

rzystnie, ze względu na zużycie materiału opałowego i dobroć wapna. Średnio biorąc otrzymują 72% objętości, albo 52% wagi kamienia wapiennego.

202. Kamienie wapienne, do palenia używane, będąc różnorodnego pochodzenia, i zajmując rozległe na ziemi przestrzenie, muszą różnić się w składzie; dlatego wapno z nich otrzymywane posiada odmienne przymioty. Rozbiory chemiczne okazały, że oprócz węglanu wapna zawierają równokształtne z nim węglany: żelaza, manganu i magnezyi. Zasób węglanu magnezyi dochodzi niekiedy znacznej ilości; wtenczas wapień staje się *dolomitowym*. Oprócz nich może być obecną krzemionka i glina, które łącząc się w rozmaitych stosunkach jako *głina*, tworzą część w kwasach nierozpuszczalną. Nakoniec, prawie ze wszystkich kamieni wapiennych palonych woda wyciąga małe ilości alkaliów, które długi czas uchodziły baczności analityków, dlatego że się ich obecności nie spodziewano, albo w postaci krzemianu razem z gliną pozostawały i nie były odróżnione. Obecność alkaliów jest główną przyczyną żyzności marglu.

W paleniu kamieni wapiennych, naprzód odchodzi woda i materye bituminowe; oddalenie kw. węglanego wymaga wyższej temperatury; łatwiej następuje w piecu niż w tygielkach, co ztąd pochodzi, że gazy chętniej uwalniają się ze związków, gdy je atmosfera innego gazu otacza. Węglan wapna w rurce porcelanowej do czerwoności ogrzany, nie wywiązuje kwasu węglanego; lecz jeżeli przez nią strumień gazu albo pary wodnej przechodzi, rozkład natychmiast się odbywa.

Okoliczność tę znają fabrykanci wapna, którzy dobrze wiedzą, iż wapien świeży, jeszcze wilgotny, łatwiej się rozkłada niż wapien suchy; dlatego do pieców wapiennych rzucają małe ilości wody, która ulatując w parę, rozkład węglanu przyspiesza.

Nie wszystkie kamienie wapienne z równą łatwością dają wapno palone, chociaż powstają z węglanu wapna jednakowej czystości. Wpływa tu wiele stan skupienia. Kręda łatwiej się rozkłada niż marmur lub szpat wapienny, w których spójność ściślej łączy cząsteczki węglanu. Po wypaleniu kamienia, wapno i magnezja przechodzą do stanu kaustycznego; kwasorodki żelaza i manganu ukwasaradniają się wyżej; jeżeli zaś glina jest obecną, wapno kaustyczne łączy się z krzemionką wolną, albo rozkłada glinę w ten sposób, że się między jej pierwiastki wciska, związek ich rozrabia, tworzy krzemian wapna i glinki. Jeżeli więc domieszania materij obcych nie są w bardzo małej ilości, muszą wpłynąć na dalsze zachowanie się wapna palonego. Dlatego odróżniono *wapno zwyczajne i hydrauliczne* czyli *podwodne*. Do ostatniego liczymy wapno otrzymane z kamieni wapiennych, zawierających materje obce, mianowicie glinę. Oprócz materij domieszanych, na gatunek wapna wpływa także temperatura do palenia użyta. Wapno dobrze wypalone łatwo się gasi; jednak zdarzają się bryły, na które woda bardzo wolno albo wcale nie działa. Takie nazwano *wapnem przepalonym* (todt-gebrannter Kalk). Najczęściej to się zdarza z kamieniem wapiennym glinę zawierającym, gdy wapno z pierwiastkami gliny tworzy

