

ACTIVAREA MECANICĂ ÎN CÂMP ELECTROMAGNETIC

dr. Valeriu GONCIARUC

dr. hab. Ion RUSU

Universitatea Tehnică a Moldovei

acad. Mircea BOLOGA

dr. Elvira VRABIE

c.ș. Albert POLICARPOV

Institutul de Fizică Aplicată al AȘ a RM

ABSTRACT

There are presented the experimental results of mechanical activation of the mortar mixture components - sand and cement in magneto fluidized layer, which results from the liquefaction of cylindrical shape soft magnetic steel ferromagnetic particles exposed to a rotating electromagnetic field. On the strength of the magneto fluidized layer the ferromagnetic particles effectuate intensive rotational and translational motions. As a consequence of the constrained collision between them and with the device walls happens the grinding of sand and cement particles that fall in the impact region. Mechanical activation of the mortar mixture components occurs by increasing their specific surface after the grinding process and other factors impact.

1. Introducere

Energia câmpului electromagnetic este folosită în ascendență pentru intensificarea proceselor tehnologice. La amplasarea în câmp electromagnetic rotativ a elementelor feromagnetice de formă cilindrică (bucăți de sârmă din oțel) cu o anumită lungime (l) și diametru (d) acestea se magnetizează și trec într-o stare de suspensie. În această stare fluidizată elementele feromagnetice efectuează o mișcare haotică intensivă ce face posibil amestecarea materialelor friabile și mărunțirea fină a lor. Aceste procese sunt însoțite de acțiunea concomitentă a câmpului electromagnetic, presiunilor locale înalte și oscilațiilor acustice.

La generalizarea rezultatelor cercetărilor procesului de mărunțire a nisipului de cuarț în stratul turbionar [1] noțiunea de strat turbionar se atribuie ansamblului de elemente feromagnetice fluidizate în câmp electromagnetic rotativ. S-a demonstrat că mărunțirea efectivă a nisipului se produce la utilizarea elementelor feromagnetice cu raportul l/d al particulelor $l/d=10\div 13$.

Totodată, diametrul optim al particulelor feromagnetice se află în intervalul $d=(1,4\div 1,9)$ mm. La un raport l/d mic, mărunțirea decurge mai încet, însă partea fracțiunii fine a nisipului este mai considerabilă decât la l/d mari. Aceasta are loc datorită frecvenței înalte a ciocnirilor dintre particulele feromagnetice caracteristice pentru $l/d < 10$.

S-a cercetat [2] dinamica particulelor feromagnetice cilindrice în câmp electromagnetic rotativ. La acțiunea câmpului exterior în fiecare particulă se induce un moment magnetic propriu. Ca rezultat al interacțiunii atât dipol-dipol dintre particulele feromagnetice, cât și al interacțiunii momentelor magnetice proprii cu câmpul exterior se produce fluidizarea și se formează stratul magnetofluidizat (SMF). Este același strat turbionar ca și în [1] denumit însă SMF după natura câmpului ce-l crează. S-au determinat vitezele de translație și de rotație a particulelor feromagnetice în SMF. Valorile medii constituie 2,5 m/c și 320 rad/s, iar valorile maxime – 7 m/s și 1200 rad/s respectiv.

Vitezele liniare ale particulelor feromagnetice în SMF nu depășesc 10 m/s [1,2]. Cu toate că pentru mărunțirea nisipului din cuarț sunt necesare viteze mai mari de 30 m/s, mărunțirea nisipului în SMF decurge foarte intensiv. Probabil, mărunțirea are loc nu numai ca rezultat al loviturii libere dintre particula feromagnetică și nisip, dar în primul rând al șocurilor glisante dintre particulele feromagnetice, și dintre acestea și pereții aparatului. Deoarece suprafețele de contact sunt mici, iar locul de contact are o poziție întâmplătoare față de axa de simetrie a particulelor ce se lovesc, se dezvoltă sarcini destul de mari chiar și la viteze relativ mici. Totodată în SMF frecvența și numărul de ciocniri dintre particule sunt impunătoare. Toți acești factori conduc la mărunțirea intensivă a nisipului și cimentului în SMF. Este cunoscut că mărunțirea materialelor friabile se efectuează cu atât mai efectiv, cu cât mai mare este forța depusă, cu cât mai mică este durata ei de acțiune și mai înaltă este frecvența de aplicare. Toate aceste condiții pe deplin se realizează în SMF.

Particularitatea SMF constă și în aceea că atât sarcinile de șoc care se realizează cu forțe și frecvențe mari, cât și frecarea conduc nu numai la mărunțirea materialului friabil, dar și la activarea superficială considerabilă a particulelor acestuia datorită deformației rețelei cristaline.

