

# CONSTITUȚIUNEA CIMENTULUI PORTLAND<sup>1)</sup>

de A. MEYER, Inginer-chimist

(Urmare)

## Limita inferioară a calcei dintr'un ciment

Am văzut că scăzând progresiv calcea, să ajunge a produce o rocă care să reducă, la temperatura ordinară, în pulbere, dând un ciment de calitate cu totul inferioară.

Acest fenomen este datorit prezenței unei cantități de silicat bicalcic, ca ortosilicat, în ciment.

Această limită inferioară, pentru calce, este greu de determinat, ea poate varia după mersul recirei și pentru fie-care caz particular.

O serie de analogii și de observațiuni făcute timp de 10 ani asupra unei mari cantități de deosebite amestecături și provenind de la diferite uzine, ne-au permis a fixa, practic, punctul la care formarea pulberilor, poate să înceapă a se forma.

Această limită ne conduce la relațiunea moleculară următoare :

$x(\text{Si O}_2, 3 \text{ Ca O}) + y(\text{Si O}_2, \text{R}_2 \text{ O}_3, 3 \text{ Ca O})$   
și nepermite a pune neegalitatea :

$$\text{II) a) } \frac{\text{M O} - 3 \text{R}_2 \text{ O}_3}{\text{Si O}_2 - \text{R}_2 \text{ O}_3} \geq 3$$

să vede că minutul când pulberea de cuptoare poate începe a se forma este acela când silicatul tricalcic a cristalizat cu totul într'un fondant mai puțin bazic de cât densusul, dar în care raportul greutăților moleculare a silicei la cel al calcei este tot de 1:3.

Cu un mers foarte încet al coptorului, nu e pericol a ajunge la formarea de pulbere ținându-se la această limită.

Am obținut totuși roce cu un mers foarte re-

pede al recirei, pentru un amestec mai puțin bazic.

Limita la care va fi tot-d'a-una formațiune de pulbere ne conduce la neegalitatea :

$$\text{b) } \frac{\text{M O} - \text{R}_2 \text{ O}_3}{\text{Si O}_2 - \text{R}_2 \text{ O}_3} \leq 3.$$

Aceste două neegalități dau, pentru fie-care amestec, două grade de bazicitate deosebită între care, este încă posibil a obține roce de ciment, pulverizarea spontanee apropiindu-se de limita a) pentru un mers încet al cuptorului pe când aceasta nu se produce de cât la limita b) pentru un mers foarte repede a coacerei și recirei.

În practică este periculos a să apropia de a doua limită.

## Compoziția normală a cimentului

În practică este greu a să apropia de limita superioară în calce, masa devine foarte greu fuzibilă și temperatura ce trebuie atinsă face fabricațiunea grea.

Omogeneitatea masei este de asemenea grea de atins căci e de ajuns o fracțiune de % de calce în plus pentru a compromite cu totul produsul.

În practică, nu e deci nici un avantaju de a se apropia de această limită. E de ajuns pentru a avea o formațiune totală de silicat tricalcic, cu înlăturarea posibilității formațiunei silicatului bicalcic, de a menține bazicitatea amestecului puțin superior relațiunei II).

Cantitatea de calce, pentru un bun ciment, trebuie să fie cuprinsă între limitele următoare :

$$\frac{Mo - 3R_2O_3}{SiO_2 - R_2O_3} \geq 3 \text{ și } \frac{Mo - 4R_2O_3}{SiO_2 - R_2O_3} \leq 3.$$

Pe de altă parte e imposibil, de a produce un ciment cu totul silicios, care ar fi cimentul ideal și ar cere 26,31 % acid silicic pentru 73,69 % calce.

Temperatura necesară este așa de ridicată în cât mijloacele tehnice de care dispunem nu ajung a o produce.

Ajunge a adăoga puțină alumină amestecului pentru a'l face mai fuzibil, 2% ajung deja pentru încercările de laboratoriu.

În practică cea mai bună proporțiune de sesquioxide (alumină și oxid de fer) par că trebuie să fie de o moleculă de sesquioxid pentru 4—6 molecule de silice.

E bine ca cel puțin o parte din alumină să fie înlocuită prin fer, să obține ast-fel o mai mare fuzibilitate a masei și să ajungă a obține roce foarte frumoase la o temperatură mai puțin ridicată.

