowej lub szklanej (nieprzykrytej bibułą). Odważa się 1000 g cementu, a po dodaniu $200 \text{ cm}^3 = 200 \text{ g}$ wody, przerabia się masę przez czas 5 minut, poczem napelnia się formy z nadmiarem kopulastym i postępuje się dalej jak sub a). Formy należy jednak odjąć dopiero po dostatecznem stężeniu cementu.

Ponieważ przy ubijaniu cementu czystego mają być otrzymane ciałka próbne o wytrzymałości możebnie jednakowej, przeto dla cementu bardzo mialkiego, lub prędko tężącego, należy ilość wody odpowiednio zwiększyć.

Przy podawaniu współczynników wytrzymałości należy zawsze wskazywać ilość wody użytej

Obchodzenie się z ciałkami próbnymi przy doświadczeniach.

Wszystkie ciałka próbne należy poddawać doświadczeniu natychmiast po wyjęciu z wody. Ponieważ czas rozciągania ma wpływ na wynik doświadczenia, przeto, przy próbie wytrzymałości na rozciąganie, obciążenie winno zwiększać się stale o 100 g na sekundę. Jako współczynnik wytrzymałości na rozciąganie przyjmować należy ilość przeciętną z 10 doświadczeń.

Przy próbie wytrzymałości na ściskanie, w celu ujednostajnienia wyników, ciśnienie wywierane być winno zawsze na dwie ściany boczne kostki, nie zaś na podstawę i powierzchnię górną wyrównaną. Jako współczynnik wytrzymałości na ściskanie przyjętą należy wynik przeciętny z 10 doświadczeń.

W Państwie Rossyjskiem dla wszystkich robót wykonywanych pod zarządem ministerium komunikacyj obowiązują obecnie, z mocy rozporządzenia ministerium komunikacyj, z d. 15 (27) maja 1895 r. za Nr. 8, warunki dla dostawy i odbioru cementu portlandzkiego, które stosowane są już na drogach żelaznych, a niewątpliwie uznane będą niebawem za obowiązujące dla wszelkich robót rządowych. Ponieważ wobec tego wszystkie fabryki cementu portlandzkiego w Cesarstwie i Królestwie zniewolone są wyrabiać cement czyniący zadość tym warunkom i ponieważ warunki te, opracowane z uwzględnieniem wniosków komisji petersburskiej (1889 r.), wskazują dostatecznie jasno i zgodnie z obecnymi poglądami na sprawę cementową, nie tylko własności, którym dobry cement portlandzki zadość czynić winien, lecz także i sposoby rozpoznawania stopnia dobroci cementu, przeto po-

dajemy poniżej rzeczony warunki w przekładzie, uzupełniając je niektórymi uwagami, w celu bliższego objaśnienia zaleconych sposobów badań i przyrządów do tego służących. — Nadmieniamy nadto, że w myśl rzeczonego rozporządzenia ministerjum komunikacyj, cement portlandzki, czy to krajowy, czy też zagraniczny, nie czyniący zadość warunkom, o których mowa, nie powinien być brany do robót. Nadzór nad przygotowywaniem cementu w fabryce, o którym mowa w § 1 podanych poniżej warunków technicznych, nie obowiązuje w wypadku, gdy cement ma być dostawiony przez fabrykę zagraniczną.

Warunki techniczne dla odbioru cementu portlandzkiego do robót wykonywanych pod zarządkiem ministerjum komunikacyj.

(Załącznik do rozporządzenia ministerjum komunikacyj, z d. 15 (27) maja 1895 r. Nr. 8).

§ 1. Określenie cementu portlandzkiego i jego skład.

Cement portlandzki jest wyrobem, otrzymywanym z margliów naturalnych, albo też z mieszaniny sztucznej materyałów, zawierających glinę i węglan wapnia, za pomocą palenia masy do spieczenia i przez następne rozdrobienie teje na proszek mialki.

Stosunek ilości na wagę tlenku wapnia (CaO) i zasad (alkalij) (Na_2O i K_2O) do sumy ilości na wagę krzemionki (SiO_2), tlenku glinu (glinki) (Al_2O_3) i tlenku żelaza (Fe_2O_3), nazwany *współczynnikiem wodotrwałości (modułem hydraulicznym)*, winien być w cemencie portlandzkim nie mniejszym aniżeli 1,7 i nie większym aniżeli 2,2. Ilość kwasu siarczanego i tlenku magnezu (magnezyi) w gotowym cemencie portlandzkim (t. j. po dodaniu do wyrobu palonego ciał obcych) winna wynosić: dla kwasu siarczanego nie więcej aniżeli $1\frac{3}{4}\%$, a dla tlenku magnezu nie więcej aniżeli 3%.

Do czasu wyjaśnienia sprawy przez wyniki dalszych badań, dozwala się na zwiększenie do 2,4 granicy współczynnika wodotrwałości w cementach portlandzkich, otrzymywanych z margli naturalnych, o ile cementy te czynią zadość wszystkim innym wymaganiom niniejszych warunków technicznych.

Przymieszka ciał obcych do cementu portlandzkiego, palonego i rozdrobnionego, nie powinna być większą aniżeli 2% na wagę.

Uwaga. Zarządkiem robót przyznaje się prawo wysyłania do fabryk cementu upoważnionych przez nie osób, dla nadzoru nad fabrykacją cementu i należytem jego składem, a również dla wykonania w fabryce niektórych lub też wszystkich zaleconych przez niniejsze przepisy doświadczeń, mających na celu zbadanie własności wyrobu.

W razie wątpliwości co do składu wyrobu, osoby prowadzące nadzór nad fabrykacją obowiązane są sprawdzić skład za pomocą rozbioru chemicznego.

§ 2. Zasady ogólne badania własności cementu portlandzkiego.

a) Badanie własności, wskazanych poniżej (w §§ 3 — 7), którym winien zadość czynić cement portlandzki, należy wykonywać całkiem zgodnie z niniejszemi warunkami technicznymi.

b) Przed przystąpieniem do doświadczeń, każda dostawa obejmująca więcej aniżeli dwa tysiące beczek winna być podzielona na partye. Każda partya winna zawierać od 2 do 3 tysięcy beczek. Do doświadczeń brać należy z każdej partyi 0,3% liczby beczek, a z każdej beczki — 15 funtów cementu.

Do wszystkich doświadczeń z cementem brać należy mieszaninę próbek, pochodzących ze wszystkich partyj, a stałość objętości zbadać należy dla każdej próbki oddzielnie.

c) Wszystkie zaprawy dla doświadczeń i badań, wskazanych w §§ 4, 5 i 7, mogą być przygotowywane przy użyciu wody słodkiej, wody morskiej*), albo też wody przekroplonej (destylowanej)**).

d) Wszystkie oznaczenia i doświadczenia należy wykonywać w pomieszczeniu mającym temperaturę jednostajną 15°—18° C., przy użyciu zarówno cementu, jako też piasku i wody, o temperaturze pokojowej. W wypadkach, w których zachowanie tego warunku odnośnie temperatury okaże się niemożliwym, należy uczynić o tem wzmiankę w dziennikach doświadczeń i wskazać temperaturę, przy której doświadczenia były przeprowadzone.

e) Ilość ciałek próbnych (§ 7), przygotowanych z jednego i tego samego ciasta cementowego, nie powinna być większą aniżeli 7, a w każdym razie przygotowywanie ciałek próbnych z zarobionego ciasta cementowego należy ukończyć przed ujawnieniem się początku wiązania.

f) Każde oddzielne zarabianie w celu otrzymania ciasta z cementu portlandzkiego czystego, albo z mieszaniny cementu portlandzkiego z piaskiem, winno być wykonywane przez jednakowy przeciąg czasu, a mianowicie przez czas pięciu minut, licząc od chwili zalania mieszaniny wodą. Zarabianie ciasta cementowego, oraz przygotowywanie ciałek próbnych dla doświadczeń nad wytrzymałością na rozciąganie (§ 7), winno być wykonywane, o ile to okaże się możliwym, przez jedne i te same osoby, przy użyciu tych samych przyrządów.

g) Zarówno placki z ciasta cementowego (§§ 4 i 5), jako też ciałka próbne (§ 7) przeznaczone do doświadczeń nad wytrzymałością na rozciąganie, przez cały czas pozostawiania na powietrzu (a w każdym razie do ujawnienia się wiązania), winny być przechowywane w miejscu wilgotnym.

Placki te i ciałka próbne winny być przygotowywane bezwarunkowo na podkładce nieprzemakalnej (marmurowej, szklanej i t. p.).

§ 3. Ciężar właściwy (gatunkowy) cementu portlandzkiego.

Ciężar właściwy cementu portlandzkiego, poprzednio rozżarzonego, nie powinien być mniejszym aniżeli 3,05. W celu ułatwienia doświadczenia dozwala się oznaczać ciężar właściwy cementu w stanie nierozżarzonym.

Ciężar właściwy oznaczany być winien za pomocą *objętościomierza*, składającego się z naczynia szklanego z rurką podzieloną na części dziesiętne centy-

*) Warunek ten, o ile wnosić można z protokółów komisji petersburskiej, przyjęty został ze względu, że wody mórz Państwa Rossyjskiego zawierają znacznie mniej soli i mają inny skład aniżeli wody oceanowe, przyczem wynikami dotychczasowych spostrzeżeń nie zostało stwierdzone, ażeby wody mórz Państwa Rossyjskiego wywierały wpływ szkodliwy na zaprawę dobre z cementu portlandzkiego. (P. A.)

**) Używanie wody przekroplonej do zapraw próbnych dozwolone zostało na skutek żądań Komitetu Technicznego robót morskich. O wpływie wody przekroplonej na cement p. str. 387. (P. A.)

metra sześciennego. Po wlewniu terpentyny do poziomu działki oznaczonej na rurce przez zero, wsypuje się stopniowo 100 g cementu (odważonego z dokładnością na miligram), przyczem wstrząsa się naczyniem i stuka w rurkę. Po wydaleniu powietrza, zamyka się rurkę korkiem i przeczekawszy 10—15 minut, aż ciecz przeświecili się, odczytuje się stan zwierciadła cieczy (w poziomie niższym menisku). Iloraz z podzielenia ciężaru cementu wsypanego przez objętość zajętą przez ten cement w objętościomierzu, wyraża ciężar właściwy cementu. Baczyć należy, ażeby podczas doświadczenia temperatura nie podlegała zmianom i ażeby zarówno przyrząd, jako też terpentyna i cement, pozostawały możebnie najdłużej w temperaturze jednakowej. Jako ciężar właściwy danego cementu przyjmuje się przeciętną z dwóch oznaczeń.

§ 4. Warunki wiązania się cementu portlandzkiego.

a) Cement portlandzki winien być powoli wiążącym się: wiązanie cementu winno rozpocząć się nie wcześniej aniżeli w kwadrans *) po dodaniu wody do cementu i winno ukończyć się nie wcześniej aniżeli w godzinę i nie później aniżeli w 12 godzin**). Woda dodawana do cementu przy tem doświadczeniu winna być słodką i z wyglądu czystą. Zaprawa z czystego cementu portlandzkiego, przeznaczona do oznaczenia zarówno początku jako też końca wiązania, winna mieć gęstość normalną.

b) Ilość wody potrzebna dla nadania gęstości normalnej zaprawie z czystego cementu portlandzkiego oznacza się za pomocą *gęstomierza*, przyrządu, składającego się z pręta, o średnicy 1 cm i talerzyka, ważących razem 330 g, z pudełka pierścieniowego, o wysokości 4 cm i średnicy 8 cm, służącego dla pomieszczenia ciasta cementowego i ze skali, z podziałką na milimetry, opatrzonej wskazówką.

W celu oznaczenia gęstości normalnej dla zaprawy z czystego cementu portlandzkiego należy zarobić 400 g cementu portlandzkiego z taką ilością wody, jaka w przybliżeniu potrzebną jest dla utworzenia ciasta gęstawego; następnie przerabia się ciasto jaknajdokładniej i napelnia się niem, możebnie bez wstrząśnień pudełko pierścieniowe, ustawione na podstawce nieprzemakalnej (np.

*) Do 1895 r. obowiązywała w Rosyji norma 30 minut. Uznano za możebne obniżyć ją do 15 minut, z powodu, że przy doświadczeniach woda dodawana jest do cementu jedynie w ilości niezbędnej dla osiągnięcia gęstości normalnej, a więc w ilości znacznie mniejszej aniżeli przy robotach, co wpływa na przyspieszenie początku wiązania. Przy jednakowych bowiem innych warunkach, początek wiązania ujawnia się tem wcześniej, im mniejszą jest ilość wody dodanej.— W Niemczech nie przepisano obowiązującej przy doświadczeniach normy czasu dla początku wiązania. We Francyi obowiązuje norma 30 minut, a w Szwajcaryi, dla cementów powoli tężących — norma 60 minut. (P. A.)

**) Najkrótszy czas wiązania określono w normach pruskich na 2 g dziny; w Rosyji uznano za możebne przyjąć 1 godzinę.— Najdłuższy czas wiązania nie jest oznaczony w normach pruskich ani szwajcarskich. W Rosyji do 1895 r., obowiązywał przepis, że koniec wiązania winien nastąpić nie później aniżeli w 8 godzin po dodaniu wody. Obecnie jako największy czas wiązania przyjęto 12 godzin, zgodnie z normą obowiązującą we Francyi.— Ustalenie największego czasu wiązania uznano za właściwe, w celu zapobieżenia wprowadzaniu na rynki cementów zbyt powoli tężących i wskutek tego przedstawiających pewne niedogodności w robotach. (P. A.)

szklanej); wreszcie ścina się nadmiar ciasta. Następnie opuścić należy ostrożnie pręt gęstomierza o tyle, ażeby wskazówka stanęła na poziomie działki 40 skali^{*)} poczem pozwala się prętowi zanurzać się swobodnie w ciasto.

Ta ilość wody, wyrażona w procentach ciężaru cementu portlandzkiego, wziętego do zarobienia, przy której zanurzenie pręta odpowiada położeniu wskazówki przy działce 6, w granicach od $5\frac{1}{2}$ do $6\frac{1}{2}$, jest ilością normalną dla zaprawy z cementu portlandzkiego czystego. Rzeczoną ilością normalną wody oznaczyć należy z dokładnością na $\frac{1}{2}\%$.

Uwaga. Ilość wody, potrzebna dla nadania gęstości normalnej zaprawie z czystego cementu portlandzkiego, jest dla różnych cementów portlandzkich zmienną, zazwyczaj w granicach od 24 do 31%, lecz dla różnych partyj cementu portlandzkiego, pochodzącego z jednej i tej samej fabryki, bywa prawie stałą *).

c) W celu oznaczenia początku i końca (czasu) wiązania cementu portlandzkiego, należy zarobić ciasto z 400 g cementu portlandzkiego z ilością normalną wody, oznaczoną sposobem powyżej wskazanym i umieścić je w pudełku pierścieniowym, w sposób powyżej określony, przy zachowaniu ostrożności powyżej zaleconych. Następnie podstawia się ciasto cementowe pod igłę, o średnicy 1 mm (*igła Vicat'a*), obciążoną 300 g, której pozwala się w odstępach czasu co pięć i więcej minut, zanurzać się swobodnie w ciasto cementowe, podstawiając za każdym razem pod igłę inną część ciasta. Jako początek wiązania uważa się chwilę, gdy igła zanurzając się w ciasto cementowe, zatrzymuje się na skali pomiędzy działkami 0 i 1, t. j. gdy koniec igły odstaje w przybliżeniu o $\frac{1}{2}$ mm od podkładki szklanej, na której ustawione jest pudełko pierścieniowe, zawierające ciasto cementowe; a jako koniec (czas) wiązania przyjmuje się chwilę, gdy igła zagłębia się w ciasto nie więcej aniżeli na $\frac{1}{2}$ mm.

Dla przedwstępnego (przybliżonego) oznaczenia czasu wiązania cementu portlandzkiego może służyć placek, przygotowany na szkle gładkiem lub na płytce żelaznej, z zaprawy otrzymanej przez zarobienie czystego cementu portlandzkiego z taką ilością wody, jaka odpowiada gęstości normalnej, przyczem placek winien mieć 8 — 10 cm średnicy i 1 cm grubości (w środku). Wiązanie cementu portlandzkiego można uważać za ukończone, gdy lekkie naciskanie placka paznogciem nie pozostawia na ciałku próbnym śladów, albo gdy przy lekkim pocieraniu powierzchni placka, na powierzchnię ciasta nie występuje woda.

d) Ciało próbne z czystego cementu portlandzkiego, przygotowane w postaci placka, może służyć także dla przybliżonego oznaczenia czasu wiązania przy skutecznianych bezpośrednio po sobie dostawach cementu portlandzkiego z jednej i tejże fabryki.

W każdym razie czas wiązania oznaczać należy przynajmniej z dwóch placków.

§ 5. Warunki niezmiennej objętości.

a) Zaprawa o gęstości normalnej z czystego cementu portlandzkiego winna zachowywać stałą, niezmienną, objętość, zarówno na powietrzu jako też w wo-

*) Przy oznaczaniu przeto ilości normalnej wody dla cementów wyrabianych w Królestwie i Cesarstwie posilkować się można danymi, pomieszczone w tablicach na str. 400 i 401.

dzie, t. j. w plackach z takiej zaprawy, przygotowanych w sposób wskazany w § 4, przy próbowaniu ich przez nagrzewanie i zanurzenie w wodę (na dni 27), nie powinny ujawnić się ani spaczenia, ani pęknięcia promieniste w krawędziach. Do każdej próby na niezmiennosć objętości winny być brane przynajmniej dwa placki.

b) W celu wykonania próby przez nagrzewanie, placki, po przejściu czasu wiązania cementu portlandzkiego, umieszczone być winny w kąpeli powietrznej, o temperaturze 120° C., na czas przynajmniej $1\frac{1}{2}$ godziny. Pęknięcia powstające wskutek zsychnania i tworzące się nie w krawędziach placka, lecz w środku tegoż, w postaci powierzchniowych rys włoskowatych współśrodkowych (koncentrycznych), nie powinny być uważane za dowód zmiennej objętości zaprawy cementowej.

c) W celu wykonania próby przez zanurzenie w wodę, placki, w 24 godziny po zarobieniu zaprawy, zanurzane być winny w wodę na dni 27.

W wypadku, gdy cement portlandzki odnośnie wytrzymałości na rozciąganie, w 7 dni po zarobieniu zaprawy, czyni zadość tym warunkom, przy których, w myśl § 7, uznaje się za zbyteczne badanie wytrzymałości na rozciąganie w 28 dni po zarobieniu zaprawy, próba przez zanurzenie w wodę na dni 27, niezależnie od próby przez nagrzewanie, nie jest wymaganą dla odbioru cementu, lecz winna jednak być wykonaną dla sprawdzenia wyniku próby przez nagrzewanie. Jeżeli próba przez zanurzenie w wodę na dni 27, wykonana dla sprawdzenia próby przez nagrzewanie, ujawni w cemencie portlandzkim niestalość objętości, to następne dostawy cementu portlandzkiego z tejże fabryki, winny być przyjmowane tylko na podstawie wyników próby przez zanurzenie w wodę na dni 27.

§ 6. *Grubość zmielonego cementu portlandzkiego.*

Cement portlandzki winien być zmielony możebnie miałko. Przy przesiewaniu 100 g osuszonego proszku cementowego przez dwa sита cementowe, o wymiarach wskazanych poniżej, ilość proszku cementowego, przechodzącego przez sito o 4900 otworach na 1 cm^2 , winna wynosić nie mniej aniżeli 50% na wagę całej ilości cementu portlandzkiego wziętej do przesiewania; ilość zaś proszku cementowego pozostającego na sicie o 900 otworach na 1 cm^2 nie powinna być większą aniżeli 15% ilości ogólnej.

Grubość drutu w sitach winna wynosić: 0,05 mm dla sita o 4900 otworach na 1 cm^2 i 0,1 mm dla sita o 900 otworach na 1 cm^2 . Do oznaczenia miałkości proszku wziąć należy 100 g cementu.

§ 7. a) *Warunki doświadczeń nad wytrzymałością na rozciąganie cementu portlandzkiego.*

Wytrzymałość mechaniczna cementu portlandzkiego oznaczona być winna przez doświadczenia nad wytrzymałością na rozciąganie zapraw*), przyczem do-

*) Ponieważ w cementach portlandzkich stosunek wytrzymałości na rozciąganie do wytrzymałości na ściskanie jest zmiennym, przeto uznano za właściwe nie żądać weale próby na ściskanie, jako zbyt trudniącej sposoby oceniania wyrobu. — Według norm pruskich (1887 r.) próba na ściskanie jest obowiązującą; przepisano ją jednak głównie ze względu na warunki miejscowe współzawodnictwa cementu portlandzkiego z cementami żużłowemi. (P. A.)

świadczeniom tym poddawane być winny ciała próbne z zapraw, przygotowanych z cementu czystego i z zapraw, przygotowanych z mieszaniny cementu z piaskiem. Wszystkie doświadczenia nad wytrzymałością mechaniczną cementu portlandzkiego należy wykonywać przy użyciu przyrządów jednakowych, przy czem przekrój ciałek próbnych w miejscu rozerwania winien być jednakowy i mieć 5 cm^2 powierzchni, a same ciała próbne winny być przygotowywane w sposób jednostajny.

Do zaprawy, z której mają być przygotowane ciała próbne do doświadczeń, należy brać wodę w ilości, odpowiadającej gęstości normalnej zaprawy. Tę ilość wody oznaczać należy dla zaprawy z czystego cementu portlandzkiego w sposób wskazany w punkcie b) § 4, a dla zaprawy z mieszaniny cementu portlandzkiego z piaskiem, w sposób wskazany w podanej poniżej uwadze 1-ej.

W celu przygotowania ciałek próbnych, należy zaprawę z nadmiarem znacznym włożyć w formy metalowe, poprzednio oczyszczone i otłuszczone olejem, lub zwilżone wodą, a ustawione na desce wyrobionej z materiału nie pochłaniającego wody (np. z marmuru). Ciała próbne winny być wyjęte z form dopiero po stwardnieniu zaprawy; jednakże przy odłączaniu mechanicznem form, ciała próbne mogą być wyjmowane natychmiast po przygotowaniu.

Doświadczenia z ciałkami próbnymi wykonywać należy na przyrządzie Michaelis'a, przy czem doświadczeniu poddawać należy jednocześnie sześć ciałek próbnych, a wytrzymałość przeciętna badanego cementu portlandzkiego oznaczoną być winna z czterech ilości największych, otrzymanych przy doświadczeniu. Ciała próbne, zarówno z cementu portlandzkiego czystego, jako też z mieszaniny cementu portlandzkiego z piaskiem, winny pozostawać przez pierwsze 24 godziny na powietrzu, w pomieszczeniu wilgotnem, poczem winny być zanurzone w wodę i pozostawać w niej do chwili rozpoczęcia doświadczenia. Wodę, w której przechowywane są ciała próbne, należy zmieniać raz na tydzień.

Uwaga 1. Sposób oznaczania ilości wody potrzebnej dla nadania gęstości normalnej zaprawie z mieszaniny cementu portlandzkiego z piaskiem.

Ilość wody, potrzebnej do zarobienia mieszaniny z 1 cz. cementu portlandzkiego i 3 cz. piasku normalnego, odpowiadającą gęstości normalnej zaprawy z piaskiem, można albo oznaczyć na podstawie pewnej pracy mechanicznej na *kafarku cementowym*, albo też przyjąć na zasadzie deklaracji fabryki. Jeżeli ilość wody nie może być oznaczona na *kafarku cementowym* i nie jest wskazana przez fabrykanta, to należy wziąć wodę w ilości około 10% ciężaru mieszaniny suchej i następnie ilość tę zmieniać stosownie do potrzeby, aż do otrzymania ciasta dającego się dobrze przerabiać *).

Ciasto przerobione należy włożyć w formę przyrządu i uszczelnić przez uderzenia, przy pracy mechanicznej *kafarka* wynoszącej 1 *kgm* na każde 10 g mieszaniny suchej, a po wykonaniu tej pracy, gdy zaprawa osiągnie gęstość normalną, winna wydobywać się z pod formy ciecz cementowa, barwy mlecznej.

Ciężar jednostki objętości zaprawy, w ten sposób przygotowanej, jest ciężarem właściwym ciasta wilgotnego, o gęstości normalnej, przy stosunku mieszaniny 1:3. Ciała próbne,

*) W celu oznaczenia za pomocą *kafarka cementowego* ilości wody potrzebnej dla zarobienia wspomnianej powyżej mieszaniny, należy do 750 g mieszaniny suchej z 1 cz. cementu portlandzkiego i 3 cz. piasku normalnego, dodać taką w przybliżeniu ilość wody, jaka jest potrzebną dla otrzymania ciasta tylko nieco wilgotnego.

przygotowywane dla doświadczeń na rozciąganie, winny być w formach ubijane, dopóki ciężar ich jednostki objętości nie będzie równym ciężarowi właściwemu, oznaczonemu w sposób powyżej wskazany.

Uwaga 2, odnośnie przygotowywania ciałek próbnych z czystego cementu portlandzkiego.

Przed ścięciem nadmiaru zaprawy, włożonej w formy, należy płytę marmurową, na której formy są ustawione, podnieść z jednego końca i kilkakrotnie uderzyć nią lekko o stół. Przy ustawianiu form na płycie należy podłożyć pod formy kilka arkuszy bibuły wilgotnej.

Uwaga 3, odnośnie przygotowywania ciałek próbnych z mieszaniny cementu portlandzkiego z piaskiem.

Zaprawę należy wtlaczać w formę lopatką żelazną, ważącą 250 g, albo młotkiem drewnianym takiejże wagi, dopóki na powierzchni zaprawy nie pojawi się woda; następnie należy ściąć nadmiar zaprawy, powierzchnię zaś ciasta, zapelniającego formę, wyrównać nożem. Do napelnionych w ten sposób form nie należy dodawać, ani wtlaczać ponownie, zaprawy.

Uwaga 4. Przyrząd Michaelis'a jest to przyrząd dragowy, o działaniu podwojnym. Przy stosunku ramion jak 10 i 5 do 1, i przy przekroju szyjki ciałka próbnego wynoszącym 5 cm^2 , wytrzymałość na rozciąganie ciałka próbnego na 1 cm^2 otrzymuje się, mnożąc obciążenie w chwili rozerwania przez 10. Przed użyciem przyrząd winien być doprowadzony do stanu równowagi przy pomocy przeciwwagi ruchomej, osadzonej na dragu dłuższym. Przed rozpoczęciem doświadczenia, ciałko próbne, wyjęte z wody, należy lekko obetrzeć i ostrożnie oczyścić z nierówności, unikając przytem wszelkich, choćby najmniejszych, uszkodzeń ciałka próbnego. Szalka przyrządu winna być obciążana mechanicznie (np. za pomocą przyrządów Urjeszew'a, Michaelisa i in.) szrótem miałkim, z prędkością jednostajną, w przybliżeniu około 150 g na sekundę. Jeżeliby wyniki oddzielnych doświadczeń nad wytrzymałością na rozciąganie cementu portlandzkiego bardzo znacznie różniły się pomiędzy sobą, to należy zwrócić uwagę szczególną na wygląd przekroju w miejscu rozerwania ciałka próbnego, w celu przekonania się czy w przekroju nie znajdowały się rysy, powstałe przed doświadczeniem, a nadto należy sprawdzić czy ciałka próbne miały kształt prawidłowy.

b) *Doświadczenia z ciałkami próbnymi zaprawy z czystego cementu portlandzkiego.*

Wytrzymałość na rozciąganie ciałek próbnych zaprawy, przygotowanej z cementu portlandzkiego czystego, winna wynosić: w 7 dni po zarobieniu zaprawy nie mniej aniżeli 20, a w 28 dni po zarobieniu zaprawy nie mniej aniżeli 25 kg na cm^2 .

Jeżeli cement portlandzki w 7 dni po zarobieniu zaprawy ujawni wytrzymałość na rozciąganie nie mniejszą aniżeli 23 kg na cm^2 , to oznaczenie wytrzymałości na rozciąganie tego cementu w 28 dni po zarobieniu zaprawy nie jest wymaganiem dla odbioru cementu, lecz winno być uskutecznione w celu sprawdzenia wyników doświadczeń przeprowadzonych po 7 dniach.

Jeżeli by przy tych doświadczeniach sprawdzających, wytrzymałość w 28 dni po zarobieniu zaprawy okazała się mniejszą aniżeli 25 kg na cm^2 , to następne dostawy cementu portlandzkiego z tejże fabryki mogą być przyjmowane tylko na podstawie wyników doświadczeń wykonywanych w 28 dni po zarobieniu zaprawy.

c) *Doświadczenia z ciałkami próbnymi zaprawy z mieszaniny cementu portlandzkiego z piaskiem.*

W celu przygotowania ciałek próbnych do tych doświadczeń, należy zarobić mieszaninę z cementu portlandzkiego i piasku, w stosunku jednej części cementu portlandzkiego na trzy części piasku normalnego, na wagę. Pia-

sek, przeznaczony do rzezczonej mieszaniny, winien być kwarcowy, przesiany przez trzy sita: o 64, 144 i 225 otworach na cm^2 . Pozostałości na sitach o 144 i 225 otworach, zmieszane z sobą w częściach równych, tworzą piasek normalny, o którym powyżej mowa. Grubość drutu w sitach do piasku winna wynosić: 0,4 mm dla sita o 64 otworach na cm^2 , 0,3 mm dla sita o 144 otworach na cm^2 i 0,2 mm dla sita o 225 otworach na cm^2 *). Wytrzymałość na rozciąganie ciałek próbnych, przygotowanych w sposób powyżej wskazany z mieszaniny cementu portlandzkiego i piasku, winna wynosić: w 7 dni po zarobieniu zaprawy nie mniej aniżeli 6, a w 28 dni po zarobieniu zaprawy nie mniej aniżeli 9 kg na cm^{2**}). Jeżeli zaprawa z cementu portlandzkiego z piaskiem w 7 dni po zarobieniu zaprawy ujawnia wytrzymałość na rozciąganie nie mniejszą aniżeli 7 kg na cm^2 i jeżeli przytem cement portlandzki czyni zadość wszystkim wymaganiom wyszczególnionym w §§ 3—6 i 7, to cement portlandzki może być przyjmowany bez doświadczeń 28-dniowych; doświadczenia te winny jednak być wykonane dla sprawdzenia wyników doświadczeń z ciałkami próbnymi siedmiodniowymi. Jeżeli przy tych doświadczeniach w 28 dni po zarobieniu, wytrzymałość na rozciąganie zaprawy z cementu z piaskiem okazała się mniejszą aniżeli 9 kg na cm^2 , to następne dostawy cementu portlandzkiego z tejże fabryki mogą być przyjmowane tylko na podstawie wyników doświadczeń wykonywanych w 28 dni po zarobieniu zaprawy.

Uwaga ogólna do § 7. Do robót naglących można przyjmować cement portlandzki, dostawiany przez firmy znane, przed upływem dni siedmiu, lecz nie wcześniej aniżeli w dni 4 po zarobieniu zaprawy, o ile dany cement, czyniąc zadość wszystkim warunkom wskazanym w §§ 3—6, ujawni w dni cztery po zarobieniu wytrzymałość na rozciąganie nie mniejszą od wymaganej przy odbiorach w dni siedm po zarobieniu zaprawy.

§ 8. Opakowanie i ciężar beczek.

Beczki cementu portlandzkiego winny mieć ciężar jednostajny: $10\frac{1}{4}$ puda netto (t. j. za wyłączeniem ciężaru beczki) i około 11 pudów brutto ***). Przy sprawdzaniu ciężaru cementu dostawianego dość jest oznaczać ciężar beczek z cementem (brutto). Należność za cement dostawiony obliczana być winna na zasadzie ciężaru cementu netto, bez potrącenia ubytku wskutek rozsypania.

Na beczkach winny być umieszczone wyrazy: „cement portlandzki“, firma fabryki, numer porządkowy partyi, oraz rok przygotowania cementu portlandzkie-

*) W tekście urzędowym niniejszych warunków technicznych, zapewne wskutek omyłki drukarskiej, wskazano tylko dwa wymiary: 0,4 mm dla sita o 144 otworach i 0,2 mm dla sita o 225 otworach na cm^2 . Wymiary przez nas podane są zgodne z wymiarami wskazanymi w warunkach technicznych, które z mocy rozporządzenia ministerjum komunikacyj z d. 17 (29) kwietnia 1891 r. № 14 i następnie innych władz naczelných państwa, obowiązywały w Rossyi do 1895 r., oraz zgodne z wymiarami przyjętymi w uchwałach Zjazdu III-go rossyjskich techników cementowych i fabrykantów cementu (1892 r.), które służyły za podstawę do opracowania nowych warunków technicznych.—W normach pruskich (1887 r.) przepisane są tylko dwa sita dla piasku (p. str. 418). (P. A.)

***) Współczynniki te są znacznie mniejsze od wymaganych przez normy pruskie (p. str. 417). (P. A.)

****) $10\frac{1}{4}$ puda = 167,9 kg ; 11 pudów = 180,2 kg . Ciężary te są więc prawie zgodne z wskazanymi w normach pruskich (p. str. 415). (P. A.)

go. Nadto na beczkach, mających ciężar normalny, winien być podany napis: „ciężar normalny“.

Cement portlandzki może być dostawiany w workach tylko w razie zgodzenia się na to, za każdym razem oddzielnie, zarówno nabywcy jako też fabryki, uskuteczniającej dostawę.

Strata wskutek rozsypania nie powinna w żadnym razie być większą aniżeli 2%, przyczem zakres straty dozwolonej dla każdej dostawy oddzielnie, zależnie od wielkości tejże dostawy, winien być oznaczony na podstawie wzajemnego porozumienia pomiędzy nabywcą a fabryką, uskuteczniającą dostawę. Wartość straty wskutek rozsypania, przekraczająca normę powyżej oznaczoną, winna być potrącona z należności przypadającej dostawcy za cement portlandzki, jeżeli dostawca obowiązany jest dostarczyć cement na miejsce robót.

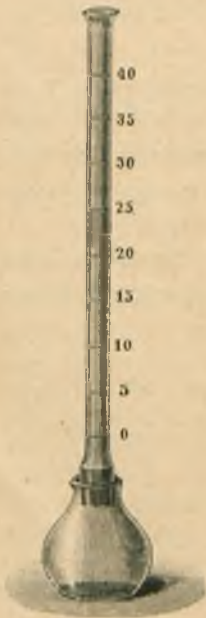
4) Przyrządy, narzędzia i naczynia do prób wskazanych przez warunki normalne. Do wykonywania prób, zaleconych przez podane powyżej warunki techniczne, potrzebne są następujące przyrządy, narzędzia i naczynia:

a) *Objętościomierz* (n. Volumenometer) pomysłu Michaëlis'a albo Schumann'a (rys. 129), przyrząd służący do oznaczania ciężaru właściwego (gatunkowego) cementu (p. § 3 „warunków technicznych“).

b) *Igła Vicat'a* (rys. 130) do oznaczenia czasu wiązania (p. § 4. c.).

c) *Gęstomierz* (n. Consistenzmesser), różni się od igły Vicat'a w zasadzie tylko wymiarami pręta; służy do oznaczania ilości wody, potrzebnej dla otrzymania zaprawy czystej, o gęstości normalnej (p. § 4. b.).

d) *Piecyk do nagrzewania placków* (rys. 131) przy próbie na stałość objętości (p. § 5. b.), składa się ze skrzynki miedzianej z półkami; może być ogrzewany gazem albo spirytusem tak, ażeby termometr, którego gałka zagłębiona jest w skrzynkę w przybliżeniu na 6 cm, pokazywał temperaturę 120° C.



Rys. 129.



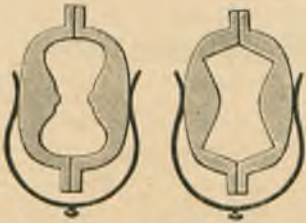
Rys. 130.



Rys. 131.

e) *Formy metalowe (mosiężne)* dla ciałek próbnych do doświadczeń nad wytrzymałością zaprawy na rozciąganie (p. § 7. a.), w ilości sztuk 10.—Najczęściej

używane są formy Michaëlis'a (rys. 132), lub formy Reed'a (rys. 133). Każda z tych form składa się z dwóch części połączonych przecnikami (sztyftami) i przytrzymywanych sprężyną. Po zdjęciu ostrożnym sprężyny można części formy rozłączyć i ciałko próbne z formy wyjąć.

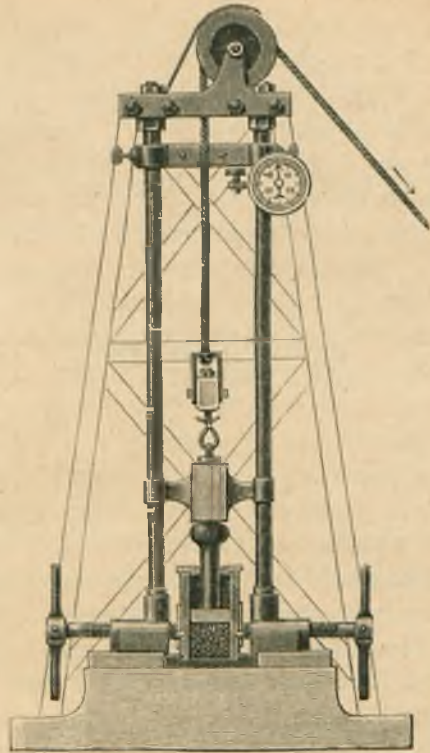


Rys. 132.

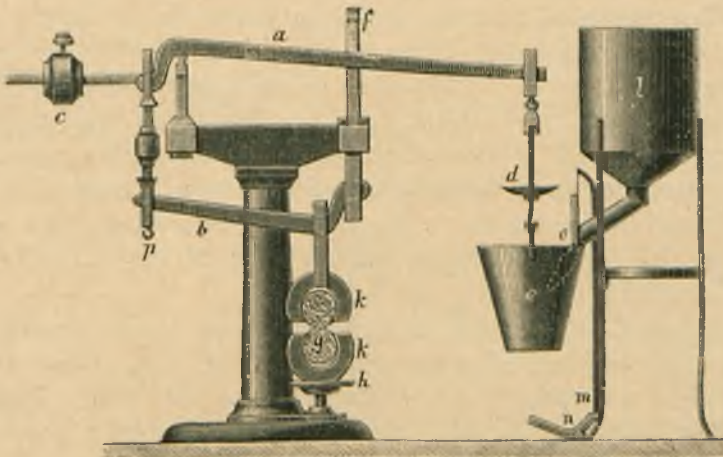
Rys. 133.

f) *Kafarek cementowy* (rys. 134) do oznaczania ilości wody potrzebnej dla nadania gęstości normalnej zaprawie z mieszaniny cementu z piaskiem (p. § 7. a.).

g) *Przyrząd do oznaczania wytrzymałości zaprawy na rozciąganie*, pomysłu Frühling'a i Michaëlis'a, zwany zazwyczaj *przyrządem Michaëlis'a*, a używany niemal zawsze w połączeniu z *przyrządem samodzielnym do mechanicznego obciążania*, pomysłu Michaëlis'a lub Urjeszew'a (p. § 7. a.). Przyrząd Michaëlis'a (rys. 135) polega na



Rys. 134.



Rys. 135.

działaniu dwóch drągów. W drągu górnym a stosunek długości ramion = 1:10, w drągu zaś dolnym b stosunek długości ramion = 1:5. Do rozerwania przeto ciałka próbnego potrzebny jest ciężar $10 \times 5 = 50$ razy mniejszy od obciążenia

powodującego rozerwanie. Jeżeli przeto na danym przyrządzie ciałko próbne pęka przy ciężarze P *kg*, to wytrzymałość ciałka próbnego na rozciąganie wynosi $50 P$ *kg*. A że powierzchnia, w której rozerwanie ciałka próbnego następuje, jest dokładnie równą 5 *cm*², przeto wytrzymałość na rozciąganie danej zaprawy wynosi $\frac{1}{5} \times 50 P = 10 P$ *kg* na *cm*². Z tego powodu w „warunkach technicznych“ powiedziane jest, że dla wyrażenia wytrzymałości na rozciąganie zaprawy, na 1 *cm*², dość jest obciążenie w chwili rozerwania pomnożyć przez 10.

Na ramieniu krótszem drąga górnego *a* umieszczona jest przeciwwaga ruchoma *c*, która za pomocą śrubki może być unieruchomiona w każdym położeniu. Na końcu ramienia dłuższego tegoż drąga zawieszona jest szalka *d*, pod którą znajduje się haczyk, służący do zawieszenia wiadra *e*. Po ustawieniu przyrządu w sposób na rysunku wskazany i po zawieszeniu szalki *d*, lecz bez wiadra *e*, przesuwamy przeciwwagę *c* w ten sposób, ażeby drągi doprowadzone zostały do równowagi, przyczem krawędź górna drąga *a* winna paść na znak umieszczony na przecie pionowym *f*. Następnie umieszcza się ciałko próbne *g* pomiędzy kleszczami *k*, *k*, bacząc przytem, ażeby powierzchnia rozrywania była możebnie prostopadłą do kierunku siły ciągnącej. Wreszcie zawieszamy wiadro *e* i przystawiamy się przyrząd obciążający *l*, w którym mieści się szrót, poczem przez nakręcenie kółka *h* napręża się cały system tak, ażeby wiadro było możebnie wysoko, bezpośrednio przy ujściu *o* szrótu. Po tych czynnościach przygotowawczych należy podnieść pręt *m* przyrządu obciążającego i podeprzeć go zębem *n*, przez co ujście *o* zostaje otwarte i szrót z przyrządu *l* wpada do wiadra *e*. Otwór *o* ma taką wielkość, że szrót wpada z prędkością jednostajną około 100 *g* na sekundę. W chwili rozerwania ciałka próbnego, wiadro *e* opada, uderza o ząb *n*, wskutek czego pręt *m* traci podparcie i również opada, a tem samem otwór *o* zostaje zamknięty i dalsze wypadanie szrótu jest niemożliwe.

Ciałko próbne rozerwane zostało przez ciężar wiadra i zawartego w niem szrótu. Ten ciężar, jak powyżej objaśniono jest 50 razy mniejszy od siły potrzebnej do rozerwania danego ciałka próbnego, o powierzchni przekroju 5 *cm*², czyli 10 razy mniejszy od wytrzymałości na rozciąganie danej zaprawy na 1 *cm*². Ciężar wiadra ze szrótem może być oznaczony bez użycia wagi, bezpośrednio na danym przyrządzie. W tym celu dość jest wiadro ze szrótem zawiesić na haczyku *p* umieszczonym na ramieniu krótszym drąga *a* i obciążyć szalkę *d* aż do zrównoważenia ciężaru wiadra ze szrótem; a że stosunek długości ramion drąga jest równy 1 : 10, przeto obciążenie szalki *d* będzie 10 razy mniejsze od ciężaru wiadra ze szrótem.

Jeżeli przeto dla zrównoważenia ciężaru wiadra ze szrótem należy położyć na szalkę 120 *g*, to ciężar wiadra ze szrótem wynosi $120 \times 10 = 1200$ *g* = 1,2 *kg*; przyczem ciężar rozrywający dane ciałko próbne, o powierzchni przekroju 5 *cm*², wynosi $1,2 \times 50 = 60$ *kg* na 5 *cm*²; wytrzymałość więc danej zaprawy na rozciąganie jest równa $\frac{1}{5} \times 60 = 12$ *kg* na *cm*².

h) *Sita do cementu*, o wymiarach wskazanych w § 6 „warunków technicznych“.

i) *Sita do piasku*, o wymiarach wskazanych w § 7. c. „warunków technicznych“.

k) *Płytki nieprzemakalne*, szklane, marmurowe, lub żelazne, w ilości ogólnej około 10 sztuk, o wymiarach 12×8 cm, dla placków (p. § 4. c.) i dla ciałek próbnych do doświadczeń nad wytrzymałością na rozciąganie (p. § 7. a.).

l) *Łopatki żelazne*, albo lepiej *stalowe* (rys. 136), ważące po 250 g, dla wtłaczania zaprawy w formy metalowe (p. § 7. a.).

m) *Noże* do ścinania nadmiaru zaprawy w formach metalowych (p. § 7. a.).

n) *Kielniu mularska* zwykła, dostatecznie giętka (rys. 137).



Rys. 136.



Rys. 137.

o) *Naczynie szklane z podziałką*, o objętości 250 cm^3 .

p) *Wagi dokładne* z przynależnymi ciężarkami od 0,1 g do 500 g.

r) *Różne naczynia* do przygotowywania ciałek próbnych, a mianowicie: zbiorniki cynkowane dla wody (p. §§ 5. c. i 7. a.); miski z blachy cynkowej, o średnicy 0,30 m i głębokości 0,15 m; miarka drewniana o objętości 1 l; miarka do wody o objętości 100 cm^3 ; łyżki blaszane; kubki z blachy cynkowej; wagi podręczne; młot drewniany.

s) *Stół mocny z płytą nieprzemakalną*, szklaną, marmurową, albo metalową.

Nadto są w użyciu przyrządy mające na celu możebne ujednostajnienie ciałek próbnych, lub możebne zwiększenie dokładności wyników doświadczeń. Najważniejszymi z tych przyrządów są: przyrząd młotkowy Böhme'go do wyrabiania ciałek próbnych (n. Hammerapparat von Dr. Böhme); przyrząd do mechanicznego wyjmowania z form ciałek próbnych, służących do oznaczenia wytrzymałości na rozciąganie (n. Vorrichtung zum Entformen von Cement-Zugprobekörpern) (p. § 7a „warunków technicznych“); przyrząd Bauschinger'a do próby na stałość objętości (n. Bauschinger's Tasterapparat).

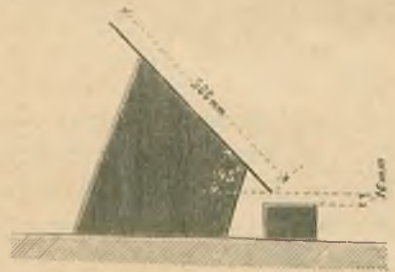
Przyrządy potrzebne do doświadczeń z zaprawą cementową mogą być sprowadzane za pośrednictwem pracowni mechanicznej Instytutu inżynierów komunikacji w Petersburgu, albo też za pośrednictwem jednej z licznych pracowni zagranicznych, np. W. Michaëlis'a w Berlinie (Chemisch-technisches Laboratorium von Dr. Wilhelm Michaëlis in Berlin N. O. Friedensstrasse 15), O. A. Richter'a w Dreźnie (Oscar A. Richter in Dresden, Güterbahnhofstrasse 8), Amsler'a w Zurychu i t. d.

Ceny tych przyrządów na miejscu w Berlinie lub Dreźnie, a więc bez kosztów przewozu i bez opłaty celnej, wynoszą w przybliżeniu w markach niemieckich: Objętościomierz Schumann'a 8 m. Iгла Vicat'a z prętem do gęstomierza 35 m. Piecyk do nagrzewania placków z termometrem 22 m. Formy mosiężne (potrzebne w ilości 10 sztuk), po 6 m. za sztukę. Kafarek cementowy 200 m. Przyrząd Michaëlis'a z przyrządem samodzielnym do mechanicznego obciążania i szróttem w ilości 5 kg, 175 m. Sita do cementu: o 900 otw. 15 m., o 2500 otw. 27 m., o 4900 otw. 30 m. Sita do piasku po 10—15 m. za sztukę. Przyrząd do mechanicznego odłączania form. z przyborami około 45 m. Przyrząd Bauschinger'a do próby na stałość objętości 160 m. Przyrząd młotkowy Böhme'go do wyrabiania ciałek próbnych z przyborami dla prób na rozciąganie i ściskanie, około 335 m. Komplet naczyń i drobnych narzędzi, obejmujący: zbiornik cynkowany do wody, jedną dużą i jedną małą miskę z blachy cynkowej, dwa kubki, jeden kubek do cementu i piasku, jedną miarkę dla 100 cm^3 wody, jedną opatkę żelazną, jeden nóż, dwie łyżki, jedną dużą płytę szklaną pod formy, kilka płytek szkla-

nych mniejszych, naczynie o objętości 1 l z lejkiem, miarkę do wody, kielnię mularską, łopatkę drewnianą, młot drewniany, płytę marmurową, płytę gipsową, termometr i t. d., około 60 m. Wagi sprężynowe o nosności 10 kg, 10 m. Wagi ręczne z szalkami rogowymi i ciężarkami od 0,1 g do 500 g w oddzielnem pudełku, około 30 m. Naczynie szklane z podziałką, o objętości 250—300 cm³, 3 m.

5) *Doświadczenia dodatkowe, niewskazane przez „warunki techniczne“.* Niezależnie od doświadczeń zaleconych przez podane powyżej „warunki techniczne“, wykonywane są w pracowniach także próby następujące:

a) *Oznaczenie ciężaru rzeczywistego cementu.* Ciężar rzeczywisty cementu oznacza się dla cementu nasypanego luźno i dla cementu ubitego mocno. W celu oznaczenia ciężaru cementu nasypanego luźno, cement sypie się ostrożnie z łyżki na płaszczyznę gładką, o długości 0,5 m, pochyloną względem poziomu pod kątem 45° (rys. 138). Z płaszczyzny tej cement wpada do naczynia, o objętości 1 l, którego wierzch znajduje się o 1 cm niżej od spodniego krańca płaszczyzny pochyłej. Skoro naczynie jest napelnione, ścina się ostrożnie nadmiar, bez wstrząsania naczyniem. Ciężar w kg cementu, zawartego w naczyniu, jest ciężarem rzeczywistym 1 dm³ cementu w stanie luźnym. — W celu oznaczenia ciężaru cementu ubitego, uderza się naczyniem o stół i postukuje się o ściany naczynia młotkiem drewnianym, dosypując przytem cement, dopóki osiadanie się cementu nie ustanie. Naciskanie lub ubijanie cementu znajdującego się w naczyniu nie jest dozwolone. Ciężar w kg cementu, zawartego w naczyniu, po ustaniu osiadania się cementu, jest ciężarem rzeczywistym 1 dm³ cementu ubitego.



Rys. 138.

W następującej tabelicy podane są ciężary rzeczywiste niektórych cementów portlandzkich, w stanie ubitym i w stanie nasypnym luźno, w kilogramach na jeden hektolitr i w pudach na jedną stopę sześcienną angielską, na podstawie doświadczeń przeprowadzonych w pracowni mechanicznej Instytutu inżynierów komunikacyj w Petersburgu w 1890 r.

F a b r y k a	W stanie ubitym		W stanie nasypnym luźno	
	Ciężar 1 stopy sześc. w pudach	Ciężar 1 hl w kg	Ciężar 1 stopy sześc. w pudach	Ciężar 1 hl w kg
K. Schmidt w Rydze	3,01	176	1,95	113
Port-Kunda w Rewlu (Estlandya)	2,85	165	1,75	101
E. Liphardt w Szezurowie	3,20	185	2,01	116
Tow. udział. moskiewskie w Podolsku	3,15	182	2,09	121
Głuchoozersk w Petersburgu	3,16	183	2,09	121
Czarnomorska w Noworosyjsku	2,70	156	1,75	101
Grodziec pod Będzinem	3,09	179	2,06	119
Wysoka pod Łazami	3,27	180	2,09	121
White w Londynie	2,80	162	1,75	101

b) *Oznaczenie wytrzymałości na ściskanie.* W budowlach zaprawy wystawione są głównie na działanie sił ściskających. Z tego powodu przy oznaczaniu wytrzymałości, należało by zwracać głównie uwagę na wytrzymałość na ściskanie. Ponieważ jednak przy oznaczaniu wytrzymałości na ściskanie, przygotowanie ciałek próbnych przedstawia pewne trudności i wymaga znacznej wprawy, gdyż przy próbach wytrzymałości na ściskanie wynik doświadczenia jest w stopniu wysokim zależny od prawidłowego kształtu ciałka próbnego i ponieważ nadto odnośne przyrządy są kosztowne, a z powodu znacznych wymiarów trudne do pomieszczenia, gdy tymczasem wytrzymałość na rozciąganie może być oznaczona bez żadnych trudności, przy zastosowaniu przyrządów stosunkowo tanich i w użyciu podręcznym dogodnych, przeto, w myśl wniosków Grant'a i Michaëlis'a, zgodzono się powszechnie w czasach nowszych, jako miarę wytrzymałości zapraw cementowych uważać ich wytrzymałość na rozciąganie, tem bardziej, że wytrzymałość na rozciąganie jest rzeczywiście miarą spójności składników zaprawy. To też w warunkach technicznych, które powyżej przytoczyliśmy, wymagane są próby tylko na rozciąganie. Niemniej jednak przy dokładnem badaniu własności cementu, przeprowadzane są także doświadczenia nad wytrzymałością na ściskanie, tem bardziej, iż stanowią one jedyną słuszną podstawę do porównawczego ocenienia różnych cementów.

Do prób wytrzymałości na ściskanie używane są najczęściej: prasa wodna Brink'a i Hübn'er'a w Mannheim, przyrząd Suchier'a w Frankfurcie n. M. (p. str. 404), albo też przyrząd drógowy Schickert'a w Dreźnie, którego cena wraz z formami metalowemi, przyrządem do mechanicznego wyjmowania ciałek próbnych z form i zapakowaniem, lecz bez przewozu i cla, wynosi około 1200 marek. Ceny pras wodnych są znacznie wyższe (3000—6000 m.). W pracowni mechanicznej przy szkole politechnicznej w Zurychu używany jest od lat kilku do prób wytrzymałości na ściskanie przyrząd pomysłu prof. Tetmajer'a, wykonany w pracowni prof. Amster-Laffon'a (n. schweizerischer Normalapparat zur Prüfung der Druckfestigkeit hydraulischer Bindemittel). — Ciałka próbne do doświadczeń przygotowywane są na przyrządzie młotkowym pomysłu Böhme'go, o którym już powyżej wspominaliśmy.

c) *Porowatość* zapraw cementowych oznaczana jest tylko wtedy, gdy zaprawy, ze względu na ich zastosowanie, mają być nieprzemakalne. Według Frühling'a stopień nieprzemakalności zapraw może być oznaczony bez użycia specjalnych przyrządów w sposób następujący: Z zapraw, które mają być poddane badaniu porównawczemu, wyrabia się walce, o jednakowych wymiarach. Po pewnym czasie, gdy walce już do pewnego stopnia stwardnieją, należy je wysuszyć przy temperaturze 100° C. i następnie ustawić w naczyniu płaskiem, zawierającym warstwę wody o głębokości 1 *cm*. Powierzchnie boczne walców, na całej wysokości zanurzenia w wodę, należy poprzednio pokryć łojem, woskiem ciepłym, lub pokostem żywicznym. Oczywiście, że woda wsiąkać będzie w walce ustawione w naczyniu tylko przez ich podstawę, przyczem woda wzniesie się w walcach tem wyżej, im bardziej porowata, czyli im mniej ścisła, jest masa. — Inny sposób oznaczenia porowatości, dogodniejszy w zastosowaniu, wskazany został przez Klose'go. Za pomocą form, których przygotowanie nie przedstawia trudności, wyrabia się z czystej zaprawy cementowej naczynia, o wysokości 8 — 10 *cm*, przy grubości ścianek około 10 *mm*. Podczas napelniania formy zaprawą, która winna być dostatecznie gęsta, baczyć należy, ażeby nie

tworzyły się pęcherzyki powietrzne. Po odwiązaniu się zaprawy, należy naczynia ostrożnie wyjąć z form i ustawić na powietrzu, w miejscu cieniście. Jeżeli naczynia przechowywane są w miejscu suchym, to w czasie pierwszych trzech tygodni twardnienia należy je w pewnych odstępach czasu zanurzać w wodę. Po trzech miesiącach naczynia już suche i dostatecznie stwardniałe napełnia się w $\frac{3}{4}$ wodą, przyczem w miarę ulatniania się wody dolewać należy wodę świeżą. Jeżeli zaprawa jest nieprzemakalną, to powierzchnia zewnętrzna naczyń nawet po kilku tygodniach pozostaje suchą.

Znacznie dokładniej może być oznaczony stopień porowatości za pomocą przyrządów, obmyślonych w tym celu przez Frühling'a, Michaëlis'a, Hauenschild'a i Raasche'go.

d) *Odporność na działanie mrozu* można oznaczyć dokładnie tylko przez wystawienie ciałek próbnych, nasyconych wodą, na wpływy zmian atmosferycznych, w czasie kilku zim, przyczem podczas mrozów, należy ciałka próbne codziennie odtajać i ponownie na działanie mrozu wystawiać.

e) *Wytrzymałość połączenia zaprawy z kamieniem* może być oznaczana na przyrządzie Michaëlis'a, służącym do rozrywania ciałek próbnych (p. str. 404). Potrzebne są jednak do tego celu przybory dodatkowe, których komplet, bez przewoźu i cla, kosztuje około 85 marek.

f) *Spostrzeżenia nad zmianami temperatury podczas wiązania* czynione są za pomocą przyrządu, którego cena wraz z termometrem wynosi około 15 marek.

6) Próby odręczne. Jak to już zaznaczyliśmy (p. str. 413), zbadanie dokładne własności cementu jest niezbędnem tylko przy dostawach większych do robót długotrwałych, gdy tymczasem przy dostawach mniejszych do zwykłych robót budowlanych można ograniczyć się na pewnych próbach odręcznych, dających się wykonać bez trudności na miejscu budowy. Do prób tych brać należy ciałka próbne, przygotowane już to z zaprawy czystej, już to z zaprawy zwykłej, z przymieszką piasku, przyczem jednak pamiętać należy, że jeżeli wyniki prób mają stanowić miarę rzeczywistą własności cementu i służyć za podstawę do porównawczego ocenienia różnych cementów, to próby winny być wykonywane koniecznie w sposób jednostajny, na ciałkach próbnych przygotowywanych w sposób jednakowy, przy temperaturze pokojowej i możebnie jednostajnej, oraz przy użyciu piasku normalnego. W razie nieprzestrzegania tych warunków, wyniki prób mogą doprowadzić do wniosków całkiem błędnych. Do ciałek próbnych brać należy mieszaninę cementu z kilku beczek jednej i tej samej fabryki. Każde doświadczenie należy powtórzyć kilkakrotnie.

Za pomocą prób odręcznych, o których mowa, można rozpoznać: prędkość tężenia zaprawy w powietrzu i w wodzie, wytrzymałość połączenia zaprawy z kamieniem, oraz stałość objętości. — Oczywiście, że własności te mogą być na podstawie prób odręcznych oznaczone tylko w przybliżeniu.

a) *Oznaczenie prędkości tężenia.* Pewną ilość cementu zarabia się z taką ilością wody, ażeby mieszanina miała gęstość piasku wilgotnego. Z mieszaniny tej urabia się w ręce kulki i otrząsa się je ze zbytnej wody, przez co masa w kulkach staje się gęstsza, spoistsza i ciągliwa (plastyczna). Kulki te ułożyć należy na powietrzu, w miejscu wilgotnem, poczem zanotować należy czas wiązania. Podczas wiązania się temperatura nie powinna w sposób widoczny wzrastać. Po ukończeniu wiązania się kilka kulek zanurzyć należy w wodę. Jeżeli czas wiązania się kulek w powietrzu nie jest krótszym aniżeli 20 minut, to przypuszczać

można, że przy gęstości zaprawy murowej, wiązanie będzie ukończonem nie prędzej aniżeli po 30 minutach i że zatem dany cement należy do tężących powoli; jeżeli zaś czas wiązania kulek w powietrzu wynosi mniej aniżeli 20 minut, to dany cement należy uważać jako tężący prędko.—Kulki zanurzone w wodę winny, stopniowo twardniejąc, stale zachowywać kształt pierwotny, przyczem w 24 godziny winny stwardnieć o tyle, ażeby pod naciskiem lekkim nie pozostawiały ślady. Jeżeli kulki nie czynią zadość tym wymaganiom, jeżeli w wodzie kruszą się, pękają, albo rozpadają się, a także jeżeli na powierzchni kulek, przechowywanych na powietrzu lub w wodzie, pojawiają się plamy żółtawe albo rdzawe, to dany cement nie jest odpowiednim do robót budowlanych. Jeżeli zaś kulki wytrzymują powyższą próbę, to przypuszczać można, że zaprawa z danego cementu będzie tężać prawidłowo i po 3 miesiącach stwardnieje, jakkolwiek i w czasie dalszych 20 — 24 miesięcy, wytrzymałość jej stopniowo, choć już nieznacznie, może się zwiększać.—Stopień twardości i wytrzymałości może być rozpoznawany na podstawie prób odręcznych tylko w przybliżeniu, naprzykład przez ocenianie siły potrzebnej do rozbijania ciałek próbnych już stwardniałych.

b) *Wytrzymałość połączenia zaprawy z kamieniem.* Pewną ilość zarobionej zaprawy układa się na dachówkach lub na ceglach, dobrze lecz nie zbyt mocno wypalonych i mających powierzchnie szorstkie, nie zaś gładkie lub zeszlone. Po odwiązaniu się zaprawy kilka z tych ciałek próbnych zanurzyć należy w wodę, pozostałe zaś pozostawić na powietrzu; przyczem zaprawa tężąc w wodzie i na powietrzu nie powinna pękać, ani od cegły lub dachówki odpadać; nadto zaprawa tężąca w wodzie nie powinna zmięknąć. Po stwardnieniu, na powierzchni ciałek próbnych nie powinny tworzyć się plamy żółte lub rdzawe. Zaprawa po stwardnieniu winna być połączona z cegłą lub dachówką tak mocno, ażeby można było odłączać ją jedynie przy użyciu siły stosunkowo znacznej i to tylko małemi kawałkami, przyczem odpadające kawałki zaprawy winny porywać z sobą cząstki cegły lub dachówki.

W tym samym celu stosowaną jest próba następująca, zalecona przez Bernouilli'ego: Do powierzchni poziomej, albo też do spodu sklepienia, muruje się słup pionowy wiszący, z cegły na krzyż, przy użyciu zwykłej zaprawy cementowej. Po stwardnieniu zaprawy rozrywa się jedną ze spoin przez obciążenie cegły pod nią znajdującej się. To obciążenie cegły nie przedstawia w wykonaniu trudności, gdyż dość jest na końcach sterczących cegły zawiesić klamry żelazne lub liny, dźwigające bal, na który kładzie się ciężar; przyczem jednak pamiętać należy, że jako obciążenie działa tu nie tylko ciężar położony na balu, lecz także ciężar bala i lin lub klamer, oraz ciężar części słupa murowanego poniżej spoiny rozrywanej. Doświadczenie to należy powtórzyć na dziesięciu słupach. Za pomocą tej próby można ocenić bezpośrednio wytrzymałość na rozciąganie danej zaprawy.

Częstokroć stosowaną jest także próba następująca: Do powierzchni pionowej (np. do powierzchni muru) muruje się belkę poziomą z cegły, przy użyciu zwykłej zaprawy cementowej, dopóki belka pod własnym ciężarem nie oberwie się. Sposób ten jest znacznie mniej dokładny i łatwiej prowadzi do wniosków mylnych, aniżeli sposób Bernouilli'ego.

c) *Siła objętości.* Pewną ilość cementu zarabia się z wodą, a otrzy-

maną stąd zaprawą czystą napelnia się małe naczynia szklane, o ściankach cienkich, przyczem baczyć należy, ażeby nie tworzyły się w naczyniach pęcherzyki powietrzne. Podczas wiązania się zaprawy, naczynia nie powinny się rozgrzewać w stopniu dającym się odczuć przy dotykaniu ręką. Naczynia napelnione zaprawą należy przechowywać w miejscu suchem i od czasu do czasu zanurzać w wodę. Jeżeli cement podczas wiązania rozgrzewa się znacznie, to już po kilku godzinach naczynie szklane pęknie, wskutek zwiększania się objętości zaprawy. Taki cement jest niezdatnym do użytku; może on wprawdzie stwardnieć, lecz w kilka miesięcy po stwardnieniu, zaprawa pęka i rozpada się. — Jeżeli naczynie szklane pęka w kilka dni po zarobieniu zaprawy, to cement jest wątpliwej dobroci; ciałka próbne z takiego cementu przygotowane twardnieją wprawdzie prawidłowo, lecz po stwardnieniu mają wytrzymałość mniejszą aniżeli zaprawy z cementu dobrego. Nadto wytrzymałość zaprawy z takiego cementu po pewnym czasie zmniejsza się, przyczem spójność pomiędzy cząstkami zaprawy słabnie i zaprawa po kilku miesiącach, niekiedy zaś po kilku latach, pęka lub kruszy się. — Jeżeli naczynie szklane pęka dopiero po 14 — 28 dniach, to cement jest odpowiednim do zwykłych zapraw mularskich z przymieszką piasku, zarabianych z nadmiarem wody. — Jeżeli wreszcie naczynie szklane pęka dopiero po 4 tygodniach, to zwiększanie się objętości danego cementu uznać należy za bardzo nieznaczne i nieszkodliwe.

Próba ta w czasach nowszych rzadko jest stosowaną, gdyż z powodu niejednakowej sprężystości szkła, niejednostajnej zazwyczaj grubości ścianek naczynia i t. p., wnioski, oparte na wynikach tej próby rzadko są słusznymi. O wiele dokładniejszą jest próba zalecona w § 5 „warunków technicznych“ (p. str. 424).

d) *Próba ogólna.* W celu doraźnego przekonania się czy dany cement nie jest całkiem złym, może być wykonana próba następująca: Z czystej zaprawy cementowej przygotowuje się dwa małe placki, o średnicy około 10 *cm*, z których jeden, natychmiast po odwiązaniu się zaprawy, należy zanurzyć w wodę, drugi zaś pozostawić na powietrzu. Podczas wiązania zaprawa nie powinna ogrzewać się w sposób widoczny. Jeżeli w czasie trzech dni na którymkolwiek z placków pojawią się plamy żółtawe, lub rdzawe, albo jeżeli w krawędziach placka zanurzonego w wodę pojawią się rysy promieniste, to dany cement jest wątpliwej dobroci; jeżeli zaś placek zanurzony w wodę pęka lub rozpada się, to dany cement jest niezdatny do użycia.

8. Malowanie wypraw z cementu portlandzkiego.

Wyprawa z cementu portlandzkiego, która ma być pomalowana farbą olejną, winna najprzód doskonale stwardnieć i zupełnie wyschnąć. Na świeżej wyprawie cementowej farba olejna nie jest trwałą. Węgiel wapnia bowiem, oraz zasady cementu, które na powierzchni wyprawy świeżej widzieć można często w postaci kropelek, wiążąc się z olejem farby, tworzą masę miękką (mydło), niszczącą farbę. Pod wpływem tych czynników farba płowieje, traci połysk, a następnie staje się stopniowo lepka, mażącą i odpada od wyprawy, lub daje się łatwo od wyprawy odłaczać. Z tego powodu wyprawę malować należy dopiero w rok po założeniu. Skoro albowiem wyprawa wystawiona jest przez czas dłuższy na wpływy zmian

atmosferycznych, to zasady wylugowane zostaną przez deszcz, a tem samem przestaną być szkodliwemi. W pomieszczeniach wewnętrznych budynku można ten sam skutek osiągnąć przez częste zmywanie wyprawy wodą czystą.

Jeżeli wyprawa ma być malowana przed zupełnem stwardnieniem i wyschnięciem, to przed malowaniem farbą olejną należy wyprawę zmyć rozcieńczonym kwasem siarczanym (1 cz. zgęszczonego kwasu siarczanego handlowego na 100 cz. wody) i malować dopiero po wyschnięciu wyprawy. Zamiast kwasu siarczanego można wziąć siarczan żelaza (witryol zielony). Nieco mniej korzystnym jest rozcieńczony kwas solny, gdyż przy użyciu kwasu solnego tworzy się łatwo chlorek wapnia, podtrzymujący stale wilgoć w murze. — Frühling radzi unikać kwasów i zaleca brać roztwór z 2 cz. amoniaku w 100 cz. wody; zwłaszcza dobrze ma nadawać się do tego celu sól amoniaku (węglan amonu), która wskutek dłuższego pozostawiania na powietrzu rozpadła się. W 20 dni po założeniu wyprawy należy powierzchnię jej pociągnąć roztworem 100 g rzezczonej soli w 10 l wody zimnej lub co najwyżej letniej. Po wyschnięciu, powierzchnia wyprawy ma barwę jednostajną, szarą. Farby olejne na wyprawie w ten sposób przygotowanej trzymają się dobrze.— Sels radzi, w celu zubożenia wpływu zasad cementu, powierzchnię wyprawy, która ma być pomalowana farbą olejną, najprzód obficie i kilkakrotnie skropić wodą, następnie zaś, po 8 dniach, dwukrotnie powlec kwasem tłuszczowym oleju lnianego (n. *Leinölfettsäure*). — Stosowano nadto w tymże celu roztwór szelaku.

Skuteczność tych środków, zwłaszcza dla cementu stale lub czasowo wystawionego na przystęp wilgoci, jest w ogóle ograniczoną; skuteczniejszemi znacznie są farby ze szkłem wodnym, czyli t. zw. farby stereochromowe, których zastosowanie objaśnione jest w rozdziale IV działu niniejszego.

E) Cementy mieszane.

Cement mieszany (fr. ciment mixte; n. gemischter Cement) jest to mieszanina gotowych zapraw wodotrwałych, do której dodawane są często różne przymieszki obce. Cementy mieszane, zależnie od gatunku składnika głównego, noszą nazwy różne. — Nadto zaliczyliśmy do tej grupy wszystkie cementy nie podpadające pod inne grupy przyjętej klasyfikacji.

1) *Cement selenitowy Scott'a*. W 1854 r. inżynier angielski H. Y. D. Scott zauważył, że wapno gryzące, rozżarzone do czerwoności i poddane działaniu pary z siarki palącej się, traci własność gaszenia się w wodzie, a po sproszkowaniu i zarobieniu z wodą daje zaprawę wodotrwałą. Do wyrabiania takiej zaprawy wapnienie posiadające własności wodotrwałe nadają się lepiej aniżeli wapnienie używane do zaprawy powietrznej. Zaprawa w ten sposób otrzymanywana, zwana *cementem Scott'a*, była stosowaną w Anglii do budowy twierdz.— Następnie Scott, opierając się na badaniach własnych i Fr. Schott'a, zmienił sposób postępowania, zauważył bowiem, że przez dodanie pewnej ilości gipsu do wody, przed gaszeniem wapna, otrzymuje się również zaprawę wodotrwałą, która pod względem własności różni się znacznie od wspomnianego powyżej cementu Scott'a i przytem jest o wiele tańszą. Tę zaprawę, którą Scott nazwał *zaprawą selenitową* (a. selenitic mortar), przygotowuje się w sposób następujący: Do wody

daje się 2 — 5% gipsu, a po należytem zmieszaniu wkłada się wapno i zarabia się w młynku na mufek gęsty, co wymaga 3 — 4 minut czasu; następnie dodaje się piasek i mieszaninę przerabia się ponownie na młynku przez 10 minut. Zamiast gipsu, można, jak twierdzi Scott, brać kwas siarczany, witryol zielony (siarczan żelaza) lub inny podobny siarczan.—Wapno w wodzie zawierającej gips nie gasi się wcale lub gasi się niezupełnie i nie rozgrzewa się, a daje zaprawę, która znosi dwa razy więcej piasku aniżeli zaprawa zwykła powietrzna, przytem twardnieje prędko, po stwardnieniu zaś ma wytrzymałość większą aniżeli zaprawa powietrzna. Fr. Schott dowiódł, że do zaprawy selenitowej wapno palone gaszące się w wodzie powoli jest znacznie odpowiedniejszym aniżeli gaszące się prędko.

Z zaprawy selenitowej, z domieszką piasku białego i ostrego, wyrabiane są w Anglii kamienie sztuczne, które pod względem wytrzymałości i wyglądu współzawodniczą z najpiękniejszymi odmianami piaskowca.

Podobnymi własnościami odznacza się *cement Schott'a*, wyrabiany przez firmę Lake w Londynie (od 1872 r.), oraz *cement Landrin'a*.

Cement Schott'a wyrabiają mieszając anhydryt (bezwodny, gips bezwodny) naturalny, w stanie sproszkowanym, z 73,5% wapienia lub kredy, także sproszkowanymi; mieszaninę tę, po stopieniu w piecu pudlingowym Siemens'a, rozdrabnia się na proszek miałki.

Cement Landrin'a składa się z 25% gipsu i 75% wapna.

2) Cementy magnezyowe i dolomitowe. Magnez czysty posiada własności wodotrwałe, t. j. daje zaprawę wodną. Własność tę magnezu zauważył najprzód Macleod (1826), a badali następnie Vicat (1836), Pasley (1847) i inni. Wyniki tych badań zużytkowali najprzód Sorel (1867) i St. Claire-Deville (1865).

Sorel zauważył mianowicie, że magnezyna palona (tlenek magnezu), zmieszana z roztworem chlorku magnezu (w mocy 20 — 30° Beaume'go), rozgrzewa się i prędko tężyje, przyczem przekształca się na masę twardą i wytrzymałą, która, podobnie jak cement portlandzki, pod wpływem wody staje się coraz twardszą. Masę tę nazwał Sorel *cementem magnezowym*. Obecnie istnieją w handlu liczne odmiany cementu magnezowego, wyrabiane przeważnie w okolicach, w których występuje obficie magnezyt (naturalny węglan magnezu).

Cement magnezowy miewa najczęściej barwę jasną, daje zaś zaprawę, która po stwardnieniu odznacza się znaczną wytrzymałością, lecz nie jest zupełnie wodotrwałą. Cement ten przyjmuje wiele piasku i używany jest z tego powodu do wyrabiania kamieni sztucznych, a zmieszany z farbami służy do wyrabiania posadzek mozaikowych, ozdób architektonicznych i t. p., a także do wyrabiania sztucznej kości słoniowej, bil bilardowych i t. p.—Wyroby z cementu magnezowego odznaczają się pięknym wyglądem zewnętrznym, lecz niewielką odpornością na wpływy wilgoci atmosferycznej.—Cement magnezowy służy także do spajania metalów, oraz do spajania metalu ze szkłem i t. d.—Zaprawa z cementu magnezowego jest odporną na działanie tłuszczów i z tego powodu używaną jest do spajania w lampach zbiorników szklanych z podstawami metalowymi i t. p.

St. Claire-Deville zauważył, że magnezyna w kawałach, otrzymana przez rozżarzenie chlorku magnezu, poddana przez czas dłuższy działaniu strumienia

wody, przekształca się na masę, mającą ciężar właściwy i wytrzymałość taką samą jak marmur, lecz twardość większą aniżeli marmur.—Deville zauważył nadto, że mieszanina z części równych kredy sproszkowanej lub marmuru sproszkowanego z magnezją tartą, zarobiona z wodą, tworzy masę nieco ciągliwą (plastyczną), dającą się formować, a która zanurzona na pewien czas w wodę, nabiera znacznej wytrzymałości. Masa ta nadaje się do odlewania ozdób architektonicznych, posążków i t. p.

Dalsze badania Deville'a i Hauenschild'a udowodniły, że dolomit, po słabem wypaleniu (w temperaturze 300 — 400° C.), w wodzie prędko twardnieje i przekształca się na masę kamienistą. Dolomit wypalony w znacznie wyższej temperaturze i sproszkowany, gasi się szybko w wodzie i ogrzewa się przytem znacznie. Taki proszek zarobiony z wodą daje masę, która, tak samo jak gips, służy do odlewów. Odlewy te na powietrzu nabierają tak znacznej twardości, że paznokciem rysować ich nie można.

Na tych własnościach dolomitu opiera się fabrykacja *cementu dolomitowego* (p. str. 360), który w bardzo licznych odmianach, wyrabiany jest w fabrykach zagranicznych, a także w fabryce Schmidt'a w Rydze. Najdawniejszą z tych odmian stanowi tak zwany *cement medina*, wyrabiany przez firmę Francis Brothers and Pott w Londynie, z dolomitu i gliny zawierającej żelazo. Cement medina posiada mniejszą wytrzymałość aniżeli cement portlandzki, lecz jest znacznie tańszym i lepiej znosi działanie wody morskiej.

Sposób przygotowywania odlewów z cementu dolomitowego udoskonalcony został głównie przez prof. M. Glasenapp'a w Rydze; zaś Biedermann zauważył, że trwałość wyrobów z cementu dolomitowego jest bardzo zmienną i zależną głównie od składu zaprawy.

Z odmian cementu magnezynowego zasługują na wyróżnienie: cement *albolith*, wyrabiany przez firmę W. Riemann w Wrocławiu, służący głównie do przygotowywania pomniejszych ozdób architektonicznych, oraz cement *cajalith*, z którego w fabryce F. A. Schmidt'a w Dreźnie wyrabiane są ozdoby architektoniczne do wnętrza budynków, bardzo twarde i pięknie polerowane.

3) Cementy barytowe. W czasach nowszych starano się wapno w cemencie portlandzkim częściowo lub całkowicie zastąpić przez tlenek barytu (p. str. 360). Takie cementy, zwane *barytowemi*, wyrabiane według sposobów podanych przez A. Allain'a i J. Aaron'a, dają zaprawę odpowiednią dla robót nadwodnych, lecz nieprzydatną dla robót wodnych; jakkolwiek według zapewnień fabrykantów zaprawa ta, po stężeniu ma być twardszą aniżeli zaprawy z innych cementów i ma być trwałą w wodzie morskiej.

4) Cementy marglowe. *Cementy marglowe* wyrabiane są z ziemi marglowej (margli łąkowych) w ten sposób, że z ziemi marglowej, odpowiednio przechowywanej w dołach, formowane są cegielki, które po wypaleniu w piecach ceglarskich zwykłych, albo też w piecach umyślnie w tym celu zbudowanych, rozdrabniane są na proszek mialki. Cementy takie, zależnie od stopnia dobroci, są więcej lub mniej wodotrwałe i przyjmują piasek w większej lub mniejszej ilości; w ogóle zaś należą do cementów poślednich, lecz są bardzo tanie.

5) **Cementy białe.** *Cementy białe* używane są przeważnie do ozdób architektonicznych.

H. Creuzburg wyrabia cement biały, mieszając glinę sproszkowaną z kredą paloną sproszkowaną, w stosunku 1 : 1 lub 1 : 2 i zarabiając tę mieszaninę z roztworem sody ($\frac{1}{8}$ kg sody na 1 l mieszaniny) na ciasto, które przerabiane jest na masę możebnie jednorodną. Z masy tej formowane są cegielki, które po wysuszeniu i wypaleniu rozdrabniane są na proszek miazki. Ten cement może służyć także do gruntowania pod cementy zabarwione.

O. Fahnejelm wyrabia cement biały, mieszając 75 cz. czystej kredy pławionej (szlamowanej) i 25 cz. kaolinu pławionego. Mieszanina ta po wypaleniu jest rozdrabniana na proszek, który służy do wyrabiania pięknych ozdób architektonicznych. Odporność takich wyrobów na wpływy czynników atmosferycznych można zwiększyć przez nasycenie warstwy zewnętrznej roztworem szkła wodnego.

W. Berkefeld w Celle pod Hannoverem wyrabia cement biały, mieszając 75 cz. kredy i 25 cz. okrzemkówki. Kreda i okrzemkówka nie powinny zawierać żelaza. Mieszanina zarabia się roztworem z 3,5 cz. potażu lub sody, a po wypaleniu rozdrabniana jest na proszek miazki.

A. Seibel w Szczecinie wyrabia cement biały z mieszaniny krzemionki z wapnem gryzaczem. Mieszanina ta, po zarobieniu z roztworem chlorku wapnia lub roztworem soli kuchennej i rozżarzeniu, daje cement prędko tężący.

Znany powszechnie *cement Ransome'a*, odznaczający się piękną barwą, wyrabiany jest z dobrze odplawionej gliny, do której dodaje się pewną ilość kredy i kaolinu. Mieszanina wypalana bywa w retortach. — Cement ten z wyglądu podobny do marmuru, twardnieje prędko, a po stwardnieniu posiada znaczną wytrzymałość, jest jednak droższy aniżeli cement portlandzki. — Niekiedy do mieszaniny dodawana jest okrzemkówka, a w odmianach tańszych — żużle z pieców wielkich.

C. Heintzel w Lüneburgu wyrabia cement biały do odlewów, który zarobiony z wodą nie twardnieje, zarobiony zaś z roztworem szkła wodnego daje masę prawidłowo tężącą. Cement ten wyrabiany jest z mieszaniny kwarcu i kredy, nie zawierających żelaza; mieszanina po wypaleniu, rozdrabniana jest na proszek miazki. Proszek taki w stanie czystym, lub z przymieszką piasku, zarabia się z roztworem szkła wodnego na ciasto rzadkie, które wlewa się w odpowiednie formy.

6) **Cement ogniotrwały** (n. *Plastischer Dinaskrystall*). Cement ten, pomysłu H. Neuenheuser'a, wyrabiany jest w fabryce Fr. Coblenzer'a w Kolonii, ma wygląd proszku miazkiego, barwy szaro-białej. Zarobiony z wodą daje masę gęstą, ciągliwą (plastyczną), którą można urabiać w dowolne, choćby najbardziej złożone kształty. Masa podczas wysychania kureczy się w stopniu większym lub mniejszym, zależnie od ilości wody użytej; po wyschnięciu jednak nie zmienia już kształtów swych nawet przy rozżarzeniu do czerwoności. Dzięki tej własności, cement, o którym mowa, stosowany jest do robót wystawionych na wysokie temperatury, np. do obmurowań palenisk i t. p., i służy do wyrabiania kamieni ogniotrwałych. Używany jest tylko w połączeniu z wodą, bez przymieszki innych

materyałów (a więc i bez wapna), przyczem ilość wody zależną jest od rodzaju danej roboty: do murów i tynków bierze się wody znacznie więcej, aniżeli do kamieni sztucznych.

F) Cementy pucolanowe.

Cement pucolanowy (fr. ciment puzzolane; n. Puzzolan-Cement) jest to mieszanina ścisła wodanu wapnia (wapna gaszonego), w postaci proszku, z przymieszkami wodotrwałymi (pucolanami), rozdrobnionymi na proszek bardzo miążki, pyłkowaty. Zaprawy z cementów pucolanowych mają przeto takie same części składowe jak zwykłe zaprawy pucolanowe, składają się bowiem również z proszku wapiennego, otrzymywanego przez gaszenie wapna na sucho i przymieszki wodotrwałej, zmielonej na proszek miążki; różnią się jednak od zwykłych zapraw pucolanowych tem, że mieszanie części składowych uskuteczniane jest nie na miejscu budowy, lecz w fabryce, przy użyciu odpowiednich przyrządów i po odpowiedniem przygotowaniu i oczyszczeniu części składowych. A że dobroć zaprawy pucolanowej jest w stopniu wysokim zależną od stosunku ilościowego składników, który dla każdej przymieszki wodotrwałej winien być umiejętnie wypróbowany, oraz od starannego oczyszczenia i dokładnego przemieszania tychże składników, przeto cementy pucolanowe wyrabiane w fabrykach są w ogóle znacznie lepsze aniżeli zaprawy pucolanowe przygotowywane na miejscu budowy.

Własności, a także nazwy, cementów pucolanowych są zależne od gatunku przymieszki wodotrwałej; tak np. *cement trasowy* jest mieszaniną wodanu wapnia z trasem; *cement żuźłowy* jest mieszaniną wodanu wapnia z żuźłami z pieców wielkich i t. d. Wszystkie cementy pucolanowe, w sposób właściwy w fabrykach przygotowywane, mają wygląd mączki miążkiej, w dotknięciu miękkiej, której barwa jest również zależną głównie od gatunku przymieszki wodotrwałej. Cementy pucolanowe zarobione z wodą nie rozgrzewają się i najczęściej wiążą się powoli; podczas tężenia nie pęcznieją, lecz często ujawniają skłonność do pękania wskutek nierównomiernego zsychniania się (kurczenia) zaprawy.

Cement żuźłowy (fr. ciment de laitier; n. Schlacken-Cement), będący mieszaniną wodanu wapnia z żuźłami z pieców wielkich, jest jedynym dotychczas cementem pucolanowym wyrabianym fabrycznie na skalę większą, a to z powodu, że z pomiędzy pucolan naturalnych i sztucznych, żuźle z pieców wielkich najlepiej nadają się do wyrabiania cementu i że żuźle są materiałem tanim, lub całkiem bezwartościowym. Żuźle z pieców wielkich bowiem zalegają w ilości znacznej place przy wielu zakładach fabrycznych, stanowią często zawadę, gdyż, zajmując dużo miejsca, tamują swobodny rozwój fabrykacyi i wskutek tego chętnie są oddawane przez właścicieli zakładów darmo. Ta okoliczność jest przyczyną, że cement żuźłowy może być wyrobem bardzo tanim, co rokuje mu szersze zastosowanie, tem bardziej, że wyrabianie cementu żuźłowego nie wymaga urządzeń kosztownych, ani znaczniejszego kapitału nakładowego i może stanowić przedmiot przemysłu drobnego.

1) *Składniki cementu żuźłowego.* Dwoma głównymi częściami składowymi cementów żuźłowych są: żuźle z pieców wielkich i wodan wapnia (wapno gaszone). Niekiedy jednak do wyrobu już gotowego dodawane są pewne przymie-

szki wodotrwałe, już to w celu polepszenia wyrobu, już to w celu ujednostajnienia jego własności. Tak np. można niekiedy udoskonalić wyrób gotowy i ujednostajnić jego własności przez domieszkę żużli, mających inny skład chemiczny aniżeli żużle do cementu użyte, lecz pochodzące także z pieców wielkich, albo też przez domieszkę krzemionki niekrystalicznej, mączki z gliny palonej i t. p. — W niektórych fabrykach, zamiast żużli brane są do cementu żużłowego t. zw. „kompozycje żużłowe“, wyrabiane w kilku odmianach, wprowadzone w użycie najprzód przez Michaëlis'a, a zalecane nie tylko dla cementu żużłowego, lecz także na przymieszkę do cementów portlandzkich. Te „kompozycje żużłowe“ mają zawierać 70—80% krzemionki i pewną ilość glinki; skład ich chemiczny i sposób przygotowywania nie są jednak bliżej znane, a wpływ ich na własności cementu nie jest dotychczas dostatecznie wyjaśniony.

a) *Żużle z pieców wielkich* (fr. laitiers de hauts fourneaux; n. Hohofenschlacke) (p. str. 346) są to krzemiany glinu i wapnia, z domieszką tlenków i siarków różnych metali. Do cementu używane są żużle dzięki temu, że zawierają krzemionkę niekrystaliczną, która wiążąc się z wapnem nadaje mu własności wodotrwałe. Nie wszystkie jednak żużle z pieców wielkich mogą być brane do wyrabiania cementu, gdyż nie tylko żużle pochodzące z różnych pieców, idących na różnym paliwie i wytapiających różne rudy, lecz nawet żużle pochodzące z jednego i tego samego pieca, w różnych okresach fabrykacji, mogą mieć własności rozmaite i dawać cement bardzo rozmaitej dobroci. Przydatność żużli do wyrabiania cementu jest niewątpliwie zależną od ich gatunku, oraz od ich składu chemicznego, wpływ jednak tych czynników nie jest dotychczas dostatecznie wyjaśniony, wskutek czego obecnie o przydatności żużli do wyrabiania cementu sądzić można tylko na podstawie prób. Niewątpliwem natomiast jest, że żużle wietrzejące łatwo i rozpadające się na powietrzu są najczęściej nieprzydatne do wyrabiania cementu.

Badania podjęte w celu wyjaśnienia wpływu składu chemicznego żużli na własności cementu nie wyjaśniły dostatecznie sprawy. O ile jednak z badań dotychczasowych wnosić można, własność żużli wiązania się z wapnem, a tem samem przydatność ich do wyrabiania cementu, jest zależną głównie od ilości stosunkowej tlenku wapnia do krzemionki i tlenku glinu do krzemionki.—Zależnie od ilości stosunkowej tlenku wapnia do krzemionki, żużle dzielą się na kwasne i zasadowe. Do przerabiania na cement nadawać się mają szczególnie dobrze żużle silnie zasadowe, a mianowicie takie, w których stosunek tlenku wapnia do krzemionki wynosi około 1,5. Żużle, w których stosunek ten jest znacznie mniejszym i nie większym aniżeli 1,0, nie mogą być brane do wyrabiania cementu.—Własność żużli wiązania się z wapnem zwiększa się w miarę powiększania się stosunku tlenku glinu do krzemionki, jakkolwiek przy znacznej zawartości glinki, należy zwiększyć także ilość wapna w mieszaninie, dla otrzymania cementu odpowiedniej wytrzymałości. Najodpowiedniejszymi do cementów mają być żużle, w których stosunek glinki do krzemionki wynosi 0,15—0,5; gdyż przy stosunku większym tych składników, cement ujawnia skłonność do pękania.

