

CERINȚE ACTUALE PRIVIND TEHNOLOGIA DE MALAXARE A MATERIALELOR COMPONENTE PENTRU PRODUCEREA BETOANELOR AUTOCOMPACTANTE

*Drd. Ing. Dipl. Cătălina GHECEF
ICECON S.A.*

*Prof. Dr. Ing. Maria GHEORGHE
Universitatea Tehnică de Construcții București
Departamentul Materiale de Construcții*

ABSTRACT

The mixer is the key to producing of the self compacting concrete. The mixer has to ensure a uniform mixing and a complete dispersion powder and additives markups due to high quantity paste and viscous nature of the mixture. Since the beginning of mixing powder agglomeration is found, it is important to begin mixing at maximum speed gear; the more effective it is greater disaggregation increases concentrations of dust. It concludes, therefore, that by increasing the intensity of mixing can reduce water requirements for the same consistency. It is important to made preliminary studies to determine the effectiveness of individual mixers and optimal dosing sequence elements.

I. INTRODUCERE

Una dintre cele mai importante condiții care se impun unei mașini pentru prepararea betoanelor este aceea de a asigura prepararea unui amestec de calitate superioară, adică amestecarea agregatelor, a cimentului și a apei, precum și eventual a adaosului în scopul obținerii unui amestec cât mai omogen. Astfel, trebuie luat în considerație faptul că, comportarea diverselor materiale care se amestecă este foarte diferită. Forma granulelor și mărimea lor, gradul de umiditate și consistența, greutatea și compactitatea, capacitatea de aderență și de absorbție a apei joacă un rol însemnat în operația de malaxare ce trebuie realizată. O formă rotundă a granulelor dă particulelor o tendință de rostogolire; o formă colțuroasă, datorită frecării, permite segregarea materialului. Granulele mai mari se separă repede în mișcarea lor de rostogolire din cauza greutății lor diferite, iar particulele mici și cele fine tind să se aglomereze prin aderență. Granulozitățile distribuite avantajos și amestecate unele cu altele constituie premisele unei compactari bune. În masele umede și în materialele brute care absorb lichidele se produc ușor cocoloașe. Materialele grele și dense necesită mai multă energie de amestecare decât masele ușoare și poroase. Uneori, dezvoltarea de căldură în cursul procesului de amestecare poate produce modificări ale materialelor componente, iar reacțiile chimice pot influența structura produsului malaxat. Toți acești factori arată cât de puternic poate influența asupra comportării materialelor componente alegerea sistemului de malaxare, durata amestecării și construcția utilajului folosit.

Rezumând proprietățile diferitelor părți componente ale amestecurilor, apar următoarele cerințe care trebuie să fie satisfăcute de procesul de malaxare: repartizarea uniformă a granulațiilor între ele; repartizarea uniformă a lianților și a apei; repartizarea ireproșabilă din punct de vedere cantitativ a

celor mai mici adaosuri; intrarea în acțiune totală a celor mai fine particule de liant; împiedicarea formării de cuiburi și cocoloașe; împiedicarea sfărâmării agregatelor, pentru a nu modifica compoziția granulometrică inițială.

A doua condiție care se cere mașinilor moderne este aceea de a realiza productivități ridicate, prin micșorarea duratei de malaxare, încărcare și descărcare a malaxorului, precum și prin mecanizarea complexă sau chiar automatizarea întregului proces de preparare a amestecului.

A treia condiție este aceea de a asigura condiții optime de deservire și exploatare a utilajelor. Astfel, a căpătat o largă utilizare prepararea centralizată a amestecului în stații fixe, portabile sau mobile de diferite capacități.

Malaxorul este elementul cheie în producerea betonului autocompactant. Malaxorul trebuie să asigure o amestecare uniformă și dispersia completă a adaosurilor pulverulente și a aditivilor, datorită cantității mari de pastă și a naturii vâscoase a amestecului. Deoarece la începutul amestecării se constată aglomerarea pulberilor, este important să debuteze amestecarea la treapta maximă de viteză; cu cât aceasta este mai intensă crește eficiența dezagregării aglomerărilor de pulberi. Se deduce, astfel, că prin creșterea intensității procesului de amestecare se poate diminua necesarul de apă pentru aceeași consistență. Amestecarea intensivă ar duce la creșterea necesarului de aditivi SP și micșorarea cantității de apă, pentru aceeași consistență, deoarece:

