

Marcu FRĂȚILĂ ♦ Constantin VASILOAICA ♦

Adrian PASCU ♦ Eugen AVRIGEAN

LUCRĂRI DE LABORATOR DE REZISTENȚA MATERIALELOR

SIBIU

2012

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale

Rezistența materialelor – Îndrumar de laborator /Frățilă Marcu, Vasiloaica Constantin, Pascu Adrian, Avrigean Eugen – Sibiu; editura Universității „Lucian Blaga” din Sibiu, 2012
Bibliografie

ISBN 978-606-12-0384-0

- I. Frățilă Marcu,
- II. Vasiloaica Constantin,
- III. Pascu Adrian,
- IV. Avrigean Eugen

539.4 (075.8)

Introducere

Prezentul îndrumar de lucrări de laborator de *Rezistența materialelor* cuprinde un număr de 14 lucrări, care au în vedere aprofundarea materiei din cursul studiat.

Lucrările prezentate în îndrumar pot fi grupate astfel:

- a) încercările mecanice în cadrul cărora se determină caracteristicile mecanice și elastice ale materialelor folosite frecvent în construcția de mașini;
- b) verificarea experimentală a unor relații de calcul stabilite în cursul de Rezistența materialelor;
- c) studiul experimental al tensiunilor și deformațiilor.

Pentru buna desfășurare a lucrărilor este necesar să se studieze în prealabil fiecare lucrare ce urmează a fi efectuată. Pe parcursul efectuării lucrării studenții trebuie să respecte normele de tehnica securității muncii, norme ce vor fi prezentate la prima ședință de laborator.

Autorii

CUPRINS

	pag.
L1. Încercarea la tracțiune a metalelor	5
L2. Încercarea la compresiune a metalelor	18
L3. Încercarea la răsucire a oțelului	25
L4. Determinarea caracteristicilor elastice la un oțel solicitat la întindere	38
L5. Determinarea caracteristicilor elastice la un oțel solicitat la răsucire	45
L6. Verificarea săgeților la o grindă în consolă	50
L7-9. Tensometrie electrică rezistivă	55
L10-12. Fotoelasticitate	79
L13. Încercarea la încovoiere prin șoc	102
L14. Determinarea forței critice de flambaj la barele drepte	111
BIBLIOGRAFIE	118

L1 ÎNCERCAREA LA TRACȚIUNE A MATERIALELOR **METALICE**

(SR EN 10.002-1:1994)

1. Considerații teoretice asupra lucrării.

1.1. Scopul lucrării este determinarea caracteristicilor mecanice uzuale pentru materiale metalice, în condițiile tehnice ale executării încercării la tracțiune prevăzute de standardele în vigoare.

1.2. Caracteristicile mecanice uzuale sunt:

- a. limita de curgere aparentă, R_e ;
- b. - limita de curgere convențională, R_p ;
- c. - limita de întindere convențională, R_t ;
- d. - rezistența la rupere, R_m ;
- e. - alungirea la rupere, A_n ;
- f. - gătuirea la rupere, Z .

a. **Limita la curgere** - este raportul dintre sarcina la care apare creșterea lungimii între repere (fără mărirea sarcinii) și aria secțiunii transversale inițiale a epruvetei (S_0):

$$R_e = \frac{F_e}{S_0} \quad [\text{MPa}] \quad (1.1)$$

Limita de curgere poate fi (fig. 1.1, fig. 1.2):

- aparentă - R_e - tensiune din epruvetă la care apare creșterea lungimii între repere fără mărirea sarcinii;

- superioară- R_{eH} - tensiunea din epruvetă observată în momentul în care apare prima scădere a sarcinii

$$R_{eH} = \frac{F_{eH}}{S_0} \quad [\text{MPa}] \quad (1.2)$$

- inferioară - R_{eL} - tensiunea cea mai mică din epruvetă înregistrată în timpul curgerii plastice, neglijând eventualele fenomene tranzitorii

$$R_{eL} = \frac{F_{eL}}{S_0} \quad [\text{MPa}] \quad (1.3)$$

- convențională – R_p - tensiunea din epruvetă corespunzătoare unei alungiri neproportionale prescrise. Valoarea alungirii neproportionale prescrise se înscrie ca indice. În mod uzual, limita de curgere convențională pentru oțeluri se determină la o alungire proporțională de 0,2 % și se notează $R_{p0,2}$.

- remanentă - $R_{t0,2}$ se determină pentru o alungire remanentă (la descărcarea epruvetei) prescrisă de 0,2%.

b. **Limita de întindere convențională – R_t** - (pentru o alungire totală prescrisă) este tensiunea din epruvetă corespunzătoare unei alungiri totale prescrise. Alungirea totală prescrisă se înscrie drept indice. În cazul oțelurilor cu limita de întindere convențională mai mică de $R_{t0,5} = 600 \text{ MPa}$, se adoptă o alungire totală egală cu $A_t = 0,5\%$.

c. **Rezistența la rupere – R_m** - este raportul dintre sarcina maximă și aria secțiunii transversale inițiale a epruvetei:

$$R_m = \frac{F_{\max}}{S_0} \quad [\text{MPa}] \quad (1.4)$$

d. **Alungirea epruvetei** poate fi:

- totală – A_t – determinată la aplicarea unei sarcini;

$$A_t = \frac{L_n - L_0}{L_0} \cdot 100 = \frac{\Delta L}{L_0} \cdot 100 \quad [\%] \quad (1.5)$$

- neproportională - A_p - determinată pe curba caracteristică;

- remanentă - A_r – determinată după descărcarea epruvetei;

- la rupere – A_n - determinată la epruvete încercate după rupere:

$$A_t = \frac{L_n - L_0}{L_0} \cdot 100 = \frac{\Delta L}{L_0} \cdot 100 \quad [\%] \quad (1.6)$$

- lungirea specifică - ε - este raportul între deformația liniară și lungimea inițială a unui element dintr-un corp care se deformează:

$$\varepsilon = 100 \frac{\Delta L}{L_0} \quad [\%] \quad (1.7)$$

e. **Gâtuirea la rupere – Z** - este diferența dintre aria secțiunii inițiale și aria secțiunii ultime a epruvetei raportată la aria secțiunii inițiale:

$$Z = \frac{(S_0 - S_u)}{S_0} \cdot 100 \quad [\%] \quad (1.8)$$

1.3. Diagrama încercării la tracțiune este reprezentarea în coordonate carteziene a variației sarcinii F , în funcție de lungirea epruvetei ΔL . Pentru o epruvetă din oțel moale, diagrama este prezentată în figura 1.1. Aceasta se înregistrează de aparatura mașinii (dacă aceasta o are) sau se reprezintă pe baza măsurărilor.

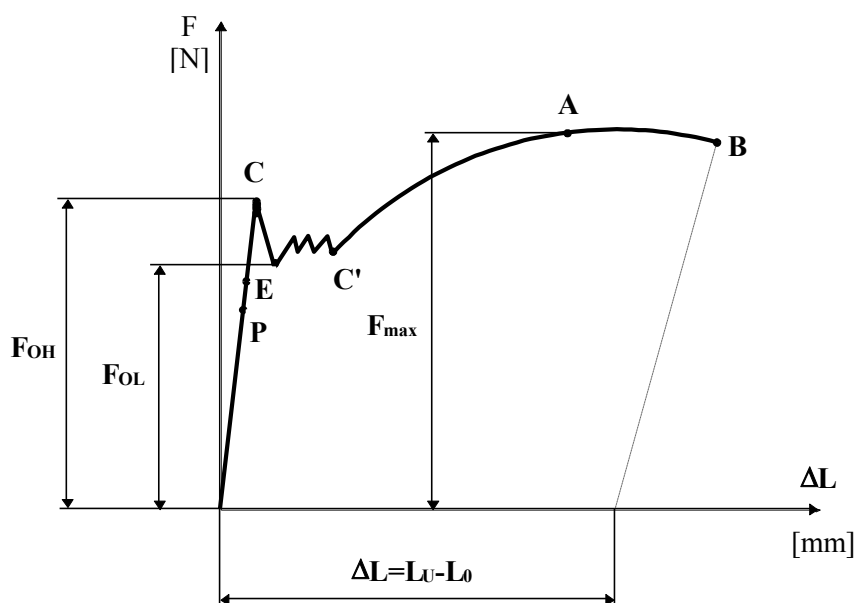


Fig. 1.1

1.4. Curba caracteristică convențională la tracțiune este reprezentarea în coordonate carteziene a variației tensiunii normale R în funcție de lungirea specifică ϵ a epruvetei. Pentru o epruvetă din oțel moale, curba caracteristică convențională la tracțiune este dată în figura 1.2. Tensiunea curentă din epruvetă σ , se calculează cu relația:

$$\sigma = \frac{F}{S_0} \quad [\%] \quad (1.9)$$

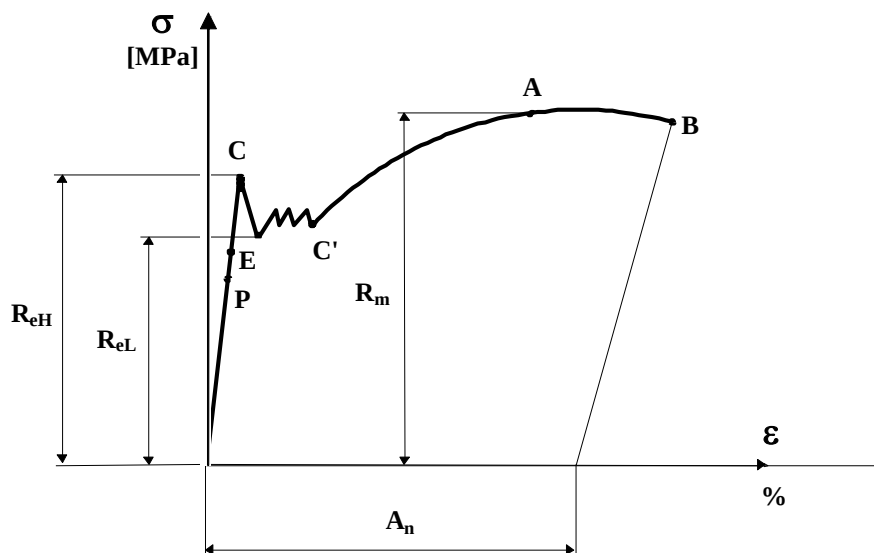


Fig. 1.2

Întrucât în relațiile (1.7) și (1.9) mărimile S_0 și L_0 sunt constante, curba caracteristică, $\sigma = f(\epsilon)$, reprezintă la altă scară diagrama încercării la tracțiune.

Diagrama încercării la tracțiune, respectiv curba caracteristică convențională la tracțiune se obține prin:

- înregistrarea pe aparatura mașinii de încercat, dacă mașina este dotată în acest scop;
- reprezentarea pe hârtie milimetrică a valorilor măsurărilor, respectiv a celor rezultate din măsurări.

Aceasta servește la determinarea limitei de curgere convenționale, a limitei de întindere convenționale, a modulului de elasticitate, a limitei de proporționalitate convenționale, etc.

2. Epruvete

Încercarea la tracțiune se execută pe epruvete din oțel, confecționate conform SR EN 10.002-1:1994. Epruvetele uzuale pot avea secțiunea circulară și se numesc epruvete rotunde sau pot avea secțiunea dreptunghiulară, cu raportul dintre laturi mai mic decât 4:1 și se numesc epruvete plate.

Epruvetele au o porțiune din lungime de secțiune constantă, prelucrată în limitele toleranțelor prescrise, ce se numește **lungime calibrată a epruvetei** L_c . Epruvetele din profile laminate se pot încerca neprelucrate la distanță mai mare de $0,75\sqrt{S_0}$, pentru epruvete plate, respectiv $\frac{d_0}{2}$ la epruvete rotunde, de la marginile lungimii calibrate. Epruvetele pot fi proporționale sau neproporționale.

Pentru epruvetele proporționale, **lungimea inițială între repere** se alege astfel încât să se respecte o valoare constantă pentru factorul dimensional n , pentru a se obține alungiri la rupere comparabile la epruvete de diferite secțiuni. Lungimea inițială între repere se calculează cu relația:

$$L_0 = n \cdot 1,13 \cdot \sqrt{S_0} \quad (1.10)$$

unde: - $1,13 \cdot \sqrt{S_0}$ - este diametrul echivalent pentru aria secțiunii transversale;

- $n = 5$ - este factorul dimensional pentru epruvete proporționale normale;

- $n = 10$ - este factorul dimensional pentru epruvete proporționale lungi.

Pentru epruvetele neproporționale lungimea inițială între repere se ia independent de aria secțiunii inițiale S_0 .

Lungimea calibrată a epruvetelor trebuie să fie cel puțin:

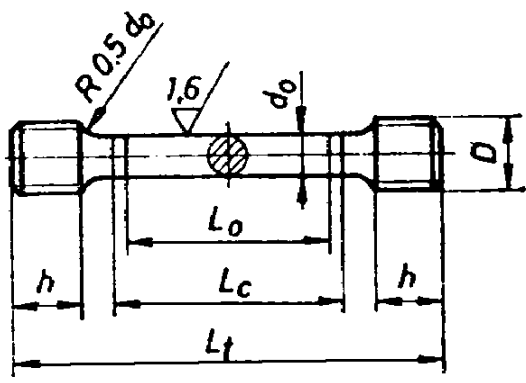
$L_c = L_0 + d_0$, pentru epruvete rotunde;

$L_c = L_0 + 1,5 \cdot \sqrt{S_0}$, pentru epruvete plate.

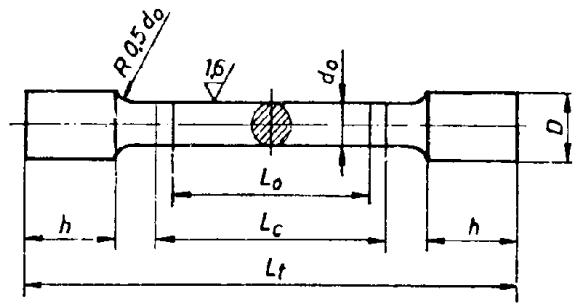
Tipurile standardizate ale epruvetelor, precum și capetele de prindere, care sunt în funcție de tipul dispozitivelor de fixare ale mașinii de încercat sunt redată în fig.1.3 a, b, c, d, e, f, g, h.

Pe porțiunea calibrată a epruvetei se trasează două repere ce marchează **lungimea inițială între repere** L_0 .

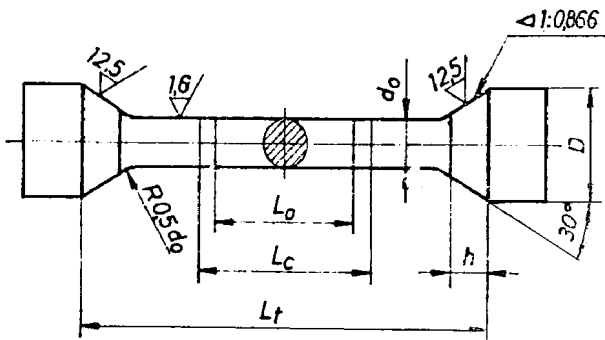
Pe lungimea calibrată, epruveta rotundă are **diametrul inițial** d_0 , iar epruveta plată are **grosimea inițială** a_0 și **lățimea inițială** b_0 . Aria secțiunii, pe această porțiune, se numește **aria secțiunii transversale inițiale** S_0 .



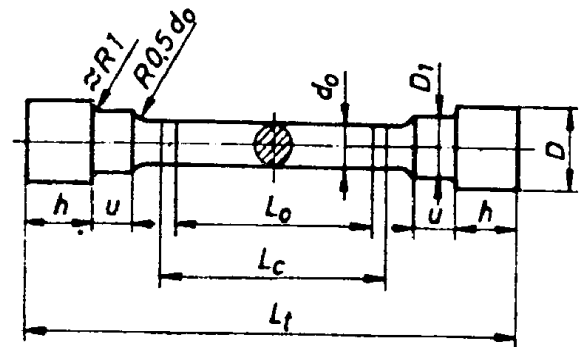
a)



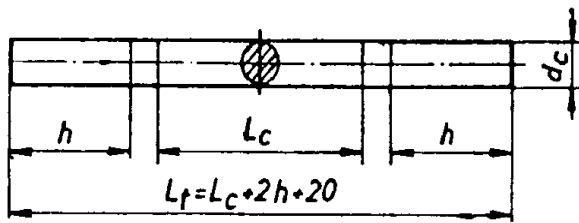
b)



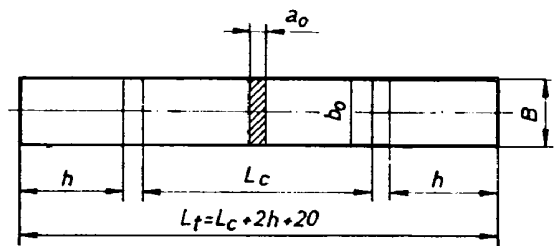
c)



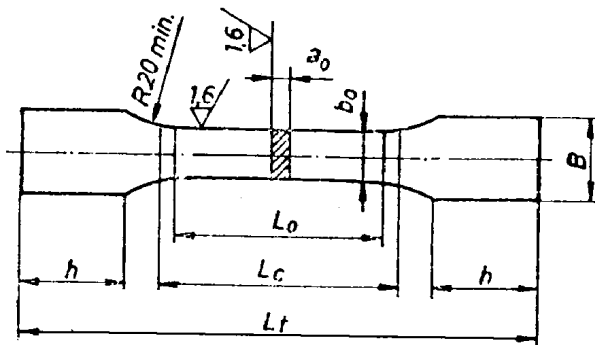
d)



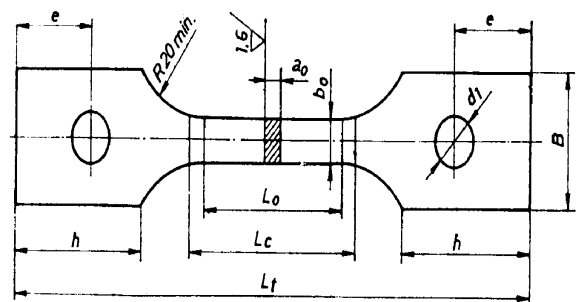
e)



f)



g)



h)

Fig. 1.3

3. Mașini și aparate utilizate

Încercarea la tracțiune se efectuează pe o mașină universală de încercat la tracțiune-compresiune de 25 kN, *Quasar 25*, care este prezentată schematic în figura 1.4.

