

## METODE DE ÎNCERCARE MECANICĂ A MATERIALELOR METALICE

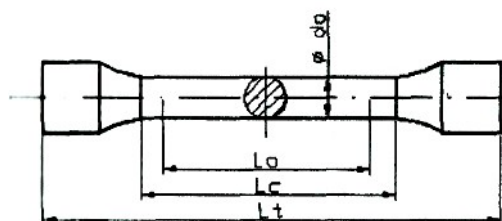
### Considerații teoretice

Prin încercări mecanice se înțeleg toate determinările privind comportarea materialelor metalice în anumite condiții de solicitare mecanică, stabilite convențional.

Încercările mecanice se diferențiază prin tipul deformației macroscopice generate (tracțiune, compresiune, încovoiere, torsiune, duritate, etc.), modul de aplicare a sarcinii (statică, dinamică, variabilă ca mărime și sens), temperatura la care are loc încercarea (la cald, la rece, la temperatura ambiantă) etc. Cel mai frecvent se recurge la încercări statice la tracțiune, încercări de duritate și încercări dinamice de încovoiere prin șoc.

#### a) Încercări statice la tracțiune

Se efectuează pe epruvete sub formă de bare, sârme sau benzi, având dimensiuni standardizate. Forma cea mai utilizată și principalele dimensiuni ale epruvetei pentru tracțiune sunt prezentate în figura 1.



**Fig.1.** Epruveta pentru încercări statice la tracțiune

unde:

- $L_t$  - lungimea totală;
- $L_c$  - lungimea calibrată;
- $L_0$  - lungimea inițială între repere;
- $d_0$  - diametrul inițial.

Lungimea inițială  $L_0$  și diametrul inițial  $d_0$  se aleg astfel încât raportul  $n=L_0/d_0$ , numit factor dimensional, să aibă valoarea  $n = 5$  sau  $n = 10$ .

Modul de prelucrare a probelor se prezintă în STAS 7324 - 75, iar forma, dimensiunile și condițiile de executare a probelor în STAS 200 - 87.

Mașinile utilizate pentru încercările la tracțiune sunt prevăzute cu un înregistrator, care trasează dependența dintre forța axială  $F$  și alungirea epruvetei  $\Delta l$ . În figura 2 se prezintă o curbă de tracțiune pentru un oțel cu conținut scăzut în carbon.

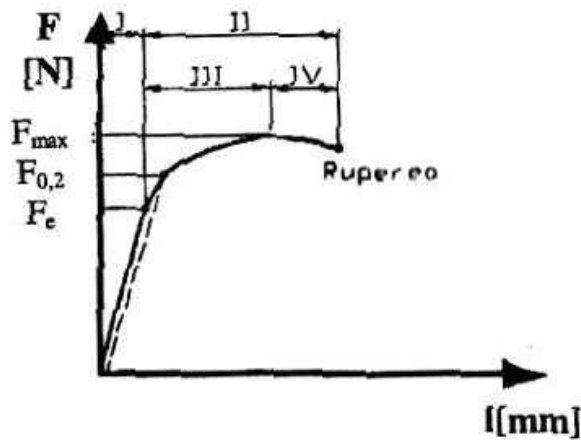


Fig.2. Curba de tracțiune a unui oțel cu conținut scăzut în carbon

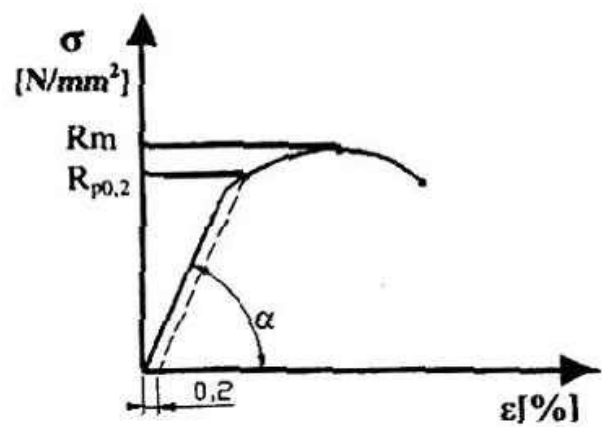


Fig.3. Curba convențională de tracțiune

- Distingem:
- I - Domeniul deformării elastice;
  - II - Domeniul deformării plastice;
  - III - Deformarea omogenă;
  - IV - Deformarea neomogenă (gâtuirea).

În domeniul I are loc deformarea elastică a materialului, fiind valabilă legea lui Hooke:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon$$

Curba convențională de tracțiune (fig.3.) reprezintă dependența dintre tensiunea mecanică  $\sigma$ , definită ca raportul dintre forța și aria secțiunii transversale ( $\sigma = F/S_0$  [N/mm<sup>2</sup>]) și alungirea relativă  $\varepsilon$ , definită ca raportul dintre alungirea epruvetei  $\Delta l$  și lungimea inițială  $L_0$  a acesteia ( $\varepsilon = \Delta l/L_0 \cdot 100$  [%]).

De pe această curbă se pot determina următoarele caracteristici:

- rezistența la rupere,  $R_m$ , definită ca raportul între sarcina maximă și aria secțiunii

transversale inițiale a epruvetei:  $R_m = \frac{F_{\max}}{S_0} \left[ \frac{N}{mm^2} \right];$

- limita de curgere convențională,  $R_{p0,2}$ , obținută ca raport dintre sarcina care produce o

deformare plastică egală cu 0,2% și aria secțiunii inițiale a epruvetei:  $R_{p0,2} = \frac{F_{0,2}}{S_0} \left[ \frac{N}{mm^2} \right];$

- modulul de elasticitate longitudinal, E, reprezentând panta porțiunii liniare a curbei convenționale de tracțiune:  $E = \operatorname{tg}\alpha$ ;

- alungirea la rupere,  $A_n$ , definită ca raport între alungirea epruvetei și lungimea

inițială:  $A_n = \frac{L_f - L_0}{L_0} \cdot 100 [\%]$ , unde  $L_f$  - lungimea epruvetei după rupere, n - factor dimensional;

- gătuirea la rupere, Z, exprimată ca diferența dintre aria secțiunii inițiale și finale a

epruvetei raportată la aria secțiunii inițiale:  $Z = \frac{S_0 - S_f}{S_0} \cdot 100 [\%]$ .

### **b) Încercări de duritate**

Duritatea se definește ca fiind proprietatea unui material de a se opune deformărilor plastice provocate de solicitările de contact statice sau dinamice localizate în straturile superficiale.

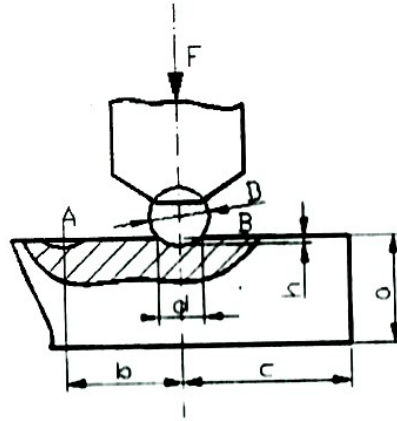
Este una dintre proprietățile mecanice folosite mai frecvent pentru a caracteriza un material metalic fiind dependentă de compoziția chimică și de starea structurală a materialului.

Sunt cunoscute mai multe metode de determinare a durității, prin mărimea urmei produse de un corp apăsător cu o anumită forță pe material. Diferența dintre aceste metode constă în forma acestui corp, denumit penetrator, și în condițiile de încercare.

Alegerea celei mai potrivite metode de încercare ține seama de:

- natura materialului încercat;
- precizia încercării;
- dimensiunile probei;
- economicitatea determinării.

*Metoda Brinell* constă în imprimarea cu o forță a unei bile din oțel de diametru D perpendicular pe suprafața de cercetat, conform schemei din figura 4.



**Fig.4.** Determinarea durtății Brinell

unde:

- D - diametrul bilei;
- h - adâncimea urmei;
- d - diametrul urmei;
- a - grosimea piesei;
- b - distanța dintre două urme;
- c - distanța dintre urmă și marginea piesei.

Duritatea se exprimă prin raportul dintre sarcina de apăsare F și aria calotei sferice S a urmei lăsate de penetrator pe suprafața de încercat:

$$HB = \frac{2 \cdot F}{\pi \cdot D \cdot (D - \sqrt{D^2 - d^2})} \left[ daN / mm^2 \right]$$

Timpul de menținere a sarcinii, distanța minimă dintre două urme A și B (b), și dintre urmă și marginea probei (c) depind de duritatea materialului.

Grosimea minimă a probelor supuse încercării (a) trebuie să fie de 8 ori adâncimea urmei, pentru a evita influența suportului aparatului asupra durtății.

În practică valoarea durtății se deduce din tabele funcție de diametrul urmei, pentru o anumită valoare a forței de încărcare și a diametrului bilei.

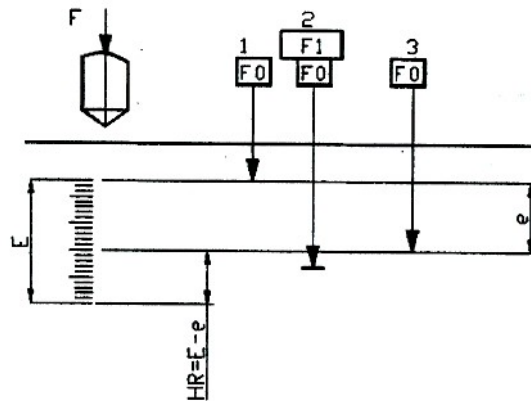
Metoda se utilizează pentru aliaje moi (metale și aliaje neferoase, oțeluri recoapte).

Notarea durtății se face prin valoarea măsurată urmată de simbolul HB și un grup de trei numere care indică diametrul bilei în mm, sarcina de încărcare în N și timpul de menținere în secunde.

Exemplu: 270HB5/700/5

*Metoda Rockwell* permite evaluarea durtății prin adâncimea urmei remanente a penetratorului. Penetratorul poate fi un con de diamant cu unghiul la vârf de 120° sau o bilă de oțel călit.

Metoda se aplică atât pentru materiale dure și foarte dure (oțel călit, fontă albă) cât și pentru materiale moi. Încercarea cu con de diamant (HRC) sau cu bilă (HRB) se face după schema din figura 5. Penetratorul este apăsat cu o forță inițială  $F_0$  pe suprafața de măsurare. Dispozitivul de măsurare a adâncimii de pătrundere se aduce la zero și se aplică apoi sarcina  $F_1$ . După un interval de 15, 30 sau 60 sec. se înlătură suprasarcina  $F_1$ , duritatea HRC determinându-se prin scăderea adâncimii reale de pătrundere,  $e$ , din mărimea în unități Rockwell a constantei convenționale E.



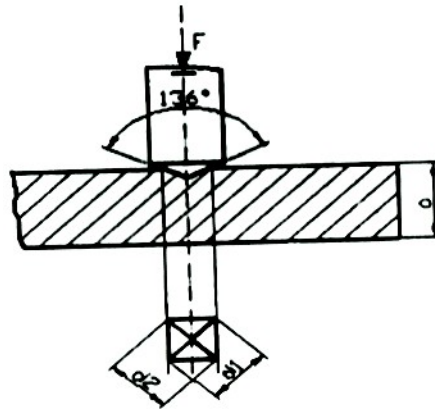
**Fig.5.** Determinarea durității Rockwell

Notarea durității prin această metodă se face folosind simbolul HRC (sau HRB) precedat de valoarea durității.

Exemplu: 45 HRC

*Metoda Vickers* (figura 6) se aseamănă în principiu cu metoda Brinell, constând în apăsarea unui penetrator, având formă de piramidă dreaptă cu baza pătrat și unghiul diedru la vârf de  $136^\circ$  pe suprafața de încercat. Duritatea Vickers se notează cu HV și se determină ca raport între forța aplicată  $F$  și aria laterală a urmei lăsată de penetrator. În practică aria se determină funcție de valoarea medie a diagonalei urmei  $d=(d_1+d_2)/2$ , duritatea exprimându-se conform relației:

$$HV = 1,8544 \cdot \frac{F}{d^2} \left[ daN / mm^2 \right]$$



**Fig.6.** Determinarea durtății Vickers

Metoda se aplică atât pentru materiale moi cât și pentru cele dure. Se poate utiliza și pentru măsurarea microdurtății prin cuplarea unui aparat de încercat cu un microscop optic metalografic. În acest mod se poate determina durtatea constituenților structurali și a unor structuri foarte fine. În acest caz durtatea HV se determină cu relația:

$$HV = 1,8544 \cdot \frac{F}{(d + 1,5)^2} [daN / mm^2]$$

unde:

d - diagonala urmei;

1,5 - reprezintă factor de corecție.

Notarea durtății se face folosind simbolul HV, precedat de valoarea durtății, și urmat de un indicator care reprezintă sarcina de încărcat în daN (dacă aceasta diferă de 30 daN), urmată de durata de menținere a sarcinii în secunde (dacă aceasta diferă de 10 ... 15s).

Exemplu: 450HV5/30.

### c) Încercarea dinamică de încovoiere prin șoc (încercarea de reziliență)

Constituie o metodă de evaluare a tenacității materialelor.

Tenacitatea reprezintă rezistența materialului la propagarea brutală a fisurii.

Cel mai utilizat utilaj este ciocanul - pendul Charpy, prevăzut cu o greutate G ce oscilează în jurul centrului O (figura 7).

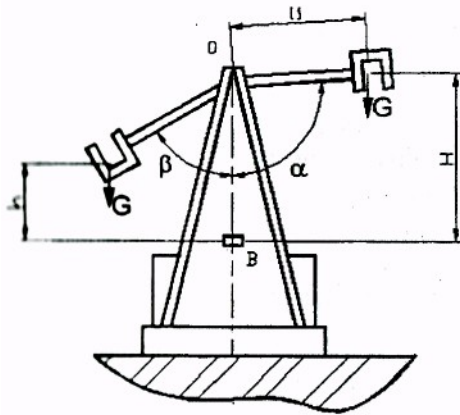


Fig.7. Ciocan-pendul Charpy

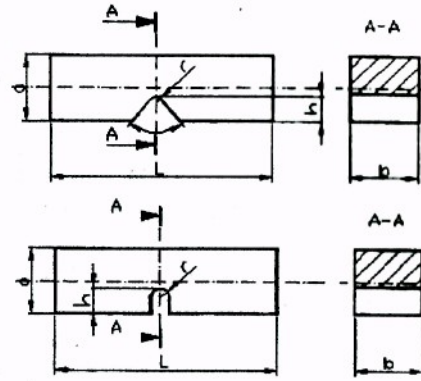


Fig.8. Epruvete pentru încercarea la încovoiere prin șoc

Epruvetele utilizate au formă prismatică, cu dimensiunile 10 X 10 X 55 mm și o creștătură în formă de „U” sau „V” (figura 8).

Pentru ruperea epruvetei așezate pe două reazeme ale batiului, ciocanul este lăsat să cadă de la înălțimea H, stabilită inițial, iar după ruperea epruvetei acesta ajunge la înălțimea h.

Energia consumată pentru ruperea epruvetei este dată de relația:

$$W = W_0 - W_f = G \cdot (H - h) [J]$$

unde:

$W_0$  - energia potențială a ciocanului în poziția inițială;

$W_f$  - energia potențială în poziția finală.

În cazul încercării pe epruvete cu creștătura în U, se definește reziliența ca fiind raportul dintre energia consumată pentru ruperea epruvetei și aria secțiunii transversale în dreptul creștăturii. Se simbolizează KCU și se exprimă în  $J/cm^2$ .

Astfel, notația KCU 150/2/5=100  $J/cm^2$  semnifică reziliența de 100  $J/cm^2$ , determinată cu un ciocan-pendul având o energie potențială  $W_0=150J$ , pe epruvete cu creștătura în U, cu adâncimea  $h=2$  mm și lățimea  $b=5$  mm.

În încercarea pe epruvete cu creștătura în V, reziliența reprezintă energia consumată pentru rupere. În acest caz simbolul este KV și se exprimă în J.

Notația KV300/5=70J reprezintă valoarea energiei de rupere (70J) determinată cu un ciocan având energia potențială  $W_0 = 300J$  pe o epruvetă cu creștătura în V, de lățime  $b=5$  mm.

Încercarea de reziliență este mai reprezentativă în cazul în care se face la diferite temperaturi, astfel încât să poată fi determinată temperatura de tranziție de la ruperea ductilă la cea fragilă, cunoscut fiind faptul că un material are un comportament diferit la diverse temperaturi de lucru.

Se poate constata că energia absorbită la rupere scade cu scăderea temperaturii (fig. 9).

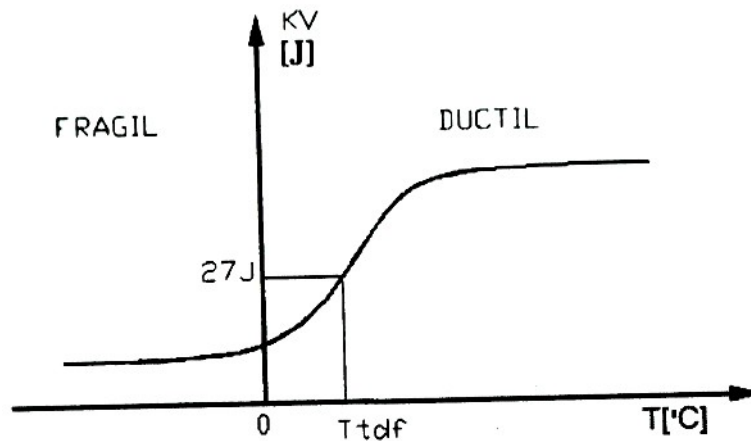


Fig.9. Curba de reziliență

În general, se apreciază că temperatura la care are loc tranziția ductil - fragil ( $T_{tdf}$ ) este acea temperatură la care valoarea energiei de rupere este  $KV=27 J$ .

### Desfășurarea lucrării

Se vor supune măsurătorilor de duritate prin metodele Brinell și Rockwell probe din diverse mărci de oțel, aflate în stare recoaptă și călită. Se va face conversia durității din unități Brinell și Rockwell în unități Vickers cu ajutorul tabelului din anexa 1.

Rezultatele obținute se vor trece în tabelul 1, trasându-se pe baza acestora curba de variație a durității HV în funcție de conținutul în carbon și de starea materialului.

Corelația dintre duritatea materialului determinată prin diverse metode și rezistența la rupere este prezentată în ANEXA I.

Se vor examina probe supuse la încercările de încovoiere prin șoc și la tracțiune. Se vor analiza curbe de tracțiune și se vor determina caracteristicile mecanice  $R_m$ ,  $R_{p0,2}$ ,  $E$  și  $A_n$ .

În ANEXA I sunt redacte aspecte ale suprafețelor de rupere ale epruvetelor supuse încercării de reziliență, apreciindu-se ductilitatea materialului prin ponderea suprafeței cristaline din totalul suprafeței de rupere.

Tabelul 1



Nr. crt	Material	%C	Starea	Duritate			Duritatea Vickers
				Brinell	Rockwell		
					Valori măsurate	media	
1			recopt				
2			călit				
3			recopt				
4			călit				
5			recopt				
6			călit				
7			recopt				
8			călit				