

INFLUENȚA TEHNOLOGIEI NOI MAC-PULBERE ASUPRA PERFORMANȚELOR ÎMBRĂCĂMINȚII BITUMINOASE

dr. ing. conf. univ. Anatolie Cadociniov

Catedra CFDP UTM

doctorand Evgheni Cadociniov

Catedra FB USM

ABSTRACT

This paper addresses the theme mentioned in the title from 2 main perspectives: the quality of used materials and asphalt mixtures preparation technology with modified bitumen. As any other study or research, it begins with description of state of the art situation in the field and especially the use of modified bitumen with Mac-powder.

Mac powder is a new material used for bitumen modification. The bitumen is obtained by dissolving the powder of a composition Mac-containing complex including polymers. Mac bitumen dissolved cold asphalt mixes made more stable. By studying the problem of quality assessment were carried out investigations necessary to determine the physico-mechanical sample mix asphalt "hot" and "cold".

MAK-bitum - un nou material pentru drumari. Acesta se obține prin dizolvarea în bitum a MAC-pulberii cu o compoziție specială, conținând și polimeri. Particulele de MAK-pulbere sunt de culoare maro, cu o densitate relativă de 1,11 g/cm² și o densitate în stare afînată de aproximativ 0,6 g/cm², ce posedă o higroscopicitate și antiaglomerație marcantă. Bitumul, modificat cu MAK-pulbere, are o viscozitate mai mare și temperatura de înmuiere înel și bilă (I.B), uneori ajungând până la 90°C. Liantul cu astfel de proprietăți dă posibilitatea de a primi amestecuri de mastici cu piatră fără utilizarea aditivilor din celuloză. MAK-bitumul dizolvat, de exemplu cu motorină, transformă mixturile asfaltice pregătite la rece într-un liant mai stabil și ușor de compactat. Stivele de depozitare a acestor tipuri de amestecuri nu este necesară în mod regulat de amestecat manual sau cu mecanismele, și pot fi utilizate, de exemplu, pentru plombarea gropilor, chiar și la temperaturi scăzute.

Însă, încă nu sunt elaborate metodele de evaluare a calității, criteriile de evaluare a finalizării procesului de amestecare și de evaluare a omogenității MAK-bitumului. La prepararea MAK-bitumului se copie mecanismele de amestecare și tehnologiile de preparare descrise de firmele-producătoare de MAK-pulbere ITG (International Technology Grup).

Cu toate acestea, metodele de evaluare a omogenității amestecului și a criteriilor de finalizare a etapei de amestecare, influența nivelului de temperatura și timpul de amestecare, parametrii utilajelor de amestecare, pentru a fi posibil descrierea procesului de obținere a unui nou material specific, sunt necunoscute până la moment specialiștilor-practici. Unele detalii cu privire la procesul de preparare a MAK-bitumului au fost obținute în cadrul cercetărilor experimentale. În special, sa constatat că, la diferiți parametri egali (temperatură, rețetă), durata amestecării reduce temperatura de înmuiere, probabil din cauza distrugerii structurii gelatinoase. Prin urmare, determinarea criteriilor de finalizare a procesului de amestecare și metoda de evaluare a timpului necesar pentru a obține un nou material - MAK-bitum sunt foarte necesare.

Pentru a estima aportul temperaturii și timpul de amestecare la obținerea unui liant omogen și calitativ, evaluat după temperatura de înmuiere I.B., a fost realizat un experiment planificat - un experiment complet factorial (E.C.F.) prin metoda ortogonală de tipul 2^2 , unde în două nivele se operează cu doi factori variabili [1] :

X_1 - temperatura de amestecare, superioară de 150°C , inferioară de 130°C și X_2 - timpul de amestecare 40 și 20 de minute. Parametru final $Y_1 - \Delta T_{I.B.}$ (diferența dintre aceste valori pentru probele preluate din partea superioară și inferioară a monstreii după încălzire la temperatura de fluiditate). Cea mai mică valoare - indică omogenitatea mai bună a liantului obținut. Parametrul final $Y_2 - T_{I.B.}$ (media pentru probele din partea de sus și de jos a monstreii). Valoarea mai mare indică o calitate mai bună a MAK-bitumului. Toate experimentele au fost efectuate pentru una și aceeași rețetă a liantului.