D-nii Newberry au reprodus prin sinteză deosebite cimenturi aluminose, făcând să varieze proporțiunea de alumină de la 2 la 12%. Cimenturile bogate în alumină nu sau comportat bine, din punctul de vedere al constanței volumului și rezistenței la lungi perioade. Ele sau încălzit mult la amestec și au avut o priză repede.

### Ciment hidratat

Studiul petrografic al unui ciment care a făcut priză nu permite ușor a recunoaște deosebitele corpuri care'l compun, cristalele sunt vârâte unele într'altele. Întrebuințarea reactivilor chimici este foarte riscată, apa distilată ajunge a descompune aproape complet un ciment, când este agitat mult timp și în praf fin într'un exces de apă reînnoită din timp în timp.

Un ciment de bună calitate care a făcut priză și e pus să se întărească sub apă, câștigă în rezistență, mai întâiu în chip foarte simțitor la începutul întăririi, pentru a ajunge peste câțiva ani într'o stare aproape staționară.

Mersul creșterii rezistenței poate varia foarte mult cu felurile de ciment, astfel un ciment aluminos va da în primele perioade de întărire re-

sistențe mai mari, maximum va fi atins repede, dar un astfel de ciment nu va atinge nici odată rezistențele unui ciment silicios cu lungi perioade și mai ales întru cât privesce compresiunea.

Dacă după câți-va ani să rupe bricheta de încercare, să observă că ea pare cu totul uscat înăntu. Țesetura ei este așa de compactă încât apa nu o mai poate pătrunde. Acest ciment uscat la aer, apoi pulverizat din nou, dă însă o rezistență la un nou amestec, mult mai mare de cât la început, dar care e încă apreciabilă. Se vede că reacțiunile chimice dând loc la întărire nu au ajuns a se îndeplini cu desăvârșire, chiar după mai muți ani, fie din cauza grosimei unor din greunțile de ciment, fie că tesătura formată de cristale n'a mai permis intrarea apei necesare la transformarea corpurilor activi.

D-l Le Chatelier examinând o brichetă de ciment care să întărise de mai multe luni sub apă, constată că ea prezintă o structură cristalină. Să recunosc cu lupa mici cristale în formă de lamele exagonale. Aceste cimenturi tăiate în lame subțiri și examinate cu microscopul polarizator, lasă să se vadă spațieri viu luminate, presintând culori strălucitoare și constituind prelungirea cristalelor exagonale. În afară de aceste spațieri izolate, nu se vede de cât o masă albicioasă, abia translucidă, fără acțiune asupra luminei polarizate și ne prezentând nici un indice aparent de cristalizare.

Acest caracter negativ n'are nici o valoare căci gipsul hidratat constituind din întreșeserea de lungi ace de gips cristalizat, presintă aceiași aparență.

Aceste cristale sunt foarte fine, și în grosimea unei plăci, să suprapun un mare număr, orientate în diferite direcțiuni.

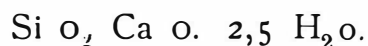
Să observă încă în mijlocul acestei mase greunțe de ciment, care se recunosc după fondantul feruginos care s'a păstrat aproape nealterat și care dă conturul cristalelor de silicat de calce transformat.

Aceste lamele ating câte o dată câții va milimetri, în cât e ușor a le studia. Studiul lor a făcut pe d-l Le Chatelier să recunoscă că ele sunt formate de hidrat de calce. Dimensiunile acestor cristale apropiate de mica lor solubilitate arată că ele sunt rezultatul unei reacțiuni, foarte înceată care nu poate fi numai hidratarea calcei nestinse.

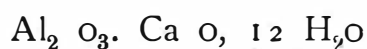
Să constată că creșterea acestor cristale durează mai multe luni. Masa având aspectul amorf și constituind partea cea mai importantă a cimenturilor care au făcut priză, poate să fie studiată urmând cu microscopul mersul progresiv al întăririi.

Dupa 2—3 zile să observă mai întâiu cristale mari cu dublă refracțiune, hidratul de calce. Pe lângă aceasta câte o dată cimentul este plin cu ace foarte fine având cel mult  $\frac{1}{100}$  milimetri lungime și a căror întreșere ulterioară va forma corpul cimentului.

De cele mai multe ori nu se ved formându-se de cât masa fibroasă rezultând din lipirea acestor cristale. Sărurile amoniaceale distrug aceste mici cristale lăsând fulgi gelatinoși de silice, ele sunt deci constituite dintr'un silicat de calce cărui D-l Le Chatelier, îi da formula

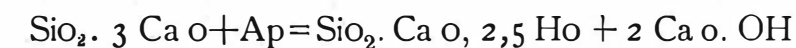


În fine să formează în jurul plăcii la distanță variabilă mici sferolite care deșteaptă ideea de un aluminat cărui D-l Le Chatelier îi atribue formula:

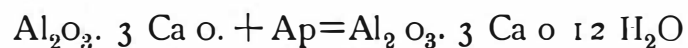


singurul aluminat putând exista în prezența unui exces de calce.

D-l Le Chatelier conchide în acești termeni: Reacțiunea fundamentală care aduce întărire este dedublarea unui silicat bazic de calce în silica de calce monocalic hidratat și hidrat de calce:



S'ar forma pe lângă aséta un aluminat de calce bazic a cărui promptitudine de hidratare ar interveni în priza cimenturilor:



În fine ferul n'ar avea nici un rol în priza cimenturilor Portland.

Rezultatele obținute de d-l Törnebohm confirmă în general rezultatele d-lui Le Chatelier din punctul de vedere petrografic, el recunoaște de asemenea două substanțe principale de formațiune nouă în cimenturile hidratate, din care una este hidratul de calce și alta un silicat.

D-l Törnebohm a găsit de asemenea grăunțe de ciment ne alterate într'un ciment, care făcuse priză de 20 ani.

## Teoria prizei și întăririi

Vom deosebi:

a) Ântâia priză, sau priză falsă, pe care o prezintă cimenturile aluminos sau cimenturile puțin arse.

b) Priza propriu zisă, având loc după un timp mai mult sau mai puțin lung după fineța măcinării, temperatura etc.

Ea este urmată de:

c) Întărire.

Prima priză sau priza falsă, este fenomenul comun cu al cimenturilor cu priză repede, pe care o prezintă cimentul portland când el este foarte aluminos sau neîndestul de ars. Această falsă priză să prezintă încă când cimentul experimentat este produsul unui amestec de roce așa cum iese ele din cuptor conținând părți ne arse.

Ea este produsă de hidratarea aluminatului găsindu-se în părțile ne arse ale cimentului sau în cazul unui ciment aluminos, din descompunerea silico-aluminatului bazic.

Un ciment conținând o mare cantitate de alumină, să încălzește la amestecare și iuțea reacțiunii este relativ mare. Masa rămâne poroasă, părțile de ciment care o compun nu au avut timpul de a se apropia ca într'un ciment cu priză înceată gonind toate globulele de aer conținute în mase.

Un ciment care a făcut priză în aceste condițiuni nu va ajunge nici odată la rezistența unui bun ciment cu priză înceată sau a aceluiași ciment a cărui priză va fi fost întârziată în chip artificial.

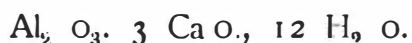
În cimenturi aluminatul de calce conținut sau care provine din descompunerea unui silico-aluminat bazic, s'ar dizolva hidrotându-se, aluminatul hidratat să precipită chiar când s'a format, fiind insalubre în prezența calcei. Această transformare să face treptat, iar nu brusc cum s'ar întâmpla dacă s'ar adăoga o mică cantitate de ciment într'un exces de apă.

Mersul prizei și ridicarea temperaturii corespunzătoare pe care o prezintă un ciment cu priza repede sau un ciment aluminos, demonstrează mersul reacțiunii.

Avem foarte probabil o cristalizare rezultând dintr'o soluțiune suprasaturată, pe când se tratează cimentul praf cu un mare exces de apă să obțină un precipitat amorf.

Prezența calcei în soluțiune, în cantitate variabilă în raport cu alumina de hidratat, influențează asupra iușelei reacțiunii, cu cât este calce mai multă în soluțiune în raport cu alumina, cu atât reacțiunea este mai înceată.

Aluminatul de calce hidratat din cimenturi conține o cantitate de apă mult mai mică de cât cea pe care i-o atribuie d-l Le Chatelier și Caudlot prin formula:



Aluminatul hidratat nu pierde apa sa de cât de la 150° până la roșu viu și cantitatea fixată de cimenturi este mult prea mică pentru a permite un aluminat hidratat cu o așa mare cantitate de combinație.

Noi credem că aluminații hidratați putându-se forma în cimenturi sunt de deosebite naturi, după bazicitatea cimenturilor experimentați. Pentru un ciment cu bazicitatea normală să formează aluminat hidratat monocalic, aluminat bicalcic și aluminat tricalcic admis de d-l Chatelier și Caudlot dând deja o ridicare de temperatură destul de mare hidratându-se, ridicare de temperatură care nu se observă în cimentul portland bine ars.

Sulfatul de calce se combină cu aluminatul de calce pentru a forma o sare dublă, sulfo-aluminatul de calce, a cărui formulă a fost fixată acum în urmă de d-l Deval.



Acest sulfo-aluminat este insolubil în apa de calce el conține o cantitate de apă foarte mare și formează un precipitat voluminos.

Adoăgând gips cimentului înainte de amestec, acțiunea calcei și a gipsului intrând în soluțiune, întârzie hidratarea aluminatului care să combină cu aceste două elemente pe măsura ce se formează sulfo-aluminatul de calce, incapabil de a provoca priza prin el însuși. Falșa priză a cimentului este împedicată, pentru că aluminatul nu poate cristaliza într'o disoluțiune neprasaturată, cât timp va fi sulfat de calce în soluțiune.

Avem în gips un excelent reactiv pentru a ne da socoteală de chipul în care alumina este combinată în ciment.

Dacă considerăm că o adogire de 0.5% de gips, ajunge câte odată a încetina priza și că 2% — 3% este cantitatea maximă de gips ce să

poate adăoga cimentului fără inconvenient, vedem după formula sulfo-aluminatului de calce, că 0.5% de gips corespunde la 0.12% de alumina și 3% de sulfat la 0.76% de alumina.

Representându-ne a chema sulfatului de calce asupra prizei vedem că el a legat în stare născândă o cantitate de aluminat hidratat corespunzând la mai puțin de 1% de alumina și care fără prezența sa, ar fi ajuns a aduce priza.

Cantitatea de aluminat de calce conținută în stare liberă într'un ciment normal este deci foarte mică, cea mai mare parte de alumina trebuie să fie, din contră, conținută sub forma unui silicat dublu de alumina și de calce, care probabil nu intră de cât foarte încet în reacțiune.

Dacă o cantitate de gips prea mare a fost adăogată cimentului, priza, datorită silicatului, după cum vom vedea are loc și cimentul conține încă sulfat de calce în stare liberă. Acesta va lucra asupra aluminatului hidratat, pe măsura ce el să formează prin descompunerea silicatului dublu, dând naștere sulfo-aluminatului de calce sporindu-și considerabil volumul și cristalizând cu o foarte mare cantitate de apă. Acest sulfo-aluminat format după priză va da loc la umflarea și chiar dezagregarea complectă a cimentului pus să se întărească sub apă.

### Priza propriu zisă

Un ciment bine ars, de compoziție normală și cu priză înceată, or care ar fi cauza ei, prezintă următoarele fenomene.

Cimentul are trebuință de o mai mică cantitate de apă pentru a fi redus în pasta normală el să tasează pentru a ne exprima ast-fel, dă afară încă o cantitate de apă de amestec și rămâne relativ mult timp, câte odată mai multe ore tocmai cu aceeași consistență, ca îndată după amestec. Ajunge un moment când aspectul suprafeței să schimbă, ea devine puțin mată, este începutul prizei. Aceasta poate câte o dată să se facă cu o mare iușeală, în cele mai multe cazuri această reacțiune poate dura mai multe ore.

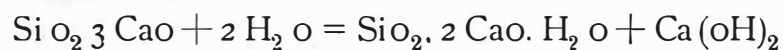
Ea este caracterizată în practică prin timpul care să strecoară între minutu! în care cimentul nu mai lasă să pătrundă în întregime acul lui Vicat, până în minutul când acest ac numai lasă

nici o urmă pe solidul format. Această acțiune este mai ales înceată pentru cimenturile amestecată la măcinare cu gips.

Din acest minut întărirea urmează fără tranziție priza propriu zisă și coeziunea cimentului crește din ce în ce, dar într'o proporție tot mai slabă.

### Intărirea

Silicatele active, hidraulice, care pot să fie conținute în ciment, fie silicatul tricalcic, fie amestecul izomorf de silicat tricalcic și bicalcic încă stabil la scoaterea din cuptor, a început a suferi o descompunere sub acțiunea apei. Să produce pentru silicatul tricalcic, o hidratare însoțită de pierderea unei molecule de calce după reacțiunea:



Silicatul bicalcic conținut în amestecul izomorf este în stare de ostasilicat ne hidratabil și incapabil de a face priză sau a se întări. El s'a format în condițiuni care esclud posibilitatea de a-l admite ca metasilicat hidratabil.

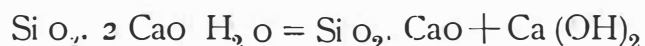
În prezența unei soluțiuni saturale de calce, descompunerea silicaturii tricalcic nu poate merge mai departe.

Această reacțiune să produce încet cu încet și începutul atacului prin apă produce primele cristale, fie de silicat bicalcic hidratat fie de hidratat de calce, care cristalizând dintr'o soluțiune suprasaturată, fac să se prindă masa cimentului și constituie priza proprie zisă. Reacțiunea conținând; cimentul să întărește din ce în ce, cristalele porinate insolubile în apa saturată de calce, se vor înmulți și se vor desvolta din ce în ce.

Avem reacțiunea fundamentală a corpurilor putând da loc la întărire. Ea este cu toate aceste rezultanta unui fenomen fizic, cristalisarea înceată în mijlocul unei soluțiuni suprasaturată, a compuşilor care ieau naștere prin acțiunea apei asupra silicaturii anhidre active.

Aceste cristale umplu la urmă toate golurile, ele aderă puternic unite de altele și coeziunea mesei devine foarte mare.

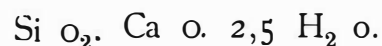
Cu timpul va fi tendința la formare de metasilicat monocalcic anhidru, prin pierderea unei molecule de hidrat de calce;



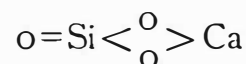
Acest corp este mult mai stabil și insolubil chiar în apă curată.

Aceasta de a doua reacțiune să produce foarte încet și contribuie la rezistență progresivă a cimentului.

D-l Le Chatelier a admis formațiunea unui silicat monocalcic hidratat ca reacțiune principală a cimenturilor.



Acest fapt nu pare probabil, căci dacă se consideră formula de constituție a silicaturii monocalcic, să vede că acesta nu poate să fie de cât un metasilicat, coținând calcea sub o grupare moleculară care împiedică hidratarea:



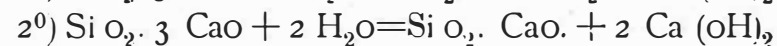
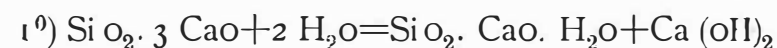
Apa de constituție, fixată de cimenturi care au stat chiar mai mulți ani sub apă, este în cantitate prea mică pentru a putea admite un monosilicat hidratat și restul calcei sub formă de hidrat.

Nu vom avea de cât următoarele două posibilități:

1) Silicatul conținut în ciment ar fi un bisilicat hidratat de formula  $\text{Si O}_2 \cdot 2 \text{ Ca O} \cdot \text{H}_2 \text{ O}$ , sau el ar fi

2) Un monosilicat anhidru  $\text{Si O}_2 \cdot \text{CaO}$ .

În amândouă cazurile cantitatea de apă de combinațiune fixată de ciment rămâne aceeași în adevăr noi avem:



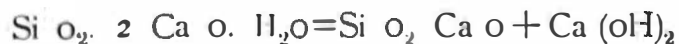
Cantitatea de apă fixată de ciment nu poate prin urmare lumina această cestiune cu atât mai mult cu cât o parte din această apă ar putea fi fixată de aluminate.

Rămâne a determina cantitatea de hidrat de calce liberă găsindu-se în ciment pentru diferitele perioade de întărire.

Vedem că dacă cimentul este pus a să întări liber sub apă, și nu să găsească alternativ sub apă sau în aer, această cantitate de calce liberă crește în chip regulat pentru a atinge maximum sau după 180 zile cel puțin, pe când cimentul a fixat deja toată apa sa de combinațiune după 28 zile.

Din minutul ce cimentul este hidratat după 28

zile, aveam prima din reacțiunile citate mai sus, formațiunea silicatului bicalcic hidratat. Cantitatea de calce hidratată liberă continuând a crește, ca și rezistența cimentului, bisilicatul hidratat să transformă puțin câte puțin în monosilicat anhidru după reacțiunea :



fără ca cimentul să aibă încă trebuință de o nouă cantitate de apă

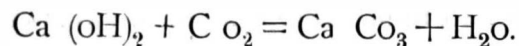
Cu reacțiuni secundare contribuind la întărire avem :

1<sup>o</sup>) La descompunerea prin apă a silico aluminatului bazic de calce în silicat bicalcic hidratat și aluminat hidratat.

Silicatul bicalcic hidratat transformându-se apoi în silicat monocalcic anhidru.

2<sup>o</sup>) Acțiunea aluminatului hidratat asupra monosilicatului format și formațiunea unei duble combinațiuni.

3<sup>o</sup>) Carbonatarea hidratului de calce liber format. Această ultimă reacțiune dă apa necesară pentru un ciment întărindu-se la aer, la descompunerea greunțelor mari de ciment care n'au fost încă hidratate.



### Studiul acțiunei câtor-va corpuri asupra întăririi cimentului

Să cunosc deja de multă vreme substanțe capabile de a mări rezistența cimentului mai multe breveteuri au fost luate în această privință fără ca întrebuințarea acestor substanțe active și destinate a mări rezistența cimentului să se fi răspândit. Trebuie a atribui aceasta faptului că substanțele în adevăr active costă mai scump de cât însuși cimentul.

Aceste substanțe sunt compuse din silice activă și alumină activă, adică capabilă de a se combina pe cale umedă, cu calcea. Când sunt aproape puse, să ajunge la rezultate remarcabile ca rezistență.

Un fapt remarcabil este că aceste substanțe sunt capabile de a înlocui, în mortare, o parte din ciment.

Un mortar cu adăogire de aceste substanțe va fi compus după cum urmează:

Ciment 0.80 + subst. 0.20 + nisip 3

și nu :

Ciment 1 + subst. 0.20 + nisip 3

Tratând fie un ciment, fie un var hidraulic prin acid cloridric și precipitând prin amoniac, să obține silicea în stare liberă, ca fierul și alumina sub formă de hidrați.

Acest amestec de substanțe spălat cu îngrijire este uscat sub 100<sup>o</sup>, apoi pulverizat și adăogat la ciment provoacă o însemnată creștere de rezistență, mai ales pentru perioadele lungi la mortarul pus a să întări sub apă.

Cu cât cimentul este mai pulverizat mai fin și mai repede creșterea în % a rezistenței între mortarul de ciment amestecat devine mai apreciabil.

Este combinație chimică evidentă și formare de noi corpuri contribuind la întărire.

Din experiențele făcute, servindu-se de silice obținută prin precipitarea unui silicat de sodă și de alumina precipitată din clorur și ușor calcinată, au arătat că fie silicea fie alumina aveau proprietăți idraulice puternice dar variind în efectele lor de la un ciment la altul.

Era natural a admite că se formează un nou corp în locul hidratului de calce conținut în ciment.

Să poate stabili de acum, calitativ cel puțin, că e combinație între hidratul de calce cu aceste substanțe.

Acest rezultat prezintă câte-va particularități interesante sau din punctul de vedere al teoriei întăririi cimentului.

Mai întău, e clar stabilit că nu este hidratul de calce care joacă primul rol în întărirea cimentului, după cum cred unii autori, dar că ea nu este de cât produsul secundar al reacțiunei principale: formarea silicatului monocalcic anhidru.

El poate dispăre, făcându-l să se combine cu o substanță apropiată, fără ca pentru această, rezistența cimentului să fie micșorată, din contră.

Prezența hidratului de calce în cimentul întărit este un rău necesar.

El a servit, la fabricarea cimentului anhidru, la obținerea unui silicat cu maximum de activitate hidraulică, sub o formă moleculară permițând

descompunerea sa înceată, în contact cu apa și producțiunea unui silicat mai puțin bazic, cristalizând dintr'o soluțiune suprasaturată și transformându-se încet cu încet într'un corp mai stabil, silicatul monocalcic anhidro.

Excesul de calce, corespunzând hidratului de calce în cimenturile întărite și combinat chimicește cu elementele cimentului anhidro a avut oare cum acelaș rol în fabricarea lui ca apa în întărirea sa.

Acești doi reactivi, din care unul a provocat sinteza agenților hidraulici și cel alt transformarea lor, fie chimică fie fizică în două corpuri care prin proprietățile lor, fac posibil fenomenul necesare al întăririi numai sunt necesare, nici unul nici altul și să găsească în cimentul întărit sub forma unui praf accesoriu, un fel de balast, care în unele corpuri totuși poate încă, cu timpul, a contribui la întărire.

Hidratul de calce poate în adevăr să se combine în parte cu un nisip silicos sau se poate carbonisa.

Întărirea cimentului la care s'au adăogat substanțe active este mai încet în primele zile de cât acca a cimentului curat, acesta cu atât mai mult cu cât proporțiunea substanțelor active este mai mare. Reacțiunea este foarte înceată și sub-

stanța activă în primele zile e o materie inertă. Această reacțiune cere multă vreme prezența apei, ea nu se poate efectua pentru un amestec pus a se întări în aer.

Incorporând cimentului substanțe capabile de a mări rezistența or legând hidratul de calce, se face un mortar care nu poate da un bun rezultat de cât când este ținut sub apă un timp destul de lungă.

Faptul că alumina singură dă rezultatele anoloage acelora care sunt obținute cu silicea, face a se admite că alumina intră de asemenea în reacțiune cu hidratul de calce. De oare ce aluminatelor, nu sunt capabile de o mare întărire, trebuie să fie formațiunea unei combinațiuni între silicatul monocalcic și aluminatul de calce de curând format.

Marea influență pe care pot să o aibă unii compuși activi asupra întăririi este pusă în evidență prin tablourile următoare în care se citează câteva încercări de rezistența la tracțiune.

Tabloul A coprinde rezultatele obținute de către D-l Tetmajer de Zürich, mortarele fiind tot-deauna de: o parte în greutate de ciment pentru trei părți de nisip și de 0.85 ciment, 0,15 substanțe active pentru trei părți nisip. Nisipul este nisipul normal elvețian.

T A B L O U L A

Felul cimentului	7 zile		28 zile		84 zile		1 an		2 ani		
	Mortar de		Mortar de		Mortar de		Mortar de		Mortar de		
	Ciment pur	Ciment a- mestecat	Ciment pur	Ciment a- mestecat	Ciment pur	Ciment a- mestecat	Ciment pur	Ciment a- mestecat	Ciment pur	Ciment a- mestecat	
<i>a) Substanțe active cu baza de alumina</i>											
No. 2	35.8	36.3	38.8	49.2	41.7	56.7	52.9	55.0	57.8	54.3	
« 3	22.6	25.2	30.4	40.4	38.1	52.7	—	—	—	—	
« 5	—	—	21.4	40.1	—	—	38.3	43.3	—	—	
« 9	—	—	31.5	36.2	—	—	48.0	42.2	—	—	
« 11	—	—	21.2	27.8	38.2	32.5	37.6	36.8	—	—	
<i>b) Substanțe active cu baza de silice</i>											
No. 5	—	—	21.4	35.7	—	—	38.3	41.5	—	—	
« 9	—	—	31.5	51.5	—	—	48.0	56.9	—	—	
« 10	23.8	20.6	27.8	28.2	—	—	41.0	46.3	—	—	
« 11	—	—	21.2	40.5	38.2	47.9	37.6	45.0	—	—	

## TABLOUL B

Mortar compus din 3 părți nisip normal și 1 parte ciment plus adaosuri

No. încărcării	7 ZILE					28 ZILE					84 ZILE					6 LUNI						
	Ciment	1	0.95	0.90	0.85	0.70	1	0.95	0.90	0.85	0.70	1	0.95	0.90	0.85	0.70	1	0.95	0.90	0.85	0.70	
	Adaos	0	0.05	0.10	0.15	0.30	0	0.05	0.10	0.15	0.30	0	0.05	0.10	0.15	0.30	0	0.05	0.10	0.15	0.30	
	Nisip	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
1		14.1	14.6	13.9	—	8.3	18.3	22.7	29.6	—	33.6	24.2	27.8	30.7	—	34.9	—	—	—	—	—	—
2		13.5	12.7	12.5	11.2	9.5	15.5	20.3	27.5	25.6	26.7	24.3	28.3	31.3	32.8	33.5	—	—	—	—	—	35.4
3		13.6	—	16.3	20.2	—	18.5	—	26.5	28.5	—	24.2	—	29.3	34.2	—	22.2	—	32.7	33.1	—	—
4		18.2	—	20.3	17.9	16.5	23.9	—	31.2	31.5	33.2	26.5	—	32.5	34.1	34.6	25.2	—	34.2	34.5	—	—
5		20.2	19.7	20.5	20.3	—	24.6	28.5	30.3	33.9	—	29.2	32.1	37.5	44.6	—	—	—	—	—	—	—
6		—	21.4	22.6	20.3	—	—	28.5	33.5	37.5	—	—	34.9	37.6	43.2	—	—	—	—	—	—	—
7		16.2	15.6	13.9	12.2	—	20.5	22.5	27.3	29.5	—	28.3	31.1	35.1	37.3	—	—	—	—	—	—	—
8		16.5	17.3	17.5	16.7	—	18.2	20.4	24.9	28.5	—	24.8	26.2	28.6	33.2	—	—	—	—	—	—	—

### CONCLUZIUNI

#### Ciment anhidru

I. Părțile constitutive ale unui ciment sunt silicatul tricalcic și o masă putând varia în compoziția sa chimică și care a servit de fondant pentru producerea primei substanțe.

In afară de aceste substanțe să găsim în ciment :

- 1<sup>o</sup>) Un amestec ezomorf de silicat bi și tricalcic.
- 2<sup>o</sup>) Un silicat de alumină și de calce și
- 3<sup>o</sup>) în cimenturile puțin arse, un aluminat de calce.

Aceste substanțe accesorii pot varia sau chiar lipsi în ciment.

II. Cantitatea maximă de calce posibilă în ciment este cea, care după ce a format silicatul tricalcic ajunge încă a forma un silicat multiplu de fer, de alumină și de calce la maximum de saturațiune.

Ea este dată de formula

$$\frac{M O - 6 R_2 O_3}{S i O_2 - R_2 O_2} \leq 3.$$

In care  $M = Ca, Mg, Na$  și  $K.$

și  $M = Al, Fe, Mn.$

III. Cantitatea minimă de calce putând să fie conținută într'un ciment, fără ca pulverisarea spontană a rocilor la răcire să se producă variază după mersul cuptoarelor între formule :

$$a) \frac{M O - 3 R_2 O_3}{S i O_2 - R_2 O_3} = 3.$$

și

$$b) \frac{M O - R_2 O_3}{S i O_2 - R_2 O_3} = 3.$$

IV. In condițiuni de fabricare normale, bazi-citatea amestecului să reguleze astfel încât ea se fie puțin mai mare de cât cea indicată de formula a).

Introducerea unei mai mari cantități de calce de cât cea indicată de formula:

$$\frac{M O - 4 R_2 O_3}{S i O_2 - R_2 O_3} = 3$$

ar îngreua fabricarea, fără a îmbunătăți calitatea cimentului.

#### Ciment hidratat

I. Ântetia sau priza falsă este provocată de hidratarea și cristalizarea aluminatului de calce.

II. Priza propriu zisă este provocată prin înce-



putul descompunerii silicatului tricalcic în prezența apei, în silicat bicalcic hidratat și hidrat de calce.

III. Întărirea este datorită continuării acestei reacțiuni, apoi transformării încete a silicatului bicalcic hidratat în silicat monocalcic anhidru și hidrat de calce.

IV. În chip accesoriu silico-aluminatul de calce conținut în ciment să descompune mai mult sau mai puțin repede, după bazicitate sa, sub influența apei, în silicat și aluminat hidratați, putând concura, după iuțeala reacțiunii, la priză și întărire.

Se vor produce încă două reacțiuni concurând la întărire.

a) Combinarea aluminatului hidratat cu silicatul monocalcic format.

b) Carbonatarea parțială a hidratului de calce provenind din reacțiunile precedente.

V. Ferul nu joacă nici un rol, fie în priză, fie în întărirea cimentului portland.

VI. Cauza directă a întăririi este cristalizarea, în mijlocul unei soluțiuni suprasaturată, a silicatelor care se formează. Hidratul de calce nu este de cât un produs secundar a reacțiunii principale și nu contribuie de cât într'o slabă măsură la întărire prin cristalizarea sa.

VII. Substanțele hidraulice active capabile de a lega hidratul de calce, pot mări rezistența cimentului într'o mare proporție când aceasta este pusă a se întări sub apă.