

BLOCAREA ORGANELOR DE LUCRU ALE MALAXOARELOR CU BARE



conf. univ., dr. Sergiu ANDRIEVSCHI,
Universitatea Tehnică a Moldovei

Malaxoarele cu organe de lucru în formă de bare [1, 2] contribuie la intensificarea procesului de amestecare [3] datorită majorării zonei volumetrice de acționare a barelor asupra materialului, divizării materialului în mai multe șuvoaie și recombinații lor ulterioare, măririi numărului de acționări ale organelor de amestecare la o unitate de volum, acționării concomitente a tuturor particulelor amestecului de către organele de amestecare. Totodată, datorită interacțiunii organelor de amestecare, rezistența se micșorează semnificativ.

Procesul de amestecare decurge în regim forțat și poate fi aplicat la prepararea amestecurilor uscate, semiuscate, de mortar sau de beton plastic și vârtos. Cu toate acestea, în procesul amestecării se înregistrează cazuri de blocare a particulelor între organele de amestecare și corp, ceea ce conduce la:

- majorarea consumului de energie necesar pentru prepararea amestecului;
- majorarea consumului de materiale pentru confecționarea malaxorului din cauza forțelor mari care acționează asupra organelor de amestecare, arborilor, transmisiei, rulmenților;
- fărâmițarea agregatelor și modificarea, în consecință, a compoziției granulometrice inițiale și, deci, a calității articolelor fabricate.

Procesul blocării

Dacă în procesul funcționării malaxorului cu amestecare forțată între organul de amestecare 1 (fig. 1, b) și corpul tobei 2 nimeresc bucăți de agregate 3 în formă de pană și organul de amestecare este stopat din cauza apariției forțelor de rezistență adăugătoare, și anume a forțelor de frecare dintre agregat și tobă, acest proces este numit blocare. Probabilitatea blocării depinde de valoarea luftului dintre capătul organului de amestecare și suprafața interioară a corpului malaxorului și dimensiunea particulelor.

La rotirea arborelui împreună cu organele de amestecare și apariția blocării, în graficul dependenței rezistenței de perioada de timp apar salturi de forță. Dacă particula nu iese din blocaj, valoarea maximă a rezistenței se păstrează atâta

timp cât se petrece blocarea, deci pe parcursul unei jumătăți de rotație pentru coeficientul de umplere $K_v=0,5$.

În practică, nici un malaxor nu se oprește din cauza blocării. Aceasta se datorează faptului că motoarele malaxoarelor au o putere mai mare decât cea necesară pentru amestecare și învingerea forțelor de blocare, iar elementele malaxorului sunt calculate pentru o mărime și o rezistență mecanică capabile să reziste la sarcinile mari de blocare. În procesul amestecării, datorită acestui fapt, are loc strivirea agregatelor care nimeresc între extremitatea organului de amestecare și corp. În multe malaxoare cu palete, acestea sunt înzestrate cu amortizoare (arcuri, bare de torsiune) care permit ridicarea organului de amestecare atunci când apar rezistențe mari și trecerea lui pe deasupra agregatului stopat. În asemenea caz, cuantumulurile menționate sunt cu mult mai mici, iar agregatele nu sunt strivite.

S-a cercetat, de asemenea, cum are loc blocarea organelor de lucru în formă de bare fixate în șah pe suprafața arborelui. Pentru a evidenția pro-

cesul de blocare, s-au folosit particule destul de mari, cu dimensiunea medie de 22,7 mm. Diametrul malaxorului - $D=300$ mm, diametrul barelor - $d=10$ mm, unghiul dintre rândurile longitudinale de bare - $\alpha=60^\circ$, pasul longitudinal al barelor - $p=30$ mm.

Cercetările efectuate au demonstrat că, în procesul funcționării malaxorului, blocarea apare în următoarele locuri:

- între bare și suprafața interioară a peretelui de extremitate 4 al malaxorului (fig. 1, a);
- între capetele barelor și suprafața interioară a părții cilindrice a tobei (fig. 1, b);
- între trei bare învecinate (fig. 1, c, e);
- între materialul blocat între bare și suprafața interioară a părții cilindrice a tobei (fig. 1, d);
- între materialul blocat între bare și suprafața interioară a peretelui de extremitate (fig. 1, e);
- blocarea totală, care include toate tipurile de blocare sus-numite.

