

WIADOMOŚCI BUDOWLANE

DODATEK DO NRU 6 ARCHITEKTA

Kilka uwag o żwirze betonowym

przez C. Juula.¹

Każdemu, który ma do czynienia z betonami, jest wiadomem jak wielki wpływ wywiera jakość żwiru na dobroć betonu. Sądźmy przeto, iż wyniki jakie otrzymano w państwowym zakładzie doświadczalnym w Kopenhadze, przy porównawczych badaniach żwiru rzeczynego z żwirem kopalnym — wszystkich żywo zainteresują, tem więcej, iż studia te wykazują, że dawniejsze żądania, aby żwir był wolny od gliny, nie mają tego znaczenia, jakie im się zazwyczaj przypisuje.

Przyjmuje się bowiem ogólnie, iż żwir rzeczyny wolny od gliny daje najlepszy, najtwardszy beton i z tego też powodu używa się do sporządzania betonu wyłącznie żwiru wolnego od gliny. Otóż niniejsze badania stwierdzają, iż żwir kopalny zawierający jak wiadomo znacznie więcej części gliniastych, aniżeli żwir rzeczyny, daje mimoto zaprawę cementową, o znaczniejszej sile, nawet przy mniejszym dodatku cementu.

Materyałem służącym do porównania był z jednej strony żwir nadbrzeżny ze zapasów kopenhagskiego biura budowlanego, z drugiej strony żwir kopalny, pochodzący z kopalni w Hedehusen. Branie prób, jakoteż przeprowadzenie całego doświadczenia, zostało wykonane przez wyżej wspomniany zakład. Ciąła próbne (ósemki) sporządzone w aparacie młotkowym Böhma, trzymano przez 28 dni we wodzie, poczem poddano badaniu. Wyniki są następujące:

Próby brane 5 września 1900 r.

Stosunek 1:3 (Wody 9 1/2%) Żwir kopalny	Stosunek 1:3 (Wody 9%) Żwir rzeczyny
239 kg. na cm ³	160 kg. na cm ³
226 » » »	160 » » »
225 » » »	170 » » »
233 » » »	161 » » »
235 » » »	152 » » »
232 » » »	172 » » »
242 » » »	150 » » »
234 » » »	160 » » »
232 » » »	159 » » »
244 » » »	143 » » »
243,2 kg. na cm ³	158,7 kg. na cm ³
Średnio wytrzymałości na ciśnienie.	Średnio wytrzymałości na ciśnienie.

Ponieważ wyniki powyższe wypadły nadzwyczaj korzystnie dla żwiru kopalnianego, przeto wzięto nowe próby; a te dały jeszcze lepsze rezultaty.

Żwir kopalny. Stosunek 1:3 (Wody 9 1/2%).

Przeciw ciśnieniu	Przeciw zerwaniu
386 kg. na cm ³	32,2 kg. na cm ³
370 » » »	33,0 » » »
392 » » »	34,3 » » »
410 » » »	30,7 » » »
423 » » »	27,3 » » »
412 » » »	30,6 » » »
379 » » »	39,1 » » »
392 » » »	27,5 » » »
409 » » »	27,0 » » »
418 » » »	34,2 » » »

Średnio 399,1 kg. na cm³ Średnio 31,6 kg. na cm³.

Stosunek zmieszania 1:4 (Wody 8 1/2%).
Wytrzymałość przeciw ciśnieniu.

385 kg. na cm ³
359 » » »
364 » » »
328 » » »
324 » » »
356 » » »
367 » » »
354 » » »
350 » » »
360 » » »

Średnio 354,7 kg na cm³.

Żwir rzeczyny:

Stosunek mieszany 1:3 (Wody 9%).

Przeciw ciśnieniu.	Przeciw zerwaniu.
236 kg. na cm ³	23,8 kg. na cm ³
244 » » »	25,7 » » »
239 » » »	26,7 » » »
248 » » »	25,3 » » »
247 » » »	29,2 » » »
222 » » »	25,5 » » »
250 » » »	27,2 » » »
241 » » »	27,5 » » »
240 » » »	26,8 » » »
242 » » »	25,7 » » »

Średnio 240,9 kg. na cm³. Średnio 26,3 kg. na cm³.

Przy badaniu z dnia 15 lutego oznaczono równocześnie i zawartość gliny w żwirze i znaleziono:

I. W żwirze kopanym	0,908%
II. » nadbrzeżnym	0,574%

Wynik odsiania I i II.

Na siłach o oczkach na 9 cm.

	16.	25.	60.	120.	400.	900.
I.	4,35%	34,00% 93,75%	45,00% 96,30%	60,20%	75,85%	
II.	0,75%	5,70% 79,35%	8,50% 84,95%	14,45%	30,40%	

Wartości powyższe są to pozostałości na poszczególnych sitach; do każdej próby brano 1 kg. żwiru.

Z powyższych rezultatów wyciąga autor następujące wnioski:

1. Przy sporządzaniu betonu z jednej części cementu, i trzech piasku, powoduje badany żwir kopalniany większą wytrzymałość na zgniecenie aniżeli żwir nadbrzeżny, a to według pierwszego badania o 75,5 kg., według drugiego 158,2 kg. na cm³, względnie o 1032 i 2148 funta na cal kwadratowy.

2. Beton sporządzony z jednej części cementu, a trzech piasku, wykazywał przy żwirze kopanym wytrzyma-

¹ Według duńskiego pisma «Ingeniören» 1901 Nr. 63.

łość na rozerwanie o 5,3 kg. na 1 cm², albo 72 funty na kwadratowy cal większą, aniżeli żwir rzeczny.

3. Beton sporządzony z jednej części cementu; a czterech żwiru kopalnego znosi o 113,8 kg. na cm², albo 1550 funtów na cal kwadratowy większe ciśnienie, aniżeli beton składający się z trzech części cementu a jednej żwiru rzeczny.

4. Wyższość żwiru kopanego nie polega na jego czy-

stości, wręcz przeciwnie, — badania wykazały, iż posiadał części gliniastych 0,9%, podczas gdy żwir rzeczny tylko 0,57%.

5. Przy użyciu żwiru kopanego zamiast rzeczny, można znacznie na cemencie zaoszczędzić, a mimoto sporządzony beton będzie posiadał tę samą wytrzymałość, jak przy użyciu żwiru rzeczny.

Podał T. Chrzyszcz.

Fabrykacja i badania portland-cementu.

Odczyt wygłoszony na zebraniu inżynierów kolejowych i budowniczych w dniu 30 stycznia 1902 roku przez inżyniera Teodora Pierusa, dyrektora Kaltlenleutgebenerkiej akcyjnej fabryki cementu.

(Ciąg dalszy).

Na powyższych faktach opiera się zasada otrzymywania wszystkich zapraw hydraulicznych, która głównie na tem polega, iż kwas krzemowy i tlenek glinowy w postaci krzemianu glinowego, zmieszany dokładnie z oznaczoną ilością wapna i wypalony w odpowiedniej temperaturze, przechodzi mniej lub więcej w stan rozpuszczalny. Masa wypalona, przechodzi wskutek tego w pewien stan czynny, zdolny do żywych reakcji chemicznych tak, iż po dokładnym zmieleniu w obecności wody twardej, wytwarzając głównie hydrokrzemiany i hydrogliniany wapniowe. Czy tlenek żelazowy (Fe₂O₃) działa w podobny sposób jak tlenek glinowy, to nie jest dość pewnie stwierdzone, jednakże przyjmuje się zazwyczaj, iż żelazo może glin zastąpić, a w chemii cementowej uważamy nawet oba te pierwiastki za równoznaczne w swoich działaniach. Jednakże chociażby tlenek glinowy nie posiadał własności hydraulicznych, to mimo to jego obecność nie jest bez znaczenia dla fabrykacji cementu, a nawet jest konieczną, działając bowiem jako topnik, obniża temperaturę stopienia się kwasu krzemowego z wapnem, a temsamem ułatwia powstawanie krzemianów wapniowych. Brak takiego topnika sprawia, iż czysta glina (krzemian glinowy) z czystym wapnem nie nadają się do praktycznego otrzymywania portland-cementu.