În recipientul mixerului de laborator (vezi foto) sa turnat 310g de bitum încălzit, s-a adăugat 80g de motorină (20%) și 10g de MAK-pulbere (2,5%). MAK-pulberea este necesar să fie adăugă în amestecul fierbinte de bitum și motorină cu atenție, cu agitare continuă și cantități mici (pulberea conține umiditate și se formează spumă). După rezultatele obținute se preconiza de a se calcula coeficienții în dependență de factorii variabili și posibilele interacțiuni lor într-un model matematic de tip:

$$Y_{1,2} = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2 + B_{12}X_1X_2. \quad (1)$$

Valoarea acestor coeficienți corespunde cu contribuția factorului respectiv sau interacțiunea lor la obținerea valorii parametrului final. Toate experimentele, sa decis să se efectueze două ori. De asemenea, două încercări au fost efectuate la nivelul mediu a factorilor variabili, adică la o temperatură de 140°C și timpul de amestecare de 30 min. La experiment au fost utilizate următoarele materiale:

Tabelul 1. Planul și rezultatele experimentului

No Exp.	X ₀	X ₁ t°C - 130 + 150 0 140	X ₂ T _{ames. min.} - 20 + 40 0 30	X ₁₂	Y ₁ ΔT _{I.B.} °C	Y _{1cp.} ΔT _{I.B.} °C	Y ₂ T _{I.B.} °C	Y _{2med.} T _{I.B.} °C
5, 8	+	-	-	+	5,0 5,8	5,4	37 35,4	36,2
4, 7	+	-	+	-	1,8 2,6	2,2	41,5 39,9	40,7
1, 9	+	+	-	-	3,9 3,5	3,7	48,45 49,95	49,2
3, 10	+	+	+	+	1,6 1,2	1,4	44,2 43,8	44,0
2, 6	0	0	0	0	3,8 4,4	4,1	43,8 41,6	42,7

Planul și rezultatele experimentului sunt prezentate în tabel (cu rotundire zecimală). După calcularea coeficienților pentru ΔT_{I.B.} sa obținut polinomul:

$$Y_1 = 4,175 - 1,625X_1 - 2,375X_2 - 0,255X_1X_2 \quad (2)$$

unde valorile normate:

$$X_1 = (t^\circ\text{C} - 140) / (150 - 140); X_2 = (\tau_{\text{ames.min}} - 30) / (40 - 30) \quad (3)$$

$$\text{Dispersia de reproducere } S^2 = \sum (i_1 - i_2)^2 / n - 1 = 0,11 \quad (4)$$

Criteriul „Student” cu n - 1 = 9 grade de libertate și probabilitatea de 0,95 constituie 2,2622. Coeficienții mai mari de 2,2622x0, 11 = 0,25 sunt semnificativi, iar restul - nu.

Astfel, modelul rezultat pentru ΔT_{I.B.} are forma:

$$\Delta T_{I.B.} = 4,175 - 1,625 (t^\circ\text{C} - 140) / (150 - 140) - 2,375 * (\tau_{\text{ames.min.}} - 30) / (40 - 30) \quad (5)$$

Semnul negativ pentru coeficienți indică că, creșterea variabilei conduce la micșorarea valorii ΔT_{I.B.} a bitumului, adică la un amestec mai omogen. Dacă vom efectua procesul la o temperatură de 120°C și vom amesteca timp de 15 min, diferența de temperatură de înmuiere în partea de sus și de jos a monstrei va fi:

$$4,175 - 1,625 (120-140) / (150 - 140) - 2,375 (15 - 30) / (40 - 30) \quad (6)$$

$$\text{sau } 4,175 + 1,625 \times 2 + 2,375 \times 1, 5 = 11^\circ\text{C} \quad (7)$$

ceea ce rezultă că amestecarea timp de 15 minute la această temperatură nu este suficientă.