krzemian, który pojedyncze bryły szczelną powłoką otacza, nie pozwala uchodzić kwasowi węglanemu, a tém samém surowe jądro zostaje. Toż samo następuje, gdy w paleniu ogień był słaby; przez co kamień wapienny zostaje surowy, albo część tylko kw. węglanego traci i przechodzi w półwęglan, który z wodą twardnieje, tworząc związek wodnianu z węglanem ($\text{CO}_2, \text{CaO} + \text{CaO}, \text{HO}$). *Fuchs* uważał, że półwęglan po zupełném wypaleniu, niekiedy przyciąga wodę bez podwyższenia temperatury, a zatém zachowuje się jak wapno przepalone. Mały zasób magnezyi nie wpływa na gatunek wapna; jeżeli zaś 10% dochodzi, własność zagrzewania się w gaszeniu i tworzenia ciągłej delikatnej zaroby, wiele słabiej, wapno staje się chudém a przy 30% magnezyi prawie nieużyteczném. Na gaszenie wapna wpływa także sposób do tego użyty. Do utworzenia wodnianu CaO, HO , potrzeba 32% wody; jeżeli jój w tym stosunku użyto, wapno mocno się zagrzewa, wydaje proszek piaskowaty, to jest przez gaszenie staje się chudém czyli *spaloném*. Nie bez przyczyny więc mularze nie na proch wapno gaszą, lecz używają więcej niż 3 cz. wody; otrzymana przez to gęsta zaroba, ma $3\frac{1}{2}$ razy większą objętość. Takie wapno jest *tlustém* (*chaux grasse; fetter Kalk*). *Narośnięcie wapna* (*Gedeihen, Wachsen*), zależy od czystości i sposobu gaszenia. Wapno naprzód na proch zgaszone, wydało $2\frac{1}{2}$ objętości ciasta; wapno lasowane tylko 1,7 objętości.

203. Wapno gaszone, z dodatkiem piasku wydaje *zaprawę mularską* (*Mörtel*). Jój zastosowanie dobrze

znamy, lecz ażeby pojąć jak ma być najkorzystniej użyta, jak działa, potrzeba jęj własności bliżej rozważyć. Samo wapno wodą zarobione, wysycha w powietrzu na masę suchą bez spójności; czysta więc zaroba wapienna nie może powiązać materiałów do budowy użytych. Przeciwnie, cząstki wapna silnie przylegają do materji innęj natury; jeżeli zaroba wapienna tworzy bardzo cieką warstwę np. między ścianami gładko obrobionych kamieni, przylegając do nich, silnie one wiąże. Widocznie przeto, dla nadania murom najwyższéj trwałości, należałoby używać materiałów budowlowych postaci foremnej, ażeby ich ściany do siebie szczelnie przylegały, nie pozwalając nagromadzenia się wapna. Taki warunek byłby trudnym w praktyce do wykonania, zawsze bowiem cegły, ułamki kamieni i t. d. są nieforemne, zostawiają mniej więcej obszerne przedziały; lecz do zapobieżenia niedogodnościom ztąd wynikającym, znajdujemy środek w domieszaniu piasku, lub jakiegokolwiek innego materiału w tym stanie rozdrobnienia. Masa wapna wypełniająca przedziały, rozdzielona niemi na mnóstwo drobnych warstewek, znajduje na ich powierzchni obszerną płaszczyznę przyłgnięcia i związek ztąd wynikający, od ziarna do ziarna, ostatecznie na materiały budowlowe przenosi. Łatwo ztąd wyjaśnić przeznaczenie piasku w zaprawie; zarazem pojmujemy, że wapno powinno być tylko w takiej ilości użyte, ile potrzeba ażeby powierzchnię ziarn powlec i przedziały między niemi wypełnić, czyli, co na jedno wychodzi, ile piasek wsiąknąć może, bez powiększania swęj