Mașina de încercat propriu-zisă se compune din două cadre: unul fix și unul mobil.

Cadrul fix - este format din două coloane-șurub, ce se rotesc simultan în batiul mașini și în traversa superioară și se înșurubează în traversa intermediară, pe care o ridică sau o coboară, în funcție de sensul rotirii coloanei. Ridicarea sau coborârea este necesară pentru a putea regla distanța dintre fălcile mașinii la dimensiunile epruvetei.

Cadrul mobil - este format din două coloane, încastrate în traversa inferioară (care este și masă pentru epruvetele solicitate la compresiune sau încovoiere) și respectiv în traversa-falcă superioară. Traversa-masă inferioară este fixată de piston.

Epruveta E, solicitată la întindere, se prinde în dispozitivele de prindere ale traversei superioare (falca superioară) și în dispozitivele de prindere ale traversei mobile (falca inferioară). Epruveta solicitată la compresiune se așează pe masă. Montajul epruvetei trebuie să asigure axialitatea aplicării sarcinii, respectiv lungirea uniformă a epruvetei.

În timpul încercării, pistonul se ridică împreună cu întregul cadru mobil. Pentru coborârea acestor părți se comanda din panoul mașinii sageata în jos.



Fig. 1.4

3.1. Panou de comandă virtual

Pentru activare, operatorul trebuie să utilizeze butonul din stânga al mouse-ului, cu indicatorul plasat pe pictograma panoului de comandă virtual prezent pe ecran (fig. 1.5).

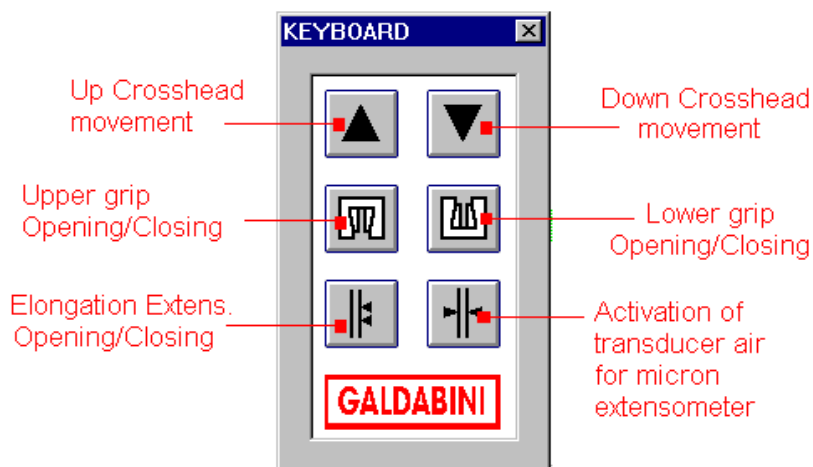


Fig. 1.5

LEGENDA	
Up Crosshead movement	Mișcarea traversei preseii în sus
Upper grip Opening/Closing	Deschidere/Închidere prindere sus
Elongation Extens. Opening/Closing	Deschidere/Închidere extensometru de alungire
Down Crosshead movement	Mișcarea traversei preseii în jos
Lower grip Opening/Closing	Deschidere/Închidere prindere jos
Activation of transducer air for micron extensometer	Activarea aerului traductorului pentru extensometrul micronic

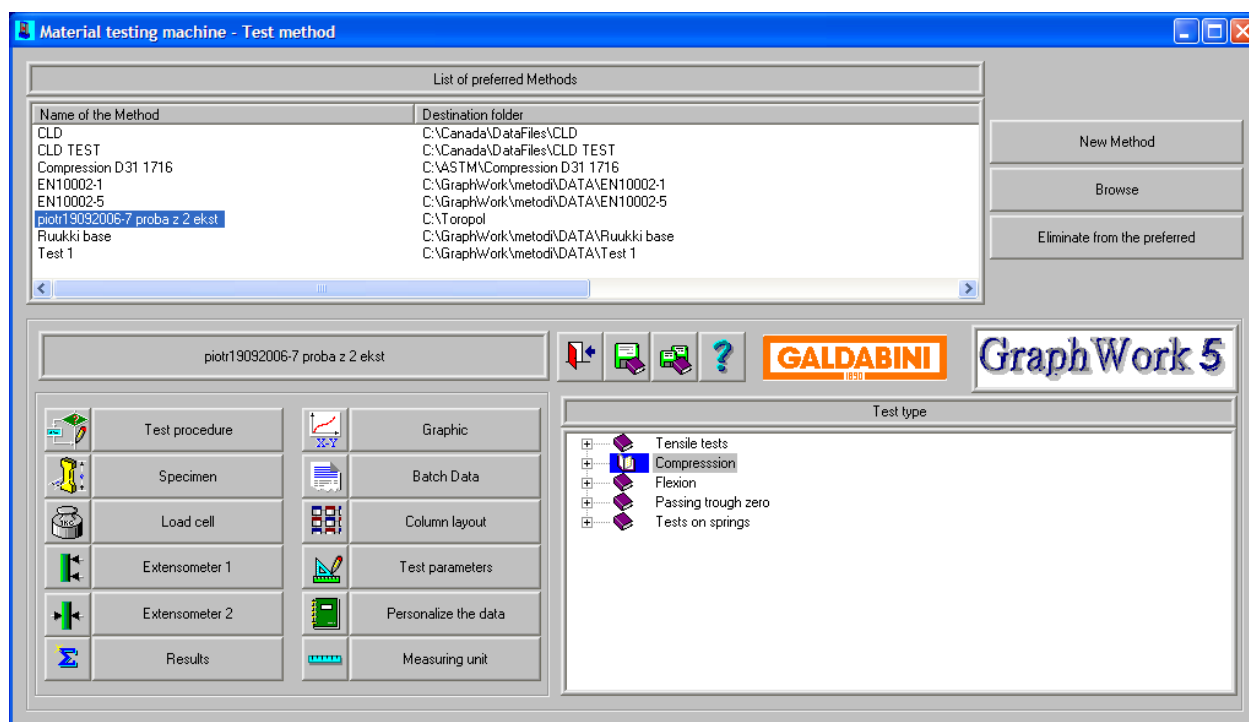


Fig. 1.6

Mecanismul de măsurare a sarcinii - este acționat de programul mașinii de incercat prin câteva funcții presetate inițial.

Aceasta este zona de lucru a mașinii de testare a materialelor.

Din această pagină, se poate porni ciclul automate de testare; se completează datele referitoare la epruvetele testate și se pot introduce funcțiile pentru transferul datelor către exterior (imprimarea certificatelor, export ...). Mai mult, se pot efectua modificările necesare la acest modul.

După cum se știe, procedura de testare este stocată în cuprinsul metodei. Rezultatele sunt stocate într-un Jurnal.

Jurnalul este un fișier de test reprezentat printr-un director care poate fi selectat logic în orice zonă accesibilă ca resursă a computerului.

Numele directorului este numele jurnalului.

În interiorul directorului va fi creat un fișier Sun. Log (Jurnal Sun), care conține rezultatele testelor efectuată, precum și câte un fișier pentru fiecare test, care conține achizițiile de date efectuate pentru testul respectiv (numit în continuare fișier grafic). Fiecare jurnal poate fi împărțit pe cale logică în seturi de teste. Acest lucru poate fi util de exemplu atunci când doriți să împărțiți același lot de fabricație în Clienți, sau testele efectuate în perioade speciale sau în alt mod, păstrând stocarea într-un singur fișier.

În acest mod se vor putea efectua statistici parțiale (referitoare la seturi) sau globale (referitoare la jurnal). Un Jurnal nu este asociat în mod explicit cu o metodă de testare, chiar dacă în mod normal este mai bine să fie așa, pentru a avea date de testare cât mai omogene posibil.

Linia de stare (prezentată în imagine) plasată în partea de jos a paginii indică numele metodei, numele jurnalului și al setului în curs de utilizare.

La accesarea paginii de executare a testului pentru definire, este selectată ultima metodă utilizată și în consecință ultimul jurnal și ultimul set utilizate.

Prin intermediul unei poziții din meniul **File->Open Method** (Fișier->Deschide metodă) este posibilă schimbarea metodei utilizate. În acest caz, se va deschide fereastra cu metodele preferate, unde se poate crea o nouă metodă. Cu ajutorul butonul **Browse** (Răsfoire) se poate selecta metoda care nu figurează pe listă, dar care poate fi accesată printre resursele computerului. Pentru a facilita căutarea în lista metodelor preferate, pentru fiecare metodă va fi vizibil și directorul în care este stocată, precum și tipul de test pe care îl efectuează.

Atenție: pentru a selecta metoda, trebuie să faceți clic în interiorul coloanei **Name of the Method** (Nume metodă).

Metodele sunt afișate în ordine alfabetică. Apăsând pe antetul coloanei **Name of the Method** (Nume metodă), se alternează ordinea ascendentă și descendentă.

Dacă există, va fi selectat automat ultimul Jurnal (și respectiv ultima serie) utilizat pentru metoda de testare respectivă.

Selectarea jurnalului (sau crearea unui **New Log** (Jurnal nou) este posibilă din elementul de meniu **File->Open Log** (Fișier->Deschidere jurnal) De asemenea, în acest caz selectarea este posibilă într-o **List of preferred Logs** (Listă de jurnale preferate).

Dacă Jurnalul dorit nu este prezent pe listă, este posibilă crearea lui cu ajutorul butonului **Browse** (Răsfoire) printre resursele computerului. Selectarea unui Jurnal cu ajutorul **Browse** (Răsfoire) îl va adăuga automat pe lista jurnalelor preferate.

Un jurnal **poate fi eliminat** de pe lista celor preferate prin selectarea lui pe listă și apăsarea butonului **eliminate from the preferred ones** (eliminare dintre preferate).

În același mod se poate crea un **Jurnal nou** apăsând butonul **New (Nou)**. În acest caz se poate crea directorul Jurnal dorit. De obicei (chiar dacă nu este obligatoriu) directorul este un subdirector al metodei de testare. Astfel este mai ușor de găsit un fișier. În orice caz, se poate crea orice director în resursele computerului. După ce a fost creat un Jurnal, el este adăugat automat la **lista de preferate**.

În mod implicit, ultimul utilizat este propus ca serie actuală sau, în cazul unui Jurnal nou, ca numărul 1 al seriei.

Selecția poate fi modificată apăsând pe elementul de meniu

- **Series->Activates New Series** (Serie->Activare serie nouă): permite crearea unei serii noi, căreia i se va atribui un număr de ordine. În orice caz, se poate da un nume seriei pentru a facilita găsirea ei.
- **Series->Activates Series N.** (Serie->Activare seria nr.): se creează și se propune o listă cu toate listele existente.
- **Series-> Display all the Log** (Serie->Afișare toate jurnalele): în acest mod se poate genera lista tuturor testelor din Jurnalul respectiv, indiferent de Serie. Atenție: Nu se pot efectua teste dacă nu este activată această selecție. Selectarea unei serii este obligatorie.

După definirea Metodei, a Jurnalului și a Seriei se poate efectua un test în conformitate cu selecțiile efectuate.

Display Log Structure (Afișare structură jurnal)

Această fereastră poate fi accesată prin selectarea **Series->Display Log Structure** (Serie->Afișare structură jurnal). În această pagină vor fi afișate toate seriile deschise pentru Jurnalul curent. Mai mult, se poate modifica numele serie făcând dublu clic pe seria care trebuie modificată.

Tot în această pagină se poate modifica și numărul graficului care trebuie afișat simultan.

3.2. Descrierea funcțiilor de bază

Pagina de executare a testelor este împărțită logic în 4 secțiuni:

- Zona de afișare a rezultatelor;
- Zona de afișare a statisticilor;
- Zona de afișare a graficelor testelor;
- Zona de setare a datelor dimensionale ale epruvetei, a codului și a datei epruvetei de testat.

Fiecare zonă poate fi dimensionată convenabil prin poziționarea indicatorului mouse-ului în bordura de delimitare a secțiunii, ținând apăsat butonul din stânga și deplasând mouse-ul în direcția dorită.

a. Zona de afișare a rezultatelor

În această zonă sunt afișate rezultatele testelor referitoare la seria selectată.

Fiecare coloană poate fi mărită sau micșorată în conformitate cu regulile de utilizare a tabelelor în Windows.

Primele 3 coloane indică respectiv seria, testul și culoarea atribuită graficului pentru afișare (dacă testul este afișat în zona graficelor).

[illegible]

Fig.1.7

Modul de afișare a unui rezultat este dat de selecția făcută în *Personalize>>Layout of Printing columns* (Personalizare->Aspectul coloanelor de imprimat). Cu alte cuvinte, în funcție de selecția făcută la verificarea intervalului de acceptare (și dacă aceasta este activată), un rezultat poate fi afișat cu roșu sau cu un asterisc pentru a arăta că valoarea respectivă este în afara intervalului.

Făcând dublu clic cu mouse-ul lângă linia de afișare a testului (în una dintre primele 3 coloane), se va deschide automat testul din Analiza Grafică și Analitică a testelor.

Este posibilă editarea directă (prin simpla apăsare în interiorul celulei dorite) în următoarele câmpuri:

- **Specimen code** (Codul epruvetei)
- **Specimen Datum** (Data epruvetei) (1..10)

Prin utilizarea butonului din dreapta al mouse-ului pe linia referitoare la un test, se va afișa un meniu pop-up ca în figura de mai jos care permite efectuarea testului cu funcțiile descrise.

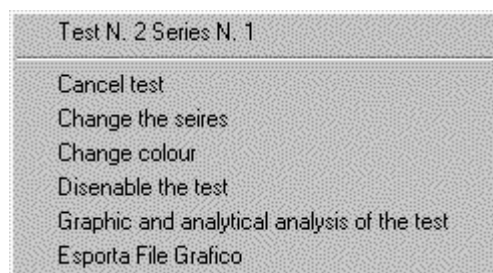


Fig. 1.8

Cancel the Test (Anulare test): elimină definitiv și nerecuperabil un test din serie. Desigur, se va solicita o confirmare înainte de efectuarea operațiunii.

Change Series (Schimbare serie): permite mutarea unui test dintr-o serie în alta. Cu alte cuvinte, testul va fi eliminat din seria actuală și va fi alocat seriei care urmează să fie selectată.

Change the colour (Modificare culoare): permite modificarea culorii de afișare a testului.

Enable/ Not enable the Test (Activare/Dezactivare test): Testul va fi declarat **Not Valid** (Nevalid) și indicat cu 3 asteriscuri (în plus, linia testului va fi afișată cu gri). Acest mecanism permite o metodă eficientă de eliminare a unui test dintr-o secvență fără eliminarea lui fizică. Testul nu va fi luat în considerare în statistici și în faza de imprimare. Desigur, dacă testul a fost deja declarat nevalid, în loc de funcția **Tests not enabling** (Dezactivare test) va fi afișată funcția **Enable the Test** (Activare test).

Test graphic and Analytical Analysis (Analiza grafică și analitică a testului): permite repetarea testului, inclusiv funcția replay (reluare) și modificarea unor parametri ai testului. Această funcție poate fi accesată făcând dublu clic cu mouse-ul chiar pe test.

Export the Graphic File (Exportare fișier grafic): permite exportarea fișierului grafic în Microsoft Excel (în acest caz, această aplicație trebuie instalată pe PC) sau în alte moduri (în mod text).

b. Zona de afișare a statisticilor

În această zonă sunt afișate rezultatele statistice ale testelor executate

Statistics			
	Fm	Rp xx	
		@0.20%	
	(N)	(N/mm ²)	
xm	242.67		
Variancy	20516.33		
Stdh.Dev.	143.24		
Var.Coeff	0.59		

Fig. 1.9

Pentru toate rezultatele selectate, parametrii statistici sunt calculați și actualizați constant, luându-se în considerare numai textele **Valid** (Valide) din seria activă.

Valorile maxime și minime sunt evidențiate, oferind în mod normal o bună perspectivă a dispersiei valorilor în interiorul populației statistice.

c. Zona de afișare a graficelor testelor

Permite afișarea graficelor testelor din seria activă. Numărul de teste afișate poate fi limitat în pagina **display Log Structure** (Afișare structură jurnal).

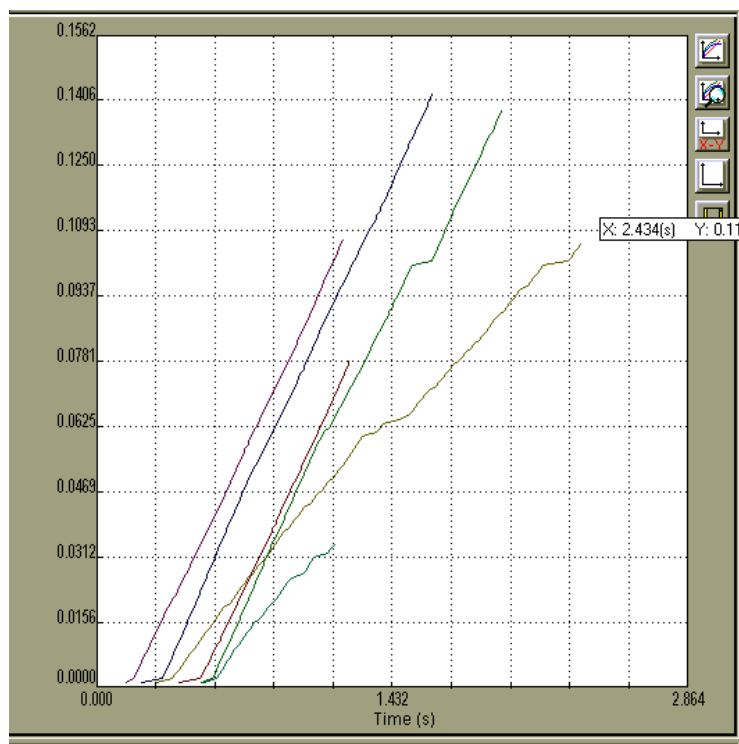


Fig. 1.10

Așa cum se arată în secțiunea referitoare la zona de afișare a rezultatelor, fiecare test poate fi identificat cu ușurință după culoare.

Graficul poate fi complet personalizat cu ajutorul butoanelor din partea dreaptă. Funcția fiecărui buton este descrisă de un mic Help (Ajutor) activat automat prin oprirea scurtă a mouse-ului pe buton.