S-a demonstrat posibilitatea de activare în SMF a cimentului ca rezultat al sporirii suprafeței specifice a particulelor materialului [1]. Astfel activarea cimentului a demonstrat că suprafața specifică sporește de la valoarea inițială 3080 la $6724 \frac{cm^2}{g}$ pentru 30 min de activare. Totodată activarea maximă 47,7 MPa se obține la 20 min de prelucrare în SMF. Aici, însă, nu sunt prezentați atât parametrii geometrici ai particulelor feromagnetice, cât și concentrația lor în stratul turbionar pentru care se obține activarea maximă. Rămâne de așteptat că acești parametri sunt identici cu cei la care se înregistrează intensitatea maximă de mărunțire a nisipului de cuarț.

S-a demonstrat eficacitatea activării cimentului portland în stratul turbionar la producerea betonului autocompactant [3]. Ca rezultat a sporit rezistența la compresiune a betonului de la 11,58 la 20,18 MPa, de 1,7 ori. De asemenea, s-a cercetat influența asupra activării cimentului a duratei (τ) de activare și a parametrului caracteristic l/d al particulelor. Durata (τ) de activare a constituit 5-90 s, iar raportul $l/d= 5, 10$ și 20 ($d=2$ mm). Din dependențele prezentate rezultă, că activarea cimentului în strat turbionar are loc până la 60 s, apoi efectul încetează. Activarea cimentului de la 15 la 30 s conduce la sporirea rezistenței la compresiune (R_c) a betonului autocompactant cu 60%, iar activarea ulterioară de la 30 la 60 s cu 20%. Ca rezultat se recomandă ca durata de activare a cimentului în stratul turbionar să nu depășească 30 s, iar raportul optim $l/d=10$ ($d=2$ mm).

Se observă o discrepanță dintre rezultatele diferitor cercetători referitor la activarea nisipului și a cimentului în SMF. De aceea, s-a convenit la cercetarea în scopul de a stabili influența parametrilor geometrici ai particulelor feromagnetice (lungimea l și diametrul d), a raportului l/d , concentrației particulelor și durata activării mecanice a nisipului și cimentului în stratul magnetofluidizat.

2. Metodologia de cercetare

Instalația experimentală (fig. 1) include un inductor de câmp electromagnetic rotativ (cu număr implicit de poluri $P=1$, $n=3000$ rot/min). În interiorul inductorului se amplasează o celulă 2 din inox, prevăzută cu două capace 3.

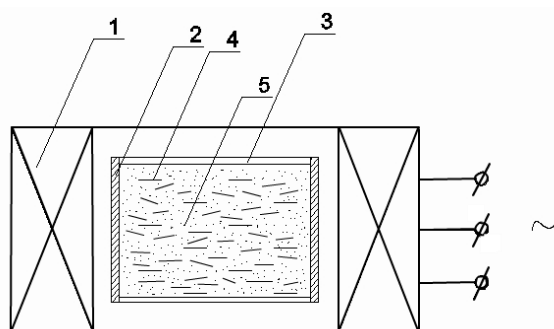


Fig. 1. Schema instalației experimentale

Capacul superior este prevăzut cu un ștuț pentru introducerea materialului friabil, iar cel inferior – cu o plasă și ștuț pentru evacuarea materialului activat (în fig. 1 nu sunt prezentate). În interiorul celulei se amplasează particulele feromagnetice 4 și materialul friabil 5. Ca particule 4 s-au folosit bucăți din sârmă din oțel carbon cu duritatea 3,5...4,0 GPa; diametrul (d): 1,5; 2,0; 2,5; 3,0 mm. și raportul dintre l/d lor: 6; 8; 10 și 14. În calitate de material friabil au fost activați componenții mortarului: nisipul și cimentul. S-a folosit ciment portland cu zgură CEM IIA-32,5R (producător

Lafarge Ciment Moldova S.A.) și nisip din cariera Cobusca. Din probele de ciment și nisip activate în SMF au fost confecționate mostre (grinzi) din mortar cu dimensiunile 20x20x80 mm, cu întărire în condiții normale timp de 28 zile. Mostrele au fost încercate la compresiune (R_c) și la încovoiere (R_{inc}). Concentrația particulelor feromagnetice în SMF s-a determinat ca raportul dintre volumul total al particulelor către volumul celulei.