- dispersarea eficientă, avansată a aglomerărilor de ciment poate produce desprinderea peliculei de produși de hidratare de pe suprafața particulelor de liant și astfel, să fie cerut mai mult aditiv SP pentru obținerea consistenței stabilite;
- produșii de hidratare superficială a granulelor de liant acționează ca lubrifianți, astfel, micșorează rezistența la curgere (vâscozitatea) și necesarul de apă în BAC;
- amestecarea intensivă mărește volumul de aer în beton care, dispersat în bule mici printre particulele de agregat micșorează frecarea dintre acestea și astfel, crește mobilitatea betonului;
- superplastifiantul se poate adăuga dizolvat în apa de amestecare în timpul amestecării sau la sfârșitul amestecării.

Betoanele autocompactante pot fi produse cu orice malaxor eficient: malaxoare cu palete, malaxoare cu cădere liberă și autobetoniere, dar în general, sunt de preferat malaxoarele cu amestecare forțată. Cu toate acestea, pentru betonul autocompactant este deosebit de important ca mixerul să fie într-o stare bună mecanică și ca acesta să poată asigura amestecarea completă și uniformă a materialelor solide, cu o forță de amestecare suficientă pentru a dispersa și pentru a activa aditivii superplastifianți.

II. PROCEDEE DE MALAXARE ÎN PRODUCȚIE

Timpul de dozare a adaosurilor în timpul malaxării este important, deoarece poate modifica eficacitatea. Atunci când se utilizează un aditiv întârziator de priză în plus, este de preferat a se doza în malaxor mai târziu. O procedură standard ar trebui să fie adoptată în urma studiilor în producția în fabrică și apoi a se urma strict această procedură, în scopul de a reduce potențialele diferențe de compoziții între loturi.

Datorită efectului puternic al superplastifianților moderni, este important ca pulverizatoarele/dozatoarele să fie calibrate în mod regulat. În cazul în care pentru a finaliza un lot este necesară dozare suplimentară, ar trebui să existe un mijloc de însumare a cantităților individuale de aditivi adăugate.

Există o serie de diferite moduri de încărcare și malaxare; exemplele de mai jos s-au dovedit a da rezultate bune:

a) *Malaxor cu cădere liberă* și montat pe autobetonieră-se recomandă în special pentru turnări in situ:

Autobetonierele sunt susceptibile de a solicita suplimentarea timpului de amestecare a betonului autocompactant, deoarece acestea sunt mai puțin eficiente decât malaxoarele cu palete. Divizarea compoziției în două sau mai multe loturi de amestecare poate îmbunătăți eficiența. Starea cuvei-malaxor și a paletelor de amestecare sunt deosebit de importante pentru betonul autocompactant și ar trebui să fie inspectate în mod regulat. Viteza de rotație a tamburului în timpul ciclului de

amestecare ar trebui să respecte recomandările producătorului, dar viteza de amestecare recomandată pentru betonul autocompactant va fi în mod normal în intervalul 10 - 15 rot/min.

b) Malaxoare cu amestecare forțată:

Datorită marii varietăți de malaxoare disponibile, metodologia exactă pentru dozare și amestecare ar trebui să fie determinată obligatoriu de studii preliminare înainte de începerea producției.

II.1 Analiza comparativă a diferitelor sisteme de malaxare

În cazul malaxoarelor cu amestecare prin cădere liberă (betoniere), rezistențele la malaxare sunt mai mici, construcția este mai simplă, ceea ce conduce la puteri specifice (P/V) și mase specifice (M/V) mai mici decât cele cu amestecare forțată. Aceste malaxoare asigură calități corespunzătoare ale amestecului preparat numai pentru betoane plastice. Deoarece uzura organelor de malaxare este mai redusă, aceste malaxoare sunt destinate preparării betoanelor cu agregate mari (baraje hidrotehnice). La malaxoarele cu amestecare forțată, rezistențele la amestecare sunt mai mari, iar construcția acestora este mai complicată decât a celor cu amestecare prin cădere liberă având puteri specifice și mase specifice mai mari. Uzura paletelor este mai mare decât în primul caz. Avantajul major al amestecării forțate constă în asigurarea unei calități superioare a betoanelor vârtoase, betoanelor asfaltice și mortarelor.