Sunt posibile:

- **Crearea unei imagini mărite a graficului.** Este un zoom cu 2 niveluri. La prima apăsare pe tasta respectivă, se intră în modul ZOOM (Mărire), care poate fi identificat, deoarece indicatorul mouse-ului are formă de cruce. Astfel este posibilă definirea unei porțiuni a graficului care să fie mărită. Faceți clic pe grafic pentru identificarea primului punct al zonei de selectat. Deplasați mouse-ul. Aria selectată este definită printr-un

dreptunghi hașurat. Pentru confirmare, eliberați mouse-ul. Pentru revenirea la afișarea normală este suficient să faceți din nou clic pe **zoom**.

- **Activarea sau dezactivarea grilei.**
- **Modificarea axei X-Y**
- **Activarea / dezactivarea unor teste de pe ecran**
- **Atribuirea unei culori specifice fiecărui test**
- **Crearea unui decalaj arbitrar pe axa X** permite o mai bună interpretare a fiecărui test, evitând suprapunerile.

Ultimele 3 funcții pot fi accesate în cadrul funcției **Test Graphic Selection** (Selectare grafic test)

Mai mult, se poate salva imaginea creată într-un fișier Bitmap care poate fi importat și utilizat în alte programe.

Este important de reținut că imaginea creată în această fereastră va fi utilizată pentru imprimarea certificatului.

Prin deplasarea mouse-ului în interiorul graficului, o mică fereastră va afișa în detaliu valorile pe axele X-Y ale punctelor indicate de indicatorul mouse-ului.

d. Zona caracteristicilor noii epruvete

În această zonă trebuie setate înainte de test următoarele:

- datele dimensionale ale Epruvetei (dacă a fost selectat un anumit tip de epruvetă). Aceste câmpuri sunt deja completate în cadrul metodei de testare în care ați introdus valorile nominale ale dimensiunilor epruvetei.
- Un eventual cod al epruvetei

- Data eventuală a epruvetei, care este activată în secțiunea **Personalize>>Layout of printing columns** (Personalizare->Aspectul coloanelor de imprimat).

Introducerea datelor dimensionale este obligatorie. Pentru ceilalți parametri, se poate prevedea completarea ulterioară în pagina de Analiză grafică și analitică a testului.

În cazul selectării în **Personalize>>Default Value for the Specimen data** (Personalizare->Valoare implicită a datei epruvetei) se obține introducerea automată a datei epruvetei cu valorile implicite la începutul testului.

Numărul de câmpuri ale caracteristicilor geometrice se modifică conform tipului de epruvetă setat în metoda de testare. Vezi paragraful respectiv.

Dacă mașina de testare a materialelor este prevăzută cu un dispozitiv automat de măsurare a dimensiunilor (șubler, micrometru, dispozitiv de măsurare, balanță etc.) va fi activat butonul de bifare din bara de instrumente, cu ajutorul căruia se pot citi datele provenite de la instrument.



Dacă instrumentul de măsurare poate citi simultan toate dimensiunile (de ex. Dispozitiv de măsurare), toate câmpurile vor fi completate fără verificarea poziției cursorului; în caz contrar, dacă instrumentul poate citi câte o singură dimensiune, pe rând (șubler, micrometru sau balanță), este necesară mai întâi poziționarea în câmpul de măsurat și abia apoi se apasă butonul de comandă.

În cazul unui dispozitiv de măsurare, poate fi necesar să se verifice dacă măsurătorile sunt corecte, prin efectuarea unei etalonări.

Etalonarea dispozitivului de măsurare

Pentru a funcționa corect, dispozitivul de măsurare trebuie etalonat.

Această etalonare este efectuată de producător și teoretic nu trebuie repetată. Dacă este necesară repetarea etalonării, trebuie utilizată epruveta etalon în dispozitiv și trebuie introduse dimensiunile cunoscute (respectiv pe axele x și y) ale epruvetei etalon, după care se efectuează măsurătoarea.

Puteți accesa această funcție cu ajutorul elementului de meniu **Utility>>Calibration Measuring station** (Utilitar->Etalonare dispozitiv de măsurare).

Va fi afișată o fereastră ca în imagine:



Fig. 1.11

Procedura poate fi pornită cu ajutorul butonului **Start**. Confirmarea noii etalonări se face cu ajutorul butonului **Confirmation** (Confirmare). Cu ajutorul butonului **Cancel** (Anulare), etalonarea efectuată nu este stocată.

Anularea unui grup de teste

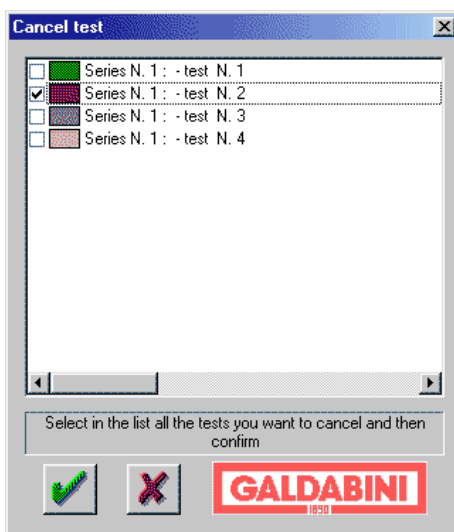


Fig. 1.12

Puteți accesa această pagină din elementul de meniu **Utility>> Cancel the Test** (Utilitar->Anulare test)

Acesta permite anularea mai multor teste simultan dintr-un jurnal. Pentru a efectua operațiunea, este suficientă bifarea testelor care trebuie anulate.

Desigur, se va solicita o confirmare înainte de efectuarea operațiunii.

Afișarea stării mașinii

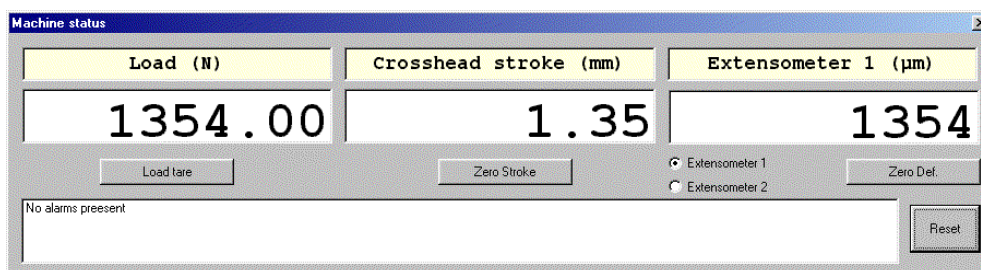


Fig. 1.13

Permite verificarea în orice moment a valorii sarcinii, a poziției traversei preseii (față de punctul zero al mașinii, dacă s-a efectuat procedura de aducere la zero, sau față de poziția din momentul pornirii) și a ieșirii extensometrului 1 sau 2 (care poate fi selectat cu ajutorul comutatorului).

În caz de alarmă, se va deschide o nouă fereastră, care va afișa lista alarmelor activate în momentul respectiv. În acest caz va fi afișat și butonul Reset (Reinițializare), care permite oprirea unor alarme care deja au încetat, dar a căror stare a fost stocată.

Pagina de afișare a stării mașinii poate fi accesată prin apăsarea

următoarei pictograme din bara de instrumente



3.3. Executarea testelor

Din punct de vedere practic, operațiunile necesare pentru efectuarea unui test sunt următoarele:

1. selectați numele metodei de testare, alegând dintre cele setate în prealabil
2. deschideți sau creați un Jurnal, care va include rezultatele obținute pentru un anumit lot de epruvete și o anumită serie.
3. introduceți dimensiunile epruvetei (și eventual completați datele lotului și ale epruvetei).
4. executați o poziționare în conformitate cu modurile setate
5. Start the test (Pornire test): un test este pornit prin apăsarea tastei (din bara

de instrumente) .

Condițiile generale care fac posibilă începerea testului sunt următoarele:

- Mașina nu este în stare de alarmă;
- Epruveta a fost poziționată corect;
- Au fost introduse eventualele dimensiuni ale epruvetei.

Metoda de testare este corectă. Înainte de începerea testelor, toți parametrii trebuie verificați pentru a vedea dacă diferitele setări corespund unele cu altele.

În cazul utilizării unui extensometru cu cameră, reperele trebuie poziționate în prealabil în mod corect pe epruvetă, cu ajutorul procedurii corespunzătoare.

Inițial se va atinge valoarea de preîncărcare setată.

Dacă s-a selectat opțiunea de introducere a lungimii paralele după preîncărcare (în pagina parametrilor de alungire), vi se va solicita introducerea măsurii

În cazul utilizării unui extensometru (altul decât cel cu cameră) va începe procedura de poziționare a extensometrului.

În timpul acestei faze, operatorul este ghidat pe parcursul operațiunilor simple care trebuie efectuate pentru a ajunge în faza de tarare a deformării. Se verifică valoarea maximă admisă pentru tara extensometrului pentru a vedea dacă poziționarea este corectă.

După această fază începe testul propriu-zis și va fi afișată o fereastră ca în imagine.

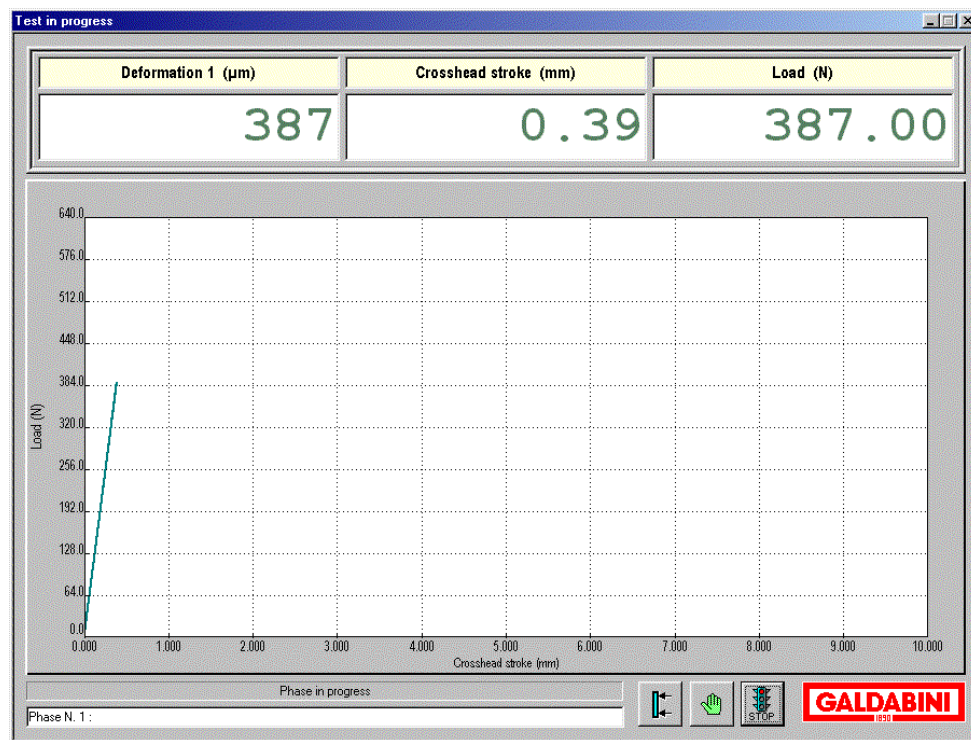


Fig. 1.14

Variabilele afișate sunt cele selectate în **Test Method>>Graphic** (Metoda de testare->Grafic).

Pentru fiecare eveniment personalizat setat în Personalize>>Personalized Events (Personalizare->Evenimente personalizate va fi activată o tastă funcțională F1..F10.

Apăsarea butonului sau a tastei funcționale corespunzătoare la un moment (eveniment) dat va fi stocată ca semnificativă pentru testul cu care pot fi asociate rezultatele testului.

În orice caz, aceste puncte pot fi modificate în pagina de Analiză grafică și analitică a testului.

O linie de stare indică faza curentă și descrierea fazei, dacă a fost introdusă.

Desigur, testul va fi efectuat în conformitate cu modurile setate în procedura de testare. Se pot utiliza tastele.



Permite oprirea manuală a testului



activat pentru toate fazele în care s-a selectat schimbarea fazei de către operator.



activată dacă s-a selectat un extensometru cu deschidere manuală.

După ce extensometrul a fost deplasat, continuați cu deformările măsurate cu cursa traversei presei.

Pentru a deplasa extensometrul, procedați după cum urmează:

1. Faceți clic cu mouse-ul pe pictogramă (din acest moment începe deplasarea traversei presei
2. Deplasați fizic extensometrul.

Va fi disponibil un timp programat de 5 secunde între fazele 1 și 2. După acest interval, valoarea măsurată de extensometru este comparată cu valoarea obișnuită în poziția de repaus (vezi paragraful **test Method->Selection Extensometer 1** (Metoda de testare->Selectare extensometru 1))

La sfârșitul testului, procedura execută operațiunile programate în **test Method-> Positioning** (Metoda de testare->Poziționare).

Dacă testul s-a încheiat cu o sarcină reziduală (de exemplu, dacă testele care nu ajung la rupere și cu moduri precedate de o fază de descărcare prin care se aduce sarcina la zero, deci care vor face ca procedurile să deplaseze mai ușor epruveta).

La sfârșitul testului, toate rezultatele necesare vor fi calculate și adăugate la jurnalul testului. Apoi graficul va fi afișat în zona pentru graficele testelor.

3.4. Analiza grafică și analitică a graficelor testelor

În această pagină se va efectua o analiză detaliată a curbei testului, care permite modificarea anumitor parametri cu ajutorul cărora a fost efectuat testul.

Mai mult, cu ajutorul procedurii **Replay** (Reluare) se pot calcula din nou rezultatele pe baza noilor selecții.

Această pagină poate fi accesată

- Făcând dublu clic pe linia corespunzătoare testului de analizat
- Cu ajutorul meniului pop-up (butonul din dreapta al mouse-ului în zona rezultatelor)
- Cu ajutorul pictogramei din bara de instrumente.



În acest caz, trebuie selectat testul de analizat din lista propusă.

Pe graficul testului toate punctele măsurate la testare pot fi afișate și precalculate în timpul testului (de exemplu punct de rupere, sarcină maximă etc.) și eventual Custom events (Evenimente particularizate) selectate în cadrul metodei.

Mai mult, se pot afișa dreptele de interpolare a domeniului elastic, dreptele referitoare la diferitele R_{pxxx} selectate și cele pentru rezultatele calculelor $A\%$ (Alungire procentuală) și A_g (Alungirea procentuală la sarcina maximă)

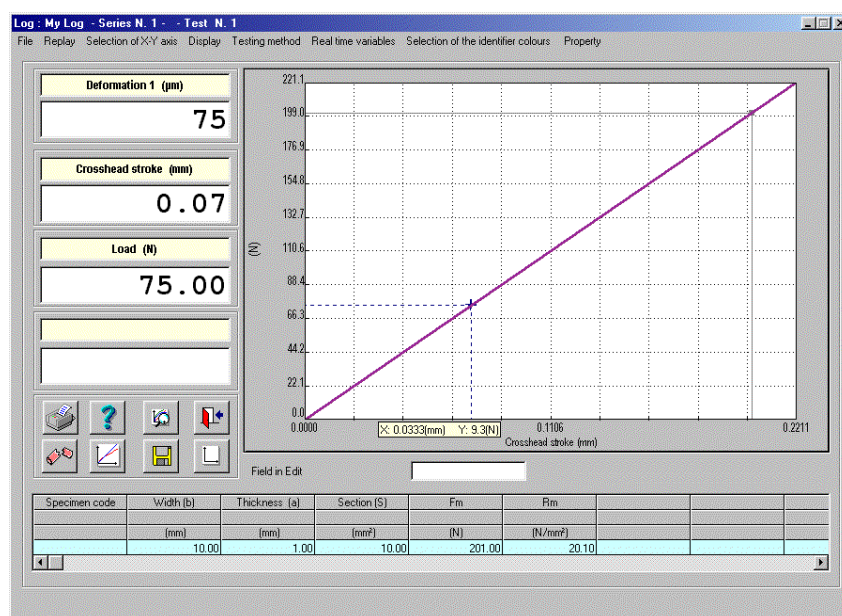


Fig. 1.15

Fiecare test va fi afișat cu altă culoare, care poate fi modificată după dorință.

Pe lângă funcțiile de zoom (mărire), activare/dezactivare a grilei, salvare a graficului (în format bitmap) și selectare a axelor X-Y la fel ca acelea din pagina de executare a testului, sunt disponibile multe alte funcții care permit o analiză detaliată a curbei.

Se pot afișa 2 curbe modificându-se parametrii pe axa Y, dar păstrând același parametru pe axa X

- **Selectare variabilelor în timp real:** pe lângă posibilitatea de a evalua punct cu punct coordonatele variabilelor y și x cu ajutorul mouse-ului în interiorul graficului, se pot selecta până la 4 variabile în timp real care indică, prin intermediul cursorului plasat pe curba graficului, valoarea instantanee a variabilei respective. Pentru selectarea variabilelor în timp real faceți clic pe elementul de meniu **Real Time Variables** (Variabile în timp real). Se deschide o fereastră în care puteți selecta variabila dintr-o listă.
- **Reluare:** Permite calcularea rezultatelor pe baza noilor selecții.
- **Modificarea punctului de rupere:** În cazul în care condițiile setate în metodă nu permit identificarea unui punct de rupere satisfăcător, acesta poate fi modificat manual. Apăsând pictograma  se va deschide o fereastră care permite modificarea punctului de rupere care permite o reglare fină cu ajutorul tastelor ← și → sau brută cu ajutorul butonului din dreapta al mouse-ului.
- **Modificarea caracteristicilor dreptei de interpolare a domeniului elastic.** : Se utilizează în timpul testului. Condițiile de calculare a dreptei nu au fost determinate satisfăcător. Prin apăsare pe tasta:  se va deschide o fereastră care permite modificarea grafică a dreptei față de termenul cunoscut (cu ajutorul tastelor ← și →) și a pantei (cu ajutorul tastelor ↑ și ↓).

Cu ajutorul acestor taste se poate obține o evaluare imediată a modului în care poziționarea diferită generează o interpolare mai corectă a domeniului elastic.

Mai mult, bifarea permite dezactivarea unui nou calcul automat al pantei drepte în timpul procedurii de reluare.

➤ **Editarea coloanelor testului**

În grila de rezultate se pot reedita:

- Codul epruvetei;
- Datele dimensionale ale epruvetei (cu un nou calcul automat al secțiunii);
- Datele referitoare la datele epruvetei.

Prin simpla apăsare a celulei referitoare la parametru și introducerea unei noi valori.

