

CONSIDERATII ASUPRA DINAMICII MORILOR VIBRATOARE UTILIZATE ÎN PROCESUL DE MACINARE MECANICA A PULBERILOR

Conf.dr.ing. **Cristian PAVEL**

Conf.dr.ing. **Amelitta LEGENDI**

Universitatea Tehnica de Constructii Bucuresti

ABSTRACT

The mechanical milling process that takes place in a vibratory mill's vial can be studied in several distinctive modes: a) analysing the mechanical vibration; b) estimating the shocks that are taking place; c) quantifying the microstructural development of milled material; d) computer simulating. During the milling process, there were noticed both distinct modes of ball motion (both in periodic and chaotic vibration).

1. INTRODUCERE

Procesul de macinare mecanica este caracterizat prin ciocnirile repetate dintre bilele de macinare, corpul morii si materialul de sfarâmat. Performantele unei anumite mori sunt determinate atât de influenta macrodinamicii (dinamica sistemului oscilant) în procesul de macinare (miscarea bilelor si a corpului morii) cât si a microdinamicii (dinamica macinarii) implicate în evenimentul unei coliziuni individuale (deformarea materialului de sfarâmat si evolutia sa microstructurala).

Modificarea proprietatilor materialului de macinat determinata de coliziuni anterioare poate influenta producerea urmatoarelor evenimente de coliziune, care la rândul lor, pot influenta macrodinamica morii. Ca urmare, macro si microdinamica se afla într-o strânsa relatie de interdependenta.

În lucrare a fost studiata macrodinamica unei mori vibratoare utilizând vibratia mecanica si efectuând masuratori de socuri si simulari pe calculator.

Pentru a atinge obiectivul propus sa utilizat o moara vibratoare cu o constructie simpla, care sa permita studiul cantitativ al mecanismului macinarii mecanice, având un caracter dinamic usor controlabil si bazat pe principii simple.

Cercetarile anterioare [1] au aratat ca, prin modificarea frecventei sau a amplitudinii vibratiei corpului morii, miscarea corpului de macinare (a bilei) este alcatuita prin suprapunerea cu doua moduri distincte de vibratie: o vibratie periodica si o vibratie haotica. Întrucât energia degajata în timpul ciocnirilor individuale din timpul macinarii poate fi controlata, studiile specialistilor s-au axat în mod special pe vibratia periodica.

2. DETERMINARI EXPERIMENTALE

2.1. MOARA VIBRATOARE

Moara vibratoare pe care s-au efectuat unele masuratori este de tipul celei prezentate în figura 1, fiind utilizata pentru prepararea pulberilor din industria farmaceutica. Aceasta moara transforma materialul în particule de 125-250 μm , conducând la marirea suprafetei totale a acestuia de 5 pâna la 10 ori fata de cea a unei pulberi obisnuite [4].

Corpul morii 3 este montat pe placa suport 2 legata de platforma verticala 1. În incinta corpului morii se afla o singura bila de macinare 4 având diametrul $f = 70\text{mm}$. Accelerometrele 5 si 6, precum si traductorul de forta 7 transmit semnele sistemului computerizat de achizitie de date 11 prin intermediul amplificatorilor de sarcina 8, 9 si 10.

De mentionat ca frecventa si amplitudinea platformei verticale pot fi modificate independent.

Experimentele s-au desfasurat în conditiile în care amplitudinea $A = 1,5\text{mm}$, iar frecventa $n = 10...21\text{Hz}$.

În figura 2 este prezentat detaliat sistemul de aparate pentru captare, masurare, monitorizare, achizitie si prelucrare specifica utilizat pe parcursul încercarilor.