Malaxoarele vibratoare au indicii specifici cei mai dezavantajoși și se utilizează, în special, în cazul în care este necesară decofrarea rapidă a elementelor din beton sau beton armat, când prin eliminarea sau reducerea perioadei de tratare termică a betonului se asigură acoperirea unor cheltuieli de investiții și exploatare.

Factorii determinanți pentru calitatea malaxării sunt: viteza de amestecare; forma și dispunerea paletelor; configurația geometrică a tobei; gradul de umplere; durata de amestecare.

II.2 Criterii de evaluare a malaxoarelor

Se verifică integritatea structurală. Structura oricărui malaxor trebuie să conțină următoarele componente: camera de malaxare (tobă, cuvă sau jgheab), rotor cu lame sau palete de amestecare, dispozitive de direcție și rotație, dispozitive de încărcare și descărcare. Acestea trebuie să fie verificate dacă corespund cu specificațiile producătorului.

Se verifică dacă numărul de rotații pe minut a tobei sau a dispozitivelor de amestecat este conform cu specificațiile producătorului.

Se verifică dacă echipamentul poate fi repornit după 5 minute de la oprire, mai precis după terminarea ciclului de malaxare.

Malaxorul poate fi descărcat conform tipului constructiv sau specificațiilor producătorului.

Procedura de amestecare are o influență semnificativă asupra consistenței, a cantității necesare de apă și a eficienței aditivului SP și a dispersiei complete a pulberilor.

Ordinea de introducere a componentelor:

- a) Agregatul și pulberile (cimentul + adaosurile) se amestecă timp de un minut;
- b) Se adaugă treptat, prima parte din apă (80%) și se amestecă un minut;
- c) Se adaugă a doua parte din apă totală (20%) și se amestecă încă un minut;
- d) Amestecarea se continuă 3 minute;
- e) Repaus amestecare timp de 3,5 minute;
- f) Se reamestecă timp de 30 secunde și se descarcă pentru măsurători în stare proaspătă. Astfel, durata totală este de 10 minute.

Se încearcă proprietățile în stare proaspătă – densitatea aparentă și consistența. Se determină și retenția consistenței (pentru betonul gata preparat).

În plus, la fiecare modificare a compoziției se verifică robustețea. Robustețea BAC este mult influențată de variația conținutului efectiv de apă din umiditatea nisipului și cea adugată la preparare.

Retenția consistenței este importantă pentru că în timpul transportului și punerii în lucrare a betonului autocompactant gata preparat consistența trebuie menținută la valori apropiate celor inițiale, uzual, pentru 60-90 minute.

III. VERIFICĂRI EXPERIMENTALE

III.1 Încercări de performanță ale procesului de malaxare

Eficiența malaxării este determinată de uniformitatea amestecului de beton și de rezistența la compresiune a cuburilor sau a cilindrilor din beton, aceste eșantioane fiind prelevate după terminarea procesului de malaxare.

Determinarea uniformității amestecului de beton include următoarele tipuri de determinări pentru diferite probe prelevate: conținut de aer; conținut de agregate pe unitatea de volum, conținut de mortar pe unitatea de volum, consistență (tasare).

a) Prelevarea probelor

Două probe din amestecul de beton se iau direct din camera de malaxare imediat după terminarea ciclului de malaxare. În cazul în care eșantionarea directă din interiorul camerei de malaxare este dificilă prelevarea probelor poate fi efectuată după descărcarea betonului malaxat.

Volumul unei probe trebuie să fie de minimum 20 de litri pentru malaxoarele cu amestecare discontinuă și de 100 de litri pentru malaxoarele cu amestecare continuă.

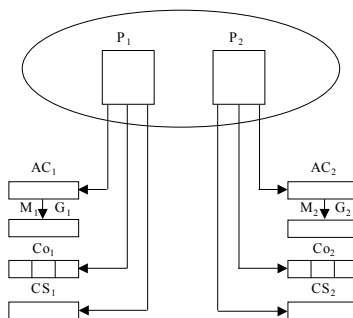


Figura 1. Schemă generală de prelevare a probelor (eșantionare)

Legendă:

P1, P2 – cele 2 probe prelevate din malaxor;

AC1, AC2– probe pentru determinarea conținutului de aer;

M1, M2, G1,G2 - probe pentru determinarea conținutului de aer, utilizate, în secvența viitoare, pentru determinarea conținutului de agregate și mortar;

C01,C02 - probe pentru determinarea rezistenței la compresiune (câte trei cuburi sau cilindri din fiecare eșantion);

CS1, CS2 - probe pentru încercarea de consistență (tasare).

