



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

## **CONSIDERAȚII PRIVIND NECESITATEA ABORDĂRII FENOMENULUI DE OBOSEALĂ LA MAI MULTE SCĂRI. OBOSEALA MESOSCOPICĂ (II)**

Ion DUMITRU, Pavel TRIPA, Lorand KUN

### **CONSIDERATIONS REGARDING THE NECESSITY OF FATIGUE APPROACH ON DIFFERENT SCALES. FATIGUE MESOSCOPIC (II)**

An extensive literature review is presented in this paper, composed of several parts, regarding the present-day topic of mesoscopic fatigue of materials. This subject is scarcely represented in the literature from our country.

The authors present a short and accessible approach in order to familiarize research and production engineers with the new aspects of fatigue calculation based on the transition from macro to meso scale. Mesoscopic fatigue takes into account the material's behavior at the level of crystal grains.

Cuvinte cheie: oboseală, număr cicluri, macroscopic, mesoscopic  
Keywords: fatigue, number of cycles, macroscopic, mesoscopic

#### **4. Criteriul Van Dang**

Acest criteriu se bazează pe ipoteza că în jurul limitei de oboseală se produce o plasticitate ciclică la scară mesoscopică datorită neomogenității materialului la nivelul unor grăunți. Această deformare plastică puternic localizată produce o relaxare a tensiunii medii la nivelul mesoscopic, sau cu alte cuvinte conduce la apariția unor tensiuni remanente/reziduale la nivel mesoscopic.

În condițiile unei stări stabilizate, atinsă după un număr mare de cicluri, criteriul V. D. acceptă că inițierea unei fisuri se produce atunci când o funcție de tensiuni mesoscopică este mai mare sau cel puțin egal cu zero:

$$f\left\{\underset{=}{\sigma}(O,t)\right\} \geq 0 \quad \text{pentru } O \in V(M) \quad (16)$$

unde:

M – punctul unde se produce concentrarea puternică a tensiunilor (filet, creștătură, racordare etc.)

V(M) – volumul reprezentativ în jurul punctului M

O – punctul volumului V(M) unde grăuntele prezintă o orientare nefavorabilă (orientare critică)

$\underset{=}{\sigma}(O,t)$  - tensiunea mesoscopică în locația O, la timpul t.

Pe baza celor de mai sus, V. D. postulează în anul 1973 un criteriu de oboseală sub forma [6]:

$$\forall \vec{n}, \forall t \quad \hat{\tau}(\vec{n}, t) + \alpha \cdot \hat{\sigma}_H(t) \geq \beta \quad \text{pentru } \alpha > 0 \quad (17)$$

unde  $\hat{\tau}(\vec{n}, t)$  și  $\hat{\sigma}_H(t)$  reprezintă tensiunea tangențială mesoscopică instantanee, respectiv tensiunea hidrostatică instantanee asociată tensiunii mesoscopice  $\underset{=}{\sigma}$ .

În concepția lui V. D. tensiunile tangențiale mesoscopice produc lunecarea, deci inițiază primele microfisuri, în timp ce tensiunea hidrostatică favorizează acest proces prin deschiderea fisurii.

Introducând notația:

$$\hat{\sigma}_{eq} = \hat{\tau}(\vec{n}, t) + \alpha \cdot \hat{\sigma}_H(t) \quad (18)$$

rezultă că inițierea fisurii la nivel mesoscopic se produce atunci când:

$$\hat{\sigma}_{eq} \geq \beta \quad (19)$$

Aplicarea relațiilor (17) și (18) impune determinarea lui  $\hat{\tau}(\vec{n}, t)$  și  $\hat{\sigma}_H(t)$ .

V. D. arată pe baza unor ipoteze că presiunea hidrostatică mesoscopică  $\hat{\sigma}_H(t)$  poate fi considerată egală cu presiunea hidrostatică mesoscopică  $\hat{P}(t)$ :

$$\hat{P}(t) = \frac{1}{2} \text{tr} \left( \underset{=}{\sigma}(t) \right) = \frac{1}{2} \text{tr} \left( \underset{=}{\Sigma}(t) \right) \quad (20)$$

Notăția  $tr$  provine de la cuvântul din engleză „trace” care reprezintă suma termenilor de pe diagonala principală a unui tensor.

Deci, în condițiile unei stări stabilizate atinsă după un număr mare de cicluri,  $\hat{\sigma}_H(t) = \hat{P}(t)$ .

Problema care creează cele mai mari complicații în aplicarea C. V. D. o constituie calculul lui  $\hat{\tau}(\bar{n}, t)$ . Conform criteriului propus în anul 1973, procesul este extrem de complicat și laborios [6]. Conform versiunii din anul 1989, determinarea lui  $\hat{\tau}(\bar{n}, t)$  este mai simplă și ea se pretează mai bine calculelor numerice [7]. Pentru a explica versiunea din anul 1989, se consideră o încărcare oarecare  $\underline{\Sigma}(t)$  care acționează într-un plan critic  $\Delta_n$  având normala  $\bar{\tau}$  (figura 4).

Criteriul de plasticitate a unui grăunte conform ipotezei lui Schmid este de forma:

$$\|\hat{\tau}(\bar{n})\| - \tau_y \geq 0 \quad (21)$$

în care:

$\|\hat{\tau}(\bar{n})\|$  reprezintă valoarea absolută a tensiunii tangențiale mesoscopice care acționează în planul  $\Delta_n$

$\tau_y$  – tensiunea mesoscopică critică (limita de curgere la forfecare a unui grăunte).

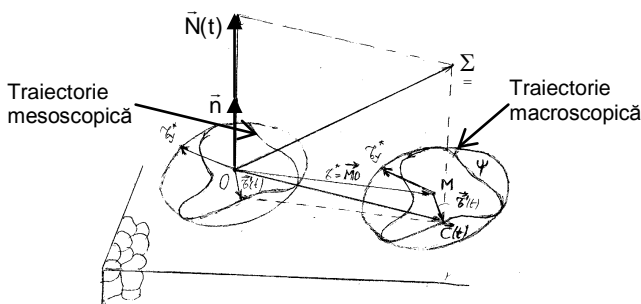


Fig. 4 Traiectoria încărcării pe un plan critic având normala  $\bar{n}$

În planul critic  $\Delta_n$  criteriul de plasticitate (referitor la traiectoria meso) este descris printr-un cerc cu centrul în  $O$  și având raza  $r_y$ . Prin transformarea meso-macro se rescrie criteriul de plasticitate pe baza traiectoriei încărcării la nivel macroscopic,  $\Psi$  (figura 4). V. D. presupune că în condițiile unei stări stabilizate, criteriul de plasticitate este reprezentat în planul  $\Delta_n$  printr-un cerc având centrul în originea  $O$  și raza  $r_y^*$  egală cu raza celui mai mic cerc cu centrul în  $M$  circumscris traiectoriei  $\Psi$  (figura 4).

Planul critic  $\Delta_n$  nu este cunoscut apriori. Pentru găsirea lui se impune o maximalizare în raport cu  $\bar{n}$  și  $t$  sub forma:

$$\text{Max}_{\bar{n}} \left\{ \text{Max}_t \left[ \hat{\tau}(\bar{n}, t) + \alpha \cdot \hat{\sigma}_H(t) \right] \right\} \geq \beta \quad (22)$$

Întrucât  $\hat{\sigma}_H$  nu depinde de  $\bar{n}$ , valoarea maximă în raport cu  $\bar{n}$  trebuie obținută numai pentru tensiunea tangențială mesoscopică:

$$\text{Max}_{\bar{n}} \left[ \hat{\tau}(\bar{n}, t) \right] = \frac{s_1(t) - s_3(t)}{2} = \bar{\tau}(t) \quad (23)$$

unde  $s_1(t)$  și  $s_3(t)$  reprezintă valorile maxime și minime ale tensorului deviator corespunzător tensiunilor mesoscopice ale ciclului stabilizat. În condițiile unui plan critic  $\Delta_n$  stabilit anterior criteriul reprezentat prin ecuația (22) se reduce la:

$$\text{Max}_t \left[ \hat{\tau}(t) + \alpha \cdot \hat{P}(t) \right] \geq \beta \quad (24)$$