3. Rezultate și interpretarea lor

Pentru a determina influența activării mecanice în SMF a nisipului și a cimentului asupra rezistenței mortarului inițial s-a activat un singur component al amestecului, celălalt rămânând în stare naturală. Activarea în SMF a nisipului a demonstrat că R_c a mortarului sporește de 2 ori în comparație cu mostra de referință, realizată din componenți neactivați. Activarea în SMF a cimentului, de asemenea, a demonstrat eficiența activării mecanice, R_c a mortarului sporind de aproximativ 2,5 ori. Mai efectiv s-a dovedit a fi activarea în SMF a ambilor componenți ai amestecului. S-a demonstrat că în SMF componenții pot fi activați separat și apoi utilizați pentru pregătirea amestecului, la fel ca și activați concomitent (nisipul și cimentul) în proporții necesare cu obținerea imediat a amestecului. Ambele metode conduc, practic, la aceleași rezultate în ceea ce privește sporirea R_c a mortarului.

Activarea mecanică în SMF a materialelor friabile depinde de parametrii SMF cum ar fi inducția câmpului electromagnetic B , lungimea (l) și diametrul (d) al particulelor feromagnetice, concentrația (c) a lor, durata de activare (τ) în SMF etc.

S-a cercetat procesul de activare mecanică a nisipului și cimentului în funcție de parametrii SMF la inducția $B=0,035$ T, maxim posibilă de obținut în instalația experimentală. Gradul de activare a nisipului și cimentului s-a apreciat după sporirea R_c și R_{inc} a mostrelor din mortar realizate din componenții respectivi.

S-a demonstrat ca activarea maximă în SMF se obține la utilizarea particulelor cu $l=10\div 20$ mm și $d=2,5$ mm (fig. 2).

Raportul l/d a particulelor feromagnetice influențează momentul magnetic propriu care se induce în fiecare particulă, iar ca rezultat atât interacțiunea dintre particulele feromagnetice, cât și cu câmpul magnetic exterior. Această influență este foarte complexă odată cu variația (d) a particulelor. S-a demonstrat că pentru $d=1,5$ mm activarea mecanică efectivă a nisipului și cimentului se produce la $l/d = 12\div 13$ (fig. 3 a), iar cu mărirea valorii d efectul maxim se deplasează spre valori l/d mai mici. Ca exemplu, pentru $d=3$ mm raportul optim este $l/d=5$.

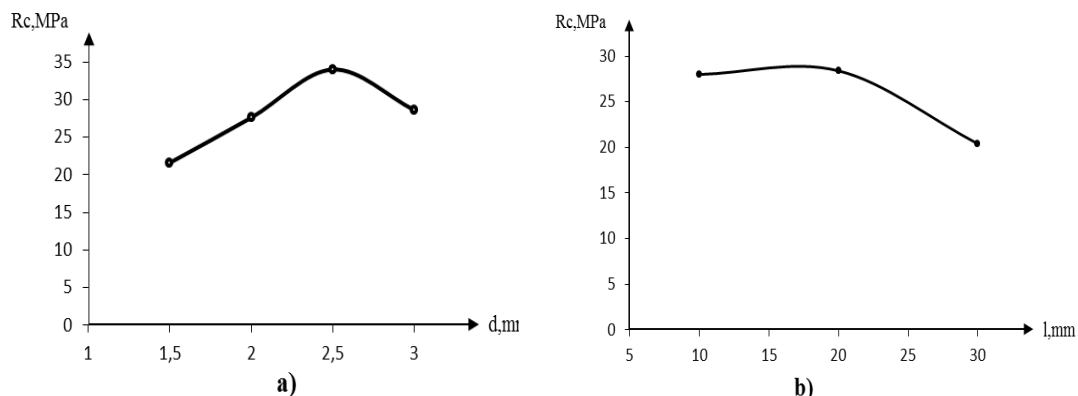


Fig. 2. Dependența (R_c) a mortarului de (d) (a) și (l) (b) a particulelor feromagnetice.