objętości. W praktyce zwykle używają 3—4 ob. piasku; na 1 ob. gęstój zaroby z wapna tłustego; mniej go ($2\frac{1}{2}$ ob.) przyjmuje wapno chude, które można uważać, że już do pewnego stopnia zostało z piaskiem pomieszane. Prawie wszędzie używają piasku kwarcowego, ponieważ jest materiałem podręcznym, najwięcej upowszechnionym; lecz on nie jest koniecznością; każdy inny minerał w tej postaci, może służyć do zaprawy, byleby pewnym warunkom odpowiadał. Wiadomo, że najlepsza zaprawa nagle np. na piecu wysuszona, pozostaje kruchą, sypką; potrzeba więc pośrednictwa wilgoci ażeby w powietrzu twardniała; наконец, koniecznym jest współdziałanie powietrza. Z bardzo miłym piaskiem, zaprawa staje się zbyt zbita, nie dopuszcza powietrza. Piasek wielkości soczewicy jeszcze jest przydatny, szczególnie gdy ma postać kątowatą i powierzchnią obszerną. Grubszy zostawia zbyt wielkie przedziały, wapnem wypełnione. Wszelako, przy budowie z kamieni nieforemnie łamanych, można korzystnie użyć grubego zwirow; zawsze jednak razem z drobnym piaskiem, który wypełnia miejsca próżne między temi materiałami zostające.

204. Według powyższych objaśnień, zaprawa wapienna działa czysto mechanicznie; jednak nie można zaprzeczyć, że do trwałości budowy, do stwardnienia zaprawy, przyczyniają się działania chemiczne. Wapno, jak wiadomo, przyciąga z powietrza kw. węglany i zamienia się na $\text{CO}_2, \text{CaO} + \text{CaO}, \text{HO}$; działanie to leniwie następuje. Według doświadczeń *Petzholda*, zaprawa w murze 300 letnim zawiera więcej kwasu

węglanego niż w 100 letnim; jednak część największa zostaje kaustyczną; dlatego tworzenie się węglanu wapna, nie może być ważną przyczyną twardnienia zaprawy. Nierównie więcej wpływa wzajemne działanie wapna i krzemionki, za którym przemawia spostrzeżenie, że w miarę wieku murów powiększa się w zaprawie ilość krzemionki rozpuszczalnej, która pochodzi z krzemianu drogą mokrą utworzonego. Dla usunięcia w tym względzie wątpliwości, *Petzhold* robił bezpośrednie doświadczenia i okazał, że piasek kwarcowy obłany mléką wapienną, doskonale czystą (bez krzemionki), traci na wadze; że ilość krzemionki rozpuszczonej z czasem działania wzrasta. Dawno już znano silne powinowactwo wapna do krzemionki; nie można więc powątpiewać, że w zaprawie tworzy się krzemian wapna, który na jej twardnienie wpływa; że to działanie następuje za pośrednictwem wilgoci, nie tylko na powierzchni cegły, ale przenika do pewnej grubości, ponieważ wapno rozpuszcza się w wodzie i część zawieszona może być także absorbowaną. Dla tej przyczyny, prędkie schnięcie murów i zostawienie ich bez tynku nie powiększa trwałości budowy. Na stwardnienie zaprawy wpływa także krystalizacja wodnianu wapna, który w ciągu parowania wilgoci osiada w kryształkach, do powierzchni materiałów budowlanych przylega i silnie je łączy. Nakoniec, część zaprawy bezpośrednio z powietrzem zetknięta, przyciąga kwas węglany, tworzy węglan wapna krystaliczny, dopóki znajduje się woda, która ciągle wapno rozpuszcza, przedstawia je kwasowi węglanemu i tym spo-

sobem produkcją węglanu krystalicznego ułatwia. Najpodobniej do prawdy, twardnienie zaprawy nie zależy od jednej wyłącznie przyczyny, lecz od wszystkich razem, w ten sposób, że tworzenie się krzemianu i krystalizacja jest powodem ciągłego tężenia, że tak powiem kamienienia zaprawy; połykanie kw. węglanego przyspiesza jej krzepnięcie.

Zaprawa zwyczajna po kilku dniach albo tygodniach dosyć tęższe, nadaje murom pewien stopień wytrzymałości; jednak zupełne stwardnienie tak wolno postępuje, że dopiero po latach i wiekach do najwyższego punktu dosięga. Szczątki budowli z czasu Greków, Rzymian i wieków średnich pozostałe, nie dowodzą bynajmniej wyższości starożytnych w budownictwie i doskonałości w wyrabianiu zaprawy; lecz w długim czasie ich istnienia dokonały się działania, które wszystkim częściom murów najwyższy stopień spójności nadają. Taż sama kolej czeka budowle naszych czasów, gdy pierwsze lata przetrwają.