În continuare sunt prezentate exemple de eșantionare pentru diferite tipuri constructive de malaxoare :

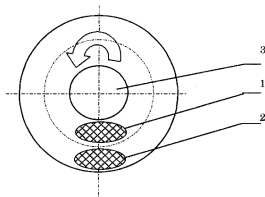


Figura 2. Eșantionare în cazul unui turbomalaxor

Legendă: 1 – proba din zona centrală; 2 – proba din zona periferică; 3 – cilindru central care acoperă zona de malaxare moartă

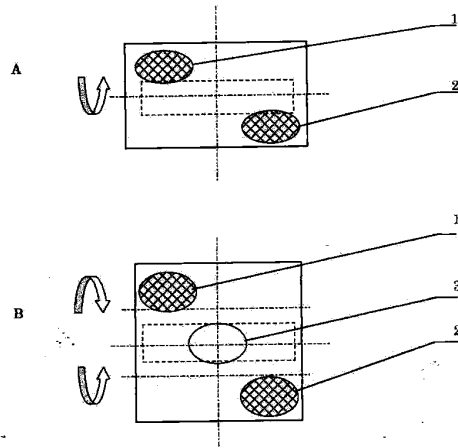


Figura 3. Eșantionare în cazul unui malaxor cu palete

Legendă:

1 – proba din zona frontală; 2 – proba din zona posterioară; 3 – proba din zona centrală

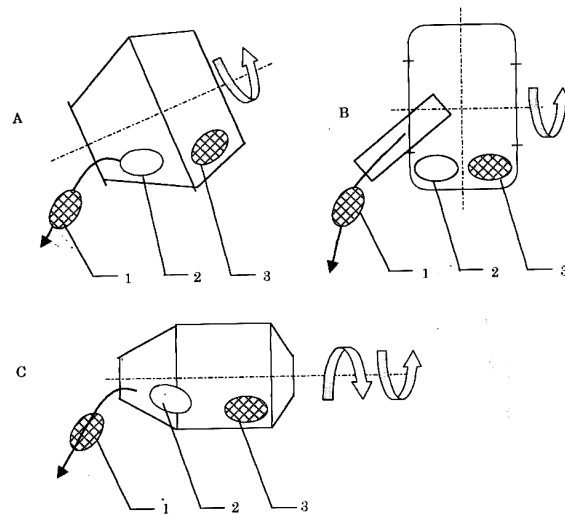


Figura 4. Eșantionare în cazul malaxoarelor cu amestecare prin cădere liberă (gravitaționale)

Legendă:

1 – proba de început 1/3; 2 – proba de mijloc 1/3; 3 – proba de sfârșit 1/3

b) Eficiența procesului de malaxare

Cantitatea componentelor utilizate uzual corespunde unei capacități nominale a malaxorului cu amestecare discontinuă și a productivității nominale pentru malaxoarele cu amestecare continuă conform specificațiilor producătorului. Procedura prezentată permite, de asemenea, determinarea eficienței de malaxare.

c) Optimizarea duratei de malaxare

Pentru producătorii și utilizatorii de malaxoare cel mai important deziderat este reducerea (optimizarea) duratei de malaxare asigurând în același timp cerințele de calitate ale betonului și productivitatea maximă. În scopul acestei determinări, este necesară efectuarea aceleiași încercări pentru diferite durate de malaxare alese pe baza rezultatelor încercărilor anterioare.

Rezultatele încercărilor în funcție de durata de malaxare $v = f(t)$ sunt reprezentate în sistemul de coordonate și curba este trasată prin extrapolare.

Un exemplu pentru determinarea duratei optime de malaxare pe baza rezistenței la compresiune a betonului este prezentat în figura 5.