Pentru parametru final T_{I.B.} a monstrei coeficienții calculați cu variabile au următoarele valori:

$$Y_2 = 42,5 + 4,1X_1 - 0,175X_2 - 2,425X_1 X_2 \quad (8)$$

Este necesar de tras atenția la valoarea negativă al variabilei X_2 - timpul de amestecare. S-a dovedit, că creșterea timpului de amestecare conduce la o scădere a calității produsului! Cu toate acestea, valoarea coeficientului este foarte mică. Dispersia de reproductibilitate pentru șirul de 10 experimente

$$S^2 = \Sigma (i_1 - i_2)^2 / n-1 = 0,687 \quad (9)$$

Nivelul de semnificație pentru coeficienții va fi:

$$2,2622 \times 0,687 = 1,55. \quad (10)$$

La valoarea de timp selectat pentru amestecare, coeficientul cu variabila X_2 este nesemnificativ. Modelul rezultat este:

$$T_{I.B.} = 42,5 + 4,1 (t^\circ C - 140) / (150 - 140) - 2,425 (t^\circ C - 140) / (150 - 140) \times (\tau_{\text{ames.min}} - 30) / (40 - 30) \quad (11)$$

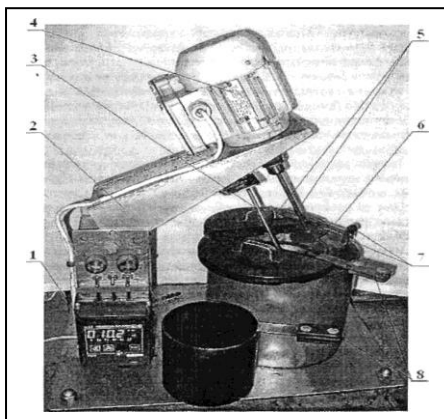
Se vede, că intensitatea amestecării în echipamentul utilizat este foarte mare, și chiar și în mai puțin timp decât cel planificat în experiment, în 20 de minute, a fost deja primit MAK-bitum de o calitate desctul de bună. Agitarea timp de 30 și 40 de minute, cel puțin nu modifică semnificativ parametru final. În timp ce nivelul de temperatură afectează foarte mult calitatea produsului (coeficientul cu variabila X_1 este semnificativ). Sa primit chiar semnificativ interacțiunea perechii variabilelor, care se întâmplă foarte rar. Și prin aceasta interacțiune în pereche timpul de amestecare afectează, de asemenea, rezultatul. De exemplu, dacă am agita la $160^\circ C$ timp de 40 min, atunci temperatura de înmuiere a monstrei examinate ar putea fi:

$$T_{I.B.} = 42,5 + 4,1 \times (160 - 140) / 10 - 2,425 (160 - 140) / 10 \times (40 - 30) / 10 = 42,5 + 4,1 \times 2 - 2,425 \times 2 \times 1 = 45,85^\circ C, \quad (12)$$

dar dacă numai 20 de minute, apoi:

$$T_{I.B.} = 42,5 + 4,1 \times (160 - 140) / 10 - 2,425 (160 - 140) / 10 \times (20 - 30) / 10 = 42,5 + 4,1 \times 2 - 2,425 \times 2 \times (-1) = 42,5 + 8,2 + 4,85 = 55,55^\circ C, \quad (13)$$

cu 10 unități mai mult!



- 1 – regulator de temperatură;
- 2 – braț de suport mobil;
- 3 – senzor de temperatură;
- 4 – motorul electric;
- 5 – capacul cuțit din tehtolit;
- 6 – cuptor;
- 7 – agitator;
- 8 - vas de lucru.

Figura 1. Mixer de laborator

Valorile parametrilor finali din experimentele de la nivelul de mijloc a monstreii și B₀, calculați din rezultatele matricei au fost similare (4,1-4,175, 42,7-42,5), indicând corectitudinea imitării procesului.

Însă trebuie de înțeles faptul, că coeficienții obținuți caracterizează efectul variabilelor parametrilor finali numai în interiorul regiunii de variație și aproape de granițele sale.

În îndepărtare de regiunea influența variabilelor poate fi diferită. Este necesat de recunoscut, de asemenea, că pentru alți parametri de amestecare și proporții ale amestecului coeficienții cu variabilele X₁ și X₂ este probabil să fie diferiți, cea ce diminuează modele obținute, însă care sunt utile, în general, pentru înțelegerea contribuției relative a acestor variabile.

