

Inż. WŁODZIMIERZ RYCHLEWSKI

WIETRZENIE
MATERJAŁÓW BUDOWLANYCH
I ŚRODKI ZARADCZE

Odbitka z »Budowniczego« 1927 r.

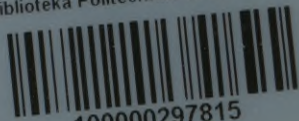
L W Ó W

PIERWSZA ZWIĄZKOWA DRUKARNIA WE LWOWIE, UL. LINDEGO 4.

1927.

2.- a c 4/III 9 33

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000297815

Inż. WŁODZIMIERZ RYCHLEWSKI

WIETRZENIE
MATERJAŁÓW BUDOWLANYCH
I ŚRODKI ZARADCZE

Odbitka z »Budowniczego« 1927 r.

A/574

D. E. FRIEDLEIN Ska z. o. o.
Księgarnia - Rol: 281. 1796
KRAKÓW — RYNEK PODŁORSKI 2

L W Ó W

PIERWSZA ZWIĄZKOWA DRUKARNIA WE LWOWIE, UL. LINDEGO 4.

1927.



II 31982

Akc. Nr. _____ 1706/51

Zewnętrzne powierzchnie obiektów budowlanych podlegają stałej destrukcji skutkiem stykania się z powietrzem zewnętrznym, wodą deszczową i parą wodną, zawierającą rozpuszczone związki siarkowe i skutkiem zmian temperatury wywołujących kurczenie się i rozszerzanie materiałów budowlanych. Czynniki te zachodzą wzajemnie na siebie, kumulują się tak, że trudno rozdzielić i przeprowadzić eksperymentalnie na obiekcie budowlanym działanie każdego z nich z osobna. Okoliczność ta sprawia, że dotychczas mimo długiego szeregu badań, zdania uczonych są w wielu punktach podzielone co do sposobu i stopnia działania poszczególnych czynników, a utrudniająco wpływa różnorodność materiałów szczególnie kamiennych, oraz niejednokrotnie bardzo powolny postęp zniszczenia.

Szkodliwe wpływy atmosfery określone ogólnie w skutku jako tak zwane „wietrzenie“, sklasyfikowano i podzielono na następujące grupy:

I. mechaniczne, II. chemiczne, III. organiczne.

I. Wietrzenie mechaniczne powstaje przede wszystkim skutkiem zmian temperatury wywołujących kurczenie i rozprężanie się materiału. W ubogich w wodę okolicach pustynnych, zatem przy wykluczeniu poważnego czynnika rozpadowego, jakim jest woda, daje się obserwować ten wpływ zmian temperatury jako niemal wyłączny czynnik destrukcyjny. Olbrzymia masa piasków pochodzących z odwiecznego rozpadania się skał, płatowe łuszczenie się powierzchni skalistej w pierwszej fazie wietrzenia, są typowym objawem niszczenia materiałów z powodu zmian temperatury, której różnice wynoszą często ponad 60° C w ciągu doby. Wpływ temperatury daje się obserwować na obiektach budowlanych z kamienia ciosowego we fugach, które

w lecie zaciśnięte, w zimie się otwierają z powodu skurczu kamieni, pęknięcia fasad uwidaczniają się silniej w zimie, niż w lecie. Szczyty kominów fabrycznych w dnie słoneczne opisują zamkniętą linję krzywą w ciągu doby z powodu różnic temperatury po stronie oświetlonej słońcem i pozostającej w cieniu.

W murach ciągłych o znaczniejszej długości, w jednolitych nawierzchniach ulic występują spękania skutkiem zmian temperatury, o ile siły kurczenia się materiałów, zresztą bardzo znaczne, przekraczają ich wytrzymałość. Przy nakładaniu różnych materiałów budowlanych w cienkich warstwach jednych na drugie, np. wszelkiego rodzaju wyprawach, wchodzi w rachubę szczególnie współczynniki rozszerzalności tych materiałów a znaczne ich różnice bywają powodem porysowań i łuszczenia się warstw zewnętrznych.

Powierzchnie kamienia stykające się z powietrzem zewnętrznym narażone są na największe zmiany temperatury, podczas gdy reszta materiału wewnątrz muru ulega tym zmianom nieznacznie i w wolniejszym tempie. Powstałe stąd naprężenia w zewnętrznej warstwie kamienia wywołują płatowe jej oddzielanie się i odpadanie. Ponieważ materiały budowlane rzadko są zupełnie suche, rozszerzalność ich przy zmianach temperatury komplikuje się z rozszerzalnością z powodu stanu nasycenia wodą. I tak: jeżeli wysuszenie następuje przy równoczesnem podwyższeniu temperatury, wówczas kurczenie się wysychającego materiału kompenzuje się częściowo z rozszerzaniem termicznym. W przeciwnym razie t. j. przy wysychaniu w temperaturze spadającej, kurczenie materiału się sumuje.

Ściany zewnętrzne budynków jako całość ulegają ustawicznym ruchom szkodliwym z powodu działania wiatru, a szczególnie z powodu różnic temperatury. I tak przy ogrzaniu przez słońce naprzemian części wschodniej i zachodniej budynku mur się rozszerza, a wraz z nim otwory okienne, co ustalono przy pomocy odpowiednio skonstruowanych rejestrujących instrumentów mierniczych. Stwierdzono przytem, że wielkość i częstość wydłużeń muru przewyższa wielkość i częstość skurczeń, co można wytłumaczyć niejednorodnością substancji muru, oraz istnieniem wewnątrz naturalnych szpar i szczelin. Natomiast wielkość i częstość podwyższeń i obniżen muru daje stosunkowo małe różnice, najprawdopodobniej skutkiem znacznego cię-

żaru mas. Te drobne na pozór ruchy muru wywołują jego wybrzuszenia i pęknięcia w rezultacie częstokroć szkodliwsze niż wietrzenie materiału, względnie ułatwiające wietrzenie przez wnikanie wilgoci z zewnątrz do powstałych stąd szczelin.

Zmiany opisane stają się dla materiałów budowlanych najgroźniejsze przy temperaturach poniżej zera. Woda zawarta w materiale budowlanym w stanie wolnym, a więc nie krystalograficzna, a pochodząca z gruntu, czy też z wilgoci zawartej w powietrzu, marznąc powiększa jako lód swoją objętość o 8 do 9% z taką siłą, że rozszadza najbardziej spoiście kamienie. Wystające części fasad budynków, jak gzymsy, obramienia, podlegające najsilniej zawilgoceniu, a często gruntownemu przemoczeniu wodą deszczową, oraz wgłębnemu przemarznięciu z powodu dużej powierzchni styku z powietrzem zewnętrznym, a małej stosunkowo objętości, wietrzeją bardzo szybko. Również wyprawy fasad nałożone na świeżym murze, jakkolwiek już same dostatecznie suche oddzielają się od niego z nastaniem mrozów, zwłaszcza, gdy przez dodanie domieszek zgęszczających np. cementu zmniejszono ich hydroskopijność, utrudniając przez to odprowadzenie wilgoci muru na zewnątrz. Skutkiem zamarzania wody gromadzącej się między murem a mało przepuszczalną wyprawą, powstają tutaj przestrzenie puste, dające się łatwo stwierdzić przez wypukanie, a wyprawa tracąc oparcie muru trzyma się jedynie spoiścieścią z częściami przylegającymi jeszcze do muru, jednak po pewnym czasie, nieraz paru latach, odpada płatami. Dlatego jako domieszek do wypraw nakładanych na mury wilgotne należy używać raczej materiałów porowatych, zwiększających hydroskopijność wyprawy. n. p. cegły tłuczonej, pumeksu i t. p., a w każdym razie przy wyborze wypraw hydraulicznych używać w tych wypadkach t. j. na murach wilgotnych raczej wapna hydraulicznego niż cementu.

Równie i zaprawy użyte do muru, względnie okoliczność, że mur musi być na zaprawie jakiegokolwiek układany, może być przyczyna jego destrukcji. W mokrym bowiem murze wilgoć posuwa się drogą najmniejszego oporu, t. j. ku jego płaszczyznom zewnętrznym, które i tak doznają najsilniejszego zawilgocenia od deszczu. Szwy zewnętrzne oraz szwy pionowe bezpośrednio za zewnętrzną „wozówką“ zostają tą wilgocią nasycone i rozszerzają się przy marznięciu, skutkiem czego powstają

w murze naprężenia w kierunku poziomym i pionowym. Naprężenia poziome rozpierają szwy pionowe znajdujące się poza zewnętrzną „wozówką“ i rozrywają „główki“, zaś skutkiem naprężeń pionowych, którym przeciwdziała ciężar mas muru powyżej, następuje wybrzuszenie na zewnątrz oddzielonego w sposób wyżej opisany zewnętrznego płatu muru. Nasuwałaby się więc wobec tego faktu teoretyczna wskazówka, dotychczas zresztą nie urzeczywistniona, by używać do muru jakiejś zaprawy o tych samych właściwościach co dany materiał konstrukcyjny i tak wiążącej szczególnie kamienie, by ułożony mur przedstawiał masę zupełnie jednolitą.

Wpływ na mury temperatury, szczególnie mrozu, uwidacznia się silnie podczas budowy. W porze ciepłej cegła jest sucha i przy zwilżeniu wchłania więcej wody niż w temperaturze niskiej. Murowanie w mrozie osłabia zdolność wiązania zaprawy, zwykła zaprawa wapienna da się jeszcze zastosować przy temperaturze -3°C , w temperaturze niższej nie wiąże. Ze wszystkich używanych domieszek wiążących najmniej wrażliwy na mróz jest cement, bowiem nawet przemarzły podczas procesu wiązania, tężeje po ustaniu mrozów i uzyskuje normalną twardość. Działanie mrozu na chudą zaprawę cementową jest większe niż na tłustą, ponieważ cement wiążąc rozgrzewa się i opóźnia marznięcie, wskazanem więc jest używać w mrozie zapraw cementowych tłustych, oraz cementów szybko wiążących. Dobre wyniki daje dodawanie w czasie mrozów do zaprawy wapiennej kawałków wapna skalistego, które gasząc się w wodzie zaprawy wydzielają dużo ciepła. W zaprawach wielu budowli średniowiecznych spotyka się także kawałki wapna skalistego i prawdopodobnem jest, że temu właśnie zawdzięczają te zaprawy ogromną twardość i spistość.

Wpływ mrozu na sam materiał konstrukcyjny objawia się działaniem rozsadzającym lodu tworzącego się w porach wilgotnego zawsze w różnym stopniu materiału, przyczem szczególnie szkodliwe są drobne nieraz zaledwie dostrzegalne rysy i pęknięcia zewnętrznego lica, pochodzące z przyczyn wymienionych wyżej lub innych. Pęknięcia większe są mniej niebezpieczne, bowiem lód tworzący się ma możliwość rozprzestrzenienia się na zewnątrz z mniejszą szkodą dla materiału. Charakterystycznie objawia się wpływ zamarzania na powierzchni większych kamieni ciosowych w zwartym murze nieprzykrytym wyprawą.

