

Încercarea la tracțiune a materialelor compozite

1. Considerații teoretice.

Rezistența mecanică a materialelor compozite este influențată de o serie de factori:

- natura și starea materialului matricei;
- natura și starea elementului de armare;
- fracția volumică a elementului de armare;
- orientarea și arhitectura fibrelor, în cazul în care materialul de armare este sub formă de fibră.

Încercarea la tracțiune se execută aplicând unei epruvete o forță axială crescătoare, de regulă până la ruperea ei, înregistrând variațiile corespunzătoare pentru lungimea epruvetei.

Determinările se efectuează pe baza următoarelor norme de referință:

- ASTM-D618-87 care se referă la procedura de determinare a caracteristicilor la tracțiune ale compozitelor cu matricea polimerică armată cu fibre continue și discontinue;
- normative și standarde pentru determinarea caracteristicilor de tracțiune ale compozitelor cu matrice din mase plastice armate cu fibre;
- ASTM E4-85 pentru verificarea sarcinii la mașinile de încercat;
- ASTM E83-85 pentru verificarea și calibrarea extensoarelor.

Alungirile se determină cu ajutorul extensorului care masoară distanța dintre două puncte plasate în zona calibrată a epruvetei. Este recomandat ca extensorul să aibă o rezoluție de maximum $\pm 0.1\%$ din deformare. De asemenea normativele mai sus menționate prevăd ca bacurile de fixare a epruvetelor să fie aliniată față de axa longitudinală a specimenului, astfel încât aceasta să coincidă cu direcția cu forța aplicată.

Epruvetele folosite la încercarea la tracțiune au secțiunea dreptunghiulară (figura 1), prezentând o porțiune calibrată și două capete pentru prindere în dispozitive.

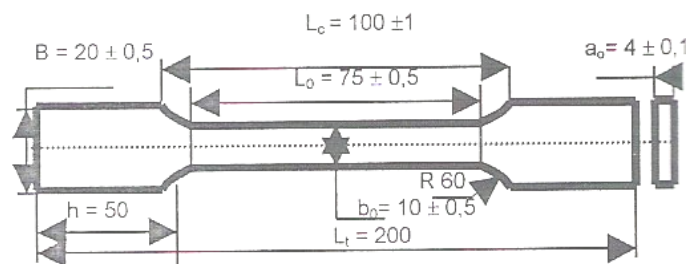


Fig. 1. Epruveta pentru încercarea la tracțiune a materialelor compozite

Semnificațiile notațiilor folosite în figură sunt următoarele:

- a_0 și b_0 – grosimea și lățimea inițială în porțiunea calibrată;
- L_0 – lungimea inițială;
- L_c – lungimea calibrată;
- L_t – lungimea totală;
- h – lungimea capetelor de prindere;
- B – lățimea capetelor de prindere.

În cadrul prezentei lucrări se va determina: alungirea specifică, expansiunea fibrelor la rupere, limita de curgere, rezistența la rupere și modulul de elasticitate.

Alungirea sau alungirea specifică ε reprezintă raportul dintre deformația liniară și lungimea inițială a epruvetei:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \cdot 100, [\%]$$

unde: ΔL – deformația liniară a epruvetei la un moment dat [mm];

L_0 – lungimea inițială [mm];

L_u – lungimea după rupere [mm].

Gâtuirea la rupere (ψ) se calculează prin raportul dintre reducerea ariei secțiunii transversale a epruvetei la rupere ($\Delta S = S_0 - S_u$) și aria inițială a secțiunii:

$$\psi = \frac{\Delta S}{S_0} \cdot 100 = \frac{S_0 - S_u}{S_0} \cdot 100, [\%]$$

unde: S_0 și S_u – aria secțiunii inițiale și aria epruvetei în momentul ruperii [mm²].

Limită de curgere (σ_c) se consideră tensiunea minimă la care, sarcina rămânând constantă, alungirea continuă să crească. Aceasta se exprimă prin raportul dintre sarcina minimă corespunzătoare și secțiunea inițială a epruvetei.

$$\sigma_c = \frac{F_c}{S_0}, [\text{MPa}]$$

unde: F_c este forța aplicată la curgere [N].

Rezistența la rupere la tracțiune σ_r este dată de raportul dintre forța maximă de rupere F_{\max} și aria secțiunii transversale inițiale a epruvetei (fig).

$$\sigma_r = \frac{F_{\max}}{S_0}, [\text{MPa}]$$

Modulul de elasticitate longitudinal E , în general, reprezintă raportul dintre tensiunea normală și deformația specifică, în condițiile în care tensiunea nu depășește limita de proporționalitate.

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}, [\text{MPa}]$$

Pentru a defini comportarea materialului compozit trebuie trasată curba caracteristică a materialului (figura 2), care exprimă legătura între tensiunea σ și deformația specifică ε . În cursul încercării se înregistrează curba F (forța) - ΔL (alungirea epruvetei).

În general, curba caracteristică prezintă o porțiune liniară OA , în care lungirea epruvetei este proporțională cu forța aplicată. Tensiunea corespunzătoare punctului A se numește limită de proporționalitate.

În zona OB , îndepărtarea sarcinii face ca epruveta să își recapete lungimea inițială după îndepărtarea sarcinii. Lungirea epruvetei pe această zonă este elastică, de aceea tensiunea corespunzătoare punctului B poartă numele de limită de elasticitate. După depășirea acestei limite, materialul începe să capete deformații remanente (plastice).

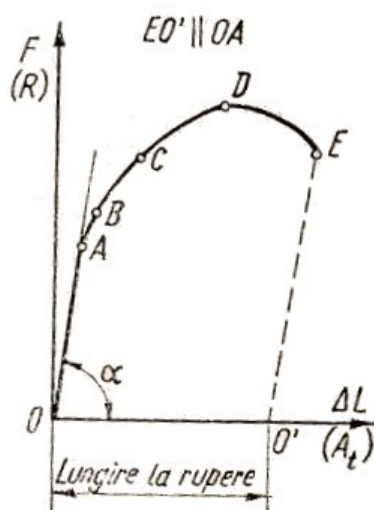


Fig. 2. Curba caracteristică la tracțiune a unui material compozit

Punctul D al curbei caracteristice corespunde forței maxime din timpul încercării F_{\max} .

Ruperea epruvetei se produce în punctul E la un efort mai mic, lucru datorat modului neconvențional de a se construi diagrama. Tensiunea în epruvetă este raportată întotdeauna la secțiunea ei inițială și nu la cea din momentul ruperii.

2. Mod de lucru

Pentru efectuarea încercării la tracțiune se parcurg următoarele etape:

- se studiază mașina de încercat, identificându-se părțile componente, comenzile și modul de utilizare și funcționare;
- se măsoară epruvetele de încercat și se completează tabelul 1;
- se prind epruvetele în capetele de prindere;
- se pune mașina în funcțiune și se încearcă epruvetele până la rupere;
- se determină forțele, deformațiile și se măsoară epruvetele încercate;
- se completează tabelul 2 și se calculează rezistența la rupere, alungirea la rupere, gătuirea la rupere și modulul de elasticitate.

Mașina de încercat înregistrează automat, sub forma unei diagrame denumită curba caracteristică convențională la tracțiune, modul de derulare al solicitării. Ea se reprezintă în coordonatele: tensiune curentă în epruvetă și alungire specifică .

Tab. 1. Elementele geometrice inițiale ale epruvetelor

Număr probă	Dimensiunile inițiale ale epruvetelor							
	a_0 [mm]	b_0 [mm]	S_0 [mm ²]	L_0 [mm]	L_c [mm]	L_t [mm]	B [mm]	h [mm]
1								
2								
3								

Tab. 2. Rezultate experimentale la încercarea de tracțiune

Număr probă	Forța maximă [N]	Dimensiunile epruvetelor după rupere				Alungirea la rupere ϵ [%]	Gâtuirea la rupere Ψ [%]	Rezistența la rupere σ_r [MPa]	Modul de elasticitate E [MPa]
		a_u [mm]	b_u [mm]	S_u [mm ²]	L_u [mm]				
1									
2									
3									

Pentru detreminarea practică a limitei de curgere se procedează astfel: pe curba caracteristică obținută se trasează o paralelă la zona elastică a curbei la o alungire de 0,002 % sau la o deformație de 0,2. Intersecția curbei tensiune-deformație cu această paralelă definește limita de curgere (figura 3).

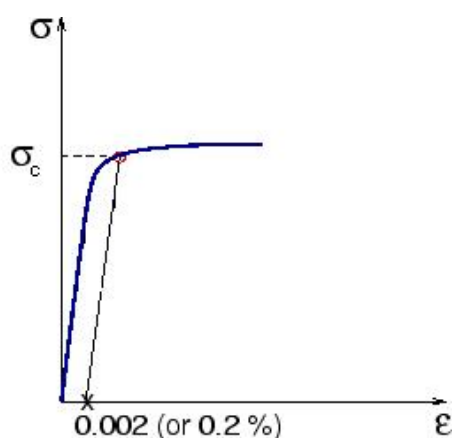


Fig. 3. Determinarea practică a limitei de curgere.

Modulul de elasticitate a unui anumit material este dat valoric de tangenta unghiului format de porțiunea dreaptă (zona elastică) a curbei caracteristice cu axa absciselor (figura 4).

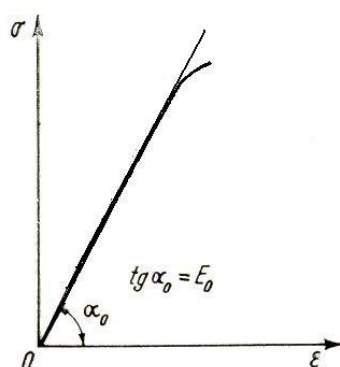


Fig. 4. Determinarea modului de elasticitate convențional.