A fost verificată de asemenea posibilitatea de a determina timpul necesar pentru amestecare nu pentru a obține un liant omogen, dar pentru a stabili dinamica temperaturii de înmuierii în timpul amestecării, la intervale de timp determinate. Prin analogie folosind principiul de obținere a unei mase constante prin evaluarea umedității materialelor componente. Dacă probele, prelevate în timpul amestecării, demonstrează rezultate relevante și satisfăcătoare, atunci procesul poate fi considerat ca finalizat.

Toate experimentele anterioare au fost efectuate cu un mixer cu diametrul de 60mm. Cu viteza de rotație de 1420 1/min acesta asigură pentru monstra de 400-500g rată de calcul de circulație de 2500-2000 l/h și o viteză de deplasare la capătul lamei 4,55 m/s. Amestecarea cu o așa intensitate într-un mixer industrial este dificil de a fi realizat. Prin urmare, sa decis să repete experimentul cu aceeași rețetă și temperatură, dar cu un mixer mai mic cu un diametru de 40mm și un unghi mai mic de înclinare a lamei. Rata de calcul a monstreii de 500g – 300 l/h și viteza de deplasare de 3 m/c. Rezultatele temperaturii de înmuierie în °C (media a două măsurători) pentru seria de probe prelevate:

- proba 1 - 33.0 (10 min.)
- proba 2 - 49.75 (20 min.)
- proba 3 - 39.75 (30 min.)
- proba 4 - 30.8 (40 min.)
- proba 5 - 29.6 (50 min.).

Rezultatele ultimului experiment sunt foarte interesante. Aceasta este încă o confirmare a faptului că amestecarea excesivă nu este de dorit, și aprecierea timpului necesar (suficient!) de amestecare este foarte important. Pentru a avea răspunsuri la alte întrebări ce apar, ca de exemplu: efectul asupra proprietăților funcționale ale MAK-bitumul, ca liant (inclusiv asupra calității amestecului) a distrugerii mecanice a liantului în starea gelatinoasă; dacă se restabilesc aceste calități, în ce condiții și în cât timp - necesita cercetări suplimentare.

Astfel, omogenitatea amestecului, se evaluează în funcție de diferența de temperatură de înmuierie pentru partea superioară și inferioară a monstreii după stabilitatea termică, și de asemenea schimbarea temperaturii de înmuierie a

probelor, preluate în timpul amestecării, pot fi utilizate drept criterii de evaluare a timpului necesar de amestecare.

Cunoscuta metodă "baghetă de sticlă", propusă în trecut pentru a evalua dizolvarea completă în bitum a particulelor de polimer, în principiu, poate fi aplicată și pentru MAK-pulbere. Cu toate acestea, nu este suficientă. Deoarece particulele cu dimensiuni mult mai mici decât grosimea peliculei de bitum ($<0,2\text{mm}$) nu pot fi identificate. În plus, formarea structurii gelatinoase necesită de asemenea un timp suplimentar. Temperatura de înmuiere însă, în același timp, arată formarea structurii, precum și calitatea produsului.

Testele propuse sunt destul de voluminoase în timp. Rezultatele nu pot fi obținute instantaneu în procesul de amestecare în timp real. De aceea, determinarea duratei necesare de amestecare pe criteriile propuse pot fi considerate acceptabile numai la implementarea tehnologiilor în condiții industriale pentru echipament de amestecare concret. Apoi, trebuie să se acționeze prin analogie. De exemplu, pentru o anumită rețetă și temperatură de reacție în mixer și mecanismele de amestecare existente a fost suficient amestecarea timp de 25 min. Pentru bitumul mai vâscos pe baza aceeași rețete și temperaturi este necesar ceva mai mult timp de amestecare, de exemplu, 30 sau 35 de minute. La un conținut mai ridicat de motorină timpul de amestecare poate fi redus, precum și la temperaturi de reacție mai mari, și invers.

BIBLIOGRAFIE

[1]. V. A. GRIGORIEV, V.M. ZORIN: "Căldura și transferul de masă. Experiment de inginerie termică" Energoizdat, 1982, pag.470-489.