205. *Wapno hydrauliczne czyli podwodne.* Wapno z czystego węglanu otrzymane, łatwo się gasi, z mocnym wywiązaniem ciepła i wydaje zwykłą zaprawę, która w powietrzu twardnieje, lecz pod wodą nie nabywa spójności. Jeżeli zaś kamień wapienny zawiera przynajmniej 10% krzemionki, po wypaleniu daje wapno chude, mające tę własność odznaczającą, że po zarobieniu wodą wkrótce tęższe, i w tym stanie zostawione pod wodą, wysokiego stopnia twardości nabywa. Dlatego jest materiałem, do konstrukcyi podwodnych nadzwyczaj ważnym. Znamy go pod nazwiskiem wa-

pną *hydraulicznego* albo *podwodnego*. Najznakomitszy wapień z wyspy Scheppy, z którego wyrabiają tak zwany *cement rzymski*, zawiera: 66,987 węglanu wapna, 6,946 węglanu żelaza, 1,675 węglanu magnezyi, 0,395 glinki, w ogóle 76,003^o/_o materij w kw. solnym rozpuszczalnych; 23,321^o/_o materij nierozpuszczalnych zawierających: krzemionki 16,895; glinki 4,313; kwasorodnika żelaza 1,733, wapna 6,005, magnezyi 0,373. Podobny skład mają wszystkie kamienie wapienne, wydające wapno hydrauliczne. Część w kwasach rozpuszczalna jest węglanem wapna, z domieszaniami węglanu magnezyi i żelaza. Część nierozpuszczalna powstaje z krzemianu glinki, albo z mieszaniny krzemianów glinki, wapna, magnezyi, często i potażu, z mniej więcej znacznym nadmiarem krzemionki.

Bezpośrednie doświadczenia okazują, że żaden wapień albo jakabądź mieszanina, nie może wydać wapna hydraulicznego, jeżeli nie zawiera krzemionki; jej więc wyłącznemu wpływowi musimy przyznać tężenie wapna pod wodą. Krzemionka bez uczestnictwa innych ciał, może czynić wapno odznaczająco hydrauliczném, jak o tém przekonywa wapień z Senonches (Dpt. Eure et Loire), w którym część nierozpuszczalna składa się z czystej krzemionki. Inne pierwiastki same, mianowicie kwasorodek żelaza i manganu, są nieczynne chociaż je dawniej uważano za istotną przyczynę hydrauliczności. Obecność glinki nie jest konieczną, lecz zasób jej, mianowicie magnezyi obok krzemionki, zdaje się własności hydrauliczne wapna podnosi.

206. Kamień wapienny surowy, sproszkowany, nie twardnieje z wodą; własność ta rozwija się po wypaleniu. Wapno przybrawszy stan kaustyczny, zaczyna działać na część w kwasach nierozpuszczalną; podobnie jak każda silna zasada działa na krzemiany, wciśka się między ich części składowe i zamienia je na związki mniej ścisłe, które się bez trudności rozpuszczają w kwasach. Rzeczywiście, wapień hydrauliczny wypalony, tworzy galaretę z kwasami, na dowód że się w nim znajdował krzemian rozkładalny przez kwasy. Z tą własnością tworzenia galarety, wywiązał się w kamieniu stan hydrauliczny, od niej zależny.