Otrzymanie portland-cementu, jakto już kilkakrotnie wspominaliśmy, jest warunkowane przez zupełnie ściśły skład masy surowej.

Wytlómaczenie i wyświeślenie tych poglądów, jest jedną z licznych zasług, jakie Dr. Michaëlis położył około fabrykacji portland-cementu.

Z wyniku wielkiej ilości analiz najlepszych portland-cementów doszedł do wniosku, iż pomiędzy głównymi składnikami: kwasem krzemowym, tlenkiem glinowym i żelazowym, które są objęte nazwą krzemianów lub gliny, z jednej strony — a wapnem z drugiej strony, istnieje pewien ściśły stosunek, mniej więcej 1:2. Stosunek ten uważany jest jako »współczynnik hydrauliczny«, — a odchylenie od niego są dopuszczalne tylko w ciasnych granicach, między 1,7 a 2,2.

Przy mniejszej ilości wapna, następuje rozpadanie się, przy większej rysowanie się cementu. Możliwie wysoka ilość wapna jest dla jakości cementu korzystną, gdyż bogate we wapno portland-cementy posiadają większą siłę wiążącą, a jakkolwiek wymagają dłuższego czasu zanim zupełnie zwiążą, to przecież szybciej twardeją niż bogate w glinę. Wyższa zawartość węgla wapniowego w masie surowej, wymaga natomiast staranniejszego rozdrobnienia i mieszania, no i wreszcie silniejszego wypalania.

Dr. Michaëlis stwierdził, iż przy nadzwyczajnie dobrym rozdrobnieniu i zmieszaniu masy surowej, współczynnik hydrauliczny można podnieść aż do wartości 2,5 przyczem otrzymuje się wyborny cement; — temperatura wypalania musi być jednakże równocześnie tak wysoką, aby zamiast zwyczajnego spiekania, nastąpiło prawie zupełne stopienie się masy. Zastosowanie w pra-

ktyce, tak wysokiej temperatury, jest jak obecnie z powodu innych względów, wprost wykluczone.

Wspomnianemu współczynnikiowi hydraulicznemu 2,0 odpowiada następujący skład jakościowy i ilościowy portland-cementu:

Kwasu krzemowego (Si O ₂)	19—26%
Tlenku glinowego (Al ₂ O ₃)	4—10%
Tlenku żelazowego (Fe ₂ O ₃)	2—4%
Wapna (Ca O)	58—67%
Magnezyi (Mg O)	do 3%
Potasowców (K ₂ O + Na ₂ O)	» 2%
Kwasu siarkowego (SO ₃)	» 2%

Na podstawie tego możemy określić portland-cement w następujący sposób:

Portland-cement jestto wytwór otrzymany, albo z naturalnego wapienia marglistego, albo ze sztucznej nadzwyczajnie miękkiej i dokładnej mieszanki materiału gliniastego i wapiennego, który przez wypalenie aż do spiekania i następne rozdrobnienie do miękkości mąki, daje produkt, mający w swoim składzie na jedną część ciężarową związków hydraulicznych (gliny), co najmniej 1,7 części ciężarowych wapna.

Aby otrzymać cement o powyższym składzie musi masa surowa zawierać wapna 75—78%, resztę zaś gliny.

Również i stosunek poszczególnych krzemianów gliny musi być dosyć ograniczony, jakto praktyka wykazała, a ciekawe badania teoretyczne potwierdziły. Skład gliny przeliczonej na masę wolną od wapna i wody jest następujący:

Kwasu krzemowego	60—70%
Tlenku glinowego	15—25%
Tlenku żelazowego	5—12%
Magnezyi	2—4%
Potasowców	1—4%

Ważnem jest, by glina nie zawierała kwasu krzemowego we formie piasku, gdyż ten tylko źle się przetwarza, a nadto masa surowa jest za mało spoista i rozpada się w piecu. Gniazda piaszczyste muszą być przeto przez szlamowanie z gliny usunięte.

Jak wykazuje wyżej podana normalna analiza, zawiera portland-cement zazwyczaj także magnezyę, potasowce i gips. Właściwym czynnikiem hydraulicznym jest w każdym razie tylko kwas krzemowy i tlenek glinowy. Stosunek ich warunkuje pewne cenne własności cementu. Portland-cementy bogate w kwas krzemowy wiążą wolniej, niż bogate w tlenek glinowy; pierwsze przewyższają we wodzie morskiej wszystkie inne cementy, jednakże są one zazwyczaj więcej chude, niż bogate w tlenek glinowy, przeto nie znoszą tak wysokiego dodatku piasku, jak te ostatnie. Cementy bogate w tlenek glinowy, spiekają się w niższej temperaturze, niż ubogie w tenże. Pewna ilość tlenku żelazowego, jakoteż potasowców, jest przy fabrykacji nie tylko korzystną, ale nawet potrzebną, gdyż działają jako topniki, obniżają temperaturę przetworzenia kwasu krzemowego i tlenku glinowego, a nadto nie pozostają i bez

wplywu dla procesu krzepnięcia (twardnienia). Również i magnezja do pewnej granicy zachowuje się jako topnik. Składniki te nie powinny jednakże przekroczyć, wyżej wspomnianych granic, gdyż w przeciwnym wypadku wywierają ujemny wpływ, a tu magnezja i gips działa szczególnie szkodliwie.

Tylko bardzo rzadko występują w przyrodzie margle, o wyżej wspomnianym ograniczonym składzie chemicznym i takich własnościach fizycznych, iż można je użyć wprost, bez poprzedniego przygotowania, do sporządzania tak zwanych naturalnych portland-cementów. Pokłady takich margli zachodzą się w Tyrolu około Kufsteinu, w Salzburgu pod Gartenau, Styrii około Judendorfu, zaś szczególnie rozległe leżą na Kaukazie pod Noworosypkiem nad morzem Czarnym. Fabrykacja portland-cementu opiera się z reguły, na sztucznym przyrządzaniu masy surowej; t. j. otrzymaniu nadzwyczaj miękkiej i dokładnej mieszaniny węgla wapniowego i gliny w pewnym ścisłym stosunku. Bardzo wielka miękkość i możliwie dokładne zmieszanie surowych materiałów jest dlatego konieczną, aby wzajemne oddziaływanie krzemianów i wapna podczas wypalania było równomierne we wszystkich częściach masy surowej. Mieszanie surogatów przyrządza się na podstawie odpowiedniego współczynnika hydraulicznego gotowego portland-cementu, który oznacza się rachunkowo ze składu chemicznego materiałów surowych. Materiałami surowymi są najczęściej, wapień i glina lub margiel o rozmaitej zawartości wapna, zawsze jednakże takiej, iż pozwala na przygotowanie mieszaniny o odpowiednim składzie.

Rozdrabnianie materiałów surowych, względnie ich mieszanie odbywa się na mokro, przez szlamowanie jednego lub obydwóch składników, albo też na sucho — i stosownie do tego we fabrykacji portland-cementu różniemy trzy metody:

1. Przyrządzanie materiałów na mokro
2. „ „ na półmokro
3. „ „ i na sucho.

W dawniejszych czasach wybór jednej z tych metod był warunkowany litylko przez jakość surowych materiałów. Dzisiaj przy wysoko rozwiniętej technice cementowej i maszynowej, jest się mniej krępowanym i wybiera się zazwyczaj, jeżeli tylko nie przemawiają jakieś szczególniejsze powody, metodę najprostszą i najtańszą, — a tą jest przyrządzanie na drodze suchej.

Przyrządzanie na mokro jest najstarszą metodą — którą też stosowały owe pierwsze angielskie fabryki. Polega ona na tem, iż składniki masy, zatem wapno i glina, zostawały osobno lub razem, w odpowiednich aparatach szlamowych z wodą zarobione. Tu od grubszych zanieczyszczeń uwolniony szlam, o zawartości 60—70% suchej substancji, przechodził dalej przez zbiorniki, skąd dostawał się do odpowiednich przyrządów rozdrobniających, a następnie na mieżadła. Z mieżadeł tych płynął szlam do dalszych zbiorników, z których w odpowiedni sposób zostawał przenoszony do odstojników, albo na susznie. Pierwsze są to baseny, gdzie szlam pozostawiano do odstania się. Gdy cząsteczki w zawieszeniu będące osiadły się na dnie zbiornika, wówczas ściągano po nad osadem stojącą wodę i dopuszczano nową partję szlamu — co powtarzano tak długo, aż zbiornik był zupełnie pełny. Gdy muł dostatecznie podsechł, wydobywano go, i jeżeli oba składniki były razem szlamowane to, przenoszono wprost na maszynę do cięcia, zwaną gliniarką; jeżeli jednakże szlamy osobno były zbierane, to musiano je poprzednio ze sobą zmieszać. Przyrządzanie tego rodzaju wymagało z powodu odstojników wiele miejsca, a nadto w zimie powodowało nieraz trudności, i dla tego mimo iż tą drogą otrzymywano nadzwyczajną drobność materiałów surowych, zarzucono odstojniki, a przerzucono się na robotę, gdzie muł ze zbiorników idzie wprost na susznię. Jeżeli oba składniki były razem szlamowane,

to można tę wysuszoną i odpowiednio uformowaną masę, wsadzać, zaraz do pieca — w przeciwnym razie składniki te muszą być jeszcze ze sobą zmieszane.

Przy pół-mokrym przyrządzaniu, zostaje tylko jeden składnik masy w powyższy sposób zeszlamowany, a to w celu usunięcia znajdujących się w nim grubszych skalistych zanieczyszczeń, lub piasku.

Suche przyrządzanie jest tylko wtenczas możliwe, gdy oba składniki nie zawierają gniazd piasku, lub grubszych skalistych wprysnięć, natenczas zostają możliwie miękko zmełte i na sucho możliwie dokładnie zmieszane. Jeżeli masa surowa zawiera tak wiele wilgoci, iż okazują się trudności przy mieleniu, to wówczas musi być podsuchzona.

Dobre przyrządzenie masy surowej jest jedną z najważniejszych robót przy fabrykacji portland-cementu; od miękkości i dokładności zmieszania w odpowiednim stosunku składników, zależną jest jakość otrzymanego cementu. Miękkość składników musi być tem większą, a mieszanie ich tem dokładniejsze, im więcej różnią się od siebie składem chemicznym, lub własnościami fizycznymi. Zatem mieszanina ta musi być najdokładniej przyrządzoną, jeżeli jako materiały surowe mamy czystą glinę i twardy czysty wapień. Miękkość mąki wapiennej masy surowej powinna być tak wielką, iż na sicie o 900 oczkach na 1 cm² nie otrzymuje się żadnej pozostałości, zaś na sicie o 4900 oczkach najwyżej 8—10%. Najprostszą mieszaniną jest przy marglach o dosyć jednolitym składzie, gdyż są one częściowo już same dla siebie zmieszane.

Przyrządzenie mieszaniny odbywa się na drodze wagowej, przez odważania poszczególnych składników i pod stałą kontrolą fabrycznego laboratorium, gdzie następuje odsiewanie i analiza masy, a na podstawie wyniku, zostaje stosunek mieszaniny odpowiednio do potrzeby zmieniany.

Dalszy tok fabrykacji, jest we wszystkich trzech sposobach przygotowania zupełnie jednakowy. Dokładnie zmieszana masa dostaje się do prasy, gdzie na drodze suchej lub mokrej (prasując sucho lub też wilgotnie) otrzymuje się odpowiednie ciała, mające zazwyczaj formę niemieckiej cegły. Cegły te, przy prasowaniu na mokro, lub przy pół-mokrym przyrządzaniu zostają na-przód w odpowiednich aparatach wysuszone, następnie w stosownych piecach aż do spiekania wypalone. Odchylenie od tego sposobu jest w najnowszych czasach tam tylko możliwe, gdzie do wypalania masy surowej, w miejsce dotychczasowych systemów piecowych, mianowicie pieców szybowych lub pierścieniowych, użyty jest amerykański piec obrotowy, do którego masę surową daje się we formie szlamu lub proszku i wypala.

Proces palenia jest we fabrykacji portland-cementu procesem chemicznym, podczas gdy przyrządzanie surowej masy i mielenie wypalonej były tylko procesami mechanicznymi. Otrzymanie odpowiedniej temperatury jest miarodajnym dla jakości cementu, dlatego też piec do palenia jest najważniejszym czynnikiem każdej fabryki cementu. Przez palenie musi nastąpić, zupełne przetworzenie krzemianów masy surowej i zupełne związanie wapna przez kwas krzemowy, tak, iż w gotowym, wypalonym produkcie, niema więcej wapna wolnego. Temperatura wypalania jest nadzwyczaj wysoką i wynosi, stosownie do ilości wapna, a z drugiej strony topników, aż do 2000° C.

Zmiany jakie następują w masie surowej podczas palenia, dają się w krótkości i z uwzględnieniem tego co było powiedziane o działaniu głównych składników masy surowej na siebie w następujący sposób scharakteryzować: Najprzód ulatniają się resztki wody, a gdy temperatura podniesie się na jakie 500—600° C, poczyną się rozkład wapienia, wskutek czego uchodzi bęwodnik węglowy. Powstały tlenek wapna, działa przetwarzająco na składniki gliny, — przez co otrzymuje się

masę kruchą, wolną od bezwodnika węglowego, barwy jasnej, zwaną niedopadkiem. Przy dalszym działaniu następuje daleko idące oddziaływanie na siebie krzemianów i tlenku wapna; — masa staje się ciemniejszą a w temperaturze czerwonego żaru następuje przetworzenie prawie całej ilości kwasu krzemowego z wyjątkiem większych ziarn piasku. Wapno wstępuje co raz więcej w związek krzemianów i w ten sposób otrzymuje się masę nawpół wypaloną. Gdy temperatura dojdzie białego żaru, następuje spiekanie, które kończy się w temperaturze jasnego białego żaru; masa mięknie, staje się gęstsza, i wykazuje barwę szarą, z odcieniem zielonawym pochodzącym od połączeń żelaza. W tym stadium cała ilość wapna jest związaną w połączenia tak, że wolnego wapna w takim produkcie już nie ma. Tutaj tworzą się głównie wysoko zasadowe krzemiany, (prawdopodobnie krzemian trójwapniowy), a obok innych pośrednich związków, także i gliniany (prawdopodobnie glinian dwuwapniowy). Dalsze podnoszenie żaru ponad temperaturę spiekania, nie powinno następować, gdyż wówczas masa stapia się, co ją uszkadza, nawet może uczynić niezdatną do użytku. Taki przepalony, stopiony produkt jest podobny do obsydanu i posiada barwę czarno-zieloną. Normalnie spieczona masa portland-cementu przedstawia po oziębieniu, bryły (klinkery) podobne do lawy o wielkiej gęstości i twardości.

Dotychczas nie jest jeszcze rozstrzygnięte, czy składniki portland-cementu wytworzą tylko jedno połączenie, czyli też powstaje ich więcej obok siebie. Na podstawie ciekawych i obszernych badań Le Chatelierà, których część mikroskopowa została przez szwedzkiego uczonego Dr. Törnebohma stwierdzoną, bryły cementu (klinkery) składają się z dwóch głównych składników: We większej części, z ważniejszych, bezbarwnych, słabo podwójnie załamujących kryształów, kształtu sześciątów, które Törnebohma nazwał »alitem« — i z części wypełniającej, bezkształtnej, ciemno-nabarwionej, silnie załamującej podwójnie światło, przewanej przez Törnebohma »celitem«, obok tych znajdują się w małej ilości jeszcze i inne połączenia. Alit ma być krzemianem trójwapniowym i głównie czynnym składnikiem portland-cementu, podczas gdy celit, podwójny krzemian glinowo-żelazowo-wapniowy, przedstawia szkło, z którego alit podczas spiekania wykrystalizuje.

Wymienione procesa odbywające się przy paleniu, a to: wypędzenie wody, bezwodnika węglowego, przetworzenie krzemianów i związanie ich z wapnem, tworzą niejako dla siebie zamkniętą procedurę, która do zupełnego przeprowadzenia wymaga odpowiedniego czasu i aby dać doby cement musi przebiegać równomiernie w całej masie surowej. Dobre, wszystkim warunkom odpowiadające prowadzenie palenia, wymaga zwłaszcza przy ciągle pędzonych szybowych piecach, nadzwyczajnie uważnej obsługi i wyszkolonego, odpowiedzialnego robotnika.

Dla otrzymania dobrego portland-cementu jest nadzwyczaj ważne i to, aby najwyższy żar nie działał zbyt długo na masę, a stygnięcie spieczonego produktu następowało prędko. W przeciwnym wypadku może nastąpić w masie wypalanej dysocjacja, co pociąga za sobą rozsypywanie się brył (klinkerów), dając cement o małej wartości.

Aparat mający służyć do wypalania, musi zatem zatrzymywać wszystkie warunki, o których wspominaliśmy, — nadto powinien być prostym w konstrukcji i utrzymaniu, łatwym i pewnym w obsłudze, możliwie mało zużywać węgla i wreszcie możliwie mało zajmować miejsca.

Głównymi typami pieców używanymi we fabrykacji portland-cementu, były do niedawna, piece szybowe i pierścieniowe. Najprzód stosowanym, zwłaszcza do roboty peryodycznej, był piec szybowy.

Piec taki składał się z owalnego lub okrągłego szybu

(o przekroju 2—3 m. a wysokości 5—7 m.), wyprawionego wewnątrz najlepszym ogniotrwałym materiałem; na dole zamknięty silnym płaskim rusztem, na górze dla zwiększenia ciągu zaopatrzony był w komin. Szyb wypełniano naprzemian masą surową i materiałem opałowym, następnie zapalano na ruszcie i pozostawiano do zupełnego wypalenia.

Wypalony piec wypróżniano przez wyjęcie sztab rusztowych. To peryodyczne wypalanie jest w zużyciu materiału opałowego nadzwyczajnie nie ekonomiczne, gdyż mury pieca muszą być każdym razem na nowo rozgrzewane, nadto traci się część ciepła; przez nieracjonalne prowadzenie ognia — wreszcie są one kosztowne w obsłudze i nie pozwalają ciągłej roboty; piec taki jest tylko co jakiś czas w robocie. Stała robota tzn. regularne częściowe wypróżnianie pieca przy ruszcie, a równoczesne dodawanie materiału opałowego i masy surowej przy wylocie szybu, było przy tej konstrukcji pieca niemożliwe, gdyż spieczona masa pod wpływem nacisku warstw górnych, układała się zbito przy ścianach pieca i w ten sposób, nie dopuszczała regularnej roboty w piecu.

Potrzeba pieca ekonomicznie pracującego, była zatem bardzo wielką. Jako taki pojawia się najprzód pierścieniowy piec Hofmanna, który był z dobrym skutkiem już poprzednio stosowany do wypalania cegieł i wapna. System tego pieca jest znany; użycie jego przy fabrykacji portland-cementu było wprawdzie uwieńczone dobrym wynikiem, jednakże posiada i on poważne wady, gdyż chłodzenie cementu nie może następować dostatecznie szybko.

Przyczyny te były powodem, iż czyniono starania aby dotychczasowy piec szybowy przez odpowiednie zmiany przerobić na piec dla roboty ciągłej, pracujący ekonomicznie.

Zamiany tej dokonał z pomyślnym skutkiem technikum cementowy C. Dietzsch w Mahlstadt w roku 1883. Dzieli on zwyczajny piec szybowy do pewnego stopnia na dwie części, półki (piec półkowy), gdzie część górną tak zwany podgrzewacz (prostokątny przekrój (a 1,5 × 3 m i c^o 5 m. wysoki) przesuwają trochę na bok i przez pochylą płaszczyznę, krytą sklepieniem łączy z dolną częścią tzn. szybem palenia, (zazwyczaj eliptycznego kształtu o długości osi c^o 1,5 m × 2,4 m. i c^o 5,5 m wysokości). Przez taką kombinację masa spieczona, miękka, znajdująca się w górnej części szybu palenia (w tak zwanej przestrzeni palenia), zostaje uwolniona od ciężaru surowej masy znajdującej się w podgrzewaczu, przez co zostało usunięte zbijanie się spieczonej masy przy ścianach pieca. Obsługa pieca jest tego rodzaju, iż masę surową daje się do na bok przesuniętego podgrzewacza, podczas gdy materiał opałowy przez odpowiednie drzwiczki dorzuca i rozdziela się w szybie palenia. Drzwiczkami doprowadzającymi materiał opałowy, ściągają się zapomocą silnych, płaskich żelaznych łopat, rozgrzaną masę surową z podgrzewacza i rozprzestrzeniają we warstwie żaru. Przez drzwiczki pieca i przez szereg umyślnych otworów można z łatwością oceniać ogień w szybie palenia, jakoteż i proces podgrzewania a w ten sposób kontrolując pracę pieca, odpowiednio do potrzeby ilość materiału opałowego zwiększać lub zmniejszać. Chłodzenie wypalonego produktu następuje w dolnej części szybu palenia, w przestrzeni chodzący.

Wydobywanie wypalonego cementu następuje, podobnie jak przy piecach szybowych peryodycznych, przy ruszcie, który i tutaj zazwyczaj składa się z koszyczkowato wygiętych prętów.

Przy piecach Dietzschà, odwrotnie jak przy pierścieniowych, przestżeń paląca jest stale w pewnej wysokości pieca umiejscowioną, a wędruje tylko materiał wypalany. W ten sposób każda część pieca zatrzymuje stale swoją temperaturę i jest najwyższą w pasie gdzie materiał opałowy zostaje dodawany, gdzie też nastę-

puje owe właściwe wypalanie cementu. Nadmiar ciepła, jaki uchodzi z warstwy, gdzie następuje spiekanie, przeciąga przez podgrzewacz i zostaje w doskonały sposób wyzyskany, tak iż temperatura gazów występujących z podrzegacza a idących do komina nie przenosi 50° C. Piec Dietzsch, zużywa zatem ekonomicznie materiał opałowy, a odpowiadając i wszelkim innym wymaganiom fabrykacji — stanowi nadzwyczajnie ważny postęp we fabrykacji portland-cementu i zrozumiałem przeto będzie, dlaczego obecnie przeważna ilość cementu w Niemczech i Austrii, otrzymywaną jest w piecach Dietzsch.

Zasada konstrukcji Dietzschowskiego pieca, mianowicie uwolnienie spieczonej miękkiej masy od ciężaru podgrzewanej masy surowej — była już oddawna i przez innych techników uwzględniana i konstrukcyjnie rozwiązywana, tworząc cały szereg systemów pieca szybowego, — jednakże ze wszystkich tych piec Dietzsch jest najprostszym i najlepszym.

Należy jednak nadmienić, iż dla niektórych mas surowych piece tej konstrukcji nie dają się zastosować; mianowicie gdy masa surowa nie tworzy dostatecznie jednolicie związłego produktu tak, aby bez rozsypania się wytrzymała drogę w podgrzewaczu i przesunięcie stąd do przestrzeni palenia. Piece szybowe peryodyczne, wymagają jako materiału opałowego koksu; przy piecach pieścieniowych i Dietzsch wystarcza w zupełności zwyczajny węgiel.

Ilość ciepła jakiego potrzeba do procesu spiekania masy cementowej, jest bardzo znaczną i według Favra i Silbermanna potrzeba do wypędzenia całej ilości bezwodnika węglowego z 1 kg czystego wapienia ($56,3\% \text{ CaO} + 43,7\% \text{ CO}_2$) 373,5 kaloryi, zaś do wypalenia w piecu Dietzsch 1 kg poprzednio zupełnie wysuszonej masy surowej okrążyło 1100 kaloryi ciepła.

W ostatnich czasach został przez Anglię i Amerykę do przemysłu cementowego wprowadzony nowy system pieca, zwany rurowym piecem obrotowym (Rotary kiln). System ten znany był już w latach siedemdziesiątych, został jednakże do naszego przemysłu wprowadzony dopiero w połowie lat osmdziesiątych przez Fryderyka Ransona w Anglii. Piec ten składający się z cylindra c^o 20 m. długiego, a c^o 2 m. szerokiego, wyłożonego wewnątrz cegłą szamotową, jest trochę pochylony do poziomu i podtrzymywany w dwóch punktach na kółkach, na których też może być obracany wzdłuż swej osi. Materiał surowy, w postaci szlamu lub proszku dorzucony górnym otworem, przesuwa się przez cylinder drogą zygzakowatą ku dołowi. Materiał opałowy, który musi być albo we formie płynnej, albo w postaci proszku wdmuchuje się i zapala na drugim końcu cylindra, tak iż gazy ogniowe i masa surowa poruszają się w kierunku odwrotnym do siebie i ta ostatnia opuszcza cylinder u dołu, z temperaturą około 50° C. Oceny skuteczności tych pieców są dosyć rozmaite.

Piece te posiadają tę niezaprzeczoną korzyść, że cała fabrykacja surowej cegły odpada i że obsługa pieca wymaga tylko bardzo niewielu robotników, gdyż cały dowóz masy odbywa się mechanicznie, maszynowo.

Największą jednakże korzyścią tego systemu jest użycie taniego, lichego płynnego lub sproszkowanego materiału opałowego (nafty), dlatego też piece te okazały się dla stosunków amerykańskich bardzo korzystnymi i są tam bardzo rozpowszechnione, tak iż w r. 1900 prawie 70% całej amerykańskiej produkcji portland-cementu wypalono w rurowych piecach obrotowych. W Europie, według moich wiadomości, piec ten stosowany jest tylko przez Towarzystwo portland-cementu w Paryżu, zaś w Danii i w Niemczech jak dotychczas tylko w poszczególnych wypadkach.

Wypalony portland-cement zostaje po ostudzeniu starannie przebrany, przesortowany. Kawały niedopalone słabo wypalane i przepalone wybiera się, zaś dobrą

masę cementową zbiera oddzielnie i magazynuje na powietrzu.

Magazynowanie to trwa tak długo, dopóki pewne szkodliwe napięcie cząstek powstałe wskutek palenia nie zostanie zniesione. Polega ono na tem, iż cząsteczki wapna zwłaszcza kawałów niedopalnych, zostają nawodnione, zgaszone, przezco nie mogą wywierać szkodliwych wpływów. Po dostatecznym odleżeniu zostaje masa cementowa zmełtą na mąkę, którą pozostawia się znowu pewien czas na wolnym miejscu w celu ostatecznego odleżenia. Odleżenie masy cementowej i mąki ma na celu, usunięcie niebezpieczeństwa następczego rysowania się zaprawy, które jest powodowane przez cząsteczki wapna niedostatecznie dobrze przetworzone, a znajdujące się w niedopadkach.

Portland-cement musi być możliwie miękko zmełtym, gdyż tylko owe drobne cząsteczki przy zarobieniu z wodą, wchodzą z nią w połączenia, powodując zmiany, które doprowadzają cement do twardnienia. Grubsze cząstki mąki cementowej, a mianowicie już te, które zostają na sicie o 900 oczkach, są dla procesu twardnienia zupełnie bezskuteczne. Należy jednakże wartość cementu według grubości mlewa nie przeceniać; gdyż cementsy niedopalone, wogóle słabo palone, a więc lichejsze łatwo się miela, rozsypując się na drobną mączkę, przeciwnie, produkta wysokiej wartości będące, silnie wypalone, źle się miela, — byłoby zatem błędne oceniać cement według miękkości produktu, nie uwzględniając innych jego własności.

Ze względu na ograniczone rozmiary naszego dzisiejszego odczytu jest nam niemożliwym zapoznać Szanownych Panów nieco obszerniej z urządzeniami mechanicznymi fabryki portland-cementu; — graniczymy się tylko do ogólnych uwag:

Nowsza fabrykacja portland-cementu, polega prawie wyłącznie na sztucznem sporządzaniu masy surowej Sposób urządzenia i rozmieszczenia fabryki zależnym jest od stosunków miejscowych od natury surowych materiałów; te ostatnie decydują, o sposobie prowadzenia roboty, o jakości urządzenia maszynowego i wyborze systemu pieca. Dzisiejsze fabryki cementu, są to wielkie zakłady o zdolności produkowania co najmniej 2400 wagonów rocznie. Stosowane urządzenia maszynowe, jak maszyny do rozdrabiania, mięszania, prasowania, szlamowania, przyrządy do przesuwania, elewatory, exhaustory, przyrządy do siania i t. d. są, dzięki wysoko rozwiniętej techniki budowy maszyn znakomicie wykształczone, a niektóre z tych maszyn posiadają często, nową bardzo interesującą konstrukcję. Tutaj panują żywe usiłowania, aby wszystkie te urządzenia maszynowe poprawić i rzeczywiście we wielu wypadkach zdołano je uwieńczyć bardzo pomyślnymi wynikami. Mlewo osiągnęło, bardzo wysoki stopień miękkości, tak iż dzisiaj każda dobrze urządzona fabryka doprowadza miękkość, tak materiałów surowych, jak i gotowego cementu, do tego stopnia, iż na sicie o 900 oczkach nie otrzymuje się żadnej pozostałości, zaś na sitach o 4900 oczkach wynosi ona najwyżej od 10—12%. Mielenie polega na zasadzie podziału pracy, które nie odbywa się na jakimś uniwersalnym przyrządzie, lecz w szeregu aparatów, gdzie następuje stopniowe rozdrabnianie i mełcie. Zużycie siły jest stosunkowo wielkie i liczy się, przy przyrządzaniu masy surowej z materiałów średnio-twardych, przy pracy dziennej, i nocnej przez jeden rok, na siłę jednego konia około 5 wagonów portland-cementu. Robota maszynowa jest możliwie wszędzie zaprowadzoną, stąd też ilość robotników we fabryce cementu jest stosunkowo małą i oblicza się znowu przy przyrządzaniu masy surowej etc. w ciągu roku na jednego robotnika przy robocie dziennej około 10—15 wagonów cementu. Jako przyrządy do suszenia służą kanały, bębny lub komory suszące; jako piece stosuje się z kilku wyjątkami wyłącznie piece o robocie ciągłej, systemu Dietzsch, lub pierścienio-

wego. Tok fabrykacji jest stale systemacnie kontrolowany przez laboratorium fabryczne, tak iż wszelką wadliwość fabrykacji jest wprost wykluczoną; naturalnie, że gotowy portland-cement podaje się również co pewien czas dokładnemu badaniu.

W ten sposób nowsza fabrykacja portland-cementu należy do najbardziej postępowych, z powodu wysoko rozwiniętej techniki fabrycznej, jakoteż zupełnego opanowania procesów fabrykacji, przez co należy też do jednego z najciekawszych gałęzi nowoczesnego wielkiego przemysłu.

Mąka portland-cementu, czyli krócej portland-cement, przedstawia się jako proszek w dotyku szorstki o zabarwieniu szarym, z odcieniem zielonawym. Badania mikroskopowe wykazują, iż mączka cementowa nie składa się z okrągłych ziarn, tylko z samych kańciastych listków lub tabliczek i właśnie ta listkowata forma umożliwia przy zarobieniu z wodą gęste ukladanie się cząsteczek.

Portland-cement posiada z powodu spieczenia wysoki ciężar gatunkowy, który stosownie do stopnia wypalenia i zawartości wapna, leży między 3, 10 a 3,25; cement odleżały, obniża swój ciężar, aż do poniżej 3, 10 wskutek przyjęcia wody i bezwodnika węglowego. Strata przez prażenie, przy świeżym portland-cemencie, nie przenosi 2% (woda i bezwodnik węglowy).

Portland-cement zarobimy z wodą na gęstą breję krzepnie w przeciągu dłuższego lub krótszego czasu. Jeżeli zestalił się do tyła, iż słabemu naciskowi np. paznokcia stawia opór, uważa się go za związany skręplony, — zaś czas, w którym to nastąpiło, nazywamy czasem wiązania. Czas wiązania jakto już poprzednio wspominaliśmy, zależy od składu masy surowej, — im wyższa zawartość wapna w masie, a kwasu krzemowego w glinie tem wolniej będzie wiązał i od stopnia wypalenia; gdzie silniej wypalony, spieczony, wiąże wolniej, gdyż gęstsze i twardsze cząsteczki posiadając, wolniej łączy się z wodą, niż słabiej wypalony; jednakże w tej regule zachodzą czasami zadziwiające wyjątki. Cement odleżały, wiąże z zasady wolniej, gdyż pod wpływem bezwodnika węglowego i wody tworzy się na powierzchni cząstek cementu delikatna błonka, która działanie wody utrudnia; zdarzają się jednak takie niemiłe wypadki, gdzie cement odleżały prędzej wiąże; zjawisko to nie jest dotychczas wyjaśnione. W przeważnej ilości wypadków potrzebny jest cement wolno, a nawet bardzo wolno wiążący, — zaprawa bowiem musi zostać zupełnie zużyta nim nastąpi jej ostateczne wiązanie.

Cement można uczynić wolno wiążącym, jeżeli pozwolimy bryłom (klinkierom) lub mące cementowej dobrze się odleżeć, ostatni jednak sposób może czasami okazać się nieskutecznym.

Również można zwolnić wiązanie przez dodatek mąki gipsowej, która nie powinna przekroczyć 3%, gdyż większe ilości są szkodliwe.

Działanie gipsu polega prawdopodobnie na tem, iż przy zarobieniu cementu z wodą, gips rozpuszcza się i pokrywa cieniuchną błonką cząsteczki cementu chroniąc je przed żywym łączeniem się z wodą. Przez odpowiednie złożenie masy surowej, odpowiednie wypalenie, wreszcie przez ewentualne odleżenie — można otrzymać z łatwością portland-cement, który będzie wiązał dowolnie długi czas.

Na wstępie odczytu zaznaczaliśmy, iż dotychczas proces twardnienia cementu nie udało się dokładnie wytłómaczyć, a nowo powstałe połączenia ściśle scharakteryzować. Badania Michaëlis'a wykazały, że drobiny cementu pozostają wskutek wypalenia w pewnym napięciu, tak iż już stosunkowo słabe działanie wody wystarcza, aby to napięcie znieść, i spowodować zmiany ukształtowania się drobin, obrazujące się krzepnięciem masy cementu. Równocześnie związki więcej złożone

powstałe w ogniu, przyjmując wodę, zamieniają się na prostsze. Przy krzepnięciu cementu pod wodą, przechodzą do wody — potasowce, część wapna związanego z krzemianami, wreszcie część kwasu krzemowego; zaś przy twardnieniu w powietrzu znaczna część wapna zamienia się na węglan wapniowy.

Musimy przyjąć, iż podczas wiązania następują zmiany chemicznej i fizycznej natury, które zostają ułatwione przez bardzo wielkie zbliżenie się cząsteczek, wodą zarobionego portland-cementu. Ponieważ takie gęstsze ułożenie, jest tylko możliwe przy powolnym wiązaniu, przeto wolno wiążące portland cementy posiadają większą twardość, niż szybko wiążące.

Proces twardnienia cementu portlandzkiego jest przez wspomnianych na początku badaczy licznymi bystreimi i pomysłowemi hipotezami tłómaczony, które jednakże tutaj rozważać jest nam niemożliwe.

Omawiając poszczególne działy fabrykacji zaznaczaliśmy na co należy zwrócić szczególniejszą uwagę, aby otrzymać dobry portland-cement.

Od dobrego portland cementu wymagamy, by wiązał w pewnym odpowiednim czasie, posiadał możliwie wysoką siłę wiążącą, a po pewnym czasie wielką odporność na wpływy mechaniczne, wreszcie aby nie zmieniał swojej objętości przy twardnieniu, czy to na powietrzu, czy też we wodzie. Wszystkie te własności pozostają ze sobą w ścisłym związku, a mogą być otrzymane tylko przez dobrą fabrykację. Najważniejszą właściwością cementu jest niezaprzeczenie zupełna stałość objętości. Portland-cement ten uważany jest za nie zmieniający objętość, który bez żadnych dodatków po zarobieniu z wodą, związawszy, wypełnia stale zupełnie szczelnie i dokładnie daną formę. W przeciwieństwie do stałości objętości, jest rysowanie się (rozrastanie).

Ściśle jednakże biorąc, żaden cement nie posiada stałej objętości, gdyż wszystkie cementy pod wodą trochę pęcznieją, zaś na powietrzu zyschają.

Zmiany te, przy dobrym cemencie, są tak drobne, że dla praktyki są one bez znaczenia i nie wywierają najmniejszego ujemnego wpływu na jakość zaprawy, a pęcznienie pod wodą jest nawet korzystnym, albowiem zaprawa gęstnieje. Stosownie czy szkodliwe zwiększanie objętości, rozrastanie, następuje na powietrzu, czy we wodzie, rozróżniamy rozrastanie powietrzne lub wodne (Treiben). Przyczyny rozrastania cementu leżą zawsze w błędach fabrykacji, a te są:

1. Złe przyrządzenie masy surowej (względnie przy otrzymaniu tzn. naturalnych portland-cementów złe, nie odpowiednie własności surowego materiału. Dalszą przyczyną jest grube melcie surowej masy, albo niedostatecznie dobre wymieszanie, przez co podczas palenia nie może nastąpić równomierne działanie wapna na glinę. Cement zawiera wówczas cząsteczki niezwiązanego, wolnego wapna, które przy użyciu gaszą się, wywołując w zaprawie pewne napięcie, doprowadzające do zupełnego zniszczenia jej struktury.

2. Nieodpowiedni skład masy surowej, za wysoka zawartość wapna. Również i w tym wypadku powstałe podczas palenia wapno żrące, nie zostaje przez przetworzone cząsteczki gliny związane i wolne to wapno, powoduje następnie rysowanie i pęknięcie cementu.

3. Błędne palenie. Przez zbyt silne wypalenie wapno cementu zostaje przeprowadzone we formę obojętną, tak iż dopiero z czasem zdolne jest do wchodzenia w działania chemiczne. Z tego też powodu przy użyciu takiego cementu, następuje już w związanej zaprawie, gaszenie i rozrastanie się wapna, powodując niszczenie zaprawy cementowej. Również słabe wypalenie może być powodem rysowania, gdyż w kawałach słabo wypalonych, lub niedopalonych znajduje się wolne wapno, które gasząc się następnie, powoduje zjawisko rysowania i pęknięcia. Błąd ten ostatni można zmniejszyć i usunąć przez dłuższe magazynowanie, wskutek czego

następuje niejako suche zgaszenie cząstek wolnego wapna i cement jest wówczas zdalny do użytku, jednakże w stosunku do zupełnie dobrze wypalonego, o tej samej zawartości wapna, posiada znacznie niższą wartość. We wszystkich tych wypadkach przyczyną rysowania i pęknięcia było wapno.

4. Wielka zawartość magnezyi, zwłaszcza silnie palonego produktu, powoduje również rysowanie cementu. Magnezya podobnie jak wapno, tylko jeszcze we wyższym stopniu, zostaje przez silne palenie przeprowadzoną we formę odporną na działanie wody, tak iż pozornie zupełnie dobrze wiążąca zaprawa, dopiero z czasem, nieraz po latach poczyną rysować i pękać, wskutek gaszenia się cząsteczek magnezyi. Przyczyną pęknięcia jest magnezya, a cementy takie zachowują się z początku zupełnie dobrze. Z powodu tych ujemnych właściwości, dopuszczano dawniej ilość magnezyi w portland-cemencie na najwyżej 2%. Nowsze doświadczenia wykazują, że przy odpowiednim paleniu masy cementowej, zawartość magnezyi może dojść bez szkody dla cementu do 3%.

5. Dalszą przyczyną rysowania cementu może być wysoka zawartość takich związków, które następnie przez rozkład, utlenienie lub przyjęcie wody, objętość swoją zwiększają. Takim związkiem jest wspomniane wapno, względnie magnezya, zwłaszcza ich związki z siarką; i tak siarczek wapna (Ca S) i produkt utlenienia, siarkan wapniowy Ca SO_4 , przyjmują wodę i mogą przejść na związki $\text{Ca SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$, a nawet $\text{Ca SO}_4 + 7\text{H}_2\text{O}$. Wskutek przyjęcia wody następuje zwiększenie objętości, która pociąga za sobą zniszczenie zaprawy sporządzonej z takiego cementu. Utlenienie i hydrolizacja siarczków kroczy bardzo powoli i pokazuje się szkodliwymi skutkami często dopiero po upływie paru miesięcy. Siarczki te mogą znajdować się już w masie surowej, albo powstają dopiero przy paleniu, zwłaszcza w płomieniu redukującym, przy użyciu węgla zawierającego wielkie ilości siarki. Cement zawierający wielką ilość siarki w postaci gipsu rysuje się, a gdy ilość ta przeniesie znacznie 3% gipsu, otrzymana zaprawa pęka.

6. Wreszcie przyczyną rysowania może być za grube mielenie, gdyż i w tym wypadku następuje stopniowe gaszenie się.

Obecnie moi Szanowni Panowie przystępujemy do omówienia sposobu badania jakości portland-cementu.

Pytanie to jest również ważne dla fabrykanta, jak i dla konsumenta.

Badania odbywają się głównie w dwóch kierunkach:

1. składu chemicznego i własności;
2. wartości technicznej zaprawy wiążącej.

Nastarsze tego rodzaju badania, były badania wytrzymałości, jakie przeprowadzali inżynierowie przed użyciem cementu; — już Vicat skonstruował aparat do tego rodzaju badań.

Bardzo obszerne badania z cementem zwłaszcza na jego wytrzymałość przeprowadził inżynier Jan Grans przy budowie kanałów w Anglii w roku 1859—1865, a badania te przyczyniły się do rozwoju jakości portland-cementu. Badania jego były pobudką, by i w Niemczech zajęto się tą sprawą, gdzie też głównie przez Dra Michaëlisę zostały systematycznie opracowane.

Dzięki staraniom tego ostatniego, powstały dla oceny wartości cementu, reguły, tak zwane »normy«, które przez stowarzyszenie dla fabrykacji cegły, wyrobów glinianych, wapna i cementu w latach 1875—1878 po obszernych obradach zostały przyjęte, i przez pruskie ministerstwo dla handlu i przemysłu potwierdzone.

Niemieckie »normy« zostały następnie ogólnie przyjęte, a rozciągnięto je także i na wszystkie zaprawy podwodne i obecnie takie »normy« do badania portland-cementu istnieją we wszystkich cywilizowanych krajach. Te pierwsze »normy« zostały na podstawie doświadczenia osiągniętego z nimi poddane przez sto-

warzyszenie niemieckich fabrykantów portland-cementu gruntownej rewizji, która ukończyła się w roku 1886. Wspomniane towarzystwo położyło wielkie zasługi około fabrykacji jakoteż około wypracowania metod badania portland-cementu. Od roku 1896 pracuje ono wspólnie z królewskim zakładem doświadczalnym mechaniczno-technicznym w Berlinie nad udoskonaleniem metod badania.

W Austrii zostały ustanowione »normy« do badania portland- i roman-cementu przez nasze towarzystwo w roku 1878—1880, a w roku 1888—1890 poddane odpowiedniej rewizji. Wprowadzenie tych norm do austriackiego przemysłu cementowego jest zasługą dyrektora budownictwa wiedeńskiego F. Bergera, który zażądał, by cement dostarczany dla Wiednia był według tych norm badany. W roku 1879 za jego staraniem powstaje pierwszy zakład do badania zapraw podwodnych, a od roku 1890 jest jedynym urzędowym zakładem w Austrii do badania cementu.

Wszystkie te normy uwzględniają własności fizyczno-mechaniczne portland-cementu, zaś jego skład i własności chemiczne nie są uwzględniane. Doświadczenia wykazały, że wszystkie cenione własności portland-cementu można z całą pewnością stwierdzić, metodami fizyczno-mechanicznymi, podczas gdy badania chemiczne, jakkolwiek są ważne, zwłaszcza dla cementów gorszych, nie dają tak dokładnej oceny, a nadto nie są tak proste i łatwe do przeprowadzenia. Z tego też powodu niema dotychczas wypracowanej dostatecznie pewnej metody chemicznej dla badania portland-cementu, a »wartości graniczne« jakie z polecenia stowarzyszenia niemieckich fabrykantów portland-cementu opracowali R. i W. Fresenius zostały znowu usunięte.

Wyniki normowych badań, dozwoliły ostatecznie na zupełnie pewną ocenę jakości portland-cementu i dopiero z wprowadzeniem tych badań zastosowanie cementu rzeczywiście bardzo rozrosło.

Normy wprowadzone przez rozmaite państwa są do siebie bardzo zbliżone i są wzorowane na dawnych normach niemieckich. Posiadają one najprzód definicje na pojęcie portland-cementu, następnie przy zupełnie dokładnym opisie aparatów i ich użycia, przepisy oznaczające czas wiązania, stałość objętości, delikatności młwa i siłę wiązania. Odnośne minimalne wartości zostały w ciągu lat znacznie podniesione, a porównanie tych minimalnych wartości obowiązujących dawniej a dzisiaj, wykazuje najlepiej ten wielki postęp jaki nastąpił w ciągu lat 30 we fabrykacji portland-cementu.

Niemieckie normy dzisiejsze wymagają:

»Miałość młwa«. — 100 gr. cementu nie powinno przy odsianiu dać na sicie o 900 oczkach na 1 cm^2 więcej jak 10% pozostałości.

»Wytrzymałość na rozerwanie i zgniecenie«. — Ciałka cementu sporządzone z 3 części normalnego piasku i 1 części cementu, po 28 dniach twardnienia tj. 1 dnia w powietrzu a 27 we wodzie mają wykazywać co najmniej wytrzymałości przeciw rozerwaniu 16 kg na 1 cm^2 , zaś wytrzymałości przeciw zgnieceniu 160 kg na 1 cm^2 .

Austriackie normy.

»Miałość« 100 gr. cementu ma na sicie o 900 dać pozostałości najwyżej 10%, zaś na sicie o 4900 oczkach na 1 cm^2 nie więcej jak 35%.

»Wytrzymałość na rozerwanie i zgniecenie«. — Ciałka sporządzone z 3 części normalnego piasku i 1 części wolno lub średnio-wiązanego cementu mają wykazywać po 28 dniach co najmniej wytrzymałości przeciw rozerwaniu 15 kg, zaś przeciw zgnieceniu 150 kg na 1 cm^2 . Ciałka przyrządzone z szybko wiążącego cementu, wykazywać powinny wytrzymałości przeciw rozerwaniu po 7 dniach najmniej 8 kg, po 28 dniach 12 kg na 1 cm^2 , zaś przeciw zgnieceniu najmniej 120 kg na 1 cm^2 .

Rosyjskie normy:

»Miałkość« — 100 gr. cementu ma na sicie o 900 oczkach dać pozostałości najwyżej 15%, zaś na sicie o 4900 oczkach na 1 cm² nie więcej jak 50%.

»Wytrzymałość na rozerwanie«. Ciąłka sporządzone z czystego cementu powinny wykazywać po 7 dniach leżenia we wodzie wytrzymałości przeciw rozerwaniu najmniej 20 kg na 1 cm², zaś po 28 dniach 25 kg na 1 cm².

Ciąłka przyrządzone z normalnym piaskiem powinny wykazywać wytrzymałości przeciw rozerwaniu, po 7 dniach najmniej 5 kg, zaś po 28 dniach najmniej 8 kg na 1 cm².

Normy te pozwalają na zupełnie pewne oceny cementu, muszą być jednakże trzymanym najmniej 28 dni, zanim taką ocenę można wydać. Ponieważ nieraz zdarza się, iż cement musi być użyty przed tym czasem, przeto są usiłowania, aby można badać przyspieszoną siłę wiązania i stałość objętościową i aby według tego wydać było można w krótszym czasie zupełnie ścisłą i dokładną ocenę cementu. Wszystkie te badania polegają na tem, iż działaniem ciepłego powietrza lub pary wodnej zmusza się cement do szybszych zmian niż to następuje przy normalnym twardnieniu i w ten sposób sprawia się, iż wady cementu prędzej występują.

W austriackich normach taką próbą przyspieszonej stałości objętościowej jest próba suszenia. Polega ona na tem, iż odpowiednie próbki, suszy się wprost, albo podczas suszenia nakrywa się je szkiełkiem zegarowym lub czemś podobnym.

Dr. Heintzel poleca próbę żarzenia. Kule sporządzone z portland-cementu kładzie się zaraz na blasze i żarzy przez trzy godziny stopniowo podnosząc temperaturę, przyczem kule nie powinny wykazywać pęknięć lub innych uszkodzeń.

Dr. Michaëlis wprowadził próbę gotowania. Ciąłka cementu zaraz po związaniu wstawia się do wody, powoli podgrzewa aż do zagotowania i gotuje pod zwykłym ciśnieniem przez trzy godziny. Dobre cementy wytrzymują tą próbę bez jakichkolwiek zmian.

Tetmajer poleca podobną próbę, tylko zamiast ciałek używa kule, które pozostają naprzód przez 24 godzin w powietrzu, poczem następnie zostają gotowane.

Dr. Michaëlis i Dr. Ertmenger próby gotowania jeszcze o tyle rozszerzają, że gotują pod ciśnieniem w odpowiednich aparatach. Wszystkie te próby gotowania nie są jeszcze przez żadne normy uwzględnione z wyjątkiem nowej szwajcarskiej normy z roku 1901. Należy jednak pamiętać, iż często cementy nie wytrzymujące jedną z powyższych prób na stałość objętości, zachowują się mimoto w zastanowieniu technicznym bardzo dobrze. To właśnie zachowanie jest przez wielu techników cementowych z naciskiem podnoszone, a zostało potwierdzone przez badania inżyniera M. Gary przełożonego oddziału dla badania materiałów budowlanych przy król. technicznym zakładzie doświadczalnym w Berlinie.

Wyniki badań Garya zostały uznane na przeszłorocznym kongresie międzynarodowego stowarzyszenia dla badania materiałów budowlanych w Budapeszcie i na jego przedstawienie przyjęto, iż przyspieszona próba stałości objętościowej dla celów budowlanych jest nie odpowiednią i postanawia się prowadzić staranne badania celem wyszukania takiej metody przyspieszającej stałość objętościową, któraby dawała wyniki zgodne z rezultatami praktyki; gdyż taka metoda jest rzeczywiście nadzwyczaj potrzebną.

Dla objaśnienia żądań podanych w normach dodajemy jeszcze następujące uwagi.

Normy objaśniające jakość cementu, były ustanowione dla poprzednio fabrykowanego naturalnego cementu, dzisiejszy portland-cement sporządzany prawie wyłącznie sztucznie, posiada skład chemiczny bardzo jednolity, przeto i objaśnienia jakości cementu tak jakby odpadały. Liczby podające wytrzymałość cementu są tylko względne i różnią się znacznie od znajdujących przy budowie, one są tylko stosunkowe, pozwalające porównać różne cementy między sobą. Stąd też »normy« służą litylko do oceny portland-cementu, nie zaś innych zapraw podwodnych, względnie oceny technicznej zaprawy. To ostatnie zostało stwierdzone w roku 1889 przez porównawcze próby wykonane w król. technicznym zakładzie doświadczalnym.

Dla słusznej oceny cementu jako zaprawy nie wystarczy podanie siły wiążącej, lecz muszą być uwzględnione i wszystkie jego własności mechaniczno-fizyczne. Jeżeli zbierzemy razem wszystkie własności portland-cementu, to przedstawi się on jako istotnie uniwersalna zaprawa, zaletami przechodząca znacznie wszystkie inne.

Portland-cement posiada ze wszystkich hydraulicznych zapraw największą siłę wiążącą. Dobre portland-cementy zarobione według normy, po 28 dniach twardnięcia, wykazują prawie zawsze co najmniej 200 kg wytrzymałości na ciśnienia, a 20 kg wytrzymałości na rozerwanie na 1 cm². Po upływie 28 dni wiązanie nie jest jeszcze skończone, a moc cementu stale wzrasta, tak iż po upływie jednego roku przyrost wytrzymałości jest bardzo znaczny. Również jest zupełnie obojętnym dla procesu twardnienia portland-cementu, czy ono następuje na powietrzu, czy pod wodą, czy naprzemian, na powietrzu i pod wodą, tak iż również dobrze nadaje się jako zaprawa powietrzna jak i podwodna.

Portland-cement posiada ze wszystkich zapraw hydraulicznych największy ciężar właściwy i najmniejszą normalną gęstość tzn. iż przy sporządzaniu zaprawy wymaga najmniejszej ilości wody. Z powodu tych dwóch własności posiada portland-cement jako zaprawa największą gęstość i z tego powodu jest najbardziej wytrzymały na mechaniczne zniszczenia i wpływy atmosferyczne, działanie mrozu i t. d. i przez to przewyższa znacznie wszystkie inne zaprawy.

Jak wspominaliśmy, cząsteczki portland-cementu z powodu silnego wypalenia znajdują się w pewnym wielkiem napięciu energetycznym, tak iż posiadają wielką skłonność do zmiany składu połączeń, skoro tylko owo napięcie przez np. zarobienie z wodą zostanie zniesione. Z tego powodu pod względem energii i pewności wiązania, twardnienia nawet we warunkach bardzo niekorzystnych, przewyższa portland-cement w wysokim stopniu wszystkie inne zaprawy. Opierając się na podstawach naukowych, można wreszcie sporządzić taki portland-cement, który będzie wiązał w pewnym z góry oznaczonym czasie i stosownie do potrzeby można ten czas wiązania dowolnie wydłużać. Przez odsunięcie czasu wiązania można z taką zaprawą wygodnie operować, a nadto to wolne wiązanie pociąga za sobą nadzwyczaj energiczne stwardnienie — co dla praktycznego zastosowania posiada nieraz bardzo wielkie znaczenie — a którąto własność w tak wysokim stopniu nie spotykamy u żadnej innej zaprawy.

(Dokończenie nastąpi).

Redaktor główny i odpowiedzialny: WŁADYSŁAW EKIELSKI.

Komitet redakcyjny składają pp. ALFRED BRONIEWSKI, RAJMUND MEUS, KAROL KNAUS, JÓZEF POKUTYŃSKI, TEODOR TALOWSKI, WINCENTY WADOWISZEWSKI, JAN ZAWIEJSKI, JAN ZUBRZYCKI.

Nakładem Towarzystwa technicznego w Krakowie. — Odbito w drukarni Uniwersytetu Jagiellońskiego pod zarządkiem J. Filipowskiego.