A XIII-a Conferinţă Naţională multidisciplinară – cu participare internaţională,
"Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii româneşti",
SEBEŞ, 2013

METODE DE DETERMINARE A CONSTANTELOR ELASTICE DE MATERIAL

Daniel Gheorghe LAKATOS, Mircea BEJAN

METHODS FOR DETERMINING THE ELASTIC CONSTANTS OF THE MATERIAL

The behaviour of materials under the action of the loads can be characterized by using some physical constants, called mechanical characteristics and material elastic.

The present research represents a synthesis of analytical and experimental methods to determine those characteristics of material.

Cuvinte cheie: tracțiune, constantă elastică, tensiune
Keywords: traction, elastic constant, stress

1. Introducere

Deoarece stările de tensiuni întâlnite în practică sunt extrem de variate, este imposibilă determinarea experimentală, în fiecare caz, a caracteristicilor mecanice ale materialelor. Conform teoriei stărilor de tensiuni limită, o stare de tensiune oarecare se echivalează, pe baza anumitor criterii, cu starea de tensiune cea mai simplă și cea mai ușor de realizat experimental: aceea de întindere axială.

Încercarea mecanică de bază, prin care se determină cele mai importante caracteristici mecanice ale materialului, este încercarea la tracțiune.

La materiale metalice, determinarea caracteristicilor mecanice se face conform SR EN 10002-1:2002 Materiale metalice. Încercarea la tracțiune. Partea 1. Metoda de încercare (la temperatura ambiantă).

Rezultatele obținute[39] de pe urma încercării la tracțiune se împart în două categorii:

● Caracteristici mecanice ale materialului: limita de curgere (σ_c), rezistența la rupere (σ_r), alungirea la rupere (ε_r) și gâtuirea la rupere (z).

● Constantele elastice de material: modulul de elasticitate longitudinal (E), coeficientul de contracție transversală (υ), limita de proporționalitate (σ_p), limita de elasticitate (σ_e).

Cunoașterea acestora are o importanță deosebită în alegerea și folosirea corectă a materialelor în calculul de rezistență.

2. Determinarea constantelor elastice de material

Pentru determinarea constantelor elastice ale unui material s-au ales epruvete cilindrice lungi cu d_0 = 4 mm și l_0 = 200 mm care au fost solicitate la tracțiune cu ajutorul unei mașini universale pentru încercări mecanice.

Pornind de la epruveta descărcată, se aplică continuu, progresiv și fără șocuri o sarcină de întindere.

După ruperea epruvetei se trasează curba caracteristică a materialului – independentă de dimensiunile epruvetei – cu ajutorul valorilor obținute privind deformația specifică liniară ε reprezentată pe abscisă și tensiunea nominală σ reprezentată pe ordonată – figura 1.

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \quad \text{și} \quad \sigma = \frac{F}{A_0}, \text{ unde } A_0 = \frac{\pi d_0^2}{4} = \frac{3{,}1416 \cdot 4^2}{4} = 12{,}56 \text{ mm}^2$$

Tensiunea de rupere sau rezistența la rupere este raportul dintre sarcina maximă suportată de epruvetă și aria secțiunii inițiale a acesteia:

$$\sigma_r = \sigma_{max} = \frac{F_{max}}{A_0} = \frac{9291{,}47}{12{,}56} = 739{,}39 \text{ N/mm}^2$$

După ruperea epruvetei, așezând cap la cap cele două bucăți ale acesteia și măsurând distanța ultimă între repere (l_u) se determină lungirea specifică (alungirea) la rupere:

[39] SR EN 10002-1:2002 Materiale metalice. Încercarea la tracțiune. Partea 1. Metoda de încercare (la temperatura ambiantă) înlocuiește SR EN 10002-1:1995; STAS 9644-87; 11417-86 Materiale metalice. Încercarea la tracțiune. Partea 1. Metoda de încercare (la temperatura ambiantă).

$$\varepsilon_r = \varepsilon_n = (A_n) = \frac{l_u - l_0}{l_0} = \frac{\Delta l}{l_0}$$

$$\varepsilon_r = \frac{212{,}12 - 200}{200} \cdot 100 = 6{,}06 \quad \%$$

Cu ajutorul curbei caracteristice de material se poate determina modulul de elasticitate longitudinal, sau modulul lui Young (E). Fiecare material are o valoare unică a acestei caracteristici, ce este o mărime a rigidității materialului respectiv.