Wapno hydrauliczne po zarobieniu wodą tworzy naprzód masę spojną ale miękką; dopiero później, oblane wodą lub w niej zanurzone, twardnieje jak wapień albo nawet więcej. Czas dojścia najwyższej twardości, a tém samém uzupełnienia działań chemicznych, od których zależy stwardnienie, bardzo jest rozmaity. Niekiedy następuje to w kilku minutach, w innych razach po kilku tygodniach i miesiącach; w ogóle, zależy od ilości domieszek gliniastych. Wapno bogatsze w tę część nierozpuszczalną, tęższe prędzej i odwrotnie. Jednak ilość jej nie może przechodzić pewnej granicy. Gdy ilość krzemionki jest bardzo małą, wapno przechodzi w zwyczajne; przy zasobie materii gliniastych do pewnej granicy powiększonym, nie okazuje własności hydraulicznych, z powodu małej ilości wapna w stosunku do krzemianów. Wapienie tego składu nazwano *Cementami*, obejmując pod tem wyrażeniem wogóle wszystkie dodatki, które wapno hydrauliczném

czynią. Wapień miernie hydrauliczny, zawiera 12 części materji gliniastych, na 100 węglanu wapna.

Zwyczajny hydrauliczny	20 cz.
Najmocniej hydrauliczny	25 cz.
Zwykły cement	56 cz.
Najlepszy cement	156 cz.

Na twardnienie wapna otrzymanego z tegoż samego wapienia, oprócz stosunku materji nierozpuszczalnych, wpływa także temperatura do palenia użyta. Wapień nie zupełnie wypalony, daje wapno prędzej twardniejące niż po zupełnem wypaleniu.

207. Wapno hydrauliczne wypala się podobnie jak zwyczajne, lecz mniejszym ogniem. Jeżeli wapno wypalone nie dobrze się gasi, potrzeba je utłuc w stępach lub zemić na mąkę. W tym stanie powinno być chronione od wilgoci atmosferycznej, ponieważ zwolna traci na własności twardnienia. Przy użyciu wapna hydraulicznego potrzeba na to uważać, że nigdy nie twardnieje jeżeli je natychmiast po zarobieniu zanurzono w wodzie przed stężeniem; ponieważ jego cząstki zostają spławione bez spojności.

Tężenie wapna hydraulicznego jest processem chemicznym, który się wykonywa w dwóch perjodach. W czasie palenia wapno kaustyczne rozrabia krzemian i zamienia go na związek przez kwasy rozrabialny. Związek ten i reszta wapna kaustycznego, po zarobieniu wodą wzajemnie na siebie działają, i drogą mokrą krzemian kamienny tworzą. Woda wykonywa tu widocznie czynność dwojaką. Rozpuszczając wapno, ciągle go dostarcza częściom krzemiennym i ich zetknięcie

ułatwia, nadto wchodzi do składu krzemianu, jako woda związkowa, tak że ostatecznie tworzy się krzemian zasadowy wapna, albo krzemian wapna i glinki z wodą krystalizacyi. Dokonanie tego związku wiele zależy od stanu fizycznego krzemionki. Krzemionka krystaliczna np. kwarc, piasek, z trudnością poddaje się działaniom chemicznym; przez żarzenie z $\frac{1}{3}$ wapna może być przeprowadzona do stanu bezkształtnego, w którym jest skłonniejsza do tworzenia związków. Krzemionka chemicznie strącona albo galaretowa, zabiera wapno z wody wapiennej, czego nie może dokazać kwarc najmieliej sproszkowany. Wszystkie materiały zawierające krzemionkę w takim stanie, do tworzenia związków skłonnym, mogą zastąpić czystą krzemionkę, i podają środek do zamiany wapna zwyczajnego na hydrauliczne. Do najużyteczniejszych w tym celu należy glina. Z powodu różnaitości w składzie, nie wszystkie gatunki gliny są równie dobre; lecz każdy może być użyty po wypaleniu, którym glina w części rozrobiona, staje się w kwasach rozpuszczalniejszą. Niekiedy musi być z wapnem palona. Glina zwyczajna żelazista, na cegły używana, po lekkim wypaleniu nie łączy się z wapnem; żarzona do początku topienia, rozrabia się przez kwasorodnik żelaza i mocno z wapnem twardnieje. W podobnym stanie rozrobienia są pierwiastki *puzzolany* i *trassu*, które znajdują się w okolicach wulkanicznych we Włoszech i w krajach nadreńskich. Rzymianie mieszały puzzolanę (*pulvis puttolanus*) na wpół z wapnem i takiego cementu używali

do budowli wodnych, w zatoce Baya i Neapolu (*). Podobny skład ma trass, ze skał trachitowych powstały. Równie jak inne skały pochodzenia wulkanicznego, dają się rozłożyć na dwa różne krzemiany; jeden rozrabialny kwasem solnym, drugi zaś nie. Część jego rozrabialna głównie powstaje z krzemianu glinki i żelaza; część pozostająca jest bogata w krzemionkę (**); obie więc części trassu posiadają ciało, od którego hydrauliczność wapna zależy. Krzemionka (razem 49%) łączy się z wapnem; glinka i żelazo tudzież 4% alkali, utrzymują krzemionkę w stanie rozrobienia, którego inne krzemiany (np. glina) dopiero przez żarzenie nabywają.

208. W nowszych czasach stał się głośnym własnościami swojemi *cement rzymski* (roman cement), na którego wyrobienie *Parker* i *Wyatt* w r. 1796 patent otrzymali. Wyrabiają go z kawałków sferoidalnych, kilka cali grubych, które znajdują się w glinie okolic Londynu i znane są pod nazwiskiem *Septaria*. One znajdują się nie tylko nad brzegami Tamizy, lecz i na wyspach *Scheppey* i *Whight*, na brzegach *Kent*, *York-*

(*) *Puzzolana Włoska* zawiera: krzemionki 44,0, glinki 15, wapna 8,8, magnezyi 4,7, kwasorodniku żelaza i tytanu 12, potażu 1,4, sody 4,1, wody 9,2 (*Berthier*).

(**) Trass zawiera: a) części rozrabialnych w kw. solnym, 49,01, = SiO_3 .11,50; Al_2O_3 .17,70; Fe_2O_3 .11,77; CaO .3,16; MgO .2,15; KO .0,29; NaO .2,44.

b) Części rozrabialnych 42,98, = SiO_3 .37,44; Fe_2O_3 .0,57; MgO .1,25; CaO .2,25; MgN .0,27; KO .0,08; NaO .1,12.

c) Wody i śladów amoniaku 7,65.

shire, Sommersetshire. Palą je ogniem bardzo umiarkowanym, mielą na proszek delikatny, który po przesianiu zamykają w beczkach i przesyłają, jako materiał do użycia gotowy. Dosyć jest wyliczyć jego własności, ażeby ocenić nadzwyczajne korzyści zastosowania do budowli wodnych. Cement rzymski, na gęste ciasto zarobiony, bez dodatku innych ciał w ciągu kilku minut tężyje w powietrzu i pod wodą; nawet w grubszych massach nie ściąga się i nie pęka. Z ciałami dziurkowatemi ściślej się łączy niż ze zbitemi; potrzeba go starannie nakładać i po zarobieniu prędko zużywać. Z piaskiem pomieszany może być na zwykłą zaprawę użyty. Szczególniej okazuje się korzystnym, gdy idzie o ochronę od wilgoci, ponieważ jęj nie przypuszcza po stwardnieniu, i nie wsiąka jak zwyczajna zaprawa. Mieszkania wilgotne, piwnice i inne miejsca, często dają się osuszyć, przez stosowne użycie zaprawy hydraulicznęj. Samo przez się jest widoczném, że w miejsce tynku lub innym sposobem na suchym murze użyta, powinna być wodą polewana, dopóki nie dojdzie właściwój twardości. Bez tego warunku pozostaje miękka, krucha, nieużyteczna.

Magnezium.

209. W stanie metalicznym otrzymał je *Bussy*, sposobem do oddzielenia aluminium przez *Wöhlera* podanym. Na dnie tygielka platynowego, umieszcza kilka kulek potassium lub sodium; na nich kawałki bezwodnego chlorku magnezium. Pokrywkę przytwierdza