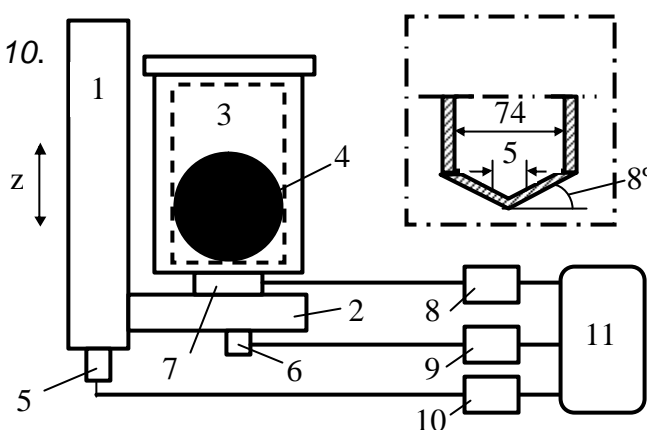
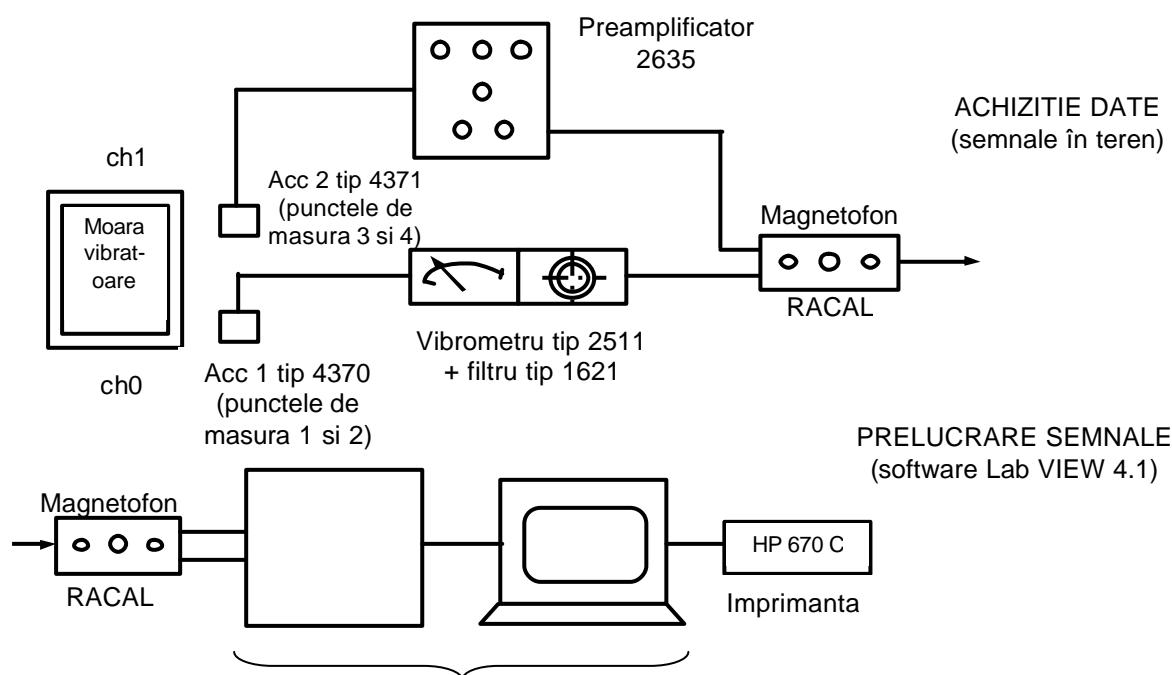


Figura 1



Sistem de achizitie date (computer PENTIUM 166 MMX + placa de achizitie tip AT 2150 C cu 4 canale de achizitie)

Figura 2 Schema funcțională de principiu a sistemului de măsură și control utilizat

2.2. VIBRATIA MECANICA SI MASURAREA SOCURILOR

Deplasările și acceleratiile corpului morii au fost monitorizate cu ajutorul accelerometrelor. În figura 3 sunt reprezentate grafic curbele $d = f(t)$ și $A = f(t)$. Semnalul de deplasare redă mișcarea incintei, în timp ce punctele de maxim prezente pe semnalul accelerației corespund momentelor de coliziune dintre bila și corpul morii. În vederea evaluării intensității ciocnirilor individuale se măsoară direct forța de impact utilizând un traductor de forță. Valoarea medie a forței de impact a fost stabilită în urma înregistrării a 50 de coliziuni. Experimentele s-au efectuat pe mai multe sarje de pulbere de clorura de potasiu, substanța utilizată în mod frecvent în prepararea retetelor magistrale din farmacii.

S-au desfășurat două seturi de experimente. Primul a utilizat o încărcătură de 10 g pulbere la diferite frecvențe ale corpului morii, în timp ce al doilea a avut loc la o frecvență constantă de 15 Hz, folosind încărcături diferite de 10, 15 și 20 g.

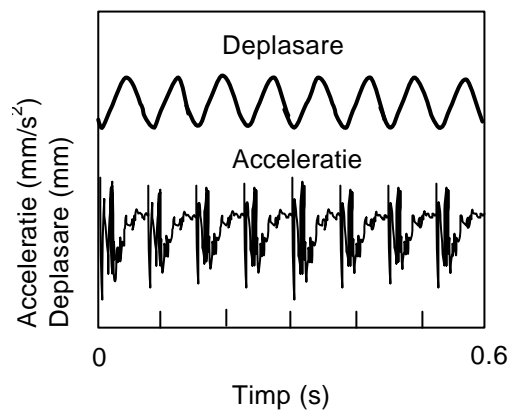


Figura 3

3. DINAMICA SISTEMULUI OSCILANT

Întrucât experimentele s-au desfășurat numai în zona producerii vibrațiilor periodice, trebuie menționat faptul că studiul dinamicii sistemului oscilant (macrodinamicii sistemului) a fost pus în evidență numai pentru această zonă.

3.1. MISCAREA CORPULUI DE MACINARE (MISCAREA BILEI)

În general, mișcarea bilei parcurge trei etape: vibrația periodică, vibrația neperiodică (haotică), relaxarea (detenta) periodică.

Frecvența critică a bilei necesară apariției unei vibrații relative față de corpul morii poate fi determinată astfel [1]:

$$f_{cr} = \frac{1}{2p} \sqrt{\frac{g}{A}} \quad (1)$$

unde A este amplitudinea vibrației, iar g accelerația gravitațională.

În cazul unui sistem oscilant amortizat, o mare parte a energiei cinetice a bilei este disipată în timpul ciocnirii bila – corpul morii și la frecvențe joase, energia transmisă de corpul morii fiind insuficientă pentru a menține bila în vibrație continuă.

Ca urmare, în perioada de relaxare a bilei, aceasta pleacă dinspre corpul morii și ciocnirea cu incinta acestuia va avea loc după scurgerea unei perioade a mișcării corpului

morii. Datorita unei valori insuficiente a fortei remanente de ciocnire, bila va ramâne la baza incintei pâna la începerea urmatoarei perioade. Traietoriile bilei si ale corpului morii descrise pe parcursul miscarii periodice sunt prezentate în figura 4 (frecventa corpului morii este 10,1 Hz).

Odata cu cresterea frecventei corpului morii peste cea a valorii frecventei critice ($f_{cr} = 11,15\text{Hz}$), apare o tranzitie de la etapa de relaxare (detenta) periodica catre etapa

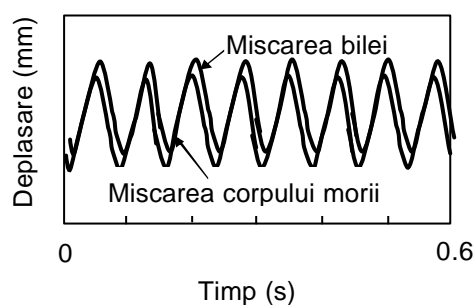


Figura 4

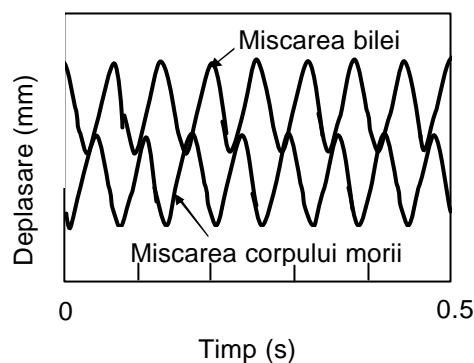


Figura 5

de vibratie periodica. Astfel, bila revine în miscare vibratorie dupa fiecare coliziune cu corpul morii, iar intervalul dintre doua ciocniri este constant (figura 5). În figura 5 reprezentarile au fost efectuate pentru o valoare a frecventei corpului morii de 12,87 Hz.

Marind si mai mult frecventa aplicata (18,1 Hz) peste o alta valoare a frecventei critice f_m , vibratia periodica se transforma în miscare instabila, alcatuita din doua vibratii periodice (figura 6). La o valoare sporita a frecventei ($n = 20,32\text{Hz}$) rezulta o împartire a celor doua miscari periodice în 4 si apoi în 8 miscari, evidentiindu-se tendinta de transformare într-o miscare haotica (figura 7).

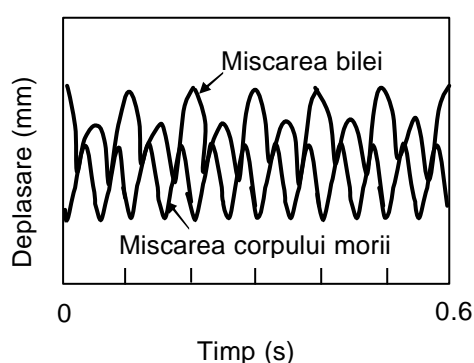


Figura 6

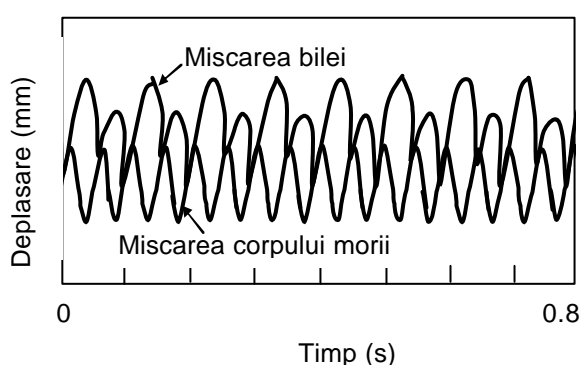


Figura 7

Când frecventa creste peste o valoare critica maxima f_m (în cazul nostru pentru $n = 20,86\text{Hz}$) apare vibratia neregulata sau haotica (figura 8).