➤ **Modificarea evenimentului personalizat:** această funcție poate fi accesată din elementul de meniu **Events** (Evenimente). Pentru fiecare eveniment personalizat se poate modifica punctul de pe curbă. Se va deschide o fereastră care afișează lista tuturor evenimentelor definite. Selectați evenimentul de modificat. Va apărea o fereastră ca și cea propusă pentru punctul de rupere. Se poate modifica punctul evenimentului printr-o reglare fină cu ajutorul tastelor ← și → sau brută cu ajutorul butonului din dreapta al mouse-ului.

➤ **Afișarea evenimentului:** În această listă se pot identifica unul sau mai multe puncte speciale pe curbă. De exemplu, se pot identifica punctele unde au fost calculate Reh (Tensiunea în punctul de curgere), Rp, Sarcina maximă și Rel (Limita inferioară de curgere), sau se poate identifica

punctul în care sarcina, deformarea sau alte variabile au o anumită valoare.

- **Selectarea culorilor identificatorilor:** pentru fiecare punct care poate fi identificat pe curbă se propune o culoare implicită. În această selecție se pot modifica aceste culori. Pentru aceasta, este suficientă să selectați identificatorul în lista propusă și să faceți dublu clic pentru selectarea noii culori.
- **Exportarea fișierului grafic:** permite exportarea fișierului grafic în Microsoft Excel (în acest caz este necesară instalarea acestui pachet) sau a fișierului în care sunt stocate toate punctele determinate pentru test. Astfel este posibilă, cu ajutorul pachetelor de software dedicat, reconstruirea curbei pentru o analiză personalizată.

În cazul exportării unui fișier în format tip text, trebuie definită separarea între câmpuri (în mod normal, se utilizează virgula sau caracterul de transfer de date (|)).

Pentru exportarea corectă a fișierului în Excel, este important să cunoașteți în setările regionale ale Windows caracterul definit ca identificator pentru virgula zecimală. Programul GraphWork folosește ca identificator punctul.

Dacă exportarea în Excel este efectuată incorect, verificați caracterul selectat în configurarea Windows.

Proprietate: Permite verificarea unor parametri cu care s-a efectuat testul (de ex. baza de alungire, baza extensometrului, lungimea paralelă etc.) și eventual modificarea lor. După modificarea lor, lansați procedura de reluare pentru a calcula din nou rezultatele conform noilor selecții. Această secțiune

este importantă și pentru că aici este posibilă introducerea/modificarea unor parametri de calcul pe care mașina nu îi măsoară direct (de ex. amprenta, în cazul testului Brinell) sau a lungimii epruvetei, în cazul calculării manuale a alungirilor la rupere.

Imprimarea certificatului: graficul prezentat pe certificatul de testare selectat în această pagină se referă doar la testul respectiv. Astfel se pot obține informații grafice mai detaliate, deoarece va fi imprimat un grafic care corespunde exact construcției și chiar un tabel unde se specifică corespondența cu culorile identificatorilor. În orice caz, comparați cu paragraful dedicat imprimării certificatului

Poziționarea epruvetei

Are rolul de a poziționa traversa preseii la dimensiunea de începere a testului, respectiv epruveta în capetele de fixare, în mod dirijat. Această pagină poate fi accesată din elementul de meniu **Specimen positioning** (Poziționare epruvetă) sau cu ajutorul pictogramei din bara de instrumente



Cele mai multe treceri efectuate în cadrul acestei proceduri sunt setate în metoda de testare, în pagina Positioning (Poziționare). Pe baza setărilor introduse în structura procedurii, se procedează în moduri diferite pentru a ajunge la operațiunea comună de aducere a traversei preseii în poziția de pornire a testului. Testul nu poate începe fără efectuarea întregului ciclu de poziționare: o pictogramă corespunzătoare în zona de verificare a stării va indica încheierea poziționării.



Independent de opțiunile din timpul efectuării poziționării, există 2 modalități de a ajunge la dimensiunile pre-setate:

Prima necesită deplasarea manuală a traversei presei de către operator (cu ajutorul panoului de comandă) în poziția dorită, apoi se continuă cu trecerea următoare, cu ajutorul butonului de avans.

A doua permite operatorului să utilizeze dimensiunile deja utilizate în cadrul testelor anterioare, prin apăsarea pe butonul de avans pentru a comanda mașinii deplasarea în pozițiile respective. Acest tip de poziționare se selectează cu ajutorul butonului Auto control (Comandă automată).

Acest buton este activat în 2 cazuri:

- a. S-a adus la zero traversa presei și au fost stocate dimensiunile referitoare la poziționare pe tot parcursul metodei de testare (de asemenea, la o pornire anterioară a mașinii).
- b. Nu s-a efectuat aducerea la zero a traversei presei, dar a fost poziționată cel puțin o epruvetă.

Fazele procedurii de poziționare pot fi reinițializate în orice moment cu ajutorul butonului **Reset (Reinițializare)**.

Pe parcursul procedurii, se poate verifica starea mașinii cu ajutorul afișării stării (care indică sarcina și dimensiunile), iar dacă este necesar, vor fi indicate butoanele de avans de lângă acțiunea în curs sau cele care vor fi pornite după confirmarea operatorului (faceți clic pe butonul de avans).

Parametri de reglare

Prin modificarea acestor parametri se poate regla algoritmul **fazelor de comandă a sarcinii, vitezei și deformării** pentru metoda selectată. Descrierea acestor parametri nu face obiectul acestui paragraf.

Țineți cont că, în mod normal, prin creșterea parametrului **Kp** mașina răspunde mai ușor la modificările de sarcină în timpul fazelor la sarcină constantă și respectă mai precis gradientul de sarcină setat

O valoare prea ridicată poate destabiliza sistemul. În mod normal, valorile implicite sunt cele mai potrivite pentru un anumit tip de test. Dacă este necesară îmbunătățirea comenzii sarcinii, încercați să modificați parametrul **Kp** treptat, având în vedere avertizările de mai sus.

5. Modul de lucru

a. Se măsoară diametrul d_0 (sau lățimea și grosimea în cazul în care epruveta este de secțiune dreptunghiulară) introducându-se valoarea în programul mașinii. Se verifică dacă epruveta este dreaptă și dacă d_0 , L_0 , L_c și dimensiunile capului de prindere corespund prevederilor SR EN 10.002-1:1994. Valorile măsurate se notează pe foaia încercării la tracțiune.

b. Se completează rubricile din foaia platformă cu dimensiunile epruvetei și se calculează mărimile cerute.

c. Se prinde epruveta în fălcile mașinii și se fixează între acestea.

d. Se încarcă epruveta și se notează valorile sarcinilor și ale lungirilor din programul mașinii.

e. După terminarea lucrării, se oprește mașina. Se scoate epruveta dintre fălci, se pun cele două bucăți cap la cap, se măsoară dimensiunile secțiunii de rupere și lungirea epruvetei între repere L_u .

Lungirea epruvetei între repere se obține prin:

- măsurarea distanței dintre reperele extreme, dacă ruperea s-a produs în treimea mijlocie;

- cumulara măsurărilor parțiale din zona rupturii, dacă ruperea s-a produs în treimile marginale, conform SR EN 10.002-1:1994.

f. Se trasează pe hârtie milimetrică format A4, dispus cu fâșia de îndosariere pe latura mare, diagrama $\sigma = f(\varepsilon)$, pe baza valorilor din tabelul 1.2. Se recomandă alegerea următoarei scări:

- pentru axa ε , 1% ... 5 mm;
- pentru axa R , 100 MPa ... 40 mm.

g. Se fac observații privitoare la modul cum au fost obținute, în comparație cu cele cunoscute, poziția și forma rupturii, etc. Se face o schiță reprezentativă, dacă este cazul, a secțiunii în care s-a produs ruperea.

UNIVERSITATEA „LUCIAN BLAGA” DIN SIBIU FACULTATEA DE INGINERIE „HERMANN OBERTH” CATEDRA BAZELE PROIECTĂRII MAȘINILOR LABORATORUL DE REZISTENȚA MATERIALELOR	ÎNCERCAREA LA TRACȚIUNE A METALELOR	
Student..... Anul.....Grupa..... Data.....		
1. Scopul lucrării:		
2. Schița mașinii:	3. Epruveta 3.1. Materialul 3.2. Diametrul [mm] inițial $d_0 =$ final $d_n =$ 3.3. Secțiunea [mm²] inițială $S_0 =$ finală $S_n =$ 3.4. Lungimea [mm] inițială $L_0 =$ finală $L_n =$ 3.5. Factorul dimensional $n = \frac{L_0}{d_0} =$	
	4. Formule de calcul: 4.1. Tensiunea în epruvetă: $R = \frac{F}{S_0}$ 4.2. Alungirea specifică: $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100$	
	5. Caracteristicile mecanice uzuale: 5.1. Limita de curgere [MPa]: [%]: $R_c = \frac{F_c}{S_0} =$ 5.3. Alungirea la rupere $A_n = \frac{L_n - L_0}{L_0} \times 100 =$ 5.2. Rezistența la rupere [MPa]: $R_m = \frac{F_{\max}}{S_0} =$ 5.4. Gâtuirea la rupere [%]: $Z = \frac{S_0 - S_n}{S_0} \times 100 =$	

Nr. crt.	Sarcina curentă F [N]	Alungirea epruvetei [mm] $\Delta L = L_a - L_0$			Tensiunea în epruvetă R [MPa]	Alungirea totală ε [%]
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						
6.						
7.						
8.						
9.						
10.						
11.						
12.						
13.						
14.						
15.						
16.						
17.						
18.						
19.						
20.						
21.						
22.						
23.						
24.						
25.						
26.						
27.						
28.						
29.						
30.						
31.						
32.						

Observații și concluzii:

L2 ÎNCERCAREA LA COMPRESIUNE A MATERIALELOR

METALICE

(STAS 1552-78)

1. Considerații teoretice asupra lucrării

Încercarea la compresiune constă în aplicarea lentă a unei forțe de compresiune pe direcția axei longitudinale a unei epruvete scurte în vederea determinării anumitor caracteristici mecanice sau elastice. De obicei această încercare se execută pentru determinarea caracteristicilor mecanice sau elastice ale materialelor fragile, care au rezistență la rupere la tracțiune, mică, așa cum sunt fonta, pietrele, betonul, mortarul etc.

Condițiile de execuție la încercarea la compresiune a metalelor sunt date în STAS 1552-78.

Prin această încercare, uzuală, se determină următoarele caracteristici mecanice:

a) Rezistența la compresiune

$$R_{mc} = \frac{F_{mc}}{S_0} \quad [\text{MPa}] \quad (2.1)$$

unde: F_{mc} este forța maximă măsurată la apariția primei fisuri lungă de cel puțin 5 mm, pe suprafața laterală a epruvetei și S_0 aria secțiunii transversale inițiale a epruvetei.

Când nu apare o fisură, încercarea epruvetei se continuă pâna la atingerea unei scurtări specifice remanente $A_r = 50\%$. În acest caz se determină **rezistența la compresiune**:

$$R_{50} = \frac{F_{50}}{S_0} \quad [\text{MPa}] \quad (2.2)$$

în care R_{50} este forța corespunzătoare scurtării specifice remanente $A_r = 50\%$.

b) Scurtarea specifica a epruvetei la ruperea prin compresiune (la apariția primei fisuri).

$$A_c = 100 \frac{L_0 - L_u}{L_0} [\%] \quad (2.3)$$

unde: L_u este înălțimea utilă a epruvetei la rupere, măsurată după descărcarea epruvetei la care a apărut fisura de cel puțin 5 mm lungime, sau după așezarea părților rupte ale epruvetei cap la cap.

c) Umflarea secțiunii transversale a epruvetei la rupere

$$Z_c = 100 \frac{(S_u - S_0)}{S_0} [\%] \quad (2.4)$$

unde: S_u este aria secțiunii transversale maxime a epruvetei, măsurată după rupere sau fisurare.

Ca și la încercarea de întindere, se poate determina tensionarea și scurtarea specifică cu relațiile:

$$\sigma = -\frac{F}{S_0} \quad [\text{MPa}] \quad (2.5)$$

$$\varepsilon = 100 \frac{(L - L_0)}{L_0} [\%] \quad (2.6)$$

unde: F este forța curentă de compresie iar L este înălțimea epruvetei la sarcina respectivă.

Utilizând perechile de valori σ , ε corespunzătoare unei sarcini, se poate trasa curba caracteristică $\sigma = f(\varepsilon)$ la compresie.

2. Mașini și aparate utilizate

Încercarea la compresie a metalelor se execută pe mașina universală de încercat Qasar 25 de 25 [kN], a carei schemă este dată și explicată în lucrarea 1. Pentru executarea încercării la compresie la mașină se așează un dispozitiv cu două comparatoare, ce permit citirea scurtărilor cu precizia de 0,01 [mm]. Comparatoarele au tijele reglabile, pentru fixare la zero (figura 2.1).

Dispozitivul cu ceasurile comparatoare se centrează pe platoul de jos al mașinii iar epruveta se centrează pe dispozitiv.

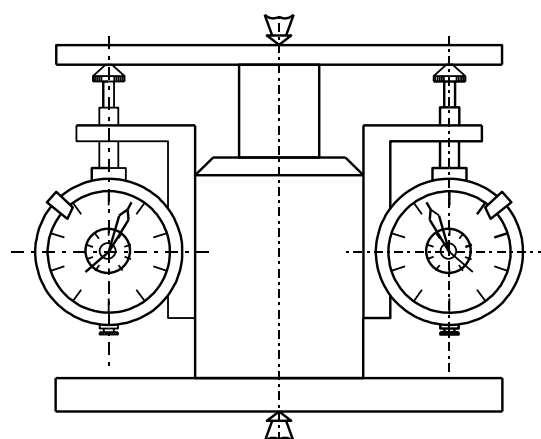


Fig. 2.1

3. Epruvete

Rezistența la rupere este influențată de forma și dimensiunile epruvetei precum și de calitatea prelucrării suprafețelor. De aceea, forma și dimensiunile epruvetelor sunt standardizate conform STAS 1552-78, ce prevede pentru:

- epruveta normală $d_0=L_0=30$ mm;
- epruveta proporțională $d_0=L_0=10 \dots 30$ mm;
- epruveta înalta $L_0=2 \cdot d_0=10 \dots 30$ mm.

Toleranța la d_0 și L_0 este de $\pm 0,1$ mm.

Suprafețele de așezare se vor prelucra astfel încât să fie perpendiculare pe axa epruvetei.

Întrucât mașina de încercat nu poate dezvolta o sarcină suficient de mare pentru o epruvetă normală, se va utiliza o epruvetă proporțională, permisă de STAS 1552-78. Conform STAS 1552-78 se pot utiliza atât epruvete proporționale cât și epruvete speciale când nu se pot preleva epruvete normale din materialul respectiv sau când mașina de încercat și aparatele de măsură nu pot fi utilizate decât pentru alte dimensiuni decât cele ale epruvetei normale. Se vor utiliza epruvete din oțel și din fontă. Suplimentar, pentru comparație se pot utiliza și epruvete din alte metale, de exemplu din: aluminiu, alamă etc.

4. Executarea încercării

a) Studenții vor examina epruvetele și dacă acestea corespund STAS 1552-78 vor măsura, pentru fiecare material, două diametre după direcții perpendiculare, vor determina media aritmetică, vor măsura lungimea și vor nota aceste mărimi în tabelul din formularul tip.

b) Se vor unge suprafețele de așezare cu vaselină și se va așeza **epruveta de oțel**, centric, pe dispozitivul cu comparatoare. Se pornește mașina și prin acționarea motorului de rotire a coloanelor cadrului fix se ridică placa inferioară, cu epruveta până ce aceasta atinge placa superioară.

c) Se acționează butonul pompei de ulei și se reglează viteza de încercare astfel ca forța să crească lent și continuu ($v = 10$ [MPa/s]). După ce se ajunge la o treaptă de încărcare $\Delta F = 2$ [kN], încărcarea se oprește, se citesc valorile scurtării la cele două comparatoare și se notează datele în tabelul corespunzător. Încercarea se continuă până când înălțimea ultimă a epruvetei ajunge să fie mai mică decât jumătate din înălțimea inițială.

d) Pentru încercarea **epruvetei de fontă** se execută operațiile de la punctul b, prevăzute pentru epruvete din oțel. În plus se montează ecranul de protecție, din sită metalică, în jurul epruvetei.

Încărcarea epruvetei se face lent și continuu până ce acul indicator al forței se desprinde de arcul martor (remorcat). Se oprește încărcarea și se observă fisurile pe epruvetă. Dacă fisurile sunt mai mici de 5 [mm] lungime se crește forța până ce apar fisuri de 5 [mm] lungime. Se notează valoarea sarcinei corespunzătoare fisurării.

e) După atingerea F_{50} la oțel și $F_{\max}$ la fontă se oprește mașina și se scoate epruveta dintre platouri.

5. Prelucrarea datelor experimentale

a) Se vor reprezenta în caseta 6 a formularului schițele cotate ale epruvetelor: de oțel și de fontă, cu formele avute de acestea înainte și după încercare.

b) Se calculează și se înscriu în tabel toate valorile mărimilor indicate în tabelul din caseta 5. Valorile tensiunilor și deformațiilor determinate se utilizează pentru a trasa, pe un format A4 de hârtie milimetrică, diagrama $\sigma = f(\epsilon)$ similar cum s-a trasat la încercarea la tracțiune.

c) Se determină rezistența la rupere și scurtarea la rupere corespunzător oțelului respectiv fontei.

d) Se fac observații referitoare la desfășurarea lucrării.