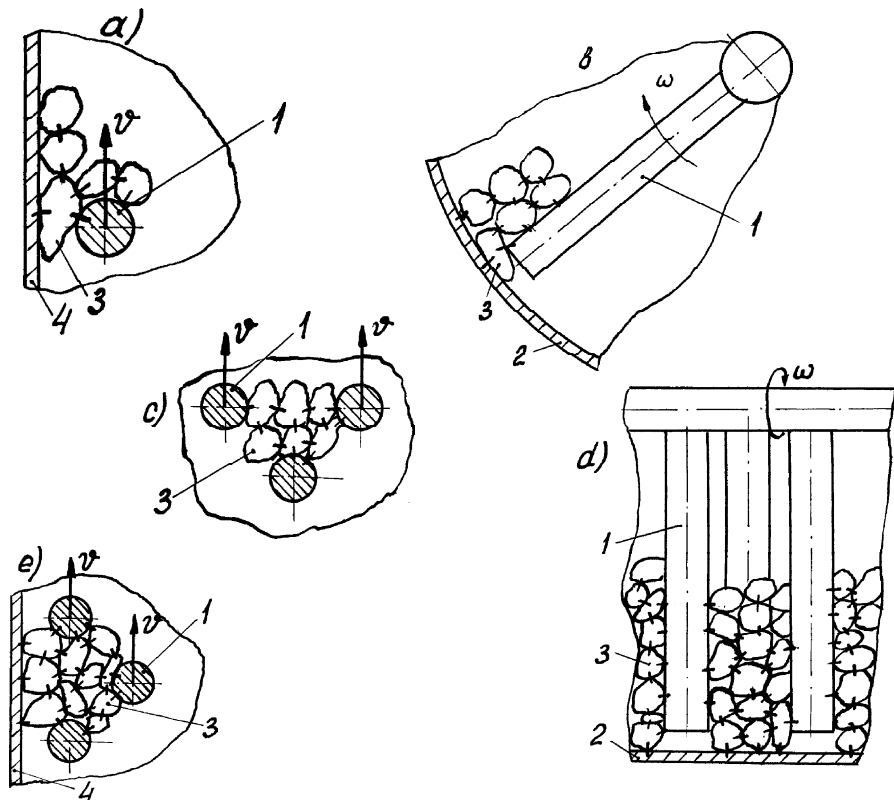


Fig. 1. Scheme de blocare a particulelor și barelor în procesul amestecării: 1 - bară; 2 - partea cilindrică a tobei; 3 - particulă de material; 4 - perete de capăt.

Blocarea de tipul A (fig. 1, a) are loc atunci când distanța dintre bară și suprafața peretelui lateral este mai mică decât dimensiunea tipică a particulelor.

Blocarea de tipul B (fig. 1, b) depinde de distanța dintre capătul barei și suprafața interioară a părții cilindrice a tobei. La distanțe mici, particula în formă de pană, care se află între capătul barei și suprafața cilindrică a tobei asigură, cu o probabilitate destul de înaltă, blocarea. Și în acest caz blocarea este evitată dacă distanța dintre capătul barei și corp este mai mare decât dimensiunea particulei.

Blocarea de tipul C (fig. 1, c) depinde atât de distanța dintre barele rândului longitudinal de bare, cât și de distanța dintre rândurile longitudinale. Această blocare este posibilă, probabilitatea fiind mai înaltă în zonele situate mai aproape de centrul malaxorului, unde distanța dintre rândurile longitudinale este mai mică decât cea de la capetele barelor.

Blocarea de tipul D (fig. 1, d) este posibilă atunci când forțele de frecare ce apar între material și suprafața interioară a părții cilindrice a tobei sunt foarte mari. La majorarea forței de acționare are loc strivirea particulelor și deplasarea organelor de amestecare până când nu apare blocarea în alt loc. Dacă forțele de frecare între material și suprafața cilindrică a tobei sunt mai mici decât forța de acționare, atunci masa de material se deplasează împreună cu barele fără a se produce amestecarea. Blocarea de tipul E (fig. 1, e) apare între materialul blocat între bare și suprafața interioară a peretelui de capăt. Aici au loc procese analogice cu cele înregistrate la blocarea de tipul D.

Blocarea totală se produce atunci când sunt înregistrate toate tipurile de blocări. În acest caz, pentru a deplasa organele de amestecare, este necesară o forță de acționare de o astfel de mărime, care să asigure distrugerea particulelor în toate locurile de blocare. Apariția blocării totale este determinată de dimensiunile zonei de material acționat de către bare. Dimensiunile zonei depind de interacțiunea particulelor care, după cum se observă din fig. 1, este marcată cu linii scurte

schitate prin punctele de contactare ale particulelor pe suprafața de contact. Cu cât coeficientul de frecare al particulelor este mai mare, cu atât zona de interacțiune a particulelor se extinde mai mult și probabilitatea blocării se mărește. Când coeficientul de frecare este mic, barele împing înaintea lor o zonă îngustă de material.

Unghiul de blocare a particulei și luful dintre capătul barei și suprafața tobei

Între capetele barelor și suprafața interioară a tobei întotdeauna există un oarecare luf. Valoarea acestui luf, adică mărimea particulelor amestecului ce pot fi blocate între capătul barei și corpul malaxorului, precum și forma lor geometrică, influențează considerabil rezistența de înaintare a barelor prin amestec. Cunoașterea unghiului de blocare a particulelor oferă posibilitatea de a determina corelația dintre dimensiunea particulei și valoarea lufului la care se produce blocarea. Acest fapt permite de a alege parametrii constructivi ai malaxorului cu o rezistență de amestecare minimă.

Examinăm particula în formă de sferă acționată de bară (fig. 2).

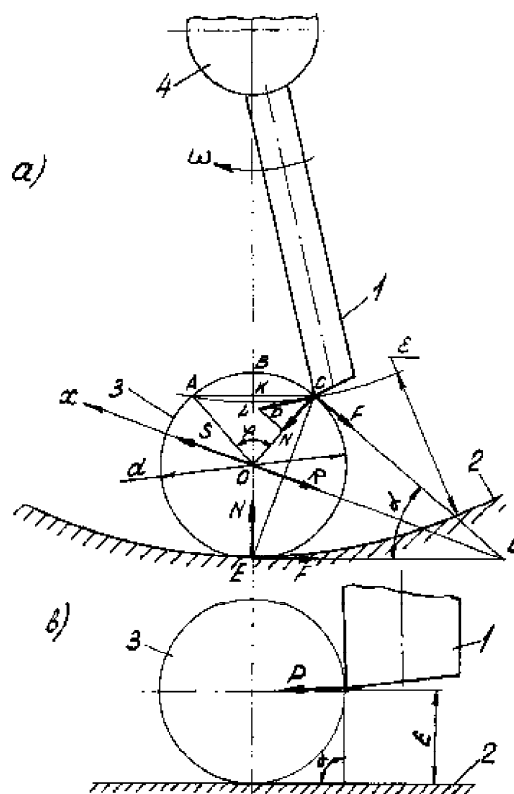


Fig. 2. Schema de calcul a unghiului de blocare a particulei sferice: a) unghiul $\alpha < 90^\circ$; b) $\alpha = 90^\circ$

Când bara 1, la rotirea ei în stânga împreună cu arborele 4, se atinge de particula 3, începe rostogolirea ei pe suprafața interioară a tobei 2 sub acțiunea forței tangențiale P și datorită frecării dintre capătul barei și sferă. Forța normală N crește foarte rapid din cauza măririi coardei EC și, drept rezultat, forța de frecare în punctele C și E crește, la rândul ei. Din cauza forțelor mari de frecare, particula nu se mai rostogolește și poate să se deplaseze în stânga prin alunecare sau să se afle în stare nemișcată (blocată), în funcție de valoarea acestor forțe.

Forța R , care menține particula în blocaj, este egală cu suma proiecțiilor forțelor F pe abscisa x . Axa x este perpendiculară pe linia care unește punctele C și E de contactare a particulei cu bara și cu suprafața interioară a tobei, trecând prin centrul sferei. Forța R se determină din relația:

$$R = 2F \cos \frac{\alpha}{2} = 2Nf \cos \frac{\alpha}{2}, \quad (1)$$

unde: α - unghiul dintre tangentele duse prin punctele de contactare E și C, numit unghi de blocare;

f - coeficientul de frecare dintre particulă și corp.

Forța S , care tinde să scoată particula din blocaj, este egală cu suma proiecțiilor forțelor N pe abscisa x

$$S = 2N \sin \frac{\alpha}{2} \quad (2)$$

Particula se va găsi în stare blocată atunci când R va fi mai mare decât S

$$R > S \quad (3)$$

Substituind în (3) valorile R și S din (1) și (2), obținem:

$$2Nf \cos \frac{\alpha}{2} > 2N \sin \frac{\alpha}{2}, \quad (4)$$

de unde: $f > \frac{\sin \frac{\alpha}{2}}{\cos \frac{\alpha}{2}};$

$$f > \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$$

Deoarece $f = \operatorname{tg} \rho$, unde ρ este unghiul de frecare, putem scrie:

$$\operatorname{tg} \rho > \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2},$$

și $\rho > \frac{\alpha}{2}$

iar $\alpha < 2\rho \quad (5)$

Când unghiul de blocare α va fi mai mic decât unghiul dublu de frecare, se va produce blocarea și invers, blocarea nu va avea loc atunci, când unghiul α va fi mai mare decât 2ρ

$$\alpha > 2\rho. \quad (6)$$

Pentru materialele pietroase care vin în contact cu oțelul, valoarea medie a coeficientului de frecare f este egală cu 0,3, iar $\rho = \operatorname{arctg} f = \operatorname{arctg} 0,3 = 16,7^\circ$. Condiția pentru lipsa blocării este

$\alpha > 33,4^\circ$. De aici reiese că luftul ϵ dintre capătul barei și suprafața interioară a tobei trebuie să fie mai mic decât dimensiunea particulei sferice.