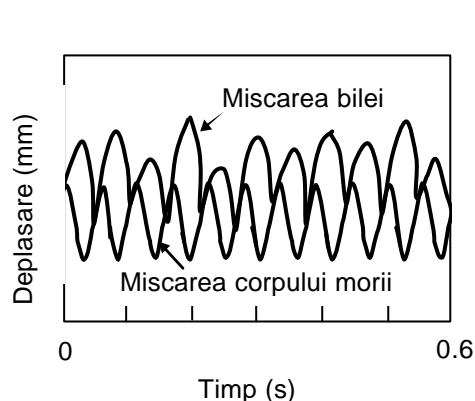


Figura 8

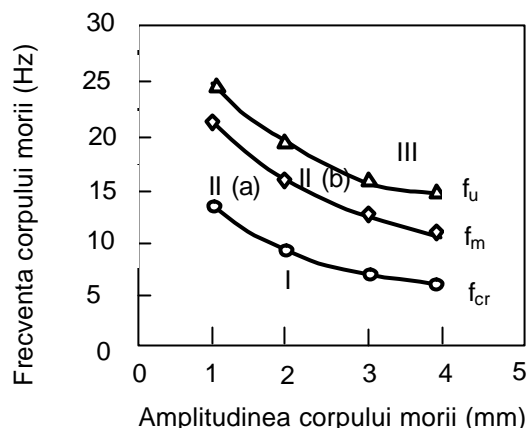


Figura 9

În figura 9 este prezentat sintetic efectul exercitat de valorile impuse frecvenței și amplitudinii corpului morii asupra valorilor frecvențelor critice (f_{cr} , f_m și f_u). Sunt evidențiate cele trei zone ale sistemului de macinare vibratorie cu bila (zona I – fără vibrație; zona II – vibrație periodică; zona III – vibrație neperiodică sau haotică).

3.2. DETERMINAREA FORTEI DE IMPACT

Ciocnirea dintre două corpuri este caracterizată prin apariția unor forțe de intensitate foarte mare (forțe de contact sau de impact) într-un interval de timp foarte scurt. Aceste forțe depind de vitezele corpurilor ce se ciocnesc, de proprietățile materialelor din care sunt confecționate respectivele corpuri, dar și – în cazul analizat – de mărimea și comportarea mecanică a stratului de pulbere dintre cele două corpuri. Din figura 10 reiese modul în care se comportă pulberea ca un strat vâscoelastic între bila și corpul morii, fiind prezentate sub formă grafică măsurătorile ce exprimă efectul frecvenței corpului morii asupra valorilor medii ale forței de impact (pentru trei valori diferite ale maselor de pulbere).

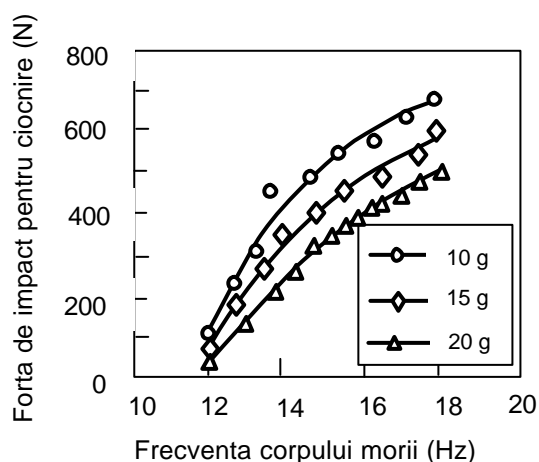


Figura 10

4. CONCLUZII

În cazul în care procesul de macinare se desfășoară în modul de vibrație periodică, energia absorbită de pulberile macinate în timpul fiecărei ciocniri rămâne constantă pentru un set de condiții de macinare impuse. Totodată, s-a constatat că în situația unui proces vibratoriu de macinare, una din caracteristicile importante ale acestuia este forța de impact generată în timpul fenomenului de ciocnire.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Huang, H. - *On the dynamics of mechanical milling in a vibratory mill*, Materials, Science & Engineering, A232, pag. 55 – 62, 1997
Pan, J.
Mc. Cormick, P.G.
- [2] Kurrer, K-E. - *Analyse von Rohrshwingmühlen* VDI – Verlag, Düsseldorf, 1992
Jeng, J-J.
Gock, E.
- [3] Pavel, Cr. - *Dinamica morilor vibratoare utilizate în industria materialelor de construcții*, Conspress, București, 2000
- [4] Stanescu, V. - *Tehnica farmaceutică*, Editura Medicală, București, 1983