UNIVERSITATEA „LUCIAN BLAGA” DIN SIBIU FACULTATEA DE INGINERIE „HERMANN OBERTH” CATEDRA BAZELE PROIECTĂRII MAȘINILOR LABORATORUL DE REZISTENȚA MATERIALELOR		ÎNCERCAREA LA COMPRESIUNE A METALELOR	
Student..... Anul.....Grupa..... Data.....			
1. Scopul lucrării:			
2. Schița dispozitivului cu ceasuri comparatoare:		3. Formule de calcul: 3.1. Tensiunea în epruvetă: $R = \frac{F}{S_0}$ 3.2. Scurtarea specifică: $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100$ 3.3. Umflarea epruvetei [%]: $Z = \frac{S_o - S_n}{S_0} \times 100$ 3.4. Scurtarea epruvetei [%]: $A_n = \frac{L_n - L_0}{L_0} \times 100$ 3.5. Rezistența la rupere [MPa]: $R_m = \frac{F_{\max}}{S_0}$	
Materialul epruvetei și STAS	Diametrul inițial al epruvetei d₀ [mm]	Aria inițială a secțiunii transversale S₀ [mm²]	Înălțimea inițială L₀ [mm]

[illegible]

L3 ÎNCERCAREA LA RASUCIRE A SÂRMELOR

(STAS 1750-90)

1. Considerații teoretice asupra lucrării

Lucrarea prezintă modul de execuție al încercării la răsucire a oțelului avându-se în vedere și precizările din STAS 1750-90 privind încercarea tehnologică la răsucire a sârmelor. Încercarea constă în aplicarea la cele două capete ale unei epruvete drepte de secțiune circulară a doua momente egale și de sens contrar progresiv crescătoare (figura 3.1). Spre deosebire de încercarea la întindere a oțelului, unde s-a urmărit comportarea oțelului sollicitat la tensiuni normale, la încercarea la răsucire se urmărește comportarea oțelului sollicitat cu tensiuni tangențiale.

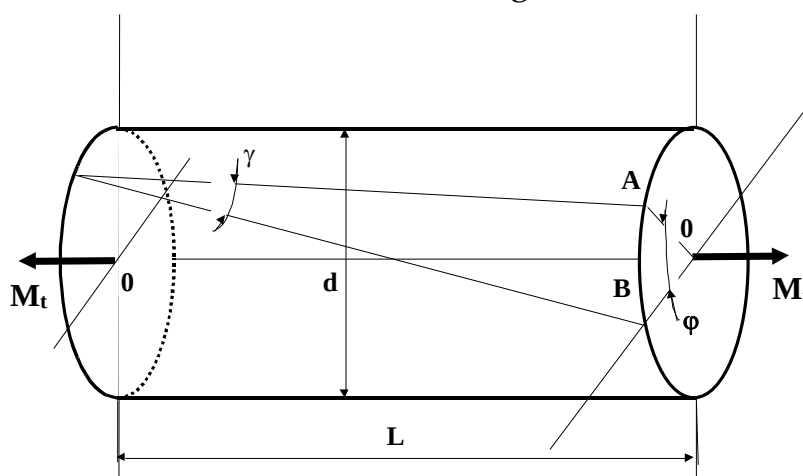


Fig. 3.1

Repartiția tensiunilor tangențiale în secțiunea transversală a unei epruvete cilindrice este liniară în lungul razei, având valoarea 0 pe axa epruvetei și valoarea maximă în punctele de pe conturul exterior la $r = R_{\max} = \frac{d}{2}$, valoare ce se poate determina cu relația:

$$\tau_{\max} = \tau_A = \frac{M_t}{W_p} = \frac{16 \cdot M_t}{\pi \cdot d^3}, \text{ [MPa]} \quad (3.1)$$

Deformația unghiulară dintre cele două secțiuni transversale aflate la distanța L vor fi date de relația:

$$\theta = \frac{M_t \cdot L}{G \cdot I_p} = \frac{32 \cdot M_t \cdot L}{G \cdot \pi \cdot d^4}, \text{ [rad.]} \quad (3.2)$$

Lunecarea specifică corespunzătoare deformației unghiulare dintre cele două secțiuni va fi dată de relația:

$$\gamma = \frac{\overline{AB}}{L} = \frac{\varphi \cdot d}{2 \cdot L}, \text{ [rad.]} \quad (3.3)$$

în care:

τ_A - este tensiunea tangențială din punctul A în MPa;

φ - este unghiul de rotire al secțiunii transversale ce trece prin O, față de secțiunea transversală ce trece prin O';

γ - este lunecarea specifică; reprezintă unghiul dintre generatoarea inițială a barei și generatoarea devenită elice după deformarea barei;

M_t - momentul de torsiune ce soliciță bară în [Nm];

d - diametrul epruvetei în [mm];

L - lungimea între repere a epruvetei în [mm].

Relațiile 3.1 - 3.3 sunt valabile numai în domeniul de sollicitare liniar elastic.

Convențional formulele 3.1 - 3.3 se folosesc și pentru tensiuni ce depășesc limita de proporționalitate.

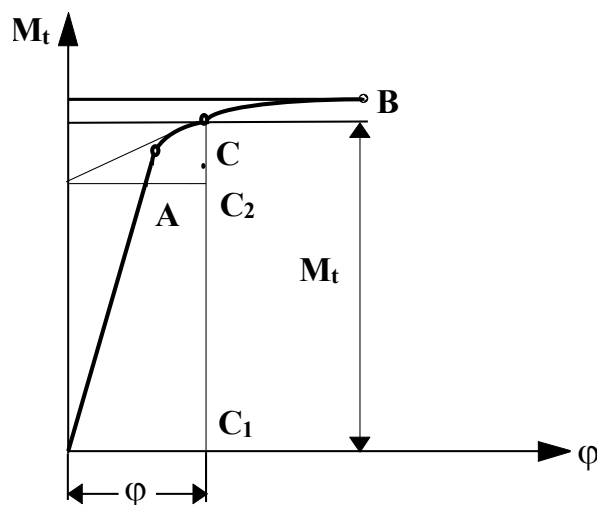


Fig. 3.2

În domeniul plastic tensiunea tangențială maximă ce apare într-o epruvetă cu diametrul d se calculează cu relația:

$$\tau = \frac{4 \cdot (3 \cdot M_t + \varphi \cdot dM) \cdot d\varphi}{\pi \cdot d^3}, [\text{MPa}] \quad (3.4)$$

Expresia din paranteză se poate obține din grafic, ducând tangenta în C la curba AC, luând de trei ori segmentul CC_1 și adunându-i segmentul CC_2 . Pentru cazul când punctul C se găsește pe porțiunea OA paranteza devine $4M_t$ și se obține formula (1) din domeniul elastic.

În punctul B al curbei caracteristice se poate considera că $\frac{dM}{d\varphi} = 0$, deoarece putem aproxima această porțiune din curba caracteristică cu o linie orizontală.

Atunci expresia (4) devine:

$$\tau_r = \frac{12 \cdot M_{tr}}{\pi \cdot d^3}, [\text{MPa}] \quad (3.5)$$

unde:

τ_r - este rezistența la rupere a epruvetei;

M_{tr} - momentul de torsiune la rupere;

d - diametrul epruvetei.

Dacă se consideră un element infinitezimal de volum ABCDA'B'C'D' izolat dintr-o bară de secțiune circulară sollicitată la răsucire, acesta va fi sollicit ca în figura 3.3. Pentru același element de volum rotit cu 45° față de elementul de volum inițial tensiunile vor fi normale de întindere și comprimare.

Cunoscând starea de tensiune dintr-o bară dreaptă sollicitată la răsucire se poate determina modul de rupere al acesteia în funcție de caracteristicile mecanice ale materialului.

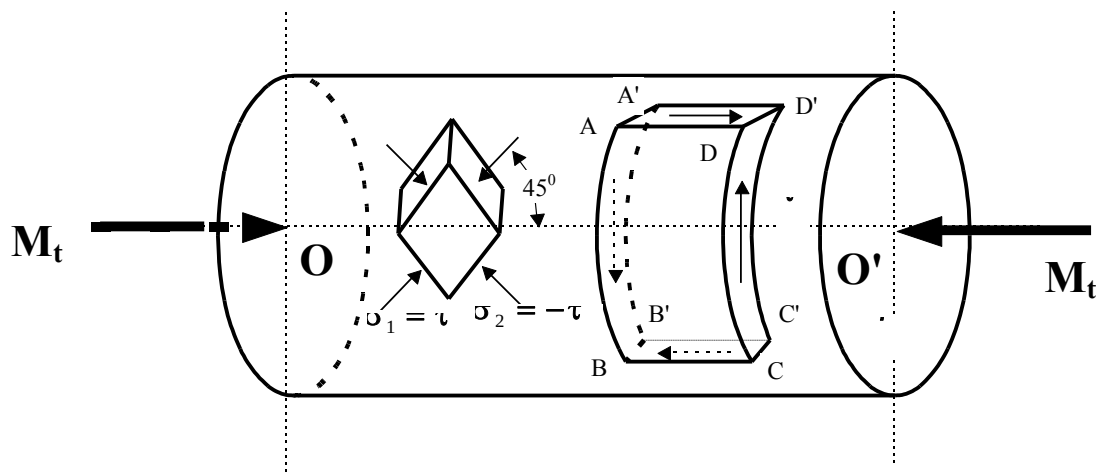


Fig. 3.3

Astfel:

- la materialele fragile ruperea se va produce datorită tensiunilor normale $\sigma_1 = \tau$ aceasta având rezistența la întindere mult mai mică decât la compresiune. Ruperea se va produce după o suprafață elicoidală, iar suprafața de rupere este zgrunțuroasă;
- la materialele tenace ruperea se va produce datorită forfecării. Planul de rupere este normal pe axa barei, iar suprafața de rupere este lucioasă.

2. Mașini și aparate utilizate

2.1. Dispozitivul de încercat la răsucire

Încercarea la răsucire a oțelului se execută cu un dispozitiv de încercat orizontal acționat manual. Dispozitivul este reprezentat schematic în figura 3.4. Corpul dispozitivului (1) constă dintr-o masă orizontală pe care sunt prinse părțile componente ale acestuia.

Epruveta se fixează în capetele de prindere (2) și (3) cu ajutorul unui dispozitiv de prindere prezentat în figura 3.5. Sistemul de prindere este compus din fălcile de prindere (4) ce culisează în canalul înclinat din piulița (5). Prin înșurubarea piuliței (5) în capul de prindere (2) fălcile (4) sunt împinse de capătul axului (7) în canalul înclinat realizându-se astfel strângerea epruvetei.

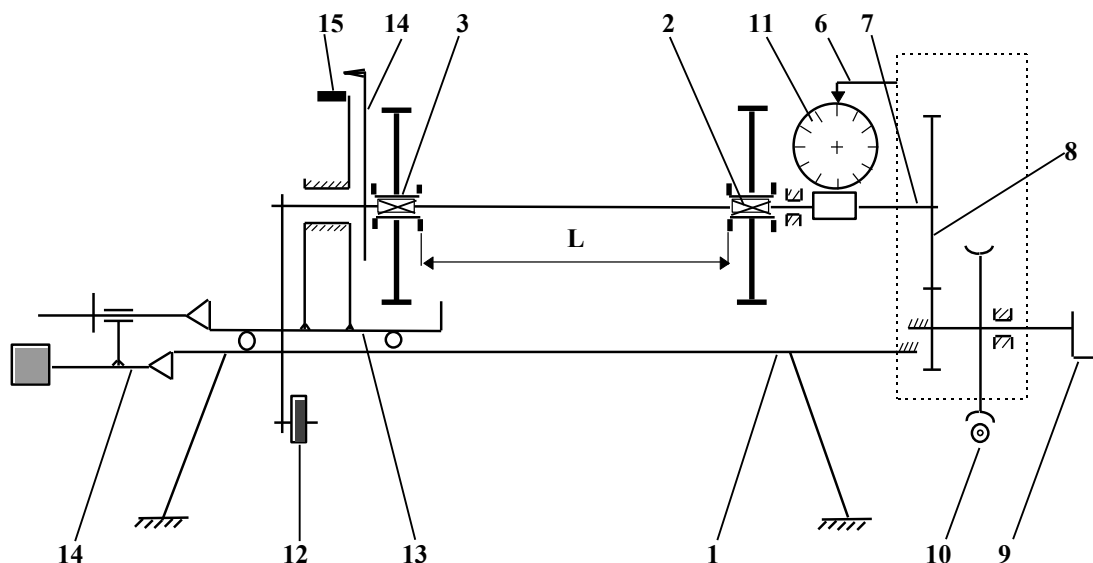


Fig. 3.4

Capul de prindere (2) este montat pe un ax (7) ce este antrenat prin intermediul unui angrenaj cu roți dințate (8) de către manivela (9). Pe axul manivelei se găsește o roata melcată la care poate fi cuplat melcul (10) realizându-se astfel posibilitatea de a acționa cu un moment de torsiune mai mare asupra capului de prindere (2). Numărul de rotiri a capului de prindere (2) se poate citi cu ajutorul roții melcate (11) ce se rotește în dreptul indicatorului (6). La o rotire de 360° a capului de prindere roata melcată (11) se rotește cu o diviziune.

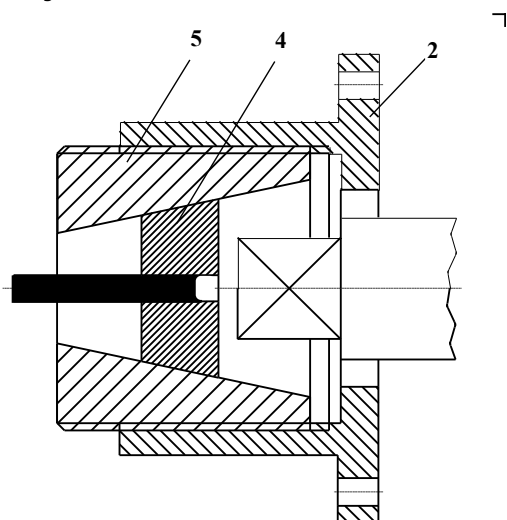


Fig. 3.5

Capul de prindere (3), (capul de măsurare) este montat pe un cărucior cu role (13) împreună cu pendulul și sistemul de indicare a momentului de răsucire. Valoarea momentului de torsiune se determină cu relația următoare:

$$M_t = \left(Q_1 \cdot R_1 + Q_2 \cdot \frac{R_1}{2} \right) \cdot \sin \alpha \quad (3.6)$$

unde:

Q_1 - este greutatea atașată manivelei;

Q_2 - este greutatea manivelei;

R_1 - lungimea manivelei;

α - unghiul de deviație al pendulului față de verticală în [grade].

Mărimile Q și R se cunosc iar valoarea unghiului se determină prin intermediul cadranelui gradat (15) în fața căruia se rotește acul indicator (14) solidar cu axul pendulului (12).

Prin deplasarea căruciorului (13) în lungul mesei (1) se poate modifica distanța (1) dintre capetele de prindere (2) și (3) ale epruvetei. Solidar cu căruciorul (13) este montat sistemul de pârghii (14) prin care se asigură întinderea epruvetei cu o forță constantă reglabilă în intervalul 150-600 [N] în cursul încercării.

2.2. Aparatul pentru măsurarea unghiului de deformatie

Măsurarea unghiului de răsucire în domeniul de proporționalitate se realizează cu ajutorul dispozitivului ce este reprezentat schematic în figura 3.6.

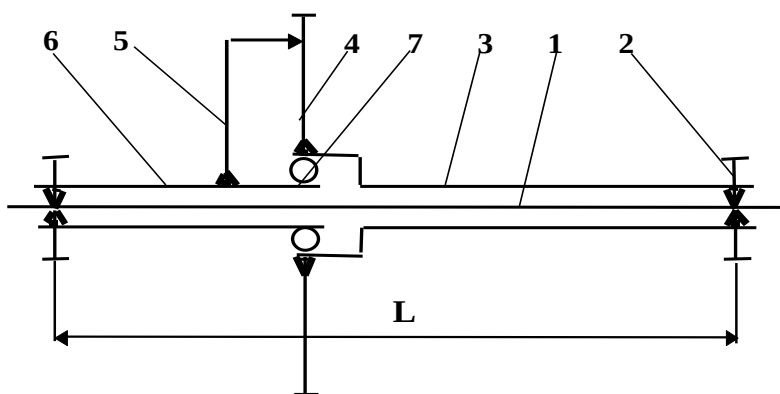


Fig. 3.6

Dispozitivul se prinde pe epruveta (1) prin intermediul șuruburilor (2) astfel încât epruveta să fie concentrică cu axa dispozitivului. Distanța dintre șuruburile de fixare a dispozitivului pe epruvetă este tocmai lungimea L . Șuruburile (2) sunt prinse de doi cilindri (3) și (6) ce se pot roti unul față de celălalt datorită rulmentului (7). Solidar cu cilindrul (3) este montat discul

gradat (4) iar de cilindrul (6) este prins acul indicator (5). Rotirea dintre cele două secțiuni aflate la distanța L este redată de rotirea acului indicator (5) în fața discului gradat (4). Aparatul este prevăzut cu un contor de ture ce este actionat de tija acului indicator (5).

3. Materiale utilizate și forma epruvetelor

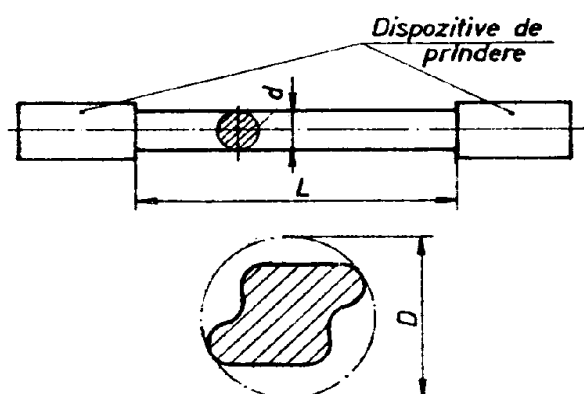


Fig. 3.7

Încercarea se execută pe o epruvetă de oțel de secțiune circulară sau necirculară și cu suprafața prelucrată fin, figura 3.7. Lungimea liberă dintre bacurile mașinii (L) se alege conform datelor din tabelul 3.1. (conform STAS 1750-90)

Tabelul 3.1

Dimensiunea nominală d , D [mm]	Lungimea epruvetei între dispozitivele de prindere L [mm]
<1	$200 \cdot d$ (D)
$1 \dots 5$	$100 \cdot d$ (D), sau $50 \cdot d$ (D) dacă dispozitivul nu permite prinderea unei epruvete de $100 \cdot d$ (D)
>5	$50 \cdot d$ (D), sau $30 \cdot d$ (D) dacă dispozitivul nu permite prinderea unei epruvete de $50 \cdot d$ (D)

Dacă în timpul încercării epruvetei turația capului de prindere (2) este prea mare epruveta se încălzește mult ceea ce influențează rezultatele încercării. Pentru a se evita ridicarea excesivă a temperaturii epruvetei,

turația capului de prindere (2) trebuie să fie limitată conform indicatilor din tabelul 3.2.

Tabelul 3.2.