Modulul de elasticitate poate fi liniar (E), când se definește ca raportul dintre tensiune și lungirea specifică corespunzătoare, la metale care prezintă o porțiune elastică liniară a curbei caracteristice la tracțiune:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad [N/mm^2],$$

sau secant atunci când curba caracteristică nu prezintă o porțiune liniară – figura 1.

$$E_s = \frac{\sigma}{\varepsilon} = tg\alpha \quad [N/mm^2]$$

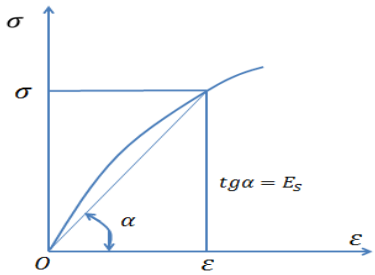

Fig.1 Determinarea modului de elasticitate longitudinal (E)

La materialele care prezintă o porțiune elastică liniară la tracțiune se determină numai modulul de elasticitate convențional liniar E. Modulul de elasticitate tangent se determină pe diagramele înregistrate, prin trasarea tangentelor la curba caracteristică în dreptul originii și la diverse tensiuni.

Valoarea caracteristicii E pentru oțeluri, indiferent de calitatea acestora, are, în medie, $E \approx 2{,}10 \cdot 10^5$ N/mm^2.

Pentru determinarea coeficientului de contracție transversală ν se încarcă progresiv și continuu epruveta, măsurând deformațiile la

cel puțin 5 trepte de încărcare, fiecare treaptă reprezentând 10-15 % din sarcina aferentă limitei de curgere aparente sau convenționale a materialului ales.

Odată cu lungirea epruvetei, secțiunea ei se micșorează, fenomenul purtând numele de contracție transversală.

S-a stabilit că această contracție transversală este proporțională cu deformația specifică liniară, factorul de proporționalitate numindu-se coeficient de contracție transversală sau coeficientul lui Poisson[40].

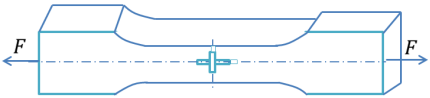

Fig. 2 Determinarea coeficientului de contracție transversală

$$\varepsilon_t = -\nu\varepsilon$$

Valoarea inversă, $m = \frac{1}{\nu}$, poartă numele de constanta lui Poisson.

$$\nu = -\frac{\varepsilon_t}{\varepsilon} = \frac{d_y}{d_x\sqrt{3}} = \frac{1}{3}$$

unde: d_y, d_x reprezintă deformația pe axele x și y.

Valoarea coeficientului lui Poisson este cuprinsă între 0,16 – 0,42; pentru oțeluri s-a stabilit o valoare medie de $\upsilon = 0{,}3$, găsindu-se în tabele.

Modulul de elasticitate transversal G se poate determina în mod similar cu E, construind diagrama $\tau - \gamma$ pentru o bară solicitată la răsucire. În mod curent se determină din relația:

$$G = \frac{E}{2(1+\upsilon)}$$

Pentru oțeluri, dacă $E_{ol} = 210$ GPa și $\upsilon_{ol} = 0{,}3$, rezultă $G_{ol} = 81$ GPa.

[40] Siméon Denis Poisson (21 iunie 1781 – 25 aprilie 1840), a fost un matematician și fizician francez, care a obținut numeroase rezultate importante. În elita Académie des Sciences a fost ultimul lider, adversar a teoriei polarizării luminii a fizicianului francez Jean Augustin Fresnel (1788-1827), inventatorul lentilelor Fresnel, descoperitorul fenomenului de polarizare a luminii și inventator al lentilelor biconcave. Poisson a adus contribuţii importante la teoria atracției. Numele lui este înscris pe Turnul Eiffel, pe poziția 72. În martie 1818, a fost ales membru al societății regale iar în 1823 membru al Academiei Suedeze de Ştiinţe.

3. Rezultate experimentale

Pentru determinarea caracteristicilor de material s-au folosit 5 epruvete având aceleași dimensiuni: d_0 = 4 mm și l_0 = 200 mm. S-au folosit atât epruvete negre (nezincate) cât și epruvete zincate. Epruvetele zincate au fost acoperite prin trei procedee tehnologice: termic, electrolitic, vopsire (pensulare).

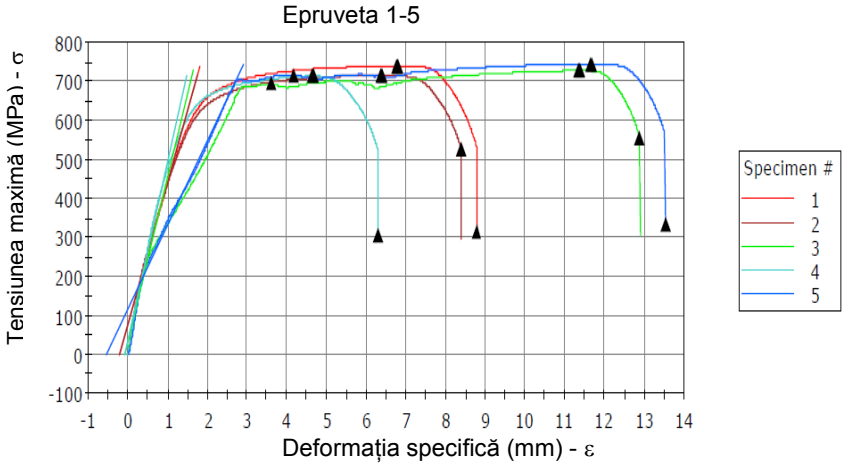

Fig. 3 Curba caracteristică σ-ε

Tabelul 1

Specimen (epruvetă)	Aria secțiunii trans-versale (mm^2)	Forța maximă aplicată (N)	Tensiunea maximă, σ_r (MPa)	Alungirea specifică la rupere (%)	Modulul de elasticitate longitudinal, E (MPa)
1-Sârmă neagră (nezincată)	12,56	9291,47	739,39	6,06	213200
2-Sârmă zincată (electrolitic)	12,56	8985,25	715,02	5,78	211040
3-Sârmă zincată (termic)	12,56	9144,43	727,69	8,88	196400
4-Sârmă zincată (vopsire)	12,56	8963,92	713,33	4,34	215600
5-Sârmă zincată (termic)	12,56	9364,29	745,19	9,32	196400

Pentru determinarea caracteristicilor de material s-a folosit o mașina de tracțiune cu sarcină maximă de 10 kN. Tabelul 1 sintetizează rezultatele obținute experimental pentru epruvetele încercate.

4. Concluzii

■ Deși s-a folosit același material pentru confecționarea epruvetelor, ele fiind realizate în aceleași condiții, tensiunea σ_r diferă în procente mici, astfel se poate deduce că acoperirile anticorozive, indiferent de metoda aplicată pentru depunere, influențează aproape nesemnificativ rezistența la rupere a epruvetei.

■ Sârmele zincate termic prezintă o alungire mai mare la rupere, astfel, e posibil, să existe o diferență în comportarea lor la solicitări la oboseală axială, în comparație cu epruvetele negre (nezincate) și cele zincate prin vopsire.

■ Pentru alegerea materialului care să corespundă cerințelor din timpul serviciului unei piese sau unor elemente de construcție, este strict necesară cunoașterea caracteristicilor elastice ale materialului.

BIBLIOGRAFIE

[1] Atanasiu, C., *Încercarea materialelor*, Editura tehnică, București, 1982.
[2] Bejan, M., *Rezistenţa materialelor*, vol. 1 şi 2, ediția a V-a și a IV-a, Editura AGIR, București, 2009 şi Editura MEGA, Cluj Napoca, 2009.
[3] Dumitru, I., *Bazele calculului la oboseală*, Editura Eurostampa, Timişoara, 2009.
[4] Păstrav, I., ș.a., *Rezistența materialelor – Lucrări de laborator*, Atelierul de multiplicare al Institutului Politehnic Cluj-Napoca, Cluj Napoca, 1986.

NOTĂ: Această lucrare a beneficiat de suport financiar prin proiectul "*Creșterea calităţii studiilor doctorale în ştiinţe inginereşti pentru sprijinirea dezvoltării societăţii bazate pe cunoaştere*", contract: POSDRU/ 107/1.5/S/78534, proiect cofinanţat din Fondul Social European prin Programul Operaţional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013.

Drd.Ing. Daniel Gheorghe LAKATOS
e-mail: lakatosdaniel_2005@yahoo.com
Prof.em.Dr.Ing. Mircea BEJAN
e-mail: Mircea.Bejan@rezi.utcluj.ro
Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Facultatea de Mecanică
membri AGIR