Dacă se introduce notația:

$$F^{VD} = \frac{\text{Max}_t \left[ \hat{\tau}(t) + \alpha \cdot \hat{P}(t) \right]}{\beta} \quad (25)$$

se pot evidenția următoarele cazuri:

$$\begin{aligned} F^{VD} \geq 1 & \text{ rezultă inițierea fisurii de oboseală} \\ F^{VD} < 1 & \text{ rezultă neinițierea fisurii de oboseală.} \end{aligned}$$

Constantele de material  $\alpha$  și  $\beta$  se determină pe baza limitelor la oboseală la torsiune ciclică  $t$  și la încovoiere rotativă,  $f$ :

$$\alpha = -\frac{t - \frac{f}{2}}{\frac{f}{3}} \quad \text{și} \quad \beta = t \quad (26)$$

Limita de aplicabilitate a criteriului V. D. impune  $\alpha > 0$  (ceea ce se traduce printr-un efect benefic al compresiunii) și implică satisfacerea inegalității:

$$\frac{t}{f} \geq \frac{1}{2} \quad (27)$$

Atunci când sarcinile aplicate nu produc deformații plastice la nivelul mesoscopic, domeniul durabilității poate fi limitat la o dreaptă în planul  $(\hat{\sigma}_H; \hat{\tau})$ , (figura 5).

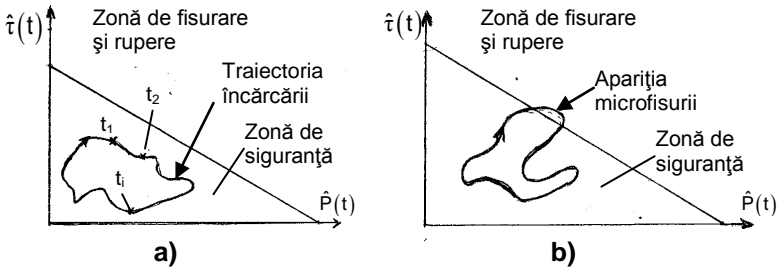


Fig. 5 Domenii de fisurare în planul  $(\hat{P}; \hat{\tau})$

Dacă traiectoria încărcării rămâne sub dreaptă, criteriul V. D. indică faptul că nu se amorsează fisuri de oboseală (figura 5, a).

### BIBLIOGRAFIE

[6] Dang Van, K., *Sur la Resistance á la Fatigue des Metaux*. Science et Techniques de l'Armement, memorial de l'artillerie française, 3-eme fascicule, 1973.

- [7] Dang Van, K., Griveau, B., Messager, O., *On the new multiaxial fatigue limit criterion: theory and application. Biaxial and multiaxial fatigue*. E G F 3, Brown M. W, Miller K J editors, London, 1989.
- [8] Morel, F., *A fatigue prediction method based on a mesoscopic approach in constant amplitude multiaxial loading*. Fatigue Fract. Engng. Mater. Struct., No. 21, pag. 241-246, 1998.
- [9] Papadopoulos, I.V., *Multiaxial fatigue limit criterion of metals: a mesoscopic scale approach*. In High-Cycle Metal Fatigue in the Context of Mechanical Design, CISM Course and lectures, No. 392 Springer-Verlag. pag. 89-143, 1999.

Prof.Dr.Ing. Ion DUMITRU,  
Universitatea "POLITEHNICA" Timișoara, membru AGIR  
e-mail: dion@clicknet.ro  
Prof.Dr.Ing. Pavel TRIPA,  
Universitatea "POLITEHNICA" Timișoara, membru AGIR  
e-mail: ptripa@yahoo.com      pavel.tripa@mec.upt.ro  
Drd.Ing. Lorand KUN,  
Universitatea "POLITEHNICA" Timișoara,  
e-mail: kunlori@yahoo.com