Diametrul nominal, d sau dimensiunea caracteristică D [mm]	Turația maximă de răsucire [rot/s]		
	Oțel	Cupru și aliaje de cupru	Aluminiu și aliaje de aluminiu
$D (D) < 1$	3	5	
$1 \leq d (D) < 1,5$		2	
$1,5 \leq d (D) < 3$		1,5	
$3 \leq d (D) < 5$	1	1	1
$5 \leq d (D) < 10$	0,5	0,5	

4. Modul de lucru

a) Se verifică dacă manivela este în poziție verticală;

b) Se atașează sau se scot greutatea de la tija manivelei astfel încât să se realizeze momentul maxim până la care va fi solicitată epruveta;

c) Se măsoară diametrul epruvetei după două direcții perpendiculare; Diametrul ce va fi luat în calcul va fi media celor două valori;

d) Se fixează dispozitivul pentru măsurarea unghiului de rotire pe epruveta astfel încât să fie plasat în porțiunea de mijloc a epruvetei și acul indicator va fi pus la 0°;

e) Se fixează epruveta în capetele de prindere ale mașinii;

f) Se reglează forța de întindere axială a epruvetei;

g) Se învârteste manivela (9), figura 3.4, astfel încât acul indicator al aparatului de măsurat să ajungă exact în dreptul diviziunii de 1° de pe discul gradat. Se determină momentul de răsucire M_t care produce această deformare, citind unghiul de rotire al acului (14), al dispozitivului de

încercare în fața discului (15) și introducându-l în relația 3.6. Se consideră această stare de pretensionare ca stare inițială;

h) Se rotește manivela mașinii până când unghiul de deformare unghiulară a crescut cu o valoare dinainte stabilită (de obicei 1°). Se determină momentul de răsucire corespunzător noii valori a unghiului de deformare unghiulară. Dacă în timpul încercării s-a depășit valoarea prescrisă pentru treapta de încercare nu se va descărca epruveta ci se va nota unghiul de deformare rezultat și momentul de răsucire corespunzător;

i) După depășirea limitei de curgere se continuă încărcarea fără oprire până la ruperea epruvetei. După rupere se va nota atât momentul de torsiune la rupere M_{tr} și deformația la rupere cât și nr. de rotații a capului de prindere (2).

5. Prelucrarea datelor experimentale

Datele inițiale (diametrul epruvetei, lungimea, materialul etc.) cât și datele experimentale se trec în formularele tip corespunzătoare acestei lucrării.

Atât tensiunile tangențiale cât și deformațiile specifice se vor calcula cu relațiile 3.1 și respectiv 3.3, iar tensiunea tangențială corespunzătoare ruperii cu relația 3.5.

Se trasează pe hârtie milimetrică diagrama pe baza perechilor de valori τ și γ calculate.

La rubrica de observații se vor preciza modul de deformare al epruvetei, modul de rupere și aspectul secțiunii de rupere.

Nr. crt.	Unghiul de înclinare a brațului α (grad)	Sarcina curentă M_t (Nm)	Deformația epruvetei φ (rad)	Tensiunea în epruvetă τ (MPa)	Lunecarea specifică γ (rad/mm)
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					

6. Observații și concluzii:

L4 DETERMINAREA CARACTERISTICILOR ELASTICE LA OȚELUL SOLICITAT LA ÎNTINDERE (STAS 10290- 75)

1.Considerații teoretice asupra lucrării

1.1. Scopul lucrării

Prin încercarea la tracțiune a oțelului, în lucrarea nr. 1, s-au determinat o parte din caracteristicile oțelului și anume cele mecanice. Utilizând prima parte a curbei caracteristice, obținute în condițiile standard de încercare conform STAS 6300-81, se pot obține caracteristicile elastice.

1.2. Caracteristicile elastice sunt

E - modulul de elasticitate longitudinal;

ν - coeficientul de contracție transversală;

σ_1 - limita de proporționalitate convențională;

σ_p - limita de elasticitate convențională;

σ_r - limita de elasticitate tehnică.

În cadrul acestei lucrări nu se prevede determinarea coeficientului de contracție transversală și limita de elasticitate tehnică.

Pentru materialele neliniare elastice STAS 10290-75, definește următoarele module de elasticitate:

- modul de elasticitate tangent:

- curent - E_{σ} ;

- inițial - E_0 ;

- modul de elasticitate de coardă:

- curent - $E_{c\sigma_1}$;

- inițial - E_{c0} ;

- modul de elasticitate mediu - E_{med} .

La metalele care prezintă o proporție elastică liniară a curbei caracteristice la tracțiune, cum este oțelul se definesc modulul de elasticitate convențional:

- liniar - E ;
- secant - E_s .

Modulul de elasticitate longitudinal luat în considerare în calculele de rezistență și definit de relația:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad [\text{MPa}] \quad (4.1)$$

se numește, după STAS 10290- 75, **modul de elasticitate convențional**.

În cele ce urmează se definesc conform STAS 10290 caracteristicile elastice ce se vor determina în această lucrare.

a) **Modulul de elasticitate de coardă curent**, este raportul dintre creșterea tensiunii ($\Delta\sigma_i = \sigma_{i+1} - \sigma_i$) și creșterea corespunzătoare a lungirii specifice ($\Delta\varepsilon_i = \varepsilon_{i+1} - \varepsilon_i$) pentru o treaptă de solicitare (i), sub limita de proporționalitate (figura 4.1).

$$E_{C\sigma_i} = \frac{\Delta\sigma_i}{\Delta\varepsilon_i} \quad [\text{MPa}] \quad (4.2)$$

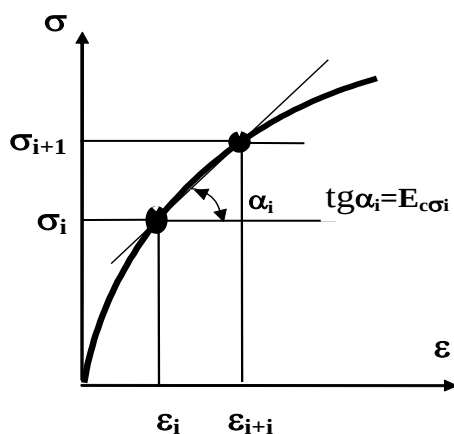


Fig. 4.1

b) **Modulul de elasticitate tangent, curent**, este limita raportului dintre creșterea tensiunii și creșterea corespunzătoare a lungirii specifice, când aceasta tinde către zero, într-un punct specificat (σ_i) al porțiunii elastice a curbei caracteristice.

$$E_{\sigma} = \lim_{\Delta\sigma, \Delta\varepsilon \rightarrow 0} \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon} \quad [\text{MPa}] \quad (4.3)$$

c) **Modulul de elasticitate de coardă inițial** este raportul dintre creșterea de tensiune și creșterea corespunzătoare a lungirii specifice pentru prima treaptă de solicitare.

$$E_{c0} = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon} \quad [\text{MPa}] \quad (4.4)$$

d) Modulul de elasticitate mediu este media aritmetică a valorilor modulului de elasticitate de coardă, determinate pentru primele trepte de încărcare succesive, sub limita de proporționalitate.

$$E_{\text{med}} = \frac{\sum_{i=0}^n \frac{\Delta\sigma_i}{\Delta\varepsilon_i}}{n} \quad [\text{MPa}] \quad (4.5)$$

e) Modulul de elasticitate convențional - secant este raportul dintre tensiunea și lungirea specifică, corespunzătoare (figura 4.2).

$$E_s = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad [\text{MPa}] \quad (4.6)$$

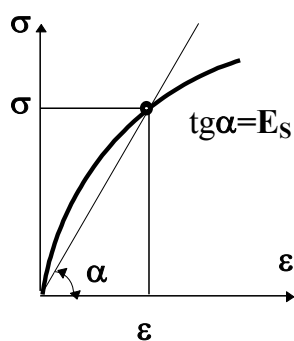


Fig. 4.2

Valorile lungirii specifice se indică drept indice. La oțeluri, în mod uzual se adoptă $\varepsilon = 0,1 \%$ și deci, modulul de elasticitate convențional se notează $E_{s0,1}$.

f) Limita de proporționalitate convențională este tensiunea la care modulul de elasticitate curent (E_σ) atinge o abatere prescrisă față de modulul de elasticitate inițial E_0 .

Abaterea este dată de relația:

$$100 \frac{E_0 - E_\sigma}{E_\sigma} \quad \text{sau} \quad 100 \frac{E_{c0} - E_{c\sigma_i}}{E_{c0}} \quad (4.7)$$

La oțeluri în mod uzual, se adoptă o abatere de 10% și se indică σ_{10} .

g) Limita de elasticitate convențională σ_p este tensiunea la care abaterea de la variația proporțională dintre tensiune și lungire atinge o valoare prescrisă, indicată ca indice al tensiunii. La oțeluri, în mod uzual, se admite o abatere de 0,01% și deci, limita de elasticitate convențională se indica $\sigma_{p0,01}$.

2. Mașini și aparate utilizate

Se utilizează mașina universală de încercare la tracțiune și extensometrul care au fost prezentate la lucrarea de laborator numărul 1.

Pentru determinarea caracteristicilor elastice este necesară ridicarea preciziei măsurătorilor. În acest scop se utilizează mașina de încercat pe un domeniu inferior celui de la încercarea la întindere - pe domeniul de 40kN - iar extensometrele se dotează cu comparatoare pe care se poate citi 1 μm . Astfel, precizia de citire a lungiri de 1 μm la o epruvetă cu lungimea între repere de 200 mm reprezintă o precizie de măsurare a deformației specifice de $0,001/100 = 10 \mu\text{m}/\text{m}$, egală cu cea prescrisă în STAS 10290 - 75.

3. Epruveta

Încercarea se execută pe o epruvetă de oțel având forma și dimensiunile prevăzute în SR EN 10002/1:1994 și care sunt date la lucrarea nr.1. Se recomandă epruveta prelucrată având $d_0 = 10 \text{ mm}$, $L_0 = 100 \text{ mm}$ și $L_t = 300 \text{ mm}$.

4. Executarea încercării

Încercarea se execută prin aplicarea lentă și continuă a sarcinii, astfel ca viteza de solicitare să fie de $3 \dots 10 \text{ [MPa/s]}$ până la apariția deformațiilor plastice mici (sub 0,2%).

Studentul execută operațiile după cum urmează:

a) Se trasează tabelul nr. 4.1 (vezi anexa). Se notează în caseta 3 (anexa) valorile măsurate ale diametrului inițial d_0 , cu precizia 0,02 mm, lungimea între repere L_0 și se calculează aria secțiunii inițiale S_0 .

b) După fixarea extensometrului pe epruvetă, cu vârfurile în reperele imprimate la lungimea L_0 , aceasta se prinde în fălcile mașinii și se reglează comparatoarele cu acele la zero.

c) Se execută încărcarea în trepte egale cu $\Delta F = 2 \text{ kN}$. Încărcarea se execută lent și se citesc, pe comparatoare, lungirile numai după cca 10 secunde de la atingerea noii trepte de încărcare; în acest timp forța se menține constantă. Valorile citite ale forței și lungirile se trec în tabelul 4.1.

d) Încărcarea se întrerupe când lungirea depășește $100 \mu\text{m}$, însă înainte de atingerea lungirii de $200 \mu\text{m}$. Se notează valoarea maximă a sarcinii (citită pe dinamometru) și lungirea (citită la comparatoare) aferentă ultimei trepte de încărcare, apoi se descarcă rapid epruveta până la încărcarea inițială și se notează lungirea remanentă (indicată de comparatoare). Se reîncarcă epruveta până la sarcina maximă și se notează valoarea acesteia și a lungirii corespunzătoare.

e) Se descarcă epruveta, se scoate din mașină și se demontează extensometrul de pe epruvetă.

5. Prelucrarea rezultatelor

a) Valorile obținute pentru sarcini și lungiri se trec în tabelul 4.1. Apoi se calculează Δl , σ și ϵ , mărimi necesare pentru completarea tabelului 4.1;

b) Se trasează pe hârtie milimetrică diagrama $\sigma = f(\epsilon)$, pe baza perechilor de valori σ, ϵ din tabelul 4.2. Pentru trasare se recomandă scările: pentru axa ϵ : $10 \mu\text{m} / \text{m} = 1 \text{ mm}$, iar pentru axa σ : $2 \text{ N} / \text{mm}^2 = 1 \text{ mm}$;

c) Se aleg trepte de tensiune $\Delta\sigma$ (de exemplu $\Delta\sigma = 25 \text{ MPa}$; figura 4.3), pentru care, de pe diagrama trasată se extrag treptele de alungiri $\Delta\epsilon_i$, care se trec în tabelul 4.2. Se calculează E_{med} și valoarea se trece în tabelul 4.3;

d) Din diagramă, prin ducerea tangen-tei în origine, se determină valoarea modulu-lui de elasticitate inițial, E_{co} , care se trece în tabelul 4.3. (vezi figura 4.3 și figura 4.4);

e) Se determină, de pe diagramă, valoarea tensiunii corespunzătoare alungirii de $0,1\% = 1000 \mu\text{m}/\text{m}$, care apoi introdusă în relația 4.6 dă valoarea **modulului de elasticitate convențional secant** ce se trece în tabelul 4.3 (vezi figura 4.4);

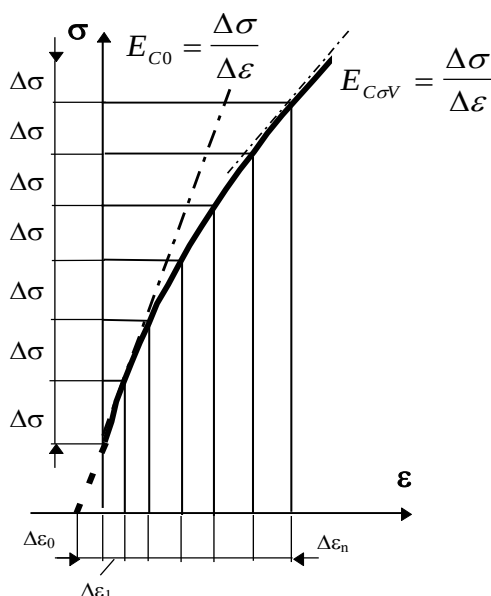


Fig. 4.3

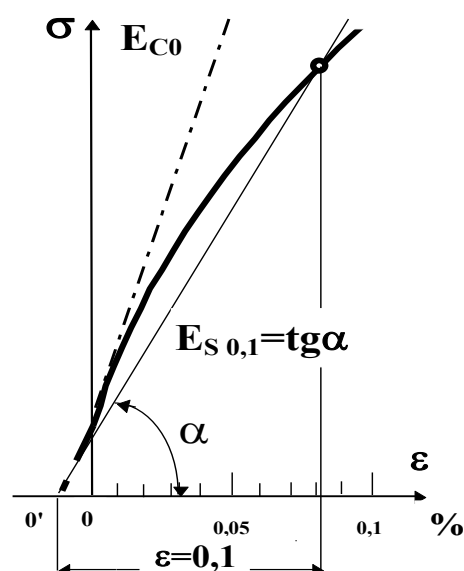


Fig. 4.4

f) Pentru determinarea limitei de proporționalitate convenționale, conform relației de definiție 4.7, trebuie să se găsească punctul de pe curba caracteristică ce are tangenta egală cu 9/10 din tangenta din origine. În acest scop, în planul diagramei, se trasează o dreaptă cu înclinația 9/10 din înclinația porțiunii inițiale a diagramei $\sigma = f(\epsilon)$. Se duce, apoi, o tangentă la curba $\sigma = f(\epsilon)$ paralelă cu dreapta trasată. Ordonata punctului de tangență determină la scara axei - **limita de proporționalitate convențională** σ_{110} a oțelului încercat, ce se trece în tabelul 4.3 (vezi figura 4.3);

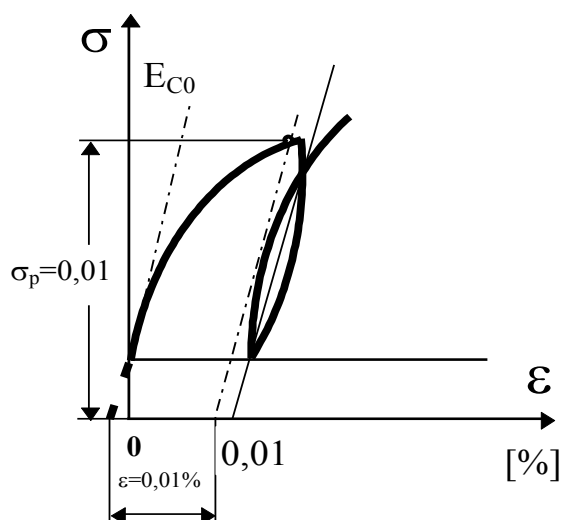


Fig. 4.5

g) Se trasează o paralelă la porțiunea cvasiliniară a curbei caracteristice la distanța, $\epsilon_p = 0,01\% = 100 \mu\text{m/m}$ măsurată la scara alungirilor.

Ordonata punctului de intersecție cu curba $\sigma = f(\epsilon)$ determină, la scara tensiunilor **limita de elasticitate convențională** $\sigma_{p0,01}$ a oțelului respectiv, ce se trece, apoi, în tabelul 4.3.

6. Observații și concluzii

Se vor compara valorile obținute cu cele uzuale, date în manualele inginerești pentru materialul respectiv. Se vor face observații asupra mersului lucrării, indicațiile manometrului și comparatoarelor, preciziei citirilor și a altor cauze de erori. Valoarea modulului de elasticitate se poate determina și prin utilizarea metodei celor mai mici pătrate, adică a relației:

$$E = \frac{\sum_{i=1}^n \varepsilon_i \sigma_i}{\sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2} \quad [\text{MPa}] \quad (4.8)$$

aplicată pentru cele n trepte de măsurare din tabelul 4.2.

