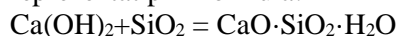


TRATAREA UMIDO – TERMICĂ A BETOANELOR CELULARE

N. Lupușor, Iu. Dohmilă
Universitatea Tehnică a Moldovei

INTRODUCERE

Metoda prelucrării materialelor de construcție, care conțin siliciu și hidroxid de calciu liber cu aburi de apă în autoclave, propusă de savantul german Mihaelis încă în anul 1880, a avut pe viitor o largă folosire în producerea cărămizii de silicat, articolelor de beton și beton armat, într-un șir de articole termoizolante din betoane celulare. Prelucrării hidrotermice sînt supuse articolele din amestecuri ce conțin nisip de cuarț și var, diatomit (trepel) și var, ciment Portland ce elimină la contact cu apa $\text{Ca}(\text{OH})_2$. La primul contact procesul interacțiunii dintre $\text{Ca}(\text{OH})_2$ și siliciu poate fi reprezentat prin formula:



În rezultatul reacției se obține hidrosilicat de calciu, care formează o legătură puternică între grăunțele de SiO_2 , datorită cărui fapt se asigură rezistența materialului.

1. STADIILE DE TRATARE UMIDO-TERMICĂ

Procesul prelucrării termice după caracterul fenomenelor fizico-chimice ce au loc aici poate fi împărțit în trei stadii:

Primul stadiu se începe din momentul pătrunderii aburului în autoclavă și se produce până când t° articolelor expuse prelucrării nu va fi egală cu t° vaporilor. Acest stadiu se caracterizează în prealabil prin următoarele fenomene fizice. Aburii, care pătrund în autoclavă de la contactul cu articolele reci, încep să se răcească și să se condenseze de asemenea și de la contactul cu partea interioară a autoclavei. La început aburii ce se condensează, se așează pe suprafețele exterioare ale articolelor, iar cu timpul o dată cu creșterea presiunii, pătrunde în capilarele și porii articolelor, condensându-se și creând în pori și capilare un mediu umed. Apa descompune $\text{Ca}(\text{OH})_2$ și alți compuși solubili, ce intră în componența articolelor și formează soluțiile lor.

Prin urmare, formarea soluțiilor în pori și capilarele articolelor, la rândul lor, vor contribui la condensarea aburilor din apă și umezirea de mai departe a articolelor. În sfârșit, calitățile capilare ale

materialului, constituie una din cauzele condensării aburilor de apă în porii articolelor. Astfel, primul stadiu al prelucrării hidrotermice în autoclave constă în general în crearea în porii materialului și la suprafața lui a mediului de apă, necesar pentru procesele fizico-chimice, care conduc la formarea formelor necesare de hidrosilicat de calciu.

Stadiul al doilea se începe la atingerea temperaturii 175-190°C în autoclavă, căreia îi corespunde presiunea aburului de aproximativ 9-13 atm. La începutul acestei perioade porii materialului sînt umpluți de acum cu soluție de hidroxid de calciu, care începe să interacționeze cu SiO_2 . Solubilitatea SiO_2 crește o dată cu mărirea conținutului de ioni hidroxili OH' în soluție – de la disocierea $\text{Ca}(\text{OH})_2$, care la rândul său depinde de temperatură: o dată cu creșterea temperaturii, solubilitatea $\text{Ca}(\text{OH})_2$ crește. La începutul interacțiunii siliciului cu varul ionii OH' hidratează moleculele SiO_2 și formează $\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Moleculele hidratate de SiO_2 intră în legătură cu ionii Ca' și formează silicate de calciu, care se află în stare coloidală. La început aceste formări noi apar la suprafața particulelor aparte de nisip. Pe măsura creșterii învelișurilor coloidale în jurul grăuncioarelor de cuarț, aceste învelișuri formează o masă compactă de particule de nisip concrescute între ele și învelite cu gel de hidrosilicat de calciu.