Oto woda zawarta w kamieniu wysychając posuwa się na zasadzie włoskowatości ku zewnętrznej powierzchni muru rozpuszczając po drodze i zabierając z sobą rozpuszczalne składniki substancji skalnej. Sole te po odparowaniu wody krystalizują i zagęszczają zewnętrzną warstwę ciosu szczególnie w dolnej części ponad poziomym szwem, zwłaszcza gdy użyta tu zaprawa jest gęsta i mało przepuszczalna. Górna granica powstałej w ten sposób twardej skorupy odgina się parabolicznie w górę ku obu szwom pionowym ciosu, ponieważ woda z rozpuszczonymi solami, natrafiając znowu na mało przepuszczalną zaprawę szwów pionowych podnosi się włoskowato ku górze. W dalszym ciągu tego procesu cios przyjmuje wilgoć z powietrza, względnie wodę deszczową tylko w górnej swej powierzchni, która pozostała porowatą. Woda ta gromadzi się w dolnej części poza stwardniałą nieprzepuszczalną warstwą zewnętrzną, i nie mogąc odparować roztwarza w dalszym ciągu substancję kamienia, a marznąc w zimie odsadza tę licową warstwę.

To samo działanie objawia się na dolnych powierzchniach gzymsów, konsol i płyt balkonowych; dlatego należy je chronić od zawilgocenia przez pokrycie z wierzchu materiałem nieprzepuszczalnym, jak blacha, asfalt itp.

Wszelkie zaprawy kurczą się wysychając, względnie wiążąc; powstałe stąd szpary we szwach zatrzymują wodę, która zapoczątkowuje wietrzenie krawędzi kamienia. Zaprawy hydrauliczne wiążące się silniej z kamieniem mogą przy zsuchaniu się nawet odrywać przyległą do szwu warstwę kamienia. Zaprawy chude, a więc porowate przepuszczają wodę opadającą z górnych warstw kamienia, zatem dolna warstwa kamienia spoczywająca na materiale nieprzepuszczalnym np. izolacji asfaltowej przyjmuje stosunkowo duże ilości wody i niszczyje najszybciej.

Pęknięcia na zespołach betonowych, z wyjątkiem rys pochodzących z przeciążenia konstrukcji, powstają albo z mechanicznego kurczenia się betonu w procesie wiązania, trwającego zazwyczaj dłuższy okres czasu, albo są skutkiem mechaniczno-chemicznego pęcznienia.

Kurczenie się zapraw w procesie schnięcia względnie wiązania jest objawem ogólnym właściwym wszystkim zaprawom, a więc nie tylko hydraulicznym, a występuje silniej przy cemencie czystym, niż przy zaprawie i silniej przy zaprawie tłustej, niż chudej.

Próbe cementu co do stopnia kurczenia można wykonać porównawczo na kilku gatunkach cementów w ten sposób, że wąskie paski cienkiej blachy cynkowej, zmyte alkoholem, powleka się warstwą czystej zaprawy cementowej różnego gatunku, dokładnie jednostajnej grubości 1.5 mm, a następnie paski te, ułożone obok siebie na gładkiej płycie stołu, obciąża się na jednym końcu. W miarę wiązania cementu drugi koniec pasków unosi się w górę, ponieważ cement przywiera do cynku na podstawie przyczepności, i to uniesienie się końców pasków jest porównawczą miarą wielkości skurczu badanych cementów. Obserwację najlepiej rozpocząć po kilku dniach i uwzględnić ewentualne wahania z powodu zmiennego stanu wilgotności powietrza.

Doświadczenie J. Bieda w laboratorium w Lafarge we Francji dały następujące rezultaty:

1. Skurcz cementu jest tem większy im cement drobniej zmielony.

2. Dodatek wody jest prawie bez znaczenia.

3. Cementy szybko wiążące kurczą się tak samo jak wiążące wolno.

4. Wystawienie początkowe prób na krótkie działanie wilgotnego powietrza zwiększa skurcz końcowy. By kurczeniu zapobiec trzeba prawdopodobnie poddać działaniu wilgotnego powietrza przez czas dłuższy.

5. Dodatek substancji obojętnych jak n. p. piasku zmniejsza kurczenie.

6. Dodatek do prób asbestu zwiększa kurczenie się cementu, natomiast zmniejsza pęknięcia. Byłoby to wskazówką, że skłonność do pęknięcia zależy nie tylko od wielkości skurczu, lecz też od elastyczności materiału.

W zespolach betonowych unika się pęknięć pochodzących od kurczenia się betonu przez zastosowanie częstych fug dylatacyjnych.

Pęcznienie betonu ma swe źródło w procesie chemicznym opisanym w następnym rozdziale i da się uchylić w znacznej mierze przez stosowne domieszki podczas fabrykacji cementu. Przed użyciem cementu wskazane jest przeprowadzenie w tym kierunku próby, o której w dalszym ciągu będzie mowa.

Cegła wypalona z chudej gliny zawierającej gruby ostroziarnisty piasek posiada duże pory, w których lód może się rozprzestrzeniać. Cegła taka jest wytrzymalsza na mróz, niż cegła wykonana z gliny tłustej za-

tem mniej porowata. Zniszczenie cegły przez mróz występuje nieraz dopiero po wielu latach i zależy od wytrzymałości materiału i rodzaju porów. Prawie zawsze jednak po kilku przemarznięciach cegła wykazuje zmniejszenie wytrzymałości na ciśnienie, a często zwiększoną zdolność chłonną, co się tłumaczy łączeniem się ze sobą porów rozsadzanych przez lód. Przy ocenie odporności cegły na mróz nieznaczne zmniejszenie jej wytrzymałości odgrywa rolę drugorzędną, ważniejszą natomiast jest kwestja czy zewnętrzna powierzchnia cegły nie ulega uszkodzeniu względnie odbarwieniu, o ile chodzi o cegłę okładzinową.

Ogólnie stopień porowatości cegły nie jest czynnikiem jedynie decydującym o jej odporności na mróz, bowiem wchodzi tu w grę kształt porów i ich łączność wzajemna.

Również stwierdzono, że stopień porowatości kamieni naturalnych nie jest probierzem odporności na mróz, gdy, np. bardzo porowate lawy i tufy posiadają znaczną odporność. Tuf wapienny t. zw. trawertyn, o wysokim współczynniku porowatości bo około 30%, jest przecież bardzo odporny na zamarzanie,

Dla pełnego działania rozsadzającego mrozu potrzebny jest pewien określony stopień napełnienia materiału wodą. Ponieważ woda marznąc przybiera okóły $\frac{1}{10}$ objętości, można zatem przyjąć, że rozsadzanie substancji materiału następuje dopiero, gdy pory i puste przestrzenie wewnątrz zostaną napełnione wodą powyżej $\frac{9}{10}$ objętości. Stopień naturalnego nasycenia wodą materiału jest więc zasadniczą miarą jego odporności na mróz. Stopień ten zwany „spółczynnikiem nasycenia“ określa się stosunkiem ilości wody, która tylko na podstawie włoskowatości dostaje się do wnętrza materiału, zanurzanego z wolna w naczynie wypełnione wodą, do tej ilości wody, która jest potrzebna do całkowitego wypełnienia porów materiału. Teoretycznie należałoby przyjąć 0.9 jako najwyższą wartość współczynnika nasycenia, jednak doświadczalnie ustalono tę górną granicę na 0.8, przyczem maksymalną pojemność porów danego materiału określano poddając jego próbkę w fizycznej próżni nasyceniu wodą pod znacznem ciśnieniem.

Ogólnie naturalna wchłonność materiału budowlanego zależy od:

1. pojemności porów,
2. ich kształtu i łączności,
3. sposobu zewnętrznego działania wody i panującego przytem ciśnienia.

Między wchłonnością i porowatością danego materiału niema stałego stosunku; obie te wartości zbliżają się przy porach połączonych, a wykazują różnice przy porach odosobnionych, albo tylko włoskowato komunikujących ze sobą.

Eksperymentalne badania danego materiału budowlanego co do wytrzymałości na zamrażanie, polega na oznaczeniu zmniejszenia jego wytrzymałości na ciśnienie po kilkakrotnem próbnem zamrażaniu. Badania te dla celów budownictwa nadziemnego przeprowadza się na próbnych kostkach, które poprzednio zanurza się w wodzie na przeciąg 2 – 13 godzin, zależnie od gęstości materiału. Zamrażanie przeprowadza się 25 razy, każde po 4 godziny przy temperaturze -15° C.

Jakkolwiek laboratoryjne próby wykazują odchyłki od rzeczywistych zmian zachodzących w materiałach budowlanych, można jednak z prób tych wyciągnąć pewne wnioski praktyczne a mianowicie:

1. Jeżeli 25-krotne zamrażanie nasyconego wodą kamienia sprawia znaczne zmniejszenie jego wytrzymałości, nie jest wskazane używać go w częściach budynków narażonych na bezpośrednie zetknięcie z mokrą ziemią n. p. w cokołach i murach oporowych, lub częściach architektonicznych wystawionych szczególnie na działanie deszczu, jako gzymsy, konsole, balustrady i t. d.

2. Jeżeli próba zamrażania nasyconego wodą kamienia nie wykaże żadnych zmian, można go uważać jako dostatecznie odporny na mróz dla zwykłego muru licowego, z zachowaniem jednak ostrożności co do murów cokołowych i wysadzonych części architektury.

3. Jeżeli próba przy częściowem tylko napełnieniu wodą da wyniki zadowalające, można kamienia użyć do murów licowych, nawet gdyby próba przy zupełnem nasyceniu wykazała pewne nieznaczne uszkodzenia. Natomiast wykluczyć należy ten materiał od eksponowanych części architektonicznych, lub stykających się z wilgotną ziemią.

4. Materiały, które przy próbie zamrażania nawet w stanie niezupełnego nasycenia, doznają zmniejszenia wytrzymałości, lub okazują pęknięcia można użyć tylko do suchych murów wewnętrznych budowli.

Do mechanicznych przyczyn wietrzenia należy też zaliczyć „deflację“ t. j. zużycie powierzchni materiałów budowlanych przez piasek i pył rzucały wiatrem na ich

powierzchnię, Strumień piasku uderzający ze znaczną chyżością o daną powierzchnię zeszlifowuje najtwardsze materiały nie wyłączając djamentu, to też sposobu tego używa się np. do oczyszczenia ze rdzy konstrukcyj żelaznych. Niewątpliwie naturalny proces „deflacji” skutkiem wiatru jest w działaniu nieporównanie słabszy, jednak w ciągu dłuższego okresu lat daje się obserwować szczególnie na powierzchniach obiektów wolnostojących, zatem więcej wystawionych na działanie wiatru, a zwłaszcza ulegają temu wolnostojące pomniki, statuy, kolumny i t. p., w które uderzają prądy powietrzne ze wszystkich stron.