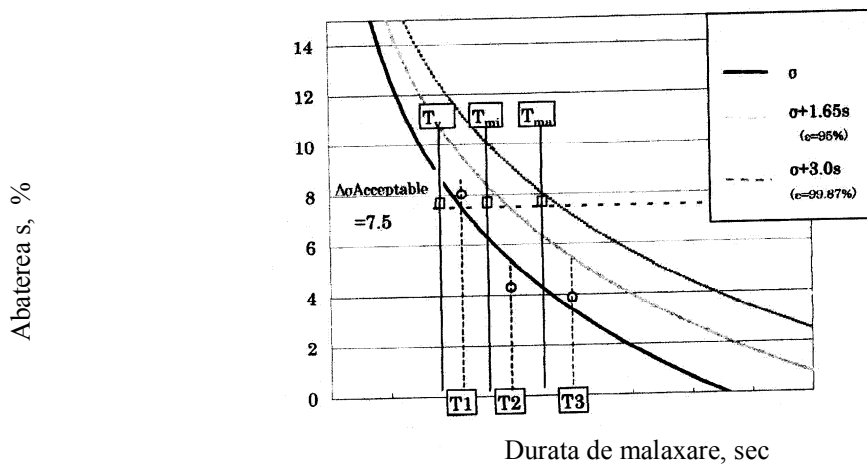


Figura 5. Determinarea duratei optime de malaxare

Experiența a demonstrat că durata de amestecare necesară pentru amestecarea completă a betonului autocompactant poate fi mai lungă decât pentru beton normal vibrat, datorită forțelor reduse de frecare și a timpilor necesari de activare completă a aditivilor superplastifianți. Este important să fie efectuate studii preliminare pentru a stabili eficiența malaxoarelor individuale și secvența optimă pentru dozarea elementelor componente. Volumul de beton necesar pentru studiile preliminare nu ar trebui să fie mai mic de jumătate din capacitatea utilă a malaxorului utilizat în producție.

Înainte de a începe producția în fabrică, se recomandă ca studiile preliminare să se desfășoare pentru a se asigura că, în producția la scară reală, amestecul de beton autocompactant este în conformitate cu cerințele caietului de sarcini pentru ambele proprietăți: proaspăt și întărit.

IV. CONCLUZII

Față de cele de mai sus, pot fi sintetizate următoarele concluzii:

- efectul de malaxare poate fi maxim în următoarele condiții: amestecarea materiilor prime în scopul obținerii unui amestec cât mai omogen, realizarea de productivități ridicate prin micșorarea duratei de malaxare-încărcare-descărcare a malaxorului și asigurarea condițiilor optime de deservire și exploatare a utilajelor;
- malaxarea componentelor trebuie să asigure repartizarea uniformă a granulațiilor între ele, repartizarea uniformă a lianților și a apei, repartizarea ireproșabilă din punct de vedere cantitativ a celor mai mici adaosuri, intrarea în acțiune totală a celor mai fine particule de liant, împiedicarea formării de cuiburi și cocoloașe, împiedicarea sfărâmării agregatelor pentru a nu modifica compoziția granulometrică inițială;
- durata de malaxare poate fi optimizată prin efectuarea de studii preliminare pentru a stabili eficiența malaxoarelor individuale și secvența optimă pentru dozarea elementelor componente.

BIBLIOGRAFIE

- [1] The European Guidelines for Self-Compacting Concrete Specification, Production and Use –2005 EFNARC;
- [2] Specification and Guidelines for Self-Compacting Concrete, February 2002, EFNARC,
- [3] CP 012-1:2007- Cod de practică pentru producerea betonului;
- [4] Proiect C 96- CEEX- „Soluție inovativă de optimizare a microstructurii compoziției betonului autocompactant pentru realizarea performantă a elementelor prefabricate din beton - SICOBET”, Director Proiect Prof. Univ. Dr. Ing. Maria GHEORGHE, Responsabil proiect Drd. Ing. Dipl. Cătălina GHECEF;
- [5] Servicii privind elaborarea de activități specifice de reglementare în domeniul "Structuri pentru construcții" Beton autocompactant – cercetare (prenormativă)-septembrie 2009, contract MINISTERUL DEZVOLTĂRII REGIONALE ȘI LOCUINȚEI;
- [6] Betonul autocompactant în industria prefabricatelor din beton - actualitate și tendințe -ICECON, 16 septembrie, 2008 -Director Proiect Prof. Univ. Dr. Ing. Maria GHEORGHE, Responsabil proiect Drd. Ing. Dipl. Cătălina GHECEF;
- [7] Mihăilescu Ș., Vlasiu G. “Mașini de construcții și procedee de lucru”;
- [8] Mihăilescu Ș., Goran V., Bratu P. “Mașini de construcții”.