

MECANICA RUPERII*LABORATOR 12***DETERMINAREA DEPLASĂRII LA DESCHIDEREA VÂRFULUI FISURII - COD**

-
1. *Inercarea standard pentru determinarea COD*
 2. *Expresii pentru calculul lui $\delta_{t\text{ crt.}}$ - COD*
 3. *Procedeul de determinare a COD*
 4. *Analiza înregistrării forță-deplasare*
 5. *Descrierea metodei prezentată de ASTM*
 - 6.
-

1. Inercarea standard pentru determinarea COD

Probelor standard pentru determinarea *deplasării la deschiderea fisurii* (crack opening displacement - COD) solicitate la încovoiere prin trei puncte și având creștătură (SENB), precum și proba compactă (CT) le-a fost descrisă configurația în secțiunea 5.3 din curs. Pentru probele CT este permisă utilizarea unui anumit tip de creștătură inițială în vederea determinării J_{Ic} (*figura 1*). Este de preferat ca raportul W/a să fie în jur de 2 dar pot exista anumite abateri în jurul acestei valori. În principiu, grosimea B trebuie să fie egală cu cea utilizată în exploatare iar probele să nu aibe canale laterale. Sunt permise excepții dacă se poate demonstra că grosimi mai mici nu afectează rezistența la fisurare sau dacă se poate stabili o relație bine determinată între grosimea probei și rezistența la fisurare. Este important de notat că valorile lui $\delta_{t\text{ crt.}}$ rezultate ca urmare a aplicării acestei metode pot fi afectate de geometria și mărimea probei. De aceea sunt necesare anumite precauții atunci când se compară rezultatele preluate din diferite surse.

2. Expresii pentru calculul lui $\delta_{t\text{ crt.}}$ - COD

Măsurarea directă a lui $\delta_{t\text{ crt.}}$ la vârful fisurii este imposibilă. Ca urmare, se utilizează un traductor de deplasare (pensetă cu marcă tensometrică) pentru măsurarea deplasării la deschiderea fisurii, v_g , în apropierea suprafeței probei. Se presupune că în zona nefisurată ($b=W-a$) se produc deformări plastice. Ca urmare, se presupune că flancul fisurii se rotește cu un anumit unghi, centrul de rotație stabilindu-se în interiorul zonei nefisurate la $(r \cdot b)$. În *figura 1* este prezentat un exemplu în care o pensetă cu mărci tensometrice se poate atașa la muchiile ascuțite de la suprafața probei.

Din *figura 1* se poate deduce că δ_t poate avea expresia:

$$\delta_t = \frac{r \cdot b}{r \cdot b + a + z} v_g \quad (1)$$

în care distanța z reprezintă distanța de la suprafața probei la vârfurile pensetei tensometrice. Dacă penseta tensometrică se montează în canale frezate în interiorul probei, z va fi negativă.