II. Wietrzenie chemiczne powstaje pod wpływem wody opadowej lub gruntowej, która rozpuszcza sole zawarte w materiale budowlanym, a odparowując osadza je na powierzchni zewnętrznej muru, gdzie one krystalizują, przybierając wygląd białego lub kolorowego nalotu, względnie glazurowej powłoki. Wydzielane w dalszym ciągu sole krystalizują na powierzchni kryształów osadzonych poprzednio. Proces ten może postępować bardzo szybko, gdyż sole torują sobie gwałtownie drogę poprzez pory materiału. Niszczące ich działanie jest przeważnie mechaniczne, a polega na znanym w krystalografii objawie powiększania się objętości roztworów w procesie krystalizacji. Formujące się w zewnętrznej warstwie materiału budowlanego kryształy soli rozsadzają jej cząstki i po pewnym czasie doprowadzają ją do rozpadu. W rzadszych wypadkach niszczące działanie soli jest też chemiczne, a objawia się ono w zmniejszeniu wytrzymałości materiału budowlanego skutkiem wylugowania pewnych zasadniczych jego składników, przez krążące wewnątrz płynne sole.

Sole rozpuszczalne występują na powierzchnię zazwyczaj dopiero na gotowym murze podczas budowy, a szczególnie pierwszej wiosny podczas wysychania świeżego muru. Z nastaniem dłuższej pory deszczowej naloty te rozpuszczają się w wodzie opadowej i parze wodnej zawartej w powietrzu i wraz z nią zostają z powrotem wessane wgłąb materiału. by znowu przy posusze wystąpić na zewnątrz. Jeżeli ilość tych soli jest niewielka, to po kilka krotnem wystąpieniu zostają powoli zmyte przez deszcz i naloty znikają na zawsze; przeważnie jednak powracają stale i doprowadzają zewnętrzne warstwy muru do łuszczenia się i rozpadu.

W innych wypadkach sole tworzą z wylugowanymi przez się w murze substancjami związku nierozpuszczalne, które osiadają trwale na licu muru i nie ulegają rozpuszczeniu przez wodę deszczową,

Sole rozpuszczalne znachodzą się w materiale budowlanym od początku jego istnienia, np. w kamieniu naturalnym, względnie w surowcu, z którego materiał wykonano jak w glinie i wapnie skalistem, albo też dostają się do wnętrza podczas fabrykacji magazynowania i przewozu materiału. W murze gotowym powstają też sole rozpuszczalne skutkiem chemicznego działania bezwodnika kwasu siarkowego, zawartego w dymach węglowych wielkomiejskiego powietrza, na pewne składniki substancji muru, albo też zostają wciągnięte do muru przez wodę gruntową.

W dalszym ciągu omówimy kolejno te objawy chemicznego wietrzenia w najważniejszych materiałach budowlanych t. j. cegle, wapnie, piasku, cemencie, gipsie i kamieniu naturalnym.

1. Do wyrobu cegły użyta glina nie występuje prawie nigdy w teoretycznym składzie chemicznym Al_2O_3 , $2SiO_2$, $2H_2O$ (tlenek glinu, krzemionki i woda), lecz zawiera domieszki jak okruchy skał macierzystych w szczególności kwarc, granit, ortoklaz itp. wapień do 40%, gips miąłki do 2%, gips krystaliczny do 7%, dwusiarczek żelaza do 16%, tlenek żelaza do 20%. magnez, sól i potas do 5%, nadto składniki organiczne, zwierzęce i roślinne. Zwłaszcza zanieczyszczone silnie są te gliny, które nie znajdują się w miejscu zwietrzenia ich skał macierzystych, lecz zostały naniesione wodą w ich obecne złożę.

Nieszkodliwe są zawarte w glinie drobiny skał macierzystych w ich pierwotnej postaci, większe jednak bryłki np. kwarcu rozszerzając się podczas wypalania cegły powodują w niej rysy i pęknięcia. Dlatego gliny takie winny być przed użyciem szlamowane lub mielone.

Wapień $CaCO_3$ znajduje się we wszystkich prawie glinach i można stwierdzić jego obecność polewając glinę kwasem solnym, który wówczas się burzy z powodu gwałtownego wywiązywania się bezwodnika węglowego.

Małe zawartości w glinie węglanu wapnia nie szkodzą o ile znajduje się w stanie bardzo rozdrobnionym, natomiast większe grudki mogą być dla cegły szkodliwe, bowiem wapień oddaje w czasie wypału bezwodnik węglowy, a pozostały tlenek wapnia czyli t. zw. wapno palone

wchłania wodę z powietrza pęczniąc przytem i rozsadzając cegłę.

Dlatego o ile cegłę poddaje się próbie wytrzymałości przed wmurowaniem, należy badać również wytrzymałość w stanie nasycenia wodą, a nawet po poprzedniej próbie zamrożenia. Odnośnie do zawartości wapienia zauważono, że cegła nawet o znacznej zawartości wapienia nie ulega zniszczeniu, o ile ją natychmiast po wypaleniu wmurowano, natomiast w zimie mogła cegła leżeć w stosach czas dłuższy bez widocznej szkody. Objaw ten tłumaczy się następująco:

W cegle wolnoleżącej może wilgoć dostawać się przez całą jej powierzchnię do wnętrza i gasić znajdujące się tam grudki wapna palonego podczas gdy w murze najwyższej jedna strona cegły ułatwia dostęp wilgoci, zwłaszcza gdy mur wykonano na zaprawie wapienno-cementowej, która mało wilgoci oddaje cegle. Równocześnie z działaniem wody występuje działanie dwutlenku węgla zawartego w powietrzu: najpierw ulega zgaszeniu zewnętrzna powłoka grudki wapiennej tj. zamienia się w wodorotlenek wapnia, zaś pod wpływem bezwodnika węglowego przechodzi w węglan wapnia, który stanowi pewnego rodzaju powłokę ochronną przeciw dalszemu gaszeniu się wapna. Ilość kwasu węglowego w powietrzu jest w zimie co najmniej taka sama jak w lecie: natomiast ilość wilgoci w powietrzu jest w lecie większa, i wilgoć ta oraz woda deszczowa przy temperaturze wyższej oddziałują silnie na wapno. Dlatego ziarna wapna palonego zawarte w cegle wolnoleżącej gaszą się w porze letniej szybko, rozsadzając cegłę, zaś w cegle wmurowanej w tempie o wiele powolniejszym.

Wapień nie rozpuszcza się w zwykłej wodzie, natomiast gips rozpuszcza się w stosunku 1:400 i może spowodować plamiste odbarwienie cegły po wypale. Zawartość w cegle większych bryłek gipsu podobnie jak wapienia jest szkodliwa, gdyż powoduje pęknięcie cegły podczas wypału. Natomiast obecność gipsu w stanie znacznie rozdrobnionym nie szkodzi, bowiem gips w temperaturze wypalania cegły traci znaczną część wody krystalicznej, a potem z trudnością ją przyjmuje. Skutkiem tego na cegle dobrze wypalanej zawierającej nawet do 1% gipsu wykwit nie występuje, chyba w cegle bardzo porowatej, gdzie gips ma możność krystalizować w porach przy współdziałaniu wody wchłoniętej z powietrza, lub przy zawilgoceniach

murów innego pochodzenia. Przez wypalanie w coraz wyższych temperaturach gips oddaje stopniowo wodę krystaliczną, stając się wytrzymalszym na wpływy atmosferyczne i odporniejszym na przyjmowanie wody, jednak nawet przy 600° C t. j. w temperaturze wypalania gipsu murarskiego, nie traci zupełnie własności przyjmowania wody i pęcznienia pod wpływem wytwarzającego się w obecności wody kwasu siarkowego.

Częstym a bardzo szkodliwym składnikiem gliny trzeciorzędowej jest dwusiarczek żelaza FeS_2 (piryt, markazyt) występujący w formie bryłek różnej wielkości od mikroskopowo drobnych począwszy. Ziarna pirytu krystalicznego mają żółtawy połysk metaliczny, markazytu połysk wpadający więcej w odcień zielony: częściej jednak występują w kształcie zwiędzłych już odłamków bezpostaciowych o zabarwieniu czerwonym lub czarnym. Przełom tak jednego jak i drugiego bywa drobnoziarnisty, zbity lub mimośrodkowy promienisty,

W glinie ułożonej w hałdy dla przemarzania następuje pod wpływem wody chemicznej rozkład dwusiarczku żelaza, przyczem siarka łączy się z zawartymi w glinie alkalicznymi siarkanami rozpuszczalnymi K_2SO_4 , Na_2SO_4 (sól Glauberska) i MgSO_4 (sól gorzka), które później w gotowym murze są przyczyną gwałtownego wietrzenia cegły. Dlatego wskazane jest suche zimowanie gliny zawierającej znaczne ilości dwusiarczku żelaza. W wysokiej temperaturze wypalania cegły rozkłada się dwusiarczek żelaza, przyczem żelazo łączy się z tlenem powietrza na tlenek żelaza o zabarwieniu czerwonym lub czarnym, zaś siarka z wodą zawartą w cegle na kwas siarkowy. Proces ten podsyca przez obecność pary wodnej i węgla nieraz odbywa się tak gwałtownie, że cegła się rysuje, a często pęka. Kwas siarkowy zazwyczaj uchodzi przez pory cegły na zewnątrz lecz na tej drodze ma możliwość łączenia się z zasadowymi substancjami gliny na sole rozpuszczalne, które potem mogą spowodować groźne dla cegły krystalizacje. Większe kawałki dwusiarczku żelaza przy wypalaniu cegły stapiają się ze składnikami gliny na krople szlaku o zabarwieniu czarnym, które psują wygląd cegły okładzinowej. Zawartość w glinie dwusiarczku żelaza w obecności ciał organicznych powoduje przy wypale pęcznienie i skręcanie się cegły. Wnętrze cegły jest czarne i niewypalone podczas gdy zewnętrzna powierzchnia jest gęsta. Skutkiem tego wytwarzający się

kwasy siarkowy i węglowy nie mogą przejść przez zagęszczoną zewnętrzną powierzchnię rozdmajanej cegły. W słabo wypalanej cegle może dwusiarczek żelaza pozostać w stanie nierozłożonym, lecz dopiero z czasem przyjmując tlen z powietrza przechodzi w siarczan żelaza, który czyni cegłę kruchą.