Notăm înălțimea BK a segmentului de cerc ABC cu h care se determină cu relația:

$$h = 2r \sin^2 \frac{\varphi}{4}, \quad (7)$$

unde: r - raza particulei, $r = d/2$;

φ - unghiul central al segmentului ABC.

Deoarece $ED \perp EB$ și $CD \perp OC$ reiese că unghiul $BOC = EDC$, iar $EDC = \alpha$ și, prin urmare, unghiul central $\varphi = 2\alpha = 2 \times 33,4^\circ = 66,8^\circ$

Substituim φ în (7) și obținem

$$h = d \sin^2 \frac{66,8^\circ}{4} = 0,0826d \quad (8)$$

Luftul ϵ este egal cu

$$\varepsilon = d - BL$$

Deoarece dimensiunea particulei este cu mult mai mică decât lungimea barei 1, adoptăm $KL=0$ și atunci $h=BK$, iar $\varepsilon=d-h$.

Pentru evitarea blocării, este necesară condiția:

$$\varepsilon < d - h. \quad (9)$$

Substituind în (9) valoarea lui h din (8), obținem:

$$\begin{aligned} \varepsilon &< d - 0,0826 d, \\ \varepsilon &< 0,9174 d \end{aligned} \quad (10)$$

În realitate, afară de forța R asupra particulei, acționează și forța de rezistență a materialului din tobă, situat în partea frontală a particulei. În acest caz, probabilitatea blocării crește. Pentru evitarea blocării, în aceste condiții, unghiul de blocare α trebuie să fie mai mare decât cel determinat prin relația (6). Rezolvarea funcțiilor (3) și (4) pentru diferite valori crescânde ale lui R demonstrează că, la creșterea rezistenței totale de 3,35 ori, unghiul α trebuie să fie egal cu 90° . Deci, pentru evitarea blocării la o asemenea rezistență, unghiul α trebuie să fie mai mare de 90° .

Conform fig. 2,b, unghiul de blocare $\alpha > 90$ grade garantează lipsa blocării, deoarece reacțiunea normală N în punctul de contactare a particulei cu corpul este practic egală cu zero. Organul de lucru învinge doar forța de frecare datorată forței de gravitație a particulei, iar dacă în fața respectivei particule există alte particule, atunci apare și forța de frecare cu corpul a acestor particule. Luftul ε , în asemenea caz, trebuie să fie egal cu raza particulei sau mai mic decât ea.

Concluzii:

1. În malaxoarele cu bare se pot produce următoarele tipuri de blocare a particulelor: între bare și peretele de extremitate al tobei; între capetele barei și tobă; între trei bare megieșe; între materialul blocat între bare și suprafața cilindrică a tobei; idem și suprafața pereților de extremitate; blocarea totală, care include blocările sus-numite.
2. Unghiul de blocare a particulei în formă de sferă este egal cu unghiul dublu de frecare a particulei cu corpul tobei sau mai mic decât el.
3. Pentru evitarea blocării particulei în formă de sferă, luftul dintre capătul barei și suprafața interioară a tobei trebuie să fie mai mic de $0,9d$, unde d este diametrul sferei.

Bibliografie:

1. *Andrievschi S., Lungu V.* Malaxor cu acțiune ciclică. Brevet de invenție al Republicii Moldova nr. 479, BOPI nr. 10/1996
2. *Andrievschi S., Lungu V.* Malaxor cu acțiune ciclică. Brevet de invenție al Republicii Moldova nr. 2301, BOPI nr. 11/2003
3. *Andrievschi S.* Procesul de amestecare în malaxoarele cu organe de lucru în formă de bare. Meridian Ingineresc. Editura „TEHNICA-INFO”, UTM, Chișinău, 2002, pag. 60-62

SUMMARY

Jamming working bodies in the form of the bars used in mixers of new type is investigated. The analysis of five types of jamming is just. The corner at which occurs jamming a spherical granule is equal or less than a double corner of friction. To prevent the jamming, the backlash between the end of a core and an internal surface of the case of a drum should be less than $0,9d$, where d – diameter of a spherical granule.