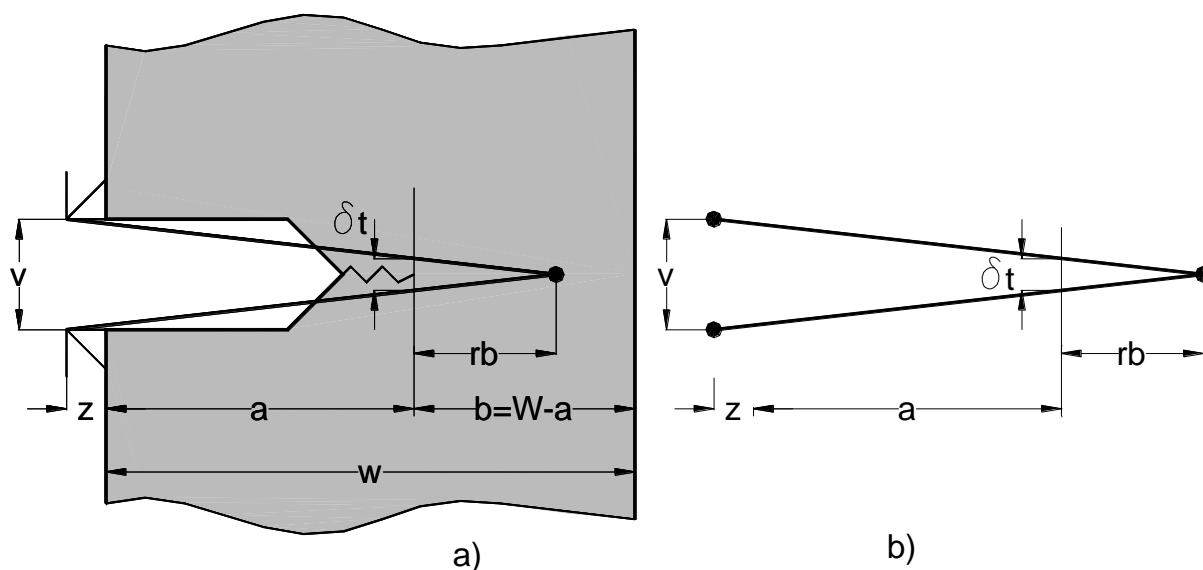


Fig. 1. Deplasarea la deschiderea vârfului fisurii

Deși această relație pare simplă, apar totuși două probleme:

- 1) *Valoarea factorului de rotație r .* Experimentele arată o varietate semnificativă în ceea ce privește valorile utilizate pentru r . Acest lucru se întâmplă din cauză că determinarea necesită tehnici complicate cum ar fi metoda pensetei cu două mărci sau infiltrarea în fisură a cauciucului plastic sau siliconat. Pentru determinarea standard a COD lui r i se atribuie valoarea 0,4 pentru proba SENB și 0,46 pentru proba CT.
- 2) *Interpretarea deplasării v_g a pensetei cu mărci tensometrice.* Creșterea v_g , în raport cu punctul de zero stabilit inițial, se datorează atât efectului de deschidere elastică a fisurii cât și rotației în jurul punctului amintit anterior. Ca urmare, dacă se consideră v_g determinat numai de rotația flancurilor fisurii (ecuația 1) se poate ajunge la rezultate eronate. În aceste condiții v_g trebuie separat într-o parte elastică v_{el} și o parte plastică v_{pl} . arătate schematic în figura 1.

Numai partea elastică a deplasării este substituită în ecuația (1), astfel:

$$\delta_t = \frac{v_{pl} \cdot r \cdot b}{r \cdot b + a + z} v_g \quad (2)$$

Din motive de acuratețe, *partea plastică* v_{pl} nu este utilizată, iar *contribuția elastică* la δ_t este calculată în concordanță cu expresia dată de Mecanica Liniar-Elastică a Ruperii pentru COD:

$$\delta_{el} = \frac{k_I^2}{E\sigma_c} \left(\frac{1-\nu^2}{2} \right) \quad (3)$$

și ca urmare vom avea:

$$\delta_t = \delta_{el.} + \delta_{pl.} = \frac{k_I^2}{E\sigma_c} \left(\frac{1-\nu^2}{2} \right) + \frac{v_{pl.} \cdot r \cdot b}{r \cdot b + a + z} v_g \quad (4)$$