UNIVERSITATEA „LUCIAN BLAGA” DIN SIBIU FACULTATEA DE INGINERIE „HERMANN OBERTH” CATEDRA BAZELE PROIECTĂRII MAȘINILOR LABORATORUL DE REZISTENȚA MATERIALELOR		DETERMINAREA CARACTERISTICILOR ELASTICE ALE OȚELULUI
Student..... Anul.....Grupa..... Data.....		
1. Scopul lucrării		
3. Epruveta Materialul - dimensiuni: $d_0 = \quad \text{mm}; S_0 = \quad \text{mm}^2;$ $L_0 = \quad \text{mm}.$ Factorul dimensional: $\frac{L_0}{d_0} =$	2. Schita extensometrului	
4. Formule de calcul a. Modulul de elasticitate - de coarda initial $E_{C0} = \frac{\Delta\sigma_0}{\Delta\varepsilon_0}$ - de coarda curent $E_{Ci} = \frac{\Delta\sigma_i}{\Delta\varepsilon_i}$ - mediu $E_{med} = \frac{1}{n} \cdot \sum \frac{\Delta\sigma_i}{\Delta\varepsilon_i}$ - conventional secant $E_{S0,1} = \frac{\sigma}{\varepsilon}; \varepsilon = 0,1$ b. Limita de proportionalitate $100 \cdot \frac{E_0 - E_{\sigma e}}{E_0} = \quad \text{sau} \quad 100 \cdot \frac{E_{C0} - E_{C\sigma e}}{E_{C0}} =$		
a. Valorile masuratorilor		

Nr. Crt.	Sarcina curenta F [N]	Citiri la extensiometre în [μm]			Alungirea epruvetei [μm/m]	Tensiunea [MPa]
		stânga	dreapta	media		

b. Calculul modului de elasticitate de coardă

Intervalul	Variatia tensiunii $\Delta\sigma$ [MPa]	Variatia alungirii $\Delta\varepsilon$ [μm/m]	Modulul de elasticitate $E = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon}$ [MPa]	Variatia $\frac{E_{C0} - E_{Cl}}{E_{C0}} \cdot 100$ [%]
0-1				
1-2				
2-3				
3-4				
4-5				
5-6				
6-7				
7-8				
8-9				
9-10				

c. Valorile obtinute pentru caracteristicile elastice in MPa

E_{co}	E_{med}	$E_{s\ 0,1}$	σ_{e10}	$\sigma_{p0,01}$

6. Observatii si concluzii

L5 DETERMINAREA CARACTERISTICILOR ELASTICE LA UN OȚEL SOLICITAT LA RĂSUCIRE

1.Considerații teoretice asupra lucrării

În lucrarea nr. 3 s-au determinat o parte din caracteristicile oțelului solicitat la răsucire și anume cele mecanice. Utilizând datele experimentale obținute la încercarea la răsucire se pot determina următoarele caracteristici elastice:

- G - modulul de elasticitate transversal,
- τ_1 - limita de proporționalitate convențională,
- τ_p - limita de elasticitate convențională.

În cadrul lucrării se vor determina:

a) Modulul de elasticitate de coardă, curent ($G_{c\tau_i}$) este raportul dintre creșterea de tensiune și creșterea corespunzătoare alunecării specifice pentru treapta de solicitare, (fig. 5.1).

$$G_{ci} = \frac{\Delta\tau}{\Delta\gamma_i} \quad (5.1)$$

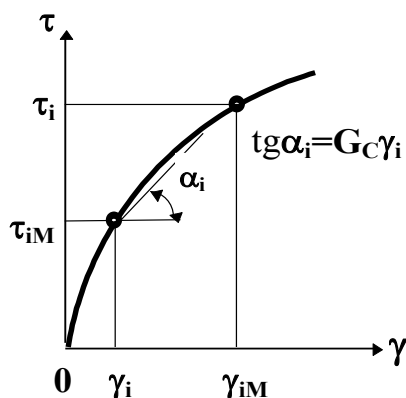


Fig. 5.1

b) Modulul de elasticitate tangent curent este limita raportului dintre creșterea tensiunii și creșterea corespunzătoare a lungirii specifice, când aceasta tinde către 0, într-un punct specificat (τ_i) al porțiunii elastice a curbei caracteristice.

$$G_\tau = \lim_{\Delta\tau, \Delta\gamma \rightarrow 0} \frac{\Delta\tau}{\Delta\gamma} \quad (5.2)$$

în punctul τ_i .

c) **Modulul de elasticitate mediu** este media aritmetică a valorilor modulului de elasticitate de coardă, determinate pentru primele n trepte de încărcare succesive sub limita de proporționalitate.

$$G_{\text{med}} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{\Delta \tau_i}{\Delta \gamma_i} \quad (5.3)$$

d) **Modulul de elasticitate convențional - secant** este raportul dintre tensiunea și lunecarea specifică corespunzătoare. Valoarea lunecării specifice corespunzătoare se trece drept indice. În mod uzual se adoptă $\gamma=0,1$ %.

e) **Limita de proporționalitate convențională** (τ_l) este tensiunea convențională corespunzătoare la care modulul de elasticitate curent atinge o abatere prescrisă față de modulul de elasticitate inițial. În mod uzual se adoptă o abatere de 10 % față de valoarea inițială a modulului de elasticitate.

f) **Limita de elasticitate convențională** (τ_p) este tensiunea la care abaterea de la variația proporțională dintre tensiunea tangențială și lunecarea specifică atinge o valoare prescrisă, indicată ca indice al tensiunii tangențiale. În mod uzual se admite o abatere de $\gamma=0,015$ %.

2. Mașini și aparate utilizate

Mașina de încercat la răsucire și aparatul pentru măsurarea deformațiilor unghiulare sunt cele prezentate în lucrarea nr. 3.

3. Materiale utilizate și forma epruvetelor

Sunt cele prezentate în lucrarea - încercarea la răsucire a oțelului.

4. Prelucrarea rezultatelor experimentale.

a) Valorile lui τ și γ determinate experimental în lucrarea nr. 3, cuprinse în intervalul $\gamma=0$ și $\gamma=0,3$ %, vor fi trecute în tabelul 5.1. de pe formularul tip;

b) Se trasează pe hârtie milimetrică cu linie subțire continuă (utilizând florarul) diagrama $\tau=f(\gamma)$, folosind pentru aceasta următoarele scări: 2 MPa=1 mm și 0,1 %=1 mm;

c) Se alege un interval $\Delta\tau$ (de exemplu $\Delta\tau=40$ MPa), interval la care se citesc valorile γ pe diagrama $\tau=f(\gamma)$ și se completează tabelul 5.2. Cu relația (5.3.) se calculează G_{med} ;

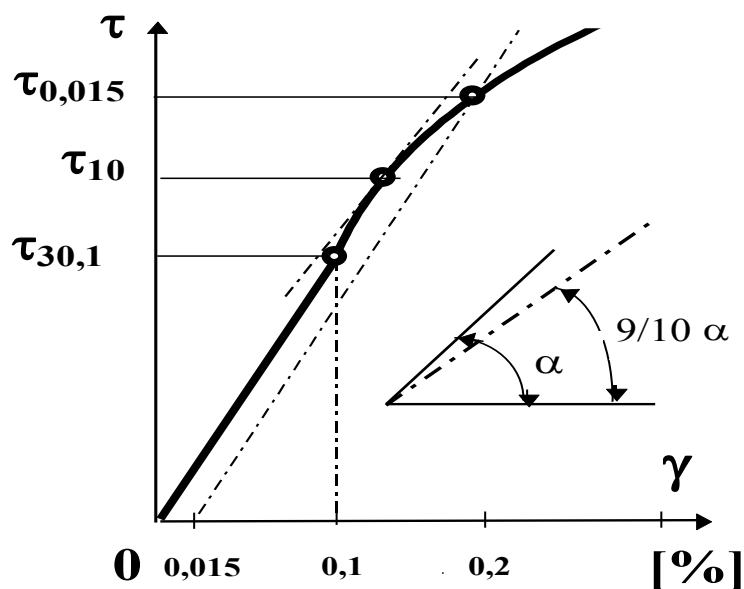


Fig. 5.2

d) De pe diagramă prin ducerea tangentei în origine la curba caracteristică se determină valoarea modulului de elasticitate transversal inițial G_{c0} . Valoarea obținută se trece în tabelul 5.3.

e) Se determină de pe diagramă valoarea tensiunii corespunzătoare lunecării totale de 0,1 % care introdusă în relația (5.1) va da valoarea modulului de elasticitate transversal secant $G_{s0,1}$.

Limita de proporționalitate se găsește în punctul de pe curba caracteristică ce are unghiul tangentei egal cu 9/10 din înclinarea porțiunii cvasiliniare a curbei caracteristice. Se translatează această dreaptă până ajunge tangentă la curba caracteristică. Ordonata punctului de tangență determină la scara axei limita de proporționalitate convențională (fig. 5.2).

f) Limita de elasticitate convențională $\tau_{p0,015}$ se determină trasând o paralelă la porțiunea cvasiliniară a curbei la distanța $\gamma_p=0,015$ % ordonata punctului de intersecție a dreptei cu curba caracteristică este tocmai valoarea căutată.

g) Valoarea modulului de elasticitate transversal se poate determina și prin utilizarea metodei celor mai mici pătrate, aplicată pentru cele n trepte de încărcare.

$$G = \frac{\sum_{i=1}^n \gamma_i \cdot \tau_i}{\sum_{i=1}^n \gamma_i^2} \quad (5.4)$$

Valoarea determinată se va trece în tabelul 5.3.

UNIVERSITATEA „LUCIAN BLAGA” DIN SIBIU FACULTATEA DE INGINERIE „HERMANN OBERTH” CATEDRA BAZELE PROIECTĂRII MAȘINILOR LABORATORUL DE REZISTENȚA MATERIALELOR	DETERMINAREA CARACTERISTICILOR ELASTICE LA UN OȚEL SOLICITAT LA RĂSUCIRE																																																																																						
Student..... Anul.....Grupa..... Data.....																																																																																							
1. Scopul lucrării																																																																																							
2. Schița torsionometrului																																																																																							
3.																																																																																							
Tabel 1	Tabel 2																																																																																						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <th style="width: 8%;">Nr. Crt.</th> <th style="width: 12%;">M [Nm]</th> <th style="width: 12%;">φ [rad]</th> <th style="width: 12%;">γ [%]</th> <th style="width: 12%;">τ [MPa]</th> </tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table>	Nr. Crt.	M [Nm]	φ [rad]	γ [%]	τ [MPa]																																														<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <th style="width: 18%;">Intervalul</th> <th style="width: 12%;">τ [Mpa]</th> <th style="width: 12%;">γ [%]</th> <th style="width: 18%;">G [GPa]</th> </tr> <tr><td>0-1</td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>1-2</td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>2-3</td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>3-4</td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>4-5</td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>5-6</td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>6-7</td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>7-8</td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table>	Intervalul	τ [Mpa]	γ [%]	G [GPa]	0-1				1-2				2-3				3-4				4-5				5-6				6-7				7-8			
Nr. Crt.	M [Nm]	φ [rad]	γ [%]	τ [MPa]																																																																																			
Intervalul	τ [Mpa]	γ [%]	G [GPa]																																																																																				
0-1																																																																																							
1-2																																																																																							
2-3																																																																																							
3-4																																																																																							
4-5																																																																																							
5-6																																																																																							
6-7																																																																																							
7-8																																																																																							
Tabel 3																																																																																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <th style="width: 16%;">G_{ca} [GPa]</th> <th style="width: 16%;">G_m [GPa]</th> <th style="width: 16%;">G_{s0,1} [GPa]</th> <th style="width: 16%;">G [GPa]</th> <th style="width: 16%;">τ_{l10} [MPa]</th> <th style="width: 16%;">τ_{p 0,015} [MPa]</th> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>		G _{ca} [GPa]	G _m [GPa]	G _{s0,1} [GPa]	G [GPa]	τ _{l10} [MPa]	τ _{p 0,015} [MPa]																																																																																
G _{ca} [GPa]	G _m [GPa]	G _{s0,1} [GPa]	G [GPa]	τ _{l10} [MPa]	τ _{p 0,015} [MPa]																																																																																		
4. Observații și concluzii																																																																																							

L6 VERIFICAREA SĂGEȚILOR LA O GRINDĂ ÎN CONSOLĂ

1. Considerații teoretice asupra lucrării

Se consideră o grindă încastrată la un capăt și acționată de o sarcină concentrată P . Sub acțiunea sarcinii P grinda se va deforma.

Vom considera următoarele cazuri:

a) Sarcina P acționează în secțiunea (2), pentru care trebuie calculată săgeata în secțiunea (1), fig. 6.1.a. La rezolvarea acestei probleme se utilizează metoda Mohr-Maxwell. Cu notațiile din fig. 6.1.a, funcțiile moment încovoietor produse de sarcina P , respectiv de forța unitară, din secțiunea x , sunt:

$$M = -P \cdot (a - x); \quad m = -1 \cdot (b - x)$$

Substituind aceste funcții în ecuația săgeții, dată de relația Mohr-Maxwell, se obține:

$$V_{12} = \int_1^2 \frac{M \cdot m}{E \cdot I} \cdot dx = \frac{P}{E \cdot I} \cdot \int_0^b (a - x) \cdot (b - x) \cdot dx = \frac{P \cdot b^2}{6 \cdot E \cdot I} \cdot (3 \cdot a - b) \quad (6.1)$$

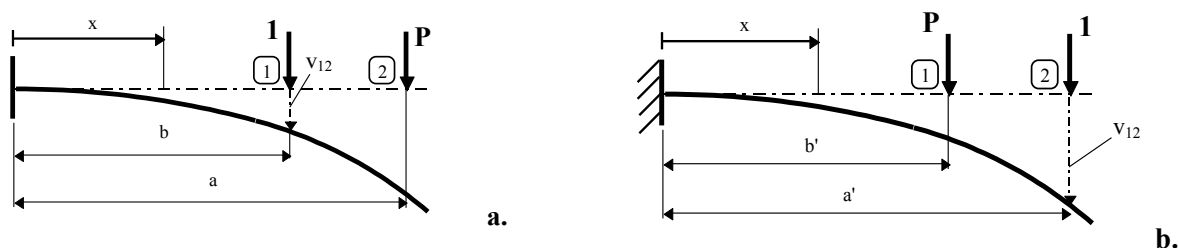


Fig. 6.1

b) Sarcina P acționează în secțiunea (1) pentru care trebuie calculată săgeata în secțiunea (2), fig. 6.1.b. Funcțiile moment încovoietor produse de sarcina P , respectiv de forța unitară din secțiunea x , sunt:

$$M = -P \cdot (b' - x); \quad m = -1 \cdot (a' - x),$$

iar săgeata din secțiunea (2) va fi:

$$V_{21} = \int_1 \frac{M \cdot m}{E \cdot I} dx = \frac{P}{E \cdot I} \int_0^{b'} (a' - x)(b' - x) dx = \frac{P \cdot b'^2}{6 \cdot E \cdot I} (3 \cdot a' - b') \quad (6.2)$$

După cum se poate observa, s-a obținut aceeași expresie atât pentru săgeata din secțiunea (1) produsă de acțiunea sarcinii P în secțiunea (2) cât și pentru săgeata din secțiunea (2) când P acționează în secțiunea (1); respectiv s-a găsit că:

$$V_{12} = V_{21} \quad (6.3)$$

Această relație exprimă teorema reciprocității deplasărilor (sau teorema lui Maxwell).

2. Aparat utilizat

a) Dispozitivul de încărcat grinda în consolă (fig. 6.2) compus din:

1. - cadru,
2. - rigla suport a comparatorului,
3. - pârghia de fixare a comparatorului,
4. - bara din oțel (de arc) cu secțiune circulară constantă,
5. - sistemul de aplicare a sarcinii.

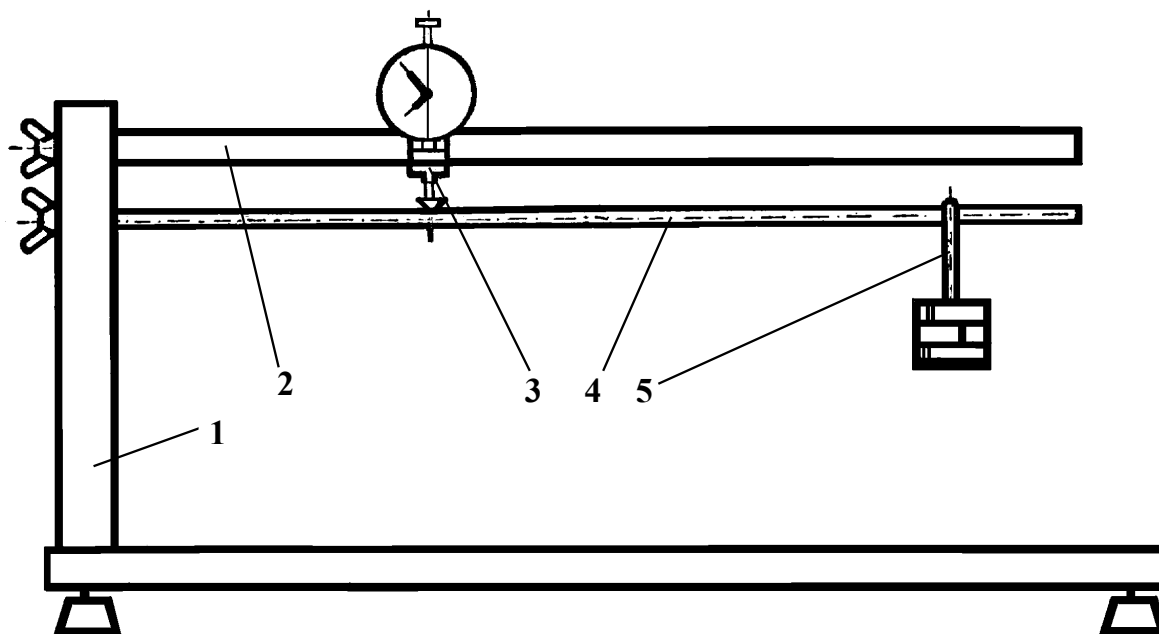


Fig. 6.2

b) Comparatorul.

3. Modul de lucru.

În cadrul lucrării se vor urmări:

- verificarea deformațiilor calculate cu relațiile (6.1) sau (6.2);
- verificarea reciprocității deplasărilor;
- trasarea fibrei medii deformate.

3.1. Verificarea deformațiilor calculate cu relațiile (6.1) și (6.2)

a) Se măsoară diametrul barei (4) după două direcții perpendiculare și apoi se calculează I_z net.

b) Se calculează săgeata cu una din relațiile (6.1) sau (6.2). Valorile obținute se trec în tabelul (6.1).

c) Pentru determinarea experimentală a săgeții se poziționează comparatorul și sistemul de aplicare al sarcinii astfel încât mărimile a și b să aibă aceleași valori ca la punctul b. Se repetă încărcarea și descărcarea barei cu aceeași sarcină de trei ori. Săgețile corespunzătoare se trec în tabelul (6.1). Utilizând valorile citite se calculează valoarea medie a săgeții cu relația:

$$V_{em} = \frac{\sum_{i=1}^n V_{ei}}{n} \quad (6.3)$$

d) Se compară valoarea obținută analitic cu cea determinată experimental și se stabilește eroarea în procente.

$$E_m = 100 \cdot \frac{V_a - V_{em}}{V_a} \quad (6.4)$$

e) Se face o nouă verificare încărcând bara conform figurii 6.1.b. Valorile obținute se trec în tabelul 6.1.

3.2. Verificarea reciprocității deplasărilor

Utilizând valorile determinate experimental și trecute în tabelul 6.1, se va verifica relația 6.3 astfel:

Se compară valorile medii ale săgeților determinate experimental la punctul 6.3.1. stabilindu-se eroarea de reciprocitate în procente:

$$E_r = 100 \cdot \frac{V_{12} - V_{21}}{V_{12}} \quad (6.5)$$

3.3. Determinarea fibrei medii deformatate și trasarea acesteia

Se aleg pe bară un număr de 6...10 secțiuni. În una din aceste secțiuni se aplică sarcina (de exemplu secțiunea nr. 5). În celelalte secțiuni se măsoară săgețile. Ținând seama de faptul că este mult mai comod să se schimbe punctul de aplicare al sarcinii iar comparatorul să fie menținut în același punct se va proceda astfel:

Se va monta comparatorul în secțiunea nr. 5, iar în celelalte secțiuni se va aplica sarcina.

În secțiunea nr. 5 săgețile măsurate vor fi $f_{51}, f_{52}, \dots, f_{5..10}$, conform teoremei reciprocității deformațiilor $f_{51}=f_{15}, f_{52}=f_{25}, \dots$ etc. Aceste valori împreună cu cele calculate analitic se trec în tabelul 6.2.

Utilizând datele determinate experimental și analitic se va trasa fibra medie deformată. Cele două curbe vor fi trasate pe același format.

Observație:

- a) Distanțele $a_{\min}$ respectiv $b_{\min}$ trebuie să fie mai mari decât 200 mm deoarece se obțin săgeți foarte mici și ca atare erorile pot fi mari.
- b) Sarcina maximă să nu depășească 25 N.
- c) Dacă erorile calculate cu relația (6.4) depășesc valoarea de 10 % trebuie refăcut calculul sau măsurătoarea.

UNIVERSITATEA „LUCIAN BLAGA” DIN SIBIU FACULTATEA DE INGINERIE „HERMANN OBERTH” CATEDRA BAZELE PROIECTĂRII MAȘINILOR LABORATORUL DE REZISTENȚA MATERIALELOR				VERIFICAREA DEFORMAȚIILOR DE ÎNCOVOIERE			
Student..... Anul.....Grupa..... Data.....							
1. Scopul lucrării							
2. Schița dispozitivului							
3. Rezultate Tabelul 6.1							
P [N]	Distanța [mm]		Nr. crt.	Experimental		Analitic V _a [mm]	Eroarea [%]
				V _e [mm]	V _{med} [mm]		
	a	b	1.				
			2.				
			3.				
	a'	b'	1.				
			2.				
			3.				
Tabelul 6.2							
P [N]	b [mm]	Nr. crt	a [mm]	v _e [mm]	v _a [mm]		
		1.					
		2.					
		3.					
		4.					
		5.					
		6.					
		7.					
		8.					
4. Observatii si concluzii							

L7-9 TENSOMETRIE ELECTRICĂ REZISTIVĂ

1. Considerații teoretice asupra lucrării

1.1. Tensometrie

Deformațiile locale ale unei piese sunt mărimi foarte mici ce pot fi măsurate numai cu ajutorul unor aparate de măsură special construite numite **tensometre**. Acestea se compun, în general, din trei părți: sistem de preluare a deformațiilor între două puncte, sistem de amplificare și sistem de afisare.

Tensometria electrică este o metodă de măsurare a deformațiilor de pe suprafața unui element de rezistență solicitat, folosind un **traductor** ca sistem de preluare a deformațiilor ce transformă variația de lungime în variația unei mărimi electrice, un amplificator electronic și un aparat de măsură electric pentru afisarea deformațiilor amplificate. În lucrarea de față se utilizează traductoare rezistive.

Tensometria electrică și în special cea rezistivă a cunoscut o largă dezvoltare în ultimii ani datorită importanței avantajelor pe care le prezintă: metoda este nedistructivă, permite executarea de măsurări în condiții de funcționare a pieselor, asigură prin aparatură electronică specifică o precizie și o sensibilitate superioară celorlalte metode, permite o înregistrare cu aparatură electronică adecvată a fenomenelor cu variație rapidă și în cazul unui număr mare de măsurări, prețul de cost pe măsurare este inferior metodelor mecanice, optice, pneumatice, etc.

1.2. Traductoarele electrice rezistive

Traductorul electric rezistiv este un rezistor constituit din unul sau mai mulți conductori metalici, având secțiunea foarte mică, lipit de un suport pentru protecție și o bună manipulare (fig. 7.1).

Traductoarele cele mai utilizate au lungimea activă (baza) între 2 și 20 mm; au forma rețelei din fig. 7.2; sunt confecționate din constantan sau alte aliaje special elaborate pentru acest scop și sunt lipite pe suport din poliamidă, hârtie sau rășină expodică; au rezistență de 120 sau 350 Ω și se autocompensează între 10° și 65°C.

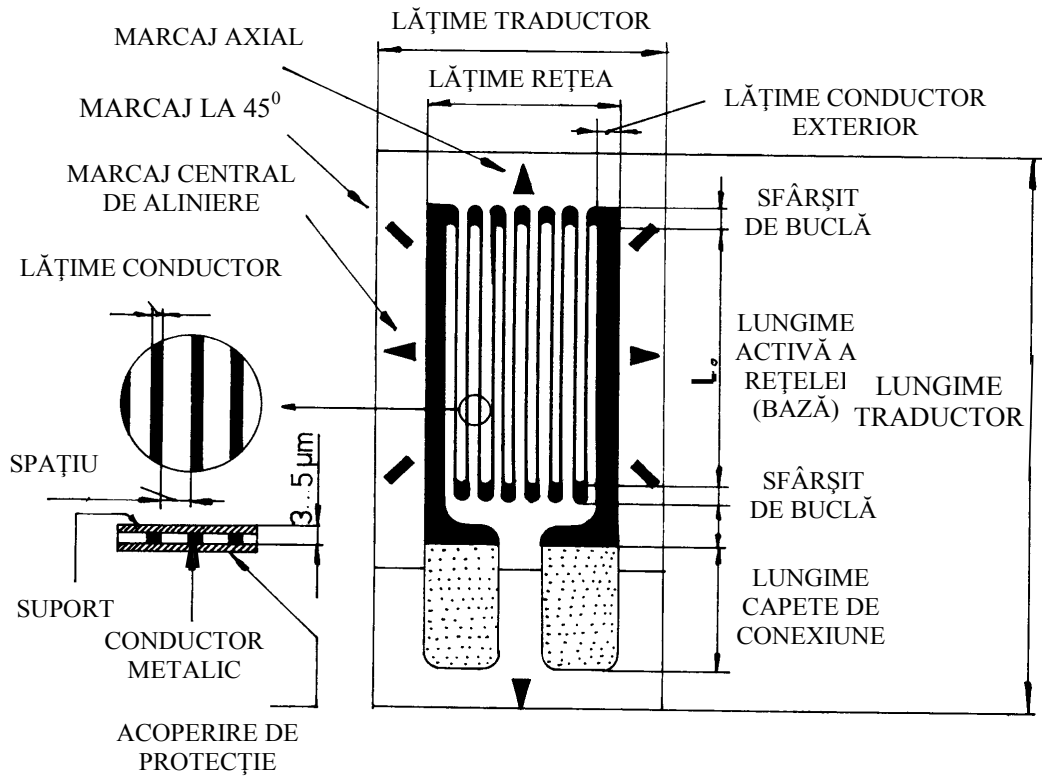


Fig. 7.1

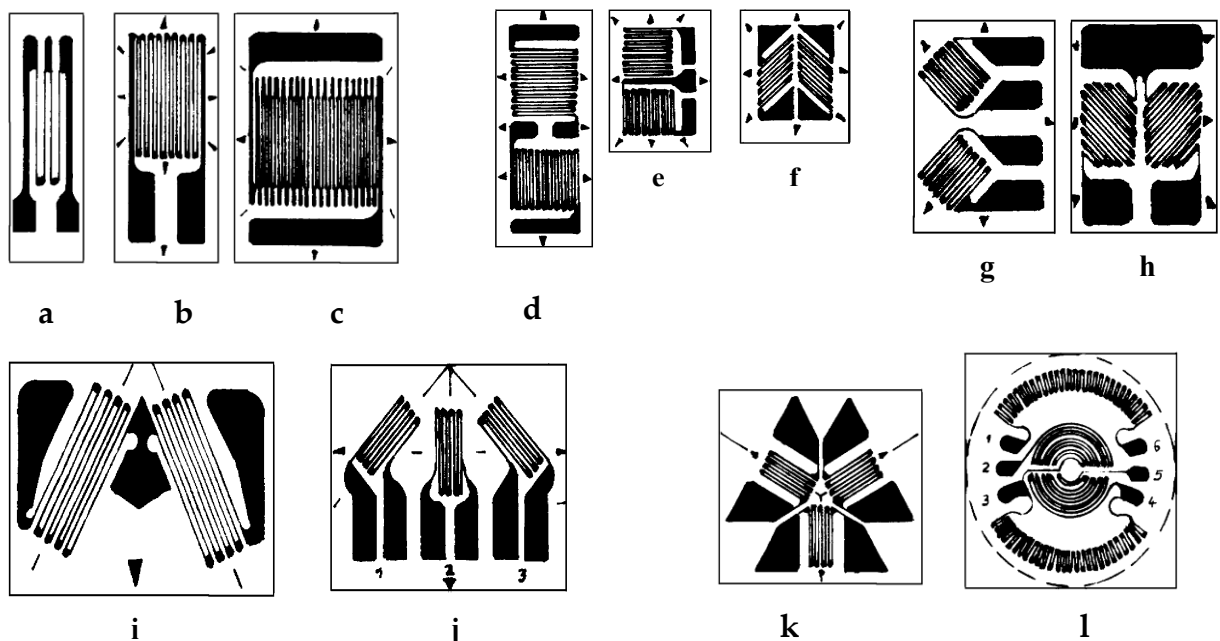


Fig. 7.2

Traductorul tensometric se lipește pe suprafața bine curățată și degresată a piesei de studiat cu ajutorul unui adeziv adecvat. În această situație cea mai mică lungire a suprafeței piesei de care s-a lipit TER, produce o mică schimbare a rezistenței traductorului. Experimental s-a constatat că **variația relativă a rezistenței este proporțională cu variația lungirii specifice**, adică:

$$\frac{\Delta R}{R} = k \cdot \frac{\Delta L}{L} = k \cdot \varepsilon \quad (7.1)$$

unde prin k s-a notat **constanta traductorului**.

1.3. Puntea tensometrică și montajul în punte

Întrucât deformațiile specifice sunt mici, rezultă variații mici de rezistență a traductorului - de miimi de ohmi. Pentru măsurarea acestora, traductorul se montează în brațul unei punți Wheatstone și semnalul rezultat din dezechilibrarea punții este amplificat și citit pe cadranul indicator al unui aparat numit **punte tensometrică electrică** (aceasta se numește uzual punte tensometrică sau tensometru electronic). Schema bloc a unei punți tensometrice este prezentată în fig. 7.3.a.

Deformația specifică se determină cu relația:

$$\varepsilon = \frac{2}{k} \cdot \frac{\Delta i}{S}, \quad (7.2)$$

unde:

k - constanta traductorului (dată de fabricant);

$\Delta i = i_1 - i_0$ - diferența dintre valorile citite pe instrumentul punții la sarcinile $P = P_1$ și $P = P_0$;

S - factorul de sensibilitate al montajului.

Relația de mai sus corespunde unor punți tensometrice utilizate în laboratorul de rezistență, ce sunt calibrate prin construcție pentru $k=2$. Dacă se utilizează o altă punte tensometrică la care se poate introduce valoarea constantei k , atunci pentru determinarea deformației specifice se utilizează relația:

$$\varepsilon = \frac{\Delta i}{S} \quad (7.2.a)$$

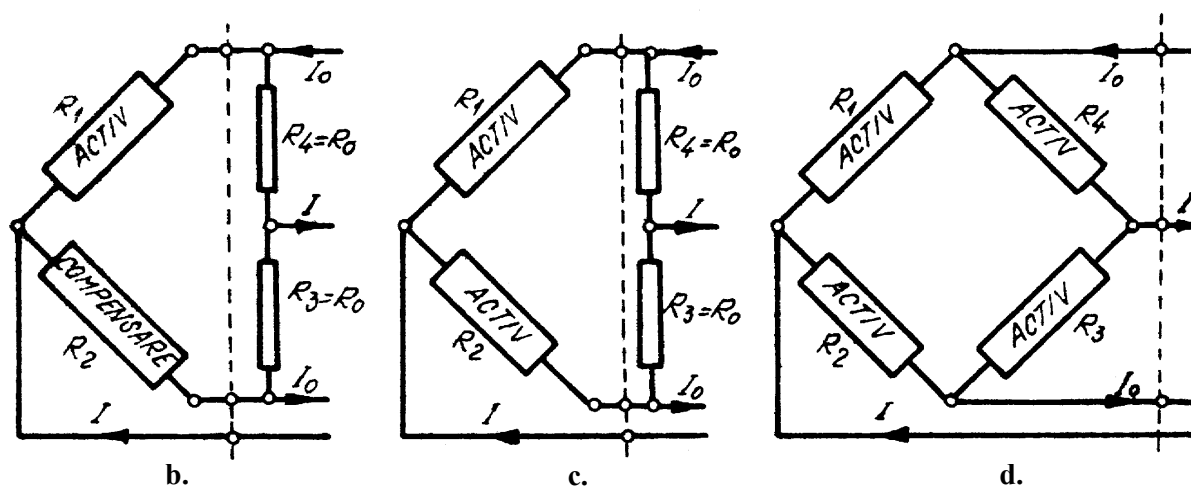
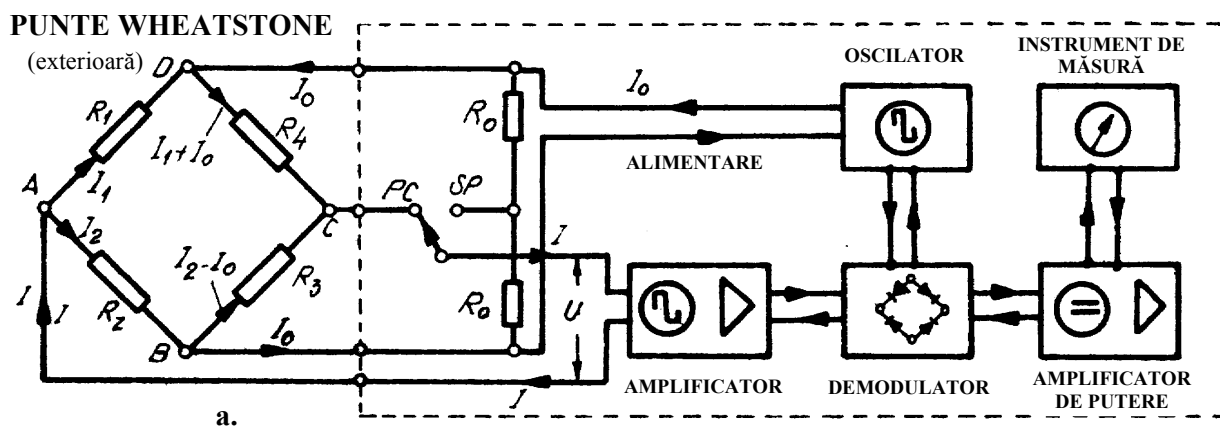


Fig. 7.3

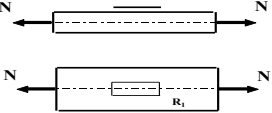
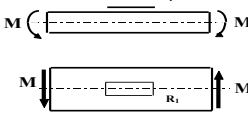
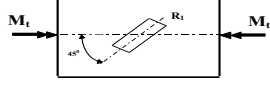
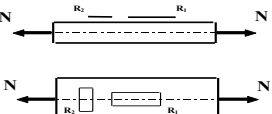
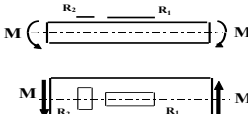
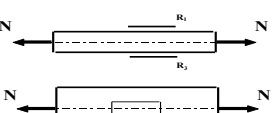
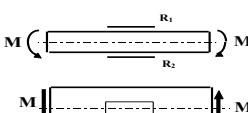
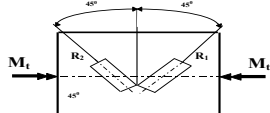
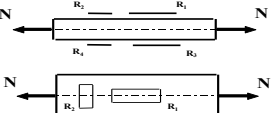
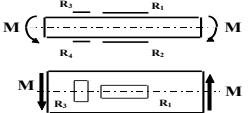
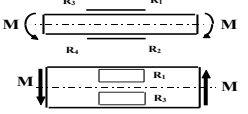
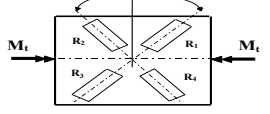
Valoarea măsurată, i , se citește $\mu\text{m/m}$ (10^{-6} mm/mm) drept urmare la calcule se va înmulți cu 10^{-6} pentru a obține deformatia în m/m .

Factorul de sensibilitate al montajului depinde numărul traductorilor activi montați în punte, de modul de aranjare în punte și de felul solicitării. Astfel, $S=1$ pentru un **sfert de punte** (fig. 7.3.b) când din cele patru brațe ale punții **numai brațul R_1 este activ**, celelalte brațe sunt rezistențe constante: $R_2 = R_1$, $R_3 = R_4 = R_0$.

Deoarece rezistența R_1 a traductorului activ se modifică cu variația temperaturii, pentru ca aceasta să nu falsifice rezultatele măsurătorilor, pe o bucată din același material cu piesa solicitată, se lipește traductorul $R_2 = R_1$, care se numește în acest caz **traductor de compensare**. Pentru a compensa variația temperaturii trebuie ca piesa cu R_2 lipită pe aceasta să se așeze în aceleași condiții de temperatură cu R_1 .

În tabelul 7.1 se dau factorii de sensibilitate, funcție de modul de aplicare a traductorilor în cazul solicitării la întindere, compresiune, încovoiere și răsucire.

Tab. 7.1

FELUL PUNȚII	S	ÎNTINDERE SAU COMPRESIUNE	ÎNCOVOIERE	RĂSUCIRