

# REZISTENȚA REZIDUALĂ ȘI RUPEREA ELEMENTELOR METALICE CU FISURI

Mariana Petrescu, conf.univ.dr.ing. Facultatea de Utilaj Tehnologic – U.T.C.B.

## Abstract

In the paper it is presented basic on the fracture mechanics concepts, a way of calculating the residual resistance of the metallic elements material, elements subjected to a random type stress. The determination of residual resistance is made depending on the number of solicitation cycles which activate the crack propagation in the material.

## 1. INTRODUCERE

Propagarea subcritică a fisurilor – adică propagarea în faza premergătoare ruperii – apare ca un factor determinant al rezistenței construcțiilor și elementelor metalice. Propagarea subcritică poate surveni atât sub acțiunea solicitărilor variabile cât și sub acțiunea unor combinații de solicitări cu caracter aleator.

Propagarea fisurilor la solicitări variabile este un proces complex influențat de caracterul stării de tensiune în zona adiacentă frontului unei fisuri. Complexitatea acestui proces rezultă ca urmare a interdependențelor dintre sarcinile aplicate, geometria elementului metalic și caracteristicile de deformare ale materialului.

## 2. DETERMINAREA REZISTENȚEI REZIDUALE

Rezistența reziduală  $R_r$  a materialului metalic, conținând o fisură de semilungime  $a$ , propagată datorită solicitărilor repetate, se determină cu relația:

$$R_r = \frac{K_{Ic}}{\sqrt{\pi\beta a}} \quad (1)$$

unde:

$K_{Ic}$  – este tenacitatea la rupere a materialului;

$\beta$  – un factor de corecție dependent de dimensiunile finite ale componentului.

Se consideră, pentru simplificare, că în toate domeniile de propagare ale fisurii, se aplică relația lui Paris pentru calculul vitezei de fisurare:

$$\frac{da}{dN} = C \left( \Delta\sigma \sqrt{\pi\beta a} \right)^m \quad (2)$$

unde:

$C$  și  $m$  sunt constante empirice de material;

$\Delta\sigma$  – domeniul de variație al tensiunii.

După integrarea relației 2, se obține :

$$N_i = \frac{a_i^{\frac{2-m}{2}} - a_0^{\frac{2-m}{2}}}{\frac{2-m}{2} C(\Delta\sigma_E \sqrt{\pi\beta})^m} \quad (3)$$

în care:

$a_i$  – semilungimea fisurii propagate, după expunerea la un număr  $N_i$  de cicluri de solicitare;

$a_0$  – semilungimea inițială a fisurii;

$\Delta\sigma_E$  – domeniul de variație al tensiunii echivalente de amplitudine constantă, corespunzătoare spectrului de solicitare [3].

Din relația (3) se obține

$$a_i = \left[ a_0^{\frac{2-m}{2}} + N_i \frac{2-m}{2} \cdot C(\Delta\sigma_E \sqrt{\pi\beta})^m \right]^{\frac{2}{2-m}} \quad (4)$$

Pentru diferite valori ale numărului  $N_i$  de cicluri de solicitare, se obțin valorile semilungimilor  $a_i$  ale fisurii propagate, putându-se calcula cu relația (1) rezistențele reziduale corespunzătoare.

## 2.1. DETERMINAREA REZISTENȚEI REZIDUALE DUPĂ APLICAREA CELOR $N_{ja,b}$ CICLURI DE SOLICITARE

### VARIANTA 1.

În această variantă, rezistența reziduală se determină ca o valoare medie pentru cele trei domenii de propagare ale fisurii.