W żużlach oprócz wymienionych powyżej składników głównych, jakimi są: krzemionka, oraz tlenki wapnia i glinu, znajdują się jeszcze różne związki siarkowe, których wpływ na przydatność żużli do cementu również nie jest dotychczas dostatecznie wyjaśniony. Związki siarkowe magnezu, żelaza i wapnia, są z natury nietrwałe, a przez ułatwienie się łatwo przechodzą w sole siarczane. Przypuszczać przeto można, że żużle zawierające takie związki siarkowe w ilości znaczniejszej są nieprzydatne do wyrabiania cementu, gdyż sole siarczane, pochłaniając wodę i powiększając swą objętość, mogą zniszczyć zaprawę; bezpośredniego je-

dnak dowodu na to dotychczas niema. Prof. Tetmajer sądzi, że nawet dość znaczna zawartość procentowa związków siarkowych w żużlach nie oddziaływa później szkodliwie na zaprawę i twierdzi, że w cemencie stosowanym do budowli w Hiszpanii, wyrabianym z żużli zawierających do 4,63% związków siarkowych, po trzech latach nie dostrzeżono żadnych wad. Prof. Lunge natomiast radzi żużle obfitujące w związki siarkowe poddawać podczas mielenia działaniu kwasu węglanego, w celu przekształcenia częściowego związków siarkowych na węglany.

Żużle przeznaczone do wyrabiania cementu winny być poddane pewnym czynnościom, są mianowicie najprzód ziarnowane, następnie zaś suszone i mielone.

Ziarnowanie czyli *drobienie*, zwane także *granulowaniem* (fr. granulation; n. Granulierung) polega na wpuszczeniu żużli stopionych, spływających z pieca, w koryto z wodą płynącą zimną, czyli na poddaniu żużli płynnych działaniu silnego prądu wody zimnej.

W celu otrzymania materiału dobrego na cement, ważnem jest przestrzeganie pewnych warunków przy ziarnowaniu żużli, gdyż własności żużli ziarnowanych są w znacznym stopniu zależne od stopnia płynności żużli, od ciśnienia, pod którym żużle spływają, od ich temperatury, oraz od temperatury wody, a także od prędkości, z jaką wykonywana jest sama czynność ziarnowania. Im gęstszymi i im mniej ciekłymi są żużle, im niższą jest ich temperatura, im cieplejszą jest woda i im mniejszem jest ciśnienie, pod którym żużle spływają, tem gorszymi są wyniki ziarnowania. Jedne i te same żużle mogą po ziarnowaniu mieć własności bardzo różne, zależnie od tego czy spływają w wodę w stanie rzadkim czy też w stanie gęstym, syropowatym. Najlepszy materiał do fabrykacji cementu otrzymuje się z żużli rozżarzonych do białości, spływających w stanie rzadkim, pod ciśnieniem możebnie wielkiem, przyczem jednak żużle takie winny być ziarnowane możebnie prędko w strumieniu obfitym wody zimnej, o prądzie silnym.

Żużle ziarnowane mają postać drobnych grudek gąbczastych, o powierzchni matowej, z wyglądu podobnych do ziarn pumeksu. Grudki te dają się łatwo przez mielenie rozdrabniać na proszek mialki.

Wpływ ziarnowania na własności cementu jest bardzo znaczny. Tetmajer dowiódł, że wytrzymałość na rozciąganie i ściskanie zapraw z 1 cz. cementu żużlowego i 3 cz. piasku jest znacznie większą przy użyciu cementu z żużli ziarnowanych i następnie mielonych, aniżeli przy użyciu cementu z żużli wprost mielonych bez poprzedniego ziarnowania. Wyniki przeciętne tych doświadczeń, do których brane były cementy żużlowe z fabryki szwajcarskiej Rolle, są następujące:

	Wytrzymałość w kg na cm^2 zaprawy przy użyciu:			
	cementu z żużli ziarnowanych i następnie mielonych		cementu z żużli wprost mielonych bez poprzedniego ziarnowania	
	na rozciąganie	na ściskanie	na rozciąganie	na ściskanie
po 7 dniach tężenia.	9,2	83,4	0,00	0,00
„ 28 „ „	15,5	124,1	7,02	31,50

Przyczyna tego wpływu ziarnowania żużli nie jest dotychczas dostatecznie wyjaśnioną. Z uwagi, że żużle są raczej podobne do stopów różnych grup chemicznych aniżeli do związków chemicznych, można przypuszczać, że niektóre z tych grup, w stanie roztopionym, mogą rozkładać się pod działaniem pary lub silnego strumienia wody i że wskutek tego żużle podczas ziarnowania tracą częściowo siarkę i wydzielają część krzemionki, a prawdopodobnie także część innych składników, które, w obecności wody, mogą tworzyć związki chemiczne z wapnem. Na

korzyść tego przypuszczenia, że żuźle podczas ziarnowania częściowo rozkładają się, przemawia także ta okoliczność, że jakkolwiek żuźle, zarówno niezziarnowane jako też ziarnowane, rozkładają się w kwasie solnym, to jednak rozkład żuźli ziarnowanych pod działaniem kwasu solnego, nawet bardzo rozcieńczonego (5 cz. kwasu na 1000 cz. wody), jest znacznie prędszy i energiczniejszy.

Po ziarnowaniu żuźle są suszone i rozdrabniane.

Suszenie żuźli odbywa się albo w piecach specjalnych, albo też w sposób taki sam, jak suszenie cementu portlandzkiego.

Nie wyjaśniono dotychczas jaka temperatura suszarni jest najodpowiedniejszą; zdaje się jednak, że temperatura zbyt wysoka, przy której może nastąpić częściowe przegrzanie się żuźli, jest niekorzystną.

Rozdrabnianie żuźli na proszek miazki dokonywane jest na rozdrabniaczach (dezyntegratorach), albo też na młynkach. Bez względu na sposób rozdrabniania niezbędnem jest, ażeby mączka żuźlowa była możebnie miazką, gdyż im miazszą i jednostajniejszą jest mączka żuźlowa, tem większą jest późniejsza wytrzymałość zaprawy.

Ciężar właściwy mączki żuźlowej wynosi, według Fresenius'a: 2,873—3,012.

b) *Wodan wapnia (wapno gaszone)*, stanowiący drugą z zasadniczych części składowych cementu żuźlowego, winien być przygotowywany ze szczególną starannością. W tym celu wapno palone należy gasić na sucho, a otrzymany stąd proszek winien być przesiany przez sito, dla wydalania grudek niedogaszonych, następnie mielony i ponownie przesiany, dla usunięcia ziarn twardych. Przygotowany w ten sposób proszek wapienny ma wygląd mączki białej, bardzo miazkiej, w dotknięciu miękkiej. Tylko tym sposobem starannie przygotowany wodan wapnia, zmieszany z odpowiednią mąką żuźlową, daje cement dobry.

Były robione próby gaszenia wapna przez zmieszanie z mokrym żuźlem ziarnowanym, lecz wyniki tych prób okazały się niekorzystnymi.

Zamiast wapna zwyczajnego może być brane wapno wodotrwałe.

Ciężar właściwy mączki wapiennej, w powyższy sposób przygotowanej, wynosi, według Fresenius'a: 2,441—2,551.

2) Mieszanie. Składniki cementu żuźlowego winny być możebnie dokładnie z sobą zmieszane w odpowiedniej ilości stosunkowej. Ilość stosunkowa wapna w mieszaninie nie jest stałą, lecz zależną zarówno od gatunku wapna, jako też od własności danych żuźli i może być oznaczoną dla każdego wyrobu tylko na podstawie prób. W cementach żuźlowych, obecnie wyrabianych, ilość wapna jest zmienną w granicach od 15 do 33%.

Mieszanie miazki żuźlowej z mąką wapienną uskuteczniane jest obecnie w mieszadłach, umyślnie w tym celu wyrabianych, a służących nie tylko do możebnego dokładnego przemieszania składników, lecz także do możebnego ujednostajnienia wielkości ziarn. Te mieszadła, zwane *homogenizerami* (czyli przyrządami dla ujednorodnienia), są to bębny żelazne obracające się na osi poziomej i napełnione częściowo kulami stalowymi, mającemi 50 mm średnicy. Po godzinnem mieszanii, kule przemieszają dokładnie miazki i przytem dotrą ziarna grubsze.

Z mieszadła wychodzi cement gotowy, który jest następnie pakowany w beczki, rzadziej w worki.

Można oczywiście także cement przygotowywać na miejscu budowy, sprowadzając jedynie mączkę żuźlową i mieszając ją z wapnem zgaszonym na miej-

scu, lecz w tym wypadku należy dokładnie znać, lub za pomocą prób oznaczyć, stosunek ilościowy wapna dla danej mączki żuźlowej, a do mieszania używać należy przyrządu powyżej wspomnianego (homogenizera), gdyż przy zwykłym przemieszaniu składników, ziarna grubsze, znajdujące się zawsze w wapnie gaszonym na sucho, pozostaną w mieszaninie nierozdrobnione i mogą oddziaływać niekorzystnie na zaprawę.

3) Własności cementu żuźlowego. Pomimo gorliwych badań, przeprowadzonych w ostatnich latach kilkunastu, własności cementu żuźlowego nie są dotychczas dostatecznie wyjaśnione. Fabrykacja cementu żuźlowego znajduje się obecnie w pierwszym okresie rozwoju i udoskonala się stopniowo. Początkowo wyrabiane cementy żuźłowe były przeważnie wadliwe, głównie z powodu, że brano żuźle niewłaściwe lub mieszano składniki w nieodpowiednich ilościach stosunkowych, a także z powodu, że czynności połączone z wyrabianiem cementu żuźlowego były jeszcze niedostatecznie wypróbowane. Obecnie jednak niewątpliwem jest, że można wyrabiać cement żuźłowy czyniący zadość wymaganiom zasadniczym dobrej zaprawy i mogący znaleźć korzystne zastosowanie do wielu robót budowlanych, a przytem tańszy od cementu portlandzkiego. Takie cementy żuźłowe dobre wyrabiane są obecnie w fabryce szwajcarskiej Rolle'go, w fabrykach niemieckich w Brunszwiku i Thale (Victoria - Cement), w fabryce francuskiej w Lancey (w dep. Isère) i w kilku fabrykach angielskich (cement Ransome'a, cement Bosse'go i Wolters'a).

Własności cementu żuźlowego badali głównie: Michaelis, Tetmajer, Lunge, Le Chatelier, Schumann, Bosse, Dyckerhoff, Hauenschild, Fresenius, Böhme, Le Bel, Quesneville, Cammerman, Bielelubsky, Szulaczenko.

a) **Ciężar.** Cementy żuźłowe są lżejsze od cementów portlandzkich. Ciężar rzeczywisty cementu żuźlowego w stanie luźno nasypanym wynosi 0,9 — 1,0 kg na 1 l. Ciężar właściwy cementów żuźłowych obecnie wyrabianych wynosi najczęściej około 2,7, a jest zmienny w granicach od 2,65 do 2,75.

b) **Tężenie.** Cement żuźłowy tężeje zarówno w wodzie jako też w powietrzu. Wiązanie się i twardnienie cementu żuźlowego jest jednak znacznie powolniejsze aniżeli innych zapraw wodotrwałych. Czas wiązania cementu żuźlowego jest zmienny w granicach od 8 do 26 godzin.

W wodzie cementy żuźłowe tężeją całkiem prawidłowo, a po stężeniu mają znaczną wytrzymałość na rozciąganie i ściskanie. Nawet woda morską nie oddziaływa szkodliwie na przebieg tężenia, ani na ostateczną twardość i wytrzymałość zaprawy; okoliczność tę stwierdzono w Anglii dla kilku gatunków cementu żuźlowego. — Natomiast przy tężeniu w powietrzu wszystkie cementy żuźłowe ujawniają, w stopniu większym lub mniejszym, skłonność do pęknięcia podczas kurczenia (zsychania się) zaprawy. Pod tym względem zaprawa z cementu żuźlowego zbliżona są do zaprawy z wapna i trasy, która również tężeje mniej dobrze w powietrzu aniżeli w wodzie. — Pęknięcie zaprawy tężejącej na powietrzu jest następstwem naprężeń wewnętrznych, powstających podczas kurczenia się zaprawy. Jeżeli woda ulatnia się powoli i stopniowo, to zaprawa może nie pękać, gdyż w tym wypadku, naprężenia wewnętrzne mogą okazać się za słabymi dla przezwyciężenia spójności cząstek masy. Przy nagłych jednak zmianach suszy i wil-

goci, powstaje szybkie kurczenie i rozszerzanie się masy cementowej, a nieodzownym tego następstwem jest pęknięcie zaprawy.

Cementy żuźlowe, zarówno jak inne zaprawy wodotrwałe, wymagają do pełnego rozwinięcia właściwej im wytrzymałości, ciągłej obecności wody, zwłaszcza w początkach twardnienia. Wszystko przeto, co sprzyja zbyt rychłemu uchodzeniu wody z zaprawy, zwłaszcza w początkach twardnienia, oddziałują niekorzystnie na ostateczną twardość i wytrzymałość zaprawy.

c) *Trwałość*. Cementy żuźlowe pod wpływem czynników atmosferycznych nie zmieniają swego składu chemicznego w stopniu znaczniejszym aniżeli inne zaprawy wodotrwałe; jednakże trwałość jest w stopniu wysokim zależną od gatunku i ilości stosunkowej wapna. Wapno tłuste jest znacznie mniej odpowiednim dla cementu żuźlowego aniżeli wapno chude, a ilość stosunkowa wapna w mieszaninie w żadnym razie nie powinna przekraczać 35%.

Przy tężeniu na powietrzu zaprawa z cementu żuźlowego zmniejsza swą objętość niekiedy w stopniu bardzo znacznym i przytem, jak już nadmieniliśmy, ujawnia skłonność do pęknięcia. Ta skłonność do pęknięcia jest znacznie większą w cementach zawierających wapno tłuste, aniżeli w cementach zawierających wapno chude, a nadto jest tem większą, im większą jest ilość stosunkowa wapna. Cementy żuźlowe przygotowane przez zmieszanie mączki żuźlowej z wapnem nawet chudem, lecz wziętem w ilości zbyt znacznej (np. około 40%), przy tężeniu w powietrzu zawsze pękają, kruszą się i rozpadają; a w cementach żuźlowych, zawierających wapno tłuste, niedogodność ta ujawnia się już przy znacznie mniejszej zawartości wapna.

Przy tężeniu w wodzie zaprawa z cementu żuźlowego naprzemian kurczą się i pęcznią, lecz te zmiany objętości są w ogóle bardzo nieznaczne i nie oddziałują szkodliwie na ostateczną wytrzymałość i twardość zaprawy. Jednakże zaprawy z cementów żuźlowych zawierających wapno tłuste w ilości zbyt znacznej (40—50%) pękają i rozpadają się nawet przy tężeniu w wodzie.

Odporność zapraw z cementu żuźlowego na działanie mrozu jest w ogóle mniejszą aniżeli zapraw z cementu portlandzkiego. Przy tężeniu zaprawy na powietrzu wpływ szkodliwy mrozu ujawnia się w stopniu znacznie większym, aniżeli przy tężeniu w wodzie.

Wpływ szkodliwy promieni słońca, przyspieszających ulatnianie się wody z zaprawy, ujawnia się w stopniu większym w cementach żuźlowych, aniżeli w cementach portlandzkich i rzymskich.

d) *Wytrzymałość*. Schumann stwierdził, że przy tężeniu w wodzie, wytrzymałość zaprawy z cementu żuźlowego jest na rozciąganie taką samą, a na ściskanie znacznie mniejszą, aniżeli zaprawy z cementu portlandzkiego; przy tężeniu na powietrzu, wytrzymałość zaprawy z cementu żuźlowego jest zarówno na rozciąganie jako też na ściskanie mniejszą, aniżeli zaprawy z cementu portlandzkiego.

Z doświadczeń prof. Tetmejer'a z cementami żuźłowymi fabryki Rolle w Szwajcaryi, podajemy następujące wyniki: Początek wiązania się jest zmienny w granicach od $1\frac{1}{4}$ do 2 godz. i wynosi przeciętnie 1 g. 35 m.; czas wiązania jest zmienny w granicach od 10 do $25\frac{1}{2}$ godz. i wynosi przeciętnie $18\frac{1}{2}$ godz.; pozostałość na sicie o 900 otworach na cm^2 wynosi od 0,2 do 1%, przeciętnie 0,6; pozostałość na sicie o 2500 otworach na cm^2 wynosi od 1,2 do 3,3%, przeciętnie 2,4%; pozostałość na sicie o 5000 otworach na cm^2 wynosi od 10,4 do 13,5%, przeciętnie 12,7%;

wytrzymałość na rozciąganie zaprawy z 1 cz. cementu żuźlowego i 3 cz. piasku normalnego, po 28 dniach tężenia w wodzie, wynosi od 31,8 do 35,4, przeciętnie 33,5 kg na cm^2 .

Nie mniej korzystne wyniki otrzymał prof. Bielelubsky, badając cement żuźłowy z fabryki w Brunszwiku. Wytrzymałość zaprawy z tego cementu z piaskiem normalnym, w stosunku 1 : 3, przy tężeniu ciałek próbnych w wodzie wynosiła:

	na rozciąganie	na ściskanie
po 28 dniach tężenia	33,7 kg na cm^2	259,9 kg na cm^2
„ 84 „ „	43,5 „ „ „	377,5 „ „ „
„ 210 „ „	46,4 „ „ „	440,0 „ „ „

Przy badaniu cementu żuźlowego z fabryki francuskiej w Lancey (dep. Isere) stwierdzono, że wytrzymałość na rozciąganie ciałek próbnych, tężących w wodzie, wynosi: przy stosunku cementu do piasku 1 : 3, po 5 dniach tężenia 10 kg na cm^2 , po 7 dniach 12 kg na cm^2 , po 28 dniach 23 kg na cm^2 , po 90 dniach 32 kg na cm^2 ; przy stosunku zaś cementu do piasku 1 : 5, po 15 dniach tężenia 5 kg na cm^2 , po 30 dniach 8,5 kg na cm^2 , po 90 dniach 16 kg na cm^2 .

Cement żuźłowy angielski Bosse'go i Wolters'a, badany w pracowni mechanicznej w Berlinie, dał następujące wyniki przeciętne:

	W y t r z y m a ł o ś ć	
	na rozciąganie	na ściskanie
	kg na cm^2	
Zaprawa czysta po 7 dniach tężenia	45,5	—
Zaprawa z 1 cz. cementu i 3 cz. piasku:		
po 7 dniach tężenia	30,0	237
„ 28 „ „	35,8	300

Mahiels podaje wyniki doświadczeń z innymi cementami żuźłowymi angielskimi, które przy stosunku cementu do piasku 1 : 3, po 28 dniach tężenia w wodzie, wykazały 27—28 kg na cm^2 wytrzymałości na rozciąganie.

Bardzo znaczny wpływ na wytrzymałość ma gęstość zaprawy, zależna od ilości wody, wziętej do zarobienia cementu. Ten wpływ gęstości zaprawy na jej wytrzymałość jest o wiele mniejszy w cementach żuźłowych, aniżeli w innych zaprawach wodotrwałych. Najodpowiedniejszą jest taka gęstość, przy której zaprawa ma wygląd masy wilgotnej, lecz nie rzadkiej, a tem bardziej nie ciekłej. Ilość wody odpowiadająca tej gęstości wynosi w cemencie Rolle około 31%.

Ważnym jest także wpływ miąższości cementu na wytrzymałość zaprawy. Cementy żuźłowe są w ogóle miąższe aniżeli inne zaprawy wodotrwałe. W dobrych cementach żuźłowych, pozostałość na sicie o 900 otworach na cm^2 nie przekracza 1%, a pozostałość na sicie o 5000 otworach na cm^2 rzadko dochodzi do 15%.

4) Zastosowania cementu żuźłowego. Na zasadzie określonych powyżej własności, cement żuźłowy może mieć zastosowanie bardzo rozległe w robotach budowlanych. Nadaje się on zwłaszcza do robót wodnych, oraz do robót wystawionych na ciągłe działania wilgoci, jak np. do fundamentów w gruncie wilgotnym. Jako tężący powoli, jest dobrą zaprawą do betonów, dla których zaprawy tężące prędko są nieodpowiedniami. Znacznie mniej korzystnym jest cement żuźłowy jako zaprawa powietrzna. Do robót wystawionych na wpływy czynników atmosferycznych, a zwłaszcza na zmienne działania promieni słońca i mrozu, cement żuźłowy jest całkiem nieodpowiednim; również nieodpowiednim jest do robót wystawionych czasowo na działanie wilgoci, czasowo zaś znajdujących się w stanie suchym. Wyprawy (tynki) z cementu żuźłowego są nietrwałe; łatwiej

pekają i odpadają od muru, aniżeli wyprawy z cementu portlandzkiego lub z zaprawy wapienno-cementowej.

Bardzo rozległe zastosowanie znalazł cement żuźlowy do fabrykacji kamieni sztucznych; jednakże płyty z cementu żuźlowego zużywają się prędzej aniżeli płyty z cementu portlandzkiego.

Zaznaczyć nadto należy, że cement żuźlowy dobrze zapakowany, w beczkach lub w workach, znosi przewóz nie gorzej aniżeli cement portlandzki.

5) Odmiany cementów pucolanowych. Oprócz cementu żuźlowego, wyrabianego prawidłowo, sposobem powyżej objaśnionym, znajdują się w handlu liczne odmiany cementów pucolanowych, których skład i sposób przygotowywania nie zawsze jest znany.

W Anglii są w użyciu trzy odmiany cementu żuźlowego. Jedna jest mieszaniną mąki żuźlowej z 15% wapna gaszonego i 15% tlenku żelaza; zaprawa ta przygotowywana jest na miejscu budowy, użytą zaś być musi zaraz po przygotowaniu; ujawnia w małym bardzo stopniu własności wodotrwałe.—Druga odmiana, wyrabiana według sposobu wskazanego przez Larsen'a, jest mieszaniną z 75% żuźli mialko zmielonych i 25% wapna gaszonego. Do wyrabiania tej odmiany Larsen stosuje przyrząd własnego pomysłu, służący dla dokładnego rozdrabniania i przemieszania części składowych.—Trzecia odmiana, wyrabiana według wskazań Ransome'a, jest ze względu na własności najwięcej zbliżoną do cementu portlandzkiego. Dla przygotowania tej odmiany cementu żuźlowego rozciera się razem w częściach równych mąkę żuźlową z kredą mialką na mokro; ciasto zaś stąd otrzymane suszy się i następnie wypala w piecach, umyślnie w tym celu obmyślonych. Ta odmiana uchodzi za najlepszą i dorównywającą cementom portlandzkim, lecz jest zarazem stosunkowo drogą.

Fabryka Plank i S-ka w Holzminden (Vorwohler Portland-Cement Prüssing) wyrabia cement z żuźli, wapna gaszonego i szkła wodnego.

L. Roth z Wetzlar uzyskał przywilej na cement z żuźli, boksytu i wapienia.

Tees Iron Works w Middlesbrough wyrabiają cement, składający się z 4 cz. żuźli i 7 cz. wapienia.

I. Watson wyrabia cement z żuźli, wapienia i gliny.

Zernikow w Oderbergu uzyskał przywilej na cement pucolanowy, otrzymywany przez gotowanie i rozżarzanie zaprawy wapiennej z przymieszką mączki ceglanej.

Nichelson wyrabia sztuczną ziemię pucolanową, mieszając glinę z ciastem wapiennym, poczem mieszaninę tę suszy, wypala i rozdrabnia na młynku.

Inne jeszcze odmiany cementów pucolanowych wyrabiane są w fabrykach: P. Spence w Manchesterze, R. W. Lesley i D. Griffiths w Filadelfii i t. d.

V. Betony.

Beton (fr. béton; n. Beton, Grobmörtel) jest to mieszanina zaprawy z kamykami (piaskiem, żwirem, lub szabrem). Mieszanina taka po prawidłowem stężeniu tworzy sztuczny konglomerat, w którym zaprawa stanowi spoiwo wiążące kamyki.

Wszystkie gatunki zaprawy nadają się do przygotowywania betonu, lecz zależnie od gatunku użytej zaprawy beton ma własności różne. Przy użyciu zaprawy powietrznej, beton tężeje tylko w powietrzu; przy użyciu zaś zaprawy wodotrwałej, beton tężeje zarówno w powietrzu jako też w wodzie. Oprócz zapraw chemicznych (wapiennej powietrznej, wapiennej wodotrwałej i gipsowej), używane są także do przygotowywania betonu niektóre zaprawy mechaniczne, zwłaszcza asfalt. W ustępie niniejszym mowa będzie tylko o betonach wapiennych: powietrznych i wodotrwałych; krótka wzmianka o betonie gipsowym podana jest w ustę-

pie następnym rozdziale niniejszego, zaś o betonie asfaltowym — w rozdziale V działu niniejszego.

Nazwą betonu, bez bliższego określenia, oznaczane są zazwyczaj tylko betony wodotrwałe.

Betony znane były już w starożytności. Rzymianie brali do betonu wapno zgaszone powoli na powietrzu; następnie wyrabiali beton wodotrwały, zwany *signinum*, z zapraw wodotrwałych i kamieni twardych, tłuczonych. W wiekach średnich stosowano również beton do różnych robót budowlanych; między innymi przechowany jest w Rochester z owych czasów dom, którego mury i schody wykonane są z betonu. W stul. XVIII odrodziła się sztuka robót betonowych we Francji, jak tego dowodzą wspaniałe budowle portowe w Cherbourg, oraz fundamenty licznych mostów. Rzeczywiste rozpowszechnienie się betonu nastąpiło jednak dopiero w początkach stulecia bieżącego, po wprowadzeniu w użycie wyborowych cementów angielskich.

W robotach budowlanych, np. przy wznoszeniu murów z betonu i t. p., beton może oczywiście zachować kształt właściwy podczas tężenia, tylko gdy jest umieszczony w odpowiednich formach (skrzyniach), przygotowanych zawczasu z desek i bali, lub z żelaza. Beton może być albo wlewany w formy w stanie ciekłym, albo też zakładany w formy warstwami, o grubości około 10 *cm*, przy czem każda warstwa ubijana jest starannie i mocno. W pierwszym wypadku beton nazywa się *lanym*, w drugim zaś *ubijanym* albo *właściwym* (a. concrete). Przy zakładaniu fundamentów betonowych pod budynki, formy (skrzynie) są najczęściej zbyt wąskie, gdyż beton może być umieszczony bezpośrednio w dole fundamentowym.

Betony lane są obecnie rzadziej używane i uchodzą za mniej odpowiednie aniżeli betony ubijane, a to z powodu, że betony lane muszą być przygotowywane z nadmiarem wody, co ujemnie oddziaływa na przebieg tężenia i że w ciekłej ich masie, przed stężeniem tejże, części cięższe (kamyki, ziarenka piasku) opadają na dół, wskutek czego beton po stwardnieniu nie tworzy masy dostatecznie jednostajnej. Jakkolwiek niedogodności tej, przy starannem wykonywaniu robót i umiętym obchodzeniu się z materiałami, można do pewnego stopnia zapobiedz, to jednak betony lane używane są obecnie tylko w tych wypadkach, w których, ze względu na warunki danej roboty, zastosowanie betonu ubijanego jest niemożliwym albo zbyt kosztownym.

Zależnie od gatunku zaprawy wapiennej rozróżniane są betony *powietrzne* i *wodotrwałe*.

1. Beton powietrzny.

Beton powietrzny (wapienny) różni się od zwykłej zaprawy powietrznej większą zawartością piasku (wynoszącą 6—10 cz. na 1 cz. wapna gaszonego), a służy do wznoszenia budowli wapnolitych, o których będzie mowa w dziale III i do wyrabiania cegieł wapienno-piaskowych, o których podana jest wzmianka w rozdziale IV działu niniejszego. Do zaprawy dodawany jest niekiedy proszek wapienny lub inne przymieszki wodotrwałe (mączka ceglana, żużle, popiół i t. p.), a do mieszaniny dodawany jest często szaber z kamieni rodzimych lub z cegły dobrze wypalonej.

Beton powietrzny przygotowuje się w sposób następujący: Ciasto wapienne bez nadmiaru wody przerabia się graczami na masę, w której woda jest możebnie równomiernie rozdzieloną; masę tę rozpościera się na pomoście drewnianym i posypuje się piaskiem w ilości poprzednio starannie odmierzonej; następnie ciasto wapienne z piaskiem należy przerabiać, ugniatać i ubijać, dopokąd masa nie sta-

nie się o tyle jednostajną, iż pojedynczych jej części składowych nie można różnić okiem nieuzbrojonym. Baczyc przytem należy, ażeby do ciasta wapiennego nie brać za wiele wody; ciasto wapienne wzięte wprost z dołu, bez dodatku wody, posiada ciągliwość (plastyczność) dostateczną dla przygotowania betonu. Wszelki nadmiar wody jest szkodliwy, gdyż wywołuje zbyt znaczne zsychnanie się betonu podczas twardnienia. W betonach powietrznych zawierających przymieszki wodotrwałe, nadmiar wody jest również szkodliwy.

Jeżeli beton ma być przygotowany z wapna w proszku, albo z wapna chudego lub wodotrwałego, to najprzód miesza się z sobą na sucho odmierzone starannie ilości piasku i przymieszek wodotrwałych (żuzli, trasu i t. p.), następnie z mieszaniny tej układa się pierścień, o średnicy wewnętrznej około 1 m, w którego środek wsypuje się odpowiednią ilość wapna, poczem z konewki ogrodniczej, zaopatrzonej w sito, dolewa się potrzebną ilość wody. Bezzwłocznie po wlewaniu wody należy piasek z wapnem dokładnie zmieszać i mieszaninę przerabiać gracami, dopóki nie otrzyma się masy możebnie jednostajnej. Do masy tej należy wsypać szybko kamyki (żwir, szaber) i następnie masę ponownie przerobić gracami, poczem beton winien być natychmiast użyty.

2. Beton wodotrwały.

Beton wodotrwały (hydrauliczny) przygotowuje się najczęściej na zaprawie z cementu portlandzkiego, gdyż z pomiędzy wszystkich zapraw wodotrwałych, cement portlandzki przyjmuje największą ilość piasku, ma największą siłę wiążącą i największą wytrzymałość po stężeniu.

1) *Kamyki*. Jako kamyki odpowiednie do betonu używane są żwiry rzeczne, kopalne, albo też szaber, czyli kamienie rodzime lub sztuczne, umyślnie tłuczone na kawałki odpowiedniej wielkości. Jeżeli szaber ma być przygotowany z cegły, to cegła ta winna być dobrze wypalona, gdyż niedopalona nie ma dostatecznej wytrzymałości, a przepalona i na powierzchni zeszkłona wiąże się źle z zaprawą.

Ze względu na gatunek, kamyki, zarówno żwirowe jako też szabrowe, winny być niewietrzejące i mieć dostateczną twardość i wytrzymałość. Wytrzymałość kamyków może być uważana za dostateczną, gdy nie jest mniejszą od wytrzymałości danej zaprawy po jej stwardnieniu. — Najodpowiedniejszymi dla betonu są okruchy granitowe, oraz okruchy innych skał wybuchowych, a również szaber z cegły dobrze wypalonej; mniej odpowiedniami są twarde piaskowce i wapienie. — Oprócz kamyków dodawane są niekiedy do zaprawy: żuzle z pieców wielkich, popiół z węgla kamiennego i t. p.

Ze względu na kształt, żwir jest mniej odpowiednim do betonu aniżeli szaber, gdyż ziarna żwiru są okrągławe i na powierzchni gładkie, wskutek czego wiążą się z zaprawą mniej dobrze aniżeli kamyki szabru, które są ostrokanciaste i mają powierzchnie chropowate, szorstkie. Wielkość kamyków może być różną; największy jednak ich wymiar nie powinien przekraczać około 5 cm (= 2").

Kamyki winny być bezwarunkowo czyste, gdyż z powierzchniami zanieczyszczonymi zaprawa wiąże się źle lub nie wiąże się wcale. Z tego powodu kamyki zanieczyszczone, oblepione gliną lub ziemią, należy przed użyciem przemyć w wo-

dzie. — Kamyki porowate (jak szaber z cegły i t. p.) należy przed użyciem dobrze nasycić wodą.

2) *Ilości stosunkowe składników.* Ilość teoretyczna zaprawy w betonie jest równa objętości miejsc pustych pomiędzy kamykami. Tę objętość miejsc pustych pomiędzy kamykami można z dokładnością dostateczną oznaczyć, napełniając kamykami naczynie o objętości znanej i wlewając następnie wodę do pełna; po wyjęciu kamyków objętość wody pozostałej w naczyniu jest równa objętości przestrzeni pustych pomiędzy kamykami. Kamyki należy jednak przytem wsypywać w naczynie luźno, bez ubijania. Wynik tej próby będzie tem dokładniejszym, im większem jest naczynie; dla tego też przy robotach znaczniejszych próbę tę wykonywa się w skrzyniach sporych, nieprzemakalnych.

Oznaczona w ten sposób ilość teoretyczna zaprawy jest jednak mniejszą od ilości rzeczywiście potrzebnej, a to z powodu, że w betonie każdy kamyk otoczony jest warstwą zaprawy, wskutek czego kamyki w betonie nie mogą przylegać do siebie tak ściśle, jak w naczyniu próbnem. Ilość teoretyczną zaprawy, oznaczoną w sposób powyżej wskazany, należy przeto odpowiednio zwiększyć, a to zwiększenie może oczywiście być różne, zależnie od wielkości i kształtu kamyków. Według Dyckerhoff'a i Lindley'a można ilość rzeczywiście potrzebną zaprawy obliczyć, z dostateczną dla celów budowlanych dokładnością, zwiększając ilość teoretyczną zaprawy przeciętnie o 15%.

Z sumiennych badań Dyckerhoff'a wynika, że dla betonów z zaprawy cementu portlandzkiego i żwiru najkorzystniejszymi są stosunki ilościowe *na objętość* cementu do żwiru do piasku: 1 : 2 : 5; 1 : 3 : 6,5; 1 : 4 : 8,5; 1 : 6 : 12.

Dla betonów wapienno-cementowych stosowane są stosunki *na objętość* cementu do ciasta wapienego do piasku do żwiru: 1 : 1 : 6 : 12; 1 : 1 : 5 : 9. Ten ostatni stosunek był przyjęty dla fundamentów gmachu uniwersytetu w Strassburgu.

Stosunki ilościowe składników, zastosowane przy niektórych robotach większych, wskazane są w tablicy następującej:

B u d o w l a	Cement portlandzki	Wapno	Piasek	Tras	Szaber z kamieni rodzimych	Żwir rzeczny	Mączka cementowa
Most przez Odrę pod Kostruniem	1	—	3	—	4	—	—
Mosty w Berlinie	1	—	3	—	6	—	—
	1	—	4	—	8	—	—
Most pod Offenburg	—	3	5	1	16	—	—
Kąpiele wojskowe w Karlsruhe	3	—	9	1	12	—	—
	3	—	10	1	15	—	—
Most pod Jeną	—	14	29	—	57	—	—
„ „ Rouen	—	19	33	—	15	33	—
„ „ Marboué	6	—	12	—	11	—	—
Mosty w Londynie	—	2	4	—	8	—	—
	3	—	5	—	4	—	3
Szluzy w Ruhr	5	—	1	—	12	—	—

3) Przygotowywanie betonu. Beton wodotrwały przygotowujemy jest najczęściej w sposób następujący: Cement, lub wapno wodotrwałe sproszkowane, miesza się z piaskiem na sucho i z tej mieszaniny układa się pierścieni, o średnicy wewnętrznej około 1 m. Do wnętrza pierścienia tego wlewa się odpowiednią ilość wody, poczem mieszaninę zaprawy z piaskiem zarabia się szybko z wodą na masę jednolitą, do której dodaje się ilość odpowiednią kamyków (żwiru, szabru), poprzednio starannie oczyszczonych i nasyconych wodą. Po dodaniu kamyków, mieszaninę starannie przerobić należy. — Ten sposób nadaje się dobrze także dla betonów, w których zaprawą jest wapno w proszku, lub wapno chude (p. str. 450).

Przygotować należy w ten sposób na raz nie więcej aniżeli 0,5 m³ betonu; przy ilości większej bowiem, robotnicy nie mogą dość starannie mieszaninę przerabiać. Z tego powodu, przy robotach większych, beton winien być przygotowywany przez kilka partyj robotników, pracujących oddzielnie.

W celu przygotowania betonu wapienno-cementowego można do ciasta wapiennego, rozcieńczonego wodą, dodać najprzód cement, a następnie piasek; albo też najprzód cement z piaskiem zmieszać na sucho, a następnie dodać ciasto wapienne, rozcieńczone wodą. Przy każdym z tych dwóch sposobów należy części składowe ciągle przemieszywać i mieszaninę starannie przerabiać; przyczem brać należy na objętość najwyżej $\frac{1}{2}$ cz. wody na 1 cz. cementu portlandzkiego. Do mieszaniny w ten sposób przygotowanej dodawane są kamyki (żwir lub szaber), w ilości odpowiedniej, poczem mieszaninę należy ponownie starannie przerabiać.

W ogóle baczyć należy przy zarabianiu betonów, zarówno cementowych jako też wapienno-cementowych, ażeby ilość wody nie była zbyt wielką. Cement po zarobieniu z piaskiem i wodą winien mieć gęstość ziemi wilgotnej.

Do przygotowania betonu w ilości większej używane są maszyny, o których krótka wzmianka podana jest w ustępie ostatnim rozdziału niniejszego.

4) Wydajność. Wydajność betonu, t. j. ilość betonu, którą można z danych składników otrzymać, albo odwrotnie ilość składników potrzebna dla przygotowania 1 m³ betonu, może być zawsze obliczona, jeżeli znana jest objętość ogólna przestrzeni pustych pomiędzy kamykami i wydajność zaprawy, która do danego betonu ma być użyta.

Dla zapraw z cementu portlandzkiego zawierających 1—4 cz. piasku na 1 cz. cementu, wydajność wynosi przeciętnie 0,9 (p. str. 382). Jeżeli przeto do danego betonu ma być użyta zaprawa z cementu portlandzkiego, o stosunku cementu do piasku 1 : 4 i żwiru, w którym objętość przestrzeni pustych wynosi 40%, to pamiętając, że ilość rzeczywista zaprawy winna być o 15% większą od ilości teoretycznej, ilość składników potrzebnych dla 1 m³ betonu wyniesie:

$$\text{cementu. } \frac{1}{5} \cdot \frac{1}{0,9} \cdot 0,40 (1 + 0,15) = 0,1022$$

$$\text{piasku } \frac{4}{5} \cdot \frac{1}{0,9} \cdot 0,40 (1 + 0,15) = 0,4089$$

$$\text{żwiru. } = 1,0000$$

Z powodu, że wydajność rzeczywista jest mniejszą od teoretycznej i ze względu na możliwe straty na miejscu budowy przy zarabianiu i przewożeniu betonu, zwiększa się ilość składników o 33%; wskutek czego na 1 m³ betonu powyżej wspomnianego liczyć należy: cementu $0,1022 \times 1,33 = 0,136$ m³, czyli okrągło 140 l; piasku $0,4089 \times 1,33 = 0,544$ m³; żwiru 1,0 m³.

W betonach mocno ubijanych wydajność będzie mniejszą, a tem samem ilość składników potrzebnych na 1 m³ betonu będzie nieco większą. Dla takich betonów ze żwiru, o 35% przestrzeni pustych, na zaprawie z cementu portlandzkiego, ułożył R. Dyckerhoff tabelkę następującą:

Ilości stosunkowe składników na objętość				Wydaj- ność l	Ilości potrzebne dla 1 m ³ betonu ubijanego				
Cement l	Wapno wodotr. l	Piasek l	Żwir l		Cement		Wapno wodotr. kg	Piasek l	Żwir l
					kg	l			
100	—	200	400	440	318	230	—	450	900
100	—	300	600	665	210	150	—	450	900
100	—	400	800	885	158	115	—	450	900
100	—	500	1000	1125	125	90	—	450	900
100	100	600	1200	1345	105	75	45 (75 l)	450	900

Według Hauenschild'a wystarczają mniejsze ilości cementu, a mianowicie:

Ilości stosunkowe składników na objętość			Ilość cementu potrze- bna do 1 m ³ betonu		Uwaga
Cement	Piasek	Żwir	kg	l	
1	1	3	400	286	Ilość wody do tych mieszanin nie powinna być większą aniżeli 60% ciężaru cementu.
1	2	3	330	236	
1	2	4	280	200	
1	2	5	245	175	
1	2	6	212	152	
1	3	6	185	132	
1	3	7	164	117	
1	4	9	128	92	
1	6	12	93	66	

5) *Własności.* a) *Ciężar.* Ciężar właściwy betonu jest zmienny w granicach od 1,5 do 2,5, zależnie od gatunku i ilości stosunkowej składników.

Ciężar rzeczywisty betonu może być zawsze obliczony, gdyż jest równy sumie ciężarów części składowych. Przypuśćmy, że ma być obliczony ciężar 1 m³ betonu, ze żwiru o 35% przestrzeni pustych na zaprawie z cementu portlandzkiego o stosunku cementu do piasku 1 : 3, to posilkując się tablicą powyższą Dyckerhoff'a i tablicą wydajności zapraw z cementu portlandzkiego (p. str. 382) i przyjmując ciężar 1 m³ piasku = 1500 kg, zaś ciężar 1 m³ żwiru = 1400 kg, otrzymamy jako ciężar 1 m³ betonu:

$$\text{cement} \quad \text{piasek} \quad \text{żwir} \quad \text{woda}$$

$$210 + 0,450 \cdot 1500 + 0,900 \cdot 1400 + \frac{107}{371,4} \cdot 1000 \cdot 0,35 (1 + 0,15) = 2261 \text{ kg}$$

W przybliżeniu ciężar rzeczywisty 1 m³ betonu na zaprawie z cementu portlandzkiego wynosi, przy użyciu:

szabru z kamieni rodzimych, bardzo twardych i wytrzymałych 2200—2500 kg
szabru z kamieni rodzimych, średniej wytrzymałości . . . 1800—2100 kg
szabru z cegły dobrze wypalonej 1500—1700 kg

Niekiedy, zwłaszcza do betonu dla pułapów ogniotrwałych, brany jest zamiast szabru lub żwiru, żużel z węgla; przyczem taki beton może być znacznie chudszy. Ciężar 1 m³ takiego betonu wynosi przeciętnie około 1200 kg.

b) *Wytrzymałość*. *Wytrzymałość na ściskanie* betonów jest oczywiście zależną nie tylko od gatunku składników, lecz także od ich ilości stosunkowej.

R. Dyckerhoff przeprowadził szereg doświadczeń w celu oznaczenia wytrzymałości na ściskanie betonów różnego składu. Do doświadczeń tych przygotowany był beton z piasku i żwiru rzeki Renu na zaprawie z cementu portlandzkiego. Wielkość ziarn żwiru była zmienną w granicach od 5 do 30 *mm*. Cement portlandzki odwiązywał się w czasie 1 godziny, a zaprawa z tego cementu z piaskiem w stosunku 1 : 3, po 28 dniach tężenia (dzień pierwszy na powietrzu, następne 27 dni w wodzie), wykazała 16,3 *kg* na *cm*² wytrzymałości na rozciąganie. Ilość teoretyczna zaprawy do betonu zwiększoną została o 15%. — Ciała próbne betonu miały kształt sześcianu, o boku 10 *cm*, były przygotowane przez ubijanie w formach, a tężały przez dni 28 (jeden dzień w powietrzu, 27 dni w wodzie.)

Wyniki tych doświadczeń podane są w tablicy następującej:

Ilości stosunkowe na objętość				Wytrzymałość na ściskanie <i>kg</i> na <i>cm</i> ²	Ilości stosunkowe na objętość			Wytrzymałość na ściskanie <i>kg</i> na <i>cm</i> ²
Cement	Ciasto wapienne	Piasek	Żwir		Cement	Piasek	Żwir	
1	—	2	—	151,8	1	3	—	98,8
1	—	2	3	196,2	1	3	5	111,6
1	—	2	5	170,5	1	3	6,5	108,2
1	—	—	5	69,9				
					1	4	—	75,2
1	1	6	—	53,5	1	4	5	90,9
1	1	6	12	52,1	1	4	8,5	86,0

W stacyi doświadczalnej dróg żelaznych państwowych w Strassburgu przeprowadzone były podobne doświadczenia, w celu oznaczenia wytrzymałości na ściskanie różnych betonów na zaprawie z cementu portlandzkiego. Do betonów tych brano częścią szabry z kamieni rodzimych, częścią żwir rzeczny, o ziarnach od 5 do 48 *mm*, a także piasek żwirowy, składający się z części równych piasku i żwiru, o ziarnach do 18 *mm*. W szabrze objętość przestrzeni pustych wynosiła do 50%, wskutek czego ilość stosunkowa piasku w mieszaninach z szabrem, była większą aniżeli w betonach bez szabru. — Z tych betonów wyrabiane były kamienie o 1 *m* długości, 0,4 *m* szerokości i 0,4 *m* wysokości, a z tych kamieni, po 7 miesiącach tężenia na powietrzu, wypilowano kostki, o boku 20 *cm*, które poddawano próbom w stanie mokrym. Wyniki tych doświadczeń zestawione są w dwóch tabelkach na str. 455.

Z wyników doświadczeń Dyckerhoff'a i stacyi doświadczalnej w Strassburgu, można wyprowadzić wnioski następujące:

- 1) Wytrzymałość betonu przygotowanego ze żwiru na zaprawie cementowej czystej (bez piasku) jest znacznie mniejszą aniżeli betonu na zaprawie z odpowiednią ilością piasku.
- 2) Wytrzymałość betonu ze żwiru na zaprawie cementowej jest nie mniejszą

Betony ze żwirem rzeczynym.

Ilości stosunkowe na objętość				Wydaj- ność hl	Ilość potrzebna do 1 m ³ betonu		Wytrzyma- łość na ściskanie kg na cm ²	Uwaga
Cement	Ciasto wa- pienne	Piasek	Żwir rzeczny		cementu kg	ciasta wa- piennego l		
1	—	3	6	6,65	210	—	140,0	Piasek z Renu, przesiany przez si- to, o oczkach 5mm. Żwir z Renu o ziarnach 5—15 mm.
1	—	4	8	8,85	158	—	121,2	
1	—	5	10	11,25	125	—	94,1	
1	1	6	12	13,45	104	75	96,8	

Betony z szabrem z kamieni rodzimych.

Ilości stosunkowe na objętość				Gatunek ka- mieni użytych na szaber	Wydaj- ność hl	Ilość potrzebna do 1 m ³ betonu		Wytrzyma- łość na ściskanie kg na cm ²	Uwaga
Cement	Ciasto wa- pienne	Piasek żwi- rowy	Szaber z ka- mieni rodzi- mych			cementu kg	ciasta wa- piennego l		
1	—	5	8	Słupień	9,80	142,5	—	147,9	Piasek żwirowy składał się z czę- ści równych pia- sku i żwiru o ziarnach do 18 mm.
1	—	6	10	Wapień	11,45	122,0	—	121,0	
1	—	7	11	Piaskowiec	12,55	112,0	—	83,0	
1	1	8	13	Piaskowiec	14,80	94,0	66	91,2	

aniżeli wytrzymałość samej zaprawy cementowej, w taki sam sposób przygotowanej.

3) Zmniejszanie nadmierne ilości żwiru przy jednoczesnym zwiększeniu ilości zaprawy nie jest korzystnym, albowiem wytrzymałość na ściskanie betonu zwiększa się przez to nie o wiele, gdy tymczasem koszt betonu wzrasta znacznie. Przy użyciu żwiru, wykazującego 35% przestrzeni pustych, można brać na 1 część cementu na objętość przynajmniej dwa razy więcej żwiru aniżeli piasku; albowiem wytrzymałość betonu, o stosunku cementu do piasku do żwiru jak 1 : 4 : 8,5, jest prawie taką samą, jak znacznie droższego betonu o stosunku 1 : 4 : 5.

4) Poczynając od końca pierwszego miesiąca tężenia wytrzymałość na ściskanie betonu wzrasta stopniowo i znacznie do końca miesiąca siódmego, przy czym przyrost wytrzymałości jest tem większym, im chudsza jest zaprawa. Ten przyrost wytrzymałości wynosi: przy użyciu zaprawy cementowej o stosunku cementu do piasku 1 : 3 około 30%, przy użyciu takiejże zaprawy o stosunku 1 : 4 około 40%, a przy użyciu zaprawy wapienno-cementowej, o stosunku cementu do ciasta wapiennego do piasku jak 1 : 1 : 6, około 85%.

Podawane w różnych podręcznikach ilości stosunkowe dla betonów mogą być uważane za uzasadnione tylko w tym wypadku, gdy nie pozostają w sprzeczności z powyższymi wnioskami. Przy niektórych jednak robotach użycie zaprawy tłuszczej jest uzasadnione; tak np. gdy bezpośrednio w wodzie ma być przygotowany beton o pewnej oznaczonej wytrzymałości, albo też gdy ma być przygotowany beton, który by możebnie mało zużywał się pod wpływem tarcia.

5) W porównaniu z betonami na zaprawie cementowej, betony wapienno-cementowe mają wprawdzie wytrzymałość mniejszą, lecz są zarazem znacznie tańszymi, gdyż do takich betonów może być brana zaprawa znacznie chudsza.

R. Dyckerhoff wyjaśnił nadto, że betony wapienno-cementowe, w porównaniu z betonami na zaprawie trasowej, tężeją znacznie prędzej, stają się wcześniej nieprzemakalnemi, po stwardnieniu mają wytrzymałość większą, a przytem są tańsze.

Wytrzymałość na rozciąganie betonu jest około 10 razy mniejszą od wytrzymałości na ściskanie. Z tego powodu części konstrukcyjne z betonu (mury zwykłe i oporowe, filary, sklepienia, przyczółki i t. p.) winny mieć kształt taki, ażeby możebnie podlegały tylko naprężeniom ściskającym.

Współczynnik bezpieczeństwa dla betonu ubijanego winien wynosić nie mniej aniżeli 10, nawet gdy beton przygotowany jest bardzo starannie z materyałów wyborowych. Dla materyałów średniej dobroci i przy robocie mniej starannej współczynnik bezpieczeństwa odpowiednio zwiększyć należy.

c) *Porowatość*. Według Lang'a, porowatość betonu cementowego wynosi 19%, zaś betonu powietrznego 56%. Wynika stąd, że mury z betonu, wbrew rozpowszechnionemu mniemaniu, mogą być dostatecznie suche, jeżeli do betonu wzięto zaprawę nie zbyt tłustą.

Jeżeli beton, ze względu na przeznaczenie danej roboty, ma być nieprzemakalny, to zaprawa służąca do przygotowania betonu winna być nieprzemakalną, a więc tłustą.

d) *Zmiany objętości*. Zmiany objętości podczas tężenia betonu na powietrzu są bardzo nieznaczne i nieszkodliwe, o ile zaprawa jest dobrą, nie pęczniczącą. Zmiany objętości podczas tężenia betonu w wodzie są znacznie większe aniżeli przy tężeniu na powietrzu. Nadto pod wpływem wilgoci beton zwiększa swą objętość, a wysychając kurczy się. W betonie mogą pojawiać się także zmiany objętości zależne od stopnia wilgoci ciał w zetknięciu z nim będących.

Wreszcie podlega beton zmianom objętości pod wpływem zmian temperatury. Ze względu na zastosowane w czasach nowszych betony na szkielecie żelaznym (pomysłu Monier'a) zaznaczyć należy, że współczynnik rozszerzalności betonów na zaprawie z cementu portlandzkiego jest prawie taki sam jak stali, oraz żelaza w prętach i drutu żelaznego. Dla zmiany temperatury o 1° C., współczynniki rozszerzalności liniowej wynoszą mianowicie: dla betonu na zaprawie z cementu portlandzkiego według Bouniceau'a 0,000137—0,000148, a według Adie'go 0,00014349; dla żelaza kutego i drutu żelaznego według Bouniceau'a 0,000122—0,000145; dla stali według Troughton'a 0,00011899.

Meier w Malstatt stwierdził, że także zaprawy czyste z cementu portlandzkiego, oraz zaprawy z 2—6 cz. piasku na 1 cz. cementu portlandzkiego, przy zmianach temperatury w granicach od — 5° C. do + 25° C., mają współczynnik rozszerzalności prawie taki sam jak żelazo.

6) Betonowanie. Sposób wykonywania robót betonowych jest zależny głównie od tego czy betonowanie wykonywane jest w wodzie, czy też w miejscu, do którego woda nie ma przystępu.

a) *Betonowanie bez przystępu wody.* Betonowanie w miejscach, do których woda nie ma wcale przystępu, lub do których przystęp wody może być na czas prowadzenia robót powstrzymany, wykonywa się najkorzystniej z betonu ubijanego warstwami o grubości około 15 cm w formach (skrzyniach), przyczem głównie baczyć należy, ażeby nie dopuścić tworzenia się uwarstwowań (ławic) wyraźnych, gdyż beton po stężeniu winien w przekroju przedstawiać masę możebnie jednostajną, w której części składowe winny być możebnie równomiernie rozłożone. W tym celu najkorzystniej jest prowadzić robotę bez przerwy, przygotowując na raz tylko taką ilość betonu, jaką można w jednym dniu zużytkować. Jeżeli przerwa w robocie jest nieuniknioną, to przed nałożeniem nowej warstwy należy powierzchnię betonu grabiami żelaznemi rozrychlić i ubić, a następnie do-

piero nałożyć nową warstwę i ponownie ubić. Jeżeli przerwa była tak długotrwałą, że wskutek stwardnienia betonu, nie można powierzchni rozrychlić grabiami żelaznymi, to powierzchnię tę należy oskardami nasiekać, następnie oczyścić z okruchów oddzielonych betonu, wszystkie zaś zagłębienia po tych okruchach starannie zmyć wodą czystą, która jednak nie powinna pozostać w zagłębieniach i wreszcie całą powierzchnię przetrzeć zaprawą tłustą, poczem dopiero można nałożyć nową warstwę betonu. — Tylko przy ścisłym przestrzeganiu tych ostrożności, robota może być udatną.

b) *Betonowanie w wodzie.* Przy betonowaniu w wodzie głównie baczycy należy, ażeby beton dostał się na miejsce przeznaczenia w stanie możebnie niezmiennym. Z tego powodu nie należy opuszczać betonu bezpośrednio przez wodę, gdyż części składowe betonu opadały by z prędkością niejednakową, wskutek czego beton osiadł by na dnie wody w trzech oddzielnych warstwach, z których dolna składała by się z kamyków, średnia — z piasku, a wierzchnia — z cementu. W celu zapobieżenia takim następstwom, beton winien być opuszczany w wodę w koszach, workach, lub skrzyniach; w czasach nowszych beton wsypywany jest w wodę przez rury, sięgające do odpowiedniej głębokości. Lecz i te środki nie zapobiegają złemu w zupełności, zwłaszcza gdy beton, już znajdujący się na miejscu przeznaczenia, podlega działaniu prądów wodnych. To też w wodzie bieżącej, oraz wszędzie gdzie mogą działać prądy wodne, należy beton zabezpieczać przez ściany wpustpalowe (szpustpalowe).

Do robót betonowych w wodzie brać należy zaprawę nieco tłuszcieszą i w ilości nieco większej aniżeli do robót w miejscach suchych. Dla betonów niezabezpieczonych od działania prądów wodnych może być korzystnym cement prędko tężejący.

Wytrzymałość betonów zakładanych w wodzie jest znacznie mniejszą aniżeli betonów zakładanych w miejscach suchych. To też betonowania w wodzie wykonywane są tylko wtedy, gdy odcięcie przystępu wody do miejsca budowy jest niemożliwe, lub zbyt utrudnione.

c) *Bloki betonowe.* Do budowli portowych i do innych robót w morzu używane są wielkie kamienie (bloki) betonowe, o objętości 5—20 m³.

7) *Zastosowania betonu.* Beton jest cennym, a niekiedy niezbędnym, materiałem do fundamentów; jednakże wykonywane są z betonu także różne części naziemne budynków, zwłaszcza zaś sklepienia, filary, schody, pułapy ogniotrwałe, zalewy (jastrychy) i t. p. Do murów naziemnych, wystawionych na częste zmiany wilgoci i suszy, beton nie jest odpowiedni. Rozległe zastosowanie znajduje natomiast beton w robotach wodnych, przy fundamentach mostów, murów nadbrzeżnych i t. p. Z betonu wyrabiane są nadto kanały miejskie (p. str. 391), cysterny, zbiorniki dla wody i gazów, beczki do wina i t. p., oraz kamienie sztuczne, a zwłaszcza płyty chodnikowe i posadzkowe, słupki ozdobne, oraz różne ozdoby architektoniczne, jako to: głowice kolumn, wazony, figury i t. p.

8) *Beton Coignet'a.* *Beton Coignet'a* (fr. béton aggloméré; n. verdichteter Beton, Coignet's comprimierter Beton), tak nazwany od wynalazcy Fr. Coignet'a w St. Denis pod Paryżem, przygotowywany bywa w sposób rozmaity, zależnie od przeznaczenia. Do murów litych w budynkach drugorzędnych (zabudowaniach gospodarczych i t. p.) bierze się 8 cz. gliny piaszczystej i 1 cz. wapna; do murów

domów mieszkalnych: 9 cz. piasku rzecznoego lub kopalnego, 1 cz. mączki ceglanej i 1 cz. ciasta wapiennego; do budowli wodnych: 7 cz. piasku, 1 cz. mączki ceglanej i 1 cz. wapna, a gdy mur ma być bardzo twardy, to dodawany jest cement w ilości $\frac{1}{36}$ — $\frac{1}{15}$ całej objętości. Zamiast mączki ceglanej, lub wraz z nią, używane są także inne przymieszki wodotrwałe (żuźle, popiół i t. p.). Składniki te mieszane są z sobą nie na raz, lecz w dwóch grupach. Najprzód wsypuje się w mieszarkę mechaniczną całą ilość wapna, przymieszek wodotrwałych i cementu, oraz tylko 1 — 2 cz. piasku i mieszaninę tę skrapia się niewielką ilością wody; następnie dodaje się pozostałą część piasku i przerabia się mieszaninę ponownie na mieszarce. Otrzymaną w ten sposób zaprawę ubija się warstwami, o grubości 2 *cm*, w formach przenośnych, przyczem każdą warstwę ubijać należy bardzo mocno.

Formy przenośne składają się ze ścian drewnianych ruchomych, połączonych wstęgami żelaznymi, ściąganiem za pomocą śrub. Po napełnieniu formy można ją rozebrać i w miarę postępu roboty przenieść na inne miejsce, gdyż beton w ten sposób przygotowany, jest o tyle stężyły, że nie zmienia kształtu, po odjęciu formy. Przy temperaturze zwykłej, masa już po trzech dniach jest bardzo twardą, odporną na wszelkie wpływy zmian atmosferycznych.

Wytrzymałość betonu Coignet'a, po stwardnienia masy, jest bardzo znaczną; według doświadczeń, przeprowadzonych w *Consevoir des arts et métiers* w Paryżu, wytrzymałość na ściskanie tego betonu wynosi przeszło 500 *kg* na *cm*².

Beton Coignet'a ma zastosowanie do wznoszenia murów zarówno w domach mieszkalnych jako też w zabudowaniach gospodarczych, do budowy piwnic, dołów kloacalnych, murów oporowych i nadbrzeżnych, sklepień i t. p., oraz do fundamentów pod maszyny, do budowy kanałów, do układania chodników i t. p. Nadto wyrabiane są z tego betonu zbiorniki do cieczy i gazów, cysterny i t. p., oraz kamienie sztuczne, a zwłaszcza kostki do murów, płyty chodnikowe i posadzkowe i t. p. Fr. Coignet przedstawił na wystawie międzynarodowej w Paryżu różne wyroby zastosowane w budynkach we Francji, a następnie wybudował domy mieszkalne, w których fundamenty i mury nadziemne, oraz posadzki i pułapy, wykonane są z betonu jego pomysłu. W latach ostatnich podjął się budowy z tegoż betonu kościoła w *Vesinet*, pod kierunkiem budowniczego *Boileau'a*.

Zaznaczyć należy, że beton Coignet'a już po 3 — 4 dniach ma twardość taką samą, jaką inne betony ujawniają dopiero po 15 — 30 dniach. Coignet zauważył nadto, że przez ogrzanie betonu jego pomysłu (do 60—80° C.) stwardnienie zostaje przyśpieszone, tak, że beton ten już po 24 godzinach ma wytrzymałość taką, jaką inne betony osiągają dopiero po dwóch tygodniach. Własność ta może być wyzyskana przy niektórych robotach wodnych, nadto przy budowie ulic, oraz przy wykonywaniu roboty w porze zimowej.

9) Beton cendrynowy. *Beton cendrynowy* (n. *Aschenstampfbeton*, *Cendrinbeton*), od 1844 r. stosowany przez d-ra *Küchenmeister'a* i *C. Berndt'a* w Saksonii, składa się z popiołu węgla kamiennych i pyłu ulicznego, przyczem jako zaprawę brać można wapno wodotrwałe, albo też wapno zwyczajne powietrzne, które jednak winno być zgaszone starannie na proszek mialki i nie powinno zawierać grudek niedogaszonych, gdyż grudki takie, gasząc się w murze, mogą wskutek pęcznienia zniszczyć mur. Składniki należy zmieszać na sucho, a na-

stępnie po dodaniu niewielkiej ilości wody, przerobić na masę jednolitą, o gęstości ziemi wilgotnej.

Beton taki może być oczywiście stosowany tylko do robót podrzędnych, jak np. do zabudowań gospodarczych i t. p. Jednakże zalecany był beton ten także do budowy domów mieszkalnych dla ludności mniej zamożnej, a Berndt wybudował z betonu, o którym mowa, spory budynek fabryczny.

Do budowy sklepień używane są *cegły cendrynowe*, wyrabiane przez ubijanie w formy masy cendrynowej, składającej się z 1 cz. wapna wodotrwałego, 2 cz. popiołu i 1 cz. pyłu ulicznego. Trwałość takich cegieł można zwiększyć przez zanurzenie w rozcieńczone szkło wodne.

10) Betony cementowe ze szkieletem żelaznym (konstrukcje Monier'a). Tą nazwą objęte są konstrukcje składające się ze szkieletu żelaznego umieszczonego wewnątrz warstwy zaprawy cementowej. Szkielet żelazny może być plecionką z drutów, albo też siecią z prętów żelaznych. Plecionka z drutu, gęsta lecz dostatecznie sztywna, stosowana jest tylko w wyrobach pomniejszych, zaś do wyrobów większych, oraz do części konstrukcyjnych, brana jest sieć z prętów żelaznych, o przekroju kształtu dowolnego, najczęściej jednak okrągłych, układanych na krzyż, w oddaleniu 5 — 10 *cm* i łączonych w miejscach krzyżowania za pomocą drutu. Takie połączenie prętów jest wystarczające, z powodu, że powłoka cementowa po stwardnieniu stanowi trwałe i silne połączenie części składowych sieci. Dla usztywnienia sieci na powierzchniach większych, zakładane są w pewnych oddaleniach żelaza płaskie, zamiast prętów okrągłych. Grubość całkowita powłoki nie przekracza kilku centymetrów; do powłoki brana jest niemal wyłącznie zaprawa z wyborowego cementu portlandzkiego, która winna być tłustą, jakkolwiek, zależnie od przeznaczenia wyrobu, może być przygotowywana z większą lub mniejszą domieszką piasku. Zaprawa czysta z cementu portlandzkiego nie jest stosowana prawie nigdy, gdyż nawet do wyrobów nieprzemakalnych wystarcza zaprawa, składająca się z części równych cementu i piasku; zaprawy zbyt chude, zawierające więcej aniżeli 3 — 4 cz. piasku na 1 cz. cementu są dla powłoki na szkielecie żelaznym nieodpowiednie.

Najprostszym wyrobem tego rodzaju są płyty cementowe ze szkieletem żelaznym, dostarczane w stanie gotowym do użycia. Większe części konstrukcyjne dogodniej jest wykonywać na miejscu; tak np. po przygotowaniu szkieletu posadzki, sklepienia, zbiornika wodnego, kanału i t. p., oblewa się szkielet warstwą zaprawy cementowej, na odpowiednim szalowaniu jedno- lub dwustronnem.

Betony ze szkieletem żelaznym, zwane powszechnie *konstrukcjami Monier'a*, rozpowszechniły się dopiero od lat z górą dwudziestu.— Józef Monier, ogrodnik w Paryżu, chcąc otrzymać donice trwalsze aniżeli drewniane i lżejsze aniżeli betonowe, wpadł na pomysł wyrabiania donic z plecionki żelaznej, pokrytej powłoką cementową, a zachęcony udatnością pierwszych wyrobów starał się rozszerzyć zakres zastosowań swojego pomysłu; przewidywał bowiem słusznie, że strata wytrzymałości, spowodowana przez znaczne zmniejszenie grubości ścianek, może być równoważona nawet z nadmiarem przez założenie szkieletu żelaznego. Przewidywania Monier'a sprawdziły się, gdyż wyrabiane przez niego zbiorniki wodne, mające do 20 *m* średnicy i 5 *m* wysokości, pomimo bardzo znacznego ciśnienia wody na cienką stosunkowo ściankę, okazały się nieprzemakalnymi i dostatecznie wytrzymałymi.

Pomysł Monier'a zwrócił rychło na siebie uwagę. We Francji i Niemczech starano się zbadać własności fizyczne i chemiczne połączenia dwóch tak różnych materiałów jak żelazo

i cement, przyczem stwierdzono, że połączenie to, dzięki swym własnościom technicznym, może być zastosowane nie tylko do naczyń dla cieczy i wyrobów kształtem do naczyń zbliżonych, jak np. zbiorników wodnych, lecz także do rozlicznych konstrukcyj budowlanych, w zamian za konstrukcje już to żelazne już to betonowe. A jakkolwiek nie we wszystkich wypadkach, w których konstrukcje te były początkowo sposobem próby używane, okazały się one odpowiednimi, to jednak pewne zastosowania budowlane tych konstrukcyj przedstawiają niewątpliwe dogodności i są już obecnie uświęcone kilkunastoletnią praktyką.

Obecnie pomysł Monier'a wyzyskiwany jest głównie przez towarzystwo udziałowe niemieckie „Actiengesellschaft für Monier-Bauten, vormals Wayss & Co“, w Berlinie, które ma przedstawicieli we wszystkich niemal większych miastach Europy. — W Warszawie konstrukcje Monier'a były zastosowane w latach ostatnich, między innymi, przy przebudowie Teatru Wielkiego, przy budowie nowych pawilonów szpitala ujazdowskiego i t. d.

Teorią statyczną konstrukcyj Monier'a starał się rozwinąć pierwszy Koennen, następnie Neumann, Melan, Hartig, Planat i in., lecz badania podjęte w tym kierunku dotychczas nie doprowadziły do wyników zadowalniających.

O konstrukcjach Monier'a i ich zastosowaniach mowa będzie w dziale III, tu zaś podane są tylko własności ogólne tych konstrukcyj, uważanych jako materiał, powstały z połączenia żelaza z cementem, bez względu na kształt konstrukcji i jej przeznaczenie.

Możliwość tworzenia połączeń trwałych żelaza z zaprawą cementową polega na znacznej sile wiążącej zaprawy cementowej z żelazem, na niemal jednokowej rozszerzalności obu materiałów pod wpływem zmian temperatury i na dostatecznym zabezpieczeniu żelaza od rdzewienia.

Wytrzymałość połączenia żelaza z zaprawą cementową wynosi według badań Bauschinger'a 40 — 47 kg na cm^2 , jest więc stosunkowo bardzo znaczną.

Wskutek tak znacznej wytrzymałości połączenia żelaza z zaprawą cementową, masa cementowa po stwardnieniu stanowi silne i trwałe spoiwo, wiążące w jedną całość pręty i druty szkieletu. Z tego powodu zbytecznym jest wiązać z sobą końce siatek lub plecionek i dostatecznym jest siatki lub plecionki układać obok siebie na zakładkę. Szerokość zakładki jest teoretycznie wystarczającą, gdy nie jest mniejszą aniżeli dwadzieścia razy wzięta grubość pręta siatki lub drutu plecionki; w rzeczywistości jednak szerokość zakładki bywa znacznie większą, zwłaszcza przy plecionkach z drutów cienkich. Znaczne zwiększenie szerokości zakładki jest niezbędnym głównie w konstrukcjach, w których przed zupełnym stwardnieniem zaprawy mogą działać naprężenia wewnętrzne; w podobnych wypadkach może okazać się korzystnym nawet trwalsze połączenie z sobą końców siatek lub plecionek.

Współczynniki rozszerzalności żelaza kutego i zaprawy cementowej, jak to już zaznaczyliśmy (p. str. 456), są prawie jednakowe, to też pod wpływem zmian temperatury powietrza nie powinny by pojawiać się naprężenia szkodliwe dla trwałości i wytrzymałości konstrukcyj Monier'a.

Zaznaczyć jednakże należy, że podawane dla różnych ciał współczynniki rozszerzalności mogą być uważane za stałe tylko dla zmian temperatury w pewnych granicach i że te granice są różne dla rozmaitych materiałów. Jakkolwiek przeto zgodność współczynników rozszerzalności żelaza i zaprawy cementowej pozwala przypuszczać, że te składniki konstrukcyj Monier'a rozprzestrzeniają się jednakowo w temperaturach zwykłych powietrza, to jednak nie można bynajmniej stąd wyprowadzić wniosku, że zachowywać się będą tak samo w temperaturach niezwykłych, a mianowicie w temperaturach wyjątkowo wysokich, jak np. podczas pożaru. Niemniej jednak stwierdzono już niejednokrotnie na zasadzie spostrzeżeń, że połączenia żelaza z zaprawą cementową są bardzo odporne na działanie ognia. A ponieważ wpływ temperatury wysokiej na wytrzymałość każdego z tych dwóch materiałów jest różny, gdyż żelazo kute może być ogrzane powyżej 300° C. bez uszczerbku widocznego dla swej wytrzymałości na rozciąganie, gdy tymczasem wytrzymałość zaprawy cementowej zmniejsza się już w temperaturze 100—150° C. (p. str. 390 i 407), przeto odporność konstrukcyj Monier'a na działanie ognia, polega

najprawdopodobniej jedynie na znacznej wytrzymałości szkieletu, przyczem powłoka cementowa oddziaływa korzystnie tylko o tyle, o ile utrudnia i opóźnia przystęp żaru do części żelaznych.

Pomimo odporności konstrukcyj Monier'a na działanie ognia, współczynniki rozszerzalności żelaza i zaprawy cementowej w temperaturze wysokiej mogą być w pewnych granicach różne, gdyż przy znacznej wytrzymałości połączenia żelaza z zaprawą cementową, taka różnica współczynników rozszerzalności, gdy nie przekracza pewnej granicy, może nie spowodować pękania i odpadania powłoki cementowej, tem bardziej, że wskutek układania siatek na zakładkę, bez trwalszego połączenia z sobą końców prętów, a także wskutek pewnej ściśliwości zaprawy cementowej, części żelazne mogą rozprzestrzeniać się swobodnie w pewnych granicach, bez naruszenia spójności zaprawy. Przy nieznacznej grubości, właściwej konstrukcyom Monier'a, odporność ich na działanie ognia, może być po części także następstwem sprężystego poddawania się zarówno szkieletu jako też powłoki.

Z powyższego wynika, że zakres wpływu zmian temperatury na konstrukcyę Monier'a teoretycznie dotychczas nie jest wyjaśniony, wskutek czego wszelkie sądy o trwałości tych konstrukcyj wobec działania ciągłych zmian temperatury, były by obecnie przedwczesne. Inaczej rzecz się przedstawia gdy chodzi o odpowiedź na pytanie, jak się zachowują konstrukcyę Monier'a przy krótkotrwałem działaniu wysokiej temperatury, jak np. podczas pożaru. Na podstawie licznych spostrzeżeń przy pożarach i próbach ogniotrwałości, można twierdzić, że konstrukcyę Monier'a są dostatecznie odporne na działanie ognia i mogą być zaliczone do konstrukcyj ogniotrwałych, co jednak, jak zaznaczyliśmy, nie przesądza pytania odnośnie ich odporności na bezustanne zmiany temperatury, a tem samem nie przesądza sprawy ich trwałości w ogóle.

Urząd policyi budowlanej w Berlinie, uchwałą z 1887 r., uznał ściany i stropy Monier'a za konstrukcyę ogniotrwałą i zezwolił nadto na zabezpieczanie kolumn żelaznych od przystępu ognia za pomocą powłok Monier'a, bez warstwy odosobniającej powietrznej pomiędzy powłoką a kolumną.

Szkielet może być zabezpieczony od rdzewienia, tylko gdy wilgoć nie ma przystępu do części żelaznych. W tym celu zanurzenie szkieletu w zaprawę cementową winno być wykonane umiejętnie i starannie, a przytem w powłoce nie powinny tworzyć się rysy pod wpływem zmian temperatury, ani pęknięcia pod wpływem obciążeń, na jakie konstrukcyę jest wystawioną. Te zastrzeżenia ograniczają niewątpliwie zakres zastosowań konstrukcyj Monier'a, są jednak niezbędnym warunkiem ich trwałości. Skoro albowiem szkielet raz rdzewieć zacznie, to nie zniszczenia jego powstrzymać nie może, a przebieg zniszczenia, wskutek współdziałania zasad (alkalij) cementu, jest znacznie prędszy, aniżeli przy rdzewieniu żelaza w zetknięciu tylko z powietrzem lub wodą.

Zalety główne konstrukcyj Monier'a są najprawdopodobniej następstwem szczęśliwego zespolenia znacznej wytrzymałości na ściskanie betonu ze znaczną wytrzymałością na rozciąganie żelaza. Betony zwykłe bez szkieletu żelaznego przy znacznej wytrzymałości na ściskanie mają bardzo małą wytrzymałość na rozciąganie, wskutek czego kształty konstrukcyj betonowych muszą być oznaczane w ten sposób, ażeby w konstrukcyach tych naprężenia rozciągające wcale nie pojawiały się, lub ażeby przynajmniej nie przekraczały pewnej nieznacznej wielkości (p. str. 456). Natomiast kształty konstrukcyj Monier'a mogą być znacznie dowolniejsze, gdyż konstrukcyę te znoszą pewne, dość znaczne nawet, naprężenia rozciągające.

Wytrzymałość obu składników nie może być jednak całkowicie wyzyskaną, gdyż wytrzymałość na rozciąganie żelaza kutego wynosi około 3500 kg na cm^2 , gdy tymczasem wytrzymałość na ściskanie zaprawy cementowej nie przekracza zazwyczaj 160 kg na cm^2 . Wskutek tego musi być zawsze w szkielecie pewien nadmiar wytrzymałości, co w połączeniu z okolicznością, że wykonywanie kon-

strukcyj Monier'a może być poruczane tylko robotnikom uzdolnionym i wyćwiczonym odpowiednio w tego rodzaju robotach, czyni rzeczony konstrukeye stosunkowo drogiemi.

Grubość konstrukcyj Monier'a nie przekracza kilku centymetrów, a ich ciężar własny jest stosunkowo bardzo mały. Ta okoliczność daje możność stosowania konstrukcyj Monier'a przy rozpiętościach dużych i czyni je dogodnemi w wypadkach, w których istniejące podparcie jest dla innych typów konstrukcyj niewystarczającym. Jednakże mały ciężar własny uszczupla zarazem granice zastosowań konstrukcyj Monier'a, czyni je bowiem nieodpowiedniami dla budowli, wystawionych na znaczniejsze wstrząśnienia, a zwłaszcza dla sklepień, na które ma działać obciążenie ruchome. Z tego powodu konstrukeye Monier'a nie są odpowiedniami dla mostów, jakkolwiek w ostatnich latach, zwłaszcza w Austrii, a także w Rosyi, wykonano liczne mosty na drogach bitych, oraz na drogach żelaznych drugorzędnych (podjazdowych), ze sklepieniami Monier'a, których rozpiętość jest w niektórych wypadkach większą aniżeli rozpiętość zwykle dla sklepień tego rodzaju stosowana.

Nieodpowiedniami są też konstrukeye Monier'a dla ścian, których zadaniem jest zabezpieczenie pomieszczeń wewnętrznych budynku od zimna, jak dla ścian okólnych domu mieszkalnego i t. p., gdyż w takich wypadkach należy stawiać podwójną ścianę Monier'a, z pośrednią warstwą odosobniającą, a taka konstrukeya nie może pod względem kosztu wytrzymać współzawodnictwa z innymi konstrukeyami odpowiedniejszymi i dostatecznie wypróbowanemi.

Do zalet konstrukcyj Monier'a zaliczyć należy łatwość naprawy uszkodzeń przypadkowych. Uderzenie silniejsze, któreby rozbiło zwykłą płytę lub rurę betonową, wyłamie z konstrukcji Monier'a tylko jedno lub kilka pól powłoki. Szkoda jest więc stosunkowo niewielka, a uszkodzenie może być naprawione łatwo, gdyż założenie świeżej zaprawy cementowej na szkielecie nieuszkodzonym nie przedstawia trudności i może być wykonane szczelnie i trwale.

Zaznaczyć należy nadto, że konstrukeye Monier'a, przy odpowiednim gatunku zaprawy cementowej, mogą być nieprzemakalne; to też nadają się wybornie dla naczyń do cieczy, zbiorników wodnych i t. p. Nieprzemakalność tych konstrukcyj jest jednak następstwem wyłącznie gatunku zaprawy, która winna być wyborową i dostatecznie tłustą. Szkielet oddziaływa korzystnie w tym względzie tylko o tyle, o ile utrudnia powstawanie rys i pęknięć w powłoce.

Nie podlega wątpliwości, że konstrukeye Monier'a rozszerzyły znacznie zakres zastosowań zaprawy cementowej w budynkach, są bowiem stosowane do robót, do których zaprawa cementowa bez szkieletu żelaznego albo nie nadaje się albo przynajmniej nie była poprzednio brana. Niemniej jednak pamiętać należy, że konstrukeye Monier'a są wprowadzone w użycie dopiero od niedawna, że więc nie są jeszcze dostatecznie wypróbowane i że wskutek tego o względnej ich wartości dla różnych celów, oraz o ich trwałości, obecnie jeszcze wniosków ostatecznych wypowiadać nie można; a nadmierne pochwały, oddawane tym konstrukeyom w broszurach reklamowych towarzystwa udziałowego wyzyskującego pomysły Monier'a, oraz w niektórych innych wydawnictwach, nie dość bezstronnych,

lub może tylko nie dość ostrożnych w sędzie, należy przyjmować jako wymagające jeszcze dowodu.

We wszystkich niemal miastach większych okazywane są od czasu do czasu przez przedstawicieli rzeczzonego towarzystwa udziałowego obciążenia próbne sklepień cienkich Monier'a; do wyników tych obciążeń próbnych nie można jednak przywiązywać wielkiej wagi, gdyż zazwyczaj są one wykonywane w warunkach nie dających żadnej zasady do ocenienia wytrzymałości sklepień utworzonych ze szkieletu żelaznego z cienką powłoką obustronną; tak np. przedstawione było w Warszawie obciążenie próbne sklepienia Monier'a, w którym nadmurowanie do poziomu wykonane było również z betonu cementowego i stanowiło jedną spójną całość z powłoką szkieletu. W tych warunkach, doświadczenia, o których mowa, mają znaczenie jedynie widowisk reklamowych, bez poważniejszego znaczenia naukowego czy też praktycznego. Ostrożniej jeszcze odnosić się należy do doświadczeń porównawczych nad sklepieniami Monier'a i sklepieniami betonowymi zwykłymi bez szkieletu, mającymi taką samą grubość, gdyż pod względem statycznym konstrukcje te są zasadniczo różne, wskutek czego porównywanie ich wytrzymałości na złamanie przy jednakowej grubości sklepienia, jest całkiem nieodpowiednie i nie poucza o względnej wartości każdego z tych typów sklepień. Słuszniejszym było by porównywanie wytrzymałości takich sklepień przy jednakowym ich koszcie, lecz i wnioski z takiego porównania wyprowadzone, miały by wartość tylko ograniczoną.

Zastosowania konstrukcyj Monier'a opierają się na ich własnościach zasadniczych, a mianowicie na małym ich ciężarze własnym i małej grubości, oraz na dość znacznej wytrzymałości na rozciąganie, wskutek której kształty tych konstrukcyj mogą być w pewnych granicach dowolniejsze aniżeli zwykłych konstrukcyj betonowych. W budynkach najważniejsze zastosowania mają konstrukcje Monier'a do stropów i sklepień; w latach ostatnich wykonano sklepienia beczkowe, mające 16 — 18 *m* rozpiętości, jak np. w fabryce szkła w Stralau, oraz kopuły spore, jak kopuła nad grobowcem cesarza Fryderyka w Potsdamie, mająca 8 *m* średnicy wewnętrznej. Przy łatwości, z jaką można konstrukcyom Monier'a nadawać kształty dowolne, typy stropów i sklepień są bardzo liczne. Pod względem ogniotrwałości stropy są korzystniejszymi aniżeli sklepienia, gdyż ogień rozprzestrzenia się w kierunku poziomym trudniej znacznie aniżeli w kierunku pionowym. — Stosowane są także ściany Monier'a, oraz schody tejsze konstrukcyi, a w latach ostatnich wybudowano w kilku miastach niemieckich kąpiele ludowe natryskowe, według wzoru przedstawionego na wystawie w Berlinie 1889 r. W kąpielach tych nie tylko ściany zewnętrzne i przedziałowe, lecz także całe niemal urządzenie wewnętrzne cel, wykonane jest z cementu na szkielecie żelaznym. — W Lipsku wybudowano w 1887 r. budynek cyrkowy, mający 41 *m* średnicy i obejmujący 3000 miejsc dla widzów; do budynku tego zastosowano konstrukcją Monier'a głównie z powodu, że budowa miała być ukończoną w czasie stosunkowo krótkim, mianowicie w czasie około 10 miesięcy, a blachy falistej zastosować nie chciano z powodu, że oddziaływa ujemnie na akustykę. — W Potsdamie, przy klubie oficerów gwardyi, znajduje się lodownia systemu Monier'a, obejmująca około 36 *m*³; zbiornik dla lodu, otoczony ścianą podwójną, ma 4 *m* średnicy wewnętrznej i 3 *m* wysokości. — Zaznaczyliśmy już powyżej (p. str. 462), że konstrukcje Monier'a nadają się dobrze dla naczyń do cieczy, zbiorników wodnych i t. p., i że są stosowane także do budowy mostów dróg bitych, oraz dróg żelaznych drugorzędnych. Nadto przytoczane są przykłady zastosowania tych konstrukcyj do budowy tam rzecznych, kanałów podziemnych, i t. p.

Pod względem statycznym konstrukeye Monier'a, jako obliczane zazwyczaj na dość znaczne naprężenia rozciągające, różnią się zasadniczo od zwykłych konstrukcyj betonowych, które mogą być wystawiane na działanie sił tylko ściskających. To też konstrukeye Monier'a niewłaściwie zaliczane są do betonów; są to raczej konstrukeye żelazne, gdyż żelazo jest w nich materiałem głównym, a zaprawa cementowa — materiałem pomocniczym. Znaczenie statyczne bowiem powłoki cementowej polega przeważnie na tem, że usztywnia ona cienkie pręty żelazne, które bez takiej powłoki usztywniającej były by zbyt giętkie. Z tego powodu przyjęta nazwa „betonów ze szkieletem żelaznym“ jest dla tych konstrukcyj nie całkiem właściwą.

W latach ostatnich zalecane są różne typy nowe betonów na szkielecie żelaznym, więcej lub mniej różniące się od konstrukcyj Monier'a. We Francyi np. stosowane są wyroby cementowe (zwłaszcza płyty) ze szkieletem żelaznym według pomysłu Cottancin'a. W Austrii uzyskał Melan przywilej (1893 r.) na konstrukeye betonowe ze szkieletem żelaznym własnego pomysłu. W Rosyi kupiec A. L. Szyller w Petersburgu uzyskał (1894 r.) przywilej na konstrukeye lite z betonu (mury, sklepienia, stropy, i t. p.) ze szkieletem z prętów żelaznych pionowych i poziomych.

11) Siderocement. Pod tą nazwą zaleca J. Bordenave połączenie żelaza lub stali z cementem portlandzkim, wytrzymaujące bardzo znaczne ciśnienia. Połączenia te przygotowywane są przeważnie w postaci płyt cementowych na szkielecie metalowym. Siderocement stosowany jest nadto do wyrabiania rur, oraz naczyń nieprzemakalnych dla cieczy. Rury takie, założone na placu wystawy międzynarodowej w Paryżu 1889 r., po trzech latach ujawniły bardzo znaczną wytrzymałość, tak, że z trudnością tylko mogły być złamane, a powierzchnia metalu (stali), oczyszczona z powłoki cementowej, była polyskującą bez śladów rdzy, pomimo, że przez ten czas trzyletni, rżeczone rury były wystawione na zmienne wpływy słońca i mrozu. — Zaznaczyć jednakże należy, że zakres zastosowań siderocementu jest dotychczas bardzo ograniczony, a spostrzeżenia nad własnościami tego materiału są nieliczne.

VI. G i p s.

Gips (p. str. 18 i 92), siarczan wapnia wodny, występuje w rozmaitych formacjach, napotyka się także w wodzie i korach niektórych roślin, nadto jest otrzymywany jako wytwór uboczny przy niektórych działaniach chemicznych. Bywa krystaliczny, ziarnisty, włóknisty, zbity i ziemisty; w stanie krystalicznym jest bezbarwny i przezroczysty, a w stanie ziemistym — biały i nieprzezroczysty; nie ma zapachu ani smaku. — Siarczan wapnia bezwodny, czyli *bezwodny (anhydryt)*, występuje w przyrodzie rzadziej i nie ma zastosowania w przemyśle.

Ciężar właściwy gipsu: 2,33, zaś bezwodny: 2,96.

Gips rozpuszcza się w wodzie trudno; do rozpuszczenia 1 cz. gipsu potrzeba około 400 cz. wody, przyczem tworzy się t. zw. *woda gipsowa*.

Gips zawiera około 21% wody krystalicznej; ogrzewany traci stopniowo tę wodę. Przy temperaturze 100° C. traci połowę wody, przy temperaturze 120° C. traci 75% wody; następnie woda ulatnia się coraz wolniej; przy temperaturze jednakże 200° C. gips staje się bezwodnym. Gips pozbawiony wody przez ogrzewanie nazywa się *palonym*.

Gips palony (fr. plâtre; n. gebrannter Gyps, Sparkalk, Gypskalk) jest miękki, luźny, nieprzezroczysty, daje się łatwo rozcierać. Sproszkowany i zarobiony z wodą na ciasto, wiąże się ponownie z taką ilością wody, jaką utracił podczas palenia, przyczem rozgrzewa się i zwiększa swą objętość o 1%. Takie ciasto gipsowe zwane jest *gipsem gaszonym*. Gips gaszony, wysychając, traci wodę

niezwiązaną chemicznie, przyczem tęższe stopniowo i po pewnym czasie przekształca się na masę twardą, porowatą.

Skoro taki gips stwardniały zostanie rozdrobniony i ponownie zarobiony z wodą w ilościach równych na objętość, to otrzymane stąd ciasto ponownie stwardnieje, lecz twardość jego będzie mniejszą od pierwotnej. W taki sam sposób można tenże gips jeszcze razy kilka rozdrabniać i zarabiać z wodą, lecz po każdym ponownym zarobieniu twardość okaże się mniejszą od poprzedniej, przyczem to zmniejszanie się stopnia twardości będzie tem wolniejszym, im lepszym jest dany gips.

Gips wypalony w temperaturze umiarkowanej, nie przewyższającej 200°C ., wiąże się ze znaczną stosunkowo ilością wody w czasie kilku minut, a w miarę wysychania twardnieje prawidłowo. Gips wypalony w temperaturze wyższej nad 200°C . przyjmuje wody mniej, wiąże się z nią oporniej i twardnieje wolniej, aniżeli gips wypalony w temperaturze umiarkowanej. Z tego powodu gips wypalony w temperaturze wyższej od 200°C . zwany jest *przepalonym*, a mniej właściwie *martwym*. Nawet przy temperaturze bardzo wysokiej gips nie traci zupełnie własności wiązania się z wodą. Jednakże gips wypalany w temperaturze wyższej aniżeli 200°C . spieka się i wskutek tego staje się gęstszym, a jednocześnie trudniej wiąże się z wodą i wolniej twardnieje. Te własności potęgują się wraz z temperaturą, a po stopniowym zwiększeniu temperatury do żaru czerwonego ($400 - 500^{\circ}\text{C}$.) gips staje się *wodotrwałym (hydraulicznym)*. Gips wodotrwały przyjmuje wodę w ilości stosunkowo małej, wiąże się z nią bardzo powoli, w czasie kilku do kilkunastu tygodni, twardnieje jednak ciągle i prawidłowo, a po stwardnieniu tworzy masę z wyglądu podobną do alabastru, której gęstość, ciężar, twardość i wytrzymałość są znacznie większe aniżeli w zwykłych odlewach gipsowych.

Zależnie od stopnia wypalenia można więc, zgodnie z powyższem, rozróżniać następujące stany gipsu:

- a) Gips nieodwodniony (niepalony, naturalny) zawiera około 21% wody krystalicznej; w wodzie rozpuszcza się trudno (1 cz. gipsu w 400 cz. wody).
- b) Gips ogrzany w temp. 100°C . zawiera jeszcze połowę pierwotnej ilości wody.
- c) Gips palony w temp. $120 - 135^{\circ}\text{C}$. zawiera $\frac{1}{4}$ pierwotnej ilości wody; zarobiony z wodą twardnieje prędko.
- d) Gips odwodniony zupełnie, lecz w temperaturze nie wyższej nad 200°C .; zarobiony z wodą twardnieje prędko.
- e) Bezwodny (anhydryt) wiąże się z wodą powoli, a po stwardnieniu nie ujawnia własności wodotrwałych.
- f) Gips wodotrwały, wypalony w temperaturze żaru czerwonego ($400 - 500^{\circ}\text{C}$.); wiąże się z wodą powoli, a po stwardnieniu ujawnia własności wodotrwałe.

1) Wypalanie gipsu. Wypalanie gipsu ma na celu wydalenie z gipsu wody. Przy wypalaniu gipsu, zarówno jak przy wypalaniu wapna, chodzi więc o wydalenie jednego ze składników; różnica jednak polega na tem, że do wydalenia wody z gipsu wystarcza temperatura znacznie niższa, aniżeli do wydalenia kwasu węglanego z wapienia.

Zaznaczyliśmy już powyżej, że im wyższą jest temperatura wypalania, tem wolniej twardnieje następnie ciasto gipsowe. A że, zależnie od przeznaczenia gipsu, pożądaną może być różna prędkość twardnienia, przeto gips w rzeczywistości wypalany bywa w temperaturach rozmaitych. Bez względu na wysokość temperatury, wypalenie będzie udatne tylko wtedy, gdy gips w całej swej masie

ogrzewa się równomiernie; w razie przeciwnym bowiem wytwór palenia będzie przedstawiał mieszaninę gipsu wypalonego należycie z gipsem przepalonym lub niedopalonym. — Z tego samego powodu gips wypalany w kawałach dużych winien być wystawiony na działanie ognia przez czas stosunkowo dłuższy, gdyż w razie przeciwnym jądra kawałów pozostaną niedopalone. — Podczas wypalania gips nie powinien stykać się z węglem.

Senft zauważył, że gips przechowywany w miejscu całkiem suchym, zabezpieczony od przystępu wilgoci i wystawiony na bezpośrednie działanie promieni słońca, traci część wody i wskutek tego staje się twardym, anhydrytowym i nieprzydatnym do palenia. Gips taki, zanurzony w wodę, po dłuższym dopiero czasie odzyskuje część utraconej wody. Zjawisko to można widzieć także w lomach gipsu, wystawionych na bezpośredni przystęp promieni słonecznych.

Gips do robót artystycznych, np. do odlewu figur i t. p., wypalany jest niekiedy w stanie miało sproszkowanym, w kotłach metalowych (miedzianych lub żelaznych), albo na blachach żelaznych, a w ilościach większych — w piecach umyślnie w tym celu budowanych. Takież gips, rozdrobniony na ziarna wielkości orzecha laskowego, bywa często wypalany w piecach zbliżonych kształtem do zwykłych pieców piekarskich, albo też w t. zw. piecach walcowych Minich'a, Covlet'a, Pschow'a i in. — Triquet i Guyant obmyślili przyrządy służące do wypalania gipsu w proszku i w kawałach za pomocą ciepła uchodzącego z pieców wapiennych. — Violette obmyślił przyrząd do wypalania gipsu za pomocą przegrzanej pary wodnej, przyczem do wypalenia 1 m³ = 1300 kg gipsu dla robót artystycznych, zużywa się 520 kg pary; jednakże zalecony przez Violett'a sposób wypalania jest kosztowny, a przyrząd jego ulega często uszkodzeniom.

Gips zwykły, dla zapraw mularskich, zalewów (jastrychów) i t. p., wypalany bywa jedynie w kawałach, a nie w proszku; gdyż wypalanie znacznych ilości w proszku jest utrudnione, a przytem rozdrabnianie gipsu palonego jest łatwiejsze aniżeli niepalonego. Taki gips wypalany być może w dolach i piecach polowych, częściej jednak wypalany bywa w piecach stałych, zarówno okresowych, jako też ciągłych. Najprostszy typ pieca stałego, murowanego, o działaniu okresowym, ma w planie kształt prostokąta, którego długość jest dwa razy większą od szerokości; przyczem w dwóch ścianach krótszych znajdują się ujścia kanałów ogniowych, założonych na dnie pieca z kamieni gipsowych, równoległe do ścian dłuższych. Na kanałach ogniowych spoczywa ładunek gipsu wypalanego. Piec taki przykryty jest w odpowiedniej wysokości dachem lekkim, jednospadkowym, albo, co lepiej, sklepieniem opatrzonym w otwórki dla regulowania przeciągu. W piecach przykrytych sklepieniami urządzane są drzwi boczne do wprowadzania ładunku gipsu. — Używane są także piece stojące okresowe, zbliżone kształtem do zwykłych pieców wapiennych. Piece o płomieniu krótkim nie nadają się jednakże do wypalania gipsu, gdyż w piecach takich gips pozostawałby w styczności z paliwem, a przytem przy zupełnem wyzyskaniu paliwa, temperatura takiego pieca byłaby za wysoką. — Istnieją też piece okresowe obmyślane wyłącznie dla gipsu. Z tych najodpowiedniejszych okazały się: piec Scane-gatty'ego, z rusztem bocznym do opalania węglem kamiennym, oraz piec Dumesnil'a do opalania drzewem (mianowicie chrustem). — Rzadziej aniżeli okresowe używane są piece ciągłe. Niekiedy jednakże wypalany jest gips pośledniejszy w zwykłych piecach pierścieniowych. Z pieców ciągłych obmyślonych wyłącznie dla gipsu najwięcej cenionym jest piec stojący retortowy L. Ramdohr'a, ogrzewany węglem kamiennym lub brunatnym; nadto są w użyciu: piece kotłowe S. Walser'a w Monachium, piec rurowy M. Erhardt'a w Wolfenbüttel i H. Barth'a w Brunświku, piec kotłowy F. Hoffmann'a w Berlinie, oraz piec z kanałami pionowymi Hänshke'go i S-ki w Haugsdorf pod Lauben.

2) Rozdrabnianie gipsu palonego. Gips, po wypaleniu, rozdrabniany jest na proszek miałki, co z powodu małej twardości gipsu palonego nie przedstawia znaczniejszych trudności. Niekiedy gips rozdrabniany jest przez tłuczenie i t. p., częściej jednak znacznie przez mielenie na młynkach, o kamieniach stojących, lub leżących.

Młynki ulepszone do mielenia gipsu obmyślili i wprowadzili w użycie: Jannot (syn) w Triel (dep. Seine-et-Oise), J. H. Reinhardt w Offenbach n. M., Minich i in.

Gips rozdrobniony przesiewany jest przez sita dla oddzielenia części grubszych.

3) Opakowanie, przewóz, miary handlowe. Gips palony i sproszkowany chciwie pochłania wodę. Z tego powodu bezpośrednio po rozdrobnieniu winien być zapakowany w naczynia szczelne, nie przepuszczające powietrza, najlepiej zaś w beczki, które do czasu użycia przechowywane być winny w miejscu całkiem suchem. Z tego samego powodu gips, który ma być dowożony ze znacznej odległości, lepiej jest sprowadzać w stanie niepalonym i następnie wypalać na miejscu.

W handlu gips palony i sproszkowany sprzedawany jest albo w beczkach, o objętości 2 *hl*, albo też właściwiej na wagę.

4) Rozpoznawanie stopnia dobroci gipsu palonego. W gipsie naturalnym, niepalonym, znajdują się często przymieszki gliny, tlenku żelaza, węgla wapnia, iskrzyku, bitumów i bezwodynu (anhydrytu). Jeżeli przymieszki te występują w ilościach małych, to nie oddziałują szkodliwie na zastosowania gipsu, jeżeli jednak ilość przymieszek jest znaczną, to może ujawnić się zmiana własności gipsu.

Skoro gips palony, po zmieleniu, wiąże się z wodą słabo i nie twardnieje należycie, to przyczyną tego może być albo zbyt słabe wypalenie gipsu, albo przepalenie gipsu; w pierwszym wypadku gips zawiera jeszcze za dużo wody, w drugim zaś—ilość wody w gipsie jest już za małą. Nadto tych samych objawów przyczyną może być zbyt znaczna przymieszka bezwodynu (anhydrytu).

Stopień wypalenia gipsu, oraz ilość stosunkową przymieszki bezwodynu, można ocenić dokładnie tylko przez oznaczenie ilości wody zawartej w danym gipsie. Gips niepalony, dostatecznie czysty, zawiera wody 20—21%; gips dostatecznie wypalony nie powinien zawierać wody więcej aniżeli 5—6%.

Gips dostatecznie czysty, wypalony w temperaturze właściwej i należycie rozdrobniony, po zarobieniu z wodą, tworzy mleko jednostajne. Z takiego mleka, pozostawionego w naczyniu przez pewien czas w spoczynku, wydziela się ciasto mialkie, gęste i lepkie. Jeżeli natomiast dany gips nie jest czystym, lecz zawiera znacznie większą przymieszkę bezwodynu (anhydrytu), to po zarobieniu z wodą otrzymuje się wprawdzie także mleko, lecz w mleku tem, pozostawionem w spoczynku, tworzy się osad nielepki i nieciągliwy (nieplastyczny), a w dotknięciu twardy i rozpadający się po wyschnięciu na proszek. Osad ten składa się z bezwodynu.

Jeżeli gips palony i sproszkowany, podczas zarabiania z wodą w naczyniu, wydziela woń przykłą, przypominającą woń jaja zgnilego, to jest to dowodem, że pojedyncze kawałki danego gipsu podczas wypalania były w bezpośredniej styczności z paliwem.

Dokładna ocena własności gipsu palonego może opierać się tylko na wynikach rozbioru chemicznego, oraz doświadczeń mechanicznych. Rozbiór chemiczny uwidoczni ilość stosunkową przymieszek zanieczyszczających, oraz ilość stosunkową wody w danym gipsie; doświadczenia zaś mechaniczne wskażą ciężar właściwy i ciężar rzeczywisty danego gipsu, czas wiązania, siłę wiążącą i wytrzymałość masy gipsowej po stwardnieniu.

5) Zastosowania gipsu. Gips niepalony (naturalny), sproszkowany, ma zastosowanie w rolnictwie (na nawóz) i w przemyśle (do kitów, farb i t. p.) oraz

jako przymieszka do cementu portlandzkiego, p. str. 375), a także w budownictwie (jako przymieszka do zaprawy wapiennej). O wiele ważniejsze są zastosowania w budownictwie gipsu palonego (do zapraw gipsowych, odlewów i t. d.).

Wszystkie zastosowania techniczne gipsu palonego opierają się na tej jego własności, że po sproszkowaniu zarobiony z wodą tworzy masę, która po pewnym czasie staje się twardą i wytrzymałą. Na tej własności opiera się zastosowanie gipsu do zapraw gipsowych i t. p. A że przytem gips palony, gaszony z wodą, zwiększa swą objętość o 1%, przeto jest bardzo odpowiednim do odlewów w formach, gdyż dzięki tej własności, masa gipsowa zapełnia dokładnie najdrobniejsze nawet zagłębienia formy.

Twardość ostateczna masy gipsowej, przy innych warunkach jednakowych, jest tem większą, im większą jest twardość gipsu niepalonego. Z tego powodu do odlewów twardych, gipsy zbite, mocne, twarde i ciężkie, nadają się znacznie lepiej, aniżeli gipsy ziemiste, kruche, miękkie i lekkie.

Gips przepalony stosowany jest w fabrykach papieru.

Gips wodotrwały jest dobrym materiałem budowlanym, wyróżnia się znaczną wytrzymałością i może być brany do zapraw w miejscach wilgotnych, a także do odlewów; do robót wodnych jednak nie nadaje się, z powodu rozpuszczalności gipsu w wodzie.

6) Zaprawa gipsowa. *Zaprawa gipsowa* (fr. mortier de plâtre; n. Gypsmörtel), otrzymywana przez zarobienie gipsu palonego, sproszkowanego, z wodą, jest najdawniejszą z zapraw chemicznych; używaną była już w starożytnym Egipcie do budowy piramid (piramida Cheopsa). Obecnie używaną jest do murów, oraz do wypraw (tynków) zewnętrznych i wewnętrznych, w okolicach obfitujących w gips, jak np. w Paryżu, i wielu innych miastach Francyi, w Lüneburgu (w Hannoverze północnym), na Harcu południowym (Osterode) i t. d., a do niedawna także w Hamburgu, na Helgolandzie i t. d. Zaprawa znana w Niemczech pod nazwą „wapna lüneburgskiego“ jest gipsem gruboziarnistym, zanieczyszczonym.

Z zaprawy gipsowej wyrabiane są lekkie mury przedziałowe, ozdoby architektoniczne, gzymsy, części kolumn i t. p., oraz zalewy (jastrychy), o których mowa będzie w dziale III, nadto różne kamienie sztuczne i odlewy, o których wzmiankę podajemy w rozdziale IV działu niniejszego. Zaprawa gipsowa brana jest niekiedy także do zalewania zachwyków (ankrów) żelaznych w kamieniu, co jednak jest odpowiedniem jedynie w miejscach całkiem suchych, nigdy na przystęp wilgoci niewystawionych.

W Paryżu, gdzie zaprawa gipsowa używaną jest do wszystkich murów po nad pierwszym piętrem, gips nigdy nie jest mieszany z wapnem, piaskiem, ani innemi ciałami obcemi. W innych miejscowościach jednak biorą do wypraw zewnętrznych mieszaninę ciasta gipsowego z zaprawą wapienną, z powodu, że taka mieszanina nie pęcznieje. Niekiedy, już to dla zmniejszenia kosztu zaprawy, już to dla zwolnienia przebiegu twardnienia, miesza się ciasto gipsowe z piaskiem lub mączką ceglana, branemi w ilości na objętość 30 — 50%, gdyż większej ilości domieszek gips nie znosi. Taka zaprawa gipsowa, z piaskiem lub mączką ceglana, twardnieje rzeczywiście wolniej, lecz osiąga twardość mniejszą i jest więcej porowatą, aniżeli zaprawa gipsowa czysta.

Wytrzymałość i twardość zaprawy gipsowej jest w stopniu wysokim zależną od jej gęstości po stwardnieniu. Zaprawa, która po stwardnieniu jest gęstą, mało porowatą, odznacza się większą wytrzymałością i większą odpornością na wpływy czynników atmosferycznych, aniżeli zaprawa, która po stwardnieniu jest porowatą. Stopień porowatości zaprawy po stwardnieniu jest zależny nie tylko od gatunku gipsu, lecz także od sposobu przygotowywania zaprawy; porowatość zaprawy stwardniałej będzie tem większą, im większą ilość wody wzięto do zarobienia gipsu i im mniej starannie przerabiano ciasto gipsowe. Z tego powodu należy brać do zaprawy wodę w ilości możebnie małej, a ciasto gipsowe przerabiać silnie, aby wydalić powietrze wewnątrz masy znajdujące się i nie dopuścić tworzenia się w masie pęcherzyków powietrznych.

Zaprawa gipsowa twardnieje znacznie prędzej aniżeli zaprawa zwykła wapienna. Z tego powodu zaprawę gipsową brać należy do roboty natychmiast po zarobieniu.

Dla murów znajdujących się w pobliżu miejsc, w których gniją ciała organiczne, a więc dla murów kloak, stajen i t. p., zaprawa gipsowa jest odpowiedniejszą aniżeli zwykła wapienna. Zaprawa gipsowa, w porównaniu z zaprawą zwykłą wapienną, przedstawia jeszcze tę dogodność, że może być brana do robót przy temperaturze niżej 0° (do -10° C.), bez uszczerbku dla swych własności. Przy temperaturze niższej od -10° C. zaprawy gipsowej używać nie należy.

Natomiast zaprawa gipsowa nie nadaje się do miejsc wilgotnych, gdyż w murach wilgotnych zaprawa gipsowa pozostaje miękką i nie wiąże się z kamieniem. Zaprawa gipsowa, już po stwardnieniu należytem wystawiona przez czas dłuższy na działanie wody, mięknie i rozpada się.

Zaprawę gipsową uważają powszechnie za niedostatecznie odporną na wpływy czynników atmosferycznych. Pogląd ten jest niezupełnie uzasadniony; zaprawa gipsowa bowiem przygotowana z gipsu dobrego i zastosowana umiejętnie, jest w murach suchych trwała, jak o tem świadczą nie tylko starożytne piramidy Egiptu, lecz także liczne budowle stare przechowane w klimacie Europy środkowej, jak np. ruiny zamku pod Osterode na Harcu, gdzie cegła już dawno zwietrzała, gdy tymczasem spoiny gipsowe pozostały nieuszkodzone; wielki gmach Kremlu w Moskwie, który przetrzymał pożar 1813 r. i pomimo surowego klimatu przechował się podziś dzień w stanie dobrym; wreszcie liczne budynki we Francji, Hamburgu i t. d.

Wytrzymałość na rozciąganie zaprawy gipsowej czystej, po dwóch miesiącach tężenia, wynosi według Schülke'go i Wiebe'go 24 kg na cm^2 , a według źródeł francuskich $12 - 16 \text{ kg}$ na cm^2 . Wytrzymałość na ściskanie takiejże zaprawy wynosi $50 - 80 \text{ kg}$ na cm^2 . Zaprawa gipsowa z domieszką piasku ma wytrzymałość znacznie mniejszą. Wytrzymałość na rozciąganie zaprawy gipsowej z piaskiem gruboziarnistym wynosi tylko około 5 kg na cm^2 , a takiejże zaprawy z piaskiem miętym — około 4 kg na cm^2 .

Gatunki gipsu pospolicie w handlu napotykanne tężą prędko. Ta prędkość twardnienia zaprawy gipsowej, obok znacznej stosunkowo jej porowatości po stwardnieniu, stanowi niedogodność poważną, którą usunąć się starają różnemi sposobami. Z pomiędzy sposobów stosowanych, w celu zwolnienia przebiegu twardnienia i zwiększenia ostatecznej gęstości i twardości zaprawy gipsowej, jeden z najskuteczniejszych i najdogodniejszych w użyciu polega na dodaniu do gipsu mielonego niewielkiej ilości (do 10%) wapna tłustego. — Bardzo skuteczną okazała się także t. zw. *flualacya* (p. str. 166), polegająca na nasycaniu zaprawą

wy lub odlewu „fluatami gipsowemi“, wyrabianemi umyślnie w tym celu przez firmę L. Kessler i S-ka w Clermont-Ferrand, a przedstawiającemi nadto tę dogodność, że posiadają własności przeciwnie (antyseptyczne) i że wskutek tego w zaprawie lub odlewie nasyconym takimi fluatami nie gnieżdżą się zarodki chorobotwórcze. Fluaty nie zmieniają barwy gipsu, a zaprawy i odlewy nasyczone fluatami odznaczają się rzeczywiście znaczną twardością i gęstością.

Gips palony i sproszkowany, zarobiony z wodą klejową, twardnieje wolniej i osiąga twardość większą, aniżeli zarobiony z wodą czystą. Z tego powodu używanie wody klejowej zamiast czystej do zarabiania gipsu jest korzystne.

Można także zwolnić przebieg twardnienia i zwiększyć twardość ostateczną zaprawy gipsowej przez zmieszanie gipsu palonego, sproszkowanego, z korzeniem ślazowym, mialko sproszkowanym, w ilości 2 — 4%, poczem mieszaninę tę zarobić należy z wodą w ilości 40%. Otrzymane stąd ciasto jest podobne do gliny tłustej, twardnieje powoli, a osiąga twardość tak znaczną, że daje się piłować, toczyć, wiercić, wskutek czego ma liczne zastosowania, głównie do wyrabiania form gipsowych dla odlewów, oraz do wyrabiania kitów i t. p.

7) Zaprawa gipsowo-wapienna. Przez dodanie gipsu palonego, sproszkowanego, do zaprawy wapiennej zwykłej (powietrznej) otrzymuje się *zaprawę gipsowo-wapienną*, która jest używaną na wyprawy (tynki) wewnętrzne, gzymsy i t. p. Ilość stosunkowa gipsu w takiej zaprawie jest w ogóle niewielką. Według Liebold'a dwóch robotników, przy użyciu 300 l wapna gaszonego, z dodaniem 3 cz. na objętość piasku mularskiego i 10 l gipsu palonego, może pokryć w jednym dniu 35 m² sufitu wyprawą, o grubości 2 cm. Do wypraw wykwinniejszych, zwłaszcza do zewnętrznej ich powłoki, brane jest wapno gaszone z dodatkiem 2 cz. na objętość piasku mialkiego i czystego, oraz gipsu palonego w ilości 1 1/2 — 2 razy większej od powyżej wskazanej. Taką zaprawę bierze się do gzymsów wewnętrznych i t. p. Zgodnie z tem na 100 m² wychodzi dla wyprawy zwykłej około 30 l, a dla wyprawy wykwinniejszej około 45 l gipsu palonego, sproszkowanego.

Zaprawa gipsowo-wapienna, w porównaniu z zaprawą wapienną zwykłą, przedstawia tę dogodność, że po stwardnieniu ma wytrzymałość większą, że z drzewem, trzcina i glina wiąże się prędzej i mocniej, że nie pęka i od ściany nie odpada. Nadto domieszka gipsu palonego, sproszkowanego, do zwykłej zaprawy wapiennej ułatwia znacznie robotę. To też dla wypraw wewnętrznych, sufitów, członków architektonicznych o kształtach złożonych, zaprawa gipsowo-wapienna jest równie cenna, jak zaprawa wapienno-cementowa dla wypraw zewnętrznych.

Do zaprawy gipsowo-wapiennej brać należy tylko ciasto wapienne, które przynajmniej przez miesiąc było przechowywane w dole. Gips dodawany jest dopiero po zarobieniu ciasta wapiennego z wodą i piaskiem, przyczem wodę brać należy w ilości małej, a mieszaninę przerabiać należy starannie i silnie dla wydalenia powietrza. — Można także ciasto wapienne, w stanie prawie suchym, zmieszać w skrzyni wapiennej z piaskiem, a do wody, potrzebnej dla rozcieńczenia ciasta, wsypać powoli gips palony, mieszając kielnią; poczem wodę tę wlewa się do skrzyni wapiennej i zaprawę przerabia się mocno gracami. — Gracownicy wprawni mieszają gips z zaprawą wapienną wprost w skrzyni wapiennej; w tym

celu ciasto wapienne zmieszane z piaskiem kładą w jednym końcu skrzyni, a w drugim swobodnym mieszają wodę z gipsem.

Zaprawy gipsowe i gipsowo-wapienne używane są także do sklepień płaskich. Do ozdób zewnętrznych, które nie mają być malowane olejno, bierze się niekiedy $\frac{2}{3}$ gipsu na $\frac{1}{3}$ zaprawy wapiennej, przyczem mieszaninę tę zarabia się z wodą klejową.

8) Beton gipsowy. *Beton gipsowy* jest mieszaniną gipsu wodotrwałego ze zwirem czystym, ostrym, albo też z szabrem ceglany. Masa betonowa, po wleciu w formy, twardnieje prędko, a po stwardnieniu ma znaczną wytrzymałość i trwałość. Taką masę betonową, do której zamiast żwiru lub szabru często brany jest gruz murów starych, służy do wyrabiania kamieni sztucznych. Kamienie te już w kilka dni po wleciu masy w skrzynie są gotowe do użycia. — Na Harcu z betonu gipsowego, zwanego tam *amallith'em*, wznoszone są od 1858 r. różne budowle, zwłaszcza domy mieszkalne, zabudowania gospodarcze, altany, mury zagrodowe i t. p., nadto sklepienia, schody ogniotrwałe i t. p., a nawet kominy fabryczne i piece do suszarni parowych. Rozpoznane jest także użycie betonu gipsowego we Francji. Hôtel de plâtres w Paryżu wzniesiony jest niemal wyłącznie z kamieni wyrobionych z betonu gipsowego, a okazał się dostatecznie trwałym, gdyż istnieje już od lat blisko stu.

9) Ściany gipsowe ze szkieletem żelaznym (ściany Rabitz'a). Ściany te składają się z plecionki z drutów, powleczonej obustronnie zaprawą gipsowo-wapienną. Plecionka z drutów, o oczkach około 2 cm, naprężona jest w ramie, złożonej z prętów żelaznych okrągłych. Do zaprawy zarabia się najprzód w wodzie klejowej proszek gipsowy i sierść krowią, a po przemieszaniu dodaje się zaprawę z 1 cz. wapna i 3 cz. piasku, poczem przerabia się mieszaninę na ciasto gęste, jednolite. Tem ciastem powleka się plecionkę obustronnie, a następnie daje się jeszcze z obu stron wyprawę z gipsu, wapna i piasku.

Ściany Rabitz'a są ogniotrwałe. Grubość ich całkowita wynosi 5—6 cm, wskutek czego zajmują bardzo mało miejsca.

Maszyny do przygotowywania zapraw i betonu.

Zaprawy przygotowywane za pomocą maszyn są dokładniej przemieszane, mają masę jednolitejszą, a tem samem są lepsze, aniżeli zaprawy przygotowywane ręcznie. Ponieważ jednak zakupienie maszyny z dostawą na miejsce wymaga pewnego nakładu, a przytem obsługa maszyny i utrzymywanie jej w stanie należytem powoduje stałe wydatki, przeto maszyny do zapraw używane są tylko przy robotach większych, do których zaprawa potrzebną jest w ilości znacznej; gdy tymczasem przy robotach budowlanych zwykłych, przy których rozchód dzienny zaprawy jest niewielki, korzystniejszą jest robota ręczna. Najmniejsze z istniejących maszyn do zapraw wykazują wydajność dzienną około $5 m^3$ (= około $\frac{1}{2}$ saż. sześć.). Takie maszyny stosowane są tylko w bardzo wyjątkowych wypadkach, gdyż zazwyczaj nabycie maszyny przedstawia rzeczywistą korzyść dopiero przy znacznie większym rozchodzie zaprawy. Ustanowienie zasady ogólnej, określającej w cyfrach ten rozchód dzienny zaprawy, przy którym nabycie maszyny może już okazać się korzystnym, jest oczywiście niemożliwym, gdyż w każdym wypadku oddzielnym, wynik obliczenia jest zależnym od czynników zmiennych, względnie do miejsca i czasu, a głównie zależnym od ceny maszyny z dostawą na miejsce, od kosztu jej obsługi i utrzymywania w stanie należytem, oraz od płacy robotnika. Przy wprowadzaniu w rachunek tych czynników pamiętać należy, że ponieważ maszyny do zapraw, jak dotychczas, sprowadzane są przeważnie z fabryk zagranicznych, przeto u nas, w Królestwie, koszt maszyny

zależnym jest nie tylko od ceny fabrycznej wyrobu, lecz także od kursu rubla, oraz od wysokości opłat przewozowych i celnych. Obliczony w ten sposób koszt maszyny z dostawą na miejsce nie powinien jednak być odniesiony wyłącznie na rachunek danej roboty, gdyż po ukończeniu tejże maszyna przedstawia jeszcze pewną wartość: może być sprzedaną lub użytą do innych robót. — Koszt obsługi maszyny i utrzymywania jej w stanie należywym jest zależnym głównie od typu danej maszyny, oraz od rodzaju silnika (motoru), który może być użytym.

Opierając się na spostrzeżeniach poczynionych przy rozmaitych robotach większych i przyjmując przeciętny kurs rubla równy 2 markom, a opłatę celną zgodnie z obowiązującą obecnie taryfą, obliczyliśmy, że przy obecnej płacy robotnika w Warszawie, nabycie maszyny do zapraw przedstawia już wyraźne korzyści, gdy rozchód dzienny zaprawy wynosi około $20 m^3$ (około 2 saż. sześć. miary ross.).

Rzecz naturalna, że na wyniki rachunku, w każdym wypadku oddzielnym, mogą mieć wpływ także niektóre warunki miejscowe; tak np. niekiedy może zachodzić potrzeba zmniejszenia liczby robotników zajętych przy budowie, lub też dostarczenia pracy robotnikom chwilowo niezajętym; niekiedy nadarza się sposobność wynajęcia maszyny i silnika za opłatą umiarkowaną, niekiedy znowu okazuje się niezbędnem nabycie nowej maszyny i ustawienie drogiej lokomobili i t. p.

Maszyny do zapraw wprawiane są w ruch przez robotników lub siłą koni, częściej jednak za pomocą silników parowych (lokomobil). Jeżeli silnik ma służyć do wprawiania w ruch tylko maszyny do zaprawy, a nie także innych maszyn budowlanych, i jeżeli ma się do rozporządzenia gaz oświetlający, to można zastoso-ować silnik gazowy, który, ze względu na swe własności, jest korzystniejszym od silników parowych.

Przy wyborze miejsca pod ustawienie maszyny pamiętać należy, że maszyna wymaga pewnej wysokości i że materiały do zaprawy winny być zabezpieczone od przystępu wody.

Maszyny wszystkich niemal typów mogą być albo stałe, albo przenośne. Przy niektórych robotach, zwłaszcza przy betonowaniu w wodzie, maszyny przenośne, ze względu na koszty roboty, są korzystniejszymi aniżeli maszyny stałe.

Wybór samej maszyny jest zależny od rodzaju danej roboty. Maszyny do zapraw bowiem są rozmaitych typów, przyczem maszyny każdego oddzielnie typu są przeznaczone dla pewnych wyraźnie określonych robót i mogą do innych celów być albo mniej odpowiedniami albo wcale nieprzydatnemi.

Ze względu na typy rozróżniamy: maszyny typów dawnych; maszyny o osiach nieuzbrojonych i maszyny o osiach uzbrojonych.

1) Maszyny typów dawnych. Maszyny te składają się przeważnie z części drewnianych, a żelazo kute i lane występuje w nich jedynie w postaci okucia, strzemion, osi, panewek, i t. p. Działanie tych maszyn, pod względem dokładności i prędkości, pozostawia wiele do życzenia. Z tego powodu maszyny, o których mowa, uważane są już obecnie za przestarzałe; przedstawiają jednak tę dogodność, że naprawa części uszkodzonych jest łatwą i może być uskuteczniąną na miejscu przez cieślę i kowala, gdy tymczasem naprawa uszkodzeń w maszynach nowszych, budowanych wyłącznie z żelaza i stali, może częstokroć być uskuteczniąną tylko przez fabrykę lub warsztaty mechaniczne. Nadto obsługa

maszyn dawnych jest łatwą i może być poruczoną każdemu roztropniejszemu robotnikowi. — Z maszyn typów dawnych zasługują na wyróżnienie: mieszarki, maszyny kieratowe i młynki.

a) *Mieszarka* (fr. couloir caisse; n. Fallwerk) składa się najczęściej ze skrzyni drewnianej, w której do dwóch przeciwległych ścian wewnętrznych przybite są deski pochylone. Części składowe zaprawy, wsypywane do skrzyni, opadając z deski na deskę, mieszają się z sobą. Mieszarki ze względu na konstrukcją swą mogą być przydatne do przygotowywania betonu; po raz pierwszy zastosowane były przez B. Krantz'a przy budowie portu w Algierze; następnie używane były niejednokrotnie we Francji i w Niemczech. Składają się niemal wyłącznie z drzewa; mogą być budowane na miejscu przez robotników mało nawet wprawnych, a obsługa ich jest bardzo tania. Niemniej jednak, ze względu na niedokładność i powolność roboty, mieszarki obecnie prawie wcale już nie są używane. Ulepszoną tego rodzaju mieszarkę walcową (fr. couloir cylindrique) obmyślił Schlosser.

b) *Maszyny kieratowe* (n. Göppelmühlen, Trogwerke) występują głównie w dwóch odmianach. Jedne służą tylko do mieszania części składowych zaprawy, drugie zaś do mieszania i ugniatania mieszaniny; pierwsze zaopatrzone są w grabie, pługi i t. p., drugie nadto w koła. Maszyny tego typu były dawniej bardzo rozpowszechnione; stosowane były między innymi przy budowie fortów w Paryżu; obecnie rzadziej są używane, zajmują bowiem zbyt wiele miejsca, są tylko stałe, a nie także przenośne, a przytem nadają się głównie dla zapraw powoli tężejących, dla zapraw zaś cementowych są mniej odpowiedniami, a do mieszania betonu są całkiem nieprzydatnymi. Z nowszych konstrukcyj maszyn kieratowych zasługują na wymienienie: maszyna Rabitz'a z grabiami i maszyna Mihalik'a z kołami.

c) *Młynki* (n. Kollergänge, Mörtelmühlen) składają się głównie z tarczy poziomej nieruchomej i dwóch ciężkich walców obracających się po jej obwodzie i około swych osi; w nowszych konstrukcjach tarcza obraca się około swej osi, walce zaś poruszają się w kierunku pionowym. Działanie młynków polega przeważnie na rozdrabnianiu części składowych zaprawy; stosowane są głównie do zapraw z wapna gaszonego na sucho, oraz do zapraw trasowych. Najczęściej są stałe, rzadziej przenośne; prawie zawsze wprawiane są w ruch za pomocą silnika parowego. Z nowszych konstrukcyj zasługują na wymienienie młynki Fletche'ra, Ward'a, oraz młynki zastosowane przy budowie portu w Antwerpii.

2) *Maszyny o osiach nieuzbrojonych (maszyny z bębenkami)* (n. Maschinen mit nicht armirten Axen, Mörtel-Trommeln) składają się głównie z naczynia kształtu walca pustego (bębenka), lub kształtu beczki, obracającego się około osi; służą jedynie do mieszania części składowych zaprawy, a nie także do ich rozdrabniania i ugniatania; nadają się przeto głównie do betonów; mają budowę prostą i mocną; pracują prędko. Ze względu na konstrukcją różnią się: bębrenki o osi poziomej, bębrenki o osi nieco pochylonej i bębrenki pochylone, lecz osadzone na osi poziomej.

a) *Bębrenki o osi poziomej* i o dnach zamkniętych, z otworem w powierzchni bocznej walca, były dawniej używane we Francji, zwłaszcza przy budowie portu w Marsylii, dziś uważane są za przestarzałe. Do tego typu należy udoskonalona maszyna do betonu Lepaitre'a w Paryżu, oraz maszyna przenośna do betonu Kunz'a w Kempton.

b) *Bębrenki o osi nieco pochylonej* i o dnach otwartych dają pracę ciągłą, a nie okresową, pracują prędko i są obecnie w powszechnem użyciu w Anglii, Francji i Niemczech. Z licznych bardzo konstrukcyj tych bębrenków zasługują na wymienienie: bębrenki pomysłu Le Mesurier'a, Carey'a i Latham'a, oraz Reitheimer'a.

c) *Bębrenki pochylone na osi poziomej*, o dnach zamkniętych, dają mieszanie bardzo dokładną, pracują jednak tylko okresowo, wskutek czego przy każdej robocie dwie maszyny jednocześnie winny być czynne; są bardzo rozpowszechnione, zwłaszcza przy robotach wodnych. Do tego typu należy maszyna przenośna do betonu Carey'a i Latham'a, zastosowana przy budowie portu w Newhaven, oraz maszyna do betonu pomysłu Lee i Sp. Bębrenki takie, konstrukcyi ulepszonej Schumacher'a w Kolonii, dają możliwość mieszania części składowych zaprawy na sucho, przyczem woda w ilości odmierzonej doprowadzana jest podczas mieszania przez przyrząd działający automatycznie. Ta sama dogodność doskonalej jeszcze urzeczywistnioną jest w maszynie przenośnej do betonu pomysłu Messent'a, używanej głównie w Anglii.

3) Maszyny o osiach uzbrojonych (n. Maschinen mit armirten Axen) służą nie tylko do mieszania części składowych zaprawy, lecz także do przerabiania zaprawy przez ugniatanie i ubijanie mieszaniny; składają się przeważnie z naczynia kształtu walca, o osi ruchomej, opatrzonej żebrami odpowiedniego kształtu; są odpowiednio dla zapraw powietrznych i wodotrwałych; mogą być stałe lub przenośne. Zależnie od położenia osi rozróżnia się: maszyny o osiach pionowych, maszyny o osiach poziomych i maszyny o osiach pochylonych.

a) *Maszyny o osiach pionowych* są z konstrukcyi podobne do glinokrajni i są opatrzone w przyrządy do mieszania zaprawy przez noże (siekacze) i do ugniatania jej przez żebra gwintowe. Do tego typu należy maszyna pomysłu Roger'a, która była stosowaną przy budowie portów w Algierze. Konstrukcyje udoskonalone wyrabiają fabryki Schlickeysen'a w Berlinie i Schumacher'a w Kolonii. Dwukonna maszyna Schumacher'a, z cylindrem o wysokości 1,1 m i średnicy 0,85 m, daje 2—3 m³ zaprawy na godzinę.

b) *Maszyny o osiach poziomych* występują głównie w dwóch odmianach: jedne dają pracę okresową, drugie ciągłą; pierwsze są rzadko używane, drugie zaś są bardzo rozpowszechnione. Z tych ostatnich zasługują na wyróżnienie: maszyna Scharnweber'a, oraz maszyna Schlickeysen'a w Berlinie. Maszyna ręczna, budowana w zakładach Georgs-Marien-Hütte w Osnabrück, wymaga do obsługi dwóch robotników, a daje 1,0—1,5 m³ zaprawy na godzinę.

c) *Maszyny o osiach pochylonych* są najczęściej przenośne; nadają się głównie do betonu ubijanego. Z konstrukcyj nowszych zyskała uznanie maszyna Schlickeysen'a w Berlinie.

Maszyny konstrukcyj nowszych dostarczane są przez firmy niemieckie: Möller i Blum w Berlinie, W. Joh. Schumacher w Kolonii, C. Schlickeysen w Berlinie, dr. Bernhardt Syn, G. E. Dränert w Eilenburg. Każda z tych firm na żądanie wysyła cenniki ilustrowane, oraz udziela potrzebnych objaśnień. Firma C. Schlickeysen ma swój skład filialny w Moskwie.

ROZDZIAŁ IV.

Kamienie sztuczne niepalone.

Do kamieni sztucznych niepalonych należą wyroby z ziemi i gliny niepalonej, oraz kamienie, składające się z okruchów różnych skał, łączonych spoiwem, przyczem jako spoiwo służy najczęściej wapno, cement, albo gips, rzadziej smoła, bitum, żywica, asfalt i t. p. Niekiedy zamiast okruchów skał, lub łącznie z nimi, brane są do kamieni sztucznych: żuźle z pieców wielkich, oraz różne odpadki fabryczne.

Cegła niepalona z gliny znaną już była w najdawniejszej starożytności (p. str. 180); również niektóre inne kamienie sztuczne znane były starożytnym rzymianom; obecnie kamienie sztuczne o rozmaitym, częstokroć bardzo złożonym, składzie, wyrabiane są we wszystkich niemal krajach, przyczem zależnie od gatunku części składowych, ich ilości stosunkowej i sposobu łączenia, kamienie te różnią się wielce pod względem własności, tak, iż niektóre należą do wybornych materiałów budowlanych, gdy tymczasem inne nie mają żadnej wartości technicznej.

I. Wyroby z gliny i ziemi.

1) *Surówka*, czyli *cegła niepalona*. *Surówka* (fr. brique crue; n. Lehmstein, Luftziegel) wyrabiana jest w formach drewnianych z gliny rozmiękczonej, w sposób taki sam jak cegły, które mają być wypalane. Po wyjęciu z formy surówka suszy się na powietrzu w miejscu cienistym. Własności gliny odpowiedniej do wyrabiania cegły, oraz sposoby przygotowywania gliny, formowania i suszenia, objaśnione są w rozdziale II. Tu ograniczamy się przeto na zaznaczeniu, że glina, przeznaczona do wyrabiania surówki nie powinna być ani zbyt chuda, ani zbyt tłusta, gdyż surówka wyrobiona z gliny zbyt chudej ma wytrzymałość niewielką i jest kruchą, surówka zaś wyrobiona z gliny zbyt tłustej podczas wysychania nadmiernie kureczy się i pęka. Glinę przeznaczoną do wyrabiania surówki należy ukopać na rok przed użyciem i wystawić w kupach na działanie zmian atmosferycznych.

rycznych, zwłaszcza mrozu, przez co ułatwia się oczyszczenie gliny z kamyków, korzeni i t. p.

Surówka suszy się najczęściej na powietrzu, w miejscu cieniście, rzadziej w szopach. Przy suszeniu na powietrzu zabezpieczoną być winna od deszczu pokrywami słomianymi. Surówka używaną być winna tylko w stanie dobrze wysuszonym, gdyż mury z surówki niedostatecznie wysuszonej są wilgotne i nietrwałe. Surówka jest dostatecznie suchą, gdy w odłamie barwa części wewnętrznych nie jest ciemniejszą aniżeli zewnętrznych. Ten stopień suchości, przy stałej pogodzie, osiąga się po 3 — 4 tygodniach. Podczas suszenia wymiary linijne cegły zmniejszają się w przybliżeniu o 5%.

Dobroć surówki rozpoznaje się po odłamie, który winien być jednostajnym pod względem składu i barwy. Nadto surówka winna być dostatecznie twardą, nie kruszącą się i nie powinna zawierać większych kamyków, korzeni i t. p. — Wytrzymałość na ściskanie surówki dobrej wynosi 75 — 80 *kg* na *cm*². — W ogóle jednak surówka jest materiałem budowlanym poślednim.

Surówka zakładaną bywa na rzadkiej zaprawie glinianej. Używaną jest głównie do murów wystawionych na bezpośrednie działanie gorąca, a więc do murów ogniowych, palenisk i t. p. — Przy wznoszeniu budynków z surówki, należy pod budowę wybierać miejsca możebnie suche, lub dające się bez trudności osuszyć, a przytem fundamenty i cokóły, do wysokości przynajmniej 1 — 1,25 *m* nad powierzchnię ziemi, należy wymurować z cegły palonej, lub z kamienia rodzimego. Nadto, dla zabezpieczenia murów z surówki od wilgoci gruntowej, należy urządzać warstwy odosobniające (izolacyjne), dla zabezpieczenia zaś od wilgoci atmosferycznej i od deszczu, należy mury z surówki od zewnątrz licować cegłą paloną, szalować deskami, albo tynkować wapnem, a od wewnątrz tynkować zaprawą glinianą czystą, do której dodaje się niekiedy nieco piasku, albo paździerzy, lub siczki. Ponieważ licowanie cegłą paloną i szalowanie deskami jest zbyt kosztowne, przeto najczęściej mury z surówki od zewnątrz tynkowane są wapnem; a że zaprawa wapienna źle wiąże się z surówką, przeto przed tynkowaniem zakłada się w spoiny (fugi) muru kawałki dachówki, przez co powierzchnia wewnętrzna muru staje się podatniejszą pod wyprawę wapienną. — Wyprawy (tynki) na murach z surówki winny być zakładane dopiero po dostatecznym wyschnięciu muru.

Wymiary surówki są takie same jak cegły zwyczajnej, lub nieco większe (do 30 × 14 × 8 *cm*).

2) Pacówka (cegła egipska, cegła podolska, lempaca). *Pacówka* (fr. *brique crue grande*; n. *Lehmpatzen*) różni się od surówki jedynie tem, że do gliny rozmiękczonej dodaje się od 10 do 20% słomy (*cegła słomianka*), siana, mchu długowłóknistego, pokrzywy, korzenia perzowego, paździerzy, plew i t. p., w stanie drobno posiekany. Przymieszki te sprzyjają pędzemu wysychaniu cegły, lecz zarazem wpływają ujemnie na moc cegły po jej wyschnięciu.

Pacówka, również jak surówka, jest materiałem budowlanym poślednim, używanym głównie do podrzędnych budowli gospodarczych, przyczem zabezpieczoną być winna od przystępu wilgoci, zarówno gruntowej, jako też atmosferycznej. Ponieważ wyprawa wapienna lepiej wiąże się z *pacówką* aniżeli z su-

rówka, przeto w budynkach wznoszonych z cegły niepalonej, pacówka brana jest do murów zewnętrznych, surówka zaś do wewnętrznych.

Pacówka, podobnie jak surówka, winna być używaną tylko po należytem wysuszeniu. Stopień wyschnięcia i dobroci pacówki rozpoznaje się po tych samych oznakach jak w surówce.

Wymiary pacówki są takie same jak cegły palonej, lub większe (do $39 \times 19 \times 15$ cm).

3) Cegły ziemiste. *Cegły ziemiste Cointereaux'a* (n. Erdquader von Cointereaux) ubijane są w formach drewnianych z gliny niezbyt chudej. Wymiary tych cegieł: $34 \times 16,5 \times 16,5$ cm. Forma składa się z trzech bali drewnianych, ustawionych równolegle, w oddaleniu po 34 cm i połączonych ściankami poprzecznymi, w oddaleniu po 16,5 cm. Po ubiciu gliny, formę należy rozebrać i kamienie wyjąć, przyczem pomimo wszelkich środków ostrożności krawędzie pewnej liczby cegieł będą uszkodzone. Forma winna być zabezpieczoną od przesuwania się, a podstawa, na której forma jest ustawioną, winna być gładką i dostatecznie mocną. Najczęściej ustawia się formę na posadzce z płyt kamiennych lub z cegły palonej.— Cegły, o których mowa, są mocniejsze, lecz i droższe, aniżeli surówka.

Cegły ziemiste Isenard'a (n. gerammte Erdquader nach Isenard) ubijane są w formach z żelaza lanego za pomocą kafarów. Wymiary ich mogą być większe aniżeli cegły zwyczajnej; w Odessie stosowano z korzyścią cegły Isenard'a, o wymiarach $31 \times 21 \times 16$ cm. Do wyrabiania tych cegieł nadają się wszelkie gatunki ziemi podatne pod uprawę pszenicy.— Cegły, o których mowa, są mocne, lecz stosunkowo kosztowne, a w porównaniu ze zwykłemi budowlami ziemiolitami nie przedstawiają w zastosowaniu wybitnych korzyści.

Cegły ziemiste Cointereaux'a i Isenard'a winny być stosowane tylko w miejscach suchych, zabezpieczonych od przystępu wilgoci. Z tego powodu w budowlach wznoszonych z tych cegieł, fundamenty i mury cokółowe zakładane być winny z cegły palonej lub z kamienia rodzimego. Wyprawa wapienna z cegłą Cointereaux'a wiąże się równie źle jak z surówką, a z cegłą Isenard'a nie wiąże się wcale.

II. Kamienie sztuczne o spoiwie wapiennem i cementowem.

1) Kamienie dawniejsze. De la Faye (1777 r.) wskazuje cztery mieszaniny, które zastosowane były wielokrotnie i okazały się odpowiedniami: a) Miesza się w stanie suchym na objętość 1 cz. wapna, które rozpadło się w powietrzu i 3 cz. kamienia sproszkowanego i przesianego, poczem dodaje się tyle wody, ile do ugniecenia tej mieszaniny potrzeba. Mieszaninę należy dobrze ugniatać. b) Miesza się na objętość 1 cz. piasku kopalnego, miałkiego, suchego, niezanieczyszczonego gliną ani ilem, 1 cz. kamienia sproszkowanego i przesianego i 1 cz. wapna gaszonego na sucho; dodaje się tyle wody, ile potrzeba dla otrzymania masy ciągliwej (plastycznej). Masę należy dobrze ugniatać. c) Miesza się 5 cz. piasku ostrego, czystego i 2 cz. wapna natychmiast po wypaleniu zgaszonego na sucho; dodaje się tyle wody, ile potrzeba dla otrzymania ciasta tłustego, nieciekłego. Ciasto formować należy w prasach. d) Miesza się 1 cz. ilu gliniastego, suchego, sproszkowanego i zwilżonego olejem, 8 cz. kamienia sproszkowanego i przesianego, albo też piasku kopalnego, czystego i 2 cz. wapna świeżo wypalonego. Piasek należy zmoczyć i przetrzeć, następnie posypać wapnem rozdrobnionem, a w miarę jak wapno się gasi, należy mieszaninę ugniatać kielnią,

dodając w razie potrzeby nieco wody. Do mieszanki tej, zanim ostygnie, wysypuje się ił zwilżony olejem, poczem masę dobrze ubić należy. Masa ta nie rozpuszcza się w wodzie, a odwiązuje się prędko, wskutek czego winna być użyta natychmiast po przygotowaniu.

Kamienie, przygotowane według jednego ze sposobów powyżej podanych, winny wysychać powoli, w miejscu zabezpieczonem od wiatru i słońca; zbyt prędkie wysychanie oddziałuje ujemnie na twardość. Z tego też powodu kamienie nie powinny być suszone w piwnicach, ani innych pomieszczeniach podziemnych, gdyż powietrze w takich pomieszczeniach zawiera większą ilość kwasu węglanego. W celu zwolnienia przebiegu twardnienia można kamienie, które mają być suszone, ułożyć na warstwie piasku wilgotnego.

Kamienie te mogą być wyrabiane w każdej porze roku; jednakże przed zupełnem stwardnieniem nie powinny być wystawione na działanie upału ani mrozu. Na powierzchni kamieni dobrych, suszonych dostatecznie powoli, już w kilka dni po uformowaniu, pojawia się rosa (pot); natomiast rosa taka nie pojawia się wcale na kamieniach suszonych zbyt prędko. Jeżeli kamienie suszone są w powietrzu zbyt suchem i jeżeli wskutek tego przebieg wysychania jest zbyt prędko, to dobrze jest kamienie codziennie raz lub dwa razy skrapiać wodą.

2) Cegły wapienno-piaskowe (cegły Bernhardi'ego). *Cegły wapienno-piaskowe* (n. Kalksandziegel) wyrabiane są z mieszanki świeżego wapna gaszonego z piaskiem lub żwirem i wodą. Przebieg fabrykacji składa się głównie z trzech czynności: przygotowywania masy, formowania i suszenia.

Masa przygotowywaną bywa najczęściej w ten sposób, że z odmierzonej ilości piasku układany jest pierścień, a w środku tego pierścienia umieszcza się wapno, poczem, dolawszy potrzebną ilość wody, zarabia się piasek z wapnem na masę jednolitą; można także wapno gaszone zarobić najprzód z wodą w skrzyni wapiennej, a następnie dosypać piasek przy ciągłym starannem przerabianiu graczami; wreszcie można piasek i proszek wapienny ułożyć na sobie w warstwach i zmieszać na mieszarce, a następnie dolać wodę i ponownie przerobić. Przy każdym z tych sposobów, wodę należy dodawać tylko w takiej ilości, jaka jest niezbędną dla otrzymania mieszanki wilgotnej w dotknięciu, lecz nie zbyt mokrej i przy ścisaniu w rękę nie wydzielającej kropel wody. Wynika stąd, że ilość wody bywa zmienna, zależnie od stosunku ilościowego wapna i piasku i zależnie od stopnia wilgotności piasku.—Masa winna być przechowywana przez dni kilka w kupach, poczem jest już dostatecznie ciągliwą (plastyczną).

Zazwyczaj bierze się na objętość 6 cz. piasku na 1 cz. wapna; jeżeli jednak cegły wyrabiane są pod znacznem ciśnieniem, to ilość stosunkowa piasku może być $1\frac{1}{2}$ —2 razy większą.—Zamiast piasku, lub łącznie z nim, brane są niekiedy: proszek wapienny, mączka ceglana, koks sproszkowany, popiół z węgla kamiennego, lawy sproszkowane i t. p. Przymieszki te przyśpieszają przebieg twardnienia i zwiększają wytrzymałość cegły.

Formowanie uskutecznia się ręcznie (w formach z żelaza lanego, rzadziej w formach drewnianych), albo też za pomocą zwykłych pras ceglarskich. Używane są nadto w tym celu prasy specjalne pomysłu Bernhardi'ego w Eilenburgu, Klette'go, Eckert'a, L. Jäger'a w Ehrenfeld pod Kolonią n. R., Th. Groke'go w Mer-

seburgu, towarzystwa fabryki maszyn w Nienburgu (Nienburger Maschinenfabrik), firmy H. Bolze i S-ka w Brunświku, C. Schlickeysen'a w Berlinie i in. Cegły formowane w prasach mają wytrzymałość znacznie większą, aniżeli cegły formowane ręcznie.

Cegły wyjęte z form suszone są na powietrzu w miejscach słonecznych i wystawionych na przewiew powietrza. Przy sprzyjającej pogodzie, cegła już po 14—28 dniach jest dostatecznie twardą i może być do roboty użytą. Przebieg twardnienia można przyspieszyć, zanurzając cegły już nieco osuszone w roztworze szkła wodnego, o tyle rozcieńczonym, ażeby na 1000 sztuk cegły przypadało $\frac{1}{2}$ kg suchego szkła wodnego. Cegły takie już po 8 dniach są dostatecznie twarde i mogą być do roboty użyte, a po zupełnem stwardnieniu mają wytrzymałość większą aniżeli cegły, które nie były zanurzone w roztwór szkła wodnego.

Dobroć cegły wapienno-piaskowej jest w stopniu wysokim zależną od gatunku piasku lub żwiru. Piasek winien być całkiem czysty, kwarcowy, gruboziarnisty lub średnioziarnisty i ostry. Piasek zbyt miąłki, oraz piasek zanieczyszczony gliną, próchnicą i t. p., nie jest odpowiednim. Cegła wyrobiona z piasku ostrego i czystego, po stwardnieniu, ma kształt prawidłowy, powierzchnie gładkie i twarde, a uderzana młotkiem lub kostką palca wydaje dźwięk czysty, metaliczny; natomiast cegła zawierająca glinę, części ziemiste i t. p. wydaje dźwięk tem bardziej przytłumiony, im mniej czystym był piasek.

Cegła wapienno-piaskowa ma kształt i wymiary takie same jak cegła zwyczajna. Cegła ta nie daje się prawidłowo przyciosywać, wskutek czego, oprócz cegły całej, wyrabiane są połówki, ćwiartki, a także cegły modelowe.

Cegła wapienno-piaskowa jest materiałem budowlanym o dostatecznej wytrzymałości i trwałości; ma jednak wytrzymałość mniejszą aniżeli zwykła cegła palona, a przytem jest kruchszą i pod uderzeniem łatwiej pęka. Ciężar cegły wapienno-piaskowej, wskutek znacznej zawartości piasku, jest większy aniżeli cegły palonej. Budowle z cegły wapienno-piaskowej są o 30—50% tańsze aniżeli z cegły palonej. Dzięki temu cegła wapienno-piaskowa ma zastosowanie do zabudowań gospodarczych i murów zagrodowych, zwłaszcza w okolicach, w których cegła palona jest drogą. Cegła wapienno-piaskowa zakładana jest na zaprawie wapiennej, według tych samych zasad jak cegła palona, przyczem przed założeniem w mur nie bywa moczoną. Mury z cegły wapienno-piaskowej winny być wznoszone na fundamentach z cegły palonej lub z kamienia rodzimego, a to dla zabezpieczenia muru od wilgoci gruntowej. Z cegły wapienno-piaskowej można wznosić nie tylko mury zewnętrzne (okólne) i wewnętrzne, nawet budynków kilkopiętrowych, lecz także przesklepienia otworów dla drzwi i okien; cegła ta nie nadaje się jednak do palenisk i kominów, gdyż pod wpływem żaru rozpada się. Zabudowania z cegły wapienno-piaskowej wysychają prędko i mogą być nietynkowane.—Większe budowle z cegły wapienno-piaskowej znajdują się w Prusach wschodnich, Pomeranii, w okolicach Eilenburga, oraz w Królestwie na pograniczu pruskim.

Cegła wapienno-piaskowa wyrabianą bywa zazwyczaj na miejscu budowy. Przewożoną na większe odległości i przerzucaną z miejsca na miejsce może być dopiero po kilku miesiącach twardnienia.

Jako odmiany cegły wapienno-piaskowej można uważać:

a) *Cegły Coignet'a* (p. str. 457—458). Przy wyrabianiu tych cegieł 10 cz. wapna niegaszonego z 3 — 4 cz. wody, po zmieleniu na młynku, miesza się z 40 — 60 cz. piasku suchego. Niekiedy dodaje się $2\frac{1}{2}$ — 10 cz. cementu. Mieszanina, po dokładnym przerobieniu na miazarce, formowaną jest w prasach. Cegły te są stosowane w Paryżu.

b) *Piaskowce wapienne sztuczne*. Michaelis wyrabia piaskowce sztuczne mieszając ściśle w miazarce piasek kwarcowy czysty z 10—40 cz. na wagę wodanu wapnia. Mieszanina, po formowaniu, poddawana jest w przyrządzie odpowiednim działaniu pary wodnej o wysokim ciśnieniu, przy temperaturze 130—300° C.

Creussy i S-ka w Hastings (Sussex w Anglii) wyrabiają piaskowce sztuczne, zwane w Niemczech „piaskowcami wodnemi“ (n. Hydrosandstein), bardzo twarde, nieprzemakalne i dające się dobrze obrabiać. Piasek kwarcowy, czysty, ostry i szkło miało utluczone (razem w ilości około 70%), oraz glinę paloną zmieloną (w ilości około 10%) miesza się ściśle z wapnem gaszonym (w ilości około 10%), a po zwilżeniu mieszaniny tej wodą (w ilości około 10%), masa formowana jest w prasach. Po wyjęciu z form kamienie suszone są na powietrzu przez 8—10 dni, przy czem zabezpieczane są przez odpowiednią powłokę od wpływu kwasu węglanego; następnie kamienie zanurzone są na 2—6 dni w rozcieńzoną wodę wapienną, którą ogrzewa się do 95° C.

3) Cegły reńskie (piaskowce pumeksowe, kamienie martwicowe) (n. rheinische Schwemmsteine, Bimssandsteine, Tuffsteine). Cegły te wyrabiane są w Andernach i innych miejscowościach nad Renem z piasku pumeksowego i wapna wodotrwałego; wyróżniają się lekkością, która jest wynikiem ich porowatości, a także małego ciężaru właściwego części składowych; przytem są znacznie tańsze aniżeli cegła palona. Przed użyciem muszą być suszone przez 6 miesięcy. Mury z cegły reńskiej wysychają prędko i są trwałe, mają jednak wytrzymałość tylko średnią i dla tego cegła reńska nie jest odpowiednią do murów mocno obciążonych. Cegła reńska musi być wyrabiana z wyjątkową starannością; dobroć jej bowiem zależy w stopniu wysokim nie tylko od dobroci części składowych i właściwego ich stosunku ilościowego, lecz także od starannego przygotowania mieszaniny i umiejętne go jej przechowywania.

Cegły reńskie wyrabiane są w dwóch gatunkach: lepsze składają się z 90 cz. piasku pumeksowego i 10 cz. trewirskiego wapna wodotrwałego i służą do wznoszenia całych zabudowań, nie wyłączając murów okólnych; pośledniejsze zaś, do których zamiast piasku pumeksowego brane są odpadki otrzymywane przy mieleniu trasu, a zamiast wapna trewirskiego — wapno zwyczajne, służą do wznoszenia murów wewnętrznych (przedziałowych), murów pruskich (fachwerkowych), oraz sklepień nieobciążonych. Oprócz cegły kształtu zwykłego, wyrabiane są także cegły modelowe do kominów. Cegła lepsza, o wymiarach $25 \times 11,5 \times 10$ cm, waży około 2,25 kg.

Z doświadczeń Böhme'go nad cegłą reńską firmy Hubaleck i S-ka w Neuwied-Weissenthurm podajemy następujące szczegóły:

Wymiary cegły: $25 \times 11,5 \times 10$ cm; ciężar cegły w stanie zwykłym: 2,47 kg, po sztucznem osuszeniu 2,37 kg, po zupełnem nasyceniu wodą 3,35 kg; zatem chłonność: 0,98 kg na cegłę, czyli 0,42 kg na 1 kg ciężaru cegły.

Wytrzymałość na ściskanie (przy działaniu ciśnienia na cegłę położoną na płask): w chwili pojawienia się pierwszych pęknięć 18 kg na cm^2 , w chwili zmiążdżenia 29 kg na cm^2 .

W okolicach Essen wyrabiane są podobne cegły z popiołu koksowego i wapna tłustego lub miejscowego wapna wodotrwałego (Bockumer Wasserkalk). Zamiast popiołu z koksu, lub

łącznie z nim, brane są także żużle z pieców wielkich, przyczem otrzymuje się cegłę znacznie mocniejszą, aniżeli przy użyciu samego popiołu koksowego.

Inną odmianę kamieni reńskich stanowią t. zw. *piaskowce engerskie* (n. *Engerser Sandsteine*), wyrabiane w wielu miejscowościach nad Renem, w Niemczech i Holandyi. Są to zlepienie z więcej lub mniej zaokrąglonych ziarn pumeksu, o średnicy 2—10 *mm*, barwy białawej lub brudno-żółtawej, spojonych gliną napływową, piaseczysto-wapienną (mamutową).

4) Kamienie Lebrun'a. Kamienie te wyrabiane są w sposób następujący: Miesza się 3—4 cz. wapienia wodotrwałego sproszkowanego i 1 cz. sproszkowanego węgla drzewnego lub koksu, a z mieszaniny tej, zarobionej z wodą na ciasto, formuje się cegielki, które po wypaleniu w piecu wapiennym rozdrabniane są na proszek mialki. Ten proszek, nazwany przez Lebrun'a „hydro“, jest materiałem zasadniczym jego kamieni. Kamienie Lebrun'a wyrabiane są w dwóch gatunkach: jedne składają się z mieszaniny „hydro“ z piaskiem w stosunku 1:3, a służą do ozdób architektonicznych, kolumn, wsporników (konsoli), balustrad i t. p.; drugie składają się z samego tylko proszku „hydro“, mocno w formach ubitego, albo też opatrzone są powłoką z tego proszku, a służą dla płyt do chodników, posadzek i t. p. Kamienie obu gatunków formowane są w formach żelaznych, zwilżonych wodą. Kamienie Lebrun'a zachowują stale kształt prawidłowy; są bardzo twarde i wskutek tego zużywają się powoli; nadto odznaczają się nieposlednią wytrzymałością i odpornością na wpływy czynników atmosferycznych.

5) Kamienie korkowe. *Kamienie korkowe* (n. *Korksteine*) wyrabiane są przez firmę Grünzweig & Hartmann w Ludwigshafen n. R., z odpadków korkowych, rozdrobnionych na kawałki wielkości ziarn grochu i spojonych zaprawą gliniano-wapienną. Otrzymywana stąd masa formowana jest pod prasą, a następnie suszona przy temperaturze 120—150°C. Kamienie, o których mowa, znajdują się w handlu już to w postaci cegły, o wymiarach 25.12.6,5 *cm*, już to w postaci płyt, o wymiarach 26.25.2,5; 45.25.3; 45.25.4 *cm*, a także płyt, o grubości 4—6 *cm*, osadzonych w ramach żelaznych, o szerokości 5—7 *cm*. Są to kamienie porowate i bardzo lekkie; cegła, o wymiarach 25.12.6,5 *cm*, waży tylko 0,6 *kg*. Ciężar właściwy masy = 0,3, zatem nie o wiele większy od ciężaru właściwego korku 0,24. Kamienie te są tanie, wiążą się z zaprawą powietrzną dobrze, dają się ociosywać prawidłowo zwykłym młotkiem mularskim, krajać nożem, piłować, a mogą być przytwierdzone do drzewa lub muru za pomocą gwoździ lub śrub; przytem są złemi przewodnikami ciepła, wytrzymują działanie wysokich temperatur do 180°C. Płyty w ramach żelaznych, na zasadzie doświadczeń przeprowadzonych w Berlinie, zaliczone zostały do materiałów ogniotrwałych. Wytrzymałość na ściskanie jednak kamieni korkowych jest bardzo małą, wynosi albowiem przeciętnie tylko 2,8 *kg* na *cm*².—Cegły i płyty korkowe zakładane są na zwykłej zaprawie wapiennej albo też na zaprawie wapienno-gipsowej. Używane są do murów pruskich, sklepień małych i t. p., nadto wznoszone są z kamieni korkowych lodownie i t. p. Kamienie korkowe, z powodu małej ich wytrzymałości, nie powinny być wystawiane na obciążenia znaczniejsze, a mogą być stosowane tylko w miejscach całkiem suchych, gdyż spoiwo ich rozpuszcza się w wodzie.

6) Kamienie betonowe i wyroby z masy cementowej. *a) Wyroby z cementu portlandzkiego i rzymskiego.* Wspomnieliśmy już powyżej (p. str. 457), że beton znajduje zastosowanie do fundamentów i budowli betonowych, o których będzie mowa w dziale III, oraz do wyrabiania kamieni sztucznych. Największe z tych kamieni, mające objętości 10—20 *m*³, a niekiedy więcej, stosowane są do budowy portów morskich, pod nazwą *bloków* albo *masywów betonowych* (p. str. 457). Ta-

kie bloki, do których bierze się najczęściej beton z cementu portlandzkiego, rzadziej beton z pucolan naturalnych włoskich, wyrabiane są przez ubijanie masy betonowej w mocnych skrzyniach drewnianych. Po 2 — 3 dniach masa jest o tyle stwardniała, że skrzynię można rozebrać; kamień jednak musi pozostać jeszcze przynajmniej przez 6 tygodni w spoczynku, zanim stwardnieje o tyle, ażeby mógł być z miejsca poruszony. Przez czas ten należy kamień codziennie polewać wodą czystą, a dobrze jest powierzchnię jego raz na tydzień, lub raz na dwa tygodnie, powlekać roztworem szkła wodnego, co sprzyja utworzeniu się ściślejszej i mocnej powłoki zewnętrznej.

Wyroby betonowe i cementowe, używane w zwykłych robotach budowlanych, jako to: cegły, części kolumn, dachówki, płyty do chodników, płyty posadzkowe, rury, kanały, żłoby, ozdoby architektoniczne i t. p., mają oczywiście wymiary znacznie mniejsze. Wyroby te stanowią oddzielną gałąź przemysłu, która w ostatnich zwłaszcza latach doszła do wysokiego stopnia doskonałości. Lepsze z wyrobów tego rodzaju mają trwałość taką samą jak wyroby z dobrego piaskowca, przy znacznie niższej cenie.

Do wyrobów, o których mowa, brany jest obecnie najczęściej cement portlandzki, rzadziej niektóre cementy rzymskie, lub mieszaniny cementu portlandzkiego z rzymskim; inne zaprawy wodotrwałe, wobec wysokich zalet cementu portlandzkiego, wyszły z użycia i mają obecnie zastosowanie ograniczone.

Dawniej wyrabiano kamienie cementowe przeważnie z cementów prędko tężących, do których zaliczają się i cementy rzymskie, przyczem masę cementową w stanie ciekłym wlewano w odpowiednie formy. Kamienie w ten sposób wyrabiane są wprawdzie tanie, lecz mało ściśle i nie dość trwale; znajdują się w nich liczne pęcherzyki powietrzne, oraz liczne zagłębienia na powierzchniach zewnętrznych. Nadto kamienie takie, wskutek niejednostajnego kurczenia się podczas tężenia, mają kształty nieprawidłowe i rysunek niewyraźny. Że jednak przy użyciu cementów prędko tężących formy mogą być korzystniej wyzyskane i koszty fabrykacji są stosunkowo małe, przeto cementy takie, zwłaszcza zaś wyborowe odmiany cementów rzymskich, są i obecnie jeszcze stosowane do wyrabiania kamieni sztucznych, przyczem masa może być chuda, t. j. z może być wielką zawartością piasku, po dodaniu wody w ilości może być małej, ubija się w formy. W ten sposób wyrabiane są z cementów rzymskich płyty posadzkowe, rynny, kamienie do studzien, rury drenowe, rury do kanałów, żłoby, dachówki (np. znane z dobroci dachówki fabryki w Staudach), oraz inne przedmioty, które przy użyciu wyborowego cementu i starannej robocie, odznaczają się dostateczną trwałością, oraz ceną niską. Wszelkie wyroby z cementu rzymskiego, w czasie pierwszych 3 — 4 tygodni tężenia, winny być przechowywane w miejscu wilgotnym, cieniem, zabezpieczonym od przewiewów powietrza i od gorąca.

Znacznie doskonalszemi, jakkolwiek i nieco droższemi, są wyroby z cementów powoli tężących, zwłaszcza z wyborowych gatunków cementu portlandzkiego. Przedmioty, które mają być wystawione na wpływy zmian atmosferycznych, winny być wyrabiane nie z cementu czystego, lecz z cementu z przymieszką całkiem czystego i może być ostrego piasku. Powłoka z cementu czystego na takich przedmiotach jest nie tylko zbyteczną, lecz nawet szkodliwą. Zamiast

piasku, lub łącznie z nim, można brać żwir, albo rozdrobnione sztucznie kamienie rodzime twarde. Do wyrobów wykwintniejszych należy brać piasek mialki, a do zwykłych materiałów budowlanych (jak np. do cegły, rur i t. p.) — piasek żwirowy grubszy, gdyż przy użyciu takiego piasku, masa po stężeniu wykazuje wytrzymałość większą, aniżeli przy użyciu piasku mialkiego. Stosunek ilościowy cementu i piasku jest zmienny, zależnie od rodzaju przedmiotu; do wyrobów zwykłych bierze się najczęściej na objętość 3 lub 4 cz. piasku żwirowego na 1 cz. cementu, w wyrobach zaś nieprzemakalnych ilość stosunkowa piasku musi być oczywiście znacznie mniejszą. — Odmierzone ilości cementu i piasku (który może być wilgotnym, lecz winien być całkiem czystym), miesza się starannie z sobą, poczem przy ciągłym przerabianiu mieszaniny dolewa się tylko tyle wody, ażeby otrzymać masę, posiadającą taki sam stopień wilgoci, jak ziemia rodzajna świeżo ukopana. Masę tę, po dostatecznym przerobieniu, ubija się w formy.

Przy wyrabianiu przedmiotów wykwintniejszych, np. ozdób architektonicznych i t. p., których powierzchnia ma być bardzo gładką, należy najprzód wlać w formę zaprawę rzadką z 1 cz. cementu i 1 — 2 cz. piasku ostrego i mialkiego, a następnie dopiero włożyć i ubić masę, przygotowaną w sposób powyżej wskazany. Ten sposób postępowania jest możebnym tylko przy użyciu cementu bardzo powoli tężącego, przyczem odnośne wyroby należy pozostawić w formach przez 24 — 48 godzin.

Wyroby gotowe, po wyjęciu z formy, winny być przechowywane w miejscach wilgotnych i cienistych, zabezpieczonych od wiatru, i codziennie zwilżane wodą, a w czasie pierwszych 8 — 14 dni tężenia winny być zabezpieczone od mrozu. Później mróz nie wywiera już wpływu szkodliwego na trwałość wyrobów, ani na ich wytrzymałość; owszem stwierdzono, że wyroby przygotowywane w porze zimowej prędzej tężą i mają wytrzymałość większą, aniżeli wyroby przygotowywane latem, co tłumaczy się tem, że woda, potrzebna do stężenia prawidłowego masy, powolniej ulatnia się zimą aniżeli latem.

Przy użyciu materiałów wyborowych i przy umiejętnem i sumiennem wykonywaniu czynności, powyżej wskazanych, wyroby z masy cementowej odznaczają się dostateczną twardością, wytrzymałością i trwałością, dokładnemi kształtami i wyraźnym rysunkiem, oraz czynią w ogóle zadość warunkom dobrego materiału budowlanego; lepiej jednak zazwyczaj zachowują się w miejscach, w których wystawione są czasowo na wilgoć, aniżeli w miejscach stale suchych. — Obecnie znajdują się w handlu najrozmaitsze tego rodzaju wyroby, stosowane w budownictwie, zwłaszcza zaś cegły, kamienie większe, dachówki, płyty, rynny, rury, żłoby, miski klozetowe, kolumny z ozdobnemi głowicami, ozdoby architektoniczne, płaskorzeźby, nagrobki i t. p.

Wyroby cementowe są odporne na działanie wysokich temperatur, nie przekraczających 130 — 150°C.

Kamienie Dumesnil'a do robót wodnych wyrabiane są w sposób następujący: 50 cz. czystego piasku rzecznego, przemytego, 20 cz. pyłu kwarcowego i 30 cz. cementu portlandzkiego miesza się starannie na mieszarce i ubija się w formach drewnianych lub metalowych, warstwami po 5 cm grubości. Po wyjęciu z formy, kamienie powlekane są roztworem szkła wodnego.

Kamienie nieprzemakalne G. B. Barl'a i J. A. Douglas'a wyrabiane są z mieszaniny suchej piasku z cementem, do której dodaje się niekiedy azbest lub barwnik. Mieszanina ta, po

zarobieniu z wodą i po dodaniu wapna gaszonego, wtlaczana jest w formy. Po wyjęciu z form, kamienie poddawane są najprzód kąpeli z mydlin, a następnie, po wyschnięciu, kąpeli alunowej.

Kamienie Lallier'a składają się z mieszaniny mokrej okruchów martwicy i pyłu martwicowego z wapnem wodotrwałem lub cementem, przyczem stosunek ilościowy składników jest zależnym od przeznaczenia wyrobu. Mieszanina formowana jest w prasie, lub pod silnem ciśnieniem.

Kamienie odporne na wpływy zmian atmosferycznych, stosowane w postaci cegły do licowania murów od zewnątrz, wyrabia F. Winkelmann w Berlinie, miesząc 30 kg marmuru w kawałkach, o grubości od 2 do 10 mm, z 10 kg cementu, 20 l wody i 125 cm³ kwasu siarczanego. Masa, po mocnem ubiciu i prasowaniu w formach, twardnieje w czasie kilku dni, poczem cegły są czyszczone, szlifowane i powlekane olejem.

Marmury sztuczne, wyrabiane przez firmę Lippmann, Schneckenberger i S-ka, pod nazwą *Similipierre*, *Similinarbre*, składają się z 1 cz. cementu, 1 cz. posiekanego lnu lub konopi, 1 cz. gliny, nasyconej olejem lnianym i 1 cz. proszku marmurowego. Mieszaninę tę zarabia się roztworem siarczanu potasu na ciasto, które, po wyprasowaniu w formach i stwardnieniu, może być polerowane, tożzone, rzeźbione, tak samo jak kamień rodzimy. Zamiast proszku marmurowego brany jest także piasek kwarcowy, żwir i t. p., a przez dodanie do mieszaniny farb mineralnych, nadawane są masie rozmaite zabarwienia.

Kamienie Zuber'a. R. Zuber w Berlinie uzyskał przywilej na wyrabianie masy gęstej do kamieni sztucznych. Składniki tej masy: piasek lub żwir, oraz cement, lub inna zaprawa wodotrwała, po starannem osuszeniu, umieszczane są w zbiorniku, w którym za pomocą pompy powietrznej wytwarza się próżnię. Następnie wpuszcza się do zbiornika wodę czystą, albo też zawierającą odpowiednie barwniki, a po przerobieniu mieszaniny i wpuszczeniu powietrza, wypuszcza się masę ciekłą ze zbiornika do form.

Piaskowce sztuczne wyrabia towarzystwo udziałowe do wyzyskiwania pomysłów H. Mehle'go w Frankfurcie n. M., z piasku, okruchów piaskowcowych, żużli z pieców wielkich i cementu. Mieszanina tych materyałów, ubita w formach, po 2-ch dniach tężenia tworzy masę, która może być obrabiana najłżejszemi narzędziami i tożzona na tokarni. Po zupełnem stężeniu masa jest tak twardą, że może być obrabiana tylko zwykłemi narzędziami kamieniarskiemi. Piaskowiec sztuczny Mehle'go wyrabiany jest we wszystkich odcieniach barw od białej do żółtej, czerwonej i szarej; przy jednakowym w przybliżeniu ciężarze właściwym ujawnia jakoby większą wytrzymałość aniżeli dobre odmiany piaskowca rodzimego. Masa w postaci proszku zapakowana w beczki sprzedawana jest po cenie 8 marek za 100 kg loco fabryka, a zarabiana jest dopiero na miejscu budowy. Zazwyczaj z masy tej wyrabiana jest tylko powłoka zewnętrzna na powierzchniach widocznych kamienia, gdy tymczasem pozostała część kamienia składa się ze zwykłej masy betonowej. Grubość tej powłoki zewnętrznej wynosi około 20 mm. — 1 m³ masy wystarcza dla 10 m³ kamieni.

Cegły oraz dachówki z masy cementowej wyrabiane są obecnie w bardzo wielu fabrykach. Do najlepszych wyrobów należą: *cegły Victoria*, wyrabiane z okruchów granitowych i cementu portlandzkiego przez firmę Victoria Stone Comp. w Londynie, sposobem wskazanym przez H. Highton'a, oraz dachówki, wyrabiane przez fabrykę Kroher'a w Staudach (w Bawaryi). — Z takiej samej masy jak *cegły Victoria* wyrabiane są płyty posadzkowe, kamienie do gzymsów, stopnie schodów i t. p. — Do wyrobów wyborowych należą także kamienie fabryki S. Barret'a w Leeds.

Rury betonowe (p. str. 391) do robót kanalizacyjnych i t. p., już to okrągłe, o średnicy zazwyczaj nie mniejszej aniżeli 0,3 m, już to owalne, wyrabiane są z mieszaniny 1 cz. cementu portlandzkiego i 4½—5 cz. piasku i żwiru. Zależnie od średnicy rury i jej przeznaczenia, grubość ścianki jest zmienną w granicach od 60 do 90 mm. Do wyrobów tych brany jest piasek o ziarnkach 1—1½ mm, zaś żwir o ziarnach 12—15 mm. Mieszanina mało wilgotna, lecz dobrze przerobiona, pozostaje w formach przez 36 godzin. Po wyjęciu z form, rury zwilżane są codziennie wodą, a po 14 dniach są już o tyle stwardniałe, że mogą być do robót użyte. Rury, które mają odznaczać się większą ścisłością, po wyjęciu z form, powlekane są od wewnątrz rzadką zaprawą

wą czystą z cementu portlandzkiego. — Rury betonowe znoszą znaczne obciążenia zewnętrzne i są bardzo odporne na wpływy czynników chemicznych.

Płytki cementowe (n. Cementdielen) z betonu ubijanego na szkielecie wyrabiane są według pomysłu Böcklen'a w fabrykach P. Stolte'go w Genthin i Fr. Mögle'go w Wiedniu; zaliczane są do materiałów ogniotrwałych. Stosowane są głównie w stropach ogniotrwałych, oraz na powłoki ochronne dla słupów drewnianych, kolumn żelaznych i t. p. — Wyrabiane są także płytki zgięte lukowo, o wymiarach 80.45.7 cm, służące do lekkich sklepień małych. Ciężar takiej płytki zgiętej, przy grubości 7 cm, wynosi 110 kg na m².

b) *Wyroby z cementu magnezowego*. Tu należą: *cajalith* i *albolith* (p. str. 439), oraz t. zw. *kamienie bostońskie* towarzystwa akcyjnego bostońskiego Union Stone Company, wyrabiane z masy, która po stwardnieniu wykazuje podobno 1000—1500 kg na cm² wytrzymałości na ściskanie. — Wyroby z cementu magnezowego, przy dostatecznej wytrzymałości, odznaczają się niską ceną.

c) *Wyroby z cementu Scott'a*. Scott zauważył, że wapno rozżarzone, wystawione przez pewien czas na działanie par siarkowych, traci własność gaszenia się z wodą i ujawnia własności wodotrwałe (p. str. 437). Następnie stwierdzono, że każde wapno tłuste, sproszkowane, lub co lepiej zgaszone na sucho, zmieszane z gipsem w ilości 5 — 10⁰/₀, daje zaprawę wodotrwałą. Do takiej zaprawy należy gips rozpuścić w odpowiedniej ilości wody, a następnie wsypać proszek wapienny. Zaprawa w ten sposób przygotowana przyjmuje znaczną ilość piasku. — Z zaprawy takiej, zmieszanej z piaskiem białym, ostrym, wyrabiane są w Anglii, pod znacznym ciśnieniem w prasach, kamienie sztuczne, które, z powodu niepospolitej wytrzymałości i pięknej barwy, współzawodniczą z lepszymi odmianami piaskowca.

d) *Utwardnianie i utrwalanie wyrobów z cementu portlandzkiego i rzymskiego*. W celu możebnego zwiększenia odporności wyrobów cementowych na wpływy zmian atmosferycznych zaleca E. Puscher zanurzać wyroby na 24 godziny w roztwór zimny z 1 cz. siarczanu żelaza (witryolu zielonego) i 3 cz. wody, a następnie suszyć je na powietrzu. Po kąpeli takiej, wyroby, nie zmieniając kształtu, są ściślejsze i trwalsze, a ciężar masy zwiększa się o 10⁰/₀. Ten sam roztwór może służyć do zabezpieczenia od wpływu zmian atmosferycznych wypraw (tynków) cementowych. W tym celu należy wyprawę kilkakrotnie powlec rzezonym roztworem. Zazwyczaj już po czwartym powleczeniu roztworem znika zupełnie barwa ciemna, zielonawo-czarnawa, wyprawy, co jest dowodem, że powierzchnia wyprawy jest nasycona związkami żelaza. Po wyschnięciu, wyprawa taka pokryta jest powłoką barwy okrowej, która nie daje się zmyć wodą i na której farby wodne trzymają się dobrze. Przez dwukrotne powleczenie wyprawy tej 5⁰/₀ roztworem mydła, można uczynić ją nieprzemakalną, przyczem, po osuszeniu i wytarciu sukniem lub szczotkami, wyprawa nabiera połysku farby olejnej. Trwałość wyrobów cementowych można jeszcze bardziej zwiększyć, jeżeli po zastosowaniu podanego powyżej sposobu, zanurzy się je w gorącą mieszaninę z części równych parafiny i oleju skalnego. — Roztwór siarczanu żelaza, o którym powyżej mowa, nadaje się także dla wypraw wapiennych, starych i świeżych, gdyż i na tych wyprawach tworzy się powłoka nieprzemakalna, dająca się zmywać wodą. Wyprawy wapienne stare należy jednak najprzód oczyścić z farby. — Roztwór ten można stosować też przy wyprawach wewnętrznych, zwłaszcza w pomieszcze-

niach przeznaczonych dla chorych (np. w szpitalach), gdyż przez zmywanie mydlinami, można ściany łatwo utrzymywać w czystości, przyczem po każdym zmyciu mydlinami wyprawa staje się ściślejszą i mniej przemakalną.

Bardzo skuteczny, a przytem dogodny w zastosowaniu, sposób utwardniania i utrwalania wyrobów cementowych, a także wypraw, zarówno cementowych jako też wapiennych, stanowi t. zw. *fluatacya* (p. str. 166 i 469), polegająca na nasycaniu wyrobów lub wypraw rozpuszczalnymi fluo-krzemianami (fr. fluosilicates), wyrabianymi przez L. Kessler'a i S-kę w Clermont-Ferrand, pod nazwą *fluatów*.

A. J. Magaud w Fontenes (Francya) stosuje roztwory siarczanu cynku (witryolu białego), siarczanu żelaza (witryolu zielonego) i siarczanu miedzi (witryolu niebieskiego) do utwardniania cementu i wapna. W tym celu należy roztworami temi powlekać daną wyprawę wapienną lub cementową, albo też podczas przygotowywania zaprawy zarabiać mieszaninę z rzezonemi roztworami, przyczem zawartość wapna i cementu w zaprawie może być znacznie zmniejszoną.

Odlewy cementowe i gipsowe, oraz formy dla takich odlewów, można bez żadnej zmiany ich kształtu uczynić nieprzemakalnemi, za pomocą środka, na który uzyskał przywilej W. Reissig w Darmstadzie. Środek ten jest roztworem kauczuku lub gutaperki w benzolu, w eterze naftowym, albo w siarku węgla. Do roztworu tego dodawane są niekiedy: воск, żywica, pokosty i t. p., oraz farby. Roztworem rzezonym nasycy się warstwę zewnętrzną wyrobów, po uprzednim zmyciu ich mydlinami i wysuszeniu. Na wyrobach tym roztworem nasyconych tworzy się powłoka nieprzemakalna, która może być oczyszczaną z brudu albo przez mycie mydlinami, albo też przez mechaniczne ścieranie kurzu i pyłu.

Prof. Artus twierdzi, że można wytrzymałość i trwałość cementu zwiększyć, mieszając na wagę 100 cz. cementu z 200 cz. piasku i 5 cz. mieszaniny gipsu palonego z rozżarzoną boraksem bezwodnym. Mieszaninę tę należy zarobić z taką ilością wody, jaka okaże się potrzebną dla otrzymania masy żądanej gęstości. W celu zmieszania boraksu z gipsem należy 1 cz. na wagę boraksu rozżarzyć aż do zupełnego utlenienia się wody krystalizacyi, następnie ostudzić, sproszkować i zmieszać z 45 cz. gipsu palonego i przesianego. Przygotowanie takiej mieszaniny jest niekosztowne, gdy tymczasem trwałość wyrobów zdwaja się. Artus zaleca mieszaninę tę do zalewania i naprawy stopni schodowych, rynien, gzymsów, oraz do przytwierdzania zdobin (ornamentów) i figur.

Inną mieszaninę zaleca Artus do osadzania kamieni w murze, oraz do zalewania ankrów i śrub żelaznych w murze z cegły lub w kamieniu rodzimym. Mieszanina ta składa się z 5 cz. cementu portlandzkiego, 1 cz. wapna niegaszonego, miątko sproszkowanego i 3 cz. piasku suchego. Do mieszaniny tej podczas przerabiania dodaje się 1 cz. ciasta wapiennego i roztwór szkła wodnego, o ciężarze właściwym 1,20, w ilości potrzebnej dla otrzymania ciasta gęstego, sztywnego. Masa musi być natychmiast użytą. W tym celu należy szybko nałożyć masę kielnią na koniec ankra lub śruby, oraz w otwór, który ma być zalany. Koniec ankra lub śruby należy przed nałożeniem masy zwilżyć szkłem wodnem.

e) *Zabarwianie wyrobów cementowych.* Farba olejna, jak to już zaznaczyliśmy (p. str. 436), trzyma się dobrze tylko na cemencie dostatecznie stwardniałym i wyschniętym; natomiast na cemencie świeżym, mokrym, farba olejna prędko płowieje, traci połysk, następnie mięknie i łuszczy się. Środki stosowane w celu utrwalenia farby olejnej na cemencie jeszcze niewyschniętym, mają wartość tylko względną; stosunkowo najlepiej trzymają się na cemencie świeżym farby ze szkłem wodnym, któremi można malować natychmiast po odwiązaniu się cementu. Do farb tych brać jednak należy tylko barwniki mineralne, obojętne na działanie zasad (alkalij).

W celu otrzymania farby ze szkłem wodnym należy barwnik sproszkowany zarobić najprzód niewielką tylko ilością wody, następnie zaś dodać trzykrotną objętość rozcieńczonego wodą szkła wodnego handlowego, o gęstości 33° Bèaume'go. Farba po kilku dniach jest już tak twardą, że nie można jej ręką z cementu zetrzeć. Przez powleczenie powierzchni malowanej szkłem wodnym rozcieńczonym, można zabarwienie uczynić nieco połyskującym. Farby ze szkłem wodnym nie mogą być przygotowywane na zapas, gdyż podczas przechowywania prędko się psują.

Farby ze szkłem wodnym, jako spoiwem, są dla wyrobów cementowych korzystne, głównie z powodu, że szkło wodne wywiera niewątpliwie wpływ utwardniający na powierzchnię cementu. Temu lat 29 pewne części posadzki cementowej w hali wystawy przemysłu krajowego w Karlsruhe, nasycone zostały sposobem próby przez Meidinger'a rozcieńczonym szkłem wodnym. Te nasycone części posadzki mają dziś jeszcze powierzchnię ścisłą, szklistą, połyskującą i bardzo wyraźnie sterczą po nad przyległe nienasycone części tejże posadzki, które zużyły się więc znacznie prędzej.

To też do zabarwiania wyrobów cementowych zalecane są przez d-ra Frühling'a i innych, t. zw. *farby stereochromiczne*. Są to farby, których spoiwem jest szkło wodne. Farby stereochromiczne są bardzo odporne na wpływy zmian atmosferycznych, wskutek czego w krajach Europy środkowej wyrugowały one z użycia malowanie freskowe (al fresco).

Sposób przygotowywania farb stereochromicznych wskazał najprzód zasłużony badacz materiałów wiążących Fuchs, a nad ustaleniem sposobów stosowania tych farb pracowali głównie: prof. Schlotthauer i słynny malarz prof. Kaulbach.

Można także otrzymać farby tanie i bardzo trwałe, mieszając w częściach równych farbę mineralną suchą z chalcedonem, który poprzednio należy rozżarzyć, zgasić w wodzie i rozdrobnić na proszek bardzo miałki. Mieszaninę tę, po zarobieniu rzadkiem mlekiem wapiennym, nakłada się na powierzchnię świeżych wyrobów cementowych. Siłę spójną farby takiej z masą cementową można zwiększyć, dodając do mieszaniny, już zarobionej mlekiem wapiennym, nieco szkła wodnego. Farby, o których mowa, są dla oka przyjemne, lekko przeświecające, a przytem bardzo odporne na wpływy zmian atmosferycznych, nie łuszczą się i nie odpadają. Do mieszaniny należy jednak brać tylko farby mineralne, obojętne na działanie zasad (alkalij).

Ściany bardzo piękne można otrzymać przez pomalowanie wyprawy cementowej farbą przygotowaną przez zmieszanie w częściach równych marmuru i chalcedonu, przyczem składniki te winny być bardzo miałko sproszkowane. Do mieszaniny dodaje się nieco zieleni chromowej (tleniku chromu). Malować należy natychmiast po odwiązaniu się zaprawy cementowej; a starać się przytem należy, ażeby żądana barwa wyszła już po jednokrotnem pomalo-

waniu. Jeżeli wskutek chybiecia barwy zachodzi potrzeba powtórnego malowania, to należy je wykonać przy użyciu farby rozpuszczonej w rozcieńczonym roztworze szkła wodnego. W czasie pierwszych ośmiu dni należy części pomalowane obficie zwilżać wodą, dla utrwalenia spójności farby z masą cementową.

I. Ferwer w Trewirze uzyskał przywilej na t. zw. „*cementy polichromiczne*“, które niewłaściwie noszą nazwę cementów, gdyż składają się głównie z 5 cz. węgla wapnia (nie kredy) i 1 cz. ultramaryny. Mieszanina ta, po dodaniu niewielkiej ilości wody, zarabia się na masę ciągliwą (plastyczną), w warstwie o grubości 1 *cm*. Masę tę, po wysuszeniu, zwilża się obficie i wielokrotnie roztworem siarczanu cynku, a po ponownym wysuszeniu zanurza się w takiż roztwór, ogrzany do 64° C. Po tej kąpieli masa ma twardość większą aniżeli marmur, daje się szlifować i polerować, a przytem jest bardzo odporną na wpływy zmian atmosferycznych. Zamiast ultramaryny można brać każdą dowolną farbę mineralną, co daje możność wyrabiania tych cementów we wszelkich odcieniach barw.— Wyrabiane są także cementy polichromiczne z mieszaniny cementu portlandzkiego, pumeksu zmielonego i barwnika. — Cementy polichromiczne używane są głównie do robót dekoracyjnych, nadają się jednak tylko do pokrywania powierzchni gładkich, natomiast nie są odpowiednie do wyrobów, o kształtach złożonych, gdyż w wyrobach takich, podczas nasycania masy roztworem siarczanu cynku, krawędzie kruszą się i odpadają.

Cementy polichromiczne znajdują także korzystne zastosowanie do wypraw cementowych, które mają być malowane farbami stereochromicznymi. Dr. Koch i dr. Adamy w Darmstademie uzyskali mianowicie przywilej na sposób przygotowywania masy cementowej pod malowanie farbami stereochromicznymi, przy użyciu cementów polichromicznych. Sposób ten wypróbowany został przy wielu większych robotach budowlanych w Niemczech i Austrii i okazał się dobrym; polega zaś głównie na utworzeniu na świeżej masie cementowej powłoki porowatej z cementu polichromicznego, 2—3 *mm* grubej. Powłokę tę, po starannem zatarciu tarką (zacierką) pilśniową, należy przez 4 tygodnie zmywać jaknajczęściej wodą czystą i na cały ten czas zabezpieczyć od przystępu promieni słonecznych. Następnie zmywa się powłokę kwasem krzemofluorowodornym, albo też rozcieńczonym kwasem solnym i powleka się roztworem szkła wodnego, poczem nakłada się farby wyborowe i utrwała się je szkłem wodnym. Przed nałożeniem farb należy powierzchnię, która ma być malowaną, zwilżyć wodą czystą. Ten sposób stosowany jest do wypraw wewnętrznych i zewnętrznych, oraz do różnych wyrobów z masy cementowej, a daje zabarwienia trwałe i piękne.

Płyty mozaikowe z masy cementowej, do posadzek, do licowania ścian i t. p., odznaczające się zazwyczaj znaczną wytrzymałością i trwałością, oraz pięknym rysunkiem, wyrabiane są obecnie w bardzo wielu fabrykach. Najpiękniejsze tego rodzaju wyroby mozaikowe (*mozaiki marmurowe, teraszo, lastrico*) dostarczane są przez fabryki włoskie i południowo-francuskie.

Z cementów zabarwionych wyrabiane są w czasach nowszych bardzo piękne i trwałe imitacje różnych odmian marmuru, zwłaszcza okruców, a także imitacje granitu i porfiru. W budownictwie znajdują imitacje takie zastosowanie w postaci kolumn, ozdób architektonicznych, nagrobków i t. p., które mo-

gą być także dostarczane w stanie polerowanym. — Masa cementowa bowiem, zabarwiona i niezabarwiona, może być polerowaną, sposobem obmyślonym i wprowadzonym w użycie przez O. F. Jonath'a w Hanau.

III. Wyroby z masy gipsowej.

1) *Odlewy gipsowe.* Gips palony, jak to już zaznaczyliśmy (p. str. 468), znajduje zastosowanie do *odlewów*, oraz do wyrabiania *form* dla odlewów z gipsu, cynku, brązu i t. p. Z gipsu palonego wyrabiane są także modele do wyrobów porcelanowych, fajansowych i t. p., oraz do wyrobów galwanoplastycznych i t. p.

Wszelkiego rodzaju *odlewy* mają na celu możebnie dokładne odtworzenie jakiegoś pierwowzoru, np. monety, medalu, płaskorzeźby, popiersia, figury i t. p. Ponieważ zaprawa gipsowa tężąc zwiększa swą objętość, przeto masa gipsowa podczas tężenia zapełnia ściśle wszystkie, najmniejsze nawet, zagłębienia formy.

Jeżeli dany przedmiot ma powierzchnie boczne gładkie, bez zagłębień lub wypukłości, utrudniających odjęcie formy, to forma może być zrobiona z jednej sztuki, a przygotowanie jej nie przedstawia trudności. Jeżeli jednak dany przedmiot ma kształty złożone (jak w figurach, popiersiach, ozdobnych głowicach kolumn i t. p.), to odjęcie formy jest oczywiście niemożliwym i w tym wypadku należy albo zrobić formę złożoną z kilku części, albo też zniszczyć model wydłubując go kawałkami z formy. Przygotowanie formy złożonej z kilku części przedstawia zawsze znaczne trudności, a spojenie tych części w jedną całość wymaga wielkiej zręczności. Zniszczyć zaś model dla zachowania formy jest oczywiście możebnym tylko wtedy, gdy model zrobiony jest z materiału przedstawiającego małą wartość i dostatecznie miękkiego np. z gliny, wosku i t. p. i gdy przytem jako wyrób ma przedstawiać większą wartość; niemożliwym zaś gdy model przygotowany jest z materiału kosztownego i twardego, np. z kamienia, metalu i t. p., lub gdy jako model służy część ciała ludzkiego lub zwierzęcego. — To też formy gipsowe nie są odpowiedniami dla wyrobów o kształtach bardzo złożonych i z tego powodu odlewy gipsowe ozdób architektonicznych, np. ozdobnych głowic kolumn, przygotowywane są najczęściej w formach z *kleju stolarskiego*. — Hiller zamiast kleju stolarskiego wprowadził w użycie t. zw. *żelatynę chińską* („Agar-Agar“); zaś E. Ritschel w Dreźnie wyrabia *formy sprężyste z masy kauczukowej*.

Dobroć odlewu gipsowego, t. j. jego trwałość, gęstość, twardość i wytrzymałość, jest zależną nie tylko od zręczności i wprawy robotnika, lecz także od własności danego gipsu surowego. Na prędkość przebiegu twardnienia mają wpływ: stopień wypalenia gipsu, stopień mialkości proszku gipsowego i ilość dodanej wody. Gips wypalony w temperaturze nie wyższej nad 130° C., zmielony mialko i zarobiony bez nadmiaru wody, twardnieje najprędzej. Od ilości dodanej wody zależy także wytrzymałość odlewu. Im większą jest ilość wody, tem powolniejszym jest przebieg twardnienia i tem większą jest porowatość, a mniejszą twardość i wytrzymałość wyrobu po stwardnieniu; jednocześnie jednak, im większą jest ilość wody, tem dokładniej masa gipsowa zapełnia wszelkie, najmniejsze nawet, zagłębienia formy i tem więc dokładniejszym jest odtworzenie pierwowzoru. Stąd pochodzi, że zależnie od celu, dla którego dane odlewy mają służyć, można im w bardzo rozległych granicach nadawać rozmaitą twardość, gęstość i wytrzymałość. — Odlewy większe są zazwyczaj wewnątrz puste, a to dla zmniejszenia ich ciężaru i dla zaoszczędzenia materiału. — Do odlewów bierze się najczęściej gips czysty; do form zaś — gips zmieszany z piaskiem, mączką ceglana,

gliną, wapnem i t. p., które to przymieszki zwalniają przebieg twardnienia, lecz zarazem zmniejszają wytrzymałość wyrobu po stwardnieniu.

Gips palony i sproszkowany, zarobiony mieszaniną z 2 cz. wody i 1 cz. 90-procentowego alkoholu, ma tę własność, że podczas twardnienia zmniejsza swą objętość, tak, że wymiary linijne odlewu po stwardnieniu są o 4% mniejsze od wymiarów pierwowzoru. Przy użyciu przeto takiej masy można, przez kilkakrotne powtarzanie czynności, odtworzyć pierwowzór w wymiarach dowolnie zmniejszonych.

Odlewy gipsowe, obok wybitnych zalet, posiadają tę wadę, że mają barwę zimną, kredową, że twardość ich jest nieznaczna i że trudno dają się oczyszczać z kurzu i pyłu. Oczyszczanie za pomocą szczotek, lub przez zmywanie wodą, nie prowadzi do celu, a przytem z czasem zaciera wyrazistość rysunku. Nieco skuteczniejszymi są sposoby polegające na utworzeniu na wyrobie zanieczyszczonym powłoki z masy lepkiej (np. z gęstego krochmalu, kleju i t. p.), która łączy się z cząstkami pyłu i kurzu, a po wyschnięciu odpada sama, albo daje się z łatwością odjąć. Lecz i te sposoby tylko w małym zakresie dają się zastosować. — Dla zaradzenia tej niedogodności podjęte były usiłowania w celu wyrabiania odlewów gipsowych dających się zmywać wodą. Najłatwiejszy, lecz i najmniej zadawalniający sposób, prowadzący do tego celu, polega na utworzeniu na wyrobie powłoki, która po stężeniu daje się zmywać wodą. Powłokę taką można otrzymać np. przez pomalowanie wyrobu tłustą białą cynkową, dostatecznie rozrzedzoną olejem terpentynowym, albo też przez pomalowanie siarczanem barytu, zarobionym wodą klejową. Wolf radzi zanurzać odlewy w roztworze kleju rozpuszczonego w wodzie wapiennej, a po wyschnięciu powlekać je rozrzedzonym roztworem alunowym. Wszystkie te sposoby są mało skuteczne, gdyż powłoki takie nie są dostatecznie trwałe, a w wielu wypadkach zacierają rysunek. — O wiele skutecznijszymi są sposoby polegające na przekształceniu chemicznem gipsu, w warstwie zewnętrznej odlewu, na ciało nie rozpuszczające się w wodzie. Sposoby takie wskazane zostały najprzód przez Reissig'a, Filsinger'a i Leuchs'a, a zasadzają się głównie albo na nasyceniu warstwy zewnętrznej odlewu wodą barytową, z powłoczeniem wyrobu po wyschnięciu roztworem mydła w alkoholu, albo też na nasyceniu warstwy zewnętrznej wyrobu roztworem krzemianopotasowym. Dechend w Bonn zanurza odlewy w gorącym roztworze boraksu, a po wyschnięciu powleka je najprzód gorącym roztworem chlorku barytu, następnie zaś zmywa gorącymi mydlinami. W. Reissig w Darmstademie nasycy wyroby gipsowe roztworem kauczuku w benzolu, w eterze naftowym, albo w siarku węgla (p. str. 486). R. Jacobsen radzi nasycać odlewy gorącym roztworem mydła, przygotowanego z kwasu stearynowego i ługu sodowego. E. Puscher w Norymberdze nasycy warstwę zewnętrzną odlewów roztworem z 3 cz. potażu gryzącego w 36 cz. wody gorącej, z dodaniem 9 cz. kwasu siarczanego, przyczem roztwór ten rozrzedza taką samą ilością wody i 95-procentowego alkoholu.

W odlewach mniejszych można warstwę zewnętrzną uczynić nieprzemakalną przez t. zw. *enkaustowanie*, przyczem odlewy stają się na powierzchni nieco przeświecającymi i łagodnie połyskującymi, a zamiast barwy białej, kredowej, przyjmują barwę ciepłą żółtawą, wskutek czego odlewy enkaustowane

mają pewne podobieństwo do wyrobów z niektórych odmian marmuru, kości słoniowej, albo pianki morskiej nasyconej woskiem. Obecnie enkaustowanie zasadza się najczęściej na nasycaniu odlewu kwasem stearynowym, albo też według Wiederhold'a—roztworem z 1—2 cz. kwasu stearynowego w 10 cz. spirytusu naftowego, albo wreszcie według Angerstein'a—parafiną.

Przebieg twardnienia wyrobów z masy gipsowej można zwolnić zarabiając gips palony i sproszkowany z wodą, do której dodaje się nieco kleju (p. str. 470). Casentini zaleca w tymże celu domieszkę roztworu boraksu w wodzie; L. Puscher zaś—domieszkę do gipsu miałko sproszkowanego prawoślazu (*Althaea*), w ilości 2—4%, przyczem mieszaninę zarobić należy z 40% wody na ciasto (p. str. 470). Można również opóźnić stwardnienie masy gipsowej, przez dodanie do gipsu nieco wapna palonego, a zdaniem Frühling'a także przez dodanie do wody alkoholu w ilości 2—25%. Ponieważ jednak prędkość twardnienia masy gipsowej zależy w stopniu wysokim od przebiegu palenia gipsu, przeto do wyrobów, które mają tężeć powoli, najlepiej jest brać gips odpowiednio wypalony, bez żadnych domieszek soli, korzeni roślinnych, kleju, gumi i t. p.

Twardość wyrobów gipsowych można zwiększyć za pomocą różnych środków, polegających już to na odpowiednim przygotowywaniu gipsu, już to na odpowiednich domieszkach do gipsu, już to na nasycaniu wyrobów gotowych odpowiednimi ciałami. Do najskuteczniejszych tego rodzaju środków należy t. zw. *fluatacya*, o której już niejednokrotnie wspominaliśmy (p. str. 166, 469 i 486) i która w latach ostatnich była zastosowana także w Warszawie. Nie mniej skutecznem jest t. zw. *alunowanie*.

Alunowanie wykonywane jest dwoma odmiennymi sposobami. Sposób podany przez Pauware'a polega na zanurzaniu gotowych i należycie osuszonych wyrobów gipsowych w roztwór ciepły z 1 cz. alunu na 5—6 cz. wody, przez czas 15—30 minut, poczem wyroby, po wyjęciu i osuszeniu, zlewane są roztworem alunu. Na powierzchni wyrobów tworzy się przytem warstwa krystaliczna, a same wyroby po wyschnięciu są tak twarde, że dają się polerować i wytrzymują bez uszczerbku silne uderzenia młotem; zanurzone jednak w wodę miękną i po części rozplywają się. Wady tej nie posiadają wyroby gipsowe alunowane sposobem wskazanym przez Greenwood'a i Elsner'a. Przy stosowaniu tego sposobu kamienie gipsowe wprost z pieca zanurzone są w roztwór alunowy (albo też gips sproszkowany zarabia się takim roztworem), następnie gips wypalany jest po raz drugi przy słabym żarze czerwonym, przyczem zachowanie jednostajnej temperatury podczas całego przebiegu palenia jest warunkiem niezbędnym. Wyrób, w ten sposób przygotowany, nosi nazwę *gipsu alunowego*. Gips alunowy, po powtórnem wypaleniu, ma barwę matową, mleczno-białą, z odcieniem żółtawym; daje się łatwo rozdrabniać na proszek, który zarobiony z wodą, twardnieje tak samo jak gips zwyczajny. Wyroby z takiego gipsu zarobionego wodą czystą mają twardość nieznaczną; skoro jednak gips alunowy zamiast z wodą czystą zarobiony jest roztworem z 1 cz. alunu na 12—13 cz. wody, to wyroby są wprawdzie mokre przez czas dłuższy, lecz po wyschnięciu i stwardnieniu mają twardość marmuru i alabastru, przyczem przeświecają w krawędziach, podobnie jak alabaster. Grubsze płyty,

przygotowane w ten sposób, są tak twarde, że pękają tylko pod bardzo silnemi uderzeniami młota żelaznego; to też wyroby takie dają się pięknie polerować, a przytem mogą być bez żadnego uszczerbku oczyszczane suknem mokrem. Wyroby z gipsu alunowego są bardzo odporne na wpływy zmian atmosferycznych, mrozu, śniegu, deszczu i promieni słonecznych; a zanurzone na czas dłuższy w wodę nie odkształcają się i nie tracą nic ze swej twardości i wytrzymałości; nawet zanurzenie na kilka godzin w wodę wrzącą nie przynosi im żadnego uszczerbku.

Gips alunowy nosi także nazwy: *cementu Keene'go*, *angielskiego cementu marmurowego*, *cementu Mac Lean'a*, *gipsu cementowego*.

Landrin twierdzi, że tak samo jak za pomocą alunu, można zwiększyć twardość gipsu palonego za pomocą przymieszki siarczanu potasu, albo rozcieńczonego kwasu siarczanego.

Keating, Francis, Casentini zalecają dla zwiększenia twardości nasycać gips roztworem boraksu. *Cement-Parian*, wyrabiany przez V. Bellmann'a od 1846 r., jest gipsem, nasyconym roztworem boraksu. *Cement-Parian*, używany głównie na wyprawy, ma posiadać własności przeciwważkowe (dezynfekcyjne) i dla tego zalecany jest na wyprawy wewnętrzne w szpitalach i t. p.

Można także zwiększyć twardość wyrobów gipsowych, zarabiając gips roztworem rozcieńczonym szkła wodnego, przyczem jednak na powierzchnię wyrobu występują często wykwitki siarczanu potasu. Blashfield wyrabia wyborny *marmur gipsowy*, zarabiając gips wodą klejową z przymieszką roztworu siarczanu cynku. A. J. Magaud stosuje dla zwiększenia twardości masy gipsowej roztwory siarczanu cynku, siarczanu żelaza i siarczanu miedzi (p. str. 486). Julhe miesza w tymże celu 6 cz. dobrego gipsu z 1 cz. świeżego wapna tłustego, palonego, miałko sproszkowanego i przesianego, przyczem mieszaninę tę zarabia i formuje jak gips zwyczajny, a po wyschnięciu nasycy masę roztworem siarczanu cynku lub siarczanu żelaza. F. de Wylde wyrabia *cement gipsowy*, nasycając gips palony roztworem krzemianu zasadowego, zawierającym węglan potasu.

F. Abate w Neapolu wskazał sposób wyrabiania odlewów gipsowych, mających twardość i wytrzymałość marmuru. W tym celu gips palony, sproszkowany, poddawany jest w mieszarce działaniu pary wodnej do czasu, gdy ciężar gipsu, wskutek pochłaniania pary wodnej, zwiększy się o 28%; następnie proszek gipsowy w formach metalowych poddawany jest ciśnieniu prasy wodnej (hydraulicznej). Wyroby w ten sposób przygotowane mają rysunek wyraźny, a są tak twarde, że dają się polerować.

Knauer i Knop podali sposób utwardniania wyrobów gipsowych gotowych, przez utworzenie na ich powierzchni powłoki twardej, gęstej, nieprzemakalnej, dającej się zmywać gąbką mokrą. Sposób ten polega na zastosowaniu mieszaniny szkła wodnego potasowego z ciałem białkowatym. Ciecz odnośną można najdogodniej przygotować mieszając mleko zsiadłe, przetrząśnięte, z roztworem z 1 cz. potażu gryzącego na 5 cz. wody, przyczem roztwór dolewać należy powoli, kroplami i tylko w takiej ilości, jaka jest niezbędną dla zupełnego rozpuszczenia sernika (kazeiny) w mleku i dla otrzymania cieczy jednostajnej, mętnej, lecz niezabarwionej. Do cieczy tej dolewa się 25% na objętość roztworu

szkła wodnego potasowego, o gęstości syropu. Ciecz tę należy natychmiast użyć, nakładając ją za pomocą pendzla czystego na powierzchnię wyrobu, od góry ku dołowi, a po wyschnięciu zupełnem, co wymaga jednego lub kilku dni, należy wyrób zmyć gąbką maczaną w wodzie wapiennej.

Wyroby z masy gipsowej, dla nadania im piękniejszego wyglądu, są niekiedy *bronzowane*. Takie wyroby bronzowane dają się łatwiej oczyszczać z kurzu i pyłu i są odporniejsze na wpływy zmian atmosferycznych, aniżeli wyroby zwyczajne z masy gipsowej.

W handlu znajdują się różne wyroby z masy gipsowej posiadające pewne podobieństwo do wyrobów z kamieni rodzimych, terrakot, metalów i t. p. Do najlepszych tego rodzaju wyrobów należą imitacje terrakot, wyrabiane w fabryce Schuhmacher'a w Hamburgu, oraz w kilku fabrykach w Kopenhadze.

Fr. Walz w Pforzheim i Kreitmayer w Monachium wyrabiają masę, składającą się głównie z piasku kwarcowego, marmuru, wodoru wapnia, topnika (fluspatu) i t. p., zarobionych szkłem wodnem, o średniej gęstości. Masa ta po stężeniu i wyschnięciu jest twardą, daje się polerować, znosi dobrze wpływy zmian atmosferycznych i zmian temperatury i nie rozkłada się pod działaniem kwasów niezbyt mocnych, wskutek czego jest używaną zamiast masy gipsowej na odlewy ozdób architektonicznych, figur i t. p. Odlewy, po stwardnieniu i wyschnięciu, nasytane są naprzemian kwasem krzemnym i szkłem wodnem. — Podobną masę wyrabia także E. Meyer w Köpenick. Masa ta składa się głównie z mieszaniny topnika (fluspatu) sproszkowanego lub łatwotopku (kyolitu) sproszkowanego, z mialko sproszkowaną kredą, marmurem lub kwarcem; przyczem mieszaninę tę zarabia się szkłem wodnem zgęszczonem. Odlewy, po stężeniu i wyschnięciu, powlekane są szkłem wodnem rozcieńczonem.

2) *Stiuk* (wł. stucco; fr. stuc; n. Stuck) i *stucco-lustro* (*stucco-lucido*).

a) *Stiuk zwyczajny*, czyli *wapienny*, jest zaprawą z wyborowego wapna tłustego i piasku, z przymieszką gipsu, używaną do wypraw, gzymsów i t. p. Przez dodanie gipsu zaprawa staje się bardziej ciągliwą (plastyczną) i tem samem odpowiedniejszą do wyciągania gzymsów, a przytem domieszka gipsu przyspiesza stwardnienie zaprawy. Zazwyczaj bierze się na objętość 1 cz. gipsu na 2 — 3 cz. wapna tłustego. — Do stiuków zwyczajnych należy także t. zw. *stiuk barokowy* (n. Relief-Stuck), który w okresie stylu baroko był używany na ozdoby architektoniczne, płaskorzeźby i t. p. W celu otrzymania tego stiuku przygotowano ciasto ze starego, odleżącego, wapna tłustego i pyłu marmurowego przesianego. Ciasto takie przez czas stosunkowo długi zachowywało ciągliwość (plastyczność). Obecnie stiuki tego rodzaju rzadko są używane, gdyż na ścianach zewnętrznych budynku daje się ozdoby z masy cementowej lub z terrakoty, do wnętrza budynku zaś stosuje się stiuki gipsowe.

b) *Stiuk gipsowy* składa się z masy gipsowej, otrzymywanej przez zarobienie z wodą klejową gipsu palonego, mialko sproszkowanego i przesianego. Wskutek użycia wody klejowej, zamiast wody czystej, przebieg twardnienia staje się powolniejszym, a masa po stężeniu ma twardość większą. — Stiuk gipsowy jest wyborynym materiałem do robót dekoracyjnych, wymaga jednak wielkiej staranności i umiejętności w zastosowaniu. Używany jest na ozdoby architektoniczne, gzymsy, wyprawy i t. p., a po stwardnieniu daje się wybornie polerować. Przy użyciu stiuku gipsowego na wyprawy, można ścianom, kolumnom i t. p. nadać wygląd marmuru lub innego kamienia rodzimego; najczęściej jednak stosowane są imitacje marmuru i z tego powodu stiuk gipsowy nazywany bywa także *marmurem gipsowym*, albo *marmurem stiukowym*.

W celu przygotowania wody klejowej należy klej moczyć w wodzie przez 24 godziny, a następnie gotować w stosunku na wagę 1 cz. kleju na 28 cz. wody. Gęstość wody klejowej należy wypróbować przez zarobienie z nią niewielkiej ilości gipsu: jeżeli otrzymana stąd masa po 30 minutach nie zeszywnieje jeszcze, to dana woda klejowa jest odpowiednią; jeżeli zaś masa stwardnieje wcześniej, to ilość kleju w danej wodzie klejowej jest za małą.

Jeżeli stiuk ma być biały, to do zarobienia gipsu wziąć należy klej całkiem bezbarwny (klej pergaminowy lub żelatynę); jeżeli zaś stiuk ma być zabarwiony, to do masy dodać należy farbę odpowiednią. Najczęściej używane w tym celu farby są: minia, cynober, czerwień angielska, barwnik z drzewa fernambukowego, operment, gummi gutta, indygo sproszkowane, ziemia kolońska, umbra i t. p., w ogóle t. zw. farby ziemne, nadto roztwory siarczanu żelaza i siarczanu miedzi, do których dodaje się nieco wapna.

Powierzchnie murów z cegły i kamienia, na których ma być urządzona wyprawa stiukowa, winny być całkiem nagie, bez żadnej wyprawy wapiennej, gdyż wyprawa taka nie wiąże się z masą gipsową; nadto wszystkie spoiny winny być starannie wyskrobane i oczyszczone z cząstek wapna. Na powierzchni muru nie powinny znajdować się żadne wykwity, gdyż wykwity mogą następnie wydobyć się na zewnątrz i utworzyć na stiuku plamy, nie dające się usunąć. — Na powierzchnię muru nakłada się najprzód wyprawę w warstwie 1—1,5 *cm* grubości, z części równych gipsu i piasku ostrego, zarobionych wodą klejową. Powierzchnia zewnętrzna tej wyprawy nie powinna być wygladzana, gdyż na powierzchni szorstkiej stiuk lepiej się trzyma. Po wyschnięciu tej wyprawy, nakłada się na nią masę stiukową w warstwach 3—4 *mm* grubości, przyczem odpowiednie miejsca wyprawy należy uprzednio zmoczyć wodą. Powierzchnię zewnętrzną masy stiukowej, po jej stężeniu dostatecznym, należy zmoczyć wodą, wycierać pumeksem, a następnie powlec za pomocą pendzla klejem zgęszczonym. Po oddaleniu kleju i wyschnięciu stiuku, poleruje się masę stiukową za pomocą szmat płóciennych i trypli, przy jednoczesnym napuszczaniu oliwy. — Ozdoby architektoniczne, płyty i t. p. przygotowywane są w taki sam sposób. — Przy wyprawianiu stiukiem murów pruskich (fachwerkowych) należy powierzchnie zewnętrzne części drewnianych pokryć dwiema ułożonemi na krzyż warstwami trzciny, albo też na całej powierzchni zewnętrznej muru przybić w kierunku poziomymłaty, mające około 2 *cm* szerokości, z zachowaniem pomiędzy nimi odstępów wolnych, 1,5—2 *cm* szerokości; przyczem główki gwoździ należy powlec smołą lub olejem lnianym, dla zabezpieczenia ich od rdzewienia i dla zabezpieczenia tem samym stiuku od plam rdzawych.

Dla otrzymania imitacji marmuru, do gipsu zarobionego wodą klejową dodaje się najprzód dobrze w wodzie czystej roztartą farbę, odpowiadającą barwie zasadniczej tła danego marmuru. Dobrze jest farbę tę dodawać w różnych odcieniach, jaśniejszych i ciemniejszych, przyczem dla każdego odcienia przygotować należy oddzielną masę. Z tych mas, o różnych odcieniach danej barwy, urabia się bryłki, a gdy w tle danego marmuru mają być plamy białe, to bryłki te posypuje się gipsem mielonym i ziarnka gipsu wgniata się w masę na sucho. Bryłki, o których mowa, rozrywa się na części mniejsze, które po zmieszaniu

układane są obok siebie w porządku dowolnym, przyczem miejsca swobodne zapełnia się kulkami z ciasta gipsowego, rozmaicie zabarwionego. Następnie bryłki polewa się lub pokrapia tak zwanym *sosem*, mającym utworzyć plamy, żyły, smugi, wstęgi i t. p., a składającym się z gipsu zarobionego wodą klejową, z domieszką odpowiedniej farby. Na tę warstwę bryłek i kulek, kładzie się drugą takąż warstwę, którą również polewa się *sosem*; poczem z całej masy urabia się jedną większą bryłę. Bryłę tę rozcina się nożem na płytki, które po zanurzeniu w wodę nakładane są na wyprawę gipsową muru, poprzednio zwilżoną wodą czystą. Przy nakładaniu płytek na wyprawę muru należy je wygładzać kielnią, starając się o otrzymanie powierzchni możebnie ściślej i gładkiej. Jeżeli żyły marmuru mają mieć pewien oznaczony kierunek, to należy je najprzód narysować na wyprawie gipsowej, a przy nakładaniu płytek pozostawić odnośne miejsca swobodne, dla zapełnienia ich następnie masą gipsową odpowiednio zabarwioną. — W celu otrzymania imitacji granitu i porfiru, masy gipsowe odpowiednio zabarwione (czerwone, ciemno-zielone, albo białe), po rozkrajaniu na płytki i wyschnięciu, należy rozbić na małe kawalki, które zmieszane być winny z masą stiukową. Używane są w tym celu także okrychy alabastru.

Skoro masa stiukowa dostatecznie stwardnieje, należy ją najprzód wyrównać z grubą strugiem (heblem), następnie oszlifować piaskowcem gruboziarnistym, przyczem miejsca szlifowane winny być zwilżane gąbką maczaną w wodzie. Po oszlifowaniu, stiuk winien przez dni kilka czekać, poczem powierzchnię masy stiukowej należy po raz drugi oszlifować piaskowcem miłkoziarnistym, zwilżając miejsca szlifowane gąbką maczaną w wodzie. Następnie należy stiuk starannie oczyścić, wszelkie zaś rysy, pęknięcia i zagłębienia zapełnić rozcieńczoną masą stiukową, takąż masą za pomocą pendzla powlec całą powierzchnię stiuku i wygładzić ją przy użyciu łopatkki drewnianej szerokiej i cienkiej. To zapełnianie nierówności rozcieńczoną masą stiukową i wygładzanie łopatką należy w miarę potrzeby wykonać trzy lub cztery razy. Skoro masa stiukowa całkowicie wyschnie, prowadzi się w dalszym ciągu robotę szlifierską, utrzymując stale miejsca szlifowane w stanie wilgotnym. Po każdym oszlifowaniu należy zanieczyśczenia stiuku oddalać, zagłębienia i nierówności zapełniać rozcieńczoną masą stiukową i powierzchnię stiuku wygładzać. W miarę zaś postępu roboty, należy do szlifowania brać kamienie, o coraz to drobniejszym ziarnie, a więc najprzód lupek gliniany, następnie jaspis czerwony i krwawnik. Po ukończeniu szlifowania stiuk ma połysk szklisty. Ażeby połysk ten spotęgować, można stiuk polewować. W tym celu powierzchnię stiuku należy najprzód wytrzeć ścierkami płóciennymi, następnie zaś nasycić olejem lnianym; a skoro olej lniany wyschnie, co wymaga zazwyczaj kilku godzin, należy powierzchnię zewnętrzną stiuku powlec olejem terpentynowym, w którym rozpuszczono poprzednio nieco wosku i ponownie wytrzeć ścierkami miękkimi, wełnianymi. Stiuk polerowany ma połysk równie piękny i trwały jak marmur polerowany.

Wyborne stiuki, odpowiednie dla imitacji marmuru, otrzymuje się z gipsu alunowego (cementu Keene'go) i z gipsu boraksowego (cementu Parian). — Odmiana stiuku gipsowego, znana pod nazwą *marmuru maresso*, znalazła rozległe zastosowanie w budowlach nowych Berlina; odmiana ta stiuku jest udoskonalonym

cementem Keene'go.—Inny stiuk używany często do robót budowlanych, a znany pod nazwą *scaliogla* (od włoskiego scaglia=łuska), jest mieszaniną gipsu palonego, mialko sproszkowanego i spatu gipsowego (gipsu lodowatego, blaszkowatego), zarobionych wodą klejową.

Z masy stiukowej można wyrabiać także *mozaiki*, oraz *terazzo*. W tym celu na wyprawę stiukową, przed jej stwardnieniem lub po stwardnieniu, przenosi się za pomocą kalki rysunek danej mozaiki; poczem miejsca objęte wzorem wycina się skośnie i dość głęboko, za pomocą rylca żelaznego lub ostrego dłutka stalowego. Wgłębienia te, po zmoczeniu wodą, powleka się rozcieńczoną zaprawą gipsową; następnie wgniata się w nie odpowiednio zabarwione masy stiukowe. Dobrze jest w dnie każdego zagłębienia zrobić wcięcia, ażeby masa stiukowa lepiej się trzymała; z tego samego powodu powierzchnie zagłębień winny być nieco chropowate, a nie całkiem gładkie. Masa stiukowa po ugnieceniu w zagłębieniu winna sterzeć nieco po nad powierzchnię wyprawy stiukowej, co ułatwia robotę przy następnem wygładzaniu i szlifowaniu mozaiki.

I. E. Schall radzi zamiast farb dodawać do masy stiukowej odpowiednie roztwory soli, przy których zetknięciu się powstają w masie żądane zabarwienia. Ten sposób zabarwiania masy stiukowej nosi nazwę *kameotypii* (Cameotypie).

c) *Stucco-lustro*. Masa otrzymuje się przez zmieszanie na objętość 1 cz. dobrego, starego, wapna tłustego z 2 cz. pyłu marmurowego, alabastrowego, albo gipsowego. Do mieszaniny tej dodawana jest farba, odpowiadająca barwie zasadniczej tła marmuru danego. Masę nakłada się w warstwie około 5 mm grubości na wyprawę wapienną, a po wyrównaniu, zaciera się tarką czyli pacą (zacierką), pokrytą białą pilśnią (filcem) lub flanelą, poczem wygładza się kielnią polerowniczą lub tarką szklaną. Żyły, plamy, smugi, obłoki i t. p. maluje się pędzlem na wyprawie mokrej, farbami zarobionymi wodą wapienną i masą stiukową rozcieńczoną, niekiedy z przymieszką żółci wołowej, albo roztworu kazeiny. Skoro farby wsiąkną w wyprawę, tak, iż nie dają się ścierać palcem, należy wygładzić je kielnią polerowniczą, poczem całą ścianę pokrywa się politurą, którą otrzymuje się albo rozpuszczając 20 cz. wosku w 60-procentowym wrzącym roztworze winianu amonu (sal tartari) i dodając około 20 cz. pokrajanego mydła, albo też rozpuszczając 90—120 g wosku drobno pokrajanego w 0,5 l wody rzecznej wrzącej i dodając 30 g potażu. Politurę wygładza się przez równomierne pociąganie kielnią polerowniczą, co wymaga wielkiej wprawy, staranności i cierpliwości; im jednak robota ta prawidłowiej wykonaną zostanie, tem piękniejszym jest połysk polityry.

3) Kamienie o spoiwie gipsowem. *Marmur sztuczny z Auvergne*, pomysłu Besson'a, wyrabiany jest w sposób następujący: W 10 l wody przekroplonej (destylowanej) rozpuszcza się 1500 g oczyszczonego siarczanu potasu, poczem roztwór ten rozcieńcza się z 10 l wody, w której rozpuszczono 2 kg kleju stolarskiego. Mieszaninę tę, po dodaniu 230 l wody i momentem zmieszaniu, przechowuje się w spoczynku, a przed użyciem dodaje się jeszcze 1 l kwasu siarczanego. Ciecżą w ten sposób przygotowaną zarabia się mieszaninę dokładną z 80 cz. gipsu alabastrowego, mialko sproszkowanego i 20 cz. węglanu wapnia, barwy jasnej, białej, także mialko sproszkowanego, przyczem mieszanina gipsu alabastrowego i węglanu wapnia dodaje się do cieczy w ilości takiej, jaka okaże się potrzebną dla otrzymania ciasta gęstego, sztywnego, które po rozcięciu na części paskowate, ugniata się w formach. Ciasto należy pozo-

stawić w formie, dopóki ciepło, które wywiązało się wskutek działań chemicznych, nie ustąpi. Dla przyśpieszenia przebiegu twardnienia, kamienie po wyjęciu z form można umieścić na czas 2 godzin w suszarni, szczelnie zamkniętej i ogrzanej do 60° C. — Kamienie w ten sposób przygotowane są tak twarde, że dają się polerować, przyczem przyjmują piękny połysk. Polerowanie wykonywane jest za pomocą kamieni rodzimych różnej twardości, poczynając od miękkich i postępując tak jak przy szlifowaniu masy stiukowej. Po polerowaniu kamienie zanurzone są w kąpiel z oleju lnianego, ogrzanego do 70° C., do zupełnego nasycenia, a po wysuszeniu powlekcane są stearyną.

C. Schäffer w Elisabeth (New-Yersey) wyrabia od 1868 r. kamienie sztuczne z mieszaniny na wagę 1 cz. cementu lub gipsu i 3 cz. piasku, zarobionej na ciasto rzadkie rozcieńczonym kwasem siarczanym (100 cz. wody i 2 cz. kwasu). Z ciasta tego, pod znacznem ciśnieniem w prasach, formowane są kamienie, które należy suszyć na powietrzu przez dwa dni, następnie zanurzyć na 12 godzin w rozcieńczony kwas siarczany i ponownie wysuszyć.

Fr. W. Pöstges w Düsseldorfie wyrabia masę do kamieni sztucznych, mieszając 6 cz. gipsu, 1 cz. wapna palonego, gazonego 10-procentową wodą alunową i 3 cz. piasku ostrego. Z tej mieszaniny suchej, po zarobieniu jej mieszaniną z 22 cz. wody, 2 cz. 10-procentowej wody klejowej i 1 cz. 15-procentowego kwasu octowego, wyrabiane są w prasach kamienie sztuczne, głównie cegły do licowania murów.

Dumesnil podał następujący sposób wyrabiania kamieni sztucznych: Mieszaninę z 7 kg alunu, 6 kg mąki wapiennej i 1 kg okry żółtej zarabia się 500 l wody, poczem dodaje się 1 kg kleju rozpuszczonego w 5 l wody ciepłej. Ciecżą tą polewa się około 900 l gipsu, dodając 450 l czystego piasku rzecznoego. Otrzymuje się stąd ciasto rzadkie, które po wlaniu w formy i stężeniu, należy wysuszyć. Ażeby kamienie takie uczynić odpornymi na działanie wody deszczowej, należy je powlec trzykrotnie roztworem szkła wodnego potasowego, o gęstości 20—26° B.

4) Płytki gipsowe. *Płytki gipsowe* (n. Gypsdielen), pomysłu bud. O. Mack'a w Ludwigsburgu, wyrabiane są z masy gipsowej, przygotowanej z gipsu grubo zmielonego i zarobionego wodą klejową, z domieszką różnych ciał włóknistych (włosa, piór, włókien drzewnych i t. p.). Każda płytka odlewana jest w formie na szkielecie z trzciny, albo też na podkładce z tektury asfaltowej. Po 10 minutach tężenia, płytkę wyjmuje się z formy i przenosi do suszarni. Zazwyczaj płytki te mają 2,5 m długości, 20—25 cm szerokości i od 2,5 do 8 cm grubości. Płytki o grubości do 5 cm używane są do wykładania sufitów, ścian drewnianych i kolumn żelaznych; z pletek zaś o grubości 7—8 cm wznoszone są ściany przedziałowe. Do drzewa płytki te mogą być przytwierdzone gwóźdźkami z drutu. — Płytki gipsowe wyrabiane są w zakładach wynalazcy Mack'a w Ludwigsburgu, nadto w fabryce Fr. Mögle'go w Wiedniu i t. d. — Ciężar tych pletek na każdy cm grubości i m² powierzchni wynosi 6—7 kg. — Płytki gipsowe zaliczane są do materiałów ogniotrwałych.

5) Wyroby z alabastru i gipsu włóknistego. W okolicach, w których alabaster występuje w szczególnie pięknych odmianach: we Włoszech (Volterra), w Hiszpanii i t. d., wyrabiane są z alabastru rozmaite przedmioty ozdobne: wazony, urny, czasze, kandelabry i t. p. (p. str. 93). Z mniej pięknych odmian alabastru, wyrabiane są płyty do stolów i t. p., oraz rozmaite przedmioty drobne. Z gipsu włóknistego wyrabiane są naszyjniki, naramienniki i t. p. — Société Anonyme de Certaldo w Paryżu uzyskało przywilej na zabarwianie wyrobów alabastrowych. W tym celu wyroby zanurzone są najprzód w kąpiel utwardniająca, która oprócz alunu zawiera kwas szczawiowy lub jego sole; następnie zaś, po wyjęciu z kąpeli i wysuszeniu, zanurzone są w roztwory barwników. Można też barwniki, fuksynę i t. p., dodać odrazu do kąpeli utwardniającej.

6) Trójkamień (Trypolit). *Trójkamień (trójkamieniak, trypolit)* (n. Tripolith) wyrabiany od 1880 r. przez B. v. Schenk'a w Heidelbergu i przedstawiony

na wystawie rolniczo-przemysłowej w Warszawie w 1885 r. przez fabrykę Ludwika Stumpf'a w Kielcach, ma wygląd proszku, barwy jasno-niebieskawo-szarej, a może być stosowany już to jako samodzielny materiał budowlany, już to jako zaprawa, zamiast gipsu.—Trójkamień wyrabiany jest z kamienia gipsowego, przeciętego żyłami gliny. Mieszanina z 3 cz. tego kamienia gipsowego i 1 cz. gliny rozdrabnia się na młynku; poczem 9 cz. tej mieszaniny miesza się z 1 cz. koksu z pieców wielkich lub koksu gazowego. Przy użyciu koksu gazowego dodaje się na 10 cz. tegoż 6 cz. zendry (młotowin). Mieszanina ta ogrzewa się w kotle najprzód do 120° C., następnie do 260° C., a otrzymana masa szara przesiewa się przez sita walcowe, o oczkach 4 *mm* średnicy.

Z rozborów chemicznych Treumann'a i Petersen'a*) wynika, że trójkamień jest właściwie tylko gipsem, zanieczyszczonym przez węglan wapnia, węglan magnezu i piasek, przyczem ten gips zanieczyszczony wypalany jest nie zbyt mocno węglem lub koksem, brany w ilości około 10% ciężaru gipsu. Stąd pochodzi, że trójkamień ma w zasadzie własności takie same jak gips, jest jednak o 15% lżejszym od gipsu.

Trójkamień zarobiony z wodą twardnieje na powietrzu, zarówno w stanie czystym, jako też z domieszką wapna i piasku. Prędkość twardnienia i wytrzymałość masy po stwardnieniu są w stopniu wysokim zależne od ilości wody dodanej. Przebieg twardnienia jest najkorzystniejszym przy dodaniu 60 cz. wody na 100 cz. trójkamienia; przy dodaniu mniejszej ilości wody masa zbyt prędko twardnieje, przy dodaniu zaś większej ilości wody twardnienie jest zbyt powolne. Petersen stwierdził, że zaprawa z trójkamienia (zarobionego z 60% wody), z domieszką 3 cz. na wagę piasku na 1 cz. trójkamienia, po stwardnieniu na powietrzu zanurzona w wodę, już po kilku dniach rozmiękcza się i pod dotknięciem ręką rozpada się. Taką masę pozostawioną na powietrzu twardnieje prawidłowo i po 90 dniach wykazuje największą wytrzymałość; następnie jednak wytrzymałość masy znowu zmniejsza się. Według Petersen'a, wytrzymałość na rozciąganie ciałek próbnych (przy stosunku trójkamienia do piasku jak 1:3) wynosiła:

po 7 28 90 150 dniach twardnienia na powietrzu
5,4 7,7 8,7 6,9 *kg* na *cm*².

Wytrzymałość na rozciąganie masy z trójkamienia wynosi przeto tylko $\frac{1}{3}$ wy-

*) Skład chemiczny trójkamienia:

	według Treumann'a	według Petersen'a
Krzemionka (piasek)	1,16	1,10
Krzemionka rozpuszczalna.	—	1,35
Siarczan wapnia	74,98	74,90
Siarczan magnezu.	0,11	—
Węglan wapnia	6,44	4,61
Węglan magnezu.	1,84	4,15
Tlenek żelaza (łącznie z żelazem)	0,55	0,54
Glinka, sól, potas	ślady	ślady
Węgiel	11,60	11,44
Woda	3,00	2,86
	99,68	101,25

trzymałości na rozciąganie dobrego cementu portlandzkiego. — Prof. Bielelubsky, badając trójkamień z fabryki w Kielcach, otrzymał wyniki korzystniejsze, gdyż wytrzymałość ciałek próbných (przy 60% wody i przy stosunku trójkamienia do piasku jak 1:3), po 28 dniach twardnienia na powietrzu, wynosiła: na ściskanie 63,8 *kg* na *cm*², na rozciąganie zaś 13,6 *kg* na *cm*².

Z rozporządzenia ministerjum robót publicznych w Berlinie, trójkamień był sposobem próby zastosowany wielokrotnie do robót wodnych, oraz do budowli na lądzie; wyniki jednak tych prób okazały się niekorzystnymi. Odlewy z trójkamienia w ozdobach ścian zewnętrznych budynku już po roku były zniszczone przez wpływy czynników atmosferycznych; wewnątrz budynków odlewy z trójkamienia (posągi, popiersia, ozdoby architektoniczne i t. p.) zachowywały się dobrze, nie lepiej jednak aniżeli odlewy gipsowe.

Z podanych powyżej własności trójkamienia wynika, że trójkamień jako samodzielny materiał budowlany nie ma w ogóle żadnego znaczenia; że do zaprawy wodnej nie nadaje się wcale; że, z powodu małej odporności na wpływy czynników atmosferycznych, nie powinien być używany do wypraw ścian zewnętrznych, ani do ozdób w ścianach zewnętrznych budynku i że może być używany tylko wewnątrz budynku do wypraw i ozdób architektonicznych. Zaznaczyć nadto należy, że wszelkie odlewy z trójkamienia mają barwę nieprzyjemną, niebieskawo - szarą.

IV. Kamienie sztuczne o spoiwie ze szkła wodnego, smoly, żywicy, asfaltu i t. p.

1) *Kamienie o spoiwie ze szkła wodnego.* Wynalazca szkła wodnego Fuchs w Monachium (1818 r.) zauważył, że szkło wodne posiada własność spajania, wiązania, oraz przekształcania ciał porowatych na masę twardą, kamienistą. Dzięki tej własności, używane jest szkło wodne do wyrabiania kamieni sztucznych, z których najbardziej rozpowszechnionymi, zwłaszcza w Anglii, są kamienie Ransome'a. Gdy zauważono oznaki wietrzenia w piaskowcu zielonawo-szarym, z którego wzniesiony jest gmach parlamentu w Londynie, zalecił Ransome powierzchni kamieni, wystawione na wpływy czynników atmosferycznych, nasycić roztworem szkła wodnego sodowego i następnie powlec roztworem chlorku wapnia, a to w celu przekształcenia krzemianu sodu na rozpuszczalny krzemian wapnia, który wsiąkając w pory kamienia, zapełnia je i zabezpiecza tem samem kamień od wietrzenia. — Na tem spostrzeżeniu oparł następnie Ransome sposób swój wyrabiania kamieni sztucznych. W 1861 r. uzyskał Ransome przywilej na takie kamienie z kredy sproszkowanej, zmieszanej ze szkłem wodnem, przy czem do kredy dodawany jest niekiedy piasek i t. p. Mieszanina ta, po formowaniu w prasach i wysuszeniu, powlekaną jest roztworem soli wapiennej. Ten sposób pierwotny wyrabiania kamieni sztucznych był następnie stopniowo udoskonalany. Obecnie kamienie Ransome'a wyrabiane są w fabryce w East-Greenwich nad Tamizą w sposób następujący: Piasek możebnie czysty i ostry, po

przemyciu i przesianiu, zarabiany jest starannie z szkłem wodnym zgęszczonem, a otrzymane stąd ciasto ciągliwe (plastyczne), ugniata się, ubija, albo prasuje w formach gipsowych, drewnianych, albo żelaznych. Zamiast piasku, lub łącznie z nim, brane są niekiedy, zależnie od przeznaczenia kamienia, także inne ciała: pumeks, szkło i t. p. Po wyjęciu z form kamienie zanurzane są w kąpiel z chlorku wapnia, przyczem, dla możebnie dokładnego nasycenia, powietrze z kamieni jest wypompywane. Po tej kąpeli następuje jeszcze kąpiel z gorącego chlorku wapnia, poczem z kamieni wymywany jest chlorek sodu, utworzony przez działanie krzemianu sodu i chlorku wapnia. Ransome przygotowuje takie kamienie nie tylko w postaci kamieni do murów różnej wielkości, lecz także w postaci ozdób architektonicznych, części gzymsów i t. p. Ponieważ spoiwo jest białe, przeto przy zastosowaniu rozmaitych odmian piasku otrzymuje się kamienie o rozmaitych barwach; nadto wyrabiane są kamienie także z inkrustacyami barwnymi i t. p. Michaëlis twierdzi, że kamienie Ransome'a, obok znacznej wytrzymałości, odznaczają się wielką odpornością na wpływy czynników atmosferycznych i dobrze znoszą mróz. — Wymywanie chlorku sodu jest niezbędne, gdyż inaczej mogą na powierzchni kamienia tworzyć się wykwit. Ponieważ jednak wymywanie to jest uciążliwe i kosztowne, przeto Ransome wyrabia także kamienie, nie wymagające przemywania. W tym celu mieszaninę z piasku, cementu portlandzkiego, węglanu wapnia i nieco krzemionki, zarabia szkłem wodnym sodowym na ciasto, które przez czas dłuższy zachowuje ciągliwość (plastyczność). To ciasto, po uformowaniu pod ciśnieniem, daje kamienie, które po pewnym czasie wykazują znaczną wytrzymałość i twardość, znoszą dobrze gorąco i mróz, a przytem są nieprzemakalne. Krzemionka, wchodząca w skład mieszaniny, używanej do tych kamieni, musi jednak być rozpuszczalną w sodzie gryzącej przy zwykłej temperaturze; krzemionka taka występuje w niektórych okolicach Anglii, np. pod Farnham (Farnham stone). Przy zastosowaniu tego sposobu wyrabia Ransome kamienie mające wygląd marmuru, a przy dodaniu okruchów kwarcu i nieco tlenku żelaza — kamienie mające wygląd granitu. Te kamienie marmurowe i granitowe, po stężeniu masy, są tak twarde, że dają się polerować.

J. Ordway w Nowym-Yorku wyrabia kamienie sztuczne z mieszaniny 10 cz. piasku kwarcowego, 1 cz. tlenku ołowiu i 10 cz. szkła wodnego, z przymieszką barwników. Masa w ten sposób otrzymana, po formowaniu, wystawiana jest na działanie żaru czerwonego. — Z tych samych składników, lecz wziętych w innym stosunku ilościowym, wyrabia kamienie sztuczne J. Streuer w Blasewitz.

Ott w Nowym Yorku wyrabia kamienie sztuczne z mieszaniny cementu portlandzkiego, wapna i szkła wodnego, do której dodaje mieszaninę cementu z dolomitem, ogrzaną nie wyżej 400° C. Po zarobieniu tych mieszanin otrzymuje się ciasto gęste, sztywne, które formuje się i suszy w temperaturze zwykłej.

Schellinger w Nowym Yorku zarabia wodą wapienną mieszaninę z 4 cz. piasku gruboziarnistego lub żwiru i 1 cz. cementu, a po formowaniu pokrywa powierzchnie kamienia powłoką, 0,5 cm grubości, składającą się z mieszaniny z 2 cz. piasku miękiego, 1 cz. cementu i 1 cz. farby sproszkowanej. Kamienie, przed zupełnym wyschnięciem, zanurzane są w rozcieńczony roztwór szkła wodnego, do zupełnego stwardnienia.

O. J. E. Vogelbach i J. Ch. Wieland w Filadelfii oraz Ch. F. Riley w Nowym Yorku wyrabiają kamienie z mieszaniny zaprawy wodotrwałej, piasku, mułku błotnego i szkła wodnego.

H. Struck w Petersburgu wyrabia kamienie, sposobem wskazanym przez d-ra Emila Meyer'a, z okruchów kamieni rodzimych, przy zastosowaniu spoiwa, składającego się z krzemianu potasu

lub z krzemianu sodu, z przymieszką wapienia lub kredy, mielonego topnika (fluspatu) lub spatu polnego (feldspatu), fosforanu wapnia lub galmanu palonego. Stosunek ilościowy składników i spoiwa jest zależny od przeznaczenia kamienia. Marmur sztuczny zawiera na wagę: 280 cz. kamieni rodzimych tłuczonych, 140 cz. wapienia mielonego lub kredy mielonej, 5 cz. galmanu palonego i mielonego, 3 cz. spatu polnego palonego i mielonego, 2 cz. topnika mielonego, 2 cz. fosforanu wapnia i 40 cz. krzemianu potasu. Kamienie do murów, piaskowce sztuczne i t. p. zawierają na objętość: 4000 cz. kamieni rodzimych tłuczonych lub piasku, 528 cz. kredy lub wapienia, 60 cz. gliny palonej i 130—150 cz. krzemianu sodu. — Po dokładnym zmieszaniu składników na sucho, dodaje się szybko krzemian potasu lub krzemian sodu, a po zarobieniu, formuje się masę w prasach. Po wyjęciu z form, kamienie suszone są w powietrzu, którego temperatura powoli i stopniowo wzrasta do 50° C.

2) Kamienie o spoiwie ze smoły, żywicy, asfaltu i t. p. Kamienie o spoiwie organicznym (smoła, żywica i t. p.) wyrabiane są w bardzo licznych odmianach, zarówno w Europie jak i w Ameryce.

Lawa metalowa Ors'ego składa się z miłkich okruchów kamiennych, połączonych spoiwem żywicznym. Do mieszaniny dodawane są różne barwniki. *Lawa metalowa brunatna* składa się z 3 cz. piasku, 2 cz. wapienia, 1 cz. smoły, 0,1 cz. wosku i farby mineralnej. Z masy takiej wyrabiane są kamienie budowlane, oraz rury na szkielecie z drutu. — *Lawa metalowa do ozdób architektonicznych* wyrabiana jest w różnych barwach z 3 cz. marmuru, 2 cz. kwarcu, 1 cz. żywicy i 0,1 cz. wosku. Płyty z takiej masy dają się dobrze polerować w sposób taki sam jak płyty marmurowe. Zazwyczaj, dla zmniejszenia kosztu wyrobu, odlewane są z tej masy tylko płytki cienkie, które następnie wzmacniane są przez warstwę grubszą lawy metalowej brunatnej.

Hutchins w Ann-Arbor (Michigan) miesza 300 kg piasku lub żwiru, 75 kg żywicy, 20 l smoły drzewnej i mieszaninę tę, po dodaniu pewnej ilości gipsu, ogrzewa, a następnie formuje na kamienie do bruków.

John Jeyes w Plaistow miesza suchą żywicę i smołę, po sproszkowaniu, z piaskiem i dodaje lupek sproszkowany, nasycony naftą, olejem skalnym i t. p.

James Sykes Wethered w Nowym-Yorku wyrabia kamienie do murów i bruków, oraz większe bloki do robót w morzu, z mieszaniny wapienia palonego, żuźłów z pieców wielkich i asfaltu. Masa zawiera zazwyczaj 80% wapienia palonego lub żuźłów z pieców wielkich, albo też mieszaniny wapienia i żuźłów, oraz 20% asfaltu, zarobionego z 8—10% oleju mineralnego. Po dokładnym zmieszaniu składników, masa jest formowana.

O. Löw w Monachium stosuje jako spoiwo kalafonią, oraz jej związki z wapnem i magnezem. Piasek lub mieszanina z piasku i miłko sproszkowanej gliny, gipsu lub kredy, po wysuszeniu w powietrzu ogrzanem, mieszana jest z miłko sproszkowanym wapnem gryzącem i kalafonią, poczem mieszanina, w stanie jeszcze gorącym, włączaną jest w formy. Do wyrabiania kamieni większych budowlanych, oraz nagrobków, kolumn, filarów, kamieni burtowych i t. p., bierze się żwir gruby lub szaber; do kamieni brukowych, rur o większej średnicy i t. p. — piasek zwykły; a do wyrobów wykwintnych, ozdób architektonicznych i t. p. — piasek bardzo miłki, albo pył uliczny. Do masy dla kamieni brukowych dodaje się jeszcze nieco gliny. — Z masy, o której mowa, wyrabiane są imitacje rozmaitych kamieni rodzimych, przyczem do masy dodawane są różne barwniki. Tak np. imitacją piaskowca otrzymuje się z 80% piasku miłkiego, 17% kalafonii, 3% wapna palonego; imitacją marmuru, barwy czerwonej — z 28 cz. piasku białego, gruboziarnistego, 42 cz. kredy, 1 cz. błękitu ultramarynowego, 1 cz. cynobru, 24 cz. kalafonii i 4 cz. wapna palonego. — Sztuczne marmury i piaskowce, o których mowa, mają wytrzymałość i twardość nie mniejszą aniżeli rodzime, a są przytem nieprzemakalne; wystawione jednak na działanie temperatury wysokiej mięknią, co ogranicza oczywiście zakres ich zastosowań do murów budynków. Natomiast nadaje się masa Löw'a wybornie na bruki, zwłaszcza w pomieszczeniach wilgotnych, oraz do wyrabiania rur wodociągowych. — Wpływ doniosły na własności tej masy ma przymieszka wapna. Kalafonia albowiem, stanowiąca masę żywiczną, składającą się z kwasu pinowego i sylwinowego, mięknie już przy 70° C., a na mrozie staje się kruchą, gdy tymczasem związki kalafonii z wapnem gryzącem topią się dopie-

ro przy temperaturze wyższej nad 200° C., a w wodzie nie rozpuszczają się. Zamiast wapna mogą być brane: magnez, baryt, stront, a w niektórych wypadkach także tlenek cynku.

A. Simon i V. Petit w Paryżu wyrabiają płyty do posadzek, kamienie młyńskie, kamienie szlifierskie i t. p. z mieszaniny asfaltu, siarki, gumilaki. Do składników tych, zmieszanych w stanie stopionym, dodawane są odpowiednie kamienie rodzime sproszkowane, poczem mieszanina formowaną jest w prasach.

A. Berkel w Ehrenfeld pod Kolonią wyrabia cegły, płyty, dachówki, rury i t. p., gasząc wapno palone na proszek, który po dodaniu piasku zarabiany jest z wodą na masę. Po formowaniu kamienie są suszone najprzód na powietrzu, następnie w kotle ogrzanym do 120° C. Do kotła tego, po wypompowaniu powietrza, wpuszcza się ogrzaną do 150° C. smołę, asfalt, i t. p. Ciała te, pod ciśnieniem 0,5 atmosfery, wsiąkają w pory kamienia. W podobny sposób wyrabiane są kamienie z wapna palonego i gliny.

F. A. Richter w Rudolstadt wyrabia kamienie z mieszaniny piasku i kredy, wziętych w częściach równych, z dodaniem farby i pokostu. Mieszanina ta, mająca wygląd proszku jednostajnego, po formowaniu w prasach, suszy się przez dni 8 w temp. 100 — 150° C. Wyrabiane są z niej tylko przedmioty drobne.

V. Kamienie żuźlowe, okrzemkówkowe i kamienie z odpadków fabrycznych.

1) *Kamienie żuźlowe.* Główną pobudką do wyrabiania kamieni sztucznych z żużli pieców wielkich było to, że te najważniejsze odpadki hutnicze, zalegające w wielkich odwałach (hałdach) grunty fabryczne, przedstawiają materiał prawie bezwartościowy, a zabierający dużo miejsca (p. str. 441).—Odlewy z żużli płynnych, wykazują wytrzymałość bardzo znaczną, lecz mają wygląd niepiękny, a przytem są tak gęste, że nie przepuszczają powietrza, wskutek czego kamienie z żużli lanych, zwane w handlu „Ironbrick“, nie nadają się do murów domów mieszkalnych; używane są jednak w Anglii i Niemczech na mury oporowe i fundamenty, oraz na bruki. Kamienie te mają zazwyczaj barwę brudną do czarnej, rzadziej — żółtą.

W Anglii temu lat 20 wyrabiał kamienie takie Woodward w Cleveland przez żarzenie żużli lanych w formach żelaznych. Obecnie w ten sam sposób wyrabiane są w zakładach Tees Scoriae Brick Co. w Cleveland kamienie dla bruków, w ilości do 100000 sztuk tygodniowo, mające kształt zwykły cegły, a ważące po 6 kg. Kamienie te, pomimo ceny dość wygórowanej (około 36 rub. za tysiąc sztuk loco fabryka), znajdują odbyt w różnych miejscowościach okręgu Cleveland, do których mogą być drogą wodną dowożone; wysyłane są nadto drogą wodną do miejscowości odległych, nawet do Kanady.

Kamienie wyrabiane z żużli mielonych i wapna gaszonego są wprawdzie dostatecznie porowate, lecz przytem, z powodu potrzeby mielenia żużli, zbyt kosztowne. Tem się tłumaczy, że przed wprowadzeniem w użycie t. zw. *siarnowania* czyli *drobienia (granulowania)* żużli (p. str. 443), fabrykacja kamieni żuźlowych była bardzo ograniczoną.

Obecnie kamienie żuźlowe wyrabiane są niemal wyłącznie z żużli ziarnowanych i wapna gaszonego. Takie kamienie wyrabiane są w wielkiej ilości w Anglii i Francji, w hutach pod Charleroi w Belgii, w fabryce firmy Lürmann, Meyer i Witting, istniejącej przy hucie Georg-Marienhütte pod Osnabrück, w fabryce Lück'a w Rolandshütte pod Haardt, a od lat kilku także w niektórych miejscowościach

ściach Królestwa Polskiego, w okręgach przemysłowych, gdzie jednak, jak dotychczas przynajmniej, fabrykacja kamieni prowadzona jest w zakresie ograniczonym, głównie na potrzeby miejscowe.

Również w zakresie ograniczonym i głównie na potrzeby miejscowe wyrabiany jest cement żuźłowy w fabryce Nietuliska, położonej w pobliżu Ostrowca i Kunowa.

W Osnabrück żuźle ziarnowane wydobywane są z koryta wodnego za pomocą oddzielnych czerpaczek, poczem żuźle ziarnowane, zawierające jeszcze do 40% wody, mieszane są w mieszarce z wapnem gaszonym na sucho. Mieszanka ta formowana jest w prasach. Dawniej posilkowano się w tym celu prasami ręcznymi, które jednak okazały się nieodpowiednimi, gdyż cegły w takich prasach formowane mają wytrzymałość niedostateczną. Obecnie używane są prasy parowe, wyrabiane przez firmę Brück, Kretschel i S-ka w Osnabrück, według pierwotnego pomysłu Fr. Durand'a w Paryżu. Prasa taka, przy sile pięciu koni parowych, dostarcza 7000 sztuk kamieni dziennie.

Twardnienie kamieni żuźłowych jest następstwem tworzenia się krzemianu wapnia obok węgla wapnia. Przebieg twardnienia kamieni żuźłowych świeżych, wystawionych na działanie powietrza, jest zrazu bardzo prędko, wskutek czego kamienie żuźłowe w krótkim czasie po wyjęciu z form mogą być brane do robót; następnie zaś kamienie żuźłowe twardnieją jeszcze przez czas bardzo długi, nawet po założeniu w mur. A że zaprawa do kamieni żuźłowych zarabiana jest żywirem również żuźłowym, przeto wiąże się ona z kamieniem tak ściśle, że mur po latach kilku ma wygląd masy jednostajnej, monolitowej.

Kamienie żuźłowe mają porowatość większą aniżeli cegła palona; nadają się przeto wybornie do murów domów mieszkalnych, zabudowań gospodarczych i t. p. Domy wznoszone z cegły żuźłowej są suche, ciepłe i czynią w ogóle zadość warunkom zdrowotnym; mają przytem barwę przyjemną, jasno-szarą; a mogą być zamieszkałe natychmiast po ukończeniu robót, gdyż mury wysychają prędko.

Cegły żuźłowe mają najczęściej wymiary takie same jak cegła zwyczajna: 250 . 120 . 65 mm. Tysiąc sztuk waży około 3000 kg (=183 pudy). W Osnabrück cena tysiąca sztuk wynosi na miejscu 27—33 marek.

Wytrzymałość na ściskanie cegły żuźłowej z Osnabrück, wyrobionej w prasie parowej, wynosi około 110 kg na cm^2 . — W fabryce Lück'a żuźle ziarnowane mieszane są z wapnem wodotrwałem, zarobionem na mleko wapienne, przy czem do tysiąca sztuk cegły zużywa się 2650 kg żuźli mielonych i 350 kg mleka wapiennego.

W Osnabrück wzniesiono w ostatnich latach kilkunastu z cegły żuźłowej znaczną ilość domów mieszkalnych dla robotników i urzędników, różne zabudowania gospodarcze, nadto szpital dla 32 chorych, dom dla zebrań towarzyskich i t. p., a obecnie wznoszony jest tamże z cegły żuźłowej kościół ewangelicki. Nadto używana jest cegła żuźłowa do zbiorników wodnych, kanałów miejskich i t. p.

W różnych okolicach, zależnie od własności żuźli i zakresu fabrykacji, wyrabiane są rozmaite odmiany kamieni żuźłowych:

Pauli poddaje żuźle płynne działaniu silnego prądu powietrza, następnie masę żuźłową miele i zarabia wapnem. Po formowaniu, kamienie suszą się na powietrzu.

H. D. Elbers poddaje żuźle mialkie działaniu silnego prądu powietrza przy rozżarzeniu do czerwoności, następnie zarabia je cementem lub wapnem. Z masy przygotowanej w ten sposób wyrabiane są głównie ozdoby architektoniczne, części gzymsów i t. p.

Westermeyer w Chicago miesza 2 cz. cementu portlandzkiego, 1 cz. piasku i 1 cz. żużli i mieszaninę, po zwilżeniu roztworem siarczanu żelaza, formuje i suszy.

Th. Hall w Portsmouth wyrabia również kamienie z cementu, piasku i żużli, oraz z cementu i żelaza (lub tleniku żelaza), które po formowaniu i wysuszeniu na powietrzu, zanurzone są w kwas siarczany.

2) Kamienie okrzemkówkowe. Kamienie te, pomysłu inż. J. F. Heilemann'a w Berlinie, wyrabiane są z masy okrzemkówkowej na szkielecie z drutu. Zalecane są do posadzek, ścian przedziałowych i t. p., pod nazwą „Isothermal-Constructionen“, jako konstrukcyjne ogniotrwałe. Przy próbach nie okazały się jednak dostatecznie ogniotrwałymi.

3) Cement azbestowy. *Cement azbestowy*, pomysłu inż. Kühlwein'a w Berlinie, jest mieszaniną materiałów surowych zawierających krzemionkę i kwas węglany, z dodaniem grafitu, azbestu i spoiwa. Cement azbestowy używany jest w postaci zaprawy ogniotrwałej, oraz w postaci płyt, prasowanych na szkielecie z drutu. Płyty te służą już to do ścian przedziałowych i t. p., już to do zabezpieczenia od przystępu ognia konstrukcyj żelaznych i drewnianych. Przy próbach cement azbestowy okazał się ogniotrwałym.

4) Kamienie Terp'a. Olaf Terp w Hannoverze wyrabia kamienie sztuczne w sposób następujący: Magnezyt palony, czysty lub z przymieszką mąki marmurowej, piasku, farb ziemnych, oraz spoiwa, zarabia się ciecżą przygotowaną z 64 cz. nasyconego chlorku magnezu, 33 cz. nasyconego roztworu chlorku wapnia, 1 cz. wody chlorowej i 2 cz. kwasu solnego. Masa w ten sposób przygotowana formowana jest w prasach, a po stwardnieniu kamienie zanurzane są w kąpiel z części równych roztworów nasyconych chlorku magnezu i chlorku wapnia. Wreszcie kamienie są suszone, a po wyschnięciu nasycane są olejem parafinowym i dobrze przecierane.

5) Ksyloolit („drzewo kamienne“). *Ksyloolit* (n. Xylolith, Steinholz), wyrabiany w Niemczech przez fabrykę w Potschappel pod Dreznem, a od 1891 r. także w Rosyi przez fabrykę towarzystwa „Ksyloolit“ w Petersburgu, składa się z trocin, przeważnie sosnowych i jodłowych, nasyconych roztworem chemicznym, oraz z rozmaitych minerałów sproszkowanych, przyczem jako spoiwo służy wodan tlenochlorku magnezu (hydrat d'Oxycolor). Z mieszaniny tej, pod bardzo znacznym ciśnieniem w prasach wodnych, wyrabiane są płyty, mające zazwyczaj 1 m² powierzchni, przy grubości od 5 do 80 mm. Po wyjęciu z prasy, płyty twardnieją na powietrzu w czasie 24 godzin, następnie zaś są moczone i suszone przez trzy miesiące w pomieszczeniu przewietrzanem. Zazwyczaj mają barwę drzewną, przy domieszce jednak pewnych barwników mogą mieć barwę i wygląd kamieni rodzimych, granitu, porfiru i t. p. W dotknięciu są zimne jak kamień; łączą zaś w sobie sprężystość drzewa, z wytrzymałością i gęstością kamienia. Przyjmują politurę; zazwyczaj jednak bywają malowane farbami olejnymi, które dobrze się na płytach tych trzymają. Dają się łatwo obrabiać, piłować, toczyć, wiercić, zwykłymi narzędziami. Wystawione na działanie silnego ognia nie zapalają się i nie pękają; ogniotrwałymi jednakże, w ścisłym tego słowa znaczeniu, nie są, gdyż pod wpływem ognia powoli zwęglają się, przyczem oczywiście spójność części składowych słabnie. Zanurzone w wodę pochłaniają ją w czasie trzech dni w ilości nie większej nad 6%, przyczem nie pęcznieją; są przeto gęste, mało porowate, prawie nieprzemakalne, a wskutek gęstości są nieprzystępne dla grzyba drzewnego. — Ksyloolit do robót wodnych nie nadaje się, w robotach nadwodnych zaś ujawnia znaczną odporność na wpływy czynników atmosferycznych i znaczną wytrzymałość.

Ksyloolit wyrabiany w Niemczech był badany w pracowni państwowej

w Berlinie i w pracowni czasopisma „Thonindustrie Zeitung“; ksyololit zaś petersburgski był badany w pracowni mechanicznej Instytutu inżynierów komunikacji w Petersburgu. Wyniki tych doświadczeń wypadły bardzo korzystnie. Wyrób niemiecki ujął wytrzymałość na ściskanie $854 \text{ kg na } \text{cm}^2$, na złamanie $439 \text{ kg na } \text{cm}^2$, na rozciąganie $251 \text{ kg na } \text{cm}^2$; wyrób petersburgski zaś na ściskanie $470 \text{ kg na } \text{cm}^2$ (= 185 pudów na cal kwadr.), na rozciąganie $104 \text{ kg na } \text{cm}^2$ (= 41 pud. na cal kwadr.). — Ciężar właściwy = 1,553 dla wyrobu niemieckiego, zaś 1,527 dla wyrobu petersburgskiego.

Cena płyt z ksyolitu jest dotychczas stosunkowo wysoką i z tego powodu zastosowania tego materiału budowlanego są dotychczas ograniczone. Płyty z ksyolitu nadają się do układania posadzek ogniotrwałych, licowania od wewnątrz murów, wykładania sufitów, zabezpieczania kolumn żelaznych, szalowania ścian drewnianych, wykładania stopni schodów, szalowania dachów i t. p., zwłaszcza zaś są odpowiedniami do zabezpieczania murów od wilgoci i od działania pary wodnej (w pralniach, kąpielach i t. p.), oraz do konstrukcji ogniotrwałych (podłogi, stropy, schody, dachy i t. p.). Ponieważ płyty te dają się zmywać nie tylko wodą, lecz także roztworami przeciwgnilnymi (np. roztworami kwasu karbolowego, sublimatu i t. p.), przeto znalazły zastosowanie do układania posadzek, oraz do wykładania ścian, w pomieszczeniach przeznaczonych dla chorych (w szpitalach i t. p.). — Z powodu niedostatecznie pięknego wyglądu, płyty z ksyolitu nie są stosowane w pomieszczeniach wykwintniejszych, lecz mogą być korzystnie użyte w sieniach, korytarzach, kuchniach, pralniach, kąpielach i t. p., oraz w fabrykach, budynkach dla maszyn, szpitalach i t. p.

Ksyololit wiąże się źle z zaprawą cementową, lepiej z asfaltem.

Do układania posadzek zwykłych służą płyty mające 10—15 *mm* grubości. Płyty te należy układać na podłodze z desek nieheblowanych, $1\frac{1}{2}$ -calowych, przytwierdzając płyty do desek śrubami albo też gwoździami cynkowanymi. Można też układać posadzkę na podmurowaniu, pokrytem cienką warstwą asfaltu. Płyty do posadzek mają 1 m^2 powierzchni, odpowiedniejszymi są jednak płyty mniejsze, o powierzchni $\frac{1}{4}$ albo $\frac{1}{9} \text{ m}^2$. — Do licowania ścian brane są płyty 7 *mm* grubości, które przytwierdzone są do łat drewnianych śrubami.

W rządowym zakładzie kąpielowym w Elster płyty z ksyolitu, użyte w 1884 r. do licowania ścian i do posadzek, zachowują się dotychczas dobrze; również dobrze zachowują się posadzki z płyt takich w sali koncertowej w Hamburgu, oraz w szpitalu i w sali anatomicznej w Heidelbergu. W Rosyji płyty z ksyolitu znalazły już liczne zastosowania w fabrykach, warsztatach, dworcach kolejowych, remizach dla parowozów i wagonów, oraz w wielu budynkach mieszkalnych.

6) Magnezyt. *Magnezyt* (n. Magnesit) składa się również przeważnie z trocin, prawdopodobnie z domieszką różnych ciał, przyczem spoiwo zawiera węglan magnezu (magnezyt). Magnezyt stosowany jest głównie w postaci płyt; wyrabiane są jednak z magnezytu także dachówki. Wewnątrz każdej sztuki znajduje się płótno żaglowe. Płyty o 1,0—1,5 *m* długości, 1,0 *m* szerokości i 10—30 *mm* grubości używane są do tych samych celów jak płyty z ksyolitu i mogą być w taki sam sposób przytwierdzone do drzewa i żelaza. Zalecane są jako mate-

ryał niezapalny i wodotrwały; przy próbach jednakże okazały się ogniotrwałymi tylko płyty, których grubość była większą aniżeli 20 *mm*.

Wyroby z magnezytu dostarczane są przez fabrykę towarzystwa asfaltowego (Actien-Gesellschaft für Asphaltirung und Dachdeckung, vormals Johannes Jeserich) w Charlottenburgu, oraz przez firmę J. Foerster i S-ka w Baumgarten pod Frankenstein na Szląsku.

Magnezyt znalazł w Niemczech liczne zastosowania w domach mieszkalnych dla robotników, barakach, lazaretach, budynkach dla kotłów i maszyn, domkach dla dróżników kolejowych i t. p. Własności tego materiału nie są jednak dotychczas dostatecznie wyjaśnione.

7) Kamienie z różnych odpadków fabrycznych. Kamienie wyrabiane z różnych odpadków fabrycznych mają oczywiście zastosowanie bardzo ograniczone; zbywane są najczęściej w najbliższej okolicy na potrzeby miejscowe; niekiedy jednak wyrabiane są w ilościach znacznie większych i stanowią przedmiot zbytu na rynkach handlowych. Kamienie takie rzadko czynią zadość wymaganiom dobrego materiału budowlanego.

Należą tu między innymi kamienie wyrabiane z wapna gazowego, stanowiącego w wielu fabrykach gazu materiał całkiem bezużyteczny. Takie wapno gazowe, bez żadnej domieszki, daje cegły, które po wysuszeniu na powietrzu mają odznaczać się jakoby dostateczną wytrzymałością i trwałością.

Także z odpadków otrzymywanych przy fabrykacji sody wyrabiane są cegły, sposobem wskazanym przez Thomas'a (*cegły Thomas'a*). W tym celu odpadki, o których mowa, mieszane są z piritami rozżarzonemi, poczem mieszanina zarabiana jest ze szkłem wodnym na ciasto. Cegły, po wyjęciu z form i wysuszeniu, są podobno bardzo twarde i wodotrwałe.

Wartość techniczna wszelkich tego rodzaju wyrobów jest jednak bardzo wątpliwą; w najlepszym razie można by kamienie te zaliczyć do materiałów budowlanych poślednich, często jednak są to wyroby szalbierskie, obliczone na łatwowierność nabywców.

ROZDZIAŁ V.

Materyały pomocnicze.

I. Asfalt.

Asfalt (z greckiego *asphaltos*) znany był już w odległej starożytności na Wschodzie. W Babilonii, Assyrii, Persyi, a głównie w Egipcie, używany był do balzamowania ciał, a także na zaprawę do murów, przyczem zaprawa asfaltowa uważana była za wodotrwałą i najmocniejszą z zapraw wówczas znanych. Następnie asfalt wyszedł niemal całkiem z użycia i dopiero dzięki badaniom lekarza greckiego Eirinis'a, który w 1712 r. uzyskał od króla pruskiego koncesyą na wyzyskiwanie pokładów asfaltowych w księstwie Neuchâtel, a w 1735 r. odkrył pokłady asfaltowe w Alzacyi, zaczęto ponownie stosować asfalt w Szwajcaryi i we Włoszech. Początkowo jednak zastosowania asfaltu były ograniczone i dopiero po odkryciu pokładów pod Seyssel (1802 r.) przemysł asfaltowy, dzięki pracom hr. Sassenay, na nowo zakwitł. Pierwsze chodniki asfaltowe w Paryżu ułożone zostały w 1838 r. i od tej chwili przemysł asfaltowy, szybko się rozwijając, doszedł do wysokiego stopnia doskonałości we wszystkich niemal krajach Europy. — Do takiego rozpowszechnienia się robót asfaltowych przyczyniły się znamienicie prace naukowe inżyniera francuskiego Leona Malo, który też słusznie uchodzi za ojca nowoczesnego przemysłu asfaltowego.

1) *Smoła ziemna (kopalna)*. Nazwą asfaltu oznaczano różnemi czasy rozmaite ciała. To, co starożytni nazywali i co dziś jeszcze mineralogowie i chemicy nazywają asfaltem, jest *smołą ziemną (kopalną)* (fr. bitume; n. Erdpech), która w stanie rodzimym występuje w wielu miejscowościach, najczęściej w postaci ciała stałego, antracytowego, krucho i nieprzezroczystego, barwy ciemno-brunatnoczarnawej, o polysku tłustawym, z odłamek muszlowym. Smoła ta powstała najprawdopodobniej przez utlenianie się nafty (oleju skalnego); składa się zaś głównie z węgla, wodoru i tlenu; a jej ciężar właściwy wynosi 1,0—1,2. W starożytności smolę ziemną wydobywano głównie z morza Martwego, położonego w ówczesnym państwie Judei i z tego powodu morze to nazywano *morzem asfaltowem*

(Asphaltites), wydobywaną zaś z niego smołę nazywano *smołą judejską* albo *żydowską*. Smoła ziemna z morza Martwego, oraz takież smoła z Kachitambo w Peru (znana w handlu pod nazwą *asfaltu peruwiańskiego*), odznaczają się wysokim stopniem czystości i są używane do wyrabiania czarnych pokostów i laków; znacznie mniej czystą jest smoła ziemna z wyspy Kuby (znana w handlu pod nazwą *asfaltu meksykańskiego*, *Chapopote*), zawierająca 27—35% gliny i innych ciał ziemistych, oraz smoła ziemna z jeziora błotnego na wyspie Ś-tej Trójcy (Trinidad) w Antyllach, zawierająca 48% gliny i ciał ziemistych.

Smoła ziemna rodzima, w stanie czystym, składa się z petroleny, malty i asfaltenu, które są związkami wodoru z węglem, przyczem asfaltenu stanowi części stałe, malta zaś i petrolena—części lotne (oleje). Ilości stosunkowe tych składników są różne w rozmaitych smołach ziemnych.—Przy temperaturze niskiej, do 20° C., smoła ziemna bywa pozornie mocną i twardą, przy temperaturze od 20° do 40° C. staje się giętka i ciągliwa, a przy temperaturze wyższej nad 40° C. przechodzi stopniowo w stan ciekły.

Smoła ziemna występuje już to samodzielnie, już to w postaci ciała nasycającego niektóre skały, zwłaszcza łupki, piaskowce i wapienie. Takie skały stanowią materiały do wyrabiania asfaltu; że jednak łupki i piaskowce bitumiczne, przydatne do tego celu, są już wyczerpane, przeto obecnie głównym materiałem dla fabrykacji asfaltu jest wapień bitumiczny (smolny), który też z tego powodu, zgodnie z nomenklaturą wprowadzoną przez Leona Malo, nosi w technice nazwę *asfaltu*.

2) Asfalt. *Asfalt* (fr. asphalte; n. Asphalt), w znaczeniu technicznym tej nazwy, jest więc czystym wapieniem, nasyconym dokładnie w przyrodzie bitumami, a mianowicie smołą ziemną i żywicą skalną (fr. goudron minérale; n. Bergtheer), która jest roztworem smoły ziemnej w nafcie (oleju skalnym). Taki wapień bitumiczny, najczęściej miękki i porowaty, o barwie ciemno-czekoladowej lub brunatno-czarnawej, o ciężarze właściwym 2,1—2,235, zwany w przemyśle *skalą asfaltową* albo *rudą asfaltową* (fr. roche asphaltique; n. Asphaltstein), występuje zazwyczaj pomiędzy warstwami wapienia białego, twardego, nienasyconego bitumem, rzadziej pomiędzy warstwami gliny (jak w Limmer), lub na łupkach szarych (jak w Galicyi).

Najcenniejsze pod względem technicznym odmiany skały asfaltowej występują pod Val de Travers w Szwajcaryi, pod Pyrimont-Seysssel nad Rodanem (w departamencie l'Ain we Francyi), pod Ragusą w Sycylii, pod Limmer i Velber w pobliżu Hannoveru, w Hils pod Holzen (w pobliżu stacji kolejowej Vorwohle w Hannoveraskim), pod Lobsann w Alzacyi, pod Lettomanoppello w Abruzzach we Włoszech (w prowincyi Chieti niedaleko Peskari). Mniej ważne pokłady, mało lub wcale niewyzyskiwane, znajdują się w Forens i Musięge we Francyi, w Majella (w prowincyi Chieti we Włoszech), w Rocca-Secca (w prowincyi Caserta we Włoszech), na wyspie Brazza w Dalmacyi, oraz w niektórych miejscowościach Tyrolu.—W Galicyi występują wapienie asfaltowe na łupkach szarych; wybierane są jednak tylko na odkrywkę.—W Rosyi bardzo cenne pod względem technicznym wapienie asfaltowe występują we wsi Kostyczy, położonej nad rzeczką Krymzą, w odległości 18 wiorst od m. Syzrania w gub. symbirskiej; nadto znajdują się wapienie asfaltowe w Tetuszy nad Wołgą w gub. kazańskiej, oraz na Kaukazie.

Skład chemiczny niektórych odmian wapienia asfaltowego podany jest w następującej tabelicy:

	Val de Travers	Pyrimont-Seysssel	Lobsann	Ragusa	Limmer	Vorwohle
Bitumy	10,15	8,15	12,32	8,92	14,30	8,50
Węglan wapnia	88,40	91,30	71,43	88,71	67,00	80,04
Glina i tlenek żelaza	0,25	0,15	5,91	0,91	17,52	4,03
Siarka	—	—	5,18	—		
Węglan magnezu	0,30	0,10	0,31	0,96	17,52	0,55
Piasek	—	—	3,15	0,60		
Inne ciała nierozpuszczalne w kwasach	0,45	0,10	—	—	1,18	4,77
Strata	0,45	0,20	1,70	0,40		

Ilość bitumu w skałach asfaltowych, wyzyskiwanych dla celów technicznych, wynosi zazwyczaj 7—12%, bywa jednak bardzo zmienną nie tylko w rozmaitych kopalniach, lecz także w różnych pokładach jednej kopalni. Wapień zawierający zbyt mało bitumu musi być przed użyciem zmieszany z bitumem pochodzącym z innej kopalni, co z powodu trudności dobrania odpowiedniego bitumu, pociąga za sobą zawsze pewne wady wyrobu; wapień zbyt bogaty w bitum musi być przed użyciem pozbawiony nadmiaru bitumu.

Wydobywanie skały asfaltowej odbywa się najczęściej przy pomocy prochu, sposobami stosowanymi przy wydobywaniu innych skał i rud.

Po wydobyciu, skała asfaltowa jest rozdrabniana mechanicznie na ziarna, o grubości około 3 mm i przetapiana przy temperaturze 175—230° C. Przetapiać można jednak skałę asfaltową tylko po dodaniu pewnej ilości bitumu (smoły ziemnej, albo żywicy skalnej, lub też ich mieszaniny), gdyż bez domieszki bitumu, skała asfaltowa przy podniesionej temperaturze nie topi się, lecz rozpada się na proszek.

3) Ciasto asfaltowe. Skała asfaltowa stopiona nazywa się *ciastem asfaltowym* (fr. *mastic d'asphalte*; n. *Asphalt-Mastix*).

Ażeby skałę asfaltową stopić, wrzuca się najprzód do kotła pewną ilość bitumu, a następnie dosypuje się co kwadrans pewną ilość proszku asfaltowego w ten sposób, ażeby w czasie 5 godzin była wrzuconą całą ilość, mająca się przetopić. Ilość bitumu, potrzebnego dla przetopienia danej ilości asfaltu, jest różnaitą dla różnych odmian skały asfaltowej i zależną od bogaetwa skały, t. j. od ilości stosunkowej bitumu, zawartego w danej skałe.

4) Asfalt lany i ściskany (prasowany, walcowany). Z asfaltu przetopionego odlewane są w formach żelaznych bochenki asfaltowe, których kształt jest w każdej fabryce innym. Te bochenki, zwane *asfaltem lanym* (fr. *asphalte coule*; n. *Guss-Asphalt*), zmieszane ponownie z pewną ilością bitumu, mogą być powtórnie przetopione, a czynność tę można powtarzać dowolną liczbę razy, przyczem dodawany za każdym razem bitum służy nie tylko do rozpuszczania asfaltu, lecz także do zastąpienia w asfalcie tych części, które przy każdym mocniejszym ogrzaniu musiały się ulotnić.

Skała asfaltowa na mrozie jest twardą i kruchą, wystawiona zaś na działanie ciepła, bez dodania bitumu, nie topi się, lecz mięknie i rozpada się na proszek, gdyż pod wpływem ciepła, bitum, stanowiący spoiwo, przechodzi w stan galare-

towały lub ciekły, wskutek czego spójność cząstek skały słabnie. Skoro skała, sproszkowana w ten sposób, zostanie oziębiona, lub poddana ciśnieniu, to przekształci się ponownie na skałę podobną do pierwotnej. Ta własność kruszenia się pod wpływem ciepła i zlepiania się pod wpływem ciśnienia i chłodu, dała początek robotom z *asfaltu ściiskanego (prasowanego, walcowanego)* (fr. *asphalte comprimé*; n. *Stampf-Asphalt*), t. j. z wapienia asfaltowego surowego, nieprzetopionego, lecz tylko sproszkowanego. Do robót z asfaltu ściiskanego nadają się jedynie najlepsze odmiany skały asfaltowej, głównie zaś asfalt z Val de Travers.

5) Bitumy i gudrony. Wspomnieliśmy już powyżej (p. str. 509), że asfalt można stopić tylko po dodaniu bitumu. Do tego celu nadaje się jednak tylko bitum rodzimy, wolny od wszelkich obcych przymieszek i albo pochodzący z tej samej kopalni co dany asfalt, albo też posiadający taki sam skład i własności jak bitum, którym przesiąkniętą jest dana skała asfaltowa. Jest to jeden z niezbędnych warunków trwałości robót asfaltowych. Wielką trwałość dawnych robót asfaltowych, zwłaszcza we Francji, przypisać należy głównie tej okoliczności, że używano wyłącznie materiałów rodzimych. Masa asfaltowa, zastosowana do pierwszych chodników w Paryżu, które przetrwały lat 30, składała się z rodzimej skały asfaltowej, pochodzącej z kopalni Seyssel, rozpuszczonej w bitumie rodzimym, pochodzącym z piasków w Bastennes, tuż obok kopalni położonych, a mającym też same własności co i bitum skały asfaltowej w Seyssel. Inne bitumy rodzime, używane przez różne kopalnie, występują w piaskach pod Landes, Pyrimont-Seysse, Chamalière i Lussat (Auvergne), w niektórych warstwach skał w prowincji Chieti we Włoszech (zwłaszcza w kopalni Lettomanoppello), oraz w zagłębiach nad Wołgą. Ponieważ jednak bitumy te są już po części wyczerpane, po części zaś zaniechane, wskutek trudności napotykanych przy ich wydobywaniu i oczyszczaniu, przeto od lat kilkunastu daje się uczuwać brak dobrych bitumów. Z tego powodu obecnie wszystkie niemal kopalnie przetapiają asfalt na bitumach przygotowywanych z oczyszczonej smoły ziemnej, zmieszanej z olejami ciężkimi. Takie bitumy, zwane w przemyśle *gudronami* (fr. i n. *Goudron*) pod względem składu i własności różnią się najczęściej od bitumu, nasycającego daną skałę asfaltową, co jest jednym z powodów mniejszej trwałości robót asfaltowych wykonywanych obecnie, w porównaniu z robotami dawniejszemi.

Z pomiędzy takich bitumów, najbardziej rozpowszechnionym jest bitum przygotowywany ze smoły ziemnej, pochodzącej z jeziora błotnego na wyspie Ś-tej Trójcy (Trinidad) w Antyllach. Smoła ta, przywożona w bryłach do Europy, przed użyciem musi być oczyszczoną z gliny, poczem mieszaną jest z olejami ciężkimi, pochodzącymi z łupków bitumicznych, albo też otrzymanymi przy powtórnej destylacji oleju skalnego. Oczyszczanie z gliny jest niezbędnem, gdyż smoła ziemna, o której mowa, w stanie suchym, t. j. po wyparowaniu wody, której zawiera zwykle około 30%, składa się z 52% bitumu i 48% gliny bardzo mialkiej.

Otrzymywany w ten sposób bitum, zastępujący obecnie po większej części bitumy rodzime, znany jest w handlu pod nazwą *gudronu z Trynidadu* (fr. *bitume de Trinidad épuré*; *Trinidad asphalte épuré*). Jakkolwiek gudron z Trynidadu jest obecnie bardzo rozpowszechniony w przemyśle asfaltowym,

to jednak nie spełnia on w zupełności warunków dobrego przyrządzania asfaltu, a mianowicie warunku głównego, aby nie wprowadzać do ciasta asfaltowego bitumu, różniącego się pod względem składu i własności od bitumu nasycającego daną skałę asfaltową. Przytem gudron z Trynidadu, pomimo oczyszczenia, zawiera zawsze jeszcze pewną ilość gliny, gdy tymczasem dobry bitum winien być całkiem wolnym od obcych przymieszek.

6) Asfalt sztuczny i bitumy sztuczne. W handlu znajdują się surogaty skały asfaltowej, zwane *asfaltami sztucznymi*, oraz surogaty bitumów, potrzebnych do przetapiania asfaltu, zwane *bitumami sztucznymi*.

Asfalty sztuczne otrzymywane są już to przez nasycanie wapienia smołą ziemną rodzimą, już to przez mieszanie rozmaitych ciał bezwartościowych (popiołu, mączki ceglanej, pyłu z dróg szosowych, resztek kopalnianych wapna i t. p.) z bitumami różnego pochodzenia. Tak np. można otrzymać asfalt sztuczny, mieszając 12 kg kalafonii, albo dobrej angielskiej smoły z węgla kamiennego, $\frac{1}{12} m^3$ pyłu wapiennego, lub, co lepiej, kredy pławionej (szlamowanej) i do $\frac{1}{10} m^3$ piasku suchego i ostrego i gotując mieszaninę tę w kotle ze smołą z węgla kamiennego, przy ciągłym przerabianiu. — W Hannoverze był stosowany do robót asfalt sztuczny, zawierający na wagę 16 cz. smoły z węgla kamiennego, 32 cz. sproszkowanego węglanu wapnia, 60 cz. piasku kwarcowego i $2\frac{1}{2}$ cz. asfaltu naturalnego.

A. M. Gobin w Lyonie uzyskał przywilej na wyrabianie asfaltu sztucznego z 15 cz. bitumów miękkich z łupków, 35 cz. smoły żywicznej, 130 cz. wapienia mielonego i 160 cz. piasku miążkiego.

V. L. Daguzan w Paryżu wyrabia asfalt ze smoły z węgla kamiennego, albo ze smoły drzewnej, którą po ogrzaniu w kotle do zupełnego ulotnienia się wody, miesza z wapieniem rozżarzonym i mielonym, tlenkiem żelaza, krzemianem potasu i siarczanem wapnia.

G. P. V. Nielsen wyrabia asfalt z żywicy sosnowej, smoły, kredy i żwiru. Asfalt ten ma odznaczać się niepospolitą odpornością na wpływy zmian temperatury. Do pokładów ulicznych zalecaną jest mieszanina: 13 cz. żywicy sosnowej lub kalafonii, 26 cz. kredy, 53 cz. żwiru, 8 cz. smoły. Składniki te, po ogrzaniu w kotle, należy starannie zmieszać, poczem masę należy użyć do roboty natychmiast.

Wszystkie znane dotychczas asfalty sztuczne przedstawiają wartość znacznie mniejszą aniżeli asfalty naturalne; przedewszystkiem zaś nie posiadają spójności i sprężystości asfaltu naturalnego, a przytem są znacznie mniej odpornymi na wpływy zmian temperatury; na mrozie najczęściej kruszą się i rozpadają. Pomimo tych wad, asfalty sztuczne, z powodu niskiej ich ceny, są przez wielu poszukiwane. — Odróżnienie asfaltu sztucznego od naturalnego bywa w wielu razach trudnem, nawet przy pomocy rozbiorów chemicznych. Częstość jednak można poznać asfalt sztuczny po pewnych cechach zewnętrznych, gdyż asfalty sztuczne mają w ogóle barwę ciemniejszą, są kruchości, trudniej topliwe i wydzielają zapach smolny, mniej aromatyczny, aniżeli asfalty naturalne.

Bitumy sztuczne wyrabiane są z odpadków nafty, ze smoły z węgla kamiennego, ze smoły gazowej, z łupków i piaskowców bitumicznych i t. p. i przedstawiają w ogóle wartość małą.

Wyrabianie asfaltu sztucznego i bitumu sztucznego nie stanowi oczywiście nadużycia, jeżeli materyały te są sprzedawane pod właściwymi nazwami, tak, ażeby kupujący wiedział, że

nabywa wyrób sztuczny; częstokroć jednak asfalty i bitumy sztuczne sprzedawane są jako naturalne, co jest już prostym fałszerstwem.

7) Ciężar i wytrzymałość asfaltu. Ciężar właściwy asfaltu jest zmienny, zależnie od ilości części lotnych, a w asfaltach już użytych do roboty także od ilości dodanego żwiru lub piasku. Hauenschild oznaczył ciężar właściwy surowej skały asfaltowej z Val de Travers na 2,15; ciasta asfaltowego z Limmer 2,28; węgierskiego Goudron asphalte coulé 1,966; gudronu The Neuchâtel Asphalt Company 1,31; bitumu Trinidad-asphalte epuré 1,38; smoly z węgla kamiennego 1,20; asfaltu prasowanego z ulic Berlinia 2,23; dawniejszego asfaltu lanego z ulic Berlina 2,02.

Wytrzymałość na rozciąganie asfaltów badał Hauenschild, na przyrządzie Michaëlis'a, przy 8° C. i przy szybko wzrastającym obciążeniu. Przy badaniu wytrzymałości asfaltu na ściskanie zauważył Hauenschild, że asfalty sztuczne, wyrabiane ze smoły z węgla kamiennego lub węgla brunatnego i pyłu mineralnego, przy temperaturze 8° C. i przy dość szybkim zwiększaniu obciążenia, rozpadają się z trzaskiem na kawały, o ścianach równoległych, tak samo jak niektóre kamienie naturalne, gdy tymczasem asfalty naturalne, zarówno prasowane, jako też lane, przy takiej samej temperaturze i w tych samych warunkach, pęcznieją, pękają i rozplywają się. — W Anglii stosowaną bywa próba wytrzymałości asfaltu, zalecona przez Rankine'a, a polegająca na zagłębieniu w asfalt pręta żelaznego, zakończonego tępym ostrosłupem czworobocznym. Rankine twierdzi, że przy obciążeniu 30 kg i przy temperaturze 27° C. zagłębienie się rzeczonoego pręta winno wynosić: w dobrym asfalcie ściskanym (prasowanym) 8 mm, w dobrym asfalcie lanym 5 mm, a w asfaltach sztucznych znacznie mniej. Hauenschild wykonał próbę Rankine'a na wielu odmianach asfaltu, oznaczając jednocześnie ich wytrzymałość na ściskanie i rozciąganie, przy wskazanych powyżej, zaleconych przez niego, warunkach wykonywania doświadczeń. Niektóre wyniki tych doświadczeń Hauenschild'a podane są w tablicy na str. 513.

8) Zastosowania asfaltu. a) *Zastosowania asfaltu ściskanego (prasowanego) i kostek asfaltowych.* Asfalt ścispany (prasowany) używany jest głównie na pokłady uliczne. W 1849 r. Merian w Bazylei wskazał pierwszy sposoby umiejętnego wykonywania takich pokładów ulicznych. Najgłówniejszy warunek wytrzymałości i trwałości pokładu z asfaltu ściskanego polega na tem, ażeby pokład spoczywał na fundamencie nieprzamakalnym, mocnym i starannie wygładzonym. Najlepszym jest fundament z warstwy betonu, 10—15 cm grubej. Do betonu tego bierze się 1 cz. cementu portlandzkiego, 5 cz. piasku rzeczonoego czystego i 3 cz. żwiru oczyszczonego, a po zmieszaniu składników tych na sucho dodaje się tyle wody, ile jest niezbędnem dla otrzymania masy nieciekłej, lecz tylko wilgotnej, mającej taką samą gęstość jak ziemia rodzajna świeżo ukopana. — Sam pokład składa się z proszku asfaltowego, t. j. ze skały asfaltowej surowej, nieprzetopionej, którą rozdrabnia się najchęćiej na zimno (na młynku Carr'a). Ten proszek asfaltowy, po ogrzaniu w przyrządach obrotowych do 120° C., układany jest na fundamencie bez żadnych przymieszek, w warstwie 7—8 cm grubej, przyczem baczyć należy, ażeby miejsca pokrywane proszkiem były całkiem suche i ażeby fundament nie

A s f a l t	Zagłębienie pręta żelaznego przy próbie Rankine'a, pod ciśnieniem 30 kg, przy temperaturze 27° C.	Wytrzymałość na rozciąganie <i>mm</i> kg na <i>cm</i> ²	Wytrzymałość na ściskanie przy temp. 8° C.
Asfalt normalny ulic Berlina, dostarczony przez Inspekcją budowlaną miejską, stary	7—8	30,5	przy 93 kg na <i>cm</i> ² pęka i rozplywa się.
Asfalt chodników Berlina, z Limmer	5—6	24,38	przy 65 kg na <i>cm</i> ² kruszy się i rozplywa.
Asfalt ściskany (prasowany) z Val de Travers	6—7	26,5	przy 52 kg na <i>cm</i> ² pęcznieje i rozplywa się.
I węgierski asfalt naturalny lany, normalny	4—5	25,2	przy 108 kg na <i>cm</i> ² kruszy się i rozplywa.
II węgierski asfalt naturalny lany, mocno przegrzany	2—3	—	przy 109 kg na <i>cm</i> ² prędko pęcznieje.
III węgierski asfalt naturalny lany, mocno przegrzany	4—4,5	36,75	przy 112 kg na <i>cm</i> ² prędko pęcznieje.
Asfalt sztuczny ze smoly z węgla kamiennego, pochodzący z bardzo starej posadzki w stajni. .	1—2	29,0	przy 148 kg na <i>cm</i> ² z trzaskiem rozpada się.

był zbyt chłodny. Warstwa proszku, po wyrównaniu, jest uszczelniana (prasowana), a to przez ubijanie początkowo lekko, następnie coraz mocniej, ubijkami żelaznymi dostatecznie wygrzanymi i przez wygładzanie miejsc ubitych żelazami, ogrzanymi prawie do czerwoności. Po wygładzeniu żelazami cały pokład posypuje się piaskiem miłym i wyrównywa walcami, o ciężarze 200—1500 kg. Wskutek ubijania i walcowania grubość pokładu zmniejsza się w przybliżeniu o 2 *cm*, tak, iż ostateczna grubość pokładu wynosi 5—6 *cm*.

Takie pokłady uliczne są wprawdzie bardzo drogie, lecz zarazem bardzo trwałe, zużywają się powoli, a jako nieprzemakalne, dają się łatwo utrzymywać w czystości przez splukiwanie wodą. Pochylenia poprzeczne pokładu winny być nieznaczne (około $\frac{1}{70}$). Jazda po pokładzie jest spokojna, nie wywołuje turkotu; konie jednak padają na pokładach asfaltowych częściej, aniżeli na bruku z kostek granitowych lub drewnianych. Na ulicach stromych (o pochyleniach większych aniżeli $\frac{1}{60}$) pokłady asfaltowe trzymają się źle i rychło ulegają zniszczeniu.

Układanie pokładów z asfaltu ściskanego winno być poruczane jedynie robotnikom wprawnym. Do pokładów brać należy tylko asfalt wyborowy, wypróbowany w tego rodzaju robotach. Fundament winien być mocny, nieprzemakalny, starannie wygładzony, a przytem bezwarunkowo suchy i niezbyt chłodny. Zachowanie tego ostatniego warunku przedstawia niemałe trudności, gdyż każdy nagły deszcz, zalewając fundament, zmusza do wstrzymania robót. Ażeby tej niedogodności zapobiedz, starano się wykonywać pokłady uliczne z *kostek asfaltowych*. Kostki takie, o wymiarach 100 *mm* długości i szerokości, przy 40—60 *mm* wy-

sokości, wyrabiane są w fabryce, z proszku asfaltowego, pod ciśnieniem 200 kg na cm^2 ; nadają się jednak tylko do ulic o ruchu mało ożywionym, a wyrabiane być mogą tylko z niektórych skał asfaltowych. Wymiary podstawy górnej tych kostek są nieco mniejsze od wymiarów podstawy dolnej, wskutek czego pomiędzy kostkami, po ich ułożeniu, znajdują się miejsca wolne (spoiny), które zapelniane bywają proszkiem asfaltowym ogrzonym.

Pokłady uliczne z asfaltu prasowanego i z kostek asfaltowych były w ostatnich latach kilkudziesięciu układane we wszystkich niemal większych miastach Europy, a między innymi i w Warszawie.

b) *Zastosowania asfaltu lanego i płyt asfaltowych.* *Asfalt lany* używany jest głównie na pokłady chodników i dziedzińców, na posadzki w bramach, sieniach, korytarzach, wychodkach, pralniach, kuchniach, śpiżniach i t. p., na warstwy odosobniające (izolacyjne), służące do zabezpieczania murów od wilgoci gruntowej, na powłoki wewnętrzne i zewnętrzne murów, nadto do pokrywania sklepień, na których ma być ułożona warstwa ziemi, na wyprawę zbiorników dla wody, na zaprawę do robót w wodzie morskiej i t. p., wreszcie do zabezpieczania drzewa od gnicia i ognia.—Roboty z asfaltu lanego są wogóle znacznie tańsze, niżeli z asfaltu ściskanego (prasowanego).

Bochenki asfaltu lanego, znajdujące się w handlu, przetapia się w kotle, z bitumem lub gudronem, w ilości 5—6%, przy temperaturze 150—170° C. i miesza z 60% na wagę żwiru lub piasku grubego, suchego i całkiem czystego. Do gotowania używane jest drzewo, gdyż węgiel kamienny, a bardziej jeszcze koks, do celu tego nie są odpowiednie. Przez cały czas gotowania należy masę w kotle starannie przerabiać graczami. Asfalt jest gotowy, gdy z kotła wydobywają się dymy i gdy masa łatwo z gracy spada. Masę gotową z kotła donosi się w czerpaczach lub kubkach do miejsca robót i wylewa na powierzchnię, która ma być pokryta, a to w pasach, mających po 0,9—1,0 m szerokości, przyczem spojenia należy utrzymywać czysto i przed dodaniem nowego asfaltu ogrzewać. Natychmiast po wylaniu masa wyrównywa się tarką (paca), zasypuje piaskiem miałkim i zaciera. — Niekiedy asfalt układa się w dwóch warstwach, przyczem do dolnej bierze się na wagę 8% bitumu lub gudronu i 57% żwiru lub piasku; do górnej zaś nieco mniej bitumu i więcej piasku. Warstwę wierzchnią należy układać dopiero po zupełnem ostygnięciu warstwy dolnej.

Grubość pokładów z asfaltu lanego wynosi zazwyczaj 15—25 m; pokłady wystawione na bardzo znaczne obciążenia, jak np. posadzki w śpiżniach, składach towarów i t. p., winny mieć 30—35 mm grubości; większe grubości warstwy asfaltowej są bezużyteczne.

Przy pokrywaniu asfaltem powierzchni pionowych należy brać nieco więcej bitumu lub gudronu; w ogóle jednak asfalt źle się trzyma na powierzchniach pionowych lub stromych. Wyjątek pod tym względem stanowią niektóre asfalty bardzo prędko tężące, do których należy np. asfalt z wyspy Brazza w Dalmacyi.

Pod pokłady chodników, dziedzińców, oraz pod posadzki i t. p. należy dawać fundament mocny i możebnie gładki. Zazwyczaj fundament taki składa się z jednej warstwy cegły na rąb, albo z dwóch warstw cegły na płask, na podsypce z piasku, przyczem cegły układane są na spoiny puste. Znacznie lepszym jest jednak fun-

dament z warstwy betonu, 10—15 *cm* grubości. Skład tego betonu winien być taki sam jak w fundamentach pod asfalt ściskany (p. str. 512). — Wylewać asfalt należy dopiero po dostatecznym stwardnieniu i wyschnięciu fundamentu. Miejsca przypadkowo zawilgocone można osuszać przez przecieranie popiołem miałkim i suchym.

Sklepienia, które mają być pokrywane asfaltem, należy koniecznie odachować.

Przy urządzaniu powłoki asfaltowej na powierzchni wewnętrznej muru domu mieszkalnego (dla powstrzymania wilgoci znajdującej się w murze), należy asfalt przed ostygnięciem posypać piaskiem, w celu utworzenia powierzchni chropowatej, następnie zaś dać na powłoce asfaltowej wyprawę cementową, gdyż przy wyprawie wapiennej, zapach asfaltu przedostaje się do mieszkania.

Powierzchnie pokrywane asfaltem winny być bezwarunkowo suche i nie zbyt chłodne. Ponieważ zachowanie tego warunku, przy robotach wykonywanych na powietrzu odkrytem, jest trudnem, przeto starano się wprowadzić w użycie *plyty asfaltowe*, przygotowywane w fabryce z asfaltu lanego. Takie płyty, mające zazwyczaj 400—600 *mm* długości i szerokości, przy 18—30 *mm* grubości, układane są na fundamencie betonowym, pokrytym warstwą piasku, przyczem spoiny pomiędzy płytami zapełniane są proszkiem asfaltowym ogrzanym. Można także płyty takie spajać bezpośrednio z sobą, rozgrzewając ich krawędzie boczne.

Roboty z asfaltu lanego wymagają wielkiej wprawy i staranności, zwłaszcza ze względu na wykonanie dobrych spójń.

c) *Naprawy. Naprawy* pokładów z asfaltu ściskanego i lanego, o ile nie są połączone ze zmianą części fundamentu, nie przedstawiają trudności. Wokół uszkodzenia wycina się część pokładu aż do fundamentu, poczem postępuje się jak przy robocie nowej. Część wycięta winna przedstawiać figurę, ograniczoną liniami prostemi; spojenia zaś winny być utrzymywane czysto i rozgrzewane przed dodaniem nowego asfaltu.

d) *Beton asfaltowy. Beton asfaltowy* jest mieszaniną ciasta asfaltowego z szabrem i żwirem. Z betonu asfaltowego wykonywane są fundamenty pod maszyny, oraz pod młoty parowe. W tym celu do dołu fundamentowego, po ustawieniu śrub żelaznych i t. p., wlewa się beton asfaltowy, który wskutek znacznej objętości cięższe stosunkowo powoli; zazwyczaj jednak po 14-tu dniach jest już twardym. — Fundamenty takie, dzięki sprężystości masy asfaltowej, nie podlegają odkształceniom pod wpływem uderzeń i wstrząśnień. — Że jednak asfalt źle znosi działanie ciężkich olejów, przeto miejsca, na które stale spadają krople oleju (np. z maźnic i t. p.), należy zabezpieczyć, najlepiej przez pokrycie blachą cynkową.

e) *Piłśń asfaltowa. Piłśń asfaltowa* (n. Asphaltpilz) jest to piłśń gęsta, nasycona asfaltem i posypana piaskiem ostrym; znajduje się w handlu w rolach rozmaitych wymiarów długości i szerokości, przy grubości 5 *mm*, a służy do układania warstw odosobniających, do pokrywania sklepień, krycia dachów, układania powierzchni wewnętrznej zbiorników wody i t. p. — Do tych samych celów służą *plyty z piłśni asfaltowej* (n. Asphaltplatten), wyrabiane przez fabrykę Büsscher et Hoffmann w Eberswalde. Płyty te mają 81 *cm* długości, szerokość zaś dowolną, zależnie od zapotrzebowania. Układane są z zakładką 5 *cm*. Są

nieprzemakalne i nieprzepuszczalne dla powietrza, a przytem bardzo mocne i dogodne w użyciu; to też znalazły rozległe zastosowanie przy budowlach w Niemczech. Takież płyty z pilśni asfaltowej wyrabia fabryka Hoppe et Roehming w Halle n. S.

Pilśni asfaltową ze szkieletem z siatki drucianej wyrabia A. Siebel w Düsseldorfie; już to w arkuszach wymiarów dowolnych dla warstw odosobniających (izolacyjnych), już to w rolach o 1 m szerokości i 15 m długości, do krycia dachów.

f) *Rury asfaltowe*. Z pilśni asfaltowej wyrabiane są także *rury asfaltowe*, używane dla odprowadzania cieczy gryzących, oraz dla podziemnych przewodników elektrycznych.

II. K i t y.

Kit (fr. lut, mastic, badigeon; n. Kitt) jest to masa ciastowata, miękka, ciągliwa (plastyczna), służąca do spajania z sobą ciał stałych. Ażeby to spojenie było dostatecznie mocnem, kit musi oczywiście dobrze wiązać się z powierzchniami ciał, do których przylega, oraz przekształcać się po pewnym czasie na ciało twarde i wytrzymałe. Zależnie od przeznaczenia kitu, mogą być wymagane jeszcze inne własności, jako to: pewne oznaczone zabarwienie, zdolność trwałego przyjmowania farb, odporność na wpływy czynników atmosferycznych, zdolność zachowywania jednostajnej objętości, zdolność tężenia nie tylko w powietrzu lecz i w wodzie, ogniotrwałość, nieprzemakalność, nieprzepuszczalność dla pary wodnej i gazów i t. p. Stąd pochodzi, że kity, których jest bardzo wiele, muszą składać się z ciał rozmaitych, zależnie od własności wymaganych i że nie może być *kitu ogólnego (uniwersalnego)*, jakkolwiek kity takie w handlu często są reklamowane.

Wiązanie się kitu z powierzchniami ciał spajanych jest następstwem już to przylegania mechanicznego, już to działań chemicznych. Wszystkie niemal kity posiadają tę własność, że wykazują dostateczną wytrzymałość po stwardnieniu tylko w tym wypadku, gdy są zastosowane w warstwie cienkiej i możebnie jednostajnej i gdy powierzchnie spajane są oczyszczone z brudu, kurzu i t. p., a zwłaszcza z tłuszczu. Z tego powodu starać się należy ażeby spoiny kitowe były możebnie cienkie, tak, ażeby kit był użyty w ilości możebnie małej. Niezbędnem jest świeże kitowanie zabezpieczyć od wstrząśnień, a korzystnem jest często świeże kitowanie poddawać ciśnieniu do czasu zupełnego stwardnienia kitu.

Zależnie od rodzaju zasadniczych części składowych rozróżniane są: kity mineralne, roślinne i zwierzęce; zależnie zaś od przeznaczenia kitu rozróżniane są: kity dla kamieni, drzewa, metalów i t. p.

Ilości stosunkowe części składowych kitów podane są poniżej na wagę, a nie na objętość.

1) *Kity mineralne*. Tu należą przedewszystkiem zaprawy, które jednak z powodu ich doniosłego znaczenia w budownictwie były oddzielnie opisane. Do właściwych kitów mineralnych zaliczane są kity ze szkła wodnego, siarka, ołów, kity z opilek żelaznych i kity asfaltowe.

a) *Szkło wodne*. Szkło wodne zgęszczone służy jako klej płynny do drzewa; zmieszane zaś z wapnem daje kity dla kamienia.—Taki kit, bardzo mocny,

można otrzymać z 20 cz. sproszkowanego węgla wapnia, 20 cz. wapna gaszonego i 1 cz. szkła wodnego, o ciężarze właściwym 1,25, zarabiając te składniki na ciasto.—Mieszanina 75 cz. popiołu mialkiego z węgla kamiennego, 25 cz. wapna gaszonego i 1 cz. szkła wodnego, tworzy kit, który po 6 dniach tężenia jest tak twardym, iż daje się szlifować i polerować.

b) *Siarka*. Siarka stopiona używaną jest do umocowywania części żelaznych (śrub, sworzeni, ankrów i t. p.) w kamieniu granitowym lub piaskowcu.—Siarka stopiona, z domieszką proszku kamiennego, używaną jest przez kamieniarzy do spajania piaskowca z wapniem.—Siarka stopiona, z domieszką mączki ceglanej, służy do kitowania terrakoty.

c) *Olów*. Ołów stopiony używany jest do umocowywania części żelaznych w kamieniu; połączenie takie jest bardzo trwałe.

d) *Opilki żelazne*. Opilki żelazne są składnikiem bardzo wielu kitów, które zazwyczaj z powodu rdzewienia cząstek żelaznych, zwiększają swą objętość w czasie tężenia, wskutek czego szczelnie zapełniają wszystkie, nieznaczone nawet, zagłębienia w powierzchniach ciał spajanych. Takie kity służą do spajania części żelaznych, do uszczelniania spoin w zbiornikach wody, zbudowanych z kamienia lub z płyt żelaznych, do umocowywania części żelaznych w kamieniu, oraz do uszczelniania rur wodociągowych, parowych i gazowych, przyczem jednak kit podczas tężenia winien być ubijany lub poddawany ciśnieniu.

Podajemy skład kilku takich kitów:

Kit do spajania części żelaznych: 20—40 cz. przesianych, mialkich opitek żelaznych, 1 cz. siarki, 2 cz. salmiaku.

Kity do osadzania części żelaznych w kamieniu: 4 cz. sproszkowanego wapna wodotrwałego, 4 cz. mączki ceglanej, 1 cz. opitek żelaznych, zarobione z wodą na ciasto rzadkie; albo: 1 cz. wapna wodotrwałego, 2 cz. mączki ceglanej, $\frac{1}{2}$ cz. opitek żelaznych; albo zaprawa gipsowa z domieszką opitek żelaznych; albo 1 cz. mialkiego piasku żwirowego, lub kwarcu sproszkowanego, 1 cz. pyłu z wapna palonego, zarobione z wodą na ciasto sztywne.

Kit ogniotrwały: 5 cz. opitek żelaznych, 1 cz. gliny ogniotrwałej, zarobione octem; przed użyciem tego kitu, należy powierzchnie spajanych części żelaznych oczyścić i zmoczyć octem.

e) *Kit asfaltowy*. Kit asfaltowy składa się zazwyczaj z czystego ciasta asfaltowego lub ze smoly ziemnej, albo też z czystego asfaltu z przymieszką kredy. Kit asfaltowy nadaje się do spajania części żelaznych z kamieniem.

Z innych kitów mineralnych wymieniamy jeszcze:

f) *Kit dla piaskowca*: 4 cz. sproszkowanego wapna palonego, świeżego, 1 cz. krzemienia sproszkowanego lub mialkiego piasku kwarcowego i 6—8 cz. świeżo wyciśniętego mleka ściętego, zarabia się na ciasto gęste; przed użyciem tego kitu, powierzchnie, do których kit ma przylegać, należy zwilżyć wodą.

g) *Kit do uszczelniania spojoi w piecach żelaznych* otrzymuje się mieszając w częściach równych mialki popiół drzewny przesiany i glinę tłuczoną przesianą, poczem mieszaninę tę, po dodaniu nieco soli, zarabia się z wodą na ciasto rzadkie.

h) *Lavaoid*, wyrabiany przez firmę Hirschel i S-ka w Wiedniu, składa się z siarki, żelaza i krzemionki, z przymieszką glinki; służy w stanie stopionym do spajania kamienia z kamieniem, albo kamienia z żelazem. Używany jest do podlewania płyt fundamentowych, osadzania części żelaznych w kamieniu, spajania ciosów pękniętych, rynien kamiennych, rur, stopni schodów, oraz do licowania ścian. Zalecany jest także zamiast asfaltu do nasycania cegiel do robót wodnych, oraz na masę odosobniającą przy przewodnikach elektrycznych i t. p. Topi się przy temperaturze 125° C. Ciała spojone można łatwo rozdzielić przez ogrzanie.

2) Kity roślinne. Tu należą kity olejne, żywiczne i gumowe.

a) *Kity olejne.* Kity olejne przygotowywane są według rozmaitych przepisów. Istotną ich częścią składową jest zawsze olej lniany, albo też pokost z oleju lnianego; w skład masy zaś wchodzi: kreda pławiona (szlamowana), wapno palone, tlenek ołowiu (glejta) i t. p., a także mąka żytnia, mączka ceglana i t. p.

Do kitów olejnych należą:

Cement olejny Kreye'go, który otrzymuje się mieszając 100 cz. mączki szmatowej przesianej z 9 cz. glejty ołowianej mialkiej i zarabiając 10 cz. tej mieszaniny z 2 cz. oleju lnianego, uprzednio zagotowanego. Olej lniany dodawać należy stopniowo, przy ciągłym ugniataniu masy. Ciasto w ten sposób otrzymane winno być użyte natychmiast, gdyż prędko twardnieje. Po stężeniu masa jest bardzo twardą. Ten kit służy nie tylko do spajania kamieni i t. p., lecz także do wykonywania posadzek mozaikowych, gdyż przez domieszkę odpowiednich farb, można masę rozmaicie zabarwiać. Doskonałym jest kit ten dla naprawy zużytych stopni schodów kamiennych.

Cement ciastowy (n. Mastixcement) otrzymuje się mieszając starannie 30—40 cz. piasku mialkiego, przemytego, 60—70 cz. wapienia sproszkowanego i 3 cz. glejty ołowianej i zarabiając 100 cz. tej mieszaniny z 8 cz. oleju lnianego gotowanego, w sposób taki sam jak przy cemencie Kreye'go. Kit ten tęższe powoli, w czasie 8—14 dni, jest wodotrwałym i służy głównie do spajania kamieni.

Kit szklarski czyli *okienny* (fr. *mastic à vitres*, *lut de vitrier*; n. *Glaserkitt*, *Fensterkitt*) składa się z pokostu z oleju lnianego i kredy pławionej (szlamowanej), możebnie dobrze przerobionych. — Dobry kit szklarski można otrzymać zarabiając na ciasto 3 cz. kredy i 3 cz. bieli ołowianej z 5 cz. pokostu z oleju lnianego i dodając $\frac{1}{15}$ cz. masykotu (glejty srebrnej czyli żółtej).

Kity dla drzewa: Ciasto z 3 cz. świeżego wodoru wapnia, 2 cz. mąki żytniej, 2 cz. pokostu z oleju lnianego; albo ciasto z części równych suchej mączki ceglanej, glejty ołowianej mielonej i oleju lnianego. Przed użyciem tych kitów powierzchnie drzewa w spojeniach należy zmoczyć olejem lnianym.

Kit wodotrwały: 21 cz. wodoru wapnia, 9 cz. mączki ceglanej przesianej, 5 cz. proszku szklanego, 6 cz. oleju lnianego, zarobić na ciasto rzadkie z 2 cz. oleju lnianego i rozcierać przez dzień. Kit ten twardnieje w czasie 2—3 dni.

Kity do zapewniania spoin kamieni ciastowych: 22 cz. wapna gaszonego na sucho, 10 cz. mialkiej mączki ceglanej, 1 cz. proszku szklanego, 8 cz. oleju lnianego; albo: 20 cz. wapna gaszonego na sucho, 10 cz. mączki ceglanej, 1 cz. proszku szklanego, 8 cz. oleju lnianego i 2 cz. zendry. — Spoiny powlec należy olejem; kit włączać należy dobrze łopatką.

Kit do spoin kamieni ciastowych podwodnych: 3 cz. gliny mialkiej, 2 cz. popiołu przesianego, 1 cz. piasku mialkiego, 1 cz. mazi (żywicy) lub oleju lnianego, zarobić na ciasto z wodą.

Kit do spajania miedzi z piaskowcem: 7 cz. bieli ołowianej, 6 cz. masykotu (glejty żółtej), 6 cz. bolusu (glinki armeńskiej), 4 cz. szkła tłuczonego, 4 cz. pokostu z oleju lnianego.

Kit do spoin piaskowca: 8 cz. masykotu (glejty żółtej), 3 cz. mączki ceglanej, 1 cz. proszku kwarcowego lub szklanego, zarobić z olejem lnianym na ciasto sztywne. Spoiny należy nasycić gorącym olejem lnianym.

Kit do spoin zewnętrznych kamienia: 1 cz. suchej mączki ceglanej, 1 cz. mielonej glejty, zarobić z olejem lnianym na ciasto sztywne. Spoiny należy powlec olejem. — Inny kit do tegoż celu można otrzymać zarabiając na ciasto sztywne glicerynę z glejtą ołowianą.

Kit do murów podwodnych: 2 cz. wapna świeżo palonego, sproszkowanego, 1 cz. mączki ceglanej, $\frac{1}{5}$ cz. zendry sproszkowanej, $\frac{1}{16}$ cz. tlenku manganu, zarobić z olejem lnianym na ciasto sztywne. Spoiny należy starannie osuszyć i powlec olejem.

Kit wodotrwały dla rur z żelaza łanego i t. p.: Części równe miarko sproszkowanego wapna palonego, cementu rzymskiego, mialkiej glinki garncarskiej i gliny, po zmieszaniu na sucho, zarabia się na ciasto z olejem lnianym, wziętym w ilości około $\frac{1}{6}$ ciężaru ogólnego mieszaniny. Przez zwiększenie ilości cementu kit zyskuje na dobroci.

Kity z bieli ołowianej i minii składają się najczęściej tylko z bieli ołowianej, minii i pokostu z oleju lnianego a służą do uszczelniania rur parowych i gazowych. Niekiedy, dla obniżenia ceny wyrobu, dodaje się nieco suchej i miałko sproszkowanej gliny lub kredy. — Dobry kit dla rur parowych, gazowych i t. p. otrzymuje się rozcierając starannie i mieszając 2 cz. minii, 5 cz. bieli ołowianej, 4 cz. gliny fajkowej, poczem mieszaninę tę zarabia się z olejem lnianym na ciasto sztywne. Kit ten znosi dobrze działanie wilgoci i ciepła, lecz nie znosi bezpośredniego działania ognia.

b) *Kity żywiczne*. Kity żywiczne znoszą wprawdzie działanie wilgoci, topią się jednak w temperaturze wysokiej. Składnikiem głównym tych kitów bywa najczęściej kalafonia, w skład masy zaś wchodzi: piasek, kreda, wapień sproszkowany, gips, mączka ceglana, siarka. Dla nadania masie większej ciągliwości (plastyczności), dodawane są: wosk, olej terpentynowy, smoła z węgla kamiennego (gazowa). — Kity żywiczne używane są przeważnie do kitowania i łączenia kamieni, oraz do spojeń wodotrwałych.

Kit do spoin piaskowca: 1 cz. smoly, $\frac{1}{2}$ cz. kalafonii, $\frac{1}{4}$ cz. masykotu (glejty żółtej) sproszkowanego, $\frac{1}{5}$ cz. mączki ceglanej, zarobić przy łagodnym ogniu.

Kit dla kamieni: 8 cz. smoly lub kalafonii, 1 cz. wosku i nieco gipsu. Kit ten należy zakładać w stanie ogrzanym na ogrzane powierzchnie kamienia. — Inny kit dla kamieni: 1 cz. kalafonii, $\frac{1}{4}$ cz. siarki, $\frac{7}{10}$ cz. terpentyny stopić razem i zmieszać z 1 cz. wapienia sproszkowanego. Kit ten używany być winien w stanie ogrzanym.

Kit do murów podwodnych: 49 cz. kalafonii, 6 cz. wosku, 2 cz. szelaku, 2 cz. mastyksu, stopione razem w łagodnym ogniu i zarobione na ciasto rzadkie z 6 cz. terpentyny, 3 cz. siarki i 16 cz. mączki ceglanej, które dodawać należy kolejno. Kit ten w postaci cieczy wlewa się w spoiny uprzednio ogrzane. Twardnieje natychmiast; może być przechowywany w stanie zimnym. — Inny kit do murów podwodnych otrzymuje się gotując powoli 4 cz. mazi i dodając stopniowo 9 cz. mączki ceglanej do zupełnego nasycenia mazi.

Kit do drzewa w wodzie (kit morski): 1 cz. kauczuku rozpuszcza się w 35 cz. oleju skalnego; masa ta po 10—12 dniach przekształca się na ciasto rzadkie, które po podzieleniu na części zmieszać należy dobrze w naczyniu żelaznym z podwójną na wagę ilością laku gumowego lub szelaku. Przed użyciem należy masę tę ostrożnie ogrzać w kąpeli wodnej, wystrzegając się przegrzania, a następnie natychmiast użyć. Kit ten jest wodotrwałym i sprężystym. Także jako powłoka na metalach i kamieniach zachowuje się dobrze.

c) *Kity gumowe*. Kity gumowe składają się głównie z gumy arabskiej. Czysty roztwór wodny gumy arabskiej używany jest zazwyczaj tylko do sklejanego papieru, tektury i t. p. Mieszanina roztworu gumy arabskiej, terpentyny i gipsu, wziętych w częściach równych, daje kit wytrzymały na wilgoć i używany do robót tapicerskich.

Kit dla odlewów gipsowych, kamieni, szkła, porcelany i t. p. składa się z 4 cz. gipsu alabastrowego i 1 cz. miałko sproszkowanej gumy arabskiej, którą to mieszaninę zarabia się z roztworem zimnym boraksu na ciasto gęste. — Do tychże celów służy także gips zarobiony tylko roztworem gumy arabskiej.

3) *Kity zwierzęce*. a) *Klej*. Najważniejszym z kitów zwierzęcych jest *klej* (fr. colle; n. Leim), który jednak nie znosi wilgoci i może być stosowany tylko w miejscach suchych. Zagotowany z wodą nadaje się wybornie do spajania części drzewa; winien jednak być nakładany w warstwie bardzo cienkiej. Spajane części drzewa do czasu zupełnego stwardnienia winny być mocno ściśnięte, najlepiej pod prasą. Wyborowym klejem jest *karuk* (fr. colle de poisson, ichtyo-colle; n. Hausenblasenleim, Fischleim). Odporność kleju na działanie wilgoci można zwiększyć przez dodanie $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$ na objętość pokostu z oleju lnianego; ta-

kiego kleju można używać do naczyń drewnianych dla wody. Przez dodanie do kleju terpentyny można otrzymać kit odpowiedni dla spajania metalu ze szkłem lub drzewem. Klej z domieszką kredy, trocin i t. p. używany jest do zapelniania szczelin i szpar w drzewie.

b) *Kit kazeinowy*. Kit kazeinowy wyrabiany jest z sera świeżego lub rozmiękczonego, pozbawionego masła i serwatki. Do sera takiego, starannie rozciieranego, dodaje się około $\frac{1}{4}$ wapna gryzącego, sproszkowanego. Otrzymana stąd masa musi być natychmiast użytą, gdyż prędko twardnieje. Kit ten, o ile przygotowany jest umiejętnie, bywa po stężeniu bardzo twardy, odznacza się odpornością na wpływy czynników atmosferycznych, a używany jest do spojeń w kamieniu i drzewie.

c) *Kit krwisty*. Kit krwisty otrzymuje się przez gaszenie wapna palonego w krwi bydłczej (posoce) i dodanie mączki ceglanej. Masę należy rozcierać aż dostatecznie zgęstnieje. Kit ten twardnieje prędko, a używany jest do spojeń w kamieniu i drzewie.

III. Farby i powłoki.

Farba (fr. couleur; n. Farbe) służy do nadania przedmiotom odpowiedniej barwy; *powłoka* (fr. peinture; n. Anstrich) zaś do zabezpieczenia przedmiotu od szkodliwych wpływów zewnętrznych i zwiększenia tem samem jego trwałości. Często wymaga się, ażeby farba spełniała zarazem zadanie powłoki.

Farby składają się z *barwników* czyli *farbników* (fr. matière colorante; n. Farbstoff) i pewnych cieczy. Barwniki mogą być pochodzenia mineralnego, roślinnego, albo zwierzęcego i zależnie od tego rozróżniane są: farby *mineralne*, *roślinne* i *zwierzęce*.

Barwniki albo rozpuszczają się w odnośnych cieczach, albo też rozdrabniają się w nich na cząstki bardzo miążkie. Jeżeli barwnik rozpuszcza się w cieczy, to wraz z cieczą wsiąka w pory ciała malowanego, przyczem na powierzchni ciała tworzy się warstwa tak cienka, że barwa właściwa przedmiotu przez nią przebiega. Takie farby, nie zmieniające właściwego zabarwienia przedmiotu, nazywają się *farbami przezroczystemi* (n. Lasurfarben), a barwniki ich są pochodzenia przeważnie roślinnego i zwierzęcego. Do farb przezroczystych zaliczyć należy jednakże i *farby anilinowe*, otrzymywane przez destylacją smoły z węgla kamiennego.— Barwniki, które nie rozpuszczają się, lecz tylko rozdrabniają się w cieczy, nie wsiąkają w pory, lecz tworzą na powierzchni malowanej warstwę grubszą, zakrywającą właściwe zabarwienie przedmiotu. Takie barwniki są pochodzenia przeważnie mineralnego, a farby, w których skład wchodzi, zowią się *pokrywającymi* albo *nieprzezroczystemi* (n. Deckfarben). Farbę przezroczystą przez dodanie farby nieprzezroczystej można zamienić na nieprzezroczystą.

Zależnie od gatunku cieczy, służącej do zarabiania barwników, farba może w stopniu większym lub mniejszym posiadać własność zabezpieczenia przedmiotu od szkodliwych wpływów zewnętrznych. Pod tym względem rozróżniane są: farby wodne, klejowe, olejne i pokostowe, żywiczne i woskowe.

Jeżeli barwa naturalna przedmiotu jest przyjemną, to nie należy jej zakrywać farbami nieprzezroczystymi.

Wyprawy (tynki) murowe należy malować dopiero po zupełnem ich wyschnięciu, gdyż świeże wapno gryzące, a także alkalia cementu, niszczą farbę (p. str. 436 i 487).—Malowanie wypraw wilgotnych farbą olejną jest tem szkodliwszem, że farba olejna, tworząca powłokę gęstą, nieprzemakalną, utrudnia ulatnianie się wody z muru, wskutek czego mur pozostaje wilgotnym, co może spowodować tworzenie się wykwitów.—Przed malowaniem należy powierzchnię wyprawy nasycić mlekiem wapiennem i następnie zmyć ługiem mydlanym z niewielką przysmieszką ałunu lub kwasu bornego.—Przy malowaniu na farbie starej, należy farbę starą starannie oczyścić przez kilkakrotne zmycie mydlinami.

Niewielkie zagłębienia i pęknięcia w wyprawie można zakitować najlepiej mieszaniną kredy pławionej (szlamowanej) i wody klejowej, przyczem powierzchnie zagłębień lub szpar należy uprzednio zmoczyć wodą czystą.—Plamy od wilgoci na murach i sufitach należy usunąć przez mocne pocieranie pendzlem, maczanym w wodzie ałunowej, albo przez zacieranie tarką posypaną gipsem.

Przy kilkakrotnem malowaniu kierunki prowadzenia pendzla winny być do siebie prostopadłe, a to dla otrzymania powierzchni możebnie gładkiej.—Na sufitach ostatnie malowanie winno być prostopadłe do ściany okiennej.

Wybór farb jest zależnym od przeznaczenia budowli, od kosztu farb, oraz od względów estetycznych i zdrowotnych. Wszystkie farby zawierające arszenik są szkodliwe dla zdrowia. Arsenik może znajdować się nie tylko w farbach zielonych, lecz także w szarych, niebieskich, czerwonych i brunatnych.

Z farb do murów najważniejszymi są farby wodne i olejne; a z powłok do murów najważniejszą jest smoła.

1. Farby wodne i barwniki do farb wodnych.

1) *Farby wodne.* Farby wodne składają się z barwników zarobionych wodą. Do wody dodaje się częstokroć ług mydlarski, klej i t. p., albo też zamiast wody bierze się posokę, roztwór szkła wodnego, mleko, kazeinę i t. p. Farby wodne używane są przeważnie do malowania na wyprawach murowych.

a) *Farba wapienna.* Farba wapienna składa się z mleka wapiennego i barwnika; używa się do malowania wypraw (tynków) zewnętrznych; jest jednak mało odporną na wpływy czynników atmosferycznych. Trwałość farby można zwiększyć, zmywając ścianę przed malowaniem ługiem mydlarskim, albo też dodając ług mydlarski do farby.

Lepszą i trwalszą aniżeli farba wapienna jest *farba krwista*. Dla przygotowania tej farby należy posokę bydlęcą pozostawić przez 2—3 dni w naczyniach płaskich. Gdy nastąpi rozkład, należy oddzielić surowicę (serum), stanowiącą warstwę wierzchnią cieczy, a po zmieszaniu z wapnem palonem, mialko szproszkowanym i przesianem, z dodaniem niewielkiej ilości ałunu, zarobić na masę rzadką, młkowaną. Tą masą (bez dodania wody) maluje się wyprawę dwukrotnie.—Farba krwista nadaje się także do sufitów drewnianych w pomieszczeniach, w których gromadzi się para wodna, lecz w tym wypadku malować należy trzy-

krotnie. Stosunki ilościowe składników oznaczyć należy za pomocą prób.— Barwa farby krwistej wyschniętej jest zielonawą.

Farba wapienna nagryza rury ołowiane, oraz powłoki gumowe na takich rurach i na przewodnikach elektrycznych, co należy mieć na uwadze przy zakładaniu przewodników elektrycznych w budynkach.

b) *Farba klejowa.* Farba klejowa składa się z kredy pławionej (szlamowanej), zarobionej wodą klejową, z dodaniem barwnika; używa się tylko do wypraw wewnętrznych, gdyż nie jest odporną na wpływy czynników atmosferycznych. Do robót wykwinniejszych zamiast kredy pławionej (szlamowanej) braną jest biel barytowa. Przed malowaniem należy wyprawę zmyć mydlinami. Ilości stosunkowe składników należy oznaczyć starannie za pomocą prób, gdyż przy nadmiarze kleju, na farbie po wyschnięciu występują plamy. Farba nałożona w warstwie zbyt grubej łuszczy się; z tego powodu nie należy malować na starej farbie, lecz farbę starą zeszkrobać i wyprawę zatrzeć. Do farb ultramarynowych zamiast kleju brany jest kłajster mączny. Jeżeli zachodzi potrzeba ściany lub sufity uczynić możebnie gładkimi przez jednorazowe malowanie, to do farby zamiast kleju brany jest krochmal. — Do robót wykwinnych zamiast kleju brany jest roztwór gumy arabskiej, żelatyna, klej rybi, białko jaja i t. p.

Barwy farb klejowych są żywe i piękne; malowanie jednak farbą klejową wymaga znacznej wprawy, gdyż barwy farb mokrych różnią się od barw po wyschnięciu.

c) *Farba mleczna.* Farba mleczna składa się z mleka i barwników; używaną jest głównie w budownictwie wiejskiem; nadaje się do wypraw, zarówno zewnętrznych jako też wewnętrznych.

d) *Farba kazeinowa.* Farba kazeinowa składa się na objętość z 1 cz. ciasta wapiennego odleżącego i 5 cz. sernika, zarobionych na masę lepka, przeświecającą, do której dodawane są barwniki. Farby kazeinowe nadają się do wypraw, zarówno zewnętrznych jako też wewnętrznych, oraz do ścian drewnianych i do malowania artystycznego. Farba trzyma się dobrze i jest wodotrwała, tak, że zanieczyszczenia można gąbką wilgotną zmywać. — Barwy farb kazeinowych mają połysk silny i piękny. — Do farb kazeinowych można brać jako barwniki tylko tlenki metaliczne, oraz tak zwane farby ziemne, gdyż barwniki organiczne, oraz nieorganiczne, polegające na tworzeniu się soli, jak np. farby anilinowe, biel cynkowa, cynober, błękit berliński i t. p., rozkładają się.

Farbę kazeinową należy przygotowywać co dzień, w ilości potrzebnej, gdyż przechowana przez noc staje się niezdatną do użytku; pendzle należy co wieczór starannie oczyszczać. — Drzewo i płótno, malowane farbą kazeinową, stają się w pewnym stopniu trudno zapalnymi.

e) *Farby ze szkłem wodnym (farby stereochromiczne).* Farby ze szkłem wodnym (p. str. 487) nadają się głównie do wypraw zewnętrznych; umiejętnie przygotowane są bardzo odporne na wpływy czynników atmosferycznych; wyprawa jednak musi być bardzo starannie założoną i dobrze przylegać do muru. Malować należy dopiero po zupełnem wyschnięciu wyprawy. Wszelkie zanieczyszczenia wyprawy przez tłuszcz, olej, klej, żywicę, rdzę i t. p. są szkodliwe. — Nie wszystkie barwniki nadają się do szkła wodnego, tak np. przy użyciu barwni-

ków organicznych, barwy rychło płowieją. — W handlu znajdują się odpowiednie barwniki już zarobione szkłem wodnym zgęszczonym (33%). Takie farby należy przed użyciem rozrzedzać wodą czystą deszczową lub rzeczną, biorąc na wagę do pierwszego malowania trzykrotną, a do drugiego i trzeciego malowania dwukrotną ilość wody. — Do farb, o których mowa, bierze się szkło wodne potasowe, niekiedy z niewielką przymieszką sodu. Szkło wodne sodowe, jakkolwiek znacznie tańsze od potasowego, nie nadaje się do farb, gdyż powoduje tworzenie się wykwitów. — Powierzchnię malowaną powleka się kilkakrotnie rozcieńczonym szkłem wodnym potasowym czystym, a gdy roztwór ten przestaje wsiąkać w mur, powleka się powierzchnię raz jeden mieszaniną rozcieńczonego szkła wodnego potasowego z sodowym. — Farby ze szkłem wodnym nadają się do wypraw, zarówno wapiennych, jako też cementowych i gipsowych. Wyprawy gipsowe zewnętrzne należy jednak uprzednio zmyć najprzód ciepłym szkłem wodnym rozcieńczonym, a następnie ciepłą wodą czystą.

Malowanie artystyczne farbami ze szkła wodnego nazywa się *stereochromią*.

2) Barwniki do farb wodnych:

a) Dla farb białych:

1) *Kreda* zmieszana z wodą daje farbę białą, piękną; zarobiona z większą ilością wody tworzy powoli niewielki osad. Kreda pławiona (szlamowana) jest lepszą aniżeli niepławiona (nieszlamowana). Dobroć kredy niepławionej można zwiększyć przez gotowanie w wodzie czystej. Ze wszystkich farb białych, kreda zarobiona wodą klejową najczęściej jest używaną.

2) *Mleko wapienne*, oczyszczone z ziarn piasku, kamyków i t. p., daje farbę białą, mniej dobrą aniżeli kredowa; farba wapienna bowiem chciwie pochłania wilgoć i prędko staje się brudną. Wapno niszczy siłę spójną kleju; z tego powodu wyprawy, przed bielaniem, winny być zmywane mydlinami.

3) *Gips*, bez przymieszki kleju, może służyć do bielania ścian i sufitów.

4) *Głina*, rozrzedzona wodą, służy do gruntowania świeżych wypraw pod malowanie innymi farbami; używaną jest także do wywabiania plam tłustych z wypraw.

5) *Biel ołowiana* daje farbę białą, piękniejszą aniżeli kredowa. Najlepsza odmiana bieli cynkowej znana jest w handlu pod nazwą *bieli kremieńskiej*.

6) *Biel cynkowa* winna być zarabiana tylko z wodą klejową, a przed malowaniem należy wyprawę zagruntować farbą klejową kredową. Biel cynkowa zachowuje dłużej barwę białą aniżeli biel ołowiana i jest w ogóle od niej lepszą.

7) *Biel barytowa* czyli *mineralna* używaną jest tylko do farb klejowych; daje barwę białą, połyskującą, trwałą.

Wszystkie farby białe są nieprzezroczyste.

Do farb białych ze szkłem wodnym brane są: kreda pławiona, biel cynkowa i biel barytowa; natomiast nieodpowiednią jest biel ołowiana.

b) Dla farb żółtych:

1) *Karmín żółty* (n. Schüttgelb) wyrabiany jest z soków niektórych roślin; z kredą lub ziemią gliniastą, daje farbę jasno-żółtą, lub złoto-żółtą, przezroczystą, albo przeświecającą.

2) *Orlean* (fr. roucou; n. Orlean) otrzymuje się z drzewa indyjskiego bixa orellana; w handlu znajduje się w postaci ciasta.

3) *Kurkuma* otrzymuje się z korzenia rośliny tegoż nazwiska, rosnącej w Indyach i na Jawie.

4) *Żółcień chromowy* daje barwę piękną, lecz na powietrzu nietrwałą i zmieniającą się rychło na zielonawą; używa się głównie w mieszaninach z farbami brunatnymi i niebieskimi.

5) *Żółcień neapolitański* (fr. jaune de Naples; n. Neapelgelb) bywa albo naturalny, albo też sztuczny, wyrobiony z antymonu, minii i tlenku cynku; daje farbę trwałą, piękną.

6) *Okra* (fr. ocre; n. Ocker), w handlu zwana także *ugierem*, jest mieszaniną wodoru tlenku żelaza z gliną; bywa żółta, pomarańczowa, albo brunatna, w różnych odcieniach; używa

się głównie do mieszanin. Z farbą białą daje farbę trwałą, odpowiednią do wypraw zewnętrznych i wewnętrznych. Odmianę piękną stanowi *okra złota*.

7) *Ziemia żółta* jest gliną zawierającą okrę, po wypaleniu jest czerwoną; z powodu niskiej ceny jest bardzo rozpowszechnioną.

8) *Żółcień kadmowy* (siarczan kadmu) daje farbę świetną, nieprzezroczystą, trwałą; nie powinien jednak być mieszany z farbami miedzianymi

9) *Żółcień kasselski* albo *mineralny* (chlorek ołowiu) daje farbę złoto-żółtą, dość trwałą

10) *Operment* (*złototusk, złotokost*) (fr. orpiment; n. Auripigment, Rauschgelb. Königsgelb, Operment) składa się z siarki i arseniku; bywa naturalnym albo sztucznym; daje farbę nieprzezroczystą, barwy cytrynowej, połyskującej; jest silną trucizną i dla tego rzadko bywa używany.

Do farb żółtych ze szkłem wodnym używane być mogą: żółcień kadmowy, tlenek uranu, chromian barytu.

c) *Dla farb zielonych:*

1) *Ziemia zielona*, wydobywana ze szczelin bazaltowych, daje barwę nieczystą; lepsze odmiany znajdują się w handlu pod nazwami: *zieleni werońskiej, zieleni francuskiej i zieleni saskiej*.

2) *Zieleni neuwidska* (n. Neuwiedgrün) zawiera dużo arseniku; daje farbę jasno-zieloną, piękną, tanią.

3) *Zieleni nowa* (n. Neugrün) daje farbę mniej piękną od poprzedniej, żółtawą; używana jest korzystnie z przymieszką ultramaryny.

4) *Zieleni kopalna* (fr. vert de montagne; n. Berggrün); naturalna wyrabiana jest z malachitu, sztuczna zaś—z saletrzanu tlenku miedzi.

5) *Zieleni brunświcka* (fr. vert de Brunsvic; n. Braunschweiger Grün), zwana także *zielenią bremeńską* (fr. vert de Brème; n. Bremergrün), jest wodnistym węglanem tlenku miedzi, zmieszany z kredą; daje farbę barwy jasno-zielonej, niezupełnie czystej.

6) *Zieleni szweinfurcka* (n. Schweinfurter Grün), zwana także *zielenią paryską* (fr. vert de Paris; n. Parisergrün), jest arsenianem lub octanem tlenku miedzi, stanowi silną truciznę; jest jednak z powodu świetnej barwy bardzo rozpowszechnioną. Zmieszana z gipsem lub z brzemieniem (brzemiospatem, spatem ciężkim) występuje w handlu pod rozmaitemi nazwami.

7) *Zieleni chromowa* znajduje się w handlu w rozmaitych odmianach droższych i tańszych, z których najlepsze noszą nazwę *zieleni szmaragdowej*, mniej dobre zaś—*zieleni liściastej, zieleni angielskiej* i t. d.

8) *Cynober zielony* daje farbę bardzo piękną; składa się z mieszaniny żółcienia chromowego i błękitu berlińskiego, z przymieszką brzemienia (spatu ciężkiego).

9) *Grynszpan* (fr. vert de gris; n. Grünspan), octan tlenku miedzi.

10) *Zieleni kobaltowa* wyrabiana jest z tlenku kobaltu i tlenku cynku.

11) *Zieleni cynkowa* używa się głównie do mieszanin.

Farby zielone otrzymuje się najlepiej przez mieszanie bezpośrednio przed robotą farb żółtych z niebieskimi. Takie mieszaniny chemiczne, wyrabiane w fabrykach, dają farby nietrwałe, ciemniejące. — Dobrą farbę zieloną do wypraw zewnętrznych można otrzymać mieszając na wagę $\frac{1}{4}$ cz. zieleni szweinfurckiej, $\frac{1}{4}$ lub $\frac{3}{8}$ cz. grynszpanu, $\frac{1}{4}$ cz. zieleni bremeńskiej i $\frac{1}{4}$ lub $\frac{1}{8}$ cz. bieli ołowianej.

Do farb zielonych ze szkłem wodnym używane być mogą: ultramaryna, tlenek chromu i zieleni kobaltowa.

d) *Dla farb niebieskich:*

1) *Błękit bremeński* (fr. bleu de Brème; n. Bremerblau), wodan tlenku miedzi, w farbach wodnych ma po wyschnięciu barwę jasno-niebieską, w olejnych zaś — zieloną.

2) *Błękit kopalny* (*błękit miedzi, lazur miedzi*) (fr. bleu de montagne, ocre bleu; n. Bergblau, Kupferlasur), wodnisty węglan tlenku miedzi, często używany do farb klejowych; przy domieszcze kwasów staje się zielonym. Zmieszany z wapnem daje tak zwany *błękit wapienny* (n. Kalkblau), barwy jasno-niebieskiej.

3) *Błękit kobaltowy* (fr. bleu de cobalte; n. Kobaltblau) otrzymuje się poddając fosforan tlenku kobaltu działaniu rozcieńczonego kwasu siarczanego, alunu i sody; daje farbę nieco przeświecającą, z odblyskiem fioletowym, bardzo piękną i trwałą, lecz zarazem kosztowną. Odmiany stanowią: *smalta* (fr. cendre bleu; n. Smalte) i *błękit leydenński* (n. Leydenerblau).

4) *Ultramaryna* (fr. bleu d'outremer; n. Ultramarin); naturalna otrzymuje się z lazuru (lapis lazuli), sztuczna zaś—z kaolinu, soli glauberskiej i węgla; w handlu znajduje się w bardzo licznych odmianach, różniących się wielce pięknnością barwy, trwałością i ceną. Do farb klejowych, przy użyciu ultramaryny, brać należy kłajster mączny zamiast kleju.

5) *Błękit berliński* albo *pruski* (fr. bleu de Prusse; n. Berlinerblau), mało trwały na powietrzu, trzyma się dobrze na wyprawach wewnętrznych, należycie wyschniętych i zagruntowanych poprzednio kredą lub gliną; w handlu znajduje się w bardzo licznych odmianach, różniących się składem, wartością i ceną; najlepsze odmiany noszą nazwę *błękitu paryskiego* (fr. bleu de Paris; n. Pariserblau).

6) *Indygo* albo *indycht* (fr. indigo; n. Indigo), pochodzenia roślinnego, daje farbę ciemnoniebieską, z odcieniem fioletowym. Z indyga wyrabiany jest t. zw. *błękit nowy* (n. Neublau).

Do farb niebieskich ze szkłem wodnym mogą być brane: ultramaryna i smalta.

e) *Dla farb czerwonych:*

1) *Czerwień florencka* albo *laka florencka* (fr. laque de Paris; n. Kugellack, Pariserlack, Florentinerlack) jest mieszaniną gliny z osadem, tworzącym się przy gotowaniu fernambuku; daje farbę mało trwałą, barwy ciemno-czerwonej.

2) *Laka czerwona* (n. Karmoisinlack) otrzymuje się z pozostałości od fabrykacji karminu; daje farbę mało trwałą, barwy jasno-czerwonej.

3) *Karmin* (fr. carmin; n. Carmin) otrzymuje się z owadu zwanego koszenilą, albo też z naszego krajowego gatunku, zwanego czerwcem, daje farbę drogą, lecz bardzo piękną, barwy karmazynowej. Pośledniejsze odmiany znajdują się w handlu pod nazwą *laki karminowej*.

4) *Czerwień chromowa*, zwana w handlu także *cynobrem chromowym*, *cynobrem austriackim*, *czerwienią Van Dyck'a*, daje farbę piękną i trwałą.

5) *Cynober* (fr. cinabre, vermillon; n. Zinnober), siarczan rtęci, znanym był już w starożytności pod nazwą *minium*; występuje w przyrodzie w postaci masy gęstej, albo też w postaci kryształów przezroczystych, czerwonych; jako barwnik przygotowuje się tylko sztucznie; daje farbę nieco żółtawą i tańszą aniżeli karmin, lecz trwałą. Najlepsze odmiany noszą w handlu nazwy: *cynobru chińskiego*, *cynobru karminowego* i *cynobru holenderskiego*. Cynober często bywa zafalszowany minią: takie farby są bardziej żółte i z czasem czernieją.

6) *Minia* (fr. minium, mine orange; n. Mennige), tlenek ołowiu, daje farbę dobrą, jasnoczerwoną, używaną głównie do gruntowania żelaza i innych metalów, oraz do kitów olejnych.

7) *Czerwień japońska* jest zbliżoną do cynobru.

8) *Czerwień nowa* (n. Neuroth) daje farbę nieco piaszczystą, lecz trwałą.

9) *Czerwień kobaltowa* jest mieszaniną saletrzanu tlenniku kobaltu z węglanem magnezu, albo też siarczanu tlenniku kobaltu z fosforanem sodu, daje farbę piękną, żywą, barwy czerwono-fioletowej, w licznych odcieniach.

10) *Bolus czerwony* (gлина zawierająca żelazo) daje farbę trwałą i tanią; najlepszym jest *bolus armeński*.

11) *Czerwonodrzew* czyli *fernambuk* (fr. fernambouc, vernimbok; n. Fernambuk), otrzymuje się z drzewa fernambukowego, zwanego także czerwondrzewem (n. Rotholz), albo drzewem brazylijskiem (fr. bois de Brésil; n. Brasilienholz); daje farbę trwałą.

12) *Marzanka* czyli *krap* (fr. garance; n. Krapp) otrzymuje się z krapu, korzenia rośliny z rodzaju marzanny (marzanna farbierska), daje farbę trwałą, o barwie czystej i żywej, w rozmaitych odcieniach. — Połączenie barwnika marzankowego z gliną daje *lakę marzankową* albo *krapową* (fr. laque de garance; n. Krapplack). Najlepszy gatunek laki marzankowej nosi w handlu nazwę *karminu marzankowego* (n. Krappcarmin).—Odmianą marzanki jest *czerwień berlińska*, dająca farbę z odcieniem fioletowym lub brunatnym.

13) *Czerwień angielska*, tlenek żelaza, znajduje się w handlu w licznych odmianach pod nazwami: *czerwieni indyjskiej*, *perskiej*, *chemicznej*, *neapolitańskiej*, *francuskiej* i t. d. Odmiana, zwana *czerwienią polerniczą*, *caput mortuum*, *colcothar*, otrzymuje się jako produkt poboczny przy fabrykacji kwasu siarczanego; daje farbę tanią, trwałą, barwy jasno-czerwonej do ciemnofioletowo-czerwonej, używaną do polerowania metalów i do robót malarskich; braną jest także do mieszania z farbami białymi i brunatnymi, a odmiany fioletowe, mieszane z farbami czarnymi, dają farby brunatne.

Do farb czerwonych ze szkłem wodnem mogą być brane: czerwień chromowa i tlenik żelaza; cynober natomiast staje się najprzód brunatnym, następnie czarnym.

f) Dla farb brunatnych:

1) *Ziemia kolońska albo kasselska*, zawierająca żywice bitumiczne, daje farbę trwałą.

2) *Umbra* daje farbę kasztanową, trwałą. Najcenniejszą jest *umbra holenderska*.

3) *Barwnik brunatny pruski* otrzymuje się przez żarzenie błękitu pruskiego; daje farbę piękną i trwałą.

Farby brunatne można otrzymać najlepiej przez mieszanie farb czerwonych z czarnymi.

g) Dla farb fioletowych:

Farby fioletowe otrzymuje się najlepiej przez mieszanie farb czerwonych z niebieskimi. Najpiękniejszymi są mieszaniny ultramaryny, albo błękitu kobaltowego, z karminem; mniej pięknymi są mieszaniny ultramaryny z cynobrem, albo z laką krapową.

h) Dla farb szarych używany jest tlenek cynku (n. Zinkgrau); lepiej jednak jest przygotowywać farby szare przez mieszanie farb białych i czarnych, z dodaniem w niewielkiej ilości farb innych, dla otrzymania odbłysku czerwonego, niebieskawego, albo zielonawego.

i) Dla farb czarnych używane są barwniki przeważnie organiczne, otrzymywane przez naturalne lub sztuczne zwęglenie, jako to:

1) *Sadza* (fr. suie; n. Russ, Kienruss), bardzo drobne cząstki węgla z ciał niedopalonych, czarne, lekkie. Sadza daje farby dobre, lecz nie całkiem czarne; często bywa fałszowaną przez przymieszki piasku i t. p.

2) *Czerń frankfurcka* (fr. noir d'Allemagne; n. Frankfurter Schwarz, Drusenschwarz) otrzymuje się z winogron zwęglonych; używa się do farb klejowych; ma barwę trwałą.

3) *Czerń z kości* (n. Beinschwarz) otrzymuje się przez zwęglenie kości mielonych. Najlepszą odmianę stanowi *czern z kości słoniowej* (fr. noire d'ivoire; n. Elfenbeinschwarz).

4) *Czerń z węgla drzewnych i z korka palonego, oraz czern hiszpańska*.

5) *Grafit* starannie odplawiony i zarobiony kwasem winnym.

Do farb czarnych ze szkłem wodnem mogą być brane: sadza, grafit i czern irydium (n. Iridium-Schwarz).

2. Farby olejne i barwniki do farb olejnych.

1) **Farby olejne.** *Farby olejne* są mieszaniną ścisłą barwnika z olejem lnianym; po wyschnięciu są nieprzemakalne, twarde i odporne na wpływy czynników atmosferycznych; przylegają dobrze do powierzchni ciał porowatych, suchych, słabo zaś—do powierzchni wilgotnych. Barwy farb olejnych są zazwyczaj piękne, połyskujące. Połysk można zmniejszyć przez przymieszkę terpentyny.

Barwniki zamiast olejem lnianym można zarabiać także woskiem, rozpuszczonym w terpentynie, lecz farby w ten sposób otrzymywane, zwane *woskowemi*, używane są tylko w malarstwie artystycznym.

Dobłą powłokę daje także sam olej lniany bez barwnika; to też olejem lnianym pokrywane są przedmioty, których barwa naturalna ma być zachowana, zwłaszcza wyroby z drzewa dębowego. Powłoka z oleju lnianego czystego (bez barwnika) zabezpiecza jednak przedmioty w stopniu mniejszym aniżeli dobra farba olejna.

Wyprawy wapienne należy malować farbą olejną dopiero po zupełnem ich wyschnięciu; wyprawy takie należy najprzód zagruntować pokostem, następnie powlec mieszaniną oleju lnianego z 65% bieli ołowianej i 25% kredy pławionej (szlamowanej), a potem dopiero pomalować dwukrotnie farbą olejną, nie zawierającą kredy pławionej. Farby olejne do wypraw zewnętrznych nie powinny zawierać oleju terpentynowego.—Trwałość dobrej powłoki z farby olejnej, wystawionej

na wpływy zmian atmosferycznych, wynosi 5—6 lat; połysk jednak farby olejnej, wystawionej na działanie zmian atmosferycznych, znika zazwyczaj już po roku.— Do malowania farbami olejnymi na powietrzu najodpowiedniejszymi są miesiące suche: czerwiec, lipiec i sierpień; częstokroć jednak wykonywane są odnośne roboty w miesiącach wcześniejszych lub późniejszych, a to dla uniknięcia zanieczyszczenia świeżej farby olejnej przez komary, kurz i t. p.

Wyprawy cementowe należy malować farbą olejną dopiero po roku lub po dwóch latach (p. str. 436, 487 i 521). Świeże wyprawy cementowe można malować tymczasowo farbą przygotowaną z cementu i wody, z małą domieszką czerni; przyczem dla zwiększenia trwałości powłoki można zamiast wody brać szkło wodne rozcieńczone. Mniej korzystnymi dla tego celu są farby kazeinowe, gdyż na nich tworzą się często wykwitki, które dają się wprowadzić łatwo z powłoki zmywać, lecz gdy są zbyt liczne niszczą farbę.—Sposoby przygotowywania wyprawy cementowej pod malowanie farbą olejną, wskazane są w rozdziale III (str. 436) i IV (str. 487) działu niniejszego.

Powierzchnie malowane farbą olejną można oczyszczać z brudu przez zmywanie zimną wodą deszczową i mydłem białem, twardem; natomiast t. zw. mydło szare niszczy farbę olejną.

2) *Barwniki do farb olejnych:*

a) *Dla farb białych:* 1) biel ołowiana i 2) biel cynkowa.

b) *Dla farb żółtych:* 1) żółcień neapolitański, 2) żółcień chromowy, 3) okra, 4) żółcień kaselski, 5) operment.

c) *Dla farb zielonych:* 1) zieleń szweinfurcka, 2) grynszpan, 3) zieleń brunświcka (bre-meńska), 4) cynober zielony, 5) zieleń kobaltowa, 6) zieleń chromowa, 7) zieleń cynkowa.

d) *Dla farb niebieskich:* 1) błękit kobaltowy, 2) ultramaryna, 3) indygo (indycht), 4) błękit berliński.

e) *Dla farb czerwonych:* 1) karmin, 2) marzanka, 3) cynober, 4) czerwień japońska, 5) czerwień angielska, 6) bolus czerwony, 7) czerwień nowa, 8) minia.

f) *Dla farb brązowych, szarych i czarnych* używane są te same barwniki jak dla odnośnych farb wodnych.

3. Smoła.

1) *Smoła drzewna.* *Smoła drzewna* (fr. poix; n. Holztheer, Pech) jest cieczą żywiczną, mniej lub więcej zgęszczoną, tłustą, palną, otrzymaną przez destylację suchą z niektórych drzew iglastych, zwłaszcza z karpiny sosnowej.

2) *Smoła z węgla kamiennego.* *Smoła z węgla kamiennego* (fr. goudron de houille; n. Steinkohlentheer) otrzymuje się przez destylację suchą z węgla kamiennego, zwłaszcza jako produkt poboczny w fabrykach gazu oświetlającego i dla tego zwaną bywa także *smolą gazową*.

3) *Zastowania smoły.* Smoła, zarówno drzewna jako też z węgla kamiennego, dzięki zawartości krezotolu, posiada własności przeciwgnilne i używaną jest dla zabezpieczenia od wilgoci i wpływu zmian atmosferycznych drzewa, murów, lin i t. p. — Powłoki ze smoły winny być przynajmniej raz na rok odnawiane.

Smoła z węgla kamiennego używaną jest nadto do wyrabiania *tektury smołowej*, służącej do krycia dachów. Tektura smołowa jest to zwykła tektura papierowa, gruba, nasycona dokładnie smolą z węgla kamiennego. Tektura taka jest

w pewnym stopniu nieprzemakalną i ogniotrwałą. — Tak zwane *dachy holccementowe* składają się z cienkich tektur sklejonych smołą. Takie dachy, starannie wykonane, są bardzo ściśle i mocne.

IV. Szkło.

1) *Szkło*. *Szkło* (fr. verre; n. Glas) jest ciałem kruchem, bezpostaciowem, odpornem w stopniu wysokim nie tylko na wpływy czynników atmosferycznych lecz także na działania wszystkich niemal kwasów i cieczy alkalicznych, przedstawiającem się jako mieszanina, otrzymana przez stopienie dwóch lub więcej krzemianów soli, pomiędzy którymi krzemiany zasad i krzemian wapnia stanowią części składowe główne. Najczęściej, oprócz tych krzemianów, wchodzi w skład szkła: magnez, baryt, tlenek glinu, tleniki żelaza i manganu, tlenki ołowiu i cyny. Własności szkła są zależne od rodzaju i ilości stosunkowej tych składników. — Szkło składające się tylko z krzemianów zasad posiada własność rozpuszczania się w wodzie i z tego powodu zwane jest *szkłem wodnem* (fr. verre soluble; n. Wasserglas).

Szkło jest najczęściej przezroczyste i wtedy zowie się *szkłem właściwem*, rzadziej nieprzezroczyste i wtedy nazywa się *emalią* (fr. émail; n. Schmelzglas, Email). Szkło może być bezbarwne lub zabarwione.

Ze względu na skład chemiczny rozróżnia się:

a) *Szkło potasowo-wapniowe*, czyli tak zwane *szkło kryształowe czeskie*, bezbarwne, trudno topliwe, twarde, bardzo trwałe, o ciężarze właściwym 2,40.

b) *Szkło sodowo-wapniowe*, czyli t. zw. *szkło reńskie*, *szkło francuskie*, *szkło okienne*, twarde lecz łatwiej topliwe od poprzedniego, posiada zawsze połysk niebieskavo-zielonawy; c. wł. = 2,61. Tu należy *crownglas*, szkło używane do celów optycznych, którego c. wł. = 2,49.

c) *Szkło potasowo-ołowiane*, czyli t. zw. *szkło kryształowe angielskie*, mniej twarde i łatwiej topliwe od poprzednich, posiada połysk piękny; uderzane wydaje dźwięk czysty; jest doskonale przezroczyste; c. wł. = 3,25. Odmianę tego szkła stanowi *flintglas*, szkło optyczne.

d) *Szkło alkaliowo-wapniowo-glinowe*, czyli *szkło pospolite butelkowe*, o bardzo rozmaitym składzie chemicznym, najczęściej barwy nieczystej, czerwonawo-żółtej do ciemno-zielonawej; c. wł. = 2,73.

Szkło, jako materiał, ma bardzo rozległe zastosowanie zarówno w przemyśle jako też w budownictwie. Tylko dzięki zastosowaniu szyb szklanych do okien, możemy w klimacie naszym mieć mieszkania w porze zimowej ciepłe i przystępne jednocześnie dla światła słonecznego. W niektórych budowlach nowoczesnych, jak np. w tak zwanych pałacach kryształowych dla wystaw, w halach dworców dróg żelaznych, w oranżeryach i t. p., szkło w połączeniu z żelazem, rzadziej z drzewem, stanowi główny materiał budowlany. — W robotach mularskich szkło ma zastosowanie mniej rozległe, używane jest bowiem głównie na warstwy odosobniające (izolacyjne) i w postaci tabliczek lub płytek do wykładania ścian, w celu zabezpieczenia muru od wilgoci. Fabrykacya takich tabliczek i płytek stanowi w czasach nowszych oddzielną gałąź przemysłu.

2) *Kamienie szklane*. a) *Kostki ze szkła dętego* (fr. briques en verre soufflé, falcons; n. Glasbausteine) mają zazwyczaj 10—15 cm grubości; mogą być zakładane w wiązania prawidłowe na zaprawie, która winna szczelnie zapełniać spoiny. Odachowania z takich kostek zakładane są, tak samo jak sklepienia, na krążynach. Dobrą zaprawę do kostek szkla-

nych można otrzymać, mieszając na objętość $\frac{3}{5}$ cz. cementu portlandzkiego, powoli tężącego, $\frac{1}{5}$ cz. cementu rzymskiego, prędko tężącego i $\frac{1}{5}$ cz. piasku miałkiego. W hutach francuskich, oraz w hutach niemieckich „Adlerhütten“ pod Penzing na Szląsku, wyrabiane są kostki szklane przezroczyste, oraz kostki o powierzchniach nieplaskich, które przepuszczają światło, nie będąc przezroczystymi. Kostki ze szkła dętego są wytrzymałe na uderzenia gradu, zalecane są przeto do ścian zewnętrznych w cieplarniach i t. p., a że przytem są zlemi przewodnikami ciepła, przeto używane są także do lekkich ścian przedziałowych, oraz do stropów, oświetlających pomieszczenia pod nimi położone.

b) *Płyty szklane*, do 60 cm długości, przy 30 — 35 mm grubości, najczęściej żłobkowane, służą do oświetlania piwnic i t. p.; zakładane są w ramach z żelaza teowego i przytwierdzane za pomocą kitu. Płytki mniejsze służą do wykładania ścian, zamiast płytek majolikowych i fajansowych.

G. Groeger w Wrocławiu wyrabia płytki szklane do pokrywania murów w sposób następujący: Zwykle płytki szklane pokrywa z jednej strony warstwą farby, złożonej ze szkła wodnego, magnezytu lub bieli cynkowej i dowolnego barwnika, i posypuje piaskiem; po wyschnięciu tej powłoki nalewa na nią cienką warstwę z 60 cz. siarki stopionej, 40 cz. piasku i 1 cz. siarczanu cynku, a przed stwardnieniem ponownie posypuje piaskiem; wreszcie nakłada trzecią warstwę z 1 cz. cementu portlandzkiego i 3 cz. piasku. Posypywanie piaskiem każdej z dwóch pierwszych warstw ma na celu utworzenie powierzchni chropowatej, a to dla ścisłego połączenia się warstw pomiędzy sobą. Siarka, którą można zastąpić przez asfalt, stanowi warstwę odosobniającą, nieprzemakalną.

c) *Wyroby z t. zw. szkła drutowego*. W fabryce dawniej Fr. Siemens'a w Dreźnie, oraz w fabryce Towarzystwa akcyjnego przemysłu szklarskiego (Actien-Gesellschaft für Glasindustrie) w Neustadt pod Elbogen w Czechach, wyrabiane są od lat kilku tafle i inne wyroby ze szkła na szkielecie z drutu żelaznego, pod nazwą *szkła drutowego* (n. Drathglas). Wyroby te są bardzo odporne na działanie wysokiej temperatury i wykazują znaczną wytrzymałość mechaniczną. Szyby w światłach górnych (oberlichtach) ze szkła drutowego rzadziej pękają od gradu, aniżeli szyby ze szkła bez szkieletu, a w razie pęknięcia nie spadają w kawałach, gdyż siatka drutowa utrzymuje w łączności części szyby pękniętej.

3) Szkło wodne. *Szkło wodne* (fr. verre soluble; n. Wasserglas) składa się albo z samego krzemianu potasu i wtedy nazywa się *szkłem wodnym potasowym*, albo też z samego krzemianu sodu i wtedy zowie się *szkłem wodnym sodowym*, albo wreszcie z mieszaniny tych dwóch krzemianów i wtedy nosi nazwę *szkła wodnego podwójnego* albo *szkła wodnego potasowo-sodowego*. W stanie suchym szkło wodne jest ciałem szklistem, kruchem, bezbarwnem lub żółtawem, posiadającym własność rozpuszczania się w wodzie.

Szkło wodne roztarte na proszek i gotowane z wodą daje roztwór, zwany *szkłem wodnym preparowanym*. Roztwór taki znajduje się w handlu jako 33% i 66%, t. j. zawierający w pierwszym razie 33 cz. szkła wodnego stałego (suchego) i 67 cz. wody, a w drugim razie 66 cz. szkła wodnego stałego i 34 cz. wody.

Kwasy rozkładają szkło wodne, wydzielając z niego krzemionkę galaretowatą. Z tego powodu szkło wodne należy przechowywać w naczyniach szczelnie zamkniętych.

Najważniejsze w budownictwie zastosowanie szkła wodnego zasadza się na tej jego własności, że wiążąc się z wapnem tworzy krzemian wapnia, przyczem krzemian potasu zostaje splukany lub osadza się w postaci proszku. Utworzony w ten sposób krzemian wapnia stanowi powłokę ochronną bardzo trwałą (p. str. 165); to też budowle z wapienia, posągi marmurowe i t. p. powlekane są szkłem wodnym, dla zabezpieczenia kamienia od wpływu czynników atmosferycznych. Ró-

wnież skuteczną jest powłoka ze szkła wodnego na piaskowcach, zwłaszcza po uprzednim nasyceniu powierzchni piaskowca wodą wapienną.

Szkło wodne używane jest nadto do wyrabiania farb (p. str. 487 i 522), kitów (p. str. 516), kamieni sztucznych (p. str. 499), oraz do przygotowywania powierzchni wypraw (tynków) pod malowanie stereochromiczne. — Drzewo i tkaniny, nasycone szkłem wodnym, są do pewnego stopnia ogniotrwałe.

V. M e c h.

Mech (fr. mousse; n. Moos) używany jest w budownictwie głównie do zapelniania spoin w murach suchych z kamienia polnego. W murach takich, przestrzenie wolne pomiędzy kamieniami zamiast zaprawą zapelnia się ziemią, a dla zabezpieczenia ziemi od wypłukiwania przez deszcze, zakłada się w spoiny nieco mchu. Najodpowiedniejszym do tego celu jest *plonnik* czyli *mech leśny* (*politrichum commune*). — Dawniej używano mchu także do zapelniania spoin w studniach murowanych z kamienia rodzimego lub cegły, oraz do urządzania filtrów w takich studniach i brano do tego głównie *torfowiec* (*mech torfowy*) czyli *mech wodny* (*sphagnum palustre*); obecnie jednak uważany jest mech za nieodpowiedni do tego celu, gdyż gnijąc, zanieczyszcza wodę w studni.

Mech służy także do uszczelniania dachów zabudowań gospodarczych, krytych dachówką i przez wielu uznawany jest za równie odpowiedni w tym celu jak zaprawa wapienna.

Mech, jako zły przewodnik dźwięku i ciepła, używany jest nadto na warstwy odosobniające, zwłaszcza w ścianach drewnianych, a w niektórych okolicach także do zapelniania przestrzeni pustych pomiędzy belkami podłogowymi w zabudowaniach gospodarczych.

VI. Słoma i trzcina.

1) *Słoma*. *Słoma* (fr. paille; n. Stroh) używaną jest w budownictwie większym zarówno do krycia dachów, jako też zmieszana z gliną na zaprawę do ścian glinianych, polep i wypraw (p. str. 281), a w stanie drobno posiekany służy za przymieszkę do gliny dla cegły niepalonej (p. str. 476).

Do krycia dachów brać należy tylko słomę prostą i długą (kłóc), zwłaszcza żytnią, i układać ją w warstwie dostatecznie grubej. Dachy słomiane są wprawdzie łatwo zapalne, lecz zarazem przedstawiają liczne korzyści, gdyż są tanie, trwałe i lekkie; a że przytem są złemi przewodnikami ciepła, przeto pomieszczenia w domach krytych dachami słomianymi, są latem chłodne, zimą zaś ciepłe. — Ażeby wyzyskać zalety dachów słomianych, a usunąć jednocześnie niebezpieczeństwo pożaru, zastosowano w Niemczech północnych do krycia dachów mieszaninę słomy z gliną.

Do zaprawy glinianej bierze się zazwyczaj słomę krzywą (pszenną), a nawet mierzwę na sieczkę porzniętą.

2) *Trzcina*. *Trzcina* (fr. roseau; n. Schilf, Rohr), a zwłaszcza *trzcina pospolita* (*arundo phragmites*), zwana u ludu *cserotem*, *oczeretem*, *kamyszami*,

rosnąca obficie w rzekach, stawach, rowach i t. p., używaną jest w budownictwie do trzciniowania ścian i sufitów, oraz do krycia dachów zabudowań wiejskich.

Do trzciniowania ścian i sufitów brać należy tylko trzcinę całkiem dojrzałą, prostą, długą i uprzednio obraną z powłoki zewnętrznej. Do krycia dachów bierze się trzcinę nieobrą, lecz także dojrzałą. — Trzcinę należy użyć do robót nie później jak w dwa lata po ścięciu.

Połyскую warstwa zewnętrzna trzciny obranej składa się z powłoki zawierającej krzemionkę; powłoka ta wiąże się mocno z zaprawą wapienną.

Do trzciniowania ścian i sufitów wyrabianą jest w czasach nowszych *tkanina trzciniowa*, składająca się z tyczek trzciny oddalonych od siebie o 15 *cm* i połączonych cienkim drutem. Takie tkaniny wyrabiane w sztukach, o szerokości 1,5, 2,0 i 2,5 *m*, nie są tańsze od trzciny potrzebnej do trzciniowania zwykłego, lecz przedstawiają tę zaletę, że robota może być wykonana znacznie prędzej i że dzięki jednostajnej odległości tyczek trzciniowych, zaprawa trzyma się na tkaninie trzciniowej mocniej, aniżeli na trzciniowaniu zwykłym.

Literatura

do działu II-go.

Poniżej podany jest wykaz ważniejszych prac o materiałach mularskich, w języku polskim, francuskim, niemieckim i rosyjskim.

Prace, przy których zaznaczono, że są „drukowane jako rękopis“, nie znajdują się w handlu księgarskim.

Prace treści ogólnej:

- ZABIERZOWSKI A.: Przewodnik praktyczny dla budujących. Warszawa 1860.
- HIRSZEL WŁ.: Przewodnik dla mularzy. Wydanie II-ie. Część I-a. O materiałach używanych w mularstwie. Warszawa 1876.
- HEURICH J.: Ogniotrwałość materiałów budowlanych, według Spilner'a i innych autorów. Inżynieria i Budownictwo 1884 r.; str. 158, 167, 193, 204 i 229.
- KUCHARZEWSKI F.: Laboratoria mechaniczne przy wyższych szkołach technicznych. Przegl. techn. 1894 r.; z. VIII; str. 178.
- DELESSE: Les matériaux de construction de l'exposition de 1855. Paris 1856.
- MARIE: Matériaux de construction, gisements, analyse et résistance. Paris. Dunod.
- BAUDSON ED.: Connaissance, recherche et essais des matériaux de construction et de ballastage. Paris. Baudry et C-ie.
- BOUDIN: Technologie des professions élémentaires. Gand. (druk. jako ręk.).
- PLANAT M. P.: Encyclopédie de l'Architecture et de la construction. Paris. Dujardin et C-ie.
- CHATEAU TH.: La technologie du bâtiment, ou étude complète des matériaux de toute espèce employés dans l'art de bâtir. Paris 1866. Ducher.
- CLAUDEL J. et L. LAROCHE: Pratique de l'art de construire. Paris 1870. Dunod.
- DEBAUVE A.: Manuel de l'ingénieur des ponts et chaussées. IV-me Fascicule: Exécution des travaux. Paris 1872. Dunod.
- MILLE: Note sur la détermination du coefficient de qualité des matériaux d'entretien par voie d'expériences directes. Paris. Dunod.
- PRUD'HOMME: Cours pratique de construction. 1883.
- DEBAUVE A.: Procédés et matériaux de construction. Tome III. Matériaux de construction et leur emploi. Paris 1886. Dunod.
- SGANZIN et REIBELL: Programme ou résumé d'un cours des constructions. Livraisons 1 et 2. Paris. Dunod.

- DURAND-CLAYE L. et MICHELOT: Catalogue des échantillons des matériaux de construction, pierres de taille, chaux, ciments, plâtres, réunis par les soins du Ministère de Travaux publics. Paris. Dunod.
- OSLET G.: Cours de construction. Partie civile. Matériaux de construction et leur emploi. Paris 1891. Chairgrasse fils.
- TRESCA: Sur les expériences de résistance de matériaux en France et à l'étranger. Annales du Conservatoire des arts et métiers 1892. Nr. 41.
- Les Méthodes d'Essai des matériaux de construction. Rapport de la Commission d'Unification des méthodes d'essai, sous la présidence de M. A. Picard (Président au Conseil d'Etat), instituée au Ministère des Travaux publics. Paris 1894. Tome I: Documents généraux. Tome IV: Rapports particuliers sur les méthodes d'essai des matériaux d'agregation des maçonneries (ciments, chaux, mortiers, plâtres, puzzolanes, sables).
- WOLFRAM: Vollständiges Lehrbuch der gesammten Baukunst. I. Band: Lehre von den Baustoffen. Stuttgart 1833.
- DEMPP: Lehre von den Baumaterialien. München 1842.
- WOLFRAM: Handbuch für Baumeister. I Theil: Baumaterialien. Quedlinburg 1847.
- LINKE G.: Vorträge über Baumaterialien am k. Gewerbe-Institute und d. k. allg. Bauschule. Berlin 1848.
- SCHMID C.: Die Baumaterialien aus dem unorganischen Reiche. München 1852.
- WEDEKE und ROMBERG: Die Baumaterialienlehre. 1852.
- RUNGE L.: Vorträge über Baumaterialien. Berlin 1853.
- SCHLEEGEL C. F.: Lehre von den Baumaterialien. Leipzig 1857.
- KÖLLECH C.: Die Baumaterialien-Kunde. Braunschweig 1861.
- VISSER J. E.: Die Baumaterialien. Emden 1861.
- KERSTEN E.: Die Baumaterialien-Kunde. Leipzig 1863.
- ENGEL F.: Hochbau-Materialienkunde für Maurer- und Zimmermeister, Bau-Unternehmer etc. Wriezen 1863.
- WENCK J.: Die Lehre von den Baumaterialien. Leipzig 1863
- GRUEBER B.: Allgemeine Baukunde. I Theil: Die Baumaterialien-Lehre. Berlin 1863.
- ZIEGLER C.: Die Lehre von den Baumaterialien für angehende Bauhandwerker. München 1864.
- GERSTENBERGK H.: Katechismus der Baumaterial-Kunde. Berlin 1868.
- Amtlicher Bericht über die Wiener Weltausstellung im Jahre 1873. 2-er Band. Braunschweig 1874.
- BÖHME: Die Festigkeit der Baumaterialien. Berlin 1876.
- LANG C.: Ueber die natürliche Ventilation und Porosität der Baumaterialien. Stuttgart 1877. Meyer u. Zeller.
- SCHMIDT O.: Die Baumaterialien. Karlsruhe 1880. Bielefeld's Verl.
- GOTTGETREU R.: Physische und chemische Beschaffenheit der Baumaterialien. Berlin 1880—1881. J. Springer.
- EXNER W. F., H. HAUENSCHILD und G. LAUBÖCK: Die Technik der wichtigsten Baustoffe (I-er Theil. I-ter Bd. des „Handbuches der Architektur“). Darmstadt 1883. J. P. Diehl (Wyd. 2-ic. 1895 r.)
- MENZEL C. A.: Die Baumaterialien des Maurers. Leipzig 1883.
- Mittheilungen aus dem mechanisch-technischen Laboratorium der kgl. politechnischen Schule in München. (Wychodzi w Monachium od 1873 r. w zeszytach różnej objętości).
- Mittheilungen aus den kgl. technischen Versuchsanstalten zu Berlin (wychodzi w Berlinie od 1883 r.; 6 zeszytów rocznie).
- TETMAJER L.: Mittheilungen der Anstalt zur Prüfung von Baumaterialien am eidgenössischen Polytechnikum in Zürich. (Wychodzi w zeszytach w Zurychu, od 1884 r.).
- Die Baumaterialien der Schweiz an der Landesausstellung 1883. Zürich 1884. Schmidt
- TETMAJER L.: Ueber Wetterbeständigkeit der Baumaterialien. Notitzblatt des Ziegler- und Kalkbrenner-Vereins 1884.
- DIETRICH E.: Die Baumaterialien der Steinstrassen. 1885.
- HAASSENGIER H.: Katechismus für Baumaterialienkunde. Deutsch-Krone 1891.

- JUNGHANS A. und O. KELLER: Technologie. Chemische Grundbegriffe. Baumaterialienkunde. Ziegel-Kalk-Gyps- und Cementfabrikation. Gera 1891. A. Nügel.
- DEBO L.: Die Festigkeit der Baumaterialien. 1891.
- GLINZER E.: Kurzgefasstes Lehrbuch der Baustoffkunde nebst einem Abriss der Chemie. Dresden 1893. G. Küthmann.
- STUDE und REICHEL: Bericht über die am 9, 10 u. 11 Februar 1893 in Berlin vorgenommene Prüfungen feuersicherer Bauconstructions. Berlin 1893. J. Springer.
- BAUSCHINGER J.: Beschlüsse der Conferenzen zu München, Dresden, Berlin und Wien über einheitliche Untersuchungs-Methoden bei der Prüfung von Bau- u. Constructions-Materialien auf ihre mechanische Eigenschaften. München 1893. Th. Ackermann.
- STROTT G. K.: Das wichtigste über die Eigenschaften der im Bauwesen am häufigsten zur Verwendung kommenden Baustoffe, deren Bearbeitung, Conservirung, Prüfung u. s. w. Holzminden 1894. C. C. Müller.
- KOLLER TH.: Künstliche Baumaterialien, ihre Verwendung und Herstellung Frankfurt a/M. 1894. Vorschriften für die Benutzung der kgl. mechanisch-technischen Versuchsanstalt in Charlottenburg. Berlin 1895. J. Springer.
- Die Abtheilung für Baumaterial-Prüfung an der kgl. mechanisch-technischen Versuchsanstalt in Charlottenburg. Centralbl. d. Bauverw. 1895; Nr. 22; str. 242.
- JANKE A. Lehrbuch der Baumaterialien. Köln 1895. P. Neubner.
- DE ROCHEFORT: Stroitelnaja tehnologija i architektura graždanskich zdanij. Część I-a. Stroitelnyje materialy. 1870.
- KOKOWCEW K. K.: Stroitelnoje iskusstwo. Obszezija naczala. Petersburg 1883.
- WŁADOWSKI J.: Technologija stroitelnych materialow. Petersburg 1883.
- BIELELIUBSKIJ N. A.: Mechaniczeskaja laboratorija instituta inženjerow putej soobszczenija 1875—1886. Petersburg 1886.
- BIELELIUBSKIJ N. A. O mechaniczskom ispytanii stroitelnych materialow. „Żurnal ministerstwa putej soobszczenija“ 1885; zes. 11.
- BIELELIUBSKIJ N. A.: Odnoobraznoje ispytanie stroitelnych materialow. Petersburg 1888.
- RADIWANOWSKIJ W. I.: Kurs stroitelnago iskusstwa, czitannyj w szkolje desjatnikow Imperatorskago ruskago Techniczeskago Obszczestwa w 1887 i 1889 godach. Część I.: Stroitelnyje materialy. Petersburg 1889.
- EWALD W.: Chemiczeskij analiz waźniejszych stroitelnych materialow po Durand-Claye. Petersburg 1891.
- CZEREPAZIŃSKIJ M. M.: Kamiennyje stroitelnyje materialy. Petersburg 1892. (Praca ta wymaga znajomości matematyki wyższej).
- EWALD W.: Stroitelnyje materialy. Petersburg 1892.
- TIURIN i TICHOBRZOW: Maszyny dlja ispytanija stroitelnych materialow. Petersburg 1893.

Prace o kamieniach rodzimych i ziemiach.

- STASZYC ST.: O ziemiorodztwie Karpatów. Warszawa 1816.
- JAKOWICKI J.: Mineralogia zastosowana do sztuk, rzemiosl i t. d. Wilno 1827.
- JAKOWICKI J.: Wykład oryktognozyi i początków geognozyi. Wilno 1827.
- ZEISSNER L.: O powstaniu i względnym wieku formacyi bazaltowej. Warszawa 1829.
- JAKOWICKI I.: Obserwacye geognostyczne w guberniach zachodnich i południowych państwa rossyjskiego. Wilno 1830.
- KITAJEWSKI A. M.: Puscha krótki rys geognostyczny Polski i Karpat północnych; z rękopisu niemieckiego. Warszawa 1830.
- ŁABĘCKI H.: Górnictwo w Polsce. Warszawa 1841.
- JAŚTRZĘBOWSKI W.: Mineralogia zastosowana do potrzeb życia praktycznego i rzeczy krajowych. Warszawa 1852.
- HEMPEL J.: Karta geognostyczna zagłębia węglowego w Królestwie Polskiem. 1856.
- ZEUSSNER L.: Geologia do łatwego pojęcia zastosowana. Kraków 1856.

- ZEUSSNER L.: O miocenicznym gipsach i marglach w południowo-zachodniej stronie Królestwa Polskiego. Biblioteka Warszawska 1861; t. 4; str. 230—245, 472—487 i 715—733.
- SZYMAŃSKI K.: O bazaltach i trachitach, oraz ich pierwotnym pochodzeniu. Warszawa 1867.
- ARTH: Pogląd na geologię Galicyi zachodniej. Sprawozdanie Komisji fizyograficznej Akademii Umiejętności za 1871 r. Kraków 1872.
- HEMPEL J.: Kilka słów o karście geognostycznej Römery. Biblioteka Warszawska za 1871 r.
- TREJDOSIEWICZ J.: Geologia (w „Encyklopedyi Rolnictwa“). Warszawa 1872—1875).
- KOSIŃSKI W.: O badaniach i mapach geologicznych Królestwa Polskiego (Tamże).
- Wytrzymałość kamieni budowlanych lubelskich. Przegląd techniczny 1875; z. VI.
- SZKLARZ M.: Mineralogia. Bochnia 1877.
- CZERWIŃSKI J.: Technika materiałów budowlanych. Warszawa 1878.
- OLSZEWSKI ST.: Krótki rys wycieczki geologicznej w W. Ks. Krakowskie. Sprawozdanie Komisji fizyograficznej Akademii Umiejętności za 1878 r. Kraków 1878.
- PUSCH G. G. Nowe przyczynki do geognozyi Polski. Pamiętnik fizyograficzny; t. I—V. Warszawa 1881—1885.
- Kamień jako materiał budowlany. Piaskowiec z kamieniołomu w Drogini pod Myślenicami. Przegląd techniczny 1882; str. 70.
- Kamień ciosowy szydłowiecki. Przegląd techniczny 1882; str. 136.
- WEINBERG M. A. Pierwsza serya wiadomości dotyczących bogactw mineralnych naszego kraju. Inżynieria i Budownictwo 1883; str. 87, 98 i 111.
- Łomy bazaltu w Berestowcu pod m. Równem. Przegl. techn. 1884; str. 24.
- WEINBERG M. A.: Sposoby zużytkowania materiałów surowych naszego kraju. I. Gliny. Inżynieria i Budownictwo 1884; str. 38, 74 i 87.
- MIKOŁAJCZYK A.: Rafy dolomityczne w formacji wapienia muszlowego na Górnym Szląsku. Kosmos 1884.
- Wpływ mrozu na kamienie budowlane. Przegl. techn. 1885; str. 39.
- HAŁACZKIEWICZ: O bogactwie mineralnym w Królestwie Polskiem. Inżynieria i Budownictwo 1885; str. 6, 18, 36, 62 i 79.
- HAŁACZKIEWICZ: Zużytkowanie materiałów surowych Królestwa Polskiego. Inżynieria i Budownictwo 1885.
- LUBIEŃSKI J.: Zasoby mineralne krajowe, ich skład, własności i sposób zużytkowania w przemyśle i handlu. Inżynieria i Budownictwo 1885; str. 20, 48.
- LUBIEŃSKI J.: Sprawozdanie z podróży odbytej w celach poszukiwań geologicznych po Galicyi, gub. wołyńskiej i podolskiej. Inżynieria i Budownictwo 1885.
- Ściąganie się glin wysychających. Przegląd techniczny 1887; str. 19.
- SZAJKOCHA W.: Przemysł górniczy galicyjski na wystawie krajowej w 1877 r. Kraków 1888.
- Wytrzymałość kamieni na działanie mrozu. Czasopismo techniczne 1889; Nr. 1.
- ZARĘCZNY S.: Studya geologiczne w Krakowskim okręgu. Sprawozdanie Komisji fizyograficznej Akademii Umiejętności 1887—1890 r.
- Przyczyny psucia się kamieni budowlanych i środki zaradcze. Przegląd techniczny 1889; str. 11.
- BIELELUBSKI M.: Kamienie budowlane znajdujące się w łomach położonych w pobliżu drogi żel. Iwangrodzko-Dąbrowskiej. Przegląd techniczny 1889; str. 53.
- Ocena łupku używanego do krycia dachów. Przegl. techn. 1889; str. 111.
- LESKI J.: Badanie glin. Przegląd techniczny 1889; z. V, VI i VII.
- SIEMIRADZKI i DUNIKOWSKI: Szkic geologiczny Królestwa Polskiego i krajów przyległych. Pamiętnik fizyograficzny; t. XI; Warszawa 1890. (Odbitka wyszła w Warszawie 1891 r.)
- RACIBORSKI M.: Permo-karbońska flora karniowicznego wapienia. Kraków 1891. Wyd. Akad. Um.
- DAN J.: Podręcznik geologii. Spolszczył dr. J. Siemiradzki. Warszawa 1891.
- SOLTYŃSKI A.: Bazalt krajowy. Przegląd techniczny 1893; str. 139.
- Korzyści wynikające z badań składu chemicznego kamieni używanych do budowy. Przegląd techniczny 1894; str. 171.
- ALTH A., BIENIASZ F., ZUBER R., ZARĘCZNY ST., DUNIKOWSKI E.: Atlas geologiczny Galicyi. Kraków. Nakład Spółki wydawniczej polskiej.
- BRARD: Manuel du Minéralogiste et Mineralogie appliquée aux arts. 1829.

- BOUÉ : Coup d'oeil d'ensemble sur les Carpathes etc. Mémoires de la Société géologique de France. Première Série. Tome I-e; 2-e partie. Paris 1834.
- LILL DE LILLENBACH : Journal d'un voyage géologique fait à travers toute la chaîne de Carpathes etc. Mémoires de la Société géologique de France Première Série. Tome I-e; 2-e partie. Paris 1834.
- VERNEUIL : Mémoire géologique sur la Crimée. Mémoires de la Société géologique de France. Première Série. Tome III-e; I-e partie. Paris 1838.
- MALÉCOT L. : Notice sur les matériaux de construction employés en Belgique, comme pierres de taille. Bruxelles et Liège 1866.
- HEMPEL J. : Description géologique des environs de Kielce, de Chenciny et de Malagoszcz, situé au centre de la Pologne. Annales des mines 1867; tom 12-ty seryi 6-ej; str. 141—183.
- ARNAUD : Les marbres de France. Moniteur des arch. 1870—1871.
- DEBAUVE A. : Manuel de l'ingénieur des ponts et chaussées. 3-e Fascicule. Géologie et Minéralogie. Paris 1872. Dunod.
- FOUQUÉ et LÉVY-MICHEL : Minéralogie micrographique. Roches éruptives françaises. Paris 1879. Baudry.
- TERRIER CH. : Les pierres à bâtir de la France. Paris 1880.
- Origine et composition des principales roches employées dans la construction. Gaz. des arch. et du bât. 1880; str. 3, 34, 38, 44, 56, 63, 67 i 81.
- DURAND-CLAYE : Chimie, appliquée à l'art de l'ingénieur. Paris 1885.
- JAGNAUX : Minéralogie chimique. Paris 1885.
- JANNETTAZ ED. : Les roches. Description et analyse au microscope de leurs éléments minéralogiques et de leur structure. Paris 1885. Rotschild.
- MEUNIER STANISLAS : Éléments de géologie. Roches. Paris. Dunod.
- TERQUEM O. : Les Foraminifères et les Ostracodes de Fuller's-Earth des environs de Varsovie. Mémoires de la Société géologique de France. Troisième Série: Tome IV-e; 2-e partie. Paris 1886.
- Des causes d'usure des pierres et des moyens proposés pour y remédier. Annales des ponts et chaussées 1887. Décembre; str. 767.
- NIVOIT E. : Géologie appliquée à l'art de l'ingénieur. Tome I-e. Phénomènes géologiques. Minéraux. Roches fossiles. Paris 1887. Baudry.
- KNAB L. : Les Minéraux utiles et l'exploitation des mines. Paris 1888. J. B. Baillière.
- LÉVY A. MICHEL et LACROIX A. : Les Minéraux des roches. 1-o Application des méthodes minéralogiques et chimiques à leur étude microscopique 2-o Données physiques et optiques. Paris. 1888. Baudry.
- LÉVY : Structure et classification des roches éruptives. Paris 1889. Baudry.
- CASTELNAU F. : Aide-mémoire de géologie contenant les connaissances indispensables aux élèves des écoles secondaires et aux ingénieurs. Paris 1889. Michelet.
- JAGNAUX : Traité de minéralogie appliquée aux arts, à l'industrie, au commerce et à l'agriculture. Paris. Baudry.
- SIMONIN : La richesse minérale de la France. Paris. Baudry.
- DUNKEL : Topographie et consolidation des carrières sous Paris. Paris Baudry.
- CESSARO G. : Note sur la vitesse d'attaque du marbre et du spath d'Island par quelques acides. Paris. Baudry.
- MOURET G. : Études de gîtes minéraux de la France, publiées sous les auspices de M. le Ministre de Travaux publics, par le Service des topographies souterraines. Paris. Imp. nationale.
- Recherches statistiques et expériences sur les matériaux de construction. Répertoire des carrières de pierre de taille, exploitées en 1889; publié par le Ministère des Travaux publics. Paris 1890. Baudry.
- LE VERRIER U. : Note sur la formation des roches éruptives. Marseille 1890.
- LÉVY-MICHEL A. et A. LACROIX : Tableaux des minéraux des roches. Résumé de leur propriétés optiques, cristallographiques et chimiques. Paris 1890. Baudry.
- BLOCH F. : Note sur l'emploi du silicate de potasse pour la peinture des façades ou murs extérieurs des édifices Nancy 1892.

- LACROIX A.: Mineralogie de la France. Tome I-e; 1-e partie. Paris 1893. Baudry.
- PISANI F.: Les Minéraux usuels et leur essai chimique sommaire. Paris 1893. G. Masson.
- FUCHS E. et LAUNAY: Traité des gîtes minéraux et métallifères. Paris 1894. Baudry.
- BUCH L.: Geognostische Uebersicht von Neu-Schlesien. Berlin 1805.
- PUSCH G. G.: Geognostische Beschreibung von Polen. Stuttgart u. Tübingen 1833—1836.
- PUSCH G. G.: Ueber die geognostische Verhältnisse von Polen. Karsten's Archiv für Berg- u. Hüttenkunde. XII Band. 1839.
- ARICH: Ueber die Natur und Zusammensetzung der vulkanischen Bildungen. Braunschweig 1841.
- SCHMID C.: Beschreibung der vorzüglichsten, technisch nutzbaren Gebirgsgesteine. 1852.
- ZEPHAROVICH V.: Mineralogisches Lexikon für das Kaiserreich Oesterreich. Wien 1859.
- PAULSSSEN W.: Die natürlichen und künstlichen feuerfesten Thone. Weimar 1862.
- ZEUSSNER L.: Die Entwicklung der Jura-Formation im westlichen Polen. Zeitschrift d. deut. Geolog. Gesellschaft. XVI Bd. 1864. (Toż samo w języku polskim w „Bibliotece Warszawskiej“ za 1864 r.).
- REBHANN G.: Gewicht und Festigkeit der in Wien verwendeten Bausteine. Zeitschrift der österr. Ingenieur- u. Architekten Vereins 1864.
- Die Baumaterialien des Mineralreiches im Kanton St.-Gallen. St.-Gallen 1865.
- ECK H.: Ueber die Formation des bunten Sandsteines u. des Muschelkalkes in Oberschlesien. Berlin 1865.
- TSCHERMAK G.: Ueber Porphyre aus der Gegend von Novagora bei Krakau. Sitzungsbericht d. kais. Akademie d. Wissenschaften in Wien. Band LI. Wien 1865.
- HOHENEGGER K.: Geognostische Karte des ehemaligen Gebietes von Krakau, zusammengestellt von C. Fallaux. Wien 1866.
- ZEUSSNER L.: Ueber die rothen und bunten Thone im südwestlichen Polen. Zeitschrift d. deut. Geolog. Gesellschaft. XVIII Band. 1866.
- ZEUSSNER L.: Ueber die verschiedenen Formationen auf die sich die Jura in Polen abgesetzt hat. Neues Jahrbuch für Mineralogie. Berlin 1866. (Toż samo po rossyjsku w czasopiśmie: „Zapiski Imperatorskago mineralogiczeskago obszczestwa“ za 1868 r.)
- ROEMER F.: Geognostische Beobachtungen im polnischen Mittelgebirge. Zeitschrift d. deut. Geolog. Gesellschaft XVIII Band. 1866; str. 667—685.
- Zur Ermittlung der Frost- u. Wetterbeständigkeit der natürlichen und künstlichen Bausteine. Haarmann's Zeitschrift f. Bauhandwerker 1866; str. 133.
- BUCH L.: Gesammelte Schriften. I Band. Berlin 1867.
- ROEMER F.: Geologie von Oberschlesien. Breslau 1870.
- NEUMANN C. F.: Lehrbuch der Geognosie. Leipzig 1872.
- Die Bausteinindustrie d. österr.- ung. Monarchie. Zwick's Jahrbuch f. Baugewerbe 1872; str. 139.
- Festigkeit französischer Werksteine. Zeitschrift d. Arch.- und Ing.- Vereins zu Hannover 1872; str. 174.
- Druckfestigkeit der Bausteine. Zeitschrift d. österr.- Ing.- u. Arch.- Vereins 1873; zes. 13—15.
- DECHEN: Die nützlichen Mineralien und Gebirgsarten im Deutschen Reich. 1873.
- GURESCH: Festigkeitsproben mit Granit, Trachit, Sand- u. Kalkstein. Zeitschrift d. österr. Ing.- u. Arch.- Vereins 1874; zes. 6—12.
- BISCHOF C.: Die feuerfesten Thone, deren Vorkommen, Zusammensetzung, Untersuchung, Behandlung u. Verwendung. 1876.
- BÄUMER: Marmor und Mosaik in der Architektur. Leipzig 1876.
- HAUENSCHILD H.: Studien über die Physik des Sandes. Deutsche Töpfer- u. Ziegler-Zeitung 1877; str. 382.
- SENET F.: Gesteins- u. Bodenkunde. Berlin 1877.
- BÄUMER W.: Oesterreichische Marmorbrüche. Zeitschrift d. niederösterreichischen Gewerbe-Vereins 1878; str. 410 i 424.
- MURALT H.: Die Bausteine der Schweiz. Technische Mittheilungen des schweizerischen Ing.- u. Arch.- Vereins. Zürich 1878; zes. 12.
- Steinbrüche in Belgien. Wochenblatt d. österr. Ing.- u. Arch. Ver. 1878; str. 189.

- CREDNER H.: Elemente der Geologie. Leipzig 1878.
- Der vulkanische Tuff als Baustein. Wochenbl. d. österr. Ing.- u. Arch. Ver. 1879; str. 101.
- HAUENSCHILD H.: Katechismus der Baumaterialien. I Theil. Die natürlichen Bausteine. Wien 1879. Lehmann u. Wenzel.
- SENF F.: Die Thonsubstanzen (Kaolin, Thon, Löss, Lehm, Letten u. Mergel) nach Entstehungsweise, Bestand, Eigenschaften u. Ablagerungsarten. 1879.
- BLAAS J.: Katechismus der Petrographie. 1882.
- STROTT G. R.: Einiges über Gyps u. Kalkstein, Alabaster u. Marmor. Halle 1883. Knapp.
- SCHWARTZE TH.: Die Steinbearbeitungsmaschinen. Leipzig 1885.
- JOCHUM P.: Die Bestimmung der technisch wichtigsten physikalischen Eigenschaften der Thone. Berlin 1885. J. Horowitz.
- ROSENBUSCH: Microscopische Physiographie der Mineralien und Gesteine. Stuttgart 1885—1888.
- LASAULX A.: Einführung in die Gesteinslehre. Breslau 1886.
- POLACK F.: Gewinnung und Bearbeitung von Bausteinen (Handbuch der Ingenieurwissenschaften. IV Band; III Abth.; 1-e Liefer.; XI Kap.). Leipzig 1887. W. Engelmann.
- CHATELIER's Versuche über den Einfluss der Wärme auf verschiedene Thone. Dingler's polyt. Journal. 1887.
- GARY M.: Zur Frage der Frostbeständigkeit der Bausteine. Centralblatt der Bauverwaltung 1887; str. 371.
- Einfluss der Bearbeitung auf die Frostbeständigkeit der natürlichen Steine. Zeitschrift f. Bauwesen. 1887; str. 479.
- BLÜMCKE AD.: Ueber das Verwittern von Materialien. Centralbl. d. Bauverwaltung. 1888; str. 491.
- KOSMANN B.: Die Marmorarten des Deutschen Reiches. 1888.
- TRAUBE H.: Die Minerale Schlesiens. Breslau 1888.
- TIEZKE E.: Die geognostischen Verhältnisse der Gegend von Krakau. Wien 1888.
- KOSMANN B.: Oberschlesien etc. Gleiwitz 1888.
- KRÜGER R.: Die natürlichen Gesteine. Wien 1889. A. Hartleben.
- BÖHME: Untersuchungen von natürlichen Gesteinen auf Festigkeit, spezifisches Gewicht, Härtegrad, Wasseraufnahme, Cohäsionsbeschaffenheit u. Wetterbeständigkeit (bildet Heft II der Ergänzungshefte zu den Mittheilungen a. d. kgl. techn. Versuchsanstalten zu Berlin). Berlin 1889.
- Ursachen der Verwitterung der Bausteine. Riga'sche Industrie-Zeitung. 1889; Nr. 24.
- Chloritschiefer-Denkmale in Klagenfurth. Wochenbl. d. österr. Ing.- u. Arch. Vereins. 1889; Nr. 29.
- Diatomeen-Erde. Centralbl. d. Bauverwaltung. 1889; Nr. 37.
- GARY M.: Die deutschen, natürlichen Bausteine in Bezug auf ihre Festigkeit und physikalische Eigenschaften. Centralbl. d. Bauverwaltung. 1890; Nr. 5A; str. 53. (W tymże przedmiocie uwagi prof. Bauschinger'a w Nr. 7 tegoż czasopisma, str. 72).
- GARY M. u. J. BAUSCHINGER: Versuche über die Frostbeständigkeit natürlicher u. künstlicher Bausteine. Centralbl. d. Bauverwaltung. 1890; Nr. 28, 31, 33 i 35.
- BOLTON WERNER: Ueber die Prüfung der Gesteine auf ihre Wetterbeständigkeit mit besonderer Berücksichtigung der Sandsteine. Dingler's polyt. Journal. 1890; t. 278; str. 303.
- KIESELGUHR (Infusorienerde). Dingler's polyt. Journal. 1890. Tom 275-ty; zesz. 7.
- BEIER R.: Der Granit, seine Bestandtheile, Gewinnung u. Bearbeitung. Berlin 1891. A. Seydel.
- Druckversuche mit Steinen und Mauerwerk. Wochenbl. d. österr. Ing.- u. Arch. Vereins. 1891; Nr. 51.
- TOULA F.: Microscopische Untersuchungen der Gesteine. Wochenbl. d. österr. Ing.- u. Arch. Vereins. 1891; str. 54.
- KOCH H.: Die natürlichen Bausteine Deutschlands. Berlin 1892. E. Tocche.
- HANISCH A.: Resultate der Untersuchungen mit Bausteinen der Oesterr.-Ung. Monarchie. Wien 1892. C. Graeser.
- Die härtende Wirkung der Kessler'schen Fluat auf Sandstein. Centralbl. d. Bauverwaltung. 1893; Nr. 17.
- BOLTON WERNER: Die Prüfung klastischer Gesteine auf ihre Verwitterbarkeit. Dingler's polyt. Journal. 1893; tom 289-ty, zesz. 2.
- ZIRKEL F.: Lehrbuch der Petrographie. Leipzig 1894. W. Engelmann.
- KOCH: Nutzen der chemischen Untersuchung von Bausteinen. Centralbl. d. Bauverwaltung. 1894; str. 27.

- HÖFER H.: Zur Beurtheilung der Wetterbeständigkeit der Bausteine. Zeitsch. d. osterr. Ing.- u. Arch. Vereins. 1894; Nr. 26; str. 341.
- HAUENSCHILD H.: Härtung von weichem Sandstein. Deut. Bauztg. 1894; Dingler's polyt. Journal. 1894; t. 294; z. 10; str. 238.
- Die Kessler'schen Fluats. Neue Mittel zur Erhärtung und Conservirung von weichen Kalksteinen, Sandsteinen, Mörtel, Cementwaaren, Gyps und Thonwaaren Nach der 6 französischen Auflage übersetzt von H. Hauenschild. Berlin 1895. A. Seydel.
- Steinconservierungsmittel „Testalin“. Dingler's polyt. Journ. 1895; t. 297; z. 5; str. 119.
- KNOCH A.: Der Dachschiefer in der Praxis. Berlin 1895. W. Ernst u. Sohn.
- WEHER M.: Das Schleifen, Polieren, Färben u. Künstlerische Verziern des Marmors, sowie auch aller anderer Steinarten etc. Weimar 1895. B. F. Voigt.
- HANISCH A.: Frostversuche mit Bausteinen der oesterr.-ungar. Monarchie. Wien 1895. C. Graeser.
- DEBOU J.: Tipograficzekoje i staticzeskoje opisanie orenburgskoj gubernii. 1837.
- KIPRANOW W.: Opisanie moskowskoj gubernii w stroitelnom odnoszenii. 1856.
- COTTA B.: O mjestorożdzenjach poleznych iskopajemych w okrestnostjach Dombrowy. „Gornyj Żurnal“. 1860; t. I.
- PODYMOWSKI J.: Istorija gornoj promyslennosti w Carstwje Polskom. „Gornyj Żurnal“. 1870; t. II
- TREJDOSIEWICZ J.: O perechodnych formacijach Kieleckich gor w Carstwje Polskom. Warszawa 1872.
- JURKIEWICZ K.: Melowaja formacija w Liublinskoj gubernii. Warszawa 1872.
- INOSTRANCEW A.: Geologiczeskija izsledowanija na sjewerje Rossii w 1869 i 1870 godach. 1872.
- CHOROSZEWSKI J.: Istoriceskij i staticzeskij obzor razwitija gornozawodskoj promyslennosti w Carstwje Polskom i w Zapadnom gornom okrugje. „Gornyj Żurnal“. 1874; t. I.
- MOKIEWSKI J.-ZUBOK: Geologiczeskij oczerk kamenno-ugolnoj formacii Bendinskago ujezda. Warszawa 1879.
- KARPINSKI J.: Opisanie glawniejszich gornych porod. 1879 (*druk. jako rękopis*).
- Oczerk mjestorożdzenij poleznych iskopaemych w Ewropejskoj Rossii i na Uralje. Izdanie Gornago Departamenta. Petersburg 1881.
- MIKLASZEWSKI P.: Mjestorożdzenja ogniepornych materialow w Rossii i sposob wydjelki ognieupornych izdjelij. 1881.
- MELNIKOW M.: Ilmenskija mineralnyja kopi. 1882.
- CZERMAK G.: Uczebnik mineralogii. 1884.
- GLINKA S.: O strocnii i izmjenenijach gornych porod. Żurnal Ministerstwa Putej Soobszczenija. 1886.
- MELNIKOW M.: Obrabotka cwtjetnych kamnej w Ekaterynburgje. 1886.
- MICHALSKI J.: Geologiczeskij oczerk jugozapadnoj czasti Petrokowskoj gubernii. Izwjestija geologiczeskago Komiteta za 1886 god. Petersburg 1886.
- WAGNER: Priloženie geologii k inženiernomu djelu. 1887.
- TANNENBAUM: K woprosu o sposobach sochranenija kamennyh pamjatnikow i drugich sooruzenij. Żurnal Ministerstwa Putej Soobszczenija. 1887.
- INOSTRANCEW A.: Geologia. Obszczij kurs. 1887—1889.
- ŁACHTIN N.: O wywjetriwanii kamennyh stroitelnych materialow. Petersburg 1890.
- RADIWANOWSKI W. J.: Stroitelnyje materialy. Zeszyt I: Estestwennyje kamni. 1890.
- MELLER W. I.: Poleznyja iskopajemyja i mineralnyja wody kawkazkago kraja. 1889. (Z uzupełnieniami wydanemi w 1890 r.).
- GLINKA S.: Kamennyje stroitelnyje materialy. Petersburg 1891.
- LEWINSON-LESSING F.: Tablicy dla mikroskopiczeskago opredjelenja porodoobrazujuszczich mineralow 1891.
- MUSZKETOW: Fizyczeskaja Geologia. Petersburg 1891.
- LEBEDJEW G.: Uczebnik mineralogii. 1891.
- MALJUGA I.: Estestwennyje stroitelnyje materialy. 1892.
- LEMPICKI M. M.: Geologiczeskaja gorno-promyslennaja karta Polsko-Silezskago kamennougolnago bassejna, s pojasnitelnoju zapiskoju. Petersburg 1892. Izdanie Gornago Departamenta.
- KRICZAGIN: Uczebnik mineralogii i fiziczeskoj geologii dla srednich uczebnych zawedenij. 1892.

AZANCZEJEW J.: Kamenolomni i razrabotki prostych poleznych iskopaemych w Rossii. Petersburg 1894. Wydanie Departamentu górniczego.

Prace o kamieniach sztucznych palonych.

Nauka wyrobu i wypalania dobrych cegieł i dachówek, jako też zakładania cegielni. Bochnia 1847. P. Schaller'a Ceglarz doskonaly. Warszawa 1858.

Cegła ogniotrwała krzeszowicka. Przegl. techn. 1875; z. III.

Piec kanałowy Bock'a do cegły. Przegl. techn. 1877; z. I i IV.

CZERWIŃSKI J.: O ceglach starożytnych. Inżynierya i Budown. 1882; str. 190.

Próby wytrzymałości na zgniecenie cegły z okolic Warszawy. (Tłumaczenie rozprawy Jelenkin'a, opatrzone przypiskami). Przegl. techn. 1883; z. X; str. 79.

Wpływ wapna na dobroć gliny ceglarskiej. Przegl. techn. 1885; z. I; str. 17.

HEURICH J.: Wyroby strycharskie na wystawie przemysłowo-rolniczej w Warszawie w 1885 r. Przegl. techn. 1886; z. IX; str. 208.

Nowa mierzarka nożowa do gliny w cegielniach. Przegl. techn. 1887; z. IV; str. 106.

Cegła żelazista. Przegl. techn. 1888; z. VII; str. 155.

Zastosowanie oleju skalnego do wypalania cegieł. Przegl. techn. 1889, z. IX; str. 272.

WILKOŃSKI F. O.: Ceglarstwo. Głina i jej własności; przyrządzanie i wyrób dobrej cegły wszelkich gatunków, cegły ozdobnej, gżemsów, rur drenowych, dachówek i t. p. Warszawa 1892.

LUBIEŃSKI J.: Ceglarstwo (w tomie II „Przemysłu Rolniczego“). Warszawa 1892.

MÜNNICH T.: Przemysł garncarsko-ceramiczny na powszechnej wystawie krajowej we Lwowie 1894 r. Przegląd techn. 1894; z. XI; str. 266.

ROZET: Manuel de briquetier et tuilier.

BRONGNIART A.: Traité des arts céramiques. Paris 1854.

CHALLETON de BRUGHAT F.: L'art du briquetier. Paris 1861.

La fabrication de briques, de produits céramiques, de chaux et ciment. Paris 1867.

BONNEVILLE P. et L. JAUNEZ: Les arts et les produits céramiques. La fabrication des briques et des tuiles. Paris 1873.

FOYOD F.: Rapport au sujet de l'adoption d'une brique normale suisse Lausanne 1883.

SALVÉTAT A.: Leçons de céramique. Paris-Dunod.

FOY J.: La céramique des constructions. Briques, tuiles, carreaux, poteries, carrelages céramiques. Paris 1884. Ducher.

LEJEUNE E.: Guide de briquetier, du fabricant de tuiles, carreaux, tuyaux et autres produits en terre cuite. Paris 1885. Tignol.

CHABAT P.: La brique et la terre cuite. Paris. 1886. Morel.

PACKH: Neue Bauart mit hohlen Quaderziegeln etc. Pesth. 1831.

SCHLICKEYSEN C.: Die Maschinen-Ziegelei. Berlin 1860.

VICAT E.: Neueste Fortschritte in der Ziegel-Fabrikation. Leipzig 1863.

SCHLESINGER J.: Der Bau der Ziegelbrennöfen. 1866.

VICAT E.: Ziegel- und Cementfabrikation. Berlin 1868.

WERKEN G.: Das Ganze der Ziegel-Fabrikation. Altona 1868.

Auswitterung der Ziegelsteine bei Rohbauten. Jahrbuch der Baugewerbe. IV Jahrgang. 1873.

BOCKELBERG: Ueber Ziegelfabrikation. Zeitschrift d. Ver. deut. Ing. 1874; zeszyt. 1—3.

Officieller Ausstellungs-Bericht über die Wiener-Weltausstellung 1873. Heft 24. E. Teirich: Die Thonwaaren-Industrie. — Heft 24. E. Teirich: Die Maschinen und Werksvorrichtungen in der Thonwaaren-Industrie. Wien 1874.

JEEP W.: Ziegel- und Kalköfen. Leipzig 1876.

LIEBOLD B.: Die neuen continuirlichen Brennöfen zum Brennen von Ziegelsteinen, Thonwaaren, Chamotte-Cement- und Kalkstein. Halle 1876.

LIEBOLD B.: Die Trockenanlagen für Ziegeleien. Leipzig 1877.

ZWICK H.: Die Natur der Ziegelthone und die Ziegelfabrikation der Gegenwart. Wien 1878. A. Hartleben.

- KERL B.: Handbuch der gesammten Thonwaarenindustrie. Braunschweig 1879.
- OLSCHEWSKY W.: Vergleichende Untersuchungen einiger Ziegelerden im rohen und gebrannten Zustande. Freiburg 1879.
- OTZEN J.: Ueber Normalien auf dem Gebiete der Verblend- und Formsteinfabrikation. Deutsche Bauzeitung. 1879; str. 95.
- NEUMANN R.: Ueber den Backstein. Berlin 1879.
- OLSCHEWSKY W.: Katechismus der Ziegelfabrikation. Wien 1880. Lehmann u. Wenzel.
- KOORT W.: Neuerungen in der Thonwaarenindustrie. Dingler's polyt. Journal. 1880; tom 270-ty; zes. 6 i 7.
- Schäden an Backsteinbauten. Notitzbl. d. Ziegler- u. Kalkbrenner-Vereins. 1881.
- ECKHARDT A.: Die Construction der Brennöfen für Ziegeleien und Thonwaaren-Fabriken. 1881.
- KOCH A.: Normen für die Anfertigung und Verwendung von Ziegelsteinen. Herausg. v. Schweizer. Ing.- u. Arch. Ver. Zürich 1882.
- KNÄBEL: Anlage und Einrichtung von Ziegeleien. Leipzig 1882. K. Scholtze.
- OSTHOFF G.: Die Klinker und Klinkerstrassen. Leipzig 1882. K. Scholtze.
- Ueber den Einfluss, welchen kohlsaurer Kalk im Thone auf die Qualität der gebrannten Fabrikate ausübt. Notitzbl. d. Ziegler- und Kalkbrenner-Vereins. 1883.
- ECKHARDT A.: Technik des Verblendsteines. 1884.
- KUHNOW A.: Verwitterungen an Berliner Rohbauten. Beitrag zur Untersuchung des Ziegelmaterials. Berlin 1884. A. Seydel.
- OLSCHEWSKY W.: Die Ursachen der Verwitterung bei Verblendsteinen und Terrakoten. Halle a. S. 1885. W. Knapp.
- OTZEN J.: Grundsätze der Formsteinverwendung. Thonindustrie Zeitung. 1887; Nr. 30 i 31.
- Jochum'sche deutsche Eisenstein-Klinker. Zeitschr. d. Ver. deut. Ing. 1887; str. 873.
- HOFFMANN K. E.: Ueber Fortschritte im Ziegeleiwesen. Wochenbl. für Baukunde 1888; Nr. 15. Ziegelmaschine von Bradley u. Craven. Zeitsch. d. Ing.- u. Arch. Vereins zu Hannover. 1888; zes. I.
- HOTOP E.: Brennofen in der Ziegelei und Thonwaarenfabrik von E. Hotop. Berlin 1889.
- Fortschritte in der Thonindustrie. Dingler's pol. Journal. 1889; t. 272-i; z. 9 i 10.
- OLSCHEWSKY W.: Prüfung und Begutachtung von Thon; w czasopiśmie „Ziegel und Cement“ za 1890 r.
- SEGER: Zur Frage der Wetterbeständigkeit altrömischer Ziegel und Mörtel. Centralbl. d. Bauverwaltung. 1890; str. 90.
- HEUSINGER v. WALDEGG: Die Ziegel-Röhren- und Kalkbrennerei. I-er Theil: Die Ziegel- u. Röhrenbrennerei. Leipzig 1891. Th. Thomas.
- STEINBRECHT G.: Die Steingutfabrikation. Wien 1891.
- Fortschritte in der Thonindustrie. Dingler's pol. Journal. 1892; t. 284-ty.
- BOCK O.: Die Ziegelei als landwirthschaftliches und selbständiges Gewerbe. Berlin 1893. P. Parey.
- HARTIG: Ueber Backsteine mit hohem Kalkgehalte. Civilingenieur. 1893; z. 4; str. 319.
- NEUMANN F.: Die Ziegelfabrikation. Achte Aullage, bearbeitet von O. Bock. Weimar 1894. B. F. Voigt.
- DÜMLER K.: Die Ziegel- u. Thonwaaren-Industrie in den Vereinigten Staaten und auf der Weltausstellung in Chicago 1893. Halle a. S. 1894. W. Knapp.
- Verwendung von Verblendplättchen. Deutsche Bauztg. 1894; str. 596 i Dingler's pol. Journal. t. 294; z. 12; 1894; str. 288.
- Nastawlenie k proizvodstwu gonzarnych izdjelij. 1857.
- FOK: Rukowodstwo selskim kirpicznikom. 1874.
- MELNIKOW: Maszinnoje proizvodstwo czerepij. 1878.
- Rukowodstwo k wydjelywaniju czerepij i k wozwedeniju czerepicznych krysz. Petersburg. 1881.
- JELENKIN A.: Opyty nad soprotiwleniem kirpicza razdroblieniju. Inżeniernyj Żurnal. 1883. Nr. 4.
- MALJUGA I.: Ocjenka glinjanych stroitelnych materialow. Petersburg 1888.
- NERING I.: Kolceobraznaja kirpicze-obżigatel'naja piecz systemy F. Hofmana. 1890.
- TERLECKIJ G. N.: Rukowodstwo k proizvodstwu gonzarnych i drugich glinjanych izdjelij. 1892.

- WEBER K. K.: Praktyczeskoje rukowodstwo po proizvodstwu kirpicza, czerepicy, drenażnych trub, terrakotowych izdzelij i proczago licewago towara dlja architekturnago iskusstwa. 1893.
- ZARJECKI: Goncezarnyj promysel w poltawskoj gubernii. 1894.
- DMITRIEW K.: Krestjanskija kirpicznija izby i czerepicznija krysz. Ruczna ja wydjelka kirpicza i czerepicy. 1893.

Prace o zaprawach:

- KUTSCHERA T.: O wapnach hydraulicznych i cementach. Lwów 1856.
- ERTEL L.: O użyciu cementu w ogólności i opis cementów krajowych. Warszawa 1871.
- UDERSKI E.: O robotach z cementu. Lwów 1871.
- PETION E.: Wapno, cement, gips i zaprawy mularskie. Przegl. techn. 1878; z. VII—X.
- Wapienie hydrauliczne krajowe. Przegl. techn. 1878; z. IV; str. 256.
- SZAFARSKI W.: O cemencie portlandzkim Inżynierya i Budownictwo. 1882.
- Falszowanie cementu portlandzkiego. Przegl. techn. 1883; z. XI; str. 96.
- Tripolit (Trójkamieniak). Warszawa 1885.
- Domieszka żużłu wielkopieczowego do cementu. Przegl. techn. 1885; z. III; str. 64.
- Utrwalanie wyrobów gipsowych. Przegl. techn. 1885; z. VI; str. 134.
- HEURICH J.: Wapno, cement, gips, trójkamieniak (tripolit) i inne materiały używane do zapraw wiążących, przedstawione na wystawie przemysłowo-rolniczej w Warszawie w 1885 r. Przegl. techn. 1885; z. IX; str. 209.
- Wpływ piasku zawierającego próchnicę na zaprawę cementową. Przegl. techn. 1888; z. V; str. 111.
- SZCZENIOWSKI Szcz.: Cementy żużłowe. Przegl. techn. 1888; z. XI; str. 272.
- Cukier jako przymieszka do wapna. Przegl. techn. 1888; z. XI; str. 280.
- THULLIÉ M.: Wytrzymałość cementów. Przegl. techn. 1889; z. VII; str. 197.
- WILEŃSKI P.: Oznaczenie składu zapraw cementowych. Przegl. techn. 1889; z. VII; str. 197.
- Wpływ mrozu na świeże zaprawy wodotrwałe. Przegl. techn. 1889; z. III; str. 72.
- Magnezya w cementach portlandzkich. Przegl. techn. 1889; z. III; str. 72.
- Spostrzeżenia nad powiększaniem się objętości zapraw, zawierających w sobie magnezją. Przegl. techn. 1889; z. V i VI; str. 155.
- THULLIÉ M.: Wytrzymałość betonu na złamanie. Przegl. techn. 1890; z. V; str. 108.
- Wytrzymałość zapraw cementowych zawierających magnezją. Przegl. techn. 1890; z. VII; str. 162.
- Doświadczenia nad wytrzymałością betonów. Przegl. techn. 1890; z. VII; str. 163.
- Wytrzymałość cementu z żużli wielkich pieców. Przegl. techn. 1890; z. IX; str. 208.
- O hartowaniu gipsu. Czasopismo techniczne. 1891. Nr. 16.
- Fabrykacja i właściwości cementu żużłowego. Przegl. techn. 1893; z. VIII; str. 180.
- DOBRYŃSKI H.: O zachowaniu się cementu portlandzkiego wobec niektórych chlorków. Przegl. techn. 1894; z. IV; str. 93.
- Wyroby cementowe ze szkieletem żelaznym systemu Cottancin. Przegl. techn. 1895; z. I; str. 17.
- O wytrzymałości rur i zbiorników z cementu i żelaza. Przegl. techn. 1895; z. IX; str. 211.
- Most na rzece Saale podług systemu Monier'a i jego próby. Przegl. techn. 1895; z. IX; str. 215.
- DE LA FAYE: Recherches sur la préparation que les Romains donnaient à la chaux etc. 1777.
- RAUCOURT DE CHARLEVILLE: Traité sur l'art de fair de bons mortiers. 1822.
- VICAT: Résumé sur les mortiers et ciments calcaires. 1828.
- PETOT: Étude sur la chaux. 1828.
- FÉRET: Compacité des mortiers hydrauliques. Paris. Dunod.
- VICAT: Recherches expérimentales sur les chaux de construction, les bétons et les mortiers. Paris 1833.
- Rozprawy Vicat'a w „Annales de chimie et physique“ za 1823 r. i Minard'a w temże czasopiśmie za 1853 r. (str. 198).
- VICAT: Résumé des connaissances positives actuelles sur les qualités, le choix et la convenance reciproque des matériaux propres à la fabrication des mortiers et ciments calcaires. Paris. Dunod.

- VICAT: Nouvelles études sur les pouzzolanes artificielles, comparées à la pouzzolane d'Italie dans leur emploi en eau douce et eau de mer. Paris. Dunod.
- VICAT: Recherches statistiques sur les substances calcaires à chaux hydraulique et à ciment. Paris. Dunod.
- VICAT: Recherches sur les causes chimiques de la destruction des composés hydrauliques. Paris. Dunod.
- GOBIN: Fabrication des chaux hydrauliques. Paris. Dunod.
- GOBIN: Fabrication et propriétés des ciments d'Isère. Paris. Dunod.
- LEPÈRE G.: Recueil de divers mémoires sur les pouzzolanes naturelles et artificielles. Paris. Dunod.
- THIBAUD: Emploi du plâtre. Paris. Dunod.
- RIVOT et CHATONÉY: Considérations générales de la compositions des mortiers. Paris 1856.
- DORLHAC et SAMNIUN: Du chaulage des terres et de la fabrication de la chaux.
- POULAIN: Notice sur l'emploi et la fabrication du béton dans la place de Gorée. Annales des ponts et chaussées. 1863; z. I; str. 311.
- FAY: Étude comparative sur la fabrication et le prix de revient des mortiers à bras d'hommes et par divers procédés mécaniques. Nouv. ann. de la constr. 1867; str. 101.
- GIRARD et CAUDEMBERG: Notices sur les mortiers hydrauliques.
- HASSENTATZ: Traité théorique et pratique de l'art de calciner la pierre calcaire et de fabriquer toute sorte des mortiers, ciments, bétons etc.
- CUGNIN M.: Recherches sur le dosage de mortiers. Nouv. ann. de la construction. 1881; str. 106.
- CANDLOT E.: Étude pratique sur le ciment de Portland. Fabrication, propriétés, emploi. Paris 1886. Baudry.
- LEJEUNE E.: Guide du chauxfournier, du fabricant de ciments, bétons et mortiers hydrauliques. Paris 1886. Tignol.
- CUATELIER H.: Recherches expérimentales sur la constitution des mortiers hydrauliques. Extrait des Annales des Mines. 1887.
- MARCERON, VICAT: Chaux hydrauliques et ciments. 1887.
- BONNAMI H.: Théorie de la fabrication et de la solidification des produits hydrauliques. Mémoires et compte rendu des travaux de la Société des Ingénieurs civils. 1888; zes. 1.
- ALEXANDRE P.: Expérience concernant l'influence du dosage de l'eau sur la résistance des mortiers de ciment. Annales des ponts et chaussées. 1888; zes. II.
- BONNAMI H.: Fabrication et contrôle des chaux hydrauliques et des ciments. Paris 1888. Gauthier-Villars.
- DUQUESNAY: Les mortiers et les ciments. Paris. Dunod.
- OLRY A.: Les phosphates de chaux et les établissements Paul Desailly. Paris 1889. Masson.
- SOCIÉTÉ J. et A. PAVIN DE LAFARGE: Chaux hydrauliques et ciment portland de Lafarge du Teil. 1889.
- Le ciment portland de laitier de Saulnes. Supplém. au „Genie Civil“ du 24 Août 1889.
- BONNAMI H.: Traité élémentaire de la cuisson et de la fabrication des produits hydrauliques. Dijon 1890. Imp. Aubry.
- ALEXANDRE P.: Recherches expérimentales sur les mortiers hydrauliques. Annales des ponts et chaussées. 1890; zes. IX.
- COURTOIS: Chaux et mortiers. Paris. Dunod.
- HALLIER A.: Étude sur le travaux en béton de ciment. Liège 1891. A Benard.
- CAMERMAN E.: Les Ciments Portland et les Ciments de laitier. Annales de l'Association des Ingénieurs sortie des Écoles Spéciales de Gand. Tome XV. 1-e livraison 1891—1892. Gand 1892.
- CANDLOT E.: Ciments et chaux hydrauliques. Paris 1892.
- MAHIELS A.: Le béton et son emploi. Liège 1893. A. Benard.
- PETITRON F.: Études sur les divers mortiers et bétons employés dans la construction de travaux de défense. 1893.
- GRANGE C.: Chaux et sels de chaux appliqués à l'art de l'ingénieur. Paris 1894. Baudry.
- CANDLOT E.: Note sur l'emploi des matériaux hydrauliques. Paris 1894. Baudry.
- PLANAT P.: Recherches sur la théorie des ciments armés. Paris 1895. Aulanier et Comp.

- FUCHS: Ueber die Eigenschaften, Bestandtheile und chemische Verbindungen der hydraulischen Mörtel. Dingler's. polyt. Journal. 1832; tom 49-y; str. 271.
- PANZER: Ueber das Vorkommen des hydraulischen Kalkes. 1836.
- LEBRUN: Der Steinmörtel etc. Aus dem Französischen. Ulm 1837.
- LECOINTE A.: Bemerkungen über einige mechanische Verfahrungsarten zur Bereitung des Mörtels und Betons. Allgemeines Bauzeitung. 1843; str. 399.
- LEBRUN: Practische Anleitung über die Kunst mit Beton zu bauen. Aus dem Französischen übersetzt von A. L. Crelle. Berlin 1844. Reimer.
- NÖRDLINGER W.: Ueber Betonbereitung. Eisenbahnzeitung. 1847.
- Mörtelmaschine von Roger. Polytechn. Centralblatt. 1850; str. 1356 (głównie według Journ. de l'arch. 1850; str. 93).
- SCHOTT: Ueber Scott'schen Cement. Dingler's pol. Journ.; tom 102; z. 1.
- KOCH E.: Gesammelte Erfahrungen über die Verarbeitung und die verschiedenen Anwendungen des Cementes. Cassel 1851.
- OPPERMANN: Notiz über eine bei dem Baue der Innerste-Brücke im Gebrauch befindliche Mörtelmaschine. Notizbl. d. Arch.- u. Ing.- Ver. zu Hannover. 1852/3; str. 11.
- PANZER: Bereitung des Mörtels aus hydraulischem Kalke. 1852.
- BECKER: Erfahrungen über den Portland-Cement. Berlin 1853.
- GÖRZ R.: Chemische und praktische Untersuchung der wichtigsten Kalke des Herzogthums Nassau. Wiesbaden 1854.
- COHN J.: Ueber die Wichtigkeit der Cemente in Beziehung auf gesunde Wohnungen. Breslau 1855.
- FUCHS J. N. v.: Gesammelte Schriften. München 1856.
- MIHÁLIK J.: Practische Anleitung zum Betonbau für alle Zweige des Bauwesens. Wien 1859.
- MICHAELIS: Der Portland-Cement. Inauguraldissertation. Leipzig. Fischer u. Wittig.
- MANGER: Ueber die Festigkeit von reinen und chemischen Cementen. Erbkam'sche Zeitschrift f. Bauwesen. 1859.
- MANGER. Die Portland-Cemente. Einige neuere Erfahrungen über die Verarbeitung und Anwendung. Berlin 1859.
- MANGER: Der Stettiner Portland-Cement in Versuchen u. Erfahrungen dargestellt. 1860.
- K. K. Staatsministerial-Commission (Löhr, von Mihálik, Rebhann, Wehrenfennig): Protocoll betreffend: Untersuchung und Eigenschaften des Perlimooser Portland-Cementes, gegenüber den hier im Handel vorkommenden englischen Portland-Cementen. Wien.
- WOLTERS W.: Kalk- und Luftmörtel-Dingler's polyt. Journal; tom 196-y z. 4; str. 343.
- ZIUREK: Ueber Mörtel in baupolizeilicher, technischer und chemischer Beziehung. Zeitschrift f. Bauwesen. 1861; str. 42 i Zeit. d. Arch.- u. Ing.- Vereins zu Hannover. 1863; str. 381.
- LENTZE: Mörtelmühle für den Bau der Weichselbrücke bei Dirschau. Zeitschrift f. Bauwesen. 1861; str. 378.
- ORBACH J.: Tuffstein, Trass und hydraulische Mörtel. Coblenz 1863.
- Horizontale Betonmaschine von Lepaire. Allgemeine Bauzeitung. 1864; str. 332.
- MIHÁLIK J.: Die hydraulischen Kalke und Cemente. Pest 1865.
- LIPOWITZ: Portland-Cement-Fabrikation. Berlin 1868. J. Springer.
- VICAT E.: Die Ziegel- und Cementfabrikation. Berlin 1868. S. Mode.
- FRANZIUS: Kritik der gebräuchlichen Mörtelmaschinen. Deutsche Bauzeitung. 1868; str. 136.
- Färbung von Kalk-Mörtel. Deutsche Bauzeitung. 1868; str. 436.
- HELDT: Die hydraulischen Kalke und Portland-Cemente. 1869.
- Hydraulische Mörtel. Deutsche Bauzeitung. 1869; str. 275.
- MICHAELIS W.: Die hydraulischen Mörtel, insbesondere der Portland-Cement, in chemisch-technischer Beziehung. Leipzig 1869. Quandt u. Händel.
- FRIEDRICH TH.: Mittheilungen über die Festigkeit der Cemente und ihrer Mischungen mit Sand. (W. „Protokollen d. 67 Hauptversammlung d. sächs. Ing.- u. Arch.-Vereins v. 25 April 1869).
- BECKER W. A.: Practische Anleitung zur Anwendung der Cemente. Berlin 1869.
- LÖFF P.: Gründliche Anleitung zum Bau von Kalk-Cement-Gyps- und Ziegelöfen. Berlin 1870.
- Kalk-Cement-Mörtel. Deutsche Bauzeitung. 1870; str. 165.
- Mörtel mit Sägespännen. Deutsche Bauzeitung. 1870; str. 75 i 1876; str. 150.

- Mörtelbereitmngsmaschine. R mberg's Zeitschr. f. prakt. Bauk. 1870; str. 199.
- HAGEN G.: Beton (w „Handbuch der Wasserbaukunst; I Thl. 2-r Bd. 3-e Aufl. Berlin 1870; str. 322).
- KUTSCHERA: Hydraulische Kalke und Cemente. Allg. Bauztg. 1870; str. 7.
- Reiseskizzen aus Holland etc. Deutsche Bauztg. 1870; str. 275.
- Mörtelmaschine von Mihálik. Zeitschr. f. prakt. Baukunst 1870; str. 299.
- KOPKA: Die mechanische Mörtel- und Betonbereitung. Haarmann's Zeitschrift f. Bauhandwerker 1871; str. 97, 116, 131 i 145.
- Ueber Mörtelmaschinen. Maschinenbauer 1871; str. 375.
- Mörtelmühle mit Selbstentleerungsapparat. Haarmann's Zeitschrift f. Bauhandwerker 1871; str. 188.
- Mörtelmaschine und Sandsieb. Baugewerksztg. 1872; str. 147.
- HAUENSCHILD H.: Die Dolomite und ihre praktische Verwendung. Techniker 1872.
- SCHULATSCHENKO: Ueber den basischen kohlen-sauren Kalk in den hydraulischen Cementen. Dingl. pol. Journal 1872; str. 205 i 235.
- KLOSE H.: Der Portland-Cement und seine Fabrikation. Wiesbaden 1873. C. W. Kreidel.
- HAUENSCHILD H.: Ueber Dolomitcemente. Zeitschrift des österr. Ing.- u. Arch.-Vereins 1873; zes. 9—12.
- Ueber Mörtelmaschinen. Deutsche Bauztg. 1873; str. 226.
- BÜES C.: Beitrag zur Beton-Frage. Deutsche Bauztg. 1874; str. 52.
- Mörtelmaschine von Rabitz. Baugewerksztg. 1874; str. 189.
- Mörtelmaschinen. Jahrbuch der Baugewerbe; VI Jahrgang; 1875.
- LIEBOLD B.: Der Cement in seiner Verwendung im Hochbau. Halle 1875.
- FRANZIUS: Transportabler Beton-Mischer (Messent's Patent). Deutsche Bauztg. 1875; str. 153.
- Festigkeit verschiedener Mörtel. Deutsche Bauztg. 1875; str. 334.
- HEUSINGER von WALDEGG E.: Der Gypsbrenner, Gypsgiesser und Gypsbaumeister. Leipzig 1876. Th. Thomas.
- MICHAELIS W.: Zur Beurtheilung der Cemente (Sonderabdruck a. d. Notizbl. d. deut. Ver. f. Fabrikation von Ziegeln, Thonwaaren, Kalk u. Cement 1875). Berlin 1876.
- Zur Cement-Frage (Sep.-Abdruck a. d. stenogr. Bericht d. XII General-Versammlung d. deut. Ver. f. Fabrikation von Ziegeln, Thonwaaren, Kalk u. Cement). Berlin 1876. A. Seydel.
- HEINZEL C.: Ueber die Michaelis'sche Methode zur Prüfung von Cementen auf absolute Festigkeit. Berlin 1876. A. Seydel.
- Zur Prüfung von Portland-Cement (Sonderabdruck a. d. Notizbl. d. deut. Ver. f. Fabrikation von Ziegeln, Thonwaaren, Kalk u. Cement 1876). Berlin 1876.
- MICHAELIS W.: Zur Werthstellung der Cemente. Deutsche Bauzeitg. 1876.
- BEHRMANN TH.: Beiträge aus Russland zur Kenntniss des Portland- und Roman-Cementes. Riga 1876.
- Fabrikmässige Mörtelherstellung für Berliner Bauten. Deutsche Bauzeitung 1876; str. 230.
- RÜHLMANN M.: Mörtelmaschinen (w „Allgemeine Maschinenlehre“; II-r Band; 2-te Auflage. Braunschweig 1876; str. 296—307).
- KREUTER: Bemerkungen über Mörtelbereitung. Zeitschrift d. österr. Ing.- und Arch.-Ver. 1877; str. 6.
- Mörtelfabrik in Crewe bei Liverpool. Zeitschr. des österr. Ing.- und Arch.-Ver. 1877; str. 6.
- Ueber Mörtel. Deutsche Töpfer- u. Ziegler-Zeitung 1877; str. 100.
- Nutzwertb verschiedener hydraulischer Materialien. Deutsche Bauzeitung 1878; str. 29.
- SCHLICKEYSEN: Verbesserungen an Ziegel- Torf- und Mörtelmaschinen. Dingler's polyt. Journal; tom 234-y; str. 181.
- MÜLLER: Ueber maschinelle Einrichtungen für Neubauten. Verhandl. d. Ver. z. Beförderung d. Gewerbefleisses 1878. Sitzungsberichte; str. 157.
- SCHARNWEBER: Ueber Mörtelmaschinen. Prakt. Maschinen-Constructeur 1878; str. 90.
- STINGL J.: Ueber das Gedeihen und die Werthbestimmung des gebrannten Kalkes. Oesterreichische Gewerkzeitung 1878; Nr. 1 i 2.
- LÜHMANN: Rheinischer Trass. Deutsche Bauztg. 1878; str. 54.
- Rheinischer Trass. Deutsche Bauztg. 1878; str. 311.
- HAUENSCHILD H.: Katechismus der Baumaterialien. II Theil. Die Mörtelsubstanzen. Wien 1879. Lehmann u. Wenzel.
- STEGMANN H.: Die Kalk- Gyps- und Cementfabrikation. Berlin 1879. Parey.

- ZWICK H.: Kalk und Luftmörtel. Wien 1879. A. Hartleben.
- WOLFF E. W.: Ueber Mörtelmischungen und Mörtelproben. Deutsche Bauzeitung 1879; str. 292.
- Mörtelwerke von Prevauer et C-ic in Berlin. Deut. Bauztg. 1879; str. 333.
- FRIEDRICH: Ueber Zugfestigkeit von Cement. Deut. Bauztg. 1879. str. 332.
- MACLAY: Die Verwendung und Prüfung von Portland-Cement. Deutsch von Stahl und Rudloff. Leipzig 1880. K. Scholtze.
- NAGEL H.: Die Bereitung und Verwendung des Cementes. Stuttgart 1880. Anheisser.
- DYCKERHOFF R.: Eigenschaften und Festigkeit verschiedener hydraulischer Mörtel. Deutsche Bauzeitung 1880; str. 120.
- Transportable Mörtelmaschine. Maschinenbauer 1880; str. 185.
- SPETZLER O.: Verwendung der Hochofenschlacke zur Betonbereitung. Zeitschrift f. Bauwesen 1880; str. 29.
- BUEHNER: Cement- und Trassmörtel. Berlin 1881.
- DYCKERHOFF-AMÖNENBURG: Cement und Trassmörtel. Berlin 1881.
- JANSEKOWITSCH O.: Ueber die Verwendung des Cementes als Baumaterial. Klagenfurt 1881. Heyn.
- ENDRES: Ueber die Verwendung des Cementbetons zu Wasserbauten etc. Thonindustrie-Zeitung 1881; str. 363.
- Verhandlungen der IV Generalversammlung d. deut. Cementfabrikanten 1881.
- Ausfertigung d. kgl. Prüfungs-Station für Baumaterialien in Berlin über die Resultate der Untersuchungen eines Tripoliths, welcher am 20 November 1881 zum Antrage d. Herren Gebr. v. Schenk in Heidelberg an die Prüfungs-Station eingereicht wurde. Heidelberg 1882. Gebr. v. Schenk.
- Tripolith. Heidelberg 1882. Gebr. v. Schenk.
- Ueber Mörtelmaschinen. Wochenbl. f. Arch. u. Ing. 1882; str. 299.
- TETMAJER L.: Der Werth des Dietzsch'en Etagenofens für die schweizerische Cementindustrie. Zürich 1884. Zürcher u. Furrer.
- DIETZSCH C.: Der Etagenofen zum continuirlichen Brennen von Portland-Cement. Saarbrücken 1884.
- GOTTSCHALDT: Ueber Tripolith. Civilingenieur 1884.
- BOMCHES F.: Die Erprobung der inländischen hydraulischen Bindemittel bezüglich ihres Verhaltens im Seewasser. Berlin 1884.
- GERLACH: Bautechnische Studienreise. Berlin 1884.
- Maschinelle Vorrichtungen zum Waschen und Sieben von Sand und Kies. Thonindustrie-Zeitung 1884; str. 323.
- FEICHTINGER G.: Die chemische Technologie der Mörtelmaterialien. Braunschweig 1885. Fr. Vieweg u. Sohn.
- DIETZSCH C.: Basische Steine zur Ausfütterung der Schmelzräume des Etagenofens. Saarbrücken 1885.
- Schlickeysen's Mörtel- und Beton-Maschine. Zeitschrift d. Ver. deut. Ing. 1885; str. 112; Thonindustrie-Ztg. 1885; str. 193.
- BÖHMER E. und F. NEUMANN (HERTEL): Kalk, Gyps und Cement. Weimar 1886. B. E. Voigt.
- Protokoll der Verhandlungen deutscher Cementfabrikanten am 26 u. 27 Februar 1886. Berlin 1886.
- Mörtelmaschine mit drehbarer Mörtelpfanne. Wochenbl. f. Bauk. 1886; str. 239.
- TETMAJER L.: A. Gresly's und A. Ruge's Waschmaschine für Sand. Schweiz. Bauzeitung 1886.
- DITTMAR R.: Versuche über Frostbeständigkeit von Kalkmörtel. Riga'sche Industrie-Zeitung 1886; Nr. 14.
- MICHEL E.: Ueber das Wesen der Hydraulicität der Cemente. Journal für prakt. Chemie 1886; tom 33-j; str. 548.
- MICHAËLIS W.: Das Wesen und der Erhärtungsprocess des Portland-Cementes. Berlin 1887.
- TETMAJER L.: Schlackemente. Zürich 1887.
- TARNAWSKI: Kalk, Gyps, Cementkalk und Portland-Cement in Oesterreich-Ungarn. Wien 1887.
- Normen für einheitliche Lieferung und Prüfung von Portland-Cement. Circular-Erlass v. 28 Juli 1887. Berlin 1887.
- FRÜHLING H.: Ueber die Festigkeitsprüfung der Cemente. Dingler's polyt. Journal 1887; tom 224-ty; str. 487.
- HARTIG: Zur Begriffsbildung in der Mörteltechnik. Civilingenieur 1887; zes. 7.

- Magnesiareicher Cement. Wochenschrift d. österr. Ing.- u. Arch. Ver. 1887. Nr. 1; str. 7. (Weldug pracy C. Lechartier'a podanej „w Comptes rendus de l'Academie de sciences“).
- Der patentirte Sonnet'sche Gas-Canal-Ofen für Cementfabrikation. Leipzig 1887. W. Sonnet.
- SONNE E.: Mörtelmaschinen (Handbuch der Ingenieurwissenschaften. IV Band. III Abth. 4-e Lieferung. XV Kapitel). Leipzig 1888. W. Engelmann.
- Versuche über die Frostsicherheit von Mörteln in nordischen Ländern. Deutsche Bauzeitung 1888. Nr. 93; str. 562.
- Härtung von Gypsabgüssen. Riga'sche Industrie-Ztg. 1888; Nr. 2.
- Ueber Mörtelmaschinen. Baugewerbe-Ztg. 1888; str. 307.
- Ueber Schlackencement Zeitschr. d. Arch- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1888; zes. III.
- ROÏNE: Lehrbuch der Kalk- Gyps- Cement- und Ziegelfabrikation. Braunschweig 1889.
- ZSIGMONDY R.: Ueber die Untersuchung und das Verhalten von Cement. Dingler's polyt. Journal 1889; tom 273; zes. 10—13.
- Neuerungen an Oefen Dingler's polyt. Journal 1889; tom 273; zes. 8.
- TARNAWSKI A.: Werthschätzung der Cemente. Central-Anzeiger für Ziegel- u. Kalkindustrie 1889; str 141—144 i 150—152.
- Wirkung der Magnesia im Cemente. Thonindustrie-Ztg. 1889; str. 450.
- Gyps als Baustoff. Deutsche Bauztg. 1889; str. 461.
- Oelfarbenanstrich auf Cementverputz. Chemiker-Ztg. 1889.
- GARY M.: Vergleichende Untersuchungen von Puzzolan-, Portland- und Roman-Cement. Centralblatt d. Bauverw. 1890; Nr. 52; str. 539.
- PINKENBURG: Ueber Schlackencement. Centralbl. d. Bauverw. 1890; Nr. 49.
- TORMIN R. (GERSTENBERGK): Cement und Kalk; ihre Bereitung und Anwendung. Weimar 1891. B. F. Voigt.
- MICHAELIS W.: Apparat zum Herausdrücken der Zugprobekörper aus der Form. Thonind.-Ztg. 1891; str 337.
- Fajja's Patent-Cementversuchsmaschine. Thonindustrie-Ztg. 1891; str. 700.
- Hydraulische Bindemittel Norddeutschlands. Centralbl. d. Bauverw. 1891 Nr. 51.
- Cement als Dichtungsmaterial. Dingler's polyt. Journal 1891; tom 282; zes. 5.
- ZWICK H.: Hydraulischer Kalk- und Portland-Cement. Wien 1892. A. Hartleben.
- Der Portland-Cement und seine Anwendung im Bauwesen. Bearbeitet im Auftrage des Vereins Deutscher Portland-Cement-Fabrikanten. Berlin. 1892. E. Toeche.
- HEUSINGER v. WALDEGG E.: Die Ziegel-Röhren- und Kalkbrennerei. II Theil: Die Kalk- und Cementbrennerei. Leipzig 1892. Th. Thomas.
- Bestimmungen für die einheitliche Lieferung und Prüfung von Portland-Cement. Herausg. vom österr. Ing.- u. Arch.-Verein. Wien 1892.
- Bestimmungen für die einheitliche Lieferung und Prüfung von Roman Cement. Herausg. vom österr. Ing.- u. Arch.-Ver. Wien 1892.
- Härtung von Gypsabgüssen. Dingler's polyt. Journal 1892; t. 283; z. 9.
- Innigste Mischung von Cementmörteln. Centralbl. d. Bauverw. 1892; Nr. 22.
- Hochofenschlacken. Thonindustrie-Ztg. 1892; str. 1084.
- KOSMANN: Ueber Schlacken. Stahl u. Eisen. 1892; str. 270.
- TOLDT: Ueber Schlacken. Oesterr. Ztg. f. Berg- u. Hüttenw.; tom 40-ty; str. 15.
- FOHNHÄUSER: Rohre aus Beton. Dingler's polyt. Journ. 1893; t. 287; z. 4.
- GREIL: Apparat zur Bestimmung der Abbindeverhältnisse hydraulischer Bindemittel. Zeitschrift d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1893; Nr. 26; str. 371.
- HARTIG: Das elastische Verhalten der Mörtel und Mörtelbindematerialien. Civilingenieur 1893; z. 6; str. 435.
- BERNARD L.: Gypsabgüsse, Stuckarbeiten und künstlicher Marmor. Frankfurt a. M. 1893. H. Bechhold.
- Apparat zur Bestimmung d. specifischen Gewichtes von Cement. Cementprobekörpern pulverförmigen und körnigen Stoffen aller Art von L. Erdmenger u. Mann. Thonind.-Ztg. 1893; str. 919.
- MICHAELIS W.: Feststellung der Bindezeit hydraul. Bindemittel. Thonind.-Ztg. 1893; str. 1090.

- KOSMANN B.: Ueber den Einfluss der Temperatur auf die Abbindezeit des Portlandcementes. Thonindustrie-Ztg. 1893; str. 214.
- HÄSER A.: Zur Analyse der Portlandcemente mit besonderer Berücksichtigung der Magnesiabestimmung. Thonind.-Ztg. 1893; str. 1086.
- MICHAËLIS W.: Geschmolzener Cement. Todtbrennen von Cement. Thonind.-Ztg. 1892; str. 403; i 1893; str. 1254.
- Ueber das Todtbrennen von Cement. Thonind.-Ztg. 1893; str. 211.
- KAWALEWSKI F.: Ueber Schwindrisse im Cementmörtel. Thonind.-Ztg. 1891; str. 96.
- Eisen- und Betoneconstructionen. Patent Melan. Wien 1893. Pittel u. Brausewetter.
- Deutscher Cement in America. Centralbl. d. Bauverw. 1894; Nr. 3; str. 28.
- REUBEN: Ausgewählte Monier- u. Beton-Bauwerke. Berlin 1894. A. Braun et Comp.
- GEIL A.: Bericht des Cementausschusses über das Verhalten von Mauerwerk bei Frost. Zeitschrift d. österr. Ing- u. Arch.-Ver. 1894; Nr. 7; str. 95.
- CASTNER W.: Der Cement und seine rationelle Verwerthung zu Bauzwecken. Mit Berechnungs-Beispielen und für die Praxis brauchbaren Mörtel- Concret- und Betontabellen erläutert. Leipzig 1894. K. Scholtze.
- BAUMANN u. OER: Einige neue Ausführungen in der Monierbauweise beim Staatsisenbahnbau. Civilingenieur 1894; z. III; str. 197.
- TOMEI: Portland-Cement. Civilingenieur 1894; z. III; str. 208.
- Cementröhren und Thonröhren. Centralblatt d. Bauverw. 1894; Nr. 40; str. 424.
- ZSIGMONDY R.: Ueber die Untersuchung und das Verhalten von Cement. Dingler's polyt. Journal 1894; tom 294; z. 4—7.
- Maschine zur Bestimmung der Druckfestigkeit von Cementkörpern, von J. Amsler-Laffon und Sohn. Thonind.-Ztg. 1894; str. 501.
- Bauschinger's Tasterapparat zur Ermittlung der Volumbeständigkeit von Cementen. Thonindustrie-Ztg. 1894; str. 201.
- GOLINELLI: Einfluss der Mörtelbearbeitung auf die Zugfestigkeitsergebnisse. Thonind.-Ztg. 1894; str. 30.
- TETMAJER L.: Gewölbe aus Schlackencementbeton. Schweizerische Bauztg. 1894; Nr. 1.
- HARTIG: Ueber das elastische Verhalten hydraulischer Cemente u. Cementmörtel. Civilingenieur 1894; z. 8; str. 717.
- Mörtel-Misch- u. Transportwagen von S. Bodlaender in Breslau. Centralbl. der Bauverw. 1895; Nr. 22; str. 244.
- Verwendung von Cementröhren. Dingler's. polyt. Journal 1895; tom 297-y; z. 1; str. 24.
- Anstrich auf Cementverputz. Dingler's polyt. Journ. 1895; t. 296; z. 13; str. 302.
- JEZIORANSKIJ i ZABOTKIN: Izwestkowyje rastwory. Petersburg 1863.
- KOTELNIKOW F. W.: Fabrikacija portlandskago cementa. 1873.
- Izsljedowanie moskowskich stroitelnych materialow. Zesz. I. Cementy. 1876.
- JELENKIN A.: Ob ispytanii portland-cementow. Inženernyj Žurnal 1880; Nr. 3.
- JELENKIN A.: Sposoby opredjelenija objema cementnych rastworow. Inženernyj Žurnal 1882; Nr. 6 i 7.
- SZULACZENKO A.: O portlandskich cementach i znaczenii ich w stroitelnoj technike nastojaszczago vremeni. Petersburg 1882.
- SZULACZENKO A.: O gidrawliczeskich cementach i rastworach. Petersburg 1885. (Druk. jako rękopis).
- Otczet o sowjeszczanijach russkich cementnych zawodeczikow i technikow 12, 13 i 14 marta 1885 goda. Petersburg.
- SZULACZENKO A.: Sowremennaja nomenkljatura wozdusznych i gidrawliczeskich cementow. Žurnal Ministerstwa Putej Soobszczzenija 1886; z. 11 i 12. (Tož samo w oddzielnej odbite 1887 r. i w języku niemiecckim w „Civilingenieur“ 1886; z. 8).
- BJELELJUBSKIJ N. A.: Mechaniczeskaja Laboratorija Instituta Inženerow Putej Soobszczzenija Imperatora Aleksandra I. 1875—1886. Petersburg 1886.
- BJELELJUBSKIJ N. A.: Cementnyj wopros. 1888.

- JELEKIN A.: Wozdusznij izwestkowyj rastwor iz žirnoj izwesti. Petersburg 1888.
 Szlakowyj cement. Żurnal Ministerstwa Putej Soobszcz. 1888; Nr. 5.
 Nastawlenie k upotrebleniju igly Vicat. Żurnal Ministerstwa Putej Soobszcz. Oficjalnaja czast' 1888; Nr. 6; str. 164.
- GLINKA S.: O wlijanii koliczestwa wody w gidrawliczeskich rastworach na stepien ich procznosti. Żurnal Ministerstwa Putej Soobszcz. 1888; Nr. 27.
- DMITRIEW N.: Rezultaty izsljedowanija rastworow na opytnoj stancii pri techniczskom otdjelenii Jugo-Zapadnych żel. dorog. „Inżener“ 1888 i 1889.
- TIMONOW W.: O zagotowlenii i ispytaniach portlandskich cementow dlja portowych rabot wo Francii. Żurnal Ministerstwa Putej Soobszcz. 1889; Nr. 33.
- Noworossijskij cementnyj zawod. „Nedjelja stroitelja“. 1889; Nr. 2.
- EWALD W.: Obzor maszin, služaszezieh dlja prigotowlenija betona i rastworow. „Zodezij“ 1889; Nr. 1 i 2.
- Trudy komissii po woprosu o zagotowlenii, postawkje i ispytanii portland-cementa dlja portowych rabot. Petersburg 1890.
- Monier-sistema (beton s żeljeznym ostowom) w jeja primjenenii k stroitelnomu iskusstvu. 1891.
- KOLDEWIN P. F.: Materialy dlja sostawlenija rukowodstwa po betonnym rabotam. Czast' I. 1892.
- SZULACZENKO A.: Technologija stroitelnych materialow. Gidrawliczeskija wjazuszezija weszezestwa. Asfalt. Zamazki. Petersburg 1892 (druk. jako ręk.).
- ERDELI S.: Njeskolko slow o portland-cementje. „Inżener“ 1892; Nr. 5.
- Wlijanie tjesnago smjeziwanija na swojstwa gidrawliczeskich rastworow. „Inżener“ 1893. Nr. 4.
- Proekt techniczskich uslowij priemki portland-cementow dlja rabot Wjedomstwa Putej Soobszezenija, sostawlennyj bywszym w martje 1892 goda tretim sowjeszezczaniem cementnych technikow i zawodeczikow. „Izwestija sobranija inżenerow putej soobszezenija“ 1893; Nr. 4; str. 88.
- ŻWAN S.: Opisanie priwilegировannago sposoba Szillera wydjelki i postrojki raznych predmetow i sooruzenij iz betona w soedinenii s żeljezom. „Izwestija sobranija inżenerow putej soobszezenija“ 1894; Nr. 8; str. 85.
- Otezet o sowjeszezczanijach russkich cementnych technikow i zawodeczikow na 3-m sjezdje 12, 13 i 14 marta 1892 goda w S-Petersburgje. Petersburg 1894.
- Betonnyja swodeczatja pokrytija. „Izwestija sobranija inżenerow putej soobszezenija“. 1894; Nr. 9; str. 111.
- Cementnyja sooruzenija s metallicheskim ostowom po sistemje P. Cottancin. „Nedjelja Stroitelja“ 1895; Nr. 1.

Prace o kamieniach sztucznych niepalonych.

- BOROWSKI: Cegla wapienna Bernhardi'ego. Przegl. techn. 1877; z. VII—IX.
- CHYZANOWSKI W. W.: Budowla mieszanina wapna z piaskiem oraz sposób robienia cegieł wapienno-piaskowych. Wloclawek 1883.
- Cegla z żużlu. Przegl. techn. 1883; z. V; str. 116 i zesz. VI; str. 168.
- SZPADKOWSKI T.: Cegla slomianka na budowle wiejskie. Inżynierya i Budownictwo 1885; str. 179.
- Zastosowanie żużlu z węgla kamiennego. Przegl. techn. 1886; z. I; str. 16.
- Cegla z białego kwarcu mlecznego. Przegl. techn. 1889; z. III; str. 78.
- O ksylocicie. Przegl. techn. 1889, z. XII, str. 358;— 890, z. VII, str. 162;— 1892, z. VI, str. 120.
- KRAUSE: Ueber Kalk-Sand-Baukunst. Glogau 1851. Flemming.
- KUHLMANN: Verkieselung durch Anwendung von Wasserglas. Deutsch von Hertel. Weimar 1859.
- ENGEL F.: Der Kalk-Sand-Pisebau und die Kalk-Sand-Ziegelfabrikation. Leipzig 1865. J. M. Gebhardt.
- BERNHARDI A.: Die Kalkziegelfabrikation und der Kalkziegelbau. Eilenburg 1873. Oppenbauer.
- KELLER: Fabrikation und Anwendung feuerfester Steine. Aachen 1880. Beurath u. Vogelgesang.
- LEHNER S.: Die Imitationen. Wien. A. Hartleben.
- HÖFER J.: Fabrikation künstlicher plastischer Massen sowie künstlicher Steine, Stein- und Cementgüsse. Wien 1887. A. Hartleben.
- Gypsdiclen: Deutsche Bauztg. 1887, str. 415; Centralblatt d. Bauverw. 1890, str. 7;— Zt. d.

- Arch. u. Ing. Ver. zu Hannov. 1890, z. I;—Zt. d. österr. Ing.- u. Arch. Ver. 1892; Nr. 36 i następ.
- Xylolith (Steinholz). Riga'sche Industrie-Ztg. 1888, Nr. 2, str. 22;—Woch. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1889, Nr. 12;—Dingler's polyt. Journal 1889; Nr. 1790.
- KOCH: Concret-Dachziegel. Centralblatt d. Bauverw. 1890; Nr. 32; str. 326.
- Surrogate im Hochbauwesen. Civilingenieur 1891; str. 422.
- Ueber Hochofenschlacken und deren Verwendung. Dingler's polyt. Journal 1892; t. 284-ty; z. 10.
- KOLLER Th.: Die Surrogate etc. Frankfurt a. M. 1893. H. Bechhold.
- KLETTE: Kalkziegel und Betonhochbau. Fulda 1893. J. J. Arnd.
- Schlackensteine. Eisenztg. 1894; Nr. 43.
- Pflastersteine aus Hochofenschlacken. Stahl. u. Eisen 1894; Nr. 7; str. 297.
- Mehle's künstlicher Sandstein. Dingler's polyt. Journal 1895; t. 295; z. 8; str. 191.
- HÖFFER O.: Ueber Verwendung v. Cementdielen u. Cementbrettern mit besonderer Berücksichtigung der ausgeführten Bauten der oberschlesischen Cementdielen-Fabrik in Beuthen O.-S. Breslau 1895. J. Max.

KERBEDŹ M. S.: Izwstkowo-pesczanyja stroenija. Petersburg 1884.

Ksyloit (derewo-kameń): Izwjestija sobranija inżenerow putej soobszczenija 1892; Nr. 3.

Prace o asfalcie, kitach i szkle.

- Tektura kamienno-smolowcowa do pokrywania dachów, wyrabiana w fabryce papieru Jana Epstein'a w Soczewce. Warszawa 1861.
- SPORNY J.: Asphalt i bitumy; zastosowanie ich w technice. Warszawa 1874.
- SPORNY J.: W kwestyi zastosowania asfaltu do pokrycia sklepień i budowy magazynów zbożowych, oraz o nieprzenikliwości asfaltu. Przegl. techn. 1879; z. VIII
- SPORNY J.: Nowe gatunki bruków asfaltowych i glnkowych w Warszawie. Przegl. techn. 1879; z. II i III.
- SPORNY J.: Stan obecny przemysłu asfaltowego (1879 r.) przez Leona Malo. Przekład z francuskiego objaśniony przypiskami. Przegl. techn. 1880; z. IV—VII.
- SPORNY J.: Sposoby odróżniania asfaltów naturalnych, podrabianych i sztucznych. Warszawa 1880.
- SPORNY J.: Tektura i zastosowanie jej w budownictwie. Warszawa 1884.
- Beton asfaltowy. Przegl. techn. 1884; z. IV; str. 91.
- WEINBERG M.: Szkło wodne i jego zastosowanie. Inżynieria i Budownictwo 1885.
- HEURICH J.: Tektury asfaltowe na wystawie przemysłowo-rolniczej w Warszawie w 1885 r. Przegl. techn. 1886; z. IX, str. 210.
- ŁOPUSZYŃSKI W.: Dachy kryte asfaltem sztucznym. Przegl. techn. 1889; z. XII; str. 347.
- Szkło z siatką drucianą. Przegl. techn. 1894; z. XII; str. 291.
- HUGUENET J.: Asphaltes et naphtes. Considérations générales sur l'origine et la formation des bitumes fossiles, de leur emploi etc. 2-e edit. Paris 1852. Toż samo w tłum. niem. C. Hartmann'a. Wyd. 2-ie. Weimar 1853).
- MALO L.: Guide pratique pour la fabrication et l'application de l'asphalte et des bitumes. Paris 1866.
- MALO L.: Note sur l'état actuel de l'industrie de l'asphalte. Annales des ponts et chaussées 1879; z. II, str. 267;—1880, z. I, str. 128;—naddo: Bulletin de la soc. d'encourag. 1880; str. 468.
- SPORNY J.: Note sur un procédé pour distinguer les produits des asphaltes naturels des mastics factices. Annales des ponts et chaussées 1881; z. I; str. 112.
- GAFFIELDS: L'action de la lumière solaire sur le verre, Boston. Bulletin de la Société d'encouragement 1881; t. VIII; z. VIII; str. 425.
- De la BASTIE: Sur la résistance à la flexion du verre trempé. Comptes rendus 1881; t. 92; str. 194.
- MALO L.: Les fondations des machines en maçonnerie asphaltique. Paris 1889. Chaix.

- MICHARD: Sur l'emploi de l'asphalte. Comptes rendus mens. de la société de l'industrie minérale. (Paris) 1890; str. 164.
- MALO L.: L'asphalte, son origine, sa préparation, ses applications. Paris 1891. Baudry.
- HEUDE et LEVESQUE: Note sur un essai de pavés en asphalte comprimé. Annales des ponts et chaussées 1894; Février; str. 358.
- JACCARD A.: Le Pétrole, le bitume et l'asphalte, au point de vue géologique. Paris 1895. Alcan.
- KLINGMANN F.: Der natürliche und künstliche Asphalt und das Asphaltmastix etc. 1848.
- STAHLHUT: Die Kunst der Asphaltirung. 1851.
- GYSI O.: Der Asphaltleger etc. Berlin 1852.
- BORSTELL G. u. F. KOCH: Neuere Arten der Verwendung des Asphaltes in Paris. Zeitschrift f. Bauwesen 1855; str. 37.
- Gegossenes starkes Glas zur Bedachung etc. Zeitschr. d. Ver. deut. Ingen. 1858; str. 215.
- STEINLIS S.: Der eigentliche Werth und die Ursachen der vorkommenden Werthlosigkeit des Asphaltes als Baumaterial. Wien 1860.
- JEEP W.: Der Asphalt und seine Anwendung in der Technik. Weimar 1870. B. F. Voigt.
- MEYN L.: Der Asphalt und seine Bedeutung für den Strassenbau grosser Städte. Halle 1872.
- VIDERY L.: Der Asphalt, seine Gewinnung, Bereitung und Verwendung in der Technik. Zt. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1872; str. 426, 443.
- Amtlicher Bericht über die Wiener Weltausstellung 1873; II Bd. Braunschweig 1874; str. 464. Glasindustrie.
- LOBMEYER: Die Glasindustrie, ihre Geschichte etc. Stuttgart 1874.
- BERNATH: Die Glasfabrikation. Braunschweig 1875.
- Ueber Asphaltplatten. Romberg's Zt. f. prakt. Bauk. 1878; str. 411, 428.
- KAYSER R.: Untersuchungen über natürliche Asphalte. Nürnberg 1879.
- WEBER: Ueber die chem. Zusammensetzung d. Gläser etc. Annal. f. Physik u. Chemie 1879; t. VI; str. 431.
- Der Asphalt, seine Geschichte, Gewinnung und Verwendung. Glaser's Annalen f. Gewerbe u. Bauwes.; t. 6; str. 353, 397.
- KRÄTZER H.: Wasserglas und Infusorienerde. Wien. A. Hartleben.
- SCHWEING: Ueber die Biegungs-Festigkeit des Glases. Zt. d. Arch.- u. Ing. Ver. zu Hannov. 1880; str. 69.
- THENIUS G.: Die technische Verwendung des Steinkohlentheers, nebst einem Anhang: Ueber die Darstellung des natürlichen Asphalttheeres und Asphaltmastix aus den Asphaltsteinen und bituminösen Schiefeln. Wien. A. Hartleben.
- LUHMANN E.: Die Fabrikation der Dachpappe und der Anstrich-masse für Pappdächer. Wien. A. Hartleben.
- WOAS F.: Der Asphalt, seine Geschichte, Gewinnung und Verwendung. Berlin 1880. A. Seydel.
- ZETTER J. T.: Der Asphalt und seine Verwendung in der Bautechnik. Zürich 1880. Orell, Füssli et C-ie
- DÜCKER F. F.: Petroleum und Asphalt in Deutschland. Minden 1881. Bruns.
- HAUENSCHILD H.: Der Asphalt und seine Werthbestimmung. Deutsche Töpfer- u. Ziegler-Ztg. 1881; Nr. 49.
- STROTT G. K.: Einiges über die Bearbeitung des Glases. Haarmann's Zeits. f. Bauhandw. 1881; str. 79.
- KRZYŻANOWSKI K.: Der Asphalt und seine Verwendung in der Bautechnik. Riga'sche Industrie-Ztg. 1881; str. 49, 62.
- MILLER J. B.: Die Verzierung der Gläser durch den Sandstrahl etc. Wien 1882.
- MÜLLER E.: Untersuchungen des Asphaltmastix. Deut. Bauztg. 1881; str. 341.
- DIETRICH E.: Die Baumaterialien der Asphaltstrassen. Berlin 1881.
- DIETRICH E.: Die Asphaltstrassen. Berlin 1882.
- SCHUBARTH E. O.: Ueber Asphalt-Strassen. 1881; nebst Anhang 1883. Berlin. A. Seydel.
- SCHUBARTH E. O.: Die Asphaltstrassen Berlins. 1886.
- Maschinenfundamente aus Asphaltbeton. Der prakt. Masch.-Constr. 1886; Nr. 23; str. 459.
- Das Asphaltgewerbe in Deutschland. Deut. Bauztg. 1887; str. 534, 570.

- KOLLER TH.: Verwendung der Kitte in der Technik und Industrie. Glaser's Annalen f. Gew. u. Bauw. 1888; Nr. 275; str. 221.
- MUCK: Chemie der Steinkohle. Leipzig 1891.
- Die Asphalt-Platten der Fabrik Büsscher u. Hoffmann in Eberswalde. 1891.
- Künstlicher Asphalt von Nielsen. Dingler's polyt. Journ. 1892; tom 28-my; zesz. 9.
- MÜLKE C.: Drathglas. Centralbl. d. Bauverw. 1892; Nr. 23; Dingler's pol. Journal 1892; t. 284-ty; z. 11.
- ZINKEN: Das Vorkommen der fossilen Kohle und Kohlenwasserstoffe. Leipzig 1893.
- LEHNER S.: Die Kitte und Klebemittel. Wien 1894. A. Hartleben.
- BERNHARD L.: Das Wasserglas, seine Anwendung und Darstellung. Frankfurt a. M. 1894. H. Bechhold.
- BÜSSCHER u. HOFFMANN: Mittheilung über die wasserdichten Baumaterialien der Fabrik von Büsscher u. Hoffmann in Eberswalde. Halle a. S. 1894. L. O. Gracklauer.
- HAS: Veranda von Glasbausteinen. Darmstadt 1895. Müller u. Rühle.
- MELNIKOW: Prigotowlenie raznago roda kleja i zamazok. 1880.
- REJCHIZELIGMAN: Prirodnij i iskusstwennyj asfalt. Petersburg. 1882.
- WOJEJKOW: O dobywanii i obrabotkje prirodnago asfalta w Rossii. Moskwa.
- USOW: Asphalt i asfaltnyja raboty. Petersburg 1886.
- ZGO F. H.: Sbornik zamazok, mastik i raznago roda sostawow. 1888.
- MALYCHIN M.: Rukowodstwo k deszewomu prigotowleniju ognepornych i wodonepronicajemych sostawow i krasok. Moskwa 1891.
- PRIOROW M. K.: Asphalt i asfaltowyja raboty. 1893.
- Usowerszenstwo w ustrojstwie asfaltowych mostowych. „Inżener“ (Kijów) 1894; Nr. 10; str. 493.



M. 143

Skorowidz

do dzia łu II-go.

Liczby oznaczają stronice. Miejsca, w których o przedmiocie danym głównie jest mowa, wyróżnione są cyframi grubszymi (czcionkami tłustymi). — p. = patrz.

A.

- Adular** p. ortoz szlachetny.
Afanit p. porfir dyorytowy.
„Agar-Agar“ p. żelatyna chińska.
Agat 11. 12. Agat islandzki 46. Agat szlachetny 46.
Agrestnik (grossular) 16.
Agustyt p. mylnik.
Aktynot p. promieniec.
Alabaster p. gips ziarnisty. Alabaster genueński 93. Alabaster wschodni (starożytny) 93; p. nadto: marmur oniksowy.
Albit (spat sodowy) 12.
Albolith 439. 485.
Algi p. wodorosty.
Alkohol 490. 491.
Almandyn p. granat szlachetny.
Alunit p. kamień alunowy.
Alun 158. 491. 497.
Alunit p. kamień alunowy.
Alunowanie wyrobów gipsowych 491—492.
Ametyst 10. 11.
Amfibol (hornblenda) 9. 14. 15.
Amfibolit p. skała amfibolowa.
Amfigen (leucyt) 11. 13. 157.
Amiant p. azbest.
Amoniak 391. 437.
Anamezyt (trap) 22. 47.
Andezyn 12. 13.
Angoba 262. 276; p. nadto: powłoka na cegle.
Anhydryt p. bezwodnyn.
Annalith p. beton gipsowy.
Anortyt 12. 13.
Antico-Harlequino 84.
Antracyt (węgloblisk, węglowiec, blyszcz wę-gla) 18. 24.
Antygoryt 16.
Apatyt p. mylnik.
Aragonit 18. 281.
Arfa (sito do żwiru i piasku) 128. 321—322.
Arfa samodziąająca C. Schlickeysen'a 322.
Arfowanie (przesiewanie) piasku 128. 321—322.
Arkoz (piaskowiec przeobrażony) 36. 95. 97.
Asfalt 6. 26. 88. 164. 448. 499. 501. 502. 507—516. 517. Asfalt lany 509—510. 512. 513. 514—515. Asfalt meksykański (Chapote) 508. Asfalt peruwiański 508. Asfalt sztuczny 511. Asfalt ściskany (prasowany, walcowany) 509—510. 512—514.
Asfaltena 508.
Aspe p. ziemia santorynowa.
Augit p. sklistyn.
Awanturyń 11.
Azbest (amiant, len górny, drzewo górne, ko-rek górny, miętusia) 14. 40. Azbest pyroksenowy 15. Azbest węzowcowy (serpenty-nowy) p. chrysotyl.
Azot 8. 157.

B.

- Baikalit 15.**
Balustrada 176.
Balzam święty 83.
Banc franc 78. Banc royale 78.
Baranie głowy 125.
Bardiglio commune 63. Bardiglio fiorito 63.
Barwa 3. Barwa: bryłek do płyt mozaikowych z gliny palonej 272—273; cegły licowej 202. 229; cegły ogniotrwalej 222; cegły zwy-

- czajnej 229 (p. nadto: barwa wyrobów ceglarskich); cementu magnezyowego 438; cementu ogniotrwałego 440; cementu portlandzkiego 305. **371**; cementu rzymskiego 354; dachówek 229; dachówek polewanych 226; dolerytu 47; dolomitu 89. 90. 91; dyorytu 38; dźwiękowca 45; gabbro 40; gipsu 92. 93. 94; glin 142; gliny ceglarskiej 137; gliny garnarskiej 137; gliny łupkowej 136; gliny ogniotrwałej 135. 136; gliny palonej 142. 143. 198; gliny piaszczystej 139; gliny piaszczysto-wapiennej 138; gliny plastycznej 134; granitu 29. 30. 31. 32. 33; granulitu 54; grubowapienia 78; ilu gliniastego 136; ilu łupkowego 136; jaspisu 53; kafla 277; kamieni rodzimych 8. 9. 19. **147. 158. 170—171**; kamieni żużlowych 502. 503; kaolinu 134; kredy 75; kwarcytu wód słodkich 53; lawy 49; łupku glinianego 57. 58; łupku glinianego pierwotnego 56; łupku krzemiennego 52; łupku lojkowego 55; łupku łyszczkowego 54; łupku promiennowego 56; łupku zielonkowego 55; margłów 86. 87; martwicy amfigenowej 119; martwicy bazaltowej 120; martwicy dźwiękowcowej 119; martwicy kredowej 75; martwicy krzemionkowej 132; martwicy porfirowej 116; martwicy pumeksowej 117; martwicy trachytowej 117; martwicy wapiennej 123; martwicy z Ries 345; masy cementowej palonej **367—368**; minerałów wchodzących w skład skał 11—19; obśydanu 46; odlewów gipsowych 490; odlewów z trójkamienia 499; peperino 118; perłowca 46; piaskowca 96; piaskowca czerwonego 100; piaskowca jurajskiego 104. 105; piaskowca kajprowego 102. 103; piaskowca kredowego 105. 106. 107; piaskowca molaśowego 108. 109; piaskowca numulitowego 108; piaskowca pstrego 101; piaskowca szarowakowego 98; piaskowca węglowego 99; piasku 129. 130; płyt enkaustowych 274—275; płyt ksyrolitowych 504; porfirów 41. 42. 43. 44; pucolany 118. 340; pumeksu 46; rogowca 53; skały asfaltowej 508; skały kwarcowej (kwarcytu) 52; słupienia 47; smoły ziemnej 507; syenitu 37; trachytu 45; trasy 119. 313; travertino 123; trójkamienia 498; waki szarej 98; wapna palonego (tlenku wapnia) 283. 295. 298; wapienia 61; wapienia alpejskiego 75; wapienia ikrowcowego 71; wapienia jurajskiego białego 72; wapienia kredowego 75; wapienia krystalicznego 62; wapienia krzemionkowego 80; wapienia liasowego (czarnego) 70; wapienia muszlowego 68; wapienia przejściowego (szarowakowego) 65; wapienia ślimakowego 80; wapienia zbitego 64; węzłowca 40; wyrobów ceglarskich **253—256. 259. 266**; zaprawy skamieniałej z cementu portlandzkiego 389; zlepieńca czerwonego 114; zlepieńca kwarcowego 114. 115.
- Barwnik (farbnik) 377. 520—527.** Barwnik brunatny pruski 526. Barwnik z drzewa fernambukowego p. czerwondrzew. Barwniki do farb olejnych **527.** Barwniki do farb wodnych **523—526.** Barwniki metaliczne 377. Barwniki mineralne 520. Barwniki roślinne 377. Barwniki skał 9. 10. Barwniki zwierzęce 520.
- Baryt 490**; p. nadto: brzemień
- Barytowanie 166.**
- Bastyt** p. mignik.
- Bazalt** p. słupień. Bazalt sztuczny (klinkier brukowy) 220.
- Bazaltyt** p. porfir czarny
- Beau Languedoc 83.**
- Beryl (szmaragd) 18.**
- Beton 447. 448—464. 481—489.** Beton asfaltowy 449. **515.** Beton cementowy ze szkieletem żelaznym (konstrukcyje Monier'a) **459—464.** Beton cendrynowy **458—459.** Beton Coignet'a **457—458.** Beton gipsowy (annalith) 448. **471.** Beton lany **449.** Beton nieprzemakalny 456. Beton powietrzny (wapienny) **449—450.** Beton ubijany (właściwy) **449.** Beton wapienno-cementowy **451. 452. 456.** Beton wodotrwały (hydrauliczny) 449. **450—464.**
- Betonowanie 456—457.**
- Bezwodny (bezwodnik, gips bezwodny, anhydryt) 18. 24. 25. 95. 153. 158. 168. 464. 465. 467.**
- Bębunki do zapraw i betonów 473—474.**
- Białoskał** p. granulit.
- Bianco chiaro 63.**
- Biel barytowa (mineralna) 523.** Biel cynkowa 490. **523. 527.** Biel hiszpańska (wiedeńska) 77. Biel kremzeńska **523.** Biel ołowiana **523. 527.** Biel wapienna 377.
- Bielec** p. granulit.
- Bigio morato** p. marmo bigio.
- Biotyt** p. łyszczek magnezyowy (lojkowy) czyli czarny.
- Bitum 508. 509. 510—511.** Bitum sztuczny **511—512.**
- Blacha cynkowa 408.**
- Bleu belge 84. Bleu de Saulme 84.**
- Bloki (masywy) betonowe 457. 481—482.**
- Błękiec (cyanit) 16.**
- Błękit berliński (pruski) 525. 527.** Błękit bremeński **524.** Błękit kobaltowy **524. 527.** Błękit kopalny (błękit miedzi, lazur miedzi) **524.**

Błękit leydeński 524. Błękit nowy 525. Błękit paryski 525. Błękit wapienny 524.
Blyszcz węgla p. antracyt.
Blyszczak p. łyszczyk.
Bolus armeński 525. Bolus czerwony 525. 527.
Boracyt 18.
Boraks 491. 492.
Braunit 377.
Braunsztejn (dwutlenek manganu) 377.
Breccia dorata 82. 121. Breccia Pavonazza 86. 121. Breccia traccagnina 85. 121. Breccia verde d'Egitto 121.
Brekeya p. okruczowiec. Brekeya lisowska 121.
Brocatella di Tortosa 83.
Brocatello di Spagna 84.
Bronzowanie odlewów gipsowych 493.
Bronzyt p. spiżowiec.
Brukówka p. cegła posadzkowa.
Bruno di Castione 84.
Brzemień (baryt, spał ciężki, brzemiospat) 18. 153.
Brzemiospat p. brzemień.
Budowa wewnętrzna skał p. złożenie skał.
Budowle wapnolite 449.
Bulwy wapienne 353. 354.

C.

Cajalith 439. 485.
Calcare salino 70. 82.
Calx extincta 315.
Calun 86.
Canella 84.
Caput mortuum (tlenek żelaza) 377; p. nadto: czerwien polernicza.
Castillieri 82.
Cechstein (wapień permski czyli peneski) 64. 67.
Cechy zewnętrzne dobroci cegły i dachówki 259—261; p. nadto: ocena własności, rozpoznawanie stopnia dobroci.
Cegielki z masy cementowej 363.
Cegła 7. 8. 179. 180—181. 198—199. 200—222. 229—267. 406. Cegła angobowana p. cegła powleczone. Cegła Bernhardtiego p. cegła wapienno-piaskowa. Cegła cementowa (betonowa) 482. 483. 484. 485. Cegła cendrynowa 459. Cegła Coignet'a 480. Cegła do kolumn okrągłych (cegła pierścieniowa) 216. Cegła do murów na zaprawie cementowej 406. 408—409. Cegła do odachowań murów odosobnionych 217. Cegła do osmiokątów 218. Cegła do sklepień (sklepieniówka, sklepówka) 216—217. Cegła do stropów 213—214. Cegła dobrze wypalona (wiśniówka) 198—199. 246. 256. 259. 267. Cegła dziurowana (drażona, dęta) 205. 208—211. 268. Cegła egipska p. pacówka. Cegła fasonowa p. cegła modelowa. Cegła felcowana p. cegła wcięta. Cegła gąbczasta p. cegła lekka, porowata. Cegła gładzona 203. Cegła kominowa (kominówka) 215—216. Cegła korkowa 481. Cegła lekka, porowata (gąbczasta. martwicowa, tufowa) 204—205. 256. Cegła licowa (licówka) 201—203. 229. 261. 497. Cegła martwicowa p. cegła lekka. Cegła maszynowa 200. Cegła modelowa (cegła fasonowa, kształtówka, cegła szablonowa, cegła profilowana) 217—220. 269. Cegła na studnie (studniówka, studniarka, klinówka, cembrówka) 216. Cegła na studnie cementowa 482. Cegła na szaber do betonu 450. 451. Cegła niedopalona (niedopalka) 198. 246. 257—258. 259. 267. Cegła niepalona p. surówka. Cegła normalna (niemiecka). 201. Cegła ogniotrwała (ogniówka, szamotka, trzopówka) 221—222. Cegła piecowa (piecówka) 215—216. Cegła pierścieniowa p. cegła do kolumn okrągłych. Cegła podolska p. pacówka. Cegła polewana 262—263. Cegła porowata p. cegła lekka. Cegła posadzkowa (brukówka) 211—213. 229. Cegła powleczone (angobowana) 262. Cegła prasowana 203. Cegła profilowana p. cegła modelowa. Cegła profilowana na różniki 218. Cegła przepalona p. zendrówka. Cegła przycinana 203. Cegła pusta (rurowa) 205—208. 268. Cegła Rawlinson'a 207. Cegła reńska (piaskowiec pumekсовy, kamień martwicowy) 480—481. Cegła ręczna 200. Cegła rurowa p. cegła pusta. Cegła słomianka 476. Cegła smołowana 264. Cegła szablonowa p. cegła modelowa. Cegła Thomas'a 506. Cegła tufowa p. cegła lekka. Cegła Victoria 484. Cegła wapienno-piaskowa (cegła Bernhardtiego) 449. 478—480. Cegła wcięta (felcowana) 216. Cegła wodotrwała p. klinkier. Cegła z wapna gazowego 506. Cegła zabarwiona 261—265. Cegła zadymiona 264. Cegła ziemista Cointereaux'a i Isenard'a 477. Cegła zwyczajna 200—201. 229—267. Cegła żużlowa 502—504. — Części cegły 203—204.
Celestyn p. niebiesciec.
Cembrówka p. cegła na studnie.
Cement 5; p. nadto: zaprawa wodotrwała. Cement angielski p. cement rzymski. Cement angielski marmurowy p. gips alunowy. Cement Atkinson'a (cement Mulgrave'a) 354. Cement barytowy 360. 439. Cement biały 440. Cement boraksowy p. cement Parian. Cement ciastowy (mastyksowy) 518. Cement dolomitowy 360. 438—439. Cement gipsowy 492.

- Cement Keene'go p. gips alonowy. Cement Landrin'a 438. Cement Mac Lean'a p. gips alonowy. Cement magnezyowy 438—439. Cement marglowy 439. Cement mastyksowy p. cement ciastowy. Cement medina 359. 439. Cement mieszany 305. 306. 339. 376. 437—441. Cement Mulgrave'a p. cement Atkinson'a. Cement ogniotrwały 440—441. Cement olejny Kreye'go 518. Cement Parian (cement boraksowy, gips boraksowy) 492. 494. Cement polichromiczny 488. Cement portlandzki 305. 338. 339. 357—437. 500. Cement portlandzki naturalny 305. 358. Cement portlandzki powoli tężący (powoli wiążący się) 378. 383. 388. 389. 394. 405. 415. 422. 435. Cement portlandzki prędko tężący (prędko wiążący się) 378. 383. 388. 389. 394. 405. 415. 435. Cement portlandzki sztuczny 305. 358. Cement pucolanowy (żuźłowy) 305. 306. 339. 376. 441—448. Cement Ransome'a 440. Cement romański p. cement rzymski. Cement rzymski (cement romański, Roman-Cement, cement wodotrwały, wapno cementowe, cement angielski) 88. 112. 305. 339. 353—357. 370. Cement rzymski z dolomitów 357. Cement Schott'a 438. Cement selenitowy Scott'a 437—438. Cement średniowieczny 303. Cement trasowy 441. Cement wodotrwały p. cement rzymski. Cement żuźłowy p. cement pucolanowy. Cementy żuźłowe angielskie 448.
- Ceramika** (przemysł ceramiczny) 179.
- Cerithium (zawiska)** 110.
- Chalcedon** 11. 340.
- Chatis** 117.
- Chapote** p. asfalt meksykański.
- Chlor** 8.
- Chlorek** magnezu 391. 438. Chlorek ołowiu p. żółcień kasselski. Chlorek potasu 391. Chlorek sodu p. sól kuchenna. Chlorek wapnia 437. 499. 500.
- Chlorowódor** 8.
- Chloryt** p. zielonka.
- Chłonność** p. porowatość. Chłonność glin 140. 141. Chłonność ziemi 143.
- Chryzotyl (azbest wężowcowy czyli serpentynowy)** 16.
- Chryzolit** 17.
- Ciasto** asfaltowe 509. Ciasto gipsowe 92. Ciasto wapienne (wapno białe) 297. 298. 307. 308. 318. 319. 323—325. 325—327. 329. 331. 409—412. 470. Ciasto sternbergskie 109.
- Ciągliwość** p. plastyczność.
- Ciepłota** p. temperatura.
- Ciężar własny:** asfaltu 512; betonu 453; cegły korkowej 481; cegły porowatej 205; cegły reńskiej 480; cegły żuźłowej 502. 503; cementu portlandzkiego 369. 371. 402. 415. 427—428. 432; cementu rzymskiego 356; cementu żuźłowego 445; ciasta wapiennego (wapna gaszonego na mokro) 311. 336; mleka wapiennego 297; piasku 337; płytek cementowych na szkielecie 485; płytek gipsowych Mack'a 497; pucolany naturalnej 341; trasu 343; trójkamienia 498; wapna gaszonego na sucho (proszku wapiennego) 317. 318; wapna palonego 295; wapna wodotrwałego 352. 353; ziemi santorynowej 345.
- Ciężar właściwy (gatunkowy)** 3. 4. Ciężar właściwy: asfaltu 512; betonu 453; bezwodny 464; cegły 259; cementu portlandzkiego 305. 370. 371. 401. 402. 413. 421—422; cementu rzymskiego 356; cementu żuźłowego 445; ciasta cementowego o gęstości normalnej 425; dolerytu 47; dolomitu 92; dyorytu 39; dźwiękowca 46; gabbro 40; gipsu 95. 464; gipsu ziarnistego 93; gliny plastycznej 135; gliny wypalanej 198; gnejsu 52; granitu 36; granulitu 54; jaspisu 53; kamieni rodzimych 147. 169; kaolinu 134; klinkra 259; korku 481; ksyolitu 505; lawy 50; łupku amfibolowego 56; łupku glinianego 60; łupku glinianego pierwotnego 57; łupku krzemiennoego 53; łupku łojkowego 55; łupku zielonkowego 55; martwicy 113; martwicy krzemionkowej 132; masy korkowej 481; mąki wapiennej 296; mąki wapiennej do cementu żuźłowego 444; mąki żuźłowej 444; melafiru 44; minerałów wchodzących w skład skał 11—19; obsydyanu 46; perlowca 46; piaskowca 112; piaskowca ciosowego (kostkowego) 106; piaskowca jurajskiego 105; piaskowca kajprowego 103; piaskowca pstrego 102; piaskowca szarowakowego 99; piaskowca wealdńskiego (hasyngskiego) 105; piaskowca węglowego 100; porfiru felzytowego 43; pucolany 341; pumeksu 46; skały asfaltowej 508; skały kwarcowej (kwarcytu) 52; słupienia 49; smoly ziemnej 507; syenitu 38; szkła 528; trachytu 45; trasu 343; wapienia ikrowcowego 72; wapienia jurajskiego białego 75; wapienia krystalicznego 64; wapienia liasowego (czarnego) 71; wapienia muszłowego 69; wapienia przejściowego (szarowakowego) 66; wapna gaszonego na sucho (proszku wapiennego) 317; wapna palonego (tlenku wapnia) 296; wapna wodotrwałego 352; wężowca 41; wyrobów ceglarskich 259; zendrówki 259; ziemi santorynowej 345.

Cios 7. 175. 176.

Ciosanie kamieni p. obrabianie kamieni.

Cipollino p. cypolin.

Cipolazzo 82.

Cliquart 78.

Colcothar p. czerwień polernicza.

Cotonello 82.

Crownglas 528.

Cukrzan wapnia p. wapno cukrowe.

Cyanit p. błękitiec.

Cynamiec (hessonit, kanele) 16.

Cynk 408.

Cynober 494. 525. 526. 527. Cynober chiński, holenderski, karminowy 525. Cynober chromowy (austriacki) p. czerwień chromowa.

Cynwaldyt 14.

Cypolin (łupek wapno-lyszczkowy, marmur frygijski, cipollino) 62. 63. 64.

Cytryn 11.

Czarnoziem 143.

Czas tężenia zaprawy 279. Czas twardnienia zaprawy z cementu portlandzkiego 385. 405. Czas wiązania zaprawy z cementu portlandzkiego 383. 397. 400. 402. 415—416. 422—423. 428. 434—435. Czas wiązania zaprawy z cementu żuźlowego 445. 446. Czas wypalania wapna 284.

Czerep (geoda) 10.

Czerń cementowa (czerń węglowa) 377. Czerń frankfurcka 526. Czerń hiszpańska 526. Czerń węglowa p. czerń cementowa. Czerń z kości 526. Czerń z węgla i korka 526.

Czerot p. trzcina pospolita.

Czerwień angielska (czerwień chemiczna, francuska, indyjska, neapolitańska, perska, tlennik żelaza) 377. 494. 525. 527. Czerwień berlińska 525. Czerwień chromowa (cynober austriacki, cynober chromowy, czerwień Van Dyck'a) 525. Czerwień florencka (laka florencka) 525. Czerwień japońska 525. 527. Czerwień kobaltowa 525. Czerwień nowa 525. 527. Czerwień polernicza (caput mortuum, colcothar) 525. Czerwień pompejańska 377. Czerwień Van Dyck'a p. czerwień chromowa.

Czerwonodrzew (fernambuk) 494. 525.

Części cegły 203—204.

Części stałe i zmienne piasku 129.

Część składowa p. składnik.

Ć.

Ćwiartka cegły (kwaterka) 204. Ćwiartka podłużna 204.

Ćwierwałek 218.

D.

Dach holccementowy 528.

Dachówka 179. 182. 222—226. 229. 256. 258. 261. 267. Dachówka cementowa 356. 482. 484. Dachówka felcowana p. dachówka z zakładką. Dachówka flamandzka p. dachówka holenderska. Dachówka francuska p. dachówka z zakładką. Dachówka holenderska (holenderka, dachówka flamandzka, esówka) 223. Dachówka krepowana 224. Dachówka kwadratowa p. kwadratka. Dachówka łupkowa 56. 57. 58. 59. 60. Dachówka płaska p. karpówka. Dachówka polewana 226. 263. Dachówka rzymska (włoska) 224. Dachówka smolowana 264. Dachówka sześciokątna 225—226. Dachówka Victoria 484. Dachówka włoska p. dachówka rzymska. Dachówka z wyłotem 226. Dachówka z zakładką (felcowana, francuska) 224—225. Dachówka zabarwiona 261—265. Dachówka zadymiona 264. Dachówka zwyczajna p. karpówka.

Dagdan 117.

Dezyntegrator p. rozdrabniacz.

Dialiag p. mignik.

Dogger p. jura środkowa.

Doleryt p. szaroskał. Doleryt amfigenowy 47. Doleryt obłocznikowy 47.

Dolomit 9. 10. 14. 17. 18. 24. 25. 26. 57. 61. 80—92. 148. 151. 153. 158. 161. 167. 170. 357. 360. 439. 500. Dolomit bitumiczny 89. Dolomit cechsteinowy p. waka dymna. Dolomit falisty 90. Dolomit karpacki 91. Dolomit krzemienisty 89. Dolomit obłoczkowy 90. Dolomit okrucowcowy 89. Dolomit rudonośny 90. 91. Dolomit wapienny 26. Dolomit żelazisty 89.

Dołowanie gliny p. rozmiękczenie gliny.

Doły dla gliny 184. Doły dla wapna gaszonego 313—315. 336.

Domit 45.

Dostawa: kamieni rodzimych 175—176; piasku do zaprawy 337; wapna gaszonego 336; wapna palonego 300—302; wyrobów ceglarskich 265—267; zaprawy powietrznej gotowej 337—338; p. nadto: warunki normalne.

Doświadczenia p. próby. Doświadczenia nad cementem portlandzkim 413—436. Doświadczenia nad kamieniami rodzimymi 144.

Dowóz kamieni na miejsce budowy 176.

Dręny p. rury drenowe.

Drift 126.

Drobienie żużli p. ziarnowanie.

Druzgot p. okrucowiec.

Drzewo 6. Drzewo górne p. azbest. „Drzewo kamiennie“ p. ksylolit.

Duckstein p. tras.

Duny (wydmy piaszczyste nadmorskie) 129.

Dwutlenek manganu p. braunsztein. Dwutlenek węgla 8.

Dyabaz 13. 15. 22. 23. 27. 28. 39. 158. 160. 362. Dyabaz afanitowy p. dyabaz zbity. Dyabaz kwarcowy 39. Dyabaz łupkowy 39. Dyabaz oliwinowy 39. Dyabaz zbity (afanitowy) 39.

Dyament 167.

Dyatomea p. okrzemka.

Dymowaka p. waka dymna.

Dymy kominów fabrycznych p. gazy dymu kominów fabrycznych.

Dyopsyd 15.

Dyoryt 13. 15. 17. 23. 24. 27. 28. 32. 38—39. 56. 157. 158. 160. 168. 362. Dyoryt afanitowy p. dyoryt zbity. Dyoryt kulisty (koryt) 39. Dyoryt kwarcowy 38. Dyoryt łuszczkowy 38. Dyoryt zbity (afanitowy) 38.

Dysten 16.

Dziarstwo p. żwir.

Dziwiątka p. trzy czwartych cegły.

Dziobek p. piętka dachówki.

Dźwiękowiec (fonolit) 12. 13. 14. 17. 18. 22. 45—46. 158.

E.

Eklogit (omfacyt) 15. 16. 17. 171.

Elastyczność p. sprężystość.

Eleolit 13.

Emalia (szkło nieprzezroczyste) 528.

Enkaustowanie odlewów gipsowych 490—491; p. nadto: płyty enkaustowe.

Epidot (pistacyt) 16. 17. Epidot biały p. zoizyt.

Epoka brązu 27. Epoka kamienna 27. Epoka lodowa 27. Epoka żelaza 27.

Esówka p. dachówka holenderska.

Eufotydy p. gabbro.

F.

Fabryki: cementu portlandzkiego 359—360; cementu żuźlowego 503; zaprawy powietrznej 337.

Fajans 179; p. nadto: wyroby fajansowe.

Falszowanie: asfaltu i bitumu 511—512; cementu portlandzkiego 376—377.

Farba 6. 520—528. Farba anilinowa 520. Farba do stiuku gipsowego 494—496. Farba do wypraw cementowych i wyrobów cementowych 487—489. Farba jako przymieszka do cementu portlandzkiego 377—378. Farba każei-

nowa 522. Farba klejowa 520. 522. Farba krwista 521—522. Farba mleczna 522. Farba nieprzezroczysta p. farba pokrywająca. Farba olejna 164. 436. 437. 487. 520. 521. 526—527. Farba pokrywająca (nieprzezroczysta) 520. Farba przezroczysta 520. Farba stereo-chromiczna 437. 487. 488. 522—523. 523. 524. 525. 526. Farba ultramarynowa 377; p. nadto: ultramaryna. Farba wapienna 521—522. Farba wodna 520. 521—526. Farba woskowa 520. 526. Farba ze szkłem wodnym p. farba stereo-chromiczna. Farba ziemna 494. Farba żelazista czerwona 378.

Farbnik p. barwnik.

Fassait 15.

Feldspat p. spat polny.

Felzyt 41; p. nadto: skała felzytowa.

Fengit p. łyszczek potasowy.

Fernambuk p. czerwono drzew.

Fior di Persico (Persehino) 82.

Flintglas 528.

Fluatacya 166—167. 469—470. 486. 491.

Fluaty Kessler'a (roztwory fluo-krzemianów) 166. 167. 486. „Fluaty gipsowe“ 470.

Fluorowodor 391.

Fluoryt p. topnik.

Fluspat p. topnik.

Fola p. skrzynia wapienna.

Fonolit p. dźwiękowiec.

Forma: dla cegły 187. 188; dla cegły modelowej 217; dla cegły wapienno-piaskowej 478—479; dla cegły ziemistej 477; dla ciałek próbnych cementowych 418. 419. 425. 426. 428—429. 431; dla odlewów z gipsu 489; dla wyrobów terrakotowych 270. Formy (skrzynie): do betonu i kamieni betonowych 449. 456; do betonu Coignet'a 458. Formy sprężyste Ritschel'a 489.

Formacya (utwór) 23—27; p. nadto: grupa formacyj, piętro formacji. Formacya aluwialna (napływy nowsze) 26. 27. Formacya cechsteinu (piętro górne formacji permskiej) 25. Formacya czerwona (piętro dolne formacji permskiej) 25. Formacya czwartorzędowa (poplioceniczna) 26. 27. Formacya dewońska 24. Formacya dyluwialna (napływy dawniejsze) 26. 27. Formacya eoceniczna 26. 27. Formacya hercyńska (formacya gnejsu młodszego) 24. Formacya hurońska (formacya łupku pierwotnego) 24. Formacya jurajska (ikrowa, oolitowa) 25. 26; p. nadto: jura spodnia, jura środkowa, jura wierzchnia. Formacya kajpru (piętro górne formacji tryjasowej) 25. 26. Formacya kredowa (formacya piaskowca ko-

stkowego) 26. Formacja laurentyjska (formacja gnejsu pierwotnego) 24. Formacja mioceniczna 26. 27. Formacja oligoceniczna 26. 27. Formacja permska 24. Formacja piaskowca muszlowego (piętro środkowe formacji tryjasowej) 25. 26. 109. Formacja piaskowca pstrego (piętro dolne formacji tryjasowej) 25. 26. Formacja plioceniczna 26. 27. Formacja podwęglowa (piętro dolne formacji węglowej) 24. Formacja przechodowa (formacja waki szarej) 25. Formacja syluryczna 24. Formacja tryjasowa 25. 26. Formacja trzeciorzędowa (molasowa) 26. 27. Formacja węglowa 24. Formacja węglowa właściwa (piętro górne formacji węglowej) 24.

Formowanie (strychowanie): bryłek do płyt mozaikowych 271; cegły i dachówki 187; cegły wapienno-piaskowej 478—479; cegły żuźlowej 503; masy cementowej 363; płyt enkaustowych 274; surówki 475.

Fosforowodór 159.

Fosforyt 9. 18.

Fuga p. spoina.

Fugowanie cementem 408.

Fundamenty: pod pokłady asfaltowe 512. 514—515; pod pokłady z płyt asfaltowych 515.

Futrówka 217.

Fyllad (fyllit) 56. 57.

Fyllit p. fyllad.

G.

Gabbro (eufotyd) 13. 15. 17. 27. 28. 39—40. 160. Gabbro oliwinowy 40.

Galets 88.

Garkowiec p. kamień garncański.

Garnki do sklepień 179. 205. 267—268.

Gaszenie (lasowanie) wapna 296. 297. 301. 306—318. 336. 437. Gaszenie mokre (gaszenie zwyczajne, gaszenie przy nadmiarze wody) 306. 307. 307—315. Gaszenie przez wystawianie na działanie powietrza (gaszenie naturalne) 316—317. Gaszenie przez zanurzenie 315. 316—317. Gaszenie przez zraszanie wodą 315—316. 316—317. Gaszenie przy nadmiarze wody p. gaszenie mokre. Gaszenie suche 306. 307. 315—318. Gaszenie wapna w dole 314. Gaszenie wapna wodotrwałego 351—352.

Gatunki cegły 200—222. Gatunki cegły ze względu na stopień wypalenia 198—199. 267.

Gatunki wyrobów ceglarskich 200—229.

Gaz jako paliwo pieców ceramicznych 197.

Gazy dymu kominów fabrycznych i wpływ ich na trwałość kamieni 91. 157. 158. 161.

Gaża 94.

Gąbczak p. pumeks.

Gąsior 223.

Gąsiorek 223.

Geoda p. czerep.

Gęstomierz dla zaprawy 397. 422—423. 428. 431.

Gęstość betonu 452. Gęstość najodpowiedniejsza zaprawy z cementu żuźlowego 447. Gęstość (konsystencyja) normalna zaprawy z cementu portlandzkiego 397. 422—423.

Giallo annulato 82. Giallo antico 82. Giallo brecciatto 82. Giallo di Castione 82. Giallo di Siena 82. Giallo e nero 82. Giallo pagliocco 82.

Gips (siarczan wapnia wodny) 9. 10. 18. 24. 25. 27. 28. 57. 92—95. 153. 158. 161. 167. 168. 170. 285. 334. 437. 438. 464—471. 485. 486. 489—499. 519. 523. Gips alonowy (cement Keene'go, cement marmurowy angielski, cement Mac-Lean'a, gips cementowy) 491—492. 495. Gips atlasowy 92. Gips bezwodny p. bezwodyn. Gips borakowy p. cement Parian. Gips cechsteinowy 94. Gips cementowy p. gips alonowy. Gips cuchnący 93. Gips gaszony 464—465. Gips gliniany 92. 94. Gips jako przymieszka do cementu portlandzkiego 375. 383. 389. 392. Gips lodowaty p. spat gipsowy. Gips martwy p. gips przepalony. Gips palony 92. 464. 468. Gips piankowy 94. Gips przepalony (martwy) 92. 465. 468. Gips włóknisty (żyłkowy) 92. 497. Gips wodotrwały (hydrauliczny) 465. 468. Gips zbity 93. 153. Gips ziarnisty (alabaster) 9. 11. 93. 95. 161. 164. 496. 497. Gips ziemisty 94.

Glaukonit 17. 26.

Glazura p. polewa.

Glejta p. tlenek ołowiu. Glejta żółta p. masykot.

Glin 8.

Glina 8. 10. 18. 24. 25. 26. 27. 28. 129. 133—143. 170. 178—179. 360—362. 523. Glina ceglarska 137—139. „Glina chińska“ 134. Glina chuda 133. Glina ciągliwa p. glina plastyczna. Glina: dla bryłek płyt mozaikowych 273; dla cegły licowej 202; dla cegły modelowej 217; dla cementu portlandzkiego 360—362; dla kalfi 277; dla klinkrów 220; dla płyt enkaustowych 273—274; dla surówki 475—470; dla wyrobów ceglarskich 181—200; dla wyrobów terrakotowych 270; dla zaprawy glinianej 280. Glina fajkowa (fajansowa) 135. Glina garncańska 137. 142. Glina glaukonitowa 26. „Glina“ jako nazwa części nierozpuszczalnej marglu 350. Glina jako przymieszka do zaprawy powietrznej 334. 345. Glina łąkowa 181. Glina łupkowa 10. 24.

25. 26. 27. 100. **136**; p. nadto: lupek węglowy. Głina mamutowa p. glina piaszczysto-wapienna. Głina margłowa **138**. Głina nieprzemakalna **140**. Głina ogniotrwała **135**. **221**. **361**. Głina osadowa **133**. Głina palona **142**. Głina piaszczysta **139**. Głina piaszczysto-wapienna (głina mamutowa, löss) **27**. **138—139**. Głina plastyczna (ciągliwa) **26**. **134—137**. Głina porcelanowa p. kaolin. Głina skalna **138**. Głina tłusta **133**. Głina zeszlona **142**.
- Glinka** (tlenek glinu) **8**; p. nadto: glina plastyczna.
- Glinokrajnia** p. mieszkarka nożowa.
- Głony** p. wodorosty.
- Głazy** narzutowe (polne) p. kamienie narzutowe. Głazy wulkaniczne **49**.
- Gnejs** **11**. **12**. **13**. **14**. **15**. **16**. **17**. **18**. **23**. **24**. **28**. **29**. **32**. **36**. **50—52**. **158**. **160**. **168**. Gnejs chlorytowy p. gnejs zielonkowy. Gnejs grafitowy **51**. Gnejs granitowy (granito-gnejs) **36**. Gnejs hornblendowy **51**. Gnejs łojkowy (protogynowy) **51**. Gnejs łupkowy p. gnejs syenitowy. Gnejs łuszczkowy **51**. Gnejs palony jako pucolana sztuczna **346**. Gnejs protogynowy p. gnejs łojkowy. Gnejs syenitowy (łupkowy) **37**. Gnejs z żelaziakiem łuszczkowym **51**. Gnejs zielonkowy (chlorytowy) **51**.
- Gniazdo** **10**.
- Gnicie cegły** **247**.
- Gnojenie** gliny p. przewietrzanie gliny. Gnojenie masy surowej cementu portlandzkiego p. przechowywanie masy. Gnojenie wapna p. przechowywanie wapna gaszonego w dolach.
- Gomfolit (nagelflu, rumolep różnorodny)** **124**.
- Graca** **308**. **312—313**. Graca do mieszania ciasta wapiennego z piaskiem **326**.
- Gracownik (gracz)** **308**. **470**.
- Grafit** **10**. **18**. **24**. **168**. **526**.
- Grammatyt** p. tremolit.
- Granat** **9**. **10**. **16**. **24**. Granat biały **16**. Granat czeski (pyrop) **16**. Granat pospolity **16**. Granat szlachetny (almandyn) **16**.
- Granatyt** p. staurolit.
- Granit** **9**. **10**. **11**. **12**. **13**. **14**. **15**. **16**. **17**. **18**. **22**. **23**. **24**. **27**. **28**. **28—36**. **51**. **148**. **151**. **153**. **157**. **159**. **160**. **166**. **168**. **170**. **175**. Granit alpejski p. protogyn. Granit czerwony wschodni **30**. Granit grafitowy **51**. Granit gruboziarnisty (pegmatyt) **30**. Granit hangeudski **31**. Granit hornblendowy p. granit syenitowy. Granit muskowitzowy **30**. Granit łojkowy (talkowy) p. protogyn. Granit odrodzony p. granit sztuczny. Granit pismowy (kamień żydowski) **30**. Granit piutertlaski **31**. **32**. Granit protogynowy p. protogyn. Granit rockumski **32**. Granit serdobolski **31**. Granit syenitowy (hornblendowy) **14**. **23**. **30**. **51**. Granit sztuczny (odrodzony) **36**. **500**; p. nadto: naśladownictwo kamieni rodzimych, pyrogranit. Granit turmalinowy **30**. Granit ukraiński p. płyta granitowa ukraińska. Granit właściwy **29**. Granit woroneski **32**. Granit wyborgski **32**. Granit z nad Bohu **38**.
- Granit belge** **85**.
- Granitello** p. półgranit.
- Granito-gnejs** p. gnejs granitowy.
- Granito-syenit** p. syenit granitowy.
- Granityt** **29**. **31**. **32**.
- Granulit (leptynit, bielec, białoskał)** **11**. **16**. **23**. **24**. **50**. **51**. **53—54**. Granulit dyallagowy p. granulit mignikowy. Granulit hornblendowy **54**. Granulit łuszczkowy **54**. Granulit mignikowy (dyallagowy) **54**. Granulit turmalinowy **54**.
- Granulowanie żużli** p. ziarnowanie.
- Grechetto** **63**.
- Griotte Campan** **84**.
- Griotto d'Italia** **83**.
- Grochowiec (pizolit)** **18**. **20**. **71**.
- Grossular** p. agrestnik.
- Grubowapień (wapień gruboziarnisty paryski)** **28**. **64**. **78—79**. Grubowapień grochowcowy **79**. Grubowapień piaszczysty **79**. Grubowapień spodni (wapień numulitowy) **78**. Grubowapień środkowy **78**.
- Grupa formacji** **24**; p. nadto: formacja. Grupa formacji azoicznych (beżyciowych, pierwotnych) **24**. Grupa formacji cenozoicznych (trzeciorzędowych i czwartorzędowych) **26**. **27**. Grupa formacji mezozoicznych (drugorzędowych) **25**. **26**. Grupa formacji paleozoicznych (pierwszorzędowych) **24**. **25**.
- Gruz** ceglany **267**. Gruz granitowy **30**; p. nadto: piasek granitowy.
- Grynszpan** **527**.
- Gudron** **510—511**.
- Guma arabska** **519**.
- Gummi gutta** **494**.
- Gurhofian** **90**.
- Gutaperka** **6**.
- Gzyms** **176**.
- Gzysówka (karnesówka)** **217**. Gzysówka cementowa Victoria **484**. Gzysówka zwykła **218**.

II.

- Hedenbergit** **15**.
- Hellefinta (hälléfinta)** **43**; p. nadto: skała felzytowa.
- Hematyt (żelaziak czerwony, krwawnica)** **18**.

Hessonit p. cynamiec.
Hieroglify 107. 108.
Homogenizer 444.
Holenderka p. dachówka holenderska.
Hornblenda 9. 157; p. nadto: amfibol. Hornblenda pospolita 14. Hornblenda słupieniowa (bazaltowa) 14.
Humus p. próchnica.
Hydrat d'Oxycel p. woda tlenochloru magnezu.
„Hydro“ p. kamienie Lebrun'a.
Hypersten (paulit) 15.
Hyperstenit p. skala hyperstenowa.

I.

Igła Vicat'a (normalna) 397. 415. 423. 428. 431.
 Igła Vicat'a grubsza 397. 422—423; p. nadto: gęstomierz.
Ikrowiec p. wapień ikrowcowy. Ikrowiec właściwy 71.
Ilość betonu, którą na raz przygotować należy 452. Ilość cegły na jednostkę sześciennej muru 201. Ilość cementu i piasku w wyrobach betonowych 483. Ilość ciałek próbnych z cementu portlandzkiego 419. 421. Ilość ciasta wapiennego i piasku w zaprawie powietrznej 323—325. Ilość gipsu i wapna w stuku wapiennym 493. Ilość największa dozwolona kwasu siarczanego, tlenku magnezu (magnezyi) i przymieszek w cemencie portlandzkim 420; p. nadto: wpływ przymieszek, wpływ tlenków wapnia i magnezu. Ilość piasku i wody w zaprawie z cementu rzymskiego 355. 357. Ilość piasku w zaprawie powietrznej 319. Ilość piasku w zaprawie z cementu portlandzkiego 381. Ilość pucolanow dodawanej do wapna 339. Ilość stosunkowa składników w betonie 451. 453. 454—455. Ilość stosunkowa składników w zaprawie wapienno-cementowej 409—411. Ilość wapna w cemencie żużelowym 444. 446. Ilość wody do betonu powietrznego (wapiennego) 450. Ilość wody do gaszenia wapna 310—311. 336. Ilość wody do zaprawy cementowej, mającej gęstość normalną 397. 400. 401. 402. 422—423. 425—426. Ilość wody do zaprawy powietrznej 325. Ilość wody do zaprawy z cementu portlandzkiego 379. Ilość zaprawy do murów 279. Ilość zaprawy powietrznej, którą jeden robotnik przygotować może 327. Ilość zaprawy przygotowywanej na raz: powietrznej 326; pucolanowej 339; z cementu portlandzkiego 406; z cementu rzymskiego 355.
Il 137. 477. 478. Il gliniasty 136. 137. 142. Il łupkowy (łupek ilasty, ilolupek) 24. 25. 136.

Ilolupek p. il łupkowy. Ilolupek czerwony 136.
Imitacya p. naśladownictwo.
Incarnat 83.
Indyacht p. indygo.
Indygo (indyacht) 491. 525. 527.
„Ironbrick“ 502.
Iskrzyk 10. 18. 158; p. nadto: wpływ iskrzyku.
Itakolumit (kwarc giętki, piaskowiec giętki) 52.

J.

Jarec 78.
Jaspis 11. 52. 53. Jaspis egipski 53. Jaspis krwawy (krwawnikowy) 53. Jaspis kulisty 53. Jaspis wstęgowy 53. 116.
Jastrzychy p. zalewy posadzkowe.
Jaune St. Beaume 82.
Jura p. formacya jurajska. Jura spodnia czyli czarna (piętro dolne formacyi jurajskiej, lias) 25. Jura środkowa czyli brunatna (piętro środkowe formacyi jurajskiej, dogger) 25. Jura wierzchnia czyli biała (piętro górne formacyi jurajskiej, malm) 26.

K.

Kafarek cementowy 425. 429. 431.
Kafle 179. 277.
Kalafonia 501—502. 519.
Kalamit p. tremolit.
Kalcyt p. spat wapienny i wapień.
Kameotypia 496.
Kamienie betonowe 481—489. Kamienie bostońskie 485. Kamienie de la Faye'a 477—478. Kamienie do murów na zaprawie cementowej 406. 408—409. Kamienie Dumesnil'a do robót wodnych 483. Kamienie dzikie p. kamienie narzutowe. Kamienie korkowe 481. Kamienie Lallier'a 484. Kamienie Lebrun'a 481. Kamienie łamane (łupane) 174. 176. Kamienie łomowe 7. Kamienie narzutowe (kamienie polne, dzikie, glazy naniesione. błędne, erratyczne) 7. 27. 34. 124—127. 131. 132. 139. 148. 159. 176. Kamienie naturalne p. kamienie rodzime. Kamienie nieprzemakalne Barla i Duglas'a 483—484. Kamienie obrobione p. ciosy. Kamienie odosobnione 28. 124—144. Kamienie okręmkówkowe 504. Kamienie polne p. kamienie narzutowe. Kamienie Ransome'a 499—500. Kamienie reńskie p. cegła reńska. Kamienie rodzime (naturalne) 6. 7—177. Kamienie szklane 528—529. Kamienie sztuczne 6. 7. 8. Kamienie sztuczne niepalone 6. 178. 475—506. Kamienie sztuczne o spoiwie gipsowem 93. 496—497. Kamienie sztuczne o spoiwie wapiennem i cementowem 477—

489. Kamienie sztuczne o spoiwie ze smoły, żywicy, asfaltu i t. p. 499. 501—502. Kamienie sztuczne o spoiwie ze szkła wodnego 499—501. Kamienie sztuczne palone (wyroby ceramiczne) 6. 178—277. Kamienie sztuczne z cementu rzymskiego 355—356. Kamienie Terp'a 504. Kamienie Thomas'a p. cegła Thomas'a. Kamienie Winkelmann'a 484. Kamienie z odpadków fabrycznych 506. Kamienie z wapna gazowego 500. Kamienie Zuber'a 484. Kamienie żuźlowe 502—504.
- Kamień alunowy** (alunit, alunit) 119. Kamień boloński 18. Kamień garncarski (kamień garnkowy, garkowiec, zdunek) 55. Kamień gliniany p. martwica portlandzka. Kamień grygorowski 67. Kamień księżycowy 12. Kamień kwarcowy p. krzemień. Kamień karlsbadzki p. kamień sprudłowy. Kamień kirnowski 90. Kamień krzeszowski 86. Kamień lidyjski p. łupek krzemienisty. Kamień litograficzny 26. 72—73. 76; p. nadto: kamień solnhofeński. Kamień margłowy 87. 88. 89. Kamień martwicowy p. cegła reńska. Kamień młyński 99; p. nadto: kwarcyt wód słodkich. Kamień niebieski spągowy 69. Kamień okrągły p. otoczak. Kamień paryski p. kamień pińczowski. Kamień piaskowy p. piaskowiec. Kamień pieprzowy p. peperino. Kamień pińczowski (paryski) 110. Kamień portlandzki 151. 359. Kamień posadzkowy 72—73. Kamień probierczy p. łupek krzemienisty. Kamień purchaty p. pumeks. Kamień solnhofeński 26. 72—73. Kamień sprudłowy (karlsbadzki) 18. 20. 123. 282. „Kamień szwedzki“ 125. Kamień trzewiowy 95. Kamień wapienny p. wapień. „Kamień wielki“ 125. Kamień żydowski p. granit pismowy.
- Kamionka** 179. 268—269; p. nadto: wyroby kamionkowe. Kamionka biała 269. Kamionka niepolewana 269.
- Kamyki**: do betonu 450—451; do robót mozaikowych 174.
- Kamysze** p. trzcina pospolita.
- Kanały** betonowe i murowane na zaprawie cementowej 391. 482. 484.
- Kanele** p. cynamiec.
- Kaolin** (glina porcelanowa, ziemia porcelanowa, porcelanówka, porcelanka) 12. 36. 97. 102. 133. 134. 142. 157.
- Kapsla** p. skorupa.
- Karmin** 525. 527. Karmin marzankowy 525. Karmin żółty 523.
- Karnesówka** p. gzymsówka.
- Karpiówka** (dachówka płaska, zwyczajna) 222—223.
- Karuk** 519.
- Kauczuk** 6. 490.
- Kazeina** p. sernik.
- Kąt naturalny stoku nasypów ziemnych** 143.
- Kielnia** 407. Kielnia polernicza 496.
- Kit** 4. 6. 164. 280. 516—520. Kity: asfaltowe 517; gumowe 519; kazeinowe 520; krwiste 520; mineralne 516—517; ogólne (uniwersalne) 516; olejne 518—519; roślinne 518—519; szklarskie 518; zwierzęce 519—520; żywiczne 519.
- Kitowanie** uszkodzeń w wyprawach 521.
- Klasyfikacja** cegły, oparta na jej wytrzymałości 241—242. Klasyfikacja cementów portlandzkich, oparta na ich wytrzymałości 405. Klasyfikacja kamieni budowlanych rodzimych 28. Klasyfikacja kamieni rodzimych, oparta na ich wytrzymałości 147—148. Klasyfikacja kamieni rodzimych ze względu na ich trwałość 161. Klasyfikacja materiałów budowlanych 0. Klasyfikacja wyrobów ceramicznych i kamieni sztucznych palonych 179. Klasyfikacja zapraw 279—280. Klasyfikacja zapraw wapiennych 302—306.
- Klej** 280. 490. 491. 493. 497. 519—520. Klej pergaminowy 493. Klej stolarski 489. 496.
- Klinkier** (cegła wodotrwała) 179. 199. 220—221. 231. 242. 247. 252. 253. 256. 257. 269.
- Klinochlor** (rypidolit) 15.
- Klinówka** p. cegła na studnie.
- Kłęby** (skał wybuchowych) 22.
- Knuppen** 343.
- Kolofonit** 16.
- Kolumny**: betonowe 482; okrągłe z cegły 216.
- Kominówka** p. cegła kominowa.
- „Kompozycje żuźlowe“** 442.
- Konglomerat** p. zlepieniec.
- Konkrety** 9.
- Konopie** 6.
- Konstrukcje Monier'a** p. beton cementowy ze szkieletem żelaznym.
- Konsystencja normalna** zaprawy p. gęstość normalna.
- Kopuły** (skał wybuchowych) 22.
- Korale** 27.
- Korek górny** p. azbest.
- Korsyt** p. dyoryt kulisty.
- Korund** 167.
- Korzeń ślazowy** 470; p. nadto: prawoślaz.
- Kostki** asfaltowe 513—514. Kostki ze szkła dętego 528—529.
- Koszówka** p. lotoczek.
- Krajnica** p. mieszarka nożowa.
- Krap** p. marzanka.

Kreda 9. 12. 17. 26. 28. 64. 75—78. 167. 281. 360. 362. 368. 492. 518. 519. 521. 522. 523.
Kreda czarna p. łupek rysowniczy. **Kreda glaukonitowa** 75. **Kreda hiszpańska** p. stoniniec.
Kreozot 166.
Krew bydłęca p. posoka.
Krochmal 490.
Krwawnica p. hematyt.
Kryolit p. łatwotoppek.
Kryształ górny 8. 11. **Kryształ górny szlachetny** 11.
Krzem 8.
Krzemiaki 9. 11.
Krzemian glinu 133. 134. 141. **Krzemian potasu** 9. **Krzemian wapnia** 329. 330.
Krzemianopotas 490.
Krzemień (kamień kwarcowy, skałka) 11. 12. 19. 53.
Krzemieńce 50. 52—53.
Krzemionka 8. 9. 157. 531. **Krzemionka galaretowata (rozpuszczalna)** 329—330. 500.
Krzepnienie zaprawy p. tężenie, twarżnienie, wysychanie, wiązanie się **Krzepnienie zaprawy mechanicznej** 280.
Krzyżeń p. staurolit.
Ksylolit („drzewo kamienne“) 504—505.
Kształówka p. cegła modelowa.
Kulmska szarowaka wierzchnia 99.
Kurczenie się gliny p. zsychanie. **Kurczenie się zaprawy** 279.
Kurkuma 523.
Kwadratka (dachówka kwadratowa) 225—226.
Kwarc (kwarzec) 9. 10. 11. 27. 153. 157. 167. 168. 492. **Kwarc dymny** 11. **Kwarc dziurkowaty** p. kwarcyt wód słodkich. **Kwarc giętki** p. itakolumit. **Kwarc mleczny** 11. **Kwarc pospolity** 11. **Kwarc różowy** 11. **Kwarc spróchniały** p. kwarcyt wód słodkich. **Kwarc szafirowy** 11. **Kwarc ziarnisty** 28. **Kwarc żelazisty** 11.
Kwarcyt 157. 160. **Kwarcyt właściwy** p. skała kwarcowa. **Kwarcyt wód słodkich (kwarc dziurkowaty, kwarc spróchniały, kamień młynski)** 27. 52. 53. 96. **Kwarcyt zbity** 52. **Kwarcyt ziarnisty** 52.
Kwarzec p. kwarc.
Kwas azotny 8. 391. **Kwas fluorowodorny** 391. 488. **Kwas fosforowy** 9. **Kwas garbnikowy** 391. **Kwas octowy** 391. 497. **Kwas próchnicowy (humusowy)** 159. **Kwas siarczany** 8. 9. 383. 391. 420. 437. 438. 490. 492. 496. 497. 504. **Kwas solny** 8. 391. 437. 488. **Kwas szcza-**

wiowy 159. **Kwas taninowy** 159. **Kwas tłuszczowy oleju lnianego** 437. **Kwas węglany** 8. 9. 156. 157. 159. 328—330. 387.

L.

Laboratoria mechaniczno-techniczne p. stacye doświadczalne.
Labrador (labradoryt) 11. 12. 13. 157.
Laka czerwona 525. **Laka florencka** p. czerwień florencka. **Laka karminowa** 525. **Laka mazarankowa (krapowa)** 525. 526.
Lambaird 78.
Lambour 78.
Lapidicinae p. pausillip.
Lapilli (rapilli) 49. 340.
Lapis tiburtinus p. travertino.
Lasowanie wapna p. gaszenie wapna.
Lastrico 488.
Lavaoid 517.
Lawa 14. 16. 17. 18. 21. 27. 28. 49—50. 168. 169. 310. **Lawa bazaltowa** 49. **Lawa metalowa Orsi'ego** 501. **Lawa polewana** 50. **Lawa pyroksenowa** 28. **Lawa szklana czarna** 46. **Lawa trachytowa** 28. 46. 49.
Le Griotte vive 83.
Lempaca p. pacówka.
Len górny p. azbest.
Lepidolit 14.
Lepiszczce p. spoiwo.
Leptynit p. granulit.
Le Rose 83.
Leucyt p. amfigen.
Lias p. jura spodnia.
Licowanie cegła muru 203. **Licowanie cegła paloną muru z surowki** 476. **Licowanie muru płytami enkaustowymi** 276. **Licowanie muru z kamieni rodzimych** 164. 170.
Licówka p. cegła licowa. **Licówka klinkrowa** 221.
Lidył p. łupek krzemienisty.
Lilas 85.
Liszajce 159.
Lodzień p. ortoz szklisty.
Löss p. glina piaseczysto-wapienna.
London clay 353.
Lower new red sandstone (piaskowiec angielski czerwony, dolno-permski) 100.
Lucullan p. nero antico
Lucyle-Bois 86.
Ludus Helmonti p. septarye.
Lumachella 84; p. nadto: małżowic. **Lumachella Castracana** 84.
Lydyon 86.

L.

Łatwotopek (kryolit) 18. 492.
 Łojek (talk) 15. 16.
 Łomy wapienia 61.
 Łotoczek (koszówka) 223.
 Ług sodowy 490.
 Łupek 18. 19. 28. 362. Łupek aktynotowy p. łupek promieńcowy. Łupek alunowy 52. 58. 158. Łupek alunowy palony jako pucolana sztuczna 345. Łupek amfibolowy (hornblendowy) 14. 23. 28. 50. 51. 56. 62. Łupek chlastolityowy 56. Łupek chlorytowy p. łupek zielonkowy. Łupek dachowy 58. 153. 160. 176. Łupek dyorytowy 23. 38. Łupek dźwiękowcowy p. łupek fonolityowy. Łupek fonolityowy (dźwiękowcowy) 46. Łupek gliniano-łyszczykowy 56—57. 57. Łupek gliniany 11. 17. 18. 24. 28. 52. 55. 57—61. 151. 153. 160. 168. 170. Łupek gliniany pierwotny 50. 56—57. 57. Łupek gliniany pospolity 58. Łupek grafitowy 24. 51. 54. Łupek hornblendowy p. łupek amfibolowy. Łupek ilasty 13; p. nadto: il łupkowy. Łupek krystaliczny p. skały przeobrażone. Łupek krzemienisty (łupek krzemienisty, łupek kwarcowy, kamień lidyjski, lidy) 11. 18. 24. 28. 52—53. Łupek kwarcowy p. łupek krzemienisty. Łupek łojkowy (łupek magnezowy, łupek talkowy) 14. 15. 17. 18. 24. 28. 50. 51. 55. 168. 170. Łupek łyszczykowy (mikowy) 11. 13. 14. 15. 16. 17. 18. 23. 24. 28. 50. 51. 52. 54—55. 55. 148. 151. 160. 170. Łupek magnezowy p. łupek łojkowy. Łupek marglowy 24. 25. Łupek marglowy bitumiczny p. margiel bitumiczny (cuchnący). Łupek menilitowy 59. Łupek miedziany 24. 25; p. nadto: margiel bitumiczny (cuchnący). Łupek mikowy p. łupek łyszczykowy. Łupek otrelityowy 56. Łupek palny 25. 59. 136. Łupek piaskowcowy 95. 101. Łupek pisarski p. łupek rysowniczy. Łupek plamisty 56. 57. Łupek porfirowy 42. 43. Łupek precikowaty 58. Łupek promieńcowy (aktynotowy) 56. Łupek rysowniczy (łupek pisarski, kreda czarna) 58. Łupek serycytowy 56. 57. Łupek staurolitowy 56. Łupek szarowakowy 24. 57. 58. 98. 99. 157. 160. Łupek szlifierski 58. Łupek tablicowaty 58. Łupek talkowy p. łupek łojkowy. Łupek turmalinowy 17. Łupek wapienny 23. 72. Łupek wapno-łyszczykowy p. cypolin. Łupek węglowy (głina łupkowa) 59. Łupek zielonkowy (chlorytowy) 14. 15. 16. 17. 18. 24. 50. 55. 170.
 Łupliwość mineralów 145.

Łuszczenie się cegły 247. 248.

Łuszczkowiec p. łyszczyk litynowy.

Łyszczak p. łyszczyk.

Łyszczyk (błyszczak, łyszczak, mika) 8. 9. 10. 13. 14. 157. 168. Łyszczyk biały p. łyszczyk potasowy. Łyszczyk czarny p. łyszczyk magnezowy. Łyszczyk litynowy (łuszczkowiec) 14. Łyszczyk łojkowy p. łyszczyk magnezowy. Łyszczyk magnezowy (łyszczyk czarny, łyszczyk łojkowy, biotyt) 14. Łyszczyk potasowy (łyszczyk biały, muskowił, fengit, szkło maryjskie, szkło moskiewskie) 13.

Łzy wezuwiuszowe neapolitańczyków 49.

M.

Macigno 108.

Magazynowanie p. przechowywanie.

Magnetyt (żelaziak magnetyczny, magnes rodzimy) 18. 24.

Magnes rodzimy p. magnetyt.

Magnez 0. 438.

Magnezya p. tlenek magnezu.

Magnezyt (węglan magnezu naturalny) 9. 438.

Magnezyt, jako kamień sztuczny 505—506.

Majolika 179; p. nadto: wyroby majolikowe. Majolika szwajcarska 276.

Majolika (wapień jurajski biały z bulwami rogowca) 72. 73.

Malakolit 15.

Malm p. jura wierzchnia.

Malowanie: kamieni rodzimych 164; wypraw gipsowych 523; wypraw wapiennych 521. 523. 526—527; wypraw z cementu portlandzkiego 436—437. 485. 486. 487—489. 521. 523. 527.

Malta 508.

Maltha (zaprawa z domieszką wina i miodu) 303.

Małżowiec (lumachella) 83. 84.

Mangan 9.

Marbre Campan 84.

Marbro giallognolo di Bologna 82.

Marekanit 46.

Marezzo p. marmur marezzo.

Margiel (skorupisz) 10. 11. 17. 18. 23. 25. 26. 28. 57. 86—80. 97. 142. 159. 169. 170. 304. 304. 305. 349—352. 353. 360. 361—362. 439. Margiel bitumiczny (margiel cuchnący, łupek marglowy bitumiczny, łupek miedziany) 87. Margiel cuchnący p. margiel bitumiczny. Margiel dolomitowy 87. Margiel glaukonitowy p. margiel zielony. Margiel gliniany (gliniasty) 27. 87. 138. 362; p. nadto: glina marglowa. Margiel kredowy 26. 75. 76. 77; p. nadto: opoka. Margiel łupkowy 26. Margiel łupkowy smolny 25. Margiel piasezysty 87. Margiel

sztuczny 304. 305. 352. 357—358. Margiel wapienny 26. 86. 138. 151. 304. 362. Margiel wapienno-glaukonitowy 76. Margiel właściwy 86. Margiel zielony (glaukonitowy) 26. 87.

Markgrafenstein 125.

Marmo africano 83. Marmo africano fiorito 83. Marmo arlechino p. marmo di Seme santo. Marmo Bigio (Bigio morato) 85. Marmo brecciato p. marmur okrucowcowy. Marmo breccia dorata 83. Marmo brocatello p. marmur brokatelowy. Marmo brocatellone 83. Marmo campano 83. Marmo di Porta santa fiorito 85. Marmo di Porta santa non fiorito 83. Marmo di Seme santo (marmo arlechino) 83. Marmo di Seme santo di sette basi 83. Marmo di sette basi 82. Marmo fiorito 83. Marmo rosso annulato 83. Marmo siciliano 83.

Marmur 9. 10. 23. 61. 64. 65. 66. 67. 75. 80. 123. 151. 153. 161. 164. 167. 171. 377. 493; p. nadto: wapień krystaliczny. Marmur almazzer 123. 124. Marmur arabski 62. Marmur atycki (pentelijski) 63. Marmur barwny (zabarwiony) 63. 66. 81—86. 271. Marmur białogórski 84. Marmur biały p. wapień krystaliczny. Marmur biały zbity 81—82. Marmur brokatelowy (marmo brocatello) 65. Marmur brunatny 84—85. Marmur chęciński 66. Marmur czarny 86. 153. Marmur czarny krzeszowicki 65. Marmur czerwony 82—83. Marmur druzgotowy p. marmur okrucowcowy. Marmur druzgotowy florencki 87. Marmur enzenauerski 89. Marmur fioletowy 84. Marmur frygijski p. cypolin. Marmur gipsowy p. stiuk gipsowy. Marmur gipsowy Blashtfield'a 492. Marmur granitowy p. wapień krzemionkowy. Marmur hymetyjski 63. Marmur kapadocki 62. Marmur karraryjski 19. 63. 153. Marmur kołomieński 67. Marmur krywiakiński 67. Marmur lunijski 63. Marmur marezzo 495—496. Marmur nadbrzeżny (beregowy) 85. Marmur neubeuerski 80. 84. 85. Marmur niebieski 84. Marmur okrucowcowy (marmur druzgotowy, marmur ruinowy, marmo brecciato) 65. 74. 121. Marmur oniksowy (alabaster wschodni) 19. Marmur paryjski 63. Marmur pentelijski p. marmur arabski. Marmur podolski 67. Marmur posagowy 62. 63. Marmur prokontyjski 63. Marmur ruinowy p. marmur okrucowcowy. Marmur salijski 62. Marmur stiukowy p. stiuk gipsowy. Marmur szary 85—86. Marmur sztuczny p. similipierre, simillarbre, marmur gipsowy, naśladownictwo kamieni rodzimych. Marmur sztuczny Lów'a

501. Marmur sztuczny Ransome'a 500. Marmur sztuczny Struck'a 500—501. Marmur sztuczny z Auvergne 496—497. Marmur tasyjski 63. Marmur tyryjski 62—63. Marmur właściwy p. wapień krystaliczny. Marmur z Chios 63. Marmur zabarwiony p. marmur barwny. Marmur zielonogórski 85. Marmur zielony 83—84. Marmur żółty 82.

Martwica (tuf) 28. 112—124. 148. 340. Martwica amfigenowa (leucytowa) 119. Martwica bazaltowa (slupieniowa) 120. 170. 340. Martwica dyabazowa kaukaska 116. Martwica dźwiękowcowa (fonolitowa) 119. Martwica felzytowa p. martwica porfirowa. Martwica fonolitowa p. martwica dźwiękowcowa. Martwica kredowa 26. 75. Martwica krzemionkowa (okrzemkówka, ziemia wymoczkowa, ziemia dyatomeowa, mąka skalna) 27. 132—133. 180. 204. 504. Martwica leucytowa p. martwica amfigenowa. Martwica nadreńska p. tras. Martwica okrucowcowa p. pucolana. Martwica palagonitowa 120. Martwica porfirowa (martwica felzytowa, kamień gliniany) 24. 116. Martwica pumeksowa 117—118. Martwica slupieniowa p. martwica bazaltowa. Martwica trachytowa 116. 117. 170. Martwica wapienna 27. 28. 121. 122—124. 169. 281. 282. 360. Martwica z Ries 345. Martwica zieleńcowa 115—116. Martwica ziemista p. pucolana.

Marzanka (krap) 525. 527.

Masa do bryłek dla płyt mozaikowych 273. Masa do odlewów, zastępująca gips 493. Masa cementowa palona 367—368. Masa kamionkowa p. kamionka.

Masykot (glejta żółta) 519.

Masywy betonowe p. bloki betonowe.

Maszyny do formowania masy cementowej 363. Maszyny do formowania wyrobów ceglarskich 187. Maszyny do przygotowywania zapraw i betonów 326. 471—474. Maszyny do rozdrabniania masy cementowej palonej 368.

Materyały budowlane 3. 4. 6. Materyały główne 6. Materyały pomocnicze (drugorzędne, dodatkowe, przyboczne) 6. 507—531. Materyały rodzime (przyrodzone, surowe, naturalne) 3. Materyały sztuczne 3. Materyały wiążące (materyały łączące, zaprawy) 6. 278—474.

Mąka (mączka) ceglana 345. 348. 518. 519. 520. Mąka skalna p. martwica krzemionkowa. Mąka szamotowa p. szamota. Mąka wapienna 296. 301. 497.

Mech 6. 160. 530. Mech leśny p. płonnik. Mech torfowy p. torfowiec. Mech wodny p. torfowiec.

- Medolino** 82.
Melafir p. porfir czarny.
Melanit 16.
Metaksyt 16.
Metale 6.
Meteority 17.
Mezza-majolica 276.
Miałkość: cementu portlandzkiego 369. 394. 396—397. 400. 401. 402. 416. 424; cementu żuźlowego 446.
Miary handlowe: cementu portlandzkiego 369; gipsu 467; kamieni rodzimych 175—176; wapna gaszonego 336; wapna palonego 300—301; wyrobów ceglarskich 267.
Michio di Saravezza 63. 82.
Mielenie p. rozdrabnianie.
Mieszanie ciasta wapiennego z piaskiem 325—327. Mieszanie składników cementu żuźlowego 444—445. Mieszanie suche, półmokre i mokre materiałów surowych cementu portlandzkiego 362—363.
Mieszarka 185—186. 362. Mieszarka dla cementu żuźlowego p. homogenizer. Mieszarki do zapraw i betonów 473. Mieszarki nożowe (glinokrajnie, krajnice gliny) 185—186. 362. Mieszarki walcowe 186. Mieszarki złożone 186.
Miętusia p. azbest.
Migdałnik p. migdałowiec.
Migdał 10.
Migdałowiec (migdałnik) 11. 12. 21. Migdałowiec bazaltowy 47. Migdałowiec dolerytowy 47. Migdałowiec dyabazowy 39. Migdałowiec porfirowy 44.
Mignik (diallag, bastyt) 15.
Mika p. łyszczyk.
Minerał 8. 9. Minerale wchodzące w skład skał 11—19.
Mineta p. porfiry łyszczykowo-sycenitowy, bezkwarcowy.
Minia 494. 525. 527.
Minium 525.
Mleko wapienne 297. 503. 523. Mleko zsiadłe 192.
Młynki do zapraw i betonów 473.
Moc p. wytrzymałość.
Moczenie kamieni porowatych (cegły) 330—331; p. nadto: nasycanie kamieni.
Modryn p. niebieszciec.
Moduł hydrauliczny p. współczynnik wodotrwałości.
Monolity 34. 125.
Monzonit 37.
Mormolit 16.
Moryon 11.
Mozaika 271. Mozaika marmurowa 488. Mozaika stiukowa 496.
Mróż. Odporność na działanie mrozu p. trwałość. Próby na mróż p. próby trwałości.
Mufa 228.
Murowanie podczas mrozu 390.
Mury bez zaprawy 278. Mury wystawione na działanie temperatury wysokiej 408. Mury z kamieni łamanych 176.
Muskowit p. łyszczyk potasowy.
Musze wapienne 281.
Mycie piasku i żwiru 128. 322. 379.
Mydliny (roztwór mydła w wodzie) 485. 486. 490. 523.
Mydło 496.
Mylnik (apatyt, agustyt) 9. 18. 167.

N.

- Naciek (sopla, stalaktyt)** 282.
Nafta: jako paliwo pieców ceramicznych 197; jako składnik smoły ziemnej 507.
Nagelflu p. gomfolit.
Naloty na cegle 202. 255; p. nadto: wykwyty.
Naprawa pokładów asfaltowych 515.
Narastanie wapna 296. 296—297. 307.
Narzędzia i naczynia do prób wytrzymałości cementu portlandzkiego 418—419. 426. 428—432.
Nasadki kominów 269.
Nasycanie kamieni porowatych wodą 406. 451; p. nadto: moczenie kamieni.
Nasyp ziemny 143.
Naśladownictwo (imitacja) kamieni rodzimych 412. 440. 488—489. 491. 492. 493. 494—495. 500. 501—502. 504.
Nauka o materiałach budowlanych 4.
Nefelin p. obłocznik.
Nefryt p. nerkowiec.
Ner' e bianc' antico (całun) 86.
Nerkowiec (nefryt) 15.
Nero antico (Iucullan, nero d'Egitto) 64. 80. Nero di Prato 40.
Niebieszciec (modryn, celestyn) 18.
Niedopalka p. cegła niedopalona.
Nieprzemakalność: gliny 140. 143; ziemi 143.
Nieprzepuszczalność dla wody p. nieprzemakalność.
Niezmiennność objętości p. stałość objętości.
Normy jednostajne dla cementów 5; p. nadto: warunki normalne. Normy pruskie dla cementu portlandzkiego 415—419. Normy rossyjskie dla cementu portlandzkiego 419—428.

Nosek p. pięćka dachówki.
Nummulites (pieniążek) 107.

O.

Obciążenie bezpieczne: betonu 456; kamieni rodzimych 151; muru z cegły 242—243.

Objętość przestrzeni wolnych w piasku 323. Objętość przestrzeni wolnych w żwirze i szabrze 451. Objętość wapna palonego 295.

Objętościomierz 301. 382. 421—422. 428. 431.

Obłocznik (nefelin) 13.

Obniżanie się budowli 143.

Obsydyan 46. 158.

Obrobienie kamieni rodzimych 169. 173—174.

Obramowanie (obramienie, oprawa) drzwi i okien z cegły 216.

Occhio di Pavone antico 85. **Occhio di Pernice** 84.

Ocena własności kamieni rodzimych 144; p. nadto: cechy dobroci, rozpoznawanie stopnia dobroci.

Oczeret p. trzeina pospolita.

Oczyszczanie kamieni rodzimych za pomocą flutów czyszczących Kessler'a 167. Oczyszczanie odlewów gipsowych 490. Oczyszczanie piasku 321—322.

Odachowanie murów odosobnionych 217.

Odbiór: cegły i dachówki 267; piasku do zaprawy 337; wapna gaszonego 336; wapna palonego 300—302; zaprawy powietrznej gotowej 337—338; p. nadto: dostawa, zapotrzebowanie.

Odciśki 21. 26. 27.

Odrywka 128.

Odlewy gipsowe 92. 486. 489—493. Odlewy gipsowe zmniejszone 490. Odlewy z cementu dolomitowego 439. Odlewy z cementu rzymskiego 355. 482. 480. Odlewy z trójkamienia 499. Odlewy z żużli płynnych 502.

Odłan 20; p. nadto: złożenie. **Odłan:** cegły 260; klinkra 220.

Odplawianie p. plawienie.

Odporność na czynniki atmosferyczne i na zmianę temperatury p. trwałość

Ofikalcyt p. wapień zieleńcowy.

Ofit p. węzowiec.

Ogniotrwałość: betonu cementowego ze szkieletem żelaznym (konstrukcyj Monier'a) 460—461; cegły wapienno-piaskowej 479; cementu portlandzkiego 390. 407—408. 408—409; dachów słomianych 530; dolomitu 170; gipsu 170; gliny 141. 142. 281; gliny garncarskiej 137; gliny plastycznej 135; granitu 170; kamienia garncarskiego 55; kamieni korkowych i płyt korkowych w ramach żelaznych 481; kamieni rodzimych 170; kaolinu 134; łupku

glinianego 170; łupku łojkowego 170; łupku łyszczykowego 54. 170; łupku zielonkowego 170; marglu 170; martwicy amfigenowej 119; martwicy bazaltowej 170; martwicy krzemionkowej 132; martwicy trachytowej 117. 170; okrucowca pumekсового 117; piaskowca ciosowego (kostkowego) 106; piaskowca gliniastego 170; piaskowca janikowskiego 110; piaskowca krzemienistego 170; piaskowca marglowego 170; piaskowca neokomieńskiego 107; piaskowca wapienistego 170; piaskowca węglowego 100; płyt ksyloitowych 504; płyt magnezytowych 505—506; płytek cementowych na szkielecie 485; płytek gipsowych Mack'a 497; powłoki z farby kazeinowej 522; powłoki ze szkła wodnego 530; pumeksu 170; słupienia 170; tektury smolowej 528; trasy 119. 170; wapienia 170; węzowca 41. 170; wyrobów betonowych (cementowych) 483; ziemi 143; zlepieńca pumekсового 117; zlepieńca trachytowego 116—117. Patrz nadto: cegła kominowa, cegła piecowa, cegła ogniotrwała, cement ogniotrwały.

Ogniówka p. cegła ogniotrwała.

Okapek 218.

Okopciolka 191.

Okra (ugier) 377. 497. 523—524. 527. Okra złota 525.

Okrągłak p. otoczak.

Okruchowiec (druzgot, brekeya) 11. 23. 24. 28. 65. 66. 112—124. Okruchowiec bazaltowy (słupieniowy) 120. Okruchowiec gnejsowy 113—114. Okruchowiec jednostajny (jednorodny) p. okrucowiec pojedynczy. Okrucowiec kościany 121. Okrucowiec kwarcytowy (kwarcowy) 52. 95. 114. 115. Okrucowiec niejednostajny p. okrucowiec złożony. Okrucowiec pojedynczy (jednostajny, jednorodny) 113. Okrucowiec porfirowy 116. Okrucowiec pumekсовy 117. Okrucowiec różnorodny p. okrucowiec złożony. Okrucowiec słupieniowy p. okrucowiec bazaltowy. Okrucowiec sztuczny p. naśladownictwo kamieni rodzimych. Okrucowiec trachytowy 116—117. Okrucowiec wapienny 121—122. Okrucowiec zieleńcowy 115. Okrucowiec złożony (niejednostajny, różnorodny) 113.

Okrzemka (dyatomea) 132.

Okrzemkówka p. martwica krzemionkowa.

Olej Iniany 494. 518. 519. Olej skalny: jako paliwo pieców ceramicznych 197; jako składnik smoly ziemnej 507. Olej terpentynowy 519. Oleje mineralne 391.

Oligoklaz 12. 157.

Oliwec (oliwin) 17. 157.
Oliwin p. oliwicc.
Olów 408. 517.
Omfacyt p. eklogit.
Oolit p. wapien ikrowcowy.
Opakowanie: cementu portlandzkiego 368—369. 415. 427—428; cementu rzymskiego 354; cementu żuźlowego 444. 448; gipsu 467.
Opal 340.
„Opalanie molekularne“ 197.
Operment (złotolusk, złotokost) 494 524. 527.
Opilki żelazne 517.
Opoka (margiel kredowy biały) 77—78. 89.
Oprawa drzwi i okien p. obramowanie.
Opuszczanie betonu w wodę 457.
Ordinario 63.
Orlean 523.
Ornamenty p. zdobiny.
Ortoklas p. ortoz.
Ortoz (ortoklas, spat potasowy) 12. 153. 157.
 Ortoz labradorowy 12. Ortoz pospolity 12.
 Ortoz szklisty (spat lodowaty, lodzień, ryakolit) 12. 157. Ortoz szlachetny (adular) 12.
Osadzanie się muru p. osiadanie muru.
Osadzanie w murze: kamieni 486; kamieni profilowanych 177; wyrobów terrakotowych 270—271.
Osiadanie (osadzanie się) muru 279.
Osteolit 18.
Osuszanie sztuczne murów 330—331.
Otoczak (otok, okrągłak, kamień okrągły) 11. 12. 15. 27. 127—128. 159.
Otok p. otoczek.
Oznaczanie wielkości ziarn piasku 322.

P.

Paca p. tarka.
Pacówka (cegła egipska, cegła podolska, lem-paca) 476—477.
Pakowanie p. opakowanie.
Palenie p. wypalanie.
Papier 408.
Para siarki 437. Para wodna 492.
Parafina 166. 491.
Parafinowanie 166.
Paragone 86.
Parcie wody zamarzającej 154.
Paulit p. hypersten.
Pausillip (lapidicinae) 118.
Pavonazzo 82. 121.
Pecorella 82.
Pegmatyt p. granit gruboziarnisty.
Pennin 15.
Peperino (kamień pieprzowy) 118.

Perlit p. perłowicc.
Perłowicc (perlit) 46.
Perschino p. Fior di Persico.
Perydot 17.
Peryklit 12.
Perysteryt 12.
Petit Granit 83.
Petrolena 508.
Pęcznienie: cementu dolomitowego 360; cementu portlandzkiego 369—370. 372. 374. 375. 378. 392—393. 416; gipsu 468; zaprawy 279.
Piasek 11. 16. 26. 27. 52. 127. 128—132. Piasek aluwialny p. piasek napływowy. Piasek asfaltowy 129. Piasek do zaprawy Ambroselli'ego 412. Piasek do zaprawy powietrznej 319—322. 323—325. 325—327. 337. Piasek do zaprawy z cementu portlandzkiego 379—381. 394. 397—398. Piasek dolomitowy (popiół dolomitowy) 89. 321. Piasek drobnoziarnisty 319. 333. Piasek dyluwialny p. piasek napływowy. Piasek formierski 132. Piasek granitowy (gruz granitowy) 36. Piasek gruby (gruboziarnisty) 130. 319. 333. Piasek kopalny 321. 331. 337. Piasek kwarcowy (krzemionkowy) 11. 26. 128. 129. 130. 131. 320. 321. 337. 493. Piasek lotny 130. Piasek mialki (źródłany) 130. Piasek mieszany do zaprawy 320. Piasek morski 27. 320—321. Piasek napływowy (dyluwialny i aluwialny) 18. Piasek normalny międzynarodowy 332. 398. Piasek normalny pruski 418. Piasek normalny rossyjski 426—427. Piasek o ziarnach okrągłych 320. Piasek ostrokanciasty (ostrzy) 320. Piasek perłowy 130. Piasek pumekowy 480. Piasek rzeczny 321. 331. 337. Piasek średnioziarnisty 319. Piasek wapienny 130. 321. Piasek wiślany 322. 323. Piasek wulkaniczny 49. 129. 130. Piasek źródłany p. piasek mialki.
Piaskomierz p. psammometr.
Piaskowicc (kamień piaskowy) 10. 11. 13. 23. 24. 25. 26. 28. 52. 57. 75. 95—112. 131. 145. 148. 151. 153. 158. 159. 161. 108. 169. 499. 517. Piaskowicc bitumiczny 97. Piaskowicc brunatny (doggerowy) 104. Piaskowicc brunśnięcki 106. Piaskowicc bryłowy (jamniciski) 107. 108. Piaskowicc ciężkowicki 108. Piaskowicc ciosowy (kostkowy) 26. 105—106. Piaskowicc czerwony 102; p. nadto: piaskowicc żelazisty. Piaskowicc czerwony dawny 100. Piaskowicc czerwony nowszy (piaskowicc pusty podkładowy albo spagowy, piaskowicc martwo-leżący) 25. 100—101. Piaskowicc dobrotowski 109. Piaskowicc dogge-

rowy p. piaskowiec brunatny. Piaskowiec dolomitowy 96. 161. Piaskowiec engerski (sztuczny) 481. Piaskowiec feldspatowy 109. Piaskowiec formacji trzeciorzędowych 107—110. Piaskowiec fukoidowy p. piaskowiec morszczynowy. Piaskowiec gietki p. itakolumit. Piaskowiec glaukonitowy p. piaskowiec zielony. Piaskowiec gliniasty 96—97. 109. 161. 163. 170. Piaskowiec gliniasty palony jako pucolana sztuczna 346. Piaskowiec gruboziarnisty 95. 110. Piaskowiec hastyngski p. piaskowiec wealdeński. Piaskowiec ilasty p. piaskowiec kajprowy dolny. Piaskowiec jamnieński p. piaskowiec bryłowy. Piaskowiec janiowski 110. Piaskowiec jurajski 104—105. Piaskowiec jury białej (malmu) 104. Piaskowiec kajprowy 102—103. 151. Piaskowiec kajprowy dolny (piaskowiec ilasty) 102. Piaskowiec kajprowy środkowy (piaskowiec trzcinowy) 102. Piaskowiec kajprowy wierzchni 103. Piaskowiec kaolinowy 97. Piaskowiec karpacki (wiedeński) 107. Piaskowiec kliwski 109. Piaskowiec kostkowy p. piaskowiec ciosowy. Piaskowiec kotelnikowski 105. Piaskowiec kredowy 105—107. Piaskowiec krośnieński 109. Piaskowiec krystaliczny 95. Piaskowiec krzemienisty (kwarcowy) 96. 110. 161. 168. Piaskowiec kunowski p. piaskowiec szydlowiecki. Piaskowiec kwaczalski 101. Piaskowiec kwarcowy p. piaskowiec krzemienisty. Piaskowiec liasowy 104. Piaskowiec liściasty 109. Piaskowiec lyszczykowy 95. Piaskowiec magórski 109. Piaskowiec malmu p. piaskowiec jury białej. Piaskowiec margłowy 97. 161. 170. Piaskowiec martwo-leżący p. piaskowiec czerwony nowszy. Piaskowiec miękki p. piaskowiec molasowy. Piaskowiec molasowy (miękki) 108—109. 148. 151. Piaskowiec morszczynowy (fukoidowy) 106. 108. Piaskowiec muszłowy 109. 110. 151. Piaskowiec neokomieński 107. Piaskowiec numulitowy 107—108. Piaskowiec opoczysty (pragski) 106. Piaskowiec płonny p. piaskowiec próżny. Piaskowiec pospolity 95. Piaskowiec pragski p. piaskowiec opoczysty. Piaskowiec próżny (płonny) 99. Piaskowiec przeobrażony p. arkoz. Piaskowiec pstry 97. 101—102. 151. 158. Piaskowiec pumeksowy p. cegła reńska. Piaskowiec pusty podkładowy (spągowy) p. piaskowiec czerwony nowszy. Piaskowiec szarowakowy 24. 98—99. 151. Piaskowiec szokszyński (piaskowiec szochezyński, porfir szokszyński, porfir czerwony) 100. Piaskowiec sztuczny 484. 500—501. 501; p. nadto:

naśladownictwo kamieni rodzimych, piaskowiec engerski, piaskowiec pumeksowy, piaskowiec wapienny sztuczny, piaskowiec wodny. Piaskowiec szydlowiecki (kunowski) 103. Piaskowiec szydlowski cerytowy 110. Piaskowiec tatarowski 105. Piaskowiec trembelowski 98. Piaskowiec trzcinowy p. piaskowiec kajprowy wierzchni. Piaskowiec wapienny 109. Piaskowiec wapienny sztuczny 480. Piaskowiec wapnisty 96. 161. 167. 170. Piaskowiec wealdeński (hastyngski) 105. Piaskowiec węglowy 99—100. Piaskowiec wiedeński p. piaskowiec karpacki. „Piaskowiec wodny“ (sztuczny) 480. Piaskowiec wozeski 100. Piaskowiec z Beauchamp 107. Piaskowiec z Fontainebleau 108—109. Piaskowiec zielony (glaukonitowy) 26. 95. 106—107. 151. Piaskowiec żelazisty (czerwony) 96.

Pido occhioso 85.

Piec do zadymania cegły 264.

Piece do wypalania: cementu portlandzkiego 363—367; gipsu 466; marglu 351; wapna 286—295; wyrobów ceglarskich 188. 189—197. 199—200. 202. 210. 220. 270.

Piecka p. szamota.

Piecyk do nagrzewania placków próbných z cementu portlandzkiego 428. 431.

Piecówka p. cegła piecowa.

Pieniążek p. nummulites.

Pierre à liards 78. Pierre de Florence 82. Pierre de liais 78. Pierre de Marmettes 125. Pierre de roche 78. Pierre du Trésor 125.

Piętka 218.

Piętka dachówki (dziobek, nosek) 222.

Piętro formacji 24; p. nadto: formacja. Piętro cenomanieńskie 26. Piętro dolne formacji jurajskiej p. jura spodnia. Piętro dolne formacji permskiej p. formacja czerwona. Piętro dolne formacji tryjasowej p. formacja piaskowca pstrego. Piętro dolne formacji węglowej p. formacja podwęglowa. Piętro gault 26. Piętro górne formacji jurajskiej p. jura wierzchnia. Piętro górne formacji permskiej p. formacja cechsteinu. Piętro górne formacji tryjasowej p. formacja kajpru. Piętro górne formacji węglowej p. formacja węglowa właściwa. Piętro hastyngskie p. piętro wealdeńskie. Piętro neokomieńskie 26. Piętro sarmackie formacji miocenicznej 79. Piętro senońskie 26. Piętro środkowe formacji jurajskiej p. jura środkowa. Piętro środkowe formacji tryjasowej p. formacja wapienia muszłowego. Piętro turońskie 26. Piętro wealdeńskie (hastyngskie) 26.

- Pikrolit** 40.
- Piłśń asfaltowa** 515—516. Piłśń asfaltowa ze szkieletem z siatki drucianej 516.
- Piłowanie kamieni** 174.
- Pióra** 137.
- Pistacyt** p. epidot.
- Pizolit** p. grochowiec.
- Plagioklaz** 12.
- Plastyczność (ciągliwość, urabialność) gliny** 133. 135. 137. 139. 140. 141. 184—185.
- Platówka gzymsowa** 218. Platówka posadzkowa 213.
- Plâtre ciment de Boulogne sur mer** 88.
- Platyna** 18.
- Pławienie (odplawianie, szlamowanie) gliny** 134. 140. 142. 186—187. Pławienie piasku 322. Pławienie wapienia 360. 362—363.
- Płonnik (mech leśny)** 530.
- Płyta** 65. Płyta gaczyńska, petersburska, putyłowska 65. Płyta granitowa ukraińska 27. 32. 33. 38. 52.
- Płytki porcelanowe** 276. Płytki cementowe 485. Płytki gipsowe Mack'a 497.
- Płyty:** asfaltowe 515; cementowe (betonowe) 356. 482. 484; cementowe na szkieletcie żelaznym 459. 485; enkaustowe (inkrustowane, terrakotowe) 273—276; fajansowe 276; gipsowe 497; inkrustowane p. enkaustowe; kamienne posadzkowe i do krycia dachów 174. 176; kamionkowe 269; korkowe 481; ksyolitowe 504—505; magnezytowe 505—506; majolikowe do posadzek 179. 276—277; mozaikowe z gliny palonej 271—273; mozaikowe z masy cementowej 488; perskie 180; posadzkowe zwykłe z gliny palonej 211—213; szklane 529; terrakotowe p. enkaustowe; z cementu żuźlowego 448; z ozdobami wypukłymi (płaskorzeźbami) 276; z piłśni asfaltowej 515—516.
- Pochodzenie skał** 21. 22. 28.
- Początek wiązania się zaprawy:** z cementu portlandzkiego 402. 415. 423; z cementu żuźlowego 446.
- Podkówka** 218.
- Pokłady asfaltowe** 512—515.
- Pokost** z oleju lnianego 518.
- Pokrywy (skał wybuchowych)** 22.
- Polerowanie:** kamieni rodzimych 164. 167. 169. 174; kamieni sztucznych o spoiwie gipsowem 497; stiuku 494. 495. 496; wyrobów cementowych (betonowych) 489.
- Polewa (glazura)** 202. 226. 228. 253. 262—264. 266. 276. 277. Polewa porcelanowa 12.
- Polewanie wyrobów ceglarskich** 261—265.
- Politura do stiuku** 496.
- Polnik** p. spat polny.
- Polowiec** p. spat polny.
- Polombino** 82.
- Połączenie mufowe** p. mufa.
- Polówka cegły** 203. 204. Polówka podłużna 204.
- Popiół dolomitowy** p. piasek dolomitowy. Popiół jako pucolana sztuczna 345. 346—348. 450. Popiół wapienny p. wapno nawozowe. Popiół wapienny jako pucolana sztuczna 347. Popiół wulkaniczny 49. 343. Popiół z Tournay 346—347.
- Pora roku** najodpowiedniejsza do robót cementowych 387.
- Porcelana** 179. Porcelana korecka 134.
- Porcelaniec** p. spat polny.
- Porcelanka** p. kaolin.
- Porcelanówka** p. kaolin.
- Porfido mardiglione** 43. Porfido nero antico 43. Porfido rosso antico 43. Porfido verde antico 39.
- Porfir** 10. 11. 12. 14. 18. 20. 22. 24. 27. 28. 32. 41—44 158. 160. 171. Porfir augitowy p. porfir dyabazowy. Porfir czarny (melafir, bazaltyt) 12. 15. 17. 20. 23. 27. 44. 160. Porfir czerwony p. porfir felzytowy, piaskowiec szokszyński. Porfir dyabazowy (sklistynowy, augitowy) 23. 39. 44. Porfir dyorytowy (afanit) 23. 38. 116. Porfir felzytowy (skaleniowy, czerwony, kwarcowy) 22. 27. 41. 41—43. 157. 160; p. nadto: skała felzytowa. Porfir felzytowy właściwy p. porfir połowy. Porfir gliniasty 42. Porfir granitowy 41. 42. Porfir hornblendowy 41. Porfir ilasty 42. Porfir kwarcowy p. porfir felzytowy. Porfir ortozowy (syenitowy) 36. 41. 42. Porfir połowy (felzytowy właściwy) 41. Porfir rogowcowy 41. Porfir skaleniowy p. porfir felzytowy. Porfir sklistynowy p. porfir dyabazowy. Porfir syenitowy p. porfir ortozowy. Porfir szokszyński (czerwony) p. piaskowiec szokszyński. Porfir sztuczny p. naśladownictwo kamieni rodzimych. Porfir trachytowy 45.
- Porfirynt** 27. 43—44. Porfirynt łyszczykowo-syenitowy (mineta) 19. 41. 44.
- Porosty** 159. 160.
- Porowatość** 3; p. nadto: chłonność. Porowatość: betonu 456; cegły 229. 230—232. 256—259. 261; cegły reńskiej 480; dachówki 229. 258. 261; dyorytu 39; granitu 36; kamieni rodzimych 144. 145. 169—170; kamieni żuźlowych 503; klinkru 229. 257; łupku glinianego 60. 61; martwicy krzemionkowej 132. 133; masy cementowej 367; odlewów

- żuźlowych 502; piaskowca 112; piaskowca wealdenskiego 105; płyt ksylolitowych 504; rur glinianych 229; skał 21; słupienia 49; syenitu 38; wapienia ikrowcowego 72; wapienia jurajskiego białego 75; wapienia krystalicznego (marmuru białego) 64; wapienia liasowego (czarnego) 71; węzowca 41; wyrobów ceglarskich 197. 256—259. 261; zaprawy gipsowej 469; zaprawy z cementu portlandzkiego 394—395. 433—434.
- Portor** 86.
- Pory** 20. 169.
- Posadzki mozaikowe i enkaustowe** 271—276.
- Posągi cementowe średniowieczne** 303.
- Posoka (krew bydlęca)** 520. 521.
- Pót kamienny** p. rosa kamienna.
- Potas** 9. 383. 391.
- Potaż gryzący** 490. 492. 496.
- Potoki (skał wybuchowych)** 22.
- Powietrze** 156. 245—246. 247. 387. 416.
- Powłoka** 520. 521; p. nadto: polewa. Powłoka na cegle 247. 252—253. 261—262; p. nadto: angoba. Powłoka na kamieniach rodzimych 164. 165. Powłoka na odlewach gipsowych 490. 492—493.
- Półgranit (granitello)** 30.
- Półkarpiówka** 223.
- Półklinkier** 220. 231. 246. 247.
- Półwałek** 218. Półwałek zwichnięty 218.
- Półwęglan wapnia** p. wapno niedopalone.
- Pracownie mechaniczno-techniczne** p. stacye doświadczalne.
- Prasowanie cegły** 187.
- Prawoślaz** 491; p. nadto: korzeń ślazowy.
- Prazem** 11.
- Prędkość wiązania się zaprawy z cementu portlandzkiego** 402. 434—435; p. nadto: czas wiązania, początek wiązania.
- Promieniec (aktynot)** 14.
- Proszek wapienny (wapno gaszone na sucho)** 315—318. 352.
- Protogyn (granit protogynowy, granit łojkowy, granit talkowy, granit alpejski)** 15. 29.
- Próby czasu wiązania cementu portlandzkiego** 397. 415—416. 422—423. 428. 434—435. Próby gipsu 467. Próby gliny 183. Próby kałi 277. Próby miękkości cementu portlandzkiego 416. 424. Próby na mróz p. próby trwałości. Próby na stałość objętości cementu portlandzkiego 416. 423—424. 431. 435—436. Próby odręczne cegły 259—261. Próby odręczne cementu portlandzkiego 388. 434—436. Próby ogniotrwałości kamieni rodzimych 170. Próby ogólne dobroci cementu portlandzkiego 436. Próby piasku do zaprawy 321. Próby plastyczności gliny 140. 141. Próby porowatości cegły i dachówki 257—258. Próby porowatości zaprawy z cementu portlandzkiego 433—434. Próby trwałości: cegły i dachówki 248—249. 255—256; cementu portlandzkiego 434; kamieni rodzimych 161—164; łupku dachowego 60; piaskowca 111. Próby twardości 168—169. 256. Próby wapienia 283. Próby wapna palonego 302. Próby własności gliny 141. Próby wytrzymałości: asfaltu 512; cegły 243—244; cementu portlandzkiego 417—410. 424—427. 429—430. 433; kamieni rodzimych 148—151; połączenia zaprawy cementowej z kamieniem 399. 404. 434. 435. Próby zaprawy powietrznej gotowej 326. 337—338. Próby żuźłu 346.
- Próchnica (humus)** 159; p. nadto: kwas próchnicowy.
- Przechodzenie skał** p. przekształcanie się skał.
- Przechowywanie cementu portlandzkiego (magazynowanie cementu)** 369—370. 383. 389. 394. 416. Przechowywanie cementu rzymskiego 354. Przechowywanie masy surowej cementu portlandzkiego 362. Przechowywanie w dołach wapna gaszonego (gnojenie wapna) 313—315. Przechowywanie wapna gaszonego na sucho 318. Przechowywanie wapna palonego 298. 299—300. Przechowywanie wody wapiennej 298.
- Przekształcanie się (przechodzenie) skał** 23. Przekształcanie się: bezwodny 158; dolerytu 47; gliny łupkowej 136; gnejsu 51; granitu 36; granulitu 54; ilitu łupkowego 136; łupku amfibolowego 56; łupku glinianego 57; łupku krzemienistego 52; łupku łojkowego 55; łupku zielonkowego 55; okruchowców 112—113; piaskowca czerwonego 100; piaskowca krzemienistego (kwarcowego) 96; piaskowca marglowego 98; piaskowca pstrego 101; piaskowca szarowakowego 98; piaskowca wapnistego 96; skały kwarcowej (kwarcytu) 52; słupienia 47; syenitu 36. 37; wapienia krystalicznego 62.
- Przemysł ceramiczny** p. ceramika.
- Przemywanie żwiru i piasku** p. mycie.
- Przepuszczalność dla powietrza kamieni rodzimych** 169. Przepuszczalność piasku 130.
- Przerabianie (wygniatanie) gliny** 185.
- Przesiewanie masy cementowej mielonej** 368. Przesiewanie materiałów surowych cementu portlandzkiego 362. Przesiewanie piasku i żwiru p. arfowanie.

- Przetapianie** bochenków asfaltowych 514. Przetapianie skały asfaltowej 509.
- Przewietrzanie (gnojenie) gliny** 184.
- Przewodnictwo ciepła**: cegły 180. 229. 237; kamieni korkowych 481; kamieni rodzimych 169.
- Przeżożenie**: gipsu 467; gliny 184; wapna palonego 302; wyrobów ceglarskich 266; p. nadto: dowóz.
- Przygotowywanie betonu**: powietrznego (wapiennego) 449—450; wodotrwałego 452. Przygotowywanie cementu żuźlowego na miejscu budowy 444—445. Przygotowywanie ciałek próbnych z cementu portlandzkiego 418—419. 420—421. 425—426. Przygotowywanie maszynowe zapraw i betonów 471—472. Przygotowywanie zaprawy: Ambroselli'ego 412; Artus'a 335; gipsowej 468; gipsowo-wapiennej 470; glinianej 280—281; Lorient'a 334—335; powietrznej (wapiennej zwykłej) 318—327; pucolanowej 339. 340—349; selenitowej 437—438; Smirke'go 335; szamotowej 281; trasowej 344; wapiennej z popiołem 347; wapienno-cementowej 411; z cementu portlandzkiego 382; z cementu rzymskiego 355; z wapna wodotrwałego 351—352.
- Przyleganie zaprawy cementowej do muru** p. wytrzymałość połączenia zaprawy cementowej z murem. Przyleganie ziarn piasku p. spoiłość piasku.
- Przymieszki wodotrwałe** 339. 409; p. nadto: pucolana.
- Przyrząd do mechanicznego odłączania form od ciałek próbnych cementowych** 431. Przyrząd do próby na stałość objętości cementu 431. Przyrząd do spostrzeżeń nad zmianami temperatury podczas wiązania się cementu portlandzkiego 434. Przyrząd do wyrabiania ciałek próbnych z cementu 431. Przyrząd Frühling'a do oznaczania ilości stosunkowej wapna i piasku w zaprawie powietrznej 337—338. Przyrząd Olschewsky'ego do oznaczania chłonności dachówek 258. Przyrządy do gaszenia wapna 310. Przyrządy do mierzenia objętości piasku i ciasta wapiennego dla zaprawy powietrznej 325. Przyrządy do mycia i oczyszczania piasku 322. Przyrządy do prób wytrzymałości 150. 243. 404. 418—419. 425. 426. 428—432. 433. 434. 512. Przyrządy do przygotowywania zapraw i betonów p. maszyny.
- Psammometr (piaskomierz)** Hauenschild'a 323.
- Pucolana (ziemia pucolanowa, martwica okrucowcowa, martwica ziemista, przymieszka wodotrwała)** 118—119. 303—304. 305. 339—349. 441. 448. Pucolana bazaltowa 341. Pucolana francuska 348. Pucolana gliniasta 341. Pucolana lawowa 341. Pucolana mieszana 342. Pucolana naturalna 304. 305. 340—345. Pucolana neapolitańska (pulvis puteolus) 303. 340. Pucolana pumeksowa 341. Pucolana rzymska 303. Pucolana sztuczna 304. 305. 345—349.
- Pudding** p. rumolep.
- Pulvis puteolus** p. pucolana neapolitańska.
- Pułap** 213.
- Pumeks (gąbczak, purchatka, kamień purchaty)** 21. 46. 168. 169. 170.
- Purchatka** p. pumeks.
- Purichiello** 83.
- Puzzolane di fuoco** 340. Puzzolane dolci 340.
- Pyrogranit** 271.
- Pyroksen** 15.
- Pyrop** p. granat czeski.

R.

- Rafy** p. skalki.
- Rappa-kiwi** 32.
- Rapilli (lapilli)** 49.
- Rezziato** 82.
- Rogowiec (zanokcica, zanokcień)** 11. 52. 53.
- Roman-Cement** p. cement rzymski.
- Rosa kamienna (pot kamienny)** 127. 478.
- Rose Enjugeaie** 83.
- Bosso antico** 83. Rosso di Roveredo, di Sardinia, di Trento 83.
- Roślinność na kamieniach** 152. 157. 159—160. 161. 246.
- Rouge imperial** 83. Rouge royal 83. Rouge sanguin 83.
- Rozbiór chemiczny cementu portlandzkiego** 413. 420.
- Rozdrabniacz dla żużli (dezyntegrator)** 444.
- Rozdrabnianie**: cementu rzymskiego 354; gipsu palonego 466—467; kamieni rodzimych 171—173; masy cementowej palonej 368; matoryaków surowych cementu portlandzkiego 362—363; skały asfaltowej 509. 512; żużli ziarnowanych 444.
- Rozdzielenie skał** 22. 23. Rozdzielenie foremne 22. 48. Rozdzielenie kuliste 22. 48. Rozdzielenie nieforemne 22. Rozdzielenie płytowe 22. 48. Rozdzielenie równoległościenne 22. 23. Rozdzielenie słupowate 22. 48.
- Rozgatunkowanie** p. sortowanie.
- Rozłupywanie kamieni rodzimych** 174.
- Rozmiękczenie (dołowanie) gliny** 184.
- Rozpadanie się cegły** 247. 248.

- Rozpoznawanie stopnia dobroci:** cementu portlandzkiego 413—436; gipsu 467; pacówki 477; surówki 476. Patrz nadto: cechy dobroci, doświadczenia, ocena własności, próby.
- Rozprzestrzenianie się** p. współczynniki rozprzestrzenienia i rozszerzalności. Rozprzestrzenianie się kamieni rodzimych 153. 154.
- Rozpuszczalność:** gipsu 464; cementu portlandzkiego 387; węgla wapnia 282; wodoru wapnia 297.
- Rozsadzanie kamieni** p. rozdrabnianie kamieni.
- Rozszerzalność** p. współczynniki rozprzestrzenienia i rozszerzalności. Rozszerzalność kamieni rodzimych 153.
- Rozwiercanie kamieni rodzimych** 174.
- Rubin** 8.
- Ruda asfaltowa** p. skała asfaltowa. Ruda cynkowa 26. Ruda miedziana 26. Ruda ołowiana 26. Ruda żelazna p. żelaziak Rudy metalowe 26.
- Rumolep (pudding)** 114. Rumolep różnorodny p. gomfolit.
- Rupiec** p. żwir gruby.
- Rury asfaltowe** 516. Rury betonowe (cementowe) 356. 482. 484—485. Rury do kanałów dymowych i powietrznych (wentylacyjnych) 228—229. Rury do odprowadzania wody, ścieków, gazów i t. p. 227—228. Rury drenowe (dreny, sączki) 226—227. Rury kamionkowe 179, 269. Rury kolanekowe 228. Rury łukowe 228. Rury palone z gliny zwyczajnej 179. 226—229. 229. Rury ołowiane 408.
- Rusztowania suszarniane** 188.
- Ryakolit** p. ortoz szklisty.
- Ryfy** p. skałki.
- Rynny betonowe (cementowe)** 482.
- Rypidolit** p. klinochlor.
- Rysy włoskowate** 34. 35. 152. 154. 246.
- S.**
- Sadza** 526.
- Sal tartari** p. winian amonu.
- Saletra** 158. Saletra murowa 8; p. nadto: wykwyty.
- Salit** 15.
- Salmiak** 391.
- Sanidyn** p. ortoz szklisty.
- Sączki** p. rury drenowe.
- Scaliogla** 496.
- Sekrecya** 9. 10.
- Selenit** 9; p. nadto: spat gipsowy.
- Septarye (Ludus Helmonti)** 87—88. 353—354.
- Serancolin** 82.
- Sernik (kazeina)** 492. 496. 520. 522.
- Serpentello** 82.
- Serpentyn** p. węzowiec.
- Serycyt** 14.
- Sfen** p. tytanit.
- Sferosydyryt gliniasty** 24.
- Sgraffito** 277.
- Siarczan barytu** 490. Siarczan cynku (witryol biały) 486. 488. 492. Siarczan magnezu 158. 285. 391. Siarczan miedzi (witryol niebieski) 486. 492. 494. Siarczan potasu 492. 496. Siarczan wapnia 9. Siarczan żelaza (witryol zielony) 158. 437. 438. 485. 486. 492. 494. 504.
- Siarek węgla** 159. 490.
- Siarka** 8. 18. 437. 517. 519.
- Siarkowodór** 8. 159.
- Siderocement** 464.
- Signinum** 449.
- Sila wiążąca** cementu p. wytrzymałość połączenia zaprawy cementowej z kamieniem. Sila wiążąca substancjami gliniastymi 230.
- Similimarbre** 484.
- Similipierre** 484.
- Sinieć** p. syenit.
- Sita:** do cementu portlandzkiego 416. 424. 430. 431; do materiałów surowych cementu portlandzkiego 362; do piasku normalnego 418. 426—427. 430. 431. Sita do żwiru i piasku p. arfa.
- Siwak** (wapień kredowy glaukonitowy) 76.
- Skała twardości Mohsa** 167.
- Skałki** p. spat polny.
- Skała** 7. 8. 27. 28; p. nadto: skały. Skała amfibolowa (skała hornblendowa, amfibolit) 14. 23. 56. 168. Skała asfaltowa (ruda asfaltowa) 508—509. 509—510. Skała augitowa p. skała sklistynowa. Skała cyanitowa 16. Skała dolomitowa 17. Skała felzytowa (felzyt, helleflinta) 11. 20. 41. 42. Skała grafitowa 18. Skała granatowa 16. Skała hornblendowa p. skała amfibolowa. Skała hyperstenowa 15. Skała kwarcowa (skała krzemieńcowa, kwarcyt) 11. 17. 23. 24. 52. 96. 98. 168. Skała lojkowa (skała talkowa, skała magnezyowa) 55. Skała mignikowa 15. Skała porowata 20. Skała sklistynowa (augitowa) 15. 168. Skała talkowa p. skała lojkowa. Skała topazowa 17. Skała turmalinowa 17.
- Skałka** p. krzemień.
- Skałki (rafy, ryfy) karpackie** 70—71. 73.
- Skały** archaiczne p. skały pierwotne. Skały azoiczne p. skały pierwotne. Skały bezżyciowe p. skały pierwotne. Skały drobnokrystaliczne (mikrokrystaliczne) 10. Skały gipsowe 28.

Skąły gliniaste 28. Skąły jednostajne (pojedyncze) 10. 11. 28. Skąły kryptokrystaliczne p. skąły zbite. Skąły krystaliczne 10. 19. Skąły krzemionkowe 28. Skąły makrokrystaliczne p. skąły wielokrystaliczne. Skąły metamorficzne p. skąły przeobrażone. Skąły mikrokrystaliczne p. skąły drobnokrystaliczne. Skąły neptuniczne p. skąły osadowe. Skąły niejednostajne (złożone) 10. 11. 28. Skąły osadowe (utwory osadowe, skąły neptuniczne) 21. 22. 23. 27. 28. 57—112. Skąły pierwotne (skąły archaiczne, skąły azoiczne czyli beżżyciowe) 10. 21. 148. Skąły plutoniczne p. skąły wybuchowe dawniejsze. Skąły pojedyncze p. skąły jednostajne. Skąły pozornie jednostajne (poznornie pojedyncze) 10. 28. Skąły przeobrażone (skąły metamorficzne, łupki krystaliczne) 21. 28. 50—57. Skąły pyroksenowe 28. 46—49. Skąły rudonośne 14. 15. 16. 18. Skąły trachytowe 28. 45—46. Skąły skrytokrystaliczne p. skąły zbite. Skąły wapienne 28. Skąły wielokrystaliczne (makrokrystaliczne) 10. Skąły wulkaniczne 13. 16; p. nadto: skąły wybuchowe nowsze. Skąły wybuchowe (utwory wybuchowe, skąły zbite) 21. 22. 27. 28—59. Skąły wybuchowe dawniejsze (skąły plutoniczne) 22. 28. Skąły wybuchowe nowsze (skąły wulkaniczne) 22. 28. Skąły występujące w Królestwie Polskiem i prowincjach ościenych 27. Skąły zbite (skąły kryptokrystaliczne czyli skrytokrystaliczne) 10. 21; p. nadto: skąły wybuchowe. Skąły zlepkowe 10. 158. Skąły złożone p. skąły niejednostajne.

Skamieniałość (skamielina) 10. 21. 23. 24.

Skamienienie gliny 142. Skamienienie zaprawy z cementu portlandzkiego 389.

Sklepienie 180. 515. Sklepienie garnkowe 205. 267.

Sklepieniówka p. cegła do sklepień.

Sklepówka p. cegła do sklepień.

Sklistyn (augit) 11. 12. 14. 15. 157.

Skład chemiczny: cementu portlandzkiego 371

— 375; cementu rzymskiego 354; ciasta wapiennego 306. 313. 336; dolerytu 47; dolomitu 89; dyabazu 39; dyorytu 38; gabbro 40; glin 133. 134; gliny do cementu portlandzkiego 361; gliny garncarskiej 137; gnejsu łyszczykowego 51; granitu 29; granulitu 54; kamieni rodzimych 8. 28; łupku glinianego 57; marglu 350; martwicy krzemionkowej 132; melafiru 44; mineralatów wchodzących w skład skał 11 — 19; porfiru felzytowego 42; pucolany 340 — 341; skąły asfaltowej (wapienia asfaltowego) 509; słupienia 48; syenitu 37; trasy 119. 343 — 344; trójkamienia 408; wapienia 61. 282;

wapienia krystalicznego 62; wapna gaszonego 296; wapna palonego 295. 298—299; wapna wodotrwałego z Theil 353; węzowca 40; ziemi santorynowej 345; żużłów z pieców wielkich 346—347.

Skład mineralogiczny: arkozu 97; dolerytu 46. 47; dolomitu 89. 90; dyabazu 39; dyorytu 38; dźwiękowca 45; gabbro 39. 40; glin 134—138. 139; gnejsu 50. 51; gomfolitu 124; granitu 29. 30. 31. 32. 33. 34. 36; granulitu 53. 54; itakolumitu 52; kamieni narzutowych 125. 126; krzemienia 53; lawy 49; łupku amfibolowego 56; łupku glinianego 57. 58. 59; łupku glinianego pierwotnego 56; łupku lojkowego 55; łupku łyszczykowego 54; łupku promiencowego 56; łupku zielonkowego 55; marglu 86; martwicy amfigenowej 119; martwicy bazaltowej 120; martwicy dźwiękowcowej 119; martwicy porfirowej 116; martwicy pumeksowej 117; martwicy trachytowej 117; martwicy zieleńcowej 115; okrucowca 112. 113; okrucowca bazaltowego 120; okrucowca gnejsowego 113—114; okrucowca kościanego 121; okrucowca kwarcowego 114; okrucowca porfirowego 116; okrucowca pumeksowego 117; okrucowca trachytowego 116; okrucowca wapiennego 121; okrucowca zieleńcowego 115; otoczków 128; peperino 118; piaskowca 95. 110. 111; piaskowca czerwonego 100; piaskowca kredowego 105; piaskowca molasowego 108; piaskowca numulitowego 107; piaskowca pstrego 101; piaskowca węglowego 99; piasku 129; porfirów 41. 42. 43. 44; skał 9—19. 28. 145; skąły amfibolowej 56; skąły kwarcowej (kwarcytu) 52; słupienia 47. 48; syenitu 36. 37; trachytu 45; trasy 119; waki szarej 98; wapienia zbitego 64; węzowca 40; zieleńców 38; ziemi 143; zlepieńca 112. 113; zlepieńca bazaltowego 120; zlepieńca czerwonego 114; zlepieńca kwarcowego 114; zlepieńca porfirowego 116; zlepieńca pumeksowego 117; zlepieńca szarowakowego 114; zlepieńca trachytowego 116; zlepieńca wapiennego 121; zlepieńca zieleńcowego 115.

Składniki (części składowe) główne i przyboczne skał 9. 10. 23.

Skorupa (kapsła) 221. 272.

Skorupiaki 282.

Skorupisz p. margiel.

Skorupy ostrzyg brane do wypalania wapna 281.

Skoryl elektryczny p. turmalin.

Skrzynia wapienna (foła) 308. 311—312. Skrzynia wapienna do gaszenia wapna wodą gorącą 312. Skrzynia wapienna stała 312. Skrzy-

- nie do betonu p. formy do betonu. Skrzynie do piasku 337.
- Słoma** 6. 530.
- Słoniniec (słoninnik, steatyt, kreda hiszpańska)** 15. 16.
- Słoninnik** p. słoniniec.
- Ślupień (bazalt)** 12. 13. 14. 15. 17. 18. 22. 23. 28. 47—49. 151. 153. 158. 160. 168. 170. Ślupień amfigenowy 47. Ślupień kulisty 48. Ślupień oblocznikowy 47. Ślupień płytowy (tablicowaty) 48. Ślupień porfirowy 47. Ślupień słupowy 48. Ślupień tablicowaty p. ślupień płytowy.
- Smary** 391.
- Smola** 6. 164. 264. 391. 494. 499. 501. 502. 527—528. Smola drzewna 527. 528. Smola gazowa p. smola z węgla kamiennego. Smola judejska (żydowska) 508. Smola kopalna p. smola ziemna. Smola z węgla kamiennego (smola gazowa) 519. 527. 528. Smola ziemna (kopalna) 507—508. Smola żydowska p. smola judejska.
- Smołowanie** cegły i dachówki 264.
- Sod** p. sól.
- Soda uwapniona** 362. Soda uwapniona jako przymieszka do cementu portlandzkiego 375.
- Sole próchnicowe alkali** 159. Sole siarkowe 383.
- Sopla** p. naciek.
- Sortowanie (rozgatunkowanie)** wyrobów ceglarskich 267.
- „**Sos**“ do stiuku gipsowego 495.
- Sossuryt** 13.
- Sód (sod)** 8. 9. 383. 391.
- Sól amoniaku** p. węglan amonu. Sól azotna 8. Sól kopalna (kamienna) 18. 24. 25. 27. Sól kuchenna (chlorek sodu) 8. 9. 18. 391. Sól kuchenna jako przymieszka do cementu portlandzkiego 375—376. 390.
- Spat polny (feldspat, polnik, polowiec, porcelaniec, skaleń)** 8. 9. 10. 12. 13. 167. 362. Spat brunatny 10. Spat ciężki p. brzemień. Spat gipsowy (gips lodowaty, selenit) 92. 496. Spat islandzki 17. Spat lodowaty p. ortoz szklisty. Spat potasowy p. ortoz. Spat sodowy p. albit. Spat wapienny (wapnospat, kalcyt) 10. 17. 153. 167. 281.
- Spiekanie się gliny** 142.
- Spirytus naftowy** 491.
- Spizowiec (bronzyt)** 15.
- Spoina (fuga) oblicowania** 203. Grubość spoin 278. Grubość spoiny pionowej (stosugi) 201. 203. 204.
- Spoistość piasku (przyleganie ziarn piasku)** 128. 130. 131.
- Spoiwo (lepiszcze)** 10. 20.
- Sposoby zwiększania trwałości (utrwalania):** cegły i wyrobów ceglarskich 250—253. 499; kamieni rodzimych 164—167; kredy 77; opoki 78; wyrobów cementowych (betonowych) 485—489; zaprawy gipsowej i wyrobów z gipsu 469—470. 490—493. Patrz nadto: utwardnianie, zabezpieczanie.
- Sposoby zwiększania twardości** p. utwardnianie.
- Sprężystość (elastyczność)** p. współczynniki sprężystości.
- St. Anne** 86. St. Nom 78.
- Stacye doświadczalne (pracownie mechaniczno-techniczne)** 5. 144.
- Stafelit** 18.
- Stal** 456.
- Stalaktyt** p. naciek.
- Stalość (niezmiennność) objętości zaprawy** 279. Stalość objętości zaprawy z cementu portlandzkiego 392—394. 402. 416. 423—424. 431. 435—436.
- Stassfurtyt** 18.
- Statuario Carrara** 63. Statuario di Falcovaja 63. Statuario venato 63.
- Staurolit (staurolit, granatyt, krzyżeń)** 17.
- Staurolit** p. staurolit.
- Stearyna** 497; p. nadto: kwas stearynowy.
- Steatyt** p. słoniniec.
- Stereochromia** 523.
- Stiuk** 493—496; p. nadto: stucco-lustro. Stiuk barokowy 493. Stiuk gipsowy (marmur gipsowy, marmur stiukowy) 493—496. Stiuk gipsowy na murze pruskim (fachworkowym) 494. Stiuk marezzo p. marmur marezzo. Stiuk zwyczajny (wapienny) 493.
- Stoly strycharskie** 187.
- Stopnie schodów kamiennych** 176.
- Stosuga** p. spoina pionowa.
- Stosunek objętości kamieni łamanych w pryzmach do objętości muru** 176. Stosunek wytrzymałości na przesuwanie (ściananie) do wytrzymałości na ściskanie: w kamieniach rodzimych 151; w zaprawie z cementu portlandzkiego 398—399. Stosunek wytrzymałości na rozciąganie do wytrzymałości na ściskanie: w kamieniach rodzimych 150—151; w zaprawach z cementu portlandzkiego 398. 400. Stosunek wytrzymałości na wyginanie do wytrzymałości na ściskanie w kamieniach rodzimych 151.
- Strop** 213. Strop pieca piekarskiego 216.
- Strychowanie** p. formowanie.
- Strzałka (piaskowiec karpacki)** 107.
- Stucco-lustro (stucco-lucido)** 413. 493. 496.

Studniarka p. cegła na studnie.
Studniówka p. cegła na studnie.
Substancja gliniasta 139—140. 141. 142. 230. 231.
Surówka (cegła niepalona) 475—476.
Suszarki dla cementu 363.
Suszarnie: dla cementu 363; dla wyrobów z gliny 188.
Suszenie: masy cementowej 363; surówki 475. 476; wyrobów ceglarskich 187—188; wyrobów terrakotowych 270; żużli ziarnowanych 444.
Syderolit 269.
Syenit (siniec) 11. 12. 14. 15. 17. 18. 22. 24. 28. 36—38. 56. 148. 151. 157. 160. 164. 168. 175. Syenit cyrkonowy 37. Syenit granitowy (granito-syenit) 36. 148. Syenit łyszczykowy 36. 37.
Sylikatyzacja 165—166.
Szaber 128. 174. Szaber do betonu 450—451.
Szafir 8.
Szamota (piecka, mączka szamotowa) 185. 221. 281.
Szamotka p. cegła ogniotrwała.
Szarogłaz p. waka szara.
Szaroskał (doleryt) 12. 13. 14. 17. 22. 23. 28. 46—47.
Szarowaka p. waka szara. Szarowaka łupkowa 98. Szarowaka wierzchnia kulmska 99. Szarowaka zbita 98.
Szczawian glinu 167.
Szkoło 6. 167. 528—530. Szkoło alkaliowo-wapniowo-glinowe (szkoło pospolite butelkowe) 528. „Szkoło drutowe“ 529. Szkoło francuskie p. szkło sodowo-wapniowe. Szkoło krysztalowe angielskie p. szkło potasowo-olowiane. Szkoło krysztalowe czeskie p. szkło potasowo-wapniowe. Szkoło maryjskie 92; p. nadto: łyszczyk potasowy. Szkoło moskiewskie p. łyszczyk potasowy. Szkoło nieprzezroczyste p. emalia. Szkoło okienne p. szkło sodowo-wapniowe. Szkoło pospolite butelkowe p. szkło alkaliowo-wapniowo-glinowe. Szkoło potasowo-olowiane (szkoło krysztalowe angielskie) 528. Szkoło potasowo-wapniowe (szkoło krysztalowe czeskie) 528. Szkoło przezroczyste p. szkło właściwe. Szkoło reńskie p. szkło sodowo-wapniowe. Szkoło sodowo-wapniowe (szkoło reńskie, szkło francuskie, szkło okienne) 528. Szkoło właściwe (przezroczyste) 528. Szkoło wodne 6. 165. 226. 345. 437. 440. 459. 479. 487. 488. 492. 493. 499—501. 516—517. 521—522. 528. 529—530. Szkoło wodne potasowe 497. 529. Szkoło wodne preparowane 529. Szkoło wodne sodowe 499. 529. Szkoło wulkaniczne 46.

Szlamowanie p. pławienie.
Szlifowanie: kamieni rodzimych 164. 167. 174; stiuku gipsowego 495. 496.
Szlik 139. 368.
Szluf 139.
Szmaragd p. beryl.
Szmaragdyt 15.
Szmergiel 8.
Szparagowiec 18.
Sztejngut 269.
Szufflowanie piasku 321.
Szwajcercyt 16.
Szychtowanie gliny 184.

Ś.

Ściany gipsowe ze szkieletem żelaznym (ściany Rabitz'a) 471. Ściany wpustpalowe (szpustpalowe) 457.
Ścieki kanałowe 391.
Ścisłość ziemi 143.

T.

Talk p. lojek.
Tarcie 4.
Tarka (zacierka, paca) 407. 488. 496.
Tarnowicyt 18.
Tauch 343.
Tegel 138. 181.
Tektura asfaltowa 408. 497. Tektura piłśniowa 408. Tektura smołowcowa 6. 527—528.
Temperatura (ciepłota) cementu portlandzkiego podczas tężenia 384. 402. 416. 434. Temperatura gliny zarobionej wodą 142. Temperatura powietrza i wody przy doświadczeniach z cementem portlandzkim 416. 421. Temperatura wapna gaszącego się 290. Temperatura wypalania: cementu portlandzkiego 367—368; cementu rzymskiego 354; gipsu 465. 466; wapna 283—284; wyrobów z gliny 188. 189.— Patrz nadto: wpływ zmian temperatury.
Terazzo 488. 496.
Terpentyna 166. 519.
Terrakota 179. 269—271. 493; p. nadto: wyroby terrakotowe.
Terralit 269.
„Testalin“ jest nazwą nowego środka, służącego do zwiększenia trwałości kamieni rodzimych, wyrabianego przez Hartmann'a i Hauers'a w Hannoverze, a sprzedawanego przez firmę „Rheinische Gypsindustrie“ w Heidelbergu. Testalin składa się z dwóch cieczy, z których jedna jest roztworem alkoholowym mydła potasowego, druga zaś — roztworem wodnym octanu glinu. Cieczami temi należy polewć

powierzchnię kamienia kolejno, za pomocą pendzla. Najprzód powleka się powierzchnię kamienia kilkakrotnie roztworem mydła potasowego, następnie zaś, po 2—3 godzinach — roztworem octanu glinu. Zużywa się około $\frac{1}{3}$ kg roztworów na $1 m^2$ powierzchni muru. Cena 1 kg wynosi około 60 fenigów, bez cła i przewozu.

Przy mieszaniu dla próby dwóch rzeczonych cieczy osadza się w naczyniu masa gruzelkowa mydła glinowego, żółta, nierozpuszczalna w wodzie, ciągliwa (plastyczna), lecz nie lepka. Taką masę tworzy się w porach zewnętrznych kamienia powleczonego temi cieczami, wskutek czego warstwa zewnętrzna kamienia staje się nieprzemakalną. Dr. Glinzer potwierdza, że testalin zastosowano ze skutkiem dobrym w gmachu ratusza w Hamburgu; barwa kamieni powleczonych testalinem jest obecnie piękniejszą od pierwotnej, a po roku można było kurcz, pył i sadze zmywać z powierzchni murów za pomocą natrysków wodnych. Pomimo niewątpliwej powagi d-ra Glinzer'a, własności testaliny należy uważać jako niedostatecznie jeszcze wyjaśnione.

Tężenie 278; p. nadto: twardnienie, wiązanie się. Tężenie ciasta wapiennego 298. 319. Tężenie gipsu 464—465. 469—470. Tężenie trójkamienia 498. Tężenie zaprawy chemicznej 289. Tężenie zaprawy mechanicznej 280. Tężenie zaprawy powietrznej 302. 319. 327—331. 331. Tężenie zaprawy pucolanowej 340. 342. Tężenie zaprawy santorynowej 345. Tężenie zaprawy wapienno-cementowej 409. 411. Tężenie zaprawy wodotrwałej 303. 308. 405. Tężenie zaprawy z cementu portlandzkiego 383—389. 393. 405. 405—409. 434—435. Tężenie zaprawy z cementu rzymskiego 355. Tężenie zaprawy z cementu żuźlowego 445—446.

Tkanina trzciniowa 531.

Tlen 8. 157. 158. 507.

Tlenek cynku 526. Tlenek glinu p. glinka. Tlenek magnezu (magnezya) 438. Tlenek magnezu w cemencie portlandzkim 372—375. 420. Tlenek manganu 158. Tlenek ołowiu (glejta) 518. Tlenek wapnia p. wapno palone. Tlenek wapnia w cemencie portlandzkim 372 — 375. Tlenek żelaza 158.

Tlennik manganu 158. Tlennik ołowiu 408. 500. Tlennik żelaza 158. 377.

Tłuczenie kamieni 174.

Topaz 167. Topaz dymny 11.

Topazolit 16.

Topliwość: gliny 141. 142. 182. 198. 361; gliny

ceglarskiej 137; gliny garnarskiej 137; gliny marglowej 138; gliny plastycznej 135; lavooidu 517; skały asfaltowej 509; smoły ziemnej 508; wapna (tlenku wapnia) 284. 285. 295—296; węglanu wapnia 282.

Topnik (fluspat, fluoryt) 18. 153. 167. 492.

Torf 27.

Torfowiec (mech torfowy, mech wodny) 530.

Trachyt 11. 12. 13. 14. 15. 16. 18. 22. 28. 45. 151. 109.

Trap p. anamezyt.

Tras (martwica nadreńska, duckstein) 119—120. 170. 304. 340. 342—345. Tras dziki 343.

Tras nowy 348. Tras sztuczny 348.

Traty 185.

Travertino (lapis tiburtinus) 123. 158. 171.

Tremolit (grammatyt, kalamit) 14.

Trociny 185. 204. 205. 504. 505.

Tromat p. waka szara.

Trójkamień (trójkamieniak, trypolit) 497—499.

Trwałość (wytrzymałość techniczna) 3. 4.

Trwałość: alabastru 161; cegły wapienno-piaskowej 479; dolomitu 91. 161; dyorytu 38; dźwiękowca 46; gabbro 40; gipsu 161; glin 140; gnejsu 51; gomfolitu 124; granitu 34. 35; granulitu 54; kamieni narzutowych 127; kamieni Ransome'a 500; kamieni rodzimych 144. 150. 152—167. 169. 175; kamienia posadzkowego 75; klinkra 220; kredy 77; kwarcytu (skały kwarcowej) 52; łupku glinianego 50. 65; łupku łojkowego 55; łupku łuszczkowego 54; łupku wapiennego z Solnhofen 74; łupku zielonkowego 55; marglu 87; marmuru 161; marmuru białego (wapienia ziarnistego) 63; martwicy trachytowej 117; melaфіru 44; odlewów z trójkamienia 499; okrucowców 113; opoki 78; piaskowca 97. 111. 161; piaskowca gliniastego 97. 161; piaskowca krzemienistego 96. 161; piaskowca marglowego 97. 161; piaskowca wapiennego 96. 161; piaskowca żelazistego 96; płyt enkaustowych 275. 276; płyt ksyłolitowych 504—505; porfiru felzytowego 42; powłoki z farby olejnej 526—527; półklinkra 220; skały kwarcowej (kwarcytu) 52; słupienia 48; syenitu 37; waki szarej 99; wapienia 161; wapienia gliniastego 161; wapienia ikrowcowego 70. 71. 161; wapienia ziarnistego (marmuru białego) 63; wapienia zbitego 80; wężowca 40; wyrobów betonowych 482; wyrobów ceglarskich 245—253. 260; wyrobów terrakotowych 270; wyrobów z cementu dolomitowego 439; zaprawy 279; zaprawy Ambroselli'ego 412; zaprawy gipsowej 409; zaprawy z cementu portlandz-

- kiego 389—392; zaprawy z cementu żuźlowego 446; zlepieńców 113.
- Trypolit** p. trójkamień.
- Trzcina** 6. 497. 530—531. Trzcina pospolita (czeret, oczeret, kamysze) 530.
- Trzciniowanie** 531.
- Trzopówka** p. cegła ogniotrwała.
- Trzy czwartych cegły (dziewiątka)** 203. 204.
- Tuf** p. martwica.
- Turmalin (skoryl elektryczny)** 9. 17.
- Twardnienie** dodatkowe zaprawy z cementu portlandzkiego 388. 405—406. Twardnienie gipsu p. tężenie gipsu. Twardnienie gliny 142. Twardnienie kamieni żuźlowych 503. Twardnienie zaprawy p. tężenie, wiązanie się. Twardnienie zaprawy powietrznej 327—331. Twardnienie zaprawy wapienno-cementowej 409. 411. Twardnienie zaprawy z cementu portlandzkiego 383. 385—389. 405. Twardnienie zaprawy z cementu żuźlowego 445—446.
- Twardość** 3. 4. Twardość: bezwodynu 95. 168; dolomitu 92; dyorytu 39. 168; gabbro 40; gipsu 92. 95. 167. 168; gnejsu 168; gomfolitu 124; granitu 36. 168; kamieni 8. 21; kamieni rodzimych 144. 147. 167—160; kamieni sztucznych o spoiwie gipsowem 497; kredy 75; kwarcytu (skały kwarcowej) 52. 168; lawy 168; łupku amfibolowego (hornblendowego) 56; łupku glinianego 57. 60. 168; łupku glinianego pierwotnego 57; łupku łojkowego 55. 168; łupku zielonkowego 55; margłów 87; martwicy bazaltowej 120; martwicy porfirowej 116; minerałów wchodzących w skład skał 11—19. 167. 168; obsydyanu 46; odlewów gipsowych 490. 491. 492; perlowca 46; piaskowca 93. 97. 111; piaskowca kajprowego 103; piaskowca krzemienistego 168; piaskowca molasowego 108; piaskowca pstrego 101. 102; piaskowca szarowakowego 99; piaskowca wcałdeńskiego 105; piaskowca węglowego 100; porfirów 41; pumeksu 168; skały kwarcowej (kwarcytu) 52. 168; słupienia 47. 49. 168; syenitu 38. 168; trachytu 45. 168; trasu 343; waki szarej 99. 168; wapienia 61; wapienia alpejskiego 75; wapienia ikrowcowego 72; wapienia jurajskiego białego 75; wapienia liasowego (czarnego) 71; wapienia muszłowego 69; wapienia przejściowego (szarowakowego) 66; wapienia ziarnistego (krystalicznego) 64. 168; wapienia zbitego 64. 168; węzowca 40. 41. 168; wyrobów ceglarskich 250. 261; zaprawy gipsowej 469; zaprawy skamieniałej z cementu portlandzkiego 389; zaprawy starej powietrznej 279. 329—330. 333—334.
- Tynk** p. wyprawa.
- Tyras** 304; p. nadto: tras.
- Tytanit (sfen)** 17.

U.

- Ugier** p. okra.
- Ukos** 218.
- Ultramaryna** 377. 525. 526. 527.
- Uławiczenie skały** p. warstwy skały.
- Umbra** 494. 526.
- Urabialność** p. plastyczność.
- Usypy** 130.
- Uszczelnianie spoeń w murach glinianych** 228.
- Utrwalanie** p. sposoby zwiększania trwałości.
- Utwardnianie:** kredy 77; opoki 78; wyrobów cementowych (betonowych) 485—489; zaprawy gipsowej i wyrobów z gipsu 469—470. 490—493.
- Utwór** p. formacja. Utwory osadowe p. skały osadowe. Utwory wybuchowe p. skały wybuchowe.
- Uwarstwienie (uwarstwowanie)** skały p. warstwy skały.

V.

- Vendurino** 83.
- Verde antico** 62. 83. Verde d'Egitto 64. Verde de Maurin 83. Verde des Alpes 83. Verde di Corsica 40. Verde di Prato 49. Verde di Susa 40. Verde pagliocco 83.
- Vergelè** 78.
- Violetta antica** 84.

W.

- Waka** 120. Waka dymna (dymowaka, dolomit cechsteinowy) 89. Waka szara (szarowaka, tromat) 18. 24. 98—99. 148. 151. 168.
- Wanad** 10.
- Wapień (kamień wapienny, kalcyt)** 9. 10. 14. 17. 18. 20. 23. 24. 25. 26. 27. 57. 61—86. 96. 148. 153. 157. 158. 159. 160. 161. 167. 169. 170. 281—282. 282—283. 306. 351. 360. 362. 437. 501. 508. 519; p. nadto: węglan wapnia Wapień adnetski 70. Wapień akmanajski 68. Wapień alpejski 64. 70. 73. 75. Wapień asfaltowy p. skała asfaltowa. Wapień azamatski 68. Wapień badraski 68. Wapień chorzowiecki (warstwy z Chorzowa) 69. Wapień cukrowaty p. wapień krystaliczny. Wapień czarny p. wapień liasowy. Wapień czorsztyński 73. Wapień dachówkowy 70. Wapień denny p. wapień spągowy. Wapień do-

lomitowy 25. **61. 90. 357.** Wapień enkrynitowy 25. Wapień falisty **68. 69.** Wapień gliniasty 26. 161. 163. 304. 305; p. nadto: margiel. Wapień górski p. wapień węglowy. Wapień gruboziarnisty paryski p. grubowapień. Wapień guttensteinski **68.** Wapień hallstädzki **70.** Wapień hierlacki **70.** Wapień ikrowcowy (ikrowiec, oolit, wapień oolitowy) 20. 25. 64. **71—72. 161. 163.** Wapień jamisty p. wapień komórkowy. Wapień jurajski biały (górnny) 64. **72—73. 151.** Wapień kajprowy **70.** Wapień karniowski **67.** Wapień kerceński **68.** Wapień komórkowy (jamisty) **69.** Wapień koralowy (Coral-rag) **73.** Wapień kredowy **73. 76.** Wapień kredowy glaukonitowy (siwak) **76.** Wapień krynoidowy p. wapień szkarłupniowy. Wapień krystaliczny (wapień ziarnisty, wapień pierwotny, wapień cukrowaty, marmur) 11. 14. 15. 16. 17. 24. 28. **61. 62—64. 151. 168. 281.** Wapień krzemionkowy 64. **80.** Wapień liasowy (czarny) 64. **70—71.** Wapień marglowy 26. 76. 281. Wapień muszlowy 18. 25. 28. 64. **67—69. 148. 151. 281.** Wapień muszlowy główny **68.** Wapień muszlowy płytowy **68.** Wapień narzutowy 281—282. Wapień numulitowy 26. 148; p. nadto: grubowapień spodni. Wapień nulliporajski **79.** Wapień oolitowy p. wapień ikrowcowy. Wapień opatowiecki p. wapień rybnicki. Wapień pachorski **67.** Wapień permski (peneński) p. cechstein. Wapień piankowy **68. 69.** Wapień pierwotny p. wapień krystaliczny. Wapień płytowy **72.** Wapień podstawowy p. wapień spagowy. Wapień portlandzki (Portlandstone) **73.** Wapień przejściowy (szarowakowy) 28. 64. **65—66.** Wapień rafowy p. skałki karpackie, warstwy rogożnickie. Wapień rogożnicki p. warstwy rogożnickie. Wapień rybnicki (wapień opatowiecki) **69.** Wapień skalisty **74.** Wapień spagowy (podstawowy, denny) **69.** Wapień szarowakowy p. wapień przejściowy. Wapień szkarłupniowy (krynoidowy) **70.** Wapień ślimakowy 64. **80.** Wapień terebratulowy 25. Wapień trochitowy 25. Wapień Virgloria **68.** Wapień wettersteinski **70.** Wapień węglowy (górnny) 64. **66.** Wapień włóknisty 17. Wapień woźnicki 121; p. nadto: wyżyna wapienia woźnickiego. Wapień wód słodkich 27. 360. 362. Wapień z gór Leitha **78.** Wapień zbity 17. 28. **61. 64—81. 168. 281.** Wapień ziarnisty p. wapień krystaliczny. Wapień zieloncowy (ofikalcyt) **62. 83.** Wapień ziemisty p. kreda.

Wapń 9.

Wapno białe p. ciasto wapienne. Wapno cementowe p. cement rzymski. Wapno chude **298.** Wapno cukrowe (cukrzan wapnia) **297.** Wapno do wypraw **314. 336.** Wapno gaszone (wapno lasowane, woda wapnia) **296. 306—318. 336. 377. 444. 478. 493. 496. 497;** p. nadto: ciasto wapienne, proszek wapienny. Wapno gazowe 506. Wapno gryzące p. wapno palone. Wapno hydrauliczne p. wapno wodotrwałe. Wapno lasowane p. wapno gaszone. Wapno lüneburgskie **468.** Wapno ławkowe **89. 314.** Wapno nawozowe (popiół wapienny) **288.** Wapno niedopalone **285.** Wapno niegaszone (nie lasowane) p. wapno palone. Wapno odleżałe **300.** Wapno palone (wapno, wapno gryzące, wapno żywe, wapno niegaszone czyli nialasowane, wapno skaliste, tlenek wapnia) 9. 61. 79. 235. 236. **281—306. 437. 438. 449. 450. 485. 491. 492. 494. 517.** Wapno palone jako przymieszka do zaprawy powietrznej **334—336.** Wapno przepalone **285.** Wapno pytlowane **315.** Wapno skaliste p. wapno palone. Wapno spalone **310.** Wapno tłuste **298. 306. 469. 493.** Wapno wodotrwałe (hydrauliczne) 305. 339. **340—353. 354. 408. 412. 444. 480. 503.** Wapno wodotrwałe naturalne **304. 305. 352.** Wapno wodotrwałe sztuczne **304. 305. 352.** Wapno wodotrwałe z dolomitów **357.** Wapno z Theil **352—353.** Wapno zatopione (zalane, zaziębione) **310.** Wapno zwietrzałe **297. 299.** Wapno żywe p. wapno palone.

Warstwy: górnio-hieroglifowe **108;** rogożnickie (rafowe właściwe) **73;** ropianieckie **107;** spodnie i wierzchnie wapienia muszlowego **69;** starhemburskie 70. Warstwy z Chorzowa p. wapień chorzowiecki.

Warstwy odosobniające (izolacyjne) w murach 407. 476. 528.

Warstwy (uławicenia) skal 21. 22.

Warunki normalne dostawy cementu 414—432.

Warunki szczegółowe dostawy wyrobów ceglarskich **265—267.**

Wedgewood 179. 269.

Wezuwiuszowe lzy neapolitańczyków 49.

Węgiel 8. 507. 508. Węgiel brunatny 27. Węgiel kamienny 24

Węglan amonu (sól amoniaku) 391. 437. Węglan magnezu naturalny p. magnezyt. Węglan potasu 391. 492. Węglan sodu 383. 391. Węglan wapnia 8 9. 18. 157. 159. **282—283. 295. 328—329. 360. 387. 496;** p. nadto: wapień. Węglany zasad 391.

Węgloblisk p. antracyt.

Węglowiec p. antracyt.

Wężowiec (serpentyń, ofit) 9. 10. 11. 14. 15. 16. 24. 28. 40. 40—41. 164. 168. 170. Wężowice pospolity 40. Wężowice szlachetny 16. 40. 171.

Wiązanie się gliny 141.

Wiązanie się (krzepnienie): zaprawy powietrznej 327. 328; zaprawy z cementu portlandzkiego 383—384. 405. 415—416. 422—423.

Wiązanie się zaprawy z kamieniem 279; p. nadto: wytrzymałość połączenia zaprawy z kamieniem. Wiązanie się zaprawy glinianej z kamieniem 280.

Wielkość kamieni łamanych i ciosów 176. Wielkość ziarn piasku do zaprawy 319—320. 322. 333. 337.

Wietrzenie: cegły 247—248; kamieni rodzimych 8. 9. 152. 156—158. 161. 171. Patrz nadto: trwałość.

Wilgoć gruntowa (zaskórna) 156. 157. 407. Wilgoć skalna (górska, ziemna) 80. 111. 145. 158—159.

Williamsyt 40.

Winian amonu (sal tartari) 496.

Wiśniówka p. cegła dobrze wypalona.

Witryol zielony p. siarczan żelaza.

Własności: betonu 453—456; cegły 180; cegły dziurowanej 210—211; cementu portlandzkiego 371—378. 413—437; cementu żużlowego 445—447; dachówki 222; gliny 139—143. 181—183; kamieni rodzimych 7. 8. 144—171; kamieni sztucznych 8. 179; materiałów budowlanych 3; minerałów wchodzących w skład skał 11—19; piaskowców 110—112; wapieni 80—81; wapna palonego 295—299; węgla wapnia 282. 295; wyrobów ceglarskich 229—261; zaprawy glinianej 281; zaprawy powietrznej 327—336; zaprawy wapienno-cementowej 411—412; zaprawy z cementu portlandzkiego 383—408. Nadto w ustępie o każdym oddzielnym materiale budowlanym wskazane są jego własności zasadnicze. Własności estetyczne: kamieni rodzimych 144; materiałów budowlanych w ogóle 4. Własności zdrowotne: cegły 180. 181. 257; fluatów gipsowych Kessler'a 470; kamieni rodzimych 21. 144. 169. 170; kamieni żużlowych 503; materiałów budowlanych w ogóle 4; płyt ksyolitowych 505; wypraw nieprzemakalnych 486. 492 (p. nadto: wyprawy nieprzemakalne, zaprawy przeciwnilne).

Włosie 497.

Włókna drzewne 497.

Woda 8; p. nadto: temperatura powietrza i wody, wilgoć, wpływ działania mechanicznego wody, wpływ gatunku wody, wpływ ilości wody, wpływ mrozu, wpływ nasycenia wodą, wpływ wilgoci, wpływ wody, wpływ wody morskiej, wpływ wody przekroplonej. Woda alunowa 497; p. nadto: alun. Woda barytowa 166. 490. Woda do ciałek próbnych z cementu portlandzkiego 421. 422. 425—426. Woda do gaszenia wapna 310—311. 317. 336. Woda do zaprawy powietrznej 322—323. 325. Woda do zaprawy z cementu portlandzkiego 378—379. Woda gipsowa 464. Woda gruntowa p. woda zaskórna. Woda klejowa (do zaprawy gipsowej) 470. 490. 491. 492. 493. 494. 496. 497. 521. 522. Woda morska 376. 439. 445. Woda wapienna 297. 298. 492. Woda zaskórna (gruntowa) 156. 157.

Wodan tlenochlorku magnezu (hydrat d'Oxyclor) 504. Wodan wapnia 296. 297. 492; p. nadto: wapno gaszone.

Wodny krzemian glinu 133. 141.

Wodorosty (glony, algi) 132.

Wodór 8. 507. 508.

Wołnyit 44.

Wosk 496. 501. 519.

Wpływ azotu na trwałość kamieni rodzimych 157. Wpływ barwy na wytrzymałość kamieni rodzimych 147. Wpływ ciężaru cementu portlandzkiego na jego własności 389. 394. 396. Wpływ ciężaru właściwego kamieni rodzimych na ich wytrzymałość 147. Wpływ czasu wiązania (prędkości tężenia) zaprawy z cementu portlandzkiego na jej własności 378. 388. 394. 397. Wpływ czynników atmosferycznych p. wpływ az tu, wpływ kwasu węglanego, wpływ tlenu, wpływ wilgoci, wpływ wody. Wpływ czynników mechanicznych na przebieg tężenia zaprawy z cementu portlandzkiego 388. Wpływ dymu kominów fabrycznych na trwałość kamieni rodzimych 158. 161. Wpływ działania mechanicznego wody na trwałość: kamieni rodzimych 156; cegły 247. Wpływ farby na wytrzymałość cementu portlandzkiego 377. Wpływ formowania masy cementowej na dobroć cementu 363. Wpływ gatunku piasku na wytrzymałość: zaprawy powietrznej 329. 331; zaprawy z cementu portlandzkiego 379—381. Wpływ gatunku wody na przebieg tężenia zaprawy z cementu portlandzkiego 386—387. Wpływ gęstości na wytrzymałość: zaprawy z cementu portlandzkiego 397; zaprawy z ce-

mentu żuźlowego 447. Wpływ ilości wody na przebieg tężenia: zaprawy powietrznej 330—331; zaprawy z cementu portlandzkiego 379. 386. 397. 405—407; zaprawy z cementu żuźlowego 446. Wpływ ilości wody na własności odlewu gipsowego 489. Wpływ iskrzyku na trwałość: cegły 183. 251—252; wapieni 161. Wpływ kamyków na trwałość cegły 183. 252. Wpływ klimatu na trwałość kamieni rodzimych 156. Wpływ kształtu p. wpływ wymiarów. Wpływ kwasów na trwałość zaprawy stwardniałej z cementu portlandzkiego 392. Wpływ kwasu węglanego: na przebieg tężenia zaprawy powietrznej 327—331; na przebieg tężenia zaprawy z cementu portlandzkiego 387; na trwałość cegły 245—246. 247—248. 252—253; na trwałość kamieni rodzimych 156—158. 160—161; na wapno gaszone 314. Wpływ magazynowania p. wpływ przechowywania. Wpływ magnezyi p. wpływ tlenków wapnia i magnezu. Wpływ miakkości na wytrzymałość: cementu portlandzkiego 369. 304. 396—397. 416; cementu żuźlowego 447. Wpływ mrozu na trwałość i wytrzymałość: cegły i dachówki 246—247; kamieni rodzimych 154—155; zaprawy gipsowej 469; zaprawy powietrznej 332—333; zaprawy z cementu portlandzkiego 387. 389—390. 405; zaprawy z cementu żuźlowego 446. Wpływ nasycenia wodą na wytrzymałość: cegły 233—236. 239—240; kamieni rodzimych 80. 145. 158—159. Wpływ obciążenia na wytrzymałość zaprawy powietrznej 324. 328. Wpływ olejów mineralnych na trwałość zaprawy stwardniałej z cementu portlandzkiego 392. Wpływ palenia i temperatury pieca: na masę cementową 367—368. 375. 416; na prędkość tężenia gipsu 465. 489. 491; na własności wapna 283—285. 295; na własności wyrobów ceglarskich 197—199. Wpływ porowatości: na wytrzymałość cegły 230—232. 256—257; na wytrzymałość kamieni rodzimych 145; na wytrzymałość zaprawy gipsowej 460; na zdrowotność pomieszczeń 169. 257. Wpływ powietrza p. wpływ azotu, wpływ tlenu, wpływ kwasu węglanego. Wpływ prędkości tężenia p. wpływ czasu wiązania. Wpływ promieni słonecznych: na gips 466; na przebieg tężenia zaprawy z cementu portlandzkiego p. wpływ ilości wody na przebieg tężenia i wpływ temperatury powietrza na przebieg tężenia; na trwałość kamieni rodzimych 156. Wpływ przechowywania na własności: ce-

mentu portlandzkiego 369—370. 375. 383. 389. 394. 416; wapna gaszonego 313—315; wapna palonego 299—300. Wpływ przymieszek: na dobroć gipsu 467; na własności cementu portlandzkiego 372. 375 375—378. 383. 389; na własności gliny do wyrobów ceglarskich 181—182; na własności piasku do zaprawy 321; na własności wapna 284—285. 298; na własności węglanu wapnia 282—283; na własności zaprawy powietrznej 334—336. 437. Wpływ roślinności na trwałość: cegły i dachówki 246; kamieni rodzimych 152. 157. 159—160. Wpływ składu chemicznego na własności: cementu portlandzkiego 371—378; żuźli 442. Wpływ składu mineralogicznego na wytrzymałość kamieni rodzimych 145. Wpływ smarów i smoly na trwałość zaprawy stwardniałej z cementu portlandzkiego 332. Wpływ soli na przebieg tężenia zaprawy z cementu portlandzkiego 375—370. 390. Wpływ soli na trwałość: cegły 183. 252; wapienia 80—81; zaprawy stwardniałej z cementu portlandzkiego 392. Wpływ sposobu obrobienia p. wpływ wymiarów. Wpływ sztucznego osuszania murów na ich wytrzymałość 330—331. Wpływ ścieków kanałowych na trwałość zaprawy stwardniałej z cementu portlandzkiego 392. Wpływ światła na własności cementu portlandzkiego 370: p. nadto: wpływ promieni słońca. Wpływ temperatury palenia: na prędkość tężenia gipsu 465; na własności cegły 197—199. 234—235; na własności cementu portlandzkiego 367—368; na własności wapna 283—285. Wpływ temperatury powietrza na przebieg tężenia zaprawy z cementu portlandzkiego 387. 416. Wpływ temperatury wody na przebieg tężenia zaprawy z cementu portlandzkiego 386—387. 388. 397. 416. Wpływ temperatury wysokiej: na glinę 142. 198; na stwardniałą zaprawę z cementu portlandzkiego 390. 407—408. 408—409; na ziemię 143; p. nadto: ogniotrwałość. Wpływ tlenków wapnia i magnezu na własności cementu portlandzkiego 372—375. 392. 395—396. Wpływ tlenu na trwałość: cegły 245—246; kamieni rodzimych 156—158. 160—161. Wpływ twardości na wytrzymałość kamieni rodzimych 147. Wpływ wapna swobodnego na trwałość zaprawy z cementu portlandzkiego 390—391; p. nadto: wpływ tlenków wapnia i magnezu. Wpływ węglanu wapnia: na trwałość cegły 182. 235—236. 250—251; na wytrzymałość cegły 235—236. 240. Wpływ wieku zaprawy po-

wietrznej na jej wytrzymałość 324. 329—330. 333—334. Wpływ wielkości ziarn piasku na własności: zaprawy powietrznej 322: zaprawy z cementu portlandzkiego 379—381. 394. 397—398. Wpływ wilgoci skalnej (górskiej) na trwałość i wytrzymałość kamieni rodzimych 80. 145. 158—159. Wpływ własności cementu portlandzkiego na jego zastosowania 405—409. Wpływ własności gliny na wytrzymałość cegły 234—235. Wpływ wody na trwałość: cegły 245—246. 247—248. 252—253; kamieni rodzimych 156—158. 160—161. Wpływ wody morskiej na zaprawę: z cementu barytowego 439; z cementu portlandzkiego 376; z cementu żuźlowego 445. Wpływ wody przekropionej (destylowanej) na cement portlandzki 387. 421. Wpływ wymiarów, kształtu i sposobu obróbienia na wytrzymałość kamieni rodzimych 146. Wpływ wypalania p. wpływ palenia. Wpływ względny zaprawy cementowej na trwałość budowli 389. 406. Wpływ zaprawy cementowej i zaprawy z wapna wodotrwałego na ołów i cynk 408. Wpływ zasad (alkali) na trwałość zaprawy stwardniałej z cementu portlandzkiego 392. Wpływ ziarnowania żużli na własności cementu żuźlowego 443—444. Wpływ zmian temperatury na trwałość: betonu 456; betonu ze szkieletem żelaznym (konstrukcyj Monier'a) 460: cegły 245—246; kamieni rodzimych 153—154. 156; zaprawy powietrznej 334; zaprawy z cementu portlandzkiego 390. 456.

Współczynnik wodotrwałości (moduł hydrauliczny) cementu portlandzkiego 420.

Współczynniki bezpieczeństwa: dla betonu 456; dla kamieni rodzimych 151; dla muru z cegły 242—243. Współczynniki porowatości i przepuszczalności 169. 256; p. nadto: porowatość. Współczynniki rozprzestrzenienia i rozszerzalności: betonu 456. 460—461: bezwodny (anhydrytu) 153; brzemienia (spatu ciężkiego) 153; cegły i muru z cegły 245; dolomitów 92. 153; drutu żelaznego 456; gipsu 153; granitu 36. 153; kwarcu 153; łupku dachowego 153; łupku glinianego 61. 153; marmuru 153; ortozu 153; piaskowców 112. 153; słupienia 49. 153; stali 456; topnika (fluspatu) 153; wapienia 153: wapienia krystalicznego 64. 153; wapnospatu (spatu wapiennego) 153; zaprawy cementowej 456; zaprawy powietrznej 334; żelaza w prętach 456. Współczynniki sprężystości: kamieni rodzimych 151; zaprawy z cementu portlandz-

kiego 399. Współczynniki wytrzymałości p. wytrzymałość.

Wydajność: betonu 452—453; cementu rzymskiego 356—357; wapna chudego 298; wapna palonego 301; wapna przy gaszeniu mokrem 311; wapna przy gaszeniu suchem 317—318; wapna tłustego 298; wapna wodotrwałego 353; zaprawy powietrznej 325; zaprawy wapienno-cementowej 410—411; zaprawy z cementu portlandzkiego 382.

Wydeptywanie (tratowanie) gliny 185.

Wydmy piaszczyste nadmorskie p. duny.

Wydobywanie: gliny 183—184; kamieni rodzimych 171; skały asfaltowej 509.

Wygniatanie gliny p. przerabianie gliny.

Wykwity murowe 87. 144. 205. 255. 285. 313. 392. 494. 500. 521. Wykwity solne 158. 183. 202. 252. 255. 313; p. nadto: natoly.

Wymiary: betonów cementowych ze szkieletem żelaznym (konstrukcyj Monier'a) 462; bryłek do płyt mozaikowych 273; cegiełek z masy cementowej 363; cegły do kolumn okrągłych 216; cegły do odachowań murów odosobnionych 217; cegły do sklepień 216. 217; cegły do stropów 213; cegły dziurowanej 208—211; cegły kominowej 215—216; cegły licowej 203. 229. 260; cegły modelowej 217—220; cegły na studnie 216; cegły ogniotrwałej 222; cegły piecowej 215—216; cegły posadzkowej 212—213; cegły pustej 206—208; cegły reńskiej 480; cegły wapienno-piaskowej 479; cegły wciętej 216; cegły ziemistej 477; cegły zwyczajnej 200—201. 229. 239. 260. 266; cegły żuźlowej 502. 503; ciałek próbnych z cementu portlandzkiego do doświadczeń nad wytrzymałością 417. 425. 428—429; części cegły 204; dachówki 223—225. 229; dachówki holenderskiej 223; dachówki rzymskiej 224; dachówki z wylotem 226; dachówki z zakładką (francuskiej) 225; dołów do gaszenia wapna 314; dołów do przechowywania wapna gaszonego 313; gąsiora 223; kamieni korkowych 481; kamieni rodzimych 175—176; kamińków do betonu 450; karpówki 223; klinkrów 220; kostek asfaltowych 513—514; kostek ze szkła dętego 528; okazów cegły do doświadczeń nad wytrzymałością 243—244; okazów kamieni rodzimych do doświadczeń nad wytrzymałością 149; pacówki 477; pilśni asfaltowej 515. 516; płyt asfaltowych 515; płyt enkaustowych 274—275; płyt ksyrolitowych 504. 505; płyt magnezytowych 505; płyt mozaikowych z gliny palonej 273; płyt posadzkowych 212—

213; płyt z pilśni asfaltowej 515. 516; płytek cementowych na szkielecie 485; płytek gipsowych Mack'a 497; rur glinianych 226—229; surówki 476; tkaniny trzciniowej 531; warstw asfaltowych 512. 513. 514; wyrobów terrakotowych 270; załamanki 224.

Wypalanie: bryłek dla płyt mozaikowych 273; cegły licowej 202—203; cementu marglowego 439; cementu portlandzkiego 363—368; cementu rzymskiego 354; gipsu 465—466; płyt enkaustowych 274; wapna 282. 283—295; wapna wodotrwałego 350—351; wyrobów ceglarskich 188—200; wyrobów terrakotowych 270.

Wyprawa (tynk) Ambroselli'ego 412—413. Wyprawa cementowo-wapienna 409. Wyprawa gipsowa 468—470. 523. Wyprawa gipsowo-wapienna 470—471. Wyprawa gliniana 281. Wyprawa na murach z surówki 476. Wyprawa nieprzemakalna 485. 486. Wyprawa wapienna 485. 486. Wyprawa wapienno-cementowa 410. 411. Wyprawa z cementu Parian 492. Wyprawa z cementu portlandzkiego 387. 389—390. 394. 395. 406—407. 409. 410. 411. 412. 436—437. 485. Wyprawa z cementu rzymskiego 355. Wyprawa z cementu żuźlowego 447—448.

Wyroby betonowe (wyroby z masy cementowej) 481—489. Wyroby ceglarskie 179. 180—267. Wyroby ceramiczne p. kamienie sztuczne palone. Wyroby ceramiczne porowate 179. Wyroby ceramiczne ścisłe 179. Wyroby fajansowe 179. 267. 276—277. Wyroby garncarskie 179. 267—268. Wyroby kamienne 176. Wyroby kamionkowe 179. 268—269. Wyroby majolikowe 179. 267. 276—277. Wyroby terrakotowe 179. 180. 269—271; p. nadto: terrakota. Wyroby z alabastru i gipsu włóknistego 497. Wyroby z cementu magnezowego 485. Wyroby z cementu portlandzkiego i rzymskiego 481—485. Wyroby z cementu Scott'a 485. Wyroby z cementu żuźlowego p. kamienie żuźłowe. Wyroby z masy cementowej p. wyroby betonowe. Wyroby z masy gipsowej 489—499.

Wysychanie zaprawy mechanicznej 280.

Wytrzymałość (moc) 3. 4. Wytrzymałość: asfaltu 512. 513; betonu 454—456; betonu Coignet'a 458; betonu zakładanego w wodzie 457; cegły 230—232. 232—245. 260; cegły dziurowanej 211; cegły porowatej 205; cegły reńskiej 480; cegły wapienno-piaskowej 479; cegły żuźłowej 503; cementu portlandzkiego 369. 370. 377. 381. 395—405. 408. 417—419. 424

—432. 433; cementu żuźlowego 443. 445. 446—447; ciasta wapiennego (zaprawy powietrznej czystej) 331; dachówek 245; dolerytu 47; dolomitów 92. 151; dyabazu 39; dyorytu 39; gabbro 40; gładzów narzutowych zielenicowych 125; gnejsu 52; gomfolitu 124; granitu 34. 35. 36 151; grubowapienia 79; kamieni 8; kamieni bostońskich 485; kamieni korkowych 481; kamieni rodzimych 144. 144—151. 154. 170. 175; kamyków do betonu 450; klinkrów 231. 232; kwarcytu 52; lawy 50; łupku amfibolowego 56; łupku glinianego 60. 151; łupku krzemienno-żelazowego 53; łupku łuszczkowego 55. 151; łupku zielonkowego 55; marmuru neubeuerskiego 80; martwicy pumeksowej 118; martwicy trachytowej 117; martwicy wapiennej 151; masy cementowej 367; melafiru 44; muru z cegły 233. 234. 235. 237. 242. 243. 334; okrucowców 113; opoki 77; peperino 118; piaskowca 96. 97. 111. 112. 145. 159; piaskowca ciosowego (kostkowego) 106; piaskowca jurajskiego 104. 105; piaskowca kajprowego 103. 151; piaskowca karpackiego (wiedeńskiego) 107; piaskowca molasowego (miękkiego) 108. 151; piaskowca muszlowego 151; piaskowca pstrego 102. 151; piaskowca szarawakowego 99. 151; piaskowca wealdeńskiego (hastynskiego) 105; piaskowca węglowego 100; piaskowca zielonego (glaukonitowego) 107. 151; płyt ksyolitowych 505; połączenia zaprawy cementowej z kamieniem 399. 404. 434. 435; połączenia zaprawy wapienno-cementowej z murem 411—412; połączenia żelaza z zaprawą cementową 460; porfiru felzytowego 43; rur kamionkowych 269; rur zwyczajnych z gliny palonej 245; skały kwarcowej 52; słupienia (bazaltu) 49. 151; surówki 476; syenitu 38. 151; trachytu 45. 151; trawertino 123; trójkamienia (trypolitu) 498. 499. waki szarej 151; wapienia ikrowcowego (oolitowego) 72; wapienia jurajskiego białego 75. 151; wapienia krystalicznego (marmuru) 64; wapienia liasowego (czarnego) 71; wapienia muszlowego 69. 151; węzowca 41; wyrobów ceglarskich 229. 230—245. 260; wyrobów terrakotowych 271; zaprawy gipsowej 469; zaprawy powietrznej (wapiennej zwykłej) 319. 322. 324. 329. 330. 331—334; zaprawy powietrznej starej 279. 329—330. 333—334; zaprawy trasowej 344—345; zaprawy wapienno-cementowej 409. 410. 411—412; zaprawy z cementu magnezowego 438; zlepieńców 113.

Wytrzymałość statyczna p. wytrzymałość.

Wytrzymałość techniczna materiału p. trwałość.

Wyżyna wapienia woźnickiego 70.

Względy ekonomiczne przy wyborze materiałów 4. 306.

Z.

Zabarwianie: bryłek do płyt mozaikowych z gliny palonej 271—273; cementu portlandzkiego 377—378; wyrobów alabastrowych 497; wyrobów ceglarskich 203. 261—265; wyrobów cementowych 487—489 (p. nadto: malowanie wypraw cementowych).

Zabezpieczanie fundamentów betonowych od wpływu niszczącego smarów 391. Zabezpieczanie kamieni rodzimych od wilgoci i wpływu czynników atmosferycznych 164—167. 499. 529—530; p. nadto: utwardnianie i sposoby zwiększania trwałości. Zabezpieczanie murów od wilgoci 177. 407. 476. Zabezpieczanie opoki od wietrzenia 78. Zabezpieczanie piaskowca od wpływu wilgoci 111. 112. Zabezpieczanie rur ołowianych i blachy cynkowej od styczości z zaprawą cementową 408. Zabezpieczanie wapienia ziarnistego (marmuru białego) od wietrzenia 63. Zabezpieczanie wyrobów ceglarskich: od przystępu wody i kwasu węglanego do ich wnętrza 252—253; od wpływu przymieszek szkodliwych 250—252.

Zacieranie wypraw 467.

Zacierka p. tarka.

Zadanie zaprawy w murach i sklepieniach 278.

Zadymianie cegły i dachówki 264.

Zalewanie ankrów i śrub w kamieniu rodzimym i w murze z cegły 486.

Zalewy posadzkowe (jastyrychy) 408.

Załamanka 224.

Zamarzanie wody 154.

Zanokcica p. rogowiec.

Zanokcień p. rogowiec.

Zapotrzebowanie wapna palonego 300—302; p. nadto: dostawa, odbiór.

Zaprawa 4. 6. 49. 50. 61. 278—474. 516. Zaprawa Ambroselli'ego 412—413. Zaprawa antyseptyczna p. zaprawa przeciwnilna. Zaprawa Artus'a 333. 336. Zaprawa asfaltowa 280; p. nadto: asfalt Zaprawa cementowa czysta 378. 393—394. 408. Zaprawa cementowa nieprzemakalna 381. 394—395. 411. Zaprawa cementowa zwykła (z piaskiem) 378. 408. Zaprawa cementowo-wapienna 334. 381. 409. Zaprawa chemiczna 279—280. Zaprawa chuda powietrzna 323. Zaprawa chuda z ce-

mentu portlandzkiego 390. 394. 409—410. Zaprawa do betonów p. beton. Zaprawa do kostek ze szkła dętego 528—529. Zaprawa do wypraw (tynków) 279. 325. 407. Zaprawa Fleuret'a 348. Zaprawa gipsowa 92. 93. 280. 468—470. Zaprawa gipsowo-wapienna 334. 470—471. Zaprawa gliniana 280—281. Zaprawa gliniano-wapienna 334. Zaprawa hydrauliczna p. zaprawa wodotrwała. Zaprawa Keene'go p. gips alunowy. „Zaprawa krzemionkowa“ Dalemagne'a 167. Zaprawa Lorient'a 334—335. 336. 348. Zaprawa MacLean'a p. gips alunowy. Zaprawa mechaniczna 279—280. Zaprawa murowa 279. Zaprawa „niesamoistna“ 331. Zaprawa powietrzna p. zaprawa wapienna powietrzna. Zaprawa powoli tężąca 279; p. nadto: cement powoli tężący. Zaprawa prędko tężąca 279; p. nadto: cement prędko tężący. Zaprawa przeciwnilna (przeciwważna, antyseptyczna) 470. 486. 492; p. nadto: zaprawa cementowa nieprzemakalna. Zaprawa pucolanowa 334; p. nadto pucolana. Zaprawa santorynowa 345. Zaprawa selenitowa (zaprawa Scott'a) 437—438. Zaprawa Smirke'go 335. 336. Zaprawa szamotowa 222. 280. 281. Zaprawa tłusta powietrzna 323. Zaprawa tłusta z cementu portlandzkiego 390. 394. 409. Zaprawa trawowa 120. 304. 342—345. Zaprawa wapienna 302—306. Zaprawa wapienna powietrzna (zaprawa wapienna zwykła) 280. 302. 305. 306—338. 409. Zaprawa wapienna średnowieczna 303. Zaprawa wapienna z mączką ceglana i wapnem niegaszonym 334—336. 348. Zaprawa wapienna z popiołem 340—348. Zaprawa wapienna z żużlem 346. Zaprawa wapienna zwykła p. zaprawa wapienna powietrzna. Zaprawa wapienno-cementowa 407. 409—413. 416. Zaprawa wapienno-cementowa nieprzemakalna 411. Zaprawa wodna p. zaprawa wodotrwała. Zaprawa wodotrwała (wodna, hydrauliczna) 49. 50. 76. 87. 91. 118. 120. 280. 302. 303. 305. 338—448; p. nadto: beton wodotrwały. Zaprawa z cementu angielskiego marmurowego p. gips alunowy. Zaprawa z cementu białego 440. Zaprawa z cementu barytowego 439. Zaprawa z cementu dolomitowego 438—439. Zaprawa z cementu magnezowego 438—439. Zaprawa z cementu marglowego 439. Zaprawa z cementu ogniotrwałego 440—441. Zaprawa z cementu portlandzkiego 167. 378—408. Zaprawa z cementu portlandzkiego i wapna wodotrwałego 412. Zaprawa z cementu

- pucolanowego (żuźłowego) 441—448. Zaprawa z cementu rzymskiego 355—357. Zaprawa z cementu żuźłowego p. zaprawa z cementu pucolanowego. Zaprawa z domieszka wina i miodu 303. Zaprawa z trójkamienia p. trójkamiień. Zaprawa z wapna wodotrwałego p. wapno wodotrwałe. Zaprawa z wapna wodotrwałego i cementu portlandzkiego 412.
- Zasady (alkalia)** 383. 391.
- Zawiska** p. cerithium.
- Zdobiny (ornamenty)** cementowe 408. 482. 483. 486. 493. Zdobiny stiukowe 494.
- Zdrowotność** p. własności zdrowotne materiałów.
- Zdunek** p. kamień garncarski.
- Zendrówka (cegła przepalona)** 199. 221. 246. 247. 259. 267.
- Zeolit** 10.
- Zeszklenie gliny** 142.
- Zgoniny** piasku arfowanego 321.
- Ziarnowanie (drobienie, granulowanie) żuźli** 443—444. 502—503.
- Zieleniec (zielonoskał)** 12. 14. 17. 18. 28. 38—41. 148. 362.
- Zieleń** p. zielonka.
- Zieleń angielska** 524. **Zieleń brunświcka** (bremeńska) 524. 527. **Zieleń chromowa** (tlennik chromu) 487. 524. 527. **Zieleń cynkowa** 524. 527. **Zieleń kobaltowa** 524. 527. **Zieleń kopalna** 524. **Zieleń liściasta** 524. **Zieleń neuidzka** 524. **Zieleń nowa** 524. **Zieleń paryska** p. zieleń szweinfurcka. **Zieleń szmaragdowa** 524. **Zieleń szweinfurcka** (paryska) 524. 527.
- Zielonka (chloryt, zieleń)** 9. 10. 15.
- Ziemia** 6. 7. 28. 124. 143—144. **Ziemia alkaliczna** 296. **Ziemia asprońska** p. ziemia santorynowa. **Ziemia barwna** 377. **Ziemia barytowa** 360. **Ziemia dyatomeowa** p. martwica krzemionkowa. **Ziemia gipsowa** p. gips ziemisty. **Ziemia kasselska** p. ziemia kolońska. **Ziemia kolońska** (kasselska) 494. 526. **Ziemia marglista** 87. 360. 362. 439. **Ziemia nasypowa** 27. 28. 143. **Ziemia porcelanowa** p. kaolin. **Ziemia pucolanowa** p. pucolana. **Ziemia pucolanowa sztuczna** Nicholson'a 448. **Ziemia santorynowa** (aspe, ziemia asprońska) 304. 340. 345. **Ziemia wymoczkowa** p. martwica krzemionkowa. **Ziemia zielona** 524. **Ziemia żółta** 524.
- Zlepieniec (konglomerat)** 23. 24. 25. 26. 27. 28. 112—124. 148. **Zlepieniec bazaltowy** (słupienowy) 120. **Zlepieniec czerwony** 114. **Zlepieniec jednostajny** (jednorodny) p. zlepieniec pojedynczy. **Zlepieniec krzemieńcowy** 114. **Zlepieniec kwarcowy** 52. 95. 114—115. **Zlepieniec lidyjski** 114. **Zlepieniec niejednostajny** p. zlepieniec złożony. **Zlepieniec pojedynczy** (jednostajny, jednorodny) 113. **Zlepieniec porfiry** 113. 116. **Zlepieniec pumekсовy** 117. **Zlepieniec różnorodny** p. zlepieniec złożony. **Zlepieniec szarówakowy** 98. 99. 113. 114. **Zlepieniec trachytowy** 116—117. **Zlepieniec wapienny** 121—122. **Zlepieniec ze Słobody Runogórskiej** 122. **Zlepieniec zieleńcowy** 113. 115. **Zlepieniec złożony** (niejednostajny, różnorodny) 113.
- Złoto** 18.
- Złotokost** p. operment.
- Złotołusk** p. operment.
- Złożenie (budowa wewnętrzna) skał** 19—21. 23; p. nadto: odłam. **Złożenie** każdej skały wskazane jest w opisie odnośnej skały. **Złożenie cementu portlandzkiego** 371. **Złożenie masy cementowej palonej** 367. **Złożenie pucolany** 340. **Złożenie trasy** 343. **Złożenie zaprawy skamieniałej z cementu portlandzkiego** 389.
- Zoizyt (epidot biały)** 10.
- Zsychanie (kurczenie się):** gliny 135. 141. 188. 197—198. 270; zaprawy z cementu portlandzkiego 393—394. 416. 424; zaprawy z cementu żuźłowego 445. 446.
- Zużywanie się przez tarcie:** kamieni rodzimych 168; materiałów w ogóle 4.

Ż.

Żarzenie piasku 322.

Żelatyna 494. **Żelatyna chińska** („Agar-Agar”) 489.

Żelaziak 18. 26. **Żelaziak bagnisty** (blotny, darniowy) 19. 27. **Żelaziak brunatny** 18. 19. **Żelaziak czerwony** p. hematyt. **Żelaziak czerwony iłowy** 19. **Żelaziak darniowy** p. żelaziak bagnisty. **Żelaziak magnetyczny** p. magnetyt.

Żelazo 8. 9. 10. 19. 456.

Żłobek 218.

Żłoby betonowe 482.

Żółcień chromowy 523. 527. **Żółcień kadmowy** 524. **Żółcień kasselski** (żółcień mineralny, chlerek otowiu) 525. 527. **Żółcień neapolitański** 523. 527.

Żółc wołowa 496.

Żużel 345. 346—347. 375. 441—448. 450. 502—
 504. Żużel jako przymieszka do cementu port-
 landzkiego 375. Żużel jako pucolana sztucz-
 na 346 — 347. 441 — 448. 481. Żużle fry-
 szerskie 346. Żużle z rudy miedzianej 346.
 Żużle ziarnowane (drobione, granulowane)
 441—448. 502—504.

Żwir (dziarstwo) 11. 27. 53. 127. 128. 159.
 Żwir drobny 128. Żwir gruby (rupieć) 128.
 Żwir kwarcowy 128. Żwir średni 128. Żwir
 wapienny 61. 128. Żwir żużłowy 503.
Żwirowisko 128.
Żyła 10. 22.
Żywica 499. 501. 519. Żywica skalna 508.



ND. 143