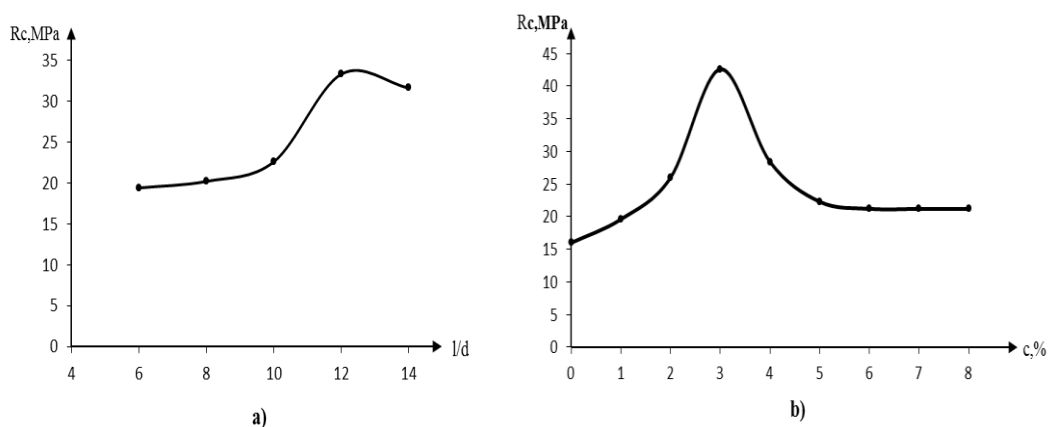


Fig. 3. Dependența (R_c) a mortarului de l/d (a) și (c) (b) a particulelor feromagnetice în SMF

Concentrația (c) a particulelor determină numărul lor în volumul de lucru al celulei, numărul de ciocniri dintre particule, caracteristicile dinamice ale lor și ca rezultat frecvența și puterea șocurilor glisante ce conduc la activarea materialelor friabile în SMF. S-a demonstrat că activarea efectivă a componentelor amestecului se obține la concentrații (c) de 3 % (fig. 3b). Totodată, R_c a mortarului a constituit 42,6 MPa ce în comparație cu mostrele de referință indică o sporire a parametrului respectiv aproximativ de 2,7 ori.

Activarea mecanică în SMF depinde și de (τ) de prelucrare a materialelor friabile. Dependențele din fig. 4 demonstrează că atât R_c , cât și R_{inc} obțin valorile maxime după $\tau = 90$ s de activare a nisipului și cimentului în SMF.

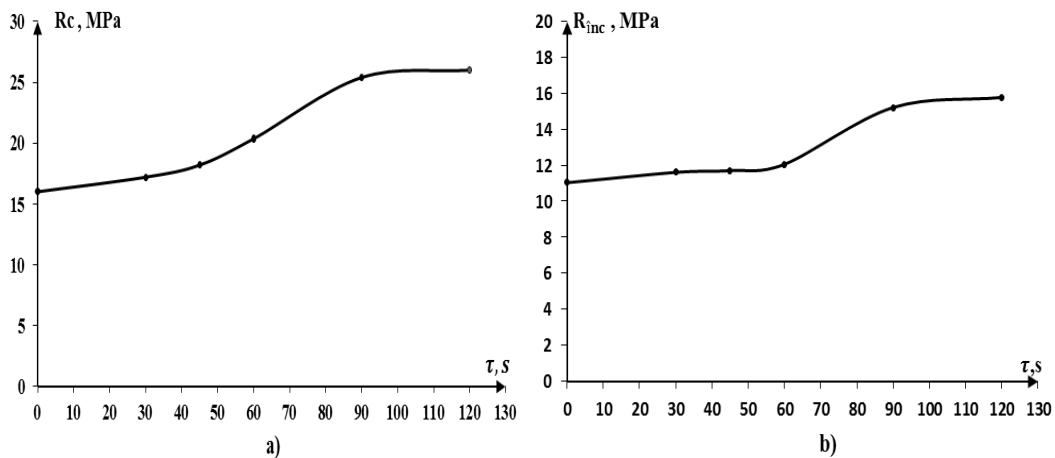


Fig. 4. Dependența R_c (a) și R_{inc} (b) a mortarului de τ de activare în SMF

4. Concluzii

1. Activarea mecanică a nisipului și a cimentului în strat magnetofluidizat conduce la sporirea considerabilă a R_c a mortarului.
2. Activarea mecanică depinde de parametrii SMF și τ de activare a componentelor amestecului. Eficiența maximă a procesului de activare se obține la utilizarea particulelor feromagnetice cu $l=10\div 20$ mm, $d=2,5$ mm, l/d $12\div 13$ a particulelor, $c=3\%$ a particulelor în SMF și $\tau = 90s$.

Bibliografie

1. Logvinenco D.D. Intensificația tehnologică a proceselor în aparatură vîhrevogo sloia.- Kiev.: 1976. – 144p.
2. Bologa M.C. Dvijenie asimetricinâh igloobraznâh ciasiț vo vrașciaiușcemsea magnitnom pole/ M.C.Bologa, V.P.Gonciaruc, S.I.Siutchin, V.V.Tetiuhin// Electronnaia obrabotka materialov. – 1993. -№1. – P. 47-53.
3. Filonov I.A., Iavrunean H.S. Mehanicescaia activația portlandțementa v aparate vîhrevogo sloia/ I.A.Filonov, H.S.Iavrunean// Electronnâi jurnal „Injenernâi vestnic Dona”.- 2012. - №3. – P.678-681.