**a.** Pentru o comportare elastică a materialului înainte de rupere în domeniul III, rezistența reziduală medie se calculează folosind o relație de tipul celei date de

$$R_{rra} \cong \frac{K_{Ic}^*}{\alpha_1 \sqrt{a_0}} \left[ 1 - N_{ja} \left( \frac{m}{2} - 1 \right) 2\beta_0^2 \pi C (\alpha_1 \sqrt{a_0})^{m-2} \cdot \frac{m! (2d_\sigma^2)^{m+1}}{\sqrt{2\pi} d_\sigma} \right]^{\frac{1}{m-2}} \quad (5)$$

**b.** Pentru o comportare elasto-plastică a materialului înainte de rupere în domeniul III, rezistența reziduală medie se calculează folosind o relație de tipul celei date de:

$$R_{rrb} \cong \frac{K_{Ic}^*}{\alpha_1 \sqrt{a_0}} \left[ 1 - N_{jb} \left( \frac{m}{2} - 1 \right) 2\beta_0^2 \pi C \cdot \left( \frac{\pi E R_e \delta_c \alpha_1^2 a_0}{4 (K_{Ic}^*)^2} \right)^{\frac{m}{2}-1} \cdot \frac{m! (2d_\sigma^{*2})^{m+1}}{\sqrt{2\pi} d_\sigma^*} \right]^{\frac{1}{m-2}} \quad (6)$$

### VARIANTA 2.

În aceasta variantă, rezistența reziduală se determină pentru fiecare domeniu de propagare a fisurii (I, II, III), după care în funcție de aceste valori se determină valoarea medie a acesteia.

După cum se știe, rezistența reziduală se modifică odată cu evoluția fisurii.

Corespunzător comportării materialului deosebit:

**a.** Pentru comportarea elastică a materialului înainte de rupere, rezistența reziduală medie după aplicarea celor  $N_{ja}$  cicluri de solicitare a componentului metalic este:

$$R_{rra} \cong \frac{K_{Ic}^*}{4} \left[ \frac{1}{\alpha_1 \sqrt{a_0}} + \frac{1}{\alpha_1 \sqrt{a_1}} + \frac{1}{\alpha_2 \sqrt{a_{II}}} + \frac{1}{\alpha_3 \sqrt{a_f'}} \right] \quad (7)$$

**b.** Pentru comportarea elasto-plastică a materialului înainte de rupere, rezistența reziduală medie după aplicarea celor  $N_{jb}$  cicluri de solicitare a componentului metalic este:

$$R_{rrb} = \frac{1}{4} \left[ K_{Ic}^* \left( \frac{1}{\alpha_1 \sqrt{a_0}} + \frac{1}{\alpha_1 \sqrt{a_1}} + \frac{1}{\alpha_2 \sqrt{a_{II}}} \right) + \frac{1}{2} \frac{\sqrt{\pi \delta_c E R_e}}{\alpha_{3p} \sqrt{a_f}} \right] \quad (8)$$

### 3. CONCLUZII

Frecvențele avarii, uneori catastrofale, ale unor structuri metalice portante, au impus transferarea în domeniul proiectării și al verificării – în exploatare – al acestora, a conceptelor mecanicii ruperii, care iau în considerare prezența inevitabilă a unei fisuri în materialul metalic al componentelor structurale, fisuri care, sub acțiunea sollicitărilor de tip aleator se propagă și provoacă procesul de fisurare – rupere al acestora.

Cunoscând rezistențele reziduale se estimează capacitatea portantă a componentului și – în funcție de acestea – se stabilește necesitatea executării unor operații de mentenanță pentru limitarea sau stoparea procesului de fisurare și pentru restabilirea stării tehnice a componentului considerat și a parametrilor stabiliți la proiectarea acestuia.

### BIBLIOGRAFIE

1. CIOCLOV, D. – Rezistență în fiabilitatea la sollicitări variabile. Ed. Facla, 1975.
2. PETRESCU, M. - New Concepts Concerning the Fatigue Assessment of the Metallic Structures. Intenational Conference of Tribology. Balkantrib 1999, Sinaia, România, 2 – 4 iunie 1999, Vol. I (103 – 107).
3. PETRESCU, M. – Mecanica ruperii. Ed. Conspress. Bucuresti, 1999.