



A XII-a Conferință Națională multidisciplinară – cu participare internațională
"Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii românești",
SEBEȘ, 2012

ASUPRA UNOR PARTICULARITĂȚI ALE OBOSELII DE FRETTING (I)

Tiberiu MĂNESCU jr.

ON SOME PARTICULARITIES OF FRETTING FATIGUE (I)

Fretting is a process which invariably occurs on contracting surfaces of tightly metal joints subjected to vibrational loading. The superficial damage caused by the rubbing of the contacting surfaces together with the severe stress gradient under the contact region accelerate the nucleation and early growth of cracks which can lead to catastrophic failure of there is a least one of the components of the fitting subjected to a remote fatigue load. This is the so called fretting fatigue phenomena. The aircraft industry is perhaps one of the most affected by the fretting fatigue problem.

Cuvinte cheie: oboseală de fretting
Keywords: fretting fatigue

1. Considerații generale

Definiția cea mai adecvată și în general acceptată precizează că frettingul exprimă o degradare (deteriorare) locală, produsă de o alunecare oscilatorie de mică amplitudine între două corpuri solide aflate în contact. Această degradare implică noțiunile *de uzare de fretting* sau *oboseala de fretting*.

Uzarea de fretting este asociată unor condiții la care alunecarea corpurilor în contact este evidentă, conducând la îndepărtarea materialului de pe suprafețele în contact ca urmare a acțiunii fretting-ului. Oboseala de fretting este asociată unor condiții

pentru care alunecarea corpurilor în contact este limitată, iar degradarea în acest caz se caracterizează prin nucleația¹ fisurilor, propagarea acestora și ruperea finală.

Frettingul este implicat în multe aplicații pornind de la implanturile chirurgicale, componentele automobilelor, echipamente aeronautice, nucleare etc.

Oboseala de fretting constituie o problemă de mare actualitate și deosebit de complexă, având în vedere că pe lângă aspectele specifice sarcinilor variabile intervine și solicitarea de contact. Câteva dintre trăsăturile caracteristice ale oboselei de fretting se referă la:

- Localizarea concentrării tensiunilor în zona de contact, care se manifestă prin gradienti ai tensiunilor foarte ridicați. Acești gradienti ai tensiunilor sunt în general superiori celor specifici unor concentratori obișnuiți (crestături, găuri etc.)

- Încărcarea este preponderent neproportională în vecinătatea zonei de contact deși sarcinile aplicate au un caracter proporțional. Acest aspect se datorează caracterului neliniar al frecării pe interfața de contact.

- Inițierea fisurilor se produce în general la o anumită distanță față de centrul zonei de contact, unde presiunea este maximă.

- Localizarea degradării la nivelul unei asperități poate să accelereze inițierea fisurilor la scara acesteia.

Comportarea unui material la oboseala de fretting depinde de un număr mare de parametri, dintre care putem aminti: forța normală de contact, forța tangențială de contact, amplitudinea încărcării axiale, geometria contactului, coeficientul de frecare, frecvența și amplitudinea deplasării corpurilor în contact, tipul de material, duritate, temperatură, mediul în care are loc contactul etc.

Acest număr mare de parametri explică motivul pentru care până la ora actuală nu există un parametru pentru aprecierea durabilității la oboseala de fretting unanim acceptat.

Tehnica de încercare la oboseala de fretting constă din echipamente speciale sau dintr-o serie de dispozitive, pentru realizarea și controlul fretajului, adaptate pe mașinile de oboseală obișnuite. Faptul că asemenea teste nu se execută în mod uzual în laboratoarele de încercări, au determinat pe autor să prezinte în lucrare câteva aspecte particulare ale oboselei de fretting.

¹ **NUCLEĂȚIE** s. f. 1. formarea, într-un mediu cu structură și compoziție definite, de germeni constituind centre de dezvoltare a unei noi faze, structuri fizice sau chimice. 2. (biol.) formarea nucleului. (< fr. *nucléation*)

Acestea se referă la: configurația generală a experimentelor la oboseala de fretting, parametrii pentru aprecierea durabilității la nivel macroscopic sau mesoscopic, aspecte privind inițierea și propagarea fisurilor în prezența fretajului.

2. Configurația generală a experimentelor la oboseala de fretting

Cea mai utilizată tehnică experimentală pentru studiul oboselei de fretting constă dintr-o epruvetă sollicitată la tracțiune ciclică cu amplitudinea σ_B . Epruveta este în contact direct cu două corpuri care apasă pe aceasta, având diferite geometrii ale suprafețelor de rezemare (figura 1, a).

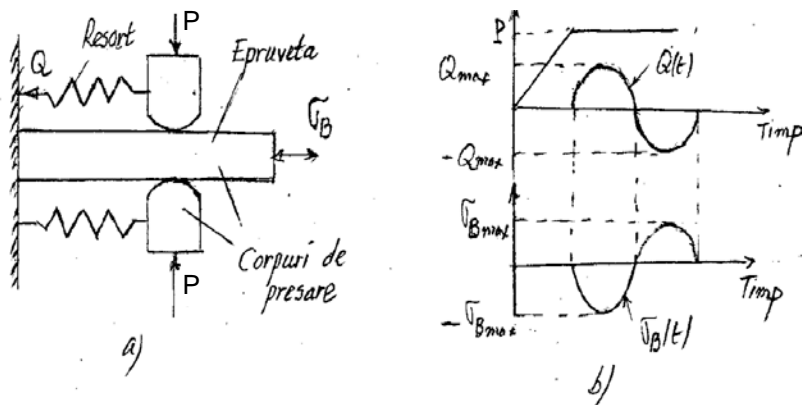


Fig.1 Configurația experimentală pentru încercări la oboseală cu fretting. a) Schema de principiu a unei instalații, b) Cicluri de sollicitare

Asupra celor două corpuri aflate în contact cu epruveta acționează o forță normală P și o forță tangențială Q . Datorită încărcării cu cele două forțe, pe suprafața de contact a epruvetei vor apărea: o presiune normală $p(x)$ produsă de forța P și o componentă tangențială a presiunii $q(x)$ produsă de forța Q . Dacă se ia în considerare contactul dintre un cilindru și un plan, conform legii lui Hertz, presiunea normală $p(x)$ este dată de ecuația [1]:

$$p(x) = p_0 \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{x}{a}\right)^2} \quad (1)$$

unde:

$$p_0 = \frac{2 \cdot P}{\pi \cdot a} \quad (2)$$

Semiaxa zonei de contact sau a zonei de alunecare a , este dată de relația:

$$a = \sqrt{\frac{2 \cdot P \cdot R}{\pi}} \cdot A \quad (3)$$

unde R este raza cilindrului, iar A este un parametru definit în funcție de două constante elastice:

$$A = 4 \cdot \frac{1 - \nu^2}{E} \quad (4)$$

Dacă asupra epruvetei se mai aplică și o sarcină variabilă tangențială: $-Q_{\max} \leq Q \leq Q_{\max}$, când $Q/N < \mu$ pe suprafața de contact apare o zonă de adeziune având semiaxa c , dată de ecuația [2], [3]:

$$c = a \cdot \sqrt{1 - \frac{Q}{\mu \cdot P}} \quad (5)$$

În condițiile unei sarcini axiale variabilele $-\sigma_{B\max} \leq \sigma_B \leq \sigma_{B\min}$, semiaxa de adeziune c , rămâne neschimbată, în schimb centrul acesteia se deplasează, definind o excentricitate e (figura 2):

$$e = \frac{\sigma_B \cdot a}{4 \cdot \mu \cdot p_0} \quad (6)$$

unde μ este coeficientul de frecare dintre cilindri și suprafața plană a epruvetei.

Forța Q determină o componentă tangențială a presiunii $q(x)$, care în funcție de intervalele pe care se calculează are expresiile generale de forma:

$$q(x) = \mu \cdot p_0 \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{x}{a}\right)^2} \text{ pentru } -a < -e - c; -e + c < x < a \quad (7)$$

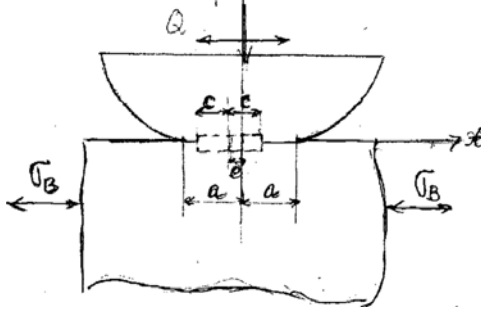


Fig. 2 Contactul cilindrului plan cu semiaxele zonei de contact a și a zonei de adeziune c , având excentricitatea e

și

$$q'(x) = \mu \cdot p_0 \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{x}{a}\right)^2} - q'(x) \text{ pentru } |x + e| \leq -c \quad (8)$$

unde:

$$q'(x) = \mu \cdot p_0 \cdot \frac{c}{a} \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{x + e}{c}\right)^2} \quad (9)$$

Distribuția presiunilor sub formă adimensională, $p(x)/p_0$ și $q(x)/p_0$ corespunzător zonelor de alunecare și adeziune sunt indicate în figura 3.

Componenta tangențială a presiunii, $q(x)$ are un rol important asupra durabilității, întrucât determină apariția fisurilor pe interfața de contact [4].

BIBLIOGRAFIE

[1] Hertz, H., *Über die Berührung fester elastischer Körper*, J. Reine Angew. Math., 92 (1882), pag. 156-171.

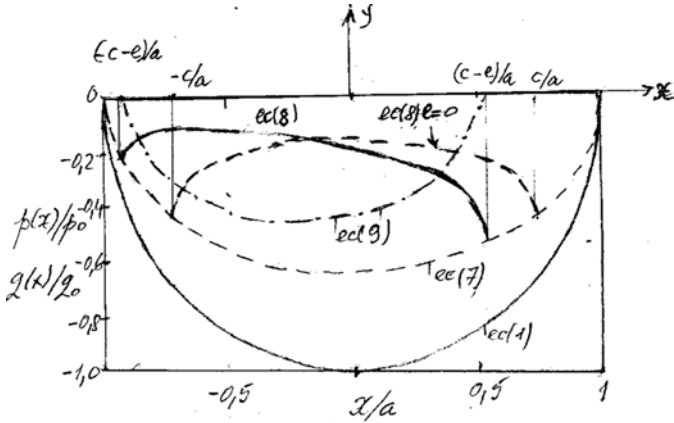


Fig. 3 Distribuția presiunilor de contact

- [2] Mindlin, R.D., *Compliance of elastic bodies in contact*. Journal of Applied Mechanics (1949), pag. 259-268.
- [3] Savkoor, A.R., Briggs, A.D., *The effect of tangential force on the contact solids in adhesion*, Proc. R. Soc. London A 356, pag. 104-114, 1977.
- [4] Nowell, D., *An analysis of fretting fatigue*, D. Phil. thesis, Oxford University, 1988.

Drd.Ing. Tiberiu MĂNESCU jr.
 Universitatea "Eftimie Murgu" din Reșița
 e-mail: tibijunior@yahoo.com