Ogólnie zawartość dwusiarczku żelaza w glinie jest dla cegły w wysokim stopniu szkodliwa, dlatego glina taka winna być poprzednio szlamowana lub neutralizowana przez odpowiednie domieszki. O ile znajdujące w surowej glinie bryłki są bezpostaciowe i ani kształtem krystalograficznym, ani połyskiem i barwą na pierwszy rzut oka nie robią wrażenia dwusiarczku żelaza, należy przeprowadzić badanie ich chemicznego składu przez sproszkowanie i ogrzewanie w probówce. Wywiązujący się przytem gaz dwutlenek siarki SO_2 daje się łatwo rozpoznać po gryzącym siarkowym zapachu. Inny sposób polega na skierowaniu płomienia dmuchawki na badaną bryłkę ułożoną na kawałku węgla drzewnego. Wówczas spalająca się na SO_2 siarka nadaje płomieniowi zabarwienie niebieskie, a pozostałe w bryłce żelazo przechodzi w tlenek żelaza Fe_2O_3 o barwie czerwonej. Sole rozpuszczalne magnezu, sodu potasu w związkach chemicznych MgSO_4 , Na_2SO_4 , K_2SO_4 , NaNO_3 , KNO_3 , NaCl , znajdujące się często już w glinie surowej utrudniają fabrykację cegły, a w gotowym murze tworzą wykwity powodujące gwałtowne wietrzenie. Obecność soli rozpuszczalnych daje się zauważyć już przy suszeniu cegły. Występowanie ich na powierzchnię zależne jest nie tylko od ich ilości lecz także od zawartości wody odparowującej podczas suszenia. Im glina jest tłustiejsza tem większa jest zawartość w świeżo uformowanej cegle wody hydroskopiijnej, która przeciętnie wynosi 25% objętości. Nawet przy dłuższem suszeniu nie następuje zupełna utrata wody, a przeważnie w praktyce ilość wody w cegle wysuszonej zmniejsza się do połowy. Reszta wyparowuje podczas wypalania i wówczas to zabiera ona ze sobą sole rozpuszczalne, które na powierzchni cegły trwale pozostają, nie dając się usunąć przez zmycie wodą, bowiem w temperaturze pieca tworzą nierozpuszczalne połączenia krzemionki. Tego rodzaju naloty psują zewnętrzny wygląd cegły zwłaszcza okładzinowej, lecz są nieszkodliwe i należy je odróżnić od właściwych wykwitów solnych krystalicznych, które występują później na wypalanej cegle, gdy dozna zawilgocenia. Te ostatnie

pozostają stale rozpuszczalnemi i na powierzchni muru czynią z biegiem czasu spustoszenie, które wyżej opisano.

Zawartość w glinie sodu, potasu i magnezu jest niebezpieczna ze względu na możliwość łączenia się ich ze siarką na wymienione sole rozpuszczalne (sól glauberska, gorzka itp.) zwłaszcza, że trudno zapobiedz istnieniu w cegle siarki, która pochodzi bądźto z rozkładu prawie zawsze obecnego w glinie pirytu, bądźteż dostaje się do wnętrza cegły z bezwodnikiem kwasu siarkowego zawartym w dymie węglowym podczas wypalania cegły lub w dymach węglowych wielkemiejskiego powietrza. W miejscowościach fabrycznych powietrze zawiera stosunkowo znaczne ilości bezwodnika kwasu siarkowego pochodzącego z dymów węgla kamiennego; np. w powietrzu londyńskim wykazały badania zawartość 2-ch gramów kwasu siarkowego na 1000 m³ powietrza. Cegła szczególnie maszynowa zachowuje się odpornie wobec dymów węglowych, gorzej cegła ręczna z powodu swej porowatości.

Krystalizacje soli rozpuszczalnych mogą się pojawiać nawet na zdrowej cegle, o ile te sole dostały się do wnętrza z gruntu, na którym cegła dłuższy czas była złożona, lub do niedostatecznie od gruntu izolowanego muru, o czem pomówimy szerzej w następującym ustępie.

Cegły zachowanych dotąd budowli średniowiecznych odznaczają się znaczną wytrzymałością na wpływy atmosfery, prawdopodobnie więc poświęcano dużo staranności przy ich wyrobie, przez dokładne wymrażanie gliny i neutralizowanie szkodliwych substancyj zapomocą odpowiednich domieszek. Przeważnie używano cegły porowatej, której glinę wychudzono grubym piaskiem. Przytem do wypału używano tylko drzewa, a nie węgla kamiennego, zawierającego szkodliwe związki siarkowe.

Występowanie wykwitów soli rozpuszczalnych na gotowym murze nie da się usunąć znanymi dotąd środkami, co najwyżej można jedynie ze względów estetycznych każdorazowo ścierać je szczotką, a następnie spłukać strumieniem czystej wody. Zmywanie fasad kwasami celem ich oczyszczenia jest niebezpieczne ze względu na możliwość wsiąkania kwasów i łączenia się z zasadowymi składnikami cegły na sole rozpuszczalne. Wykwity solne nie oszczędzają glazury ceglanej, a wewnątrz budynku niszczą tapety i obicia. Dlatego w razie ich gwałtownego występowania należy cegły szczególnie tem dotknięte wyciąć z muru i zastąpić nowemi.

Dla uniknięcia tych przykrych i w gotowym murze niedających się już uchylić objawów, należy cegłę dostarczoną badać uprzednio na zawartość soli rozpuszczalnych. Najprostszy sposób badania jest następujący: Naczynie szklane o szerokim otworze napełnia się wodą destylowaną, nakrywa się wygładzoną cegłą próbną, a następnie całość odwraca i pozostawia kilka dni w spokoju, aż cała wchłonięta przez cegłę woda odparuje, osadając na powierzchni ewentualnie zawarte w cegle sole rozpuszczalne.

2. Wykwity na powierzchni muru pochodzą też często z zaprawy wapiennej od soli alkalicznych i alkaliów ziemnych, które podobnie jak w glinie cegły albo znajdowały się w wapieniu, albo powstały podczas wypalania wapna. Używany do tego węgiel prawie zawsze zawiera sole, a szczególnie połączenia siarkowe. W wysokiej temperaturze pieca sole się ulatniają i zostają wessane przez wypalany wapień, albo zawarty w dymie węglowym bezwodnik kwasu siarkowego łączy się z alkalijskimi wapienia na siarkany alkaliczne, które później w wilgotnym murze występują jako wykwity. Często gips zawarty w wapieniu lub cegle ułożonej w murze przetwarza się z alkalicznymi połączeniami zaprawy na krzemian wapnia i niebezpieczny siarkan alkaliczny, sam gips jako taki rzadko występuje na powierzchnię w formie wikwitów.

Przy ostrożnem gaszeniu wapna można usunąć znaczną ilość soli rozpuszczalnych. Jeżeli wapno gaszone spuszcza się do świeżo wykopanych dołów, wówczas otaczająca ziemia wchłania nadmiar wody z gaszenia i odciąga sole rozpuszczalne. Natomiast jeżeli wapno gasi się zawsze w tych samych dołach, wówczas ziemia jest tak przesiąknięta solami, że ich już więcej nie odciąga; gorzej jeszcze gdy wapno gasi się w dołach murowanych. Naturalnie woda użyta do gaszenia, podobnie jak woda do zarabiania gliny na cegłę, winna być wolna od szkodliwych domieszek.

Pojawienie się krystalizacji solnych na gotowych murach budynków, murach oporowych itp. jest często następstwem nienależytej izolacji od gruntu. W ziemi bowiem znajdują się zawsze alkalia i składniki organiczne, pochodzące z rozkładu organizmów zwierzęcych i roślinnych. Substancje te z wodą gruntową dostają się do muru, a przy zetknięciu się z zaprawą wapienną wytwarzają sole rozpuszczalne, przedewszystkiem saletrę KNO_3 , chlorek wapnia CaCl i chlorek sodu NaCl .

Szczególnie silnie występują te objawy w pobliżu stajen, gnojowników, ustępów jako ognisk rozkładu ciał organicznych. Powstający przytem amoniak NH_3 , przechodzi pod wpływem powietrza i w obecności soli wapiennych i potasowych w saletrę KNO_3 , która z wilgocią grunтовую wnika do muru i krystalizuje na jego powierzchni. Występujące z zaprawy wapiennej wykwitły pochodzą często z węglanu wapnia CaCO_3 , co można stwierdzić przez zwilżenie kwasem solnym. Można to wytłumaczyć w ten sposób, że nadmiar wody w zaprawie wyciąga podczas wysychania na powierzchnię muru nieshydrytowany tlenek wapnia CaO , a ten łączy się z kwasem węglowym zawartym w powietrzu na węglan wapnia tworząc nierozpuszczalną powłokę. Wykwitły te jako nierozpuszczalne nie mają poważnych następstw dla muru, a jedynie szpecą jego wygląd. Nieco odmiennie tłumaczą się sople wapienia (węglanu wapnia) występujące np. na sklepieniach mostów, nienależycie izolowanych od nawierzchni. Oto woda deszczowa dostająca się z nawierzchni na sklepienia, przecieka przez nie, a zawarty w niej kwas węglowy rozpuszcza nierozpuszczalny w czystej wodzie węglan wapnia zaprawy i osadza na podniebieniu sklepienia w formie sopli. Czasami porowate cegły sklepienia wchłaniają też ten roztwór, który po nasyceniu cegły występuje na jej powierzchni w postaci dość twardej glazury.

Podobnie jak cegłę próbuje się zaprawę wapienną na zawartość soli rozpuszczalnych: Wysuszoną i pokruszoną zaprawę poddaje się działaniu kwasu węglowego, następnie wkłada ją do naczynia szklanego o szerokim otworze, napełnia naczynie wodą destylowaną i przykrywa otwór wygładzoną cegłą, którą poprzednio badano i uznano za wolną od zawartości soli rozpuszczalnych. Odwraca się naczynie wraz z cegłą otworem na dół i pozostawia w spoczynku przez parę dni. Jeśli zaprawa zawiera sole rozpuszczalne, wówczas z wodą dostają się one do wnętrza cegły i krystalizują na jej zewnętrznych powierzchniach.

3. Piasek nawet kopany użyty do zaprawy jest nieszkodliwy, o ile jest kwarcowy bez innych domieszek. Jeśli jednak zawiera odłamki ortoklazu t. j. alkalicznego krzemianu glinu $\text{K}_2\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{16}$, wówczas może nastąpić w połączeniu z gipsem zawartym zazwyczaj w wapnie przemiana chemiczna na łatwo rozpuszczalną sól mianowicie siarkan alkaliczny. W tym wypadku krystalizacje

solne występują szczególnie we fugach i przeważnie dopiero po upływie szeregu lat.

Zanieczyszczenie piasku substancjami organicznymi najczęściej humusem jest szkodliwe zwłaszcza przy zaprawach cementowych i betonie ze względu na zawartość w humusie silnie chemicznie działających produktów rozkładowych, pod wpływem których powstają sole rozpuszczalne. Nadto cząstki humusu jako trudno rozpuszczalne oblepiają ziarna piasku i utrudniają wiązanie się jego z zaprawą. W tym kierunku wskazane jest wykonanie następującej próby: Flaszkę o pojemności 350 cm^3 napełnia się piaskiem do objętości 130 cm^3 a następnie 3% lugiem sodowym Na OH dopełnia do 200 cm^3 . Po dokładnem mieszaniu przez potrząsanie pozostawia się naczynie przez 24 godzin w spokoju. Płyn ponad osiadłym piaskiem dostaje zabarwienie od przezroczystego względnie jasno-żółtego począwszy, do ciemno-brunatnego zależnie od zawartości humusu. Do zaprawy cementowej, względnie betonu nadają się tylko próbki o jasnym, względnie żółtym zabarwieniu płynu, do zaprawy wapiennej nawet cokolwiek ciemniejsze wpadające w odcień czerwony, jednak próbki brunatne należy wykluczyć od użytku.

4. Cement użyty do zaprawy zawiera często sole rozpuszczalne. Ogólny skład chemiczny cementów portlandzkich przedstawia się następująco:

60% wapna, 7.5% gliny, 23% krzemionki, 3.5% tlenku żelaza nadto mniejsze zawartości magnezu, alkaliów, gipsu, bezwodnika kwasu siarkowego i t. p. Magnez zawarty w większej ilości jest szkodliwy, bowiem powoduje pęcznienie. Tosamo ma miejsce przy większych zawartościach kwasu siarkowego. Alkalja są niepożądane ze względu na możliwość tworzenia się soli rozpuszczalnych, a w rezultacie występowanie ich krystalizacji na powierzchni konstrukcyj betonowych, lub murów z cegły ułożonych na zaprawie cementowej lub wapienno-cementowej, co przedstawia szczególnie niebezpieczeństwo dla cegły. Można zaobserwować na murach świeżych nie pokrytych wyprawą i wystawionych przez to szczególnie na działanie atmosferycznej wilgoci, względnie zawierających wilgoć ze świeżej zaprawy, występowanie nalotów solnych w miejscach, gdzie użyto zaprawy cementowej lub wapienno-cementowej np. w łękach nadokiennych i cienkich filarach. Z tego powodu należy unikać zapraw cementowych w murach zewnętrznych narażonych na wilgoć atmosferyczną, oraz we

wszelkich murach dostępnych dla wilgoci czy to gruntowej, czy też innego pochodzenia.

Zaprawy cementowe zwłaszcza nowe wydzielają często wodorotlenek wapnia, który pod działaniem bezwodnika węglowego z powietrza przechodzi w węglan wapnia. Naloty te są dla zaprawy cementowej szczególnie niebezpieczne. Albowiem gips znajdujący się w cemencie, lub powstający z zawartego w cemencie wapna pod działaniem bezwodnika kwasu siarkowego obecnego w dymach węglowych, wytwarza w połączeniu ze składnikami cementu, a mianowicie wodorotlenkiem wapnia, gliną i wodą, groźną sól podwójną znaną pod nazwą „bakcyła cementowego“, która krystalizując we formie gwiazdzistej powiększa znacznie swą objętość i rozsadza bardzo szybko zaprawę. Dlatego odpowiednie są na działanie dymów węglowych cementy o małej zawartości gliny i wolnego wodorotlenku wapnia.

Do tych należą cementy z rud (Erzzemente) wytwarzane w sposób podobny jak cement portlandzki, w których jednak glina zastąpiona jest przez tlenek żelaza względnie manganu, oraz cementy z pieców wysokich (Hochofenzemente) ubogie w wodorotlenek wapnia, a użytkiwane przez zmielenie na pył ziarnistego żużla z pieców wysokich z dodaniem najmniej 15% cementu portlandzkiego.

W ostatnich czasach próbowano cement portlandzki zapomocą odpowiednich domieszek uodpornić na działanie wody zawierającej związek siarkowy lub kwas węglowy, a to przez związanie zawartego w cemencie wapna palonego. Najstosowniejszą domieszką okazały się połączenia krzemionki, która z wapnem palonym daje związki nierozpuszczalne i chemicznie trwałe. Do takich należy np. tras oraz masowy produkt odpadkowy w przemyśle chemicznym znany w Niemczech pod nazwą „Si-Stoff“.

Tras jest to sproszkowany tuf wulkaniczny występujący w okolicach nadreńskich i Bawarii. Dzięki znacznej zawartości wolnej krzemionki jest on bardzo dobrym środkiem wiążącym użyty jako domieszka do zaprawy cementowej nawet w małej ilości np. 10% objętości cementu. W szczególności zwiększa wytrzymałość, gęstość, elastyczność i odporność na kwasy betonu.

Przy murowaniu podczas mrozu dodaje się często w praktyce soli lub sody do zapraw cementowych celem obniżenia ich temperatury marznięcia. Zwyczaj ten należy

potępić, bowiem tak soda jak i sól kuchenna rozpuszczają się we wodzie i przy zawilgoceniu muru występują jako groźne dla cegły wykwyty. Natomiast wskazaniem jest podgrzewanie wody i piasku przed ich użyciem do zaprawy, ograniczenie dodatku wody do najniezbędniejszej ilości i zastosowanie szybko wiążącego cementu.

Wietrzenie zapraw cementowych może być również następstwem działania soli rozpuszczalnych przedostających się do murów z ziemi wraz z wilgocią gruntową, podobnie jak to wyżej opisano w odniesieniu do zaprawy wapiennej. Sole te bądźto w swym pierwotnym składzie chemicznym, bądź też zmienione przez łączenie się ze składnikami zaprawy cementowej względnie przez bakteriologiczne procesy nitryfikacyjne i oksydacyjne, niszczą molekularną spójność zapraw cementowych na powierzchni cokołów budowli, murów oporowych i t. p. Zawartość gipsu w ziemi użytej do zasypania z tyłu murów oporowych może spowodować nie tylko normalne wietrzenie powierzchniowe zaprawy, lecz także gwałtowne objawy pęcznienia i odsadzania wyprawy. Występujące na murach stajennych wykwyty pochodzą od saletry powstałej z połączeń amonowych przy współdziałaniu bakterji, a również od chlorku sodu (sól kuchenna) zawartego w moczu zwierzęcym.

Woda opadowa i gruntowa sprawia niemniej groźne spustoszenia przez wylugowanie pewnych składników zaprawy cementowej, czego następstwem jest zmniejszenie wytrzymałości murów i betonowych konstrukcji dźwigających. Odnosi się to w pierwszym rzędzie do zawartego w zaprawie cementowej w znacznej ilości i łatwo rozpuszczalnego wodorotlenku wapnia. Prócz tego zawiera stwardniała zaprawa cementowa znaczne ilości wapna luźnie związanego w zasadowych połączeniach krzemionki, glinu i żelaza, któreto wapno może pod wpływem długotrwałego działania wody uwalniać się z tych związków i rozpuszczać na wodorotlenek wapnia. Procesom tym towarzyszy kurczenie się zapraw skutkiem utraty substancji, objawiające się na zewnątrz powstawaniem siatkowych porysowań.

Jako środki zapobiegawcze przeciw opisanym chemicznym objawom wietrzenia wymienić należy:

używanie wypróbowanych pod względem składu chemicznego cementów zatem o możliwie małej zawartości gipsu, magnezu, alkaliów i kwasu siarkowego, względnie cementów, w których działanie tych szkodliwych składników usunięto przez stosowne domieszki neutralizujące,

ochronę murów i konstrukcji betonowych od wilgoci gruntowej i opadowej zapomocą izolacji względnie powlekania i napawania powierzchni odpowiednimi preparatami, wytworzenie na powierzchni zespołów betonowych naturalnej powłoki nierozpuszczalnego węgla wapnia, przez wystawienie ich dłuższy czas na działanie otaczającego powietrza, zawierającego zawsze bezwodnik węglowy, jednak przy zabezpieczeniu budowli od dostępu wody.

Zawilgocone zaprawy cementowe niszczej \dot{a} często skutkiem pęcznienia, mającego swe źródło w składzie chemicznym cementu, a mianowicie zawartości wapna, gipsu i magnezu. Pęcznienie może spowodować nadmierną zawartość wapna w cemencie, który nie został dostatecznie silnie wypalony, albot \dot{e} ż gdy przy fabrykacji cementu nie nastąpiło dokładne zmielenie i wymieszanie gliny z wapieniem tak, że większe ziarna wapna nie mog \dot{a} c z glin \dot{a} łączyć się chemicznie, gasz \dot{a} się pod wpływem wody zaprawy, pęczniej \dot{a} i rozsadzaj \dot{a} częstokroć ju \dot{z} związan \dot{a} zaprawę. Pęcznienie od gipsu jest skutkiem nadmiernej jego zawartości w cemencie. W ka \dot{z} dym razie ilośc gipsu 2—2,5% jak \dot{a} się dodaje przy fabrykacji cementu, celem uregulowania czasu wi \dot{a} zania, jest nieszkodliwa.

Magnez w postaci dolomitu lub zawieraj \dot{a} cego magnez wapienia, wyst \dot{e} puj \dot{a} c \dot{y} w materiałach surowych u \dot{z} ytych do fabrykacji cementu wywołuje w gotowym fabrykacie pod wpływem wody opadowej czy gruntowej silne pęcznienie, objawiaj \dot{a} c \dot{e} się dopiero po upływie dłuższego czasu. Proces ten jest tem silniejszy im zawartość magnezu większa, oraz im cement jest silniej wypalony, natomiast osłabia się przez dodatek piasku, zatem w zaprawach chudych. Zawartość magnezu w zaprawie cementowej przedstawia szczególne niebezpieczeństwo, ponieważ próby cementu na pęcznienie zazwyczaj wykonywane przed budow \dot{a} , nie daj \dot{a} w tym kierunku rozpoznania z powodu bardzo powolnej hydratyacji magnezu. Niemieckie normy co do badania cementów portlandzkich dopuszczaj \dot{a} zawartość magnezu do 5%, jednak doświadczenia wskazuj \dot{a} , że ju \dot{z} ponad 4% objawy pęcznienia wyst \dot{e} puj \dot{a} .

Dla uchronienia się od pęcznienia cementu z jakichkolwiek przyczyn, nale \dot{z} y zawsze wykonać próbę przed jego u \dot{z} yciem. Najszybsz \dot{a} jest metoda Dra Michaelisa polegaj \dot{a} c \dot{a} na tem, że się kr \dot{a} żek wykonany z czystego cementu, zaczynionego wod \dot{a} , ułożony na płytce szklanej pozostawia na przeciąg 24 godzin w szczelnej skrzynce

cynkowej nasyconej wilgocią, a następnie wkłada do naczynia z zimną wodą i gotuje przez dwie godziny, przy czem krążek ten winien być w tem naczyniu zawieszony, by nie dotykał jego ścian. Po tej próbie krążek powinien pozostać gładkim bez rys i pęknięć.

Metoda Michaelisa nie zawsze daje pewne wyniki, dlatego o ile na to czas pozwala wskazane jest przeprowadzenie drugiej próby polegającej na tem, że krążek taki po wyjęciu ze skrzynki wkłada się do wody na przeciąg 28 dni. Po upływie tego czasu winien krążek okazywać poprzednią konsystencję bez jakichkolwiek porysowań.

Ogólnie należy stwierdzić, że podobnie jak to ma miejsce w innych materiałach budowlanych, wszelkie sole rozpuszczalne, a przedewszystkiem siarkany jako to: sodu, potasu, magnezu, wapnia, oraz siarkany amonowe działają szkodliwie na cement. Również rozkładają one połączenia glinowe cementu, przyczem powstaje najgroźniejszy produkt rozkładowy tj. siarkan wapienno-glinowy czyli t. zw. bakcyl cementowy. Poza wypadkami oddziaływania na cement wód siarkowych, wody morskiej, oraz wód zanieczyszczonych odpadkami przemysłów chemicznych, które to wypadki nie wchodzą w zakres niniejszej rozprawy, sole te wytwarzają się w zaprawie cementowej (betonie) pod wpływem wód opadowych, dymów węglowych zawartych w powietrzu, oraz wilgoci gruntowej.

Dlatego jako środki zapobiegawcze wymienić należy przedewszystkiem uprzednie próby cementu, izolację zespołów cementowych od wilgoci gruntowej, wreszcie osłonięcie, względnie impregnowanie odpowiednimi preparatami zewnętrznych powierzchni wystawionych na działanie opadów atmosferycznych.

5. Gips użyty jako zaprawa do muru, względnie zaprawa zewnętrzna daje bardzo rzadko krystalizacje solne na powierzchni. W niektórych okolicach, posiadających obfite złoża gipsu ziarnistego i płatowego, używa się prawie wyłącznie jako zaprawy gipsu, który wypalany w wysokich temperaturach oddaje prawie całą wodę krystaliczną, a potem w zaprawie bardzo powoli wiąże. W monumentalnych budowlach staroegipskich spotyka się przeważnie zaprawy gipsowe, w których pewna ilość wapienia mogła być naturalną przymieszką zawartą już w złożu gipsowem. Nie jest też wykluczone, że umyślnie dodawano przed wypałem do gipsu grudki wapienia, względnie do zaprawy gipsowej używano jako środka wychudzającego i opóź-

nającego czas wiązania gruzu wapiennego ze starej zaprawy, czem się tłumaczy mała i wahająca ilość części rozpuszczalnych. Analiza zaprawy użytej do budowy Sfinksa w Gizeh wykonana przez Lukasa dała następujący wynik: części nierozpuszczalne 9·97%, rozpuszczalna SiO 2·67%, Fe_2O_3 } 1·48%, CaO 35·60%, MgO 0·56%, SO_3 21·79%, Al_2O_3 } CO_2 16·34%, H_2O 11·59%, razem 100·00%.

Jako zaprawy do muru i wyprawy zewnętrznej używa się gipsu t. zw. murarskiego wypalanego w wysokich temperaturach powyżej 500° do 950° C, i skutkiem tego wolno wiążącego. Zazwyczaj używa się do zaprawy gipsu czystego bez domieszki piasku, który powoduje zmniejszenie wytrzymałości zaprawy. Nawet zaprawa gipsowa z dodatkiem wapna i piasku okazuje mniejszą wytrzymałość niż zaprawa czysto gipsowa. Piasek użyty winien być bezwarunkowo czysty bez domieszki gliny, a to z uwagi na możliwość wytwarzania się niebezpiecznych połączeń chemicznych, które poprzednio opisano (bakcyl cementowy). Również należy wykluczyć domieszkę cementu, która powoduje pęcznienie zaprawy. Zaprawa gipsowa ma nad wapienną tą wyższość, że jest łatwo przyczepna, nawet na kamieniu, zatrzymuje stale jasną barwę, względnie przyjmuje łatwo farbę i znosi niskie temperatury 5—10° C niżej zera. Zaprawa gipsowa potrzebuje dużo wody do wiązania, zatem kamienie muru winny być należycie zwilżone, natomiast we wilgotnych murach gipsu używać nie należy, ponieważ nie wysycha i źle wiąże. Gips sztukatorski wypalony przy 180° C jest hydroskopijnym, zatem niewytrzymałym na wpływy atmosferyczne i może być tylko użyty w suchych wnętrzach. O ile służy do wyprawy ścianek systemu Rabitza, należy używać siatek żelaznych pocynkowanych, bowiem pod wpływem wilgoci wchłoniętej z powietrza wytwarza się rozpuszczalny siarkan żelaza, który plami ściany i niszczy wyprawę podobnie jak inne omawiane poprzednio sole rozpuszczalne.

6. Wietrzenie chemiczne kamienia naturalnego dokonuje się w sposób bardzo rozmaity zależnie od jego składu chemicznego, porowatości i uwarstwienia. Czynnikiem rozkładowym jest woda opadowa zawierająca pewne ilości tlenu i bezwodnika węglowego, a w miejscowościach fabrycznych bezwodnika siarkowego, oraz woda gruntowa obfitująca w znacznie wyższym stopniu w kwasy i sole rozpuszczalne. Tlen powoduje niszczenie przez oksydację

kamieni o składnikach metalicznych, bezwodnik węglowy rozkład kamieni zawierających wapień, bezwodnik siarkowy wytwarzanie się w połączeniu ze składnikami kamienia siarkanów rozpuszczalnych.

W rezultacie dawniejszych prób na atmosferyczną odporność podzielono kamienie naturalne na następujące grupy;

I. Kamienie, w których z powodu ich struktury, rodzaju porów, lub innych przyczyn działanie mrozu występuje w mniejszej zależności od chemicznego działania wody atmosferycznej, a w każdym razie to ostatnie przewyższa. Tutaj należy większość porowatych, ziemistych, kruchych tufów wulkanicznych, niektóre piaskowe, wogóle skały okruchowe o gliniastem, marglistem, łyszczykowym i albo zbyt obfitem, albo zbyt skąpem lepiszczu, wreszcie porowate wapienie.

II. Kamienie, w których działanie mrozu początkowo nieznaczne, występuje dopiero silnie po przygotowaniu przez działanie chemiczne wody i to ostatnie potem przewyższa. Zaliczyć tu należy niektóre granity obfite w biotyt (Łyszczyk magnezjowy), niektóre kamienie krzemionkowe, wapienie i marmury, łupki gliniaste, piaskowce i t. p.

III. Kamienie, które z powodu chemicznej odporności zbitej struktury, lub przeciwnie bardzo dużej porowatości, przedstawiają wszechstronną wytrzymałość (nawet na mróz). Należą tu: granit, syenit, porfir, bazalt, gnejs, fillit, gęste piaskowce.

III a. Kamienie, które mimo wrażliwości chemicznej, są dosyć odporne na wietrzenie dzięki znacznej gęstości i jednostajnej strukturze. Grupę tą stanowią drobno i średnio krystaliczne marmury, wapienie, dolomity, serpentyn.

Na niektórych kamieniach, mianowicie piaskowcach, występuje wietrzenie płatowe polegające na tem, że z biegiem czasu powstaje na powierzchni twarda krusza, poza którą miążs kamienia jest silnie pokruszony względnie rozdrobniony na pył. Objaw ten, poprzednio już opisany, jest następstwem wylugowania, względnie wypłukiwania przez wodę opadową, czy gruntową zawartą w kamieniu, pewnych składników mineralnych. Przez dłuższe oddziaływanie wody składniki te przetwarzają się na wodorotlenki i przechodzą w stan kolloidalny t. j. stan rozpuszczenia cząstek we wodzie, któremu miążs kamienia nie przeciwstawia już własności filtracyjnych. Woda odpar-

wując, osadza te składniki w zewnętrznej warstwie kamienia, która przez to doznaje zagęszczenia. Najskuteczniej działa tutaj wypłukana krzemionka t. j. wodorotlenek krzemionki w stanie kolloidalnym, bowiem nie tylko sama wiąże hydraulicznie, lecz także wchodzi w związki trwałe z innymi wypłukanymi substancjami.

Podobnie działają węglan wapnia, wodorotlenek żelaza, a nawet przelotnie gips wytworzony przez gazy dymowe. Proces infiltracyjny koncentruje się w dolnej części lica kamienia tak, że górna powierzchnia może przyjmować dalej wilgoć atmosferyczną, która opadając gromadzi się za stwardniałą krustą i w dalszym ciągu prowadzi proces chemicznego rozkładu przy spółdziale mrozu.

III. Wietrzenie organiczne pochodzi od drobnoustrojów roślinnych, które wraz z pyłem unoszącym się w powietrzu dostają się w nierówności zewnętrznych powierzchni murów, tutaj osiadają, kiełkują, a rozrastając się rozsadzają substancję materiału budowlanego. Najpowszechniej występują porosty, których plecha (thallus) stanowi splot dwu ustrojów roślinnych, mianowicie komórek z gatunku alg (gonidia), zawierających chlorofil, oraz grzybka należącego do gatunku ascomycetes, którego włókna pozbawione chlorofilu oplatają skupienia komórek algii. Oba wymienione organizmy żyją w pewnego rodzaju symbiozie, względnie stosunku pasożytniczym, czego dotychczas ściśle naukowo nie ustalono, a substancje odżywcze jak wodę, bezwodnik węglowy i pewne mineralne składniki czerpią z podłoża.

Pewne porosty, żyjące na czysto kwarcowym kamieniu, pobierają z niego tylko nieznaczne ilości okrzemku, zaś inne substancje potrzebne czerpią z pyłu, unoszącego się w powietrzu. Tego rodzaju porosty o skromnych potrzebach życiowych mogą się pojawiać na wszelkich materiałach budowlanych, podczas gdy inne występują tylko na kamieniach wapiennych i krzemianowych. Ten dobór podłoża charakteryzujący wszystkie wogóle ustroje roślinne, stwierdzono też u porostów i tak n. p. alga „*Porphiridium cruentum*“ o barwie purpurowej unika betonu, a chętnie osiada na murze kamiennym.

Porosty wapienne, t. j. gnieźdzące się wyłącznie na wapieniach, ustosunkowują się w ten sposób w porach kamienia, że komórki algii wypełniają zagłębienie względnie szczelinę, a włókna grzybka zatykają wlot do niej na powierzchni kamienia. Wciskanie się porostów w głąb

materiału odbywa się nie tylko mechaniczną siłą rozrastania, lecz także drogą chemicznego rozkładu substancji zapomocą wydzielonych kwasów; dlatego włókna porostu nie omijają twardszych kryształów, lecz przewiercają je, utrzymując tendencję rozrostu prostopadle do lica muru.

Te drobnoustroje w murach ceglanych prawie nigdy nie przerastają poprzez całą ich grubość z powodu dezynfekcyjnie działającego wapna zaprawy. Może się to zdarzyć natomiast w murach z kamienia ciosowego o stosunkowo małej ilości zaprawy wapiennej, lub gdy własność sterylizacyjna wapna została zneutralizowana przez dostanie się do muru kwasu siarkowego, uryny i t. p.

Podobne działanie mechaniczno-chemiczne wywierają ustroje wyższe w szczególności mchy. Po ich usunięciu na gładkiej pierwotnie powierzchni kamienia pozostają rowki i zagłębienia, oraz rozluźnienia, względnie pokruszona zewnętrzna jego warstwa. Te nierówności dają sposobność do dalszego wietrzenia przez zatrzymywanie się w nich wody atmosferycznej.

W poprzednim rozdziale wspomniano o wytwarzaniu się saletry w murach, do których dostaje się amoniak, z rozkładających się w najbliższym otoczeniu ciał organicznych. Otóż badania wykazały, że proces ten odbywa się nie tylko drogą chemiczną, lecz także przy spóldziale pewnych drobnoustrojów grzybkowych oznaczonych mianem „nitromony“.

Pasożytujące na tkance drzewnej grzybnie suchej próchnicy zazwyczaj nie przedostają się do muru z powodu grubych a krótkich rozgałęzień, natomiast t. zw. grzyb domowy (*merulius lacrimans*) posiada nitki długie i tak cienkie, że mogą wnikać w pory muru. Grzyb ten jednak nie znajduje w murze potrzebnej mu substancji odżywczej t. j. węgla, i dlatego nie mając warunków rozwoju nie niszczy zwięzłości muru. Mimo to przedstawia niebezpieczeństwo dla całości budynku, bowiem nawet po wymianie zagryzionych konstrukcji drewnianych łatwo przerzuca się z powrotem na nowe.

Ochrona materiałów budowlanych przed wietrzeniem.

Omawiając wyżej przyczyny atmosferycznego wietrzenia wskazano niektóre sposoby zapobiegania temu przez odpowiedni dobór materiałów konstrukcyjnych i zapraw bądźto na podstawie poprzednich doświadczeń, bądź też prób laboratoryjnych, względnie prób wykonanych na miejscu budowy.

Ogólnie stwierdzono, że najgroźniejszym czynnikiem destrukcyjnym jest woda opadowa i gruntowa, ponieważ wprowadza do muru związki mineralne i organiczne, względnie zawarte w materiale składniki rozpuszczalne wylugowuje i doprowadza do niszczącej spójności materiału krystalizacji, nadto sama woda jako taka ułatwia rozwój drobnoustrojów roślinnych, a przeistoczona w lód wspomaga proces erozji.

Od najdawniejszych czasów usiłowano zapobiedz temu, ochraniając zewnętrzne powierzchnie budowli przed dostępem wody opadowej tak w samej konstrukcji budowli przez rozszerzanie gzymsów okapowych i odaszeń, znaczne odsuwanie od muru rur deszczowych i akroterji, jak też napawanie powierzchni murów uodporniającymi preparatami.

Izolacja murów od wilgoci gruntowej jest zdobyczą czasów nowszych, przyczem używane tutaj materiały jak asfalt, ołów, szkło, zapewniają zupełną nieprzepuszczalność. Dla ochrony cokołów od odpryskującej wody deszczowej należy unikać okładzin z piaskowca o lepiszczu wapiennym i gliniastem, a nawet z pośród kamieni o lepiszczu krzemionkowym należy wybierać najtrwalsze.

Pozatem w zastosowaniu kamienia okładzinowego należy przestrzegać pewnych zasad i tak:

1. Materiałom wybitnie porowatym należy dawać pierwszeństwo przed drobno porowatymi z przyczyn poprzednio opisanych, t. j. ze względu na możliwość rozprzestrzeniania się lodu, nadto ponieważ kamień o strukturze gęstej jak dobry przewodnik ciepła poci się od pary wodnej zawartej w powietrzu, podczas gdy kamień porowaty pozostaje stale suchy, ułatwia wentylację pomieszczeń i daje się lepiej obrabiać.

Natomiast materiały bardzo zbite, jak np. niektóre wapienie drobno krystaliczne i marmury posiadają dużą odporność na wpływy atmosfery, bowiem ich struktura nie dopuszcza wody do wnętrza.

2. Nie należy wbudowywać kamienia ciosowego dostarczonego świeżo z kamieniołomu, lecz pozostawić jakiś czas dla przesuszenia na wolnym powietrzu w miejscu ochronionem od opadów atmosferycznych.

Również nie należy używać świeżego kamienia łamanego do murów a szczególnie fundamentów, w których jest narażony na działanie kwasów znajdujących się w gruncie.

3. Osadzając kamień w murze należy zwracać uwagę na jego uwarstwienie i nadawać mu takie położenie jakie posiadał w złożu skalnym. Kamień o widocznym uwarstwieniu ułożony w murze płaszczyzną warstwy zwróconą do lica muru wietrzeje szybko z powodu rozsadzania przez lód mniej spoistych części międzywarstwowych. Zasada powyższa nie da się przeprowadzić w smukłych formach architektonicznych, a więc kamiennych obramieniach okien, laskowaniach gotyckich i t. p.; tutaj należy używać materiału o strukturze zbitej bez wyraźnego uwarstwienia.

4. Kamienie spękane nawet tylko włoskowato, czy też posiadające niejednostajne zabarwienie rdzawe wskazujące na obecność tlenku żelaza, wreszcie zawierające większe wtrącenia gliny, należy wyłączyć od użycia.

W poprzednich rozdziałach wskazano niektóre sposoby i metody, mające na celu uodpornić materiały budowlane na wpływy atmosfery, obecnie omówimy niektóre preparaty służące do ochrony tych materiałów przed wilgocią opadową i gruntową. Jedne z tych preparatów służą do powlekania i napawania materiałów gotowych jak kamień, cegła i beton związany, inne mają zastosowanie jako domieszka do materiałów wytwarzanych na miejscu budowy, jak wszelkie zaprawy i beton w czasie wykonywania.

Do pierwszych należą przede wszystkim powłoki działające tylko przez mechaniczne niedopuszczanie wilgoci do materiału budowlanego, a nie mające z tym materiałem żadnego pokrewieństwa. Należą tutaj powłoki terowe jak Inertol, Nigrit, powłoki bitumiczne jak np. Preolit, lub asfalt naturalny, albo żywiczne jak np. Margalit. Preparaty te tworzą na danym materiale warstwę nieprzepuszczalną, która od czasu do czasu musi być odnawiana, gdyż z powodu oksydacji z czasem pęka i odpada.

Preparaty te oczywiście nie nadają się dla materiałów stanowiących części widoczne architektury. W tych wypadkach mają zastosowanie środki impregnacyjne, które ściśle biorąc nie zmieniają zewnętrznej struktury materiałów, lecz tylko zagęszczają ich powierzchnię. Należą tu preparaty oleiste o dużej wsiąkliwości jak np. czysty pokost rozcieńczony naftą, lecz przede wszystkim preparaty o składzie częściowo pokrewnym substancji materiału budowlanego, a mianowicie szkło wodne i fluorokrzemiany

czyli fluaty, mające nad oleistymi tę wyższość, że przy racjonalnem użyciu nie zatykają zupełnie porów materiału budowlanego, a przez to nie czynią go tak podatnym na rozmarzanie.

Napawanie tymi wszystkimi preparatami winno się odbywać w porze suchej i ciepłej na dokładnie oczyszczonej i umytej powierzchni kamienia. Impregnację rozpoczyna się od rozczyńców najrzadszych, aby umożliwić głębokie ich wniknięcie.

Szko wodne potasowe lub sodowe 33% (pod względem chemicznym krzemian alkaliczny) rozcieńcza się 3-ch krotną ilością wagi czystej wody i roztwór ten nakłada się czystym pędzlem malarskim, lub rozpyla pod ciśnieniem powietrza na daną powierzchnię. Ten proceder powtarza się 2—4 razy używając coraz gęstszych roztworów zależnie od chłonności kamienia, jednak nie przekraczając minimalnego stosunku wagi wody do szkła wodnego jak 1 : 1.

Wskazane jest wykonanie poprzednio prób na danym materiale dla wypośrodkowania stosunku rozczyńcy zależnie od szybkości wsiąkania. Nie należy bezwarunkowo dopuścić do zeszkliwienia się zbyt gęstego preparatu na powierzchni materiału, gdyż przez zatkanie porów mogą przyległe warstwy uleść rozmrożeniu. W porównaniu z fluatami szkło wodne przedstawia pewne strony ujemne i chociaż znacznie tańsze i wszędzie do nabycia, nie jest zbyt polecenia godne. W szczególności:

1. Krzemiany alkaliczne wprowadzają w głąb materiału budowlanego prócz krzemionki jako składnika istotnie utrwalającego, także alkalia t. j. sól, względnie potas, które pod wpływem wody i bezwodnika węgla tworzą niebezpieczne sole rozpuszczalne.

2. Powierzchnie kamienia powlekane szkłem wodnem ciemnieją i pokrywają się plamami brunatnemi.

3. Nawet przy bardzo ostrożnej impregnacji rozczyńcy szkła wodnego niejednokrotnie zatyka pory danego materiału.

4. Krzemiany alkaliczne są nierozpuszczalne w wodzie nawet w temperaturze wrzenia, a stają się niemi dopiero pod ciśnieniem, co się da przeprowadzić tylko drogą fabrykacji. Nie mogą więc być dostarczane w stanie suchym, lecz w roztworze z 2-ma częściami wody; stąd znaczniejsze koszta transportu. Przytem roztwory krze-

mianów alkalicznych ulegają rozkładowi nawet w naczyniach hermetycznych. Krzemionka, która jest substancją pożyteczną osadza się, a pozostaje w roztworze pierwiastek szkodliwy t. j. sól, względnie potas. Na powietrzu rozkład postępuje o wiele szybciej pod wpływem bezwodnika węglowego, a podczas mrozu rozczyń marznie, rozsadzając naczynie.

Fluaty są to sole fluoro-krzemianowe po raz pierwszy wytwarzane przez M. Kesslera i wyrabiane dotąd w założonej przez niego fabryce w Clermont-Ferrand we Francji. Preparaty te wysyła wytwórnia w formie kryształów w kilku odmianach zależnie od rodzaju i stopnia chłonności danego materiału. Np. dla materiału o średniej chłonności używa się fluatu magnezu w roztworze z wodą o stosunku wagi 2 ilości wody na 1 ilość kryształów t. j. przy 20–25° areometru Baumé; dla materiału o znacznej chłonności — fluatu „podwójnego“ w roztworze 1 : 1 t. j. 40° Baumé. Preparaty te roztwarza się w naczyniach drewnianych lub glinianych, w każdym razie nie metalowych, a nakłada się na materiał pędzlem szczecinowym.

Na 1 m² powierzchni do utrwalenia wypada około 300 gr fluatu w kryształach, co kosztuje łącznie z transportem do granicy Francji około 5 franków francuskich. Obecnie wyrabia też fluaty pod nazwą „Lithurine“ firma Hans Hauenschild. Hamburg I, Chilehaus.

Utrwalone fluatami powierzchnie kamienia nabywają takiej twardości, że można je gładzić i polerować. Powstałe z wietrzenia płytkie zagłębienia i odkruszenia naprawia się wypełniając je zaprawą utworzoną z mialu tego samego kamienia i $\frac{1}{3}$ objętości cementu. Po wyschnięciu nakłada się na powierzchnię w ten sposób uzupełnioną serję warstw fluatu, przechodząc od rozczyńów bardzo rzadkich do normalnych 4°, 12°, 20°, 40°, Baumé. Należy przytem zwracać uwagę szczególnie przy początkowych 2 powleczeniach, by kamień natychmiast wchłaniał rozczyń, w przeciwnym razie bezwodnik węglowy wydzielany przez nałożoną ciastowatą masę nie znajdując ujścia może odsadzać zewnętrzną stwardniałą warstwę. Jeśli zatem się spostrzeże, że płyn nie wsiąka dość szybko należy przerwać impregnację aż do wyschnięcia kamienia. Dopiero gdy fluat przeniknął poprzez ciastowatą masę do kamienia, powierzchnię można uważać za utrwaloną, a po jej stwardnieniu można ją wygładzić pomeksem.

Pod względem chemicznym przedstawia proces fluatacji reakcję, przy której wprowadzone w rozczyńie skła-

dniki wraz ze składnikami kamienia tworzą związki nierozpuszczalne we wodzie. Np. działanie chemiczne fluatu magnezu na kamień wapienny wyraża się następującem równaniem chemicznem: $Mg\ Si\ Fl_6 + 2\ Ca\ CO_3 = SiO_2 + Mg\ Fl_2 + 2\ Ca\ Fl_2 + 2\ CO_2$. Wytwarzające się połączenia mianowicie krzemionka, fluorek magnezu i wapnia jako nierozpuszczalne w czystej wodzie stanowią substancję utrwalającą, zaś bezwodnik węglowy uchodzi podczas impregnacji wywołując pienienie się nakładanego roztworu. Potwierdzenie tej reakcji otrzymuje się filtrując roztwór fluatu poprzez cienką płytkę porowatego wapienia. Wówczas przesącza się tylko czysta woda, a składniki stałe fluatu pozostają w płytce związane chemicznie z jego substancją.

Piaskowce wapienne składają się z krystalicznych ziaren wapienia stosunkowo twardych i nieprzepuszczalnych spojonych lepiszczem wapiennym miękkim i porowatym. Otóż fluaty utrwalają tylko to słabe lepiszcze omijając ziarna, które utrwalaenia nie potrzebują, z czego wynika znaczna ich oszczędność. Można to stwierdzić na impregnowanym już kamieniu, którego powierzchnia powlekana w dalszym ciągu fluatem nie wytwarza już burzącej się piany. Jeżeli jednak zetrze się pumeksem wierzchnią warstwę i ponownie powlecze fluatem, wówczas burzenie się roztworu fluatu występuje nie na lepiszczu poprzednio nasycionem lecz tylko na ziarnach, które zostały przez pumeksowanie przecięte, jednak ustaje natychmiast, ponieważ ziarna nie są przepuszczalne.

Wszystkie powłoki i wyprawy z wapna tłustego i hydraulicznego doznają podobnego jak kamienie utrwalaenia przez fluatowanie, winny jednak poprzednio być należycie suche i związane. Fluatowanie należy przeprowadzać aż do przeniknięcia roztworu do cegły przez całą grubość wyprawy, w przeciwnym razie wyprawa mogłaby pod działaniem naprzemian wody i mrozu oddzielać się od muru. Jest rzeczą zrozumiałą, że utrwalaenie wypraw zapomocą fluatu może się opłacać tylko przy fasadach dekoratywnych, których obrobienie przedstawia znaczne koszty.

Budowle betonowe i żelazno-betonowe, których architektura wymaga pozostawienia ich zewnętrznych powierzchni w stanie naturalnym mogą być z korzyścią utrwalaene przy pomocy fluatu magnezu, który utrudnia dostęp wody opadowej do wnętrza konstrukcji i wiąże

zawarte w betonie alkalja. Zwłaszcza beton chudy wykonany z cementu powoli wiążącego lub zwiertzałego i skutkiem tego bardzo porowaty i hydroskopijny, może być z korzyścią traktowany tym fluatem. Tosamo dotyczy kamieni sztucznych, których głównym składnikiem i lepiszczem jest cement.

Przy wyborze zapraw, gdzie zależy szczególnie na zmniejszeniu ich przepuszczalności wskazanem jest wykonanie uprzednio odpowiedniej próby. Le Chatelier zwrócił pierwszy uwagę na dwa rodzaje przepuszczalności, jedna, którąby można nazwać „przepuszczalnością normalną, druga dająca się określić jako „przepuszczalność dyfuzyjna“. Zaprawa zetknięta z wodą pod ciśnieniem może nie przepuścić ani kropli i wówczas określamy ją jako „normalnie nieprzepuszczalną“, a mimoto może wilgotnieć z powodu włoskowatości (dyfuzja).

Próbe na przepuszczalność włoskowatą przeprowadza się na małych kostkach lub cylindrach wykonanych z zaprawy, zanurzając je na pewien czas w roztwór dwusiarczku wapnia, lub siarczku sodu. Następnie wyjmuje się próbkę, łamie, a po umyciu powierzchni przelomu zanurza się obie połowy w octan ołowiu. Na wszystkich powierzchniach na głębokość przeniknięcia siarczku występuje momentalnie zabarwienie czarne. Można więc określić przepuszczalność procentowo, biorąc stosunek głębokości zabarwienia czarnego do całej średnicy kostki próbnej.

Istnieje szereg gotowych preparatów fabrycznych, które się mięsza do zapraw w czasie ich wykonywania, celem zmniejszenia przepuszczalności. Mogą one mieć tę wyższość nad poprzednio wymienionymi, że utrwalają nie tylko powierzchnię, lecz całą substancję zaprawy i ewent. uszkodzenia powierzchni nie mają takiego wpływu na przepuszczalność materiału. Preparaty te znane pod różnemi nazwami fabrycznemi, albo składają się z oleistych, terowatych względnie betumicznych substancji zasadniczych, jak np. „Biber“, albo są to mydła jak „Heimald“, które w zaprawie rozszczepiają się chemicznie wydzielając olej, działając ochronnie od wilgoci, albo wreszcie działają tylko zagęszczająco jak tras lub „Zechit“.

Jednak przy wyborze tych preparatów należy zachować ostrożność, gdyż niektóre z nich działają problematycznie a co gorsza zmniejszają wytrzymałość kostkową zapraw, względnie opóźniają ich wiązanie, co czasem

jest niepożądane. I. Bied, badając zaprawy na działanie wody morskiej wykonywał próby:

a) z *materiałami sproszkowanymi*, dodając do zapraw cementowych mieszaninę złożoną z 60% glinianu barytu i 40% gipsu, przyczem otrzymywał zmniejszenie przepuszczalności ze 100% na 30%;

b) z *materiałami tłustymi i koloidalnymi*, obejmującymi różne wytwory fabryczne, kazeinę, żelatynę, wodę mydlaną, olej mineralny.

Otrzymał rezultaty ujemne z preparatami „Fugydros“, „Ceresit“, „Aquabar“, również z kazeiną, żelatynami i żywicami, natomiast rezultaty korzystne z „Fucosolem“ i gęstymi olejami mineralnymi jak „Oleonaphte“ i „Valvoline“ z tym wyjątkiem, że opóźniają wiązanie zaprawy.

Jednak w rezultacie badań doszedł do przekonania, że najtańszą i najpewniejszą metodą uszczelnienia jest stworzenie możliwie najgęstszej zaprawy, zawierającej najmniejszy procent przestrzeni pustych, przez stosowny dobór ilościowy mieszaniny składników.

Sposób uzyskania takiej mieszaniny dla betonu opisany w dziele Dra Ryszarda Grüna „Der Beton“ 1926, polega na tem, że żwir przesiewa się np. przez 3 rafy o różnych wielkościach oczek i otrzymuje w ten sposób 4 grubości żwiru. Najgrubszą sortą napełnia się naczynie o pojemności 1 litra i waży. Następnie napełnia się je wodą i waży ponownie; przybytek wagi w gramach daje kubaturę przestrzeni pustych w cm^3 . Drugie naczynie litrowe napełnia się następną co do grubości sortą przesianego żwiru i waży otrzymując w ten sposób ciężar odpowiadający przestrzeni 1 $dm^3=1000 cm^3$.

Z naczynia tego przesypuje się do naczynia pierwszego taką część wagi żwiru, która odpowiada otrzymanej w tem pierwszym naczyniu przestrzeni pustej. W uzyskanej mieszaninie 1 i 2 sorty wyznacza się znowu przestrzeń pustą, którą się ponownie napełnia odważoną ilością sorty trzeciej i t. d. Na podstawie tego badania otrzymuje się rachunkowo najodpowiedniejszy skład mieszaniny, do którego można sprowadzić daną mieszaninę piasku ze żwirem przez stosowne dozowanie poszczególnych sort.

Za podstawę opracowania niniejszej rozprawy posłużyły prócz drobniejszych uwag i dat umieszczanych w czasopismach technicznych następujące publikacje:

J. Bied: „Recherches industrielles sur les chaux ciments et mortiers“, Paris 1926.

I. B. Dumas: „Procédé Kessler pour le durcissement des pierres calcaires au moyen des Fluosilicates“ Clermont-Ferrand, 1910.

F. B. Froede: „Das Konservieren der Baumaterialien, Wien 1910.

Prof. Dr. A. Kleinlogel: „Einflüsse auf Beton“, Berlin, 1926.

A. Letellier: „Etude de quelques gonidies de lichens“ Gèneve 1917.

Prof. V. Polack: „Verwitterung in der Natur und an Bauwerken, Wien 1923.

Dr. Ratggen: „Mörtel im Altertum“ Mitt. des Vereins Deutscher Kalkwerke 1911.

Dr. L. Roese: „Krankheiten und Zerstörungen des Ziegelmauerwerks“, Leipzig.



1. Die Bedeutung der wissenschaftlichen Methode in der Biologie
 2. Die Entwicklung der Biologie von der Antike bis zur Neuzeit
 3. Die Biologie als Naturwissenschaft
 4. Die Biologie als Lebenswissenschaft
 5. Die Biologie als Systemwissenschaft
 6. Die Biologie als Umweltwissenschaft
 7. Die Biologie als Interdisziplinäre Wissenschaft
 8. Die Biologie als Anwendungsdisziplin
 9. Die Biologie als Kulturwissenschaft
 10. Die Biologie als Sozialwissenschaft
 11. Die Biologie als Humanwissenschaft
 12. Die Biologie als Geisteswissenschaft
 13. Die Biologie als Kunstwissenschaft
 14. Die Biologie als Pädagogik
 15. Die Biologie als Ethik
 16. Die Biologie als Politikwissenschaft
 17. Die Biologie als Rechtswissenschaft
 18. Die Biologie als Wirtschaftswissenschaft
 19. Die Biologie als Ingenieurwissenschaft
 20. Die Biologie als Technikwissenschaft
 21. Die Biologie als Informationswissenschaft
 22. Die Biologie als Kommunikationswissenschaft
 23. Die Biologie als Medienwissenschaft
 24. Die Biologie als Kulturwissenschaften
 25. Die Biologie als Geisteswissenschaften
 26. Die Biologie als Sozialwissenschaften
 27. Die Biologie als Humanwissenschaften
 28. Die Biologie als Geisteswissenschaften
 29. Die Biologie als Kulturwissenschaften
 30. Die Biologie als Geisteswissenschaften

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

|| 31982
L. inw.

Kdn., Czapskich 4 — 678. 1. XII. 52. 10.000

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000297815

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



II-31982

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000297815