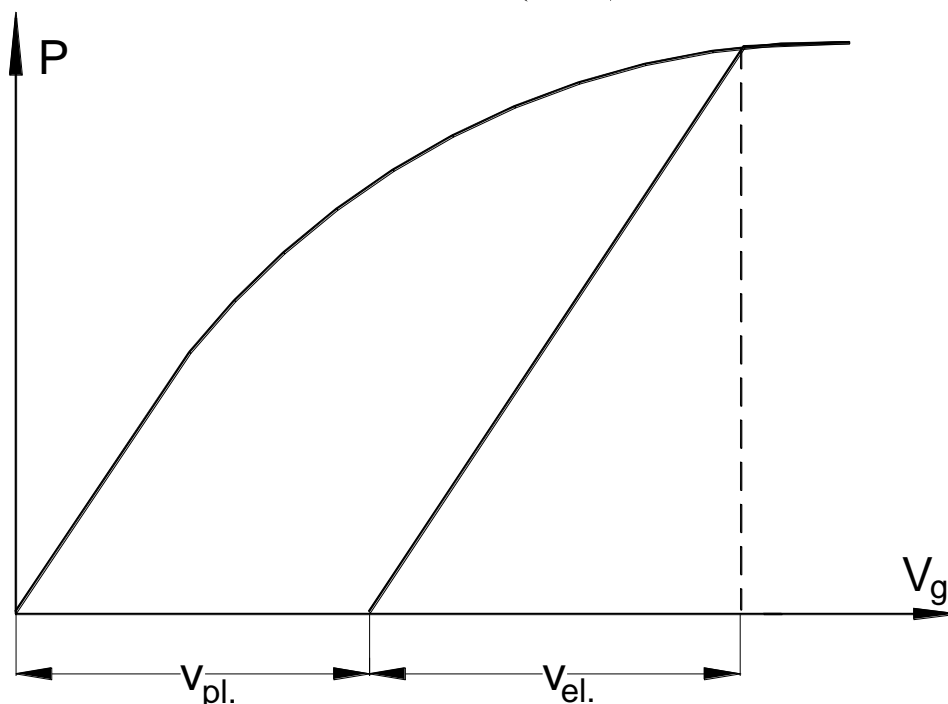


Fig. 2. Separarea deplasării totale la deschiderea fisurii v_g în componentele elastică $v_{el.}$ și plastică $v_{pl.}$

3. Procedul de determinare a COD

Pașii necesari în cadrul încercării pentru determinarea COD sunt următorii:

1. Proiectarea și elaborarea desenelor de execuție ale probelor;
2. Fabricarea probelor;
3. Prefisurarea prin oboseală;
4. Confecționarea dispozitivelor de fixare a pensetei tensometrice pentru măsurarea deplasării la deschiderea fisurii;
5. Solicitarea probelor (încovoiere – SENB sau tracțiune – CT);
6. Analiza înregistrării forță – deplasare pentru determinările $\delta_{t \text{ crit.}}$.

Procedul utilizat pentru prefisurarea prin oboseală este similar cu cel utilizat la determinarea K_{Ic} . Prefisurarea prin oboseală se face pentru un ciclu la oboseală cu un coeficient de asimetrie a ciclului R cuprins între 0 și 0,1. În cazul determinării J_{Ic} sarcina maximă de încărcare nu trebuie să depășească 40% din sarcina la care apare deformarea plastică pentru probele SENB și respectiv CT. Aceste cerințe sunt necesare pentru a asigura o ascuțime suficientă a prefisurii cu limitarea deformațiilor plastice remanente în regiune din imediata vecinătate a vârfului fisurii.

În timpul determinării COD proba este încărcată controlând deplasarea și înregistrând atât încărcarea cât și deplasarea la deschiderea fisurii. Viteza de încărcare trebuie fixată astfel încât, creșterea factorului de intensitate a tensiunii cu timpul $\frac{dk_I}{dt}$ să fie cuprinsă

între (0,5 și 0,3) $\frac{MPa\sqrt{m}}{s}$. Această creștere este definită în mod arbitrar, pe baza încărcării statice, în același fel ca la determinarea K_{Ic} .

Intrucât viteza de creștere $\frac{dK_I}{dt}$ este măsurată în regiunea elastică a curbei încărcare – deplasare, această procedură poate conduce la diferențieri mari în ceea ce privește viteza de încărcare pentru probele ductile: dacă viteza de încărcare a mașinii de încercat este menținută constantă, viteza de deplasare va crește mult în zona plastică a curbei de încărcare – deplasare; dacă, pe de altă parte, viteza de deplasare a mașinii de încercat este menținută constantă, viteza de încărcare va scădea în regiunea plastică.

S-a arătat că solicitarea cu viteze de încărcare mici în regiunea plastică a diagramei încărcare-deplasare poate conduce la valori mici ale COD.

După încercare trebuie examinată suprafața rezultată în urma ruperii. Procedeu de determinare a lungimii prefisurării la oboseală și cerințele care trebuie respectate pentru obținerea unor rezultate valabile ale încercării sunt aceleași ca în cazul încercării pentru determinarea J_{Ic} . În plus, este necesar a se stabili dacă în timpul încercării se produce o extindere stabilă a fisurii și de a evalua relația între creșterea extinderii fisurii și posibila comportare la fisurare: o propagare inițial instabilă urmată de oprirea fisurii.

4. Analiza înregistrării forță-deplasare

Înregistrările forță deplasare pot apărea în șase forme diferite. Acestea sunt prezentate schematic în figura 3.

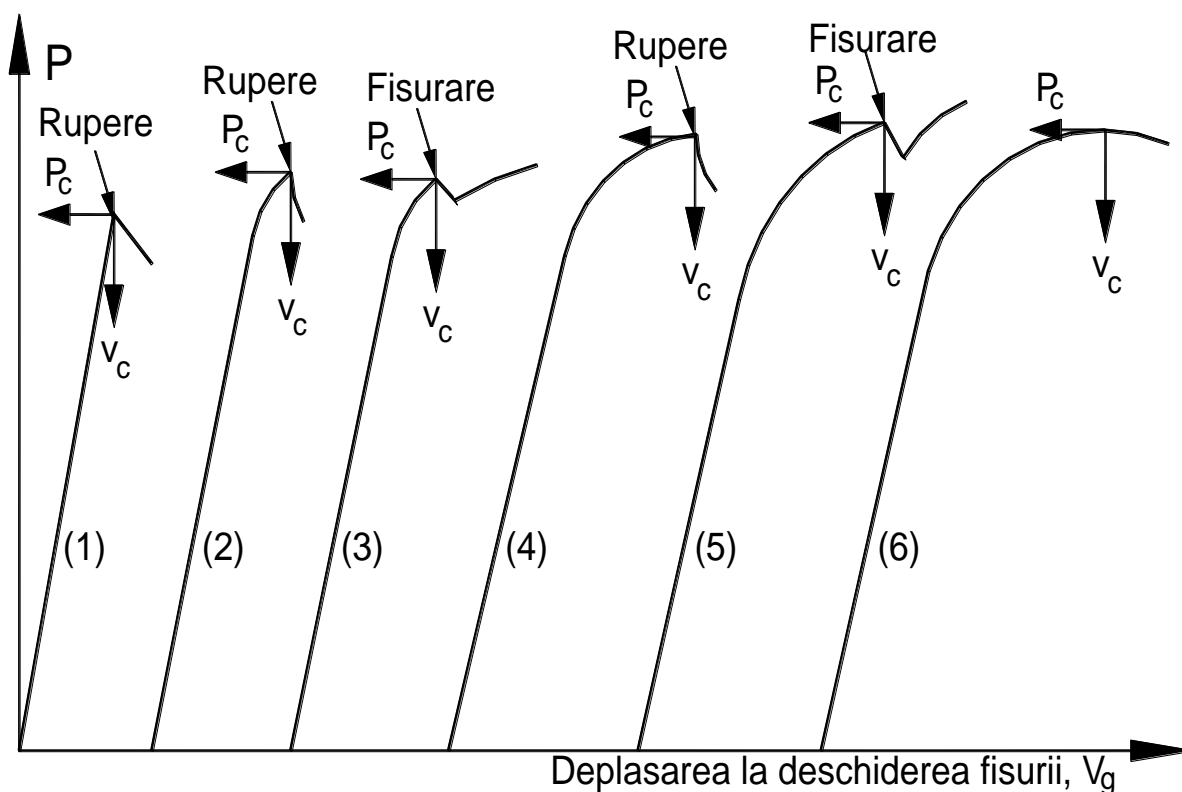
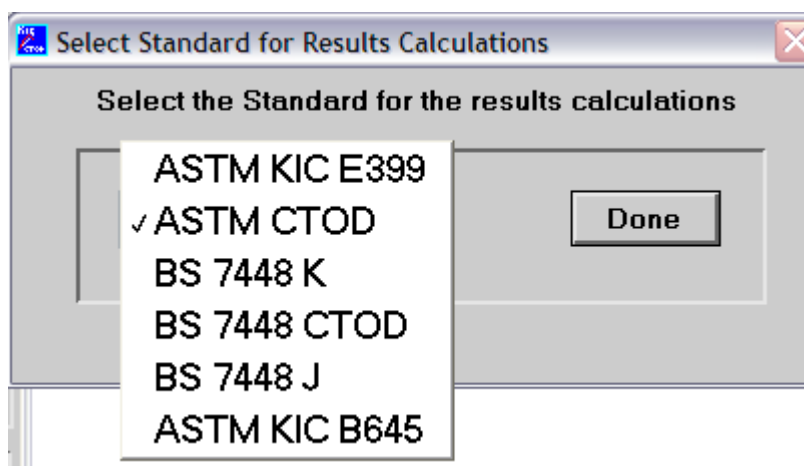


Fig. 3. Tipuri de grafice încărcare-deplasare la deschiderea fisurii obținute în timpul încercării pentru determinarea COD

Înainte de a clasifica o curbă încărcare – deplasare trebuie să decidem dacă fisurarea este „semnificativă”. În cazul în care, după examinarea suprafeței fisurate, se observă că extinderea fisurii depășește 4% din lungimea zonei nefisurate b , fisurarea se consideră „semnificativă”. Cazurile 1, 2 și 3 se tratează în mod similar. Curbele din cazurile 1 și 2 sunt monoton crescătoare, nefiind pusă în evidență plasticitatea și nici propagarea stabilă a fisurii înainte de rupere. Cazul 3 arată o fisurare semnificativă datorată propagării bruște a fisurii urmată de oprirea acesteia. În aceste cazuri $\delta_{t \text{ crit.}}$ se consideră ca fiind δ_c care este calculat cu relația (7.32), utilizând pentru forță valoarea P_c , iar pentru deplasare valoarea v_c . Cazurile 4 și 5 pot fi de asemenea tratate împreună. Înainte de instabilitate, care poate fi determinată fie de rupere fie de o fisurare semnificativă, apare propagarea stabilă a fisurii. Acest lucru ar trebui remarcat după examinarea suprafeței rupte. În aceste cazuri $\delta_{t \text{ crit.}}$ este calculat ca fiind δ_u pentru valorile (P_u, v_u) . Cazul 6 este relevant pentru materialele extrem de ductile pentru care extinderea stabilă a fisurii are loc dincolo de încărcarea maximă P_m : $\delta_{t \text{ crit.}}$ se calculează ca fiind δ_m corespunzător punctului (P_m, v_m) .

5. Descrierea metodei prezentată de ASTM

Obiectivul testului CTOD este de a determina valoarea CTOD pentru unul sau mai multe evenimente severe de extensie a fisurii. Valorile CTOD corespund valorii pentru δ_c ce reprezintă debutul propagării instabile a fisurii fragile; δ_i reprezintă o valoare a CTOD în apropiere de debutul propagării stabile a fisurii; δ_u reprezintă debutul propagării instabile a fisurii ce urmează propagării stabile; δ_m reprezintă valoarea CTOD atunci când se atinge pentru prima oară forța maximă pe palierul ce presupune un comportament total plastic. Valorile forței și ale seplasării corespunzătoare evenimentelor specifice proceselor de inițiere și propagare a fisurii sunt utilizate pentru determinarea valorilor corespunzătoare pentru CTOD. Valorile δ_c , δ_u și δ_m la valorile corespunzătoare ale încărcării, precum și deplasările COD ale extensometrului se obțin direct pe baza înregistrărilor. Atunci când este necesară determinarea δ_i , valorile CTOD sunt determinate și figurate în raport cu estensia fizică a fisurii, Δa_p . CTOD în raport cu comportarea la estensia fizică a fisurii este aproximată pe baza unei curbe de regresie. Valoarea lui δ_i este definită ca fiind valoarea COD atunci când $\Delta a_p = 0,2$ mm. Graficul de variație al forței în raport cu deplasarea poate avea una din cele 6 forme prezentate în figura 6.



KIC BSI & ASTM 1290 Crack Front

Original Length of Fatigue Precrack

| | | |
|------------------------|---------|----|
| Crack Length at pos. 1 | 24.1000 | mm |
| Crack Length at pos. 2 | 24.5000 | mm |
| Crack Length at pos. 3 | 24.5000 | mm |
| Crack Length at pos. 4 | 24.5000 | mm |
| Crack Length at pos. 5 | 24.5000 | mm |
| Crack Length at pos. 6 | 24.4000 | mm |
| Crack Length at pos. 7 | 24.3000 | mm |
| Crack Length at pos. 8 | 24.1000 | mm |
| Crack Length at pos. 9 | 23.5000 | mm |

Envelope and/or Plane

OK