Mai departe caracterul coloidal al hidroxidului de calciu trece în cristalin. Cristalele mici ce se formează în diferite locuri ale masei coloidale, prezintă în sine mulțimea centrelor de cristalizare. Sub influența temperaturii și prezența mediului de apă ele rapid se ramifică și formează o structură cristalină mărunță a materialului.

Astfel, în stadiu al doilea al prelucrării hidrotermale în mediu de apă la temperaturi înalte are loc formarea hidroxidului de calciu, la început în stare coloidală care mai pe urmă trece lent în cristalică.

Stadiul al treilea a procesului de prelucrare hidrotermică se produce după întreruperea lentă a presiunii în autoclavă; caracterizîndu-se prin micșorarea lentă a presiunii în autoclavă. În rezultatul micșorării presiunii, apa, ce se conține în porii articolelor se evaporă intensiv, soluția devine saturată și are loc consolidarea hidrosilicatului de calciu, care mărește duritatea legăturii particulelor de nisip.

Lichidarea apei de mai departe contribuie la deshidratarea compușilor din care este compusă masa materialului. Cea mai mare importanță o are deshidratarea gelului de SiO_2 . Astfel în ultimul stadiu al aburirii la factorul principal de formare a durității materialului – recristalizarea hidrosilicatului de calciu – se adaugă factorul durității de la deshidratarea gelului de siliciu.

În plan termofizic fiecare din cele trei stadii enumerate mai sus, de aburire a articolelor în autoclave, are însemnătatea ei.

La începutul primului stadiu are loc schimbul de căldură dintre amestecul de aburi și aer, ce se află în autoclave și articolele expuse în ele. Schimbul de căldură în această perioadă la temperaturile de până la 100°C , se caracterizează prin indici mici ai coeficientului de cedare a căldurii. În continuare, la presiunea aburilor mai sus de 1 atm și temperatura mai mare de 100°C , are loc un schimb mai intensiv între articole și aburii saturați. Suprafața articolelor la un așa schimb de căldură se încălzește foarte repede. Transmiterea căldurii de la suprafață în interiorul articolelor, se produce atât prin conductibilitatea termică, cât și pe contul transmiterii căldurii în adâncimea materialului, nemijlocit de aburi și condensat prin capilare și porii care comunică ai materialului celular. Viteza încălzirii articolelor în această perioadă depinde de grosimea lor, relația dintre suprafață și volum și conținutul de goluri constructive în ele. Articolele mari de tip monolit se încălzesc mai încet decât articolele cu goluri.

Stadiul al doilea a prelucrării în autoclave, în plan termofizic este un proces izotermic de încălzire a articolelor pe toată grosimea la temperatura $175-190^\circ\text{C}$.

Stadiul al treilea se caracterizează prin scăderea lentă a t° în autoclavă și procesele de cedare a căldurii articolelor de la începutul amestecului de aburi și aer, mai pe urmă aerului din atmosferă. În această perioadă e posibilă apariția crăpăturilor în articole de la schimbarea bruscă a temperaturii. Prelucrarea hidrotermică a betoanelor celulare este deosebit de efektivă, deoarece datorită conținutului mare a fazei lichide, compușii stabili se formează mai repede, decât la betoanele compacte cu cantitatea mică a fazei lichide.

O dată cu aceasta porozitatea înaltă a betoanelor celulare și, în primul rând, prezența în ele a porilor comunicanți și capilarelor, contribuie la încălzirea mai bună a articolelor, a egalării rapide a presiunii și temperaturii în masa materialului. Lucrările Institutului de cercetări științifice a betonului și betonului armat din Rusia, efectuate în anii 60 ai secolului XX au concretizat condițiile de

asigurare a durității și rezistenței la fisurare a betoanelor celulare de întărire în autoclave.

Aceste cercetări au stabilit:

- la primul stadiu de aburire la ridicarea presiunii aburilor în autoclave până la 9 atm duritatea articolelor crește încet. Dar la $t^\circ=174^\circ\text{C}$ duritatea gazobetonului de toate tipurile atinge 1,1 MPa, și a gazosilicatului – până la 0,7 MPa;
- ridicarea bruscă a presiunii, prin urmare și a temperaturii în autoclave, micșorează timpul încălzirii complete a articolelor. De exemplu, la ridicarea t° până la 180°C timp de 4 ore, timpul încălzirii complete a articolelor cu masa volumetrică de 750 kg/m^3 este la grosimea lor de 200 și 300 mm, respectiv 7 și 12 ore, iar la ridicarea temperaturii doar timp de 2 ore, acest timp se micșorează până la 5,5 și 10,5 ore.
- creșterea bruscă a rezistenței se produce în primele ore ale perioadei izotermice de prelucrare în autoclave la $P=9\text{...}13 \text{ atm}$. Astfel, pentru gazobeton din ciment Portland, după 2 ore de aburire, rezistența atinge 80% de la valoarea maximă. Rezistența gazosilicatului crește mai lent – după două ore de încălzire izotermică ea atinge 55% de la cea maximă. Regimurile de prelucrare în autoclave a gazobetoanelor și betoanelor spumante, practic sînt aceleași. Dar o trăsătură de aburire a gazobetoanelor este ridicarea bruscă a temperaturii în autoclave.

Durata aburirii la presiune constantă depinde de:

- dimensiunile și forma articolelor: cu cît ele sînt mai voluminoase, cu atît mai încet trebuie de ridicat presiunea aburului, deoarece fisurile în articole se formează în mod general în prima perioadă a aburirii; articolele cu goluri pot fi aburite mai repede decât cele compacte;
- densitatea articolelor: cu cît este mai mică masa volumetrică, cu atît este mai scurt timpul de aburire;
- tipul și calitatea materialului liant: articolele din gazosilicat și spumosilicat pot fi aburite mai repede decât cele din gazobeton și spumobeton; în producerea betoanelor celulare folosirea cimentului de marcă înaltă micșorează timpul aburirii;
- metoda preparării masei de gazobeton: folosind metoda vibroumflării, se poate micșora timpul de aburire a articolelor din această masă până la 11...14 ore la $P = 9 \text{ atm}$. Creșterea gradului de vidare în autoclave este un mijloc de intensificare a prelucrării hidrotermice a articolelor în autoclave. Crearea volumului se produce sau până la aburire sau după aburirea articolelor. Vidarea până la începutul aburirii articolelor,

constă în faptul că în autoclavă de la început se creează vacuum, pompând o parte din aer cu pompa de vacuum, după aceea se alimentează aburul. În cazul evacuării aerului din autoclavă temperatura în ea la umflarea cu aburi va fi mai mare decât fără vacuum.

Aceasta se explică prin faptul, că presiunea în autoclave reprezintă în sine suma presiunilor parțiale ale aerului rămas și a aburului ce pătrunde în autoclavă. Cu cât mai puțin aer rămâne în autoclavă, cu atât este mai mare presiunea parțială a aburului și cu atât este mai înaltă temperatura aburului. Ridicarea temperaturii contribuie la micșorarea termenilor de aburire și ridicarea durității articolelor. De exemplu, la presiunea generală în autoclavă de 9 atm și presiunea parțială a aerului de 0,5 atm, temperatura în autoclavă va fi nu 175°, ci 173°.

Dar principala menire a vacuumului constă în faptul că datorită eliminării aerului din autoclavă, aburul pătrunde mai liber și mai repede în porii și capilarele articolelor celulare și creează în masa lor condiții mai bune de dezvoltarea proceselor fizico-chimice de întărire, decât la prelucrarea obișnuită în autoclave. Aerul ce se conține pe granulele cimentului se elimină, afânând concomitent învelișul gelului ce înconjoară granulele de ciment. Aburii și condensatul mai ușor pătrund în interior și hidratează complet particulele de ciment. În consecință rezistența articolelor din betoane celulare crește. De exemplu, la crearea în autoclave a decompresiei de 300 mm a coloanei de mercur, rezistența articolelor din beton spumant crește cu 45% în comparație cu articolele, aburite în autoclave fără crearea vacuumului. Însă extragerea unei cantități mari de aer din autoclave, conduce la rezultatul invers – scăderea durității, ceea ce se poate lămuri prin distrugerea pereților capilarelor în materialul ne întărit.

Crearea de vacuum în autoclave, după aburirea articolelor se cere de efectuat foarte atent, pentru a evita apariția fisurilor și altor forme de rebut.

2. PROPRIETĂȚILE, PARAMETRII ȘI CONSUMUL DE ABUR

Tratarea termică a articolelor poate fi efectuată atât la presiune normală, cât și în autoclave. Întărirea prin autoclavizare este net diferită de întărirea prin aburire la presiune normală, atât în ceea ce privește realizarea operației, cât și referitor la natura betonului rezultat.

Deoarece se lucrează la presiuni mai mari decât cea atmosferică, incinta de tratament trebuie să fie un recipient sub presiune cu un sistem de admisie de abur umed; trebuie evitat contactul betonului cu aburul supraîncălzit, deoarece aceasta ar determina uscarea betonului. Un asemenea vas sub presiune este cunoscut ca autoclavă, motiv pentru care întărirea prin aburire la presiuni ridicate este denumită autoclavizare.

Autoclavizarea a fost folosită prima dată pentru întărirea materialelor tip silico-calcar și a betoanelor celulare ușoare, utilizându-se și acum, pe scară largă, în acest scop. În domeniul betonului, autoclavizarea se utilizează pentru întărirea unor elemente prefabricate de dimensiuni mici, dar și pentru îmbinări de zăbrele sau grinzi (realizate atât din beton normal cât și din beton ușor), când se dorește asigurarea uneia din următoarele caracteristici:

- rezistență inițială mare: la întărirea prin autoclavizare, rezistența după 28 de zile în condiții normale de întărire poate fi obținută în numai 24 de ore; au fost obținute rezistențe de 80 – 100 MPa;
- durabilitate mare: întărirea prin autoclavizare îmbunătățește rezistența betonului la atac sulfatic și la alte forme de atac chimic, ca și la solicitări de îngheț – dezgheț și diminuează tendința de formare de eflorescențe;
- contracție la uscare redusă și schimb redus de umiditate cu exteriorul.

S-a constatat experimental că *temperatura optimă de autoclavizare* este de aproximativ 177°C, ceea ce corespunde la o presiune a aburului de 0,8 MPa (peste presiunea atmosferică).

Este esențial ca viteza de încălzire la tratamentul de autoclavizare să nu fie prea mare, deoarece procesele de priză și întărire pot fi efectuate într-o manieră similară cu cea de la întărirea prin aburire la presiunea atmosferică. Un ciclu tipic de autoclavizare constă în creșterea treptată pînă la temperatura maximă de aproximativ 182 °C (ceea ce corespunde la o presiune de 1 MPa) în decurs de 3 ore, urmează un palier de 5 – 8 ore la această temperatură și o scădere a presiunii în decurs de 20 – 30 de minute. O diminuare rapidă a presiunii accelerează uscarea betonului, astfel încât în contracția ulterioară (în exploatare) va fi diminuată.

Merită de subliniat, că o perioadă mai lungă de autoclavizare la o temperatură mai joasă determină dezvoltarea unor rezistențe mecanice mai mari, decât în cazul dacă se aplică temperaturi mai ridicate în timp mai redus.

În practică, detaliile ciclului de autoclavizare depind de instalația utilizată și de dimensiunile

elementelor supuse întăririi prin autoclavizare, durata perioadei de întărire în condiții normale, premărgătoare introducerii în autoclave, nu afectează calitatea betonului autoclavizat, iar alegerea unei perioade corespunzătoare este determinată de rigiditatea betonului, care trebuie să fie suficient de mare pentru a permite manipularea acestuia.

Pentru aburirea articolelor în autoclave se folosește aburul umed saturat, care repede se condensează și formează un mediu de apă în porii materialului. Aburii uscați și săturați care vin din cazangerie sînt umeziți cu ajutorul unor substanțe speciale. Aburii supraîncălziți pentru prelucrarea în autoclave nu se folosesc. Presiunea aburului în perioada izotermică de aburire, de obicei are 9-13 atm (175-190°C). Necesitatea ridicării presiunii până la 9 atm se explică prin faptul că dizolvarea intensivă a SiO₂ în soluția Ca(OH)₂ începe la temperatura 170-175°C. Ridicarea presiunii aburului micșorează longevitatea aburirii, de asemenea mărește duritatea articolelor pe contul formării mineralelor artificiale hidratate și foarte dure. Dar trebuie ținut cont că, presiunea aburului ca atare nu influențează asupra proceselor întăririi, ci doar asigură temperatura necesară în autoclave.

La majoritatea uzinelor existente presiunea aburului în autoclave este de 9 atm. La uzinele proiectate și cele ce se construiesc pentru betoane celulare, presiunea aburului în autoclave trebuie să fie de 13 atm. Problema folosirii aburului cu o presiune mai mare încă nu este soluționată. Astfel, prin lucrările lui Mironov S.A. a fost stabilit că ridicarea presiunii mai sus de 13 atm. nu dă o majorare considerabilă a rezistenței, în schimb micșorează modulul de elasticitate și mărește fragilitatea betonului.

Cercetările lui Samin M. și alora au arătat că la majorarea presiunii aburului până la 17-25 atm., rezistența articolelor din gazobeton crește. În afară de aceasta, utilizarea aburului cu așa presiune ne permite să lărgim baza de materie primă pentru producerea betoanelor celulare. Dar creșterea temperaturii în autoclavă are loc nu proporțional cu creșterea presiunii în ea. Astfel, la majorarea presiunii aburului de la 13 la 25 atm, adică de două ori, temperatura aburului se ridică doar de la 190-225°C, adică cu 18% în comparație cu temperatura inițială.

Consumul aburului la 1 m³ de gazobeton oscilează între 225 și 300 kg. În scopul folosirii economice a aburului, autoclavele lucrează transmițând aburii din unul în altul. Autoclavele pot fi de trecere și fără trecere sau de fundătură. În autoclavele de trecere ambele funduri se scot, iar în

cele de fundătură, un fund este fixat. Încărcarea și descărcarea articolelor în autoclavele de trecere are loc prin ambele capete, pe când în cele de fundătură – numai dintr-un capăt.

Dimensiunile de bază ale autoclavelor sînt următoarele:

- diametrul interior, m ... 2; 2,6; 3,6;
- lungimea porțiunii de lucru, m ... 17; 19,1; 21.

Alegerea tipului și dimensiunilor autoclavelor depinde de dimensiunile și formele articolelor, capacitatea de producere a întreprinderii, organizarea procesului tehnologic, a gabaritelor de construcție a încăperilor și de alte condiții.

CONCLUZII

Tratarea termică prin aburire în autoclave a betoanelor celulare are ca efect următoarele caracteristici:

- accelerarea întăririi betonului;
- rezistențe inițiale majorate;
- creșterea durabilității prin mărirea rezistenței betoanelor celulare la atac chimic de diferită natură;
- micșorarea esențială a contracției la uscare;
- micșorarea schimbului de umiditate cu exteriorul;
- diminuarea tendinței de formare a inflorescențelor, deoarece nu rămîne hidroxid de calciu ce poate fi solubilizat și levigat.

În ansamblu, autoclavizarea produce un beton celular de bună calitate, dens și durabil.

Bibliografie

1. **Kalnis, A. A.** *Issledovanie pročnosti i deformativnosti konstrukcionnogo gazobetona.* LAN, Riga, 1969.
2. **Kalnis, A. A.** *Issledovanie betonov i železobetonov.* LAN, Riga, 1970.
3. **Kuhs, R.** *Einfluss des Gipses auf Klinker mir verschiedenem Aluminatgehalt – Schriftenreihe der Zementindustrie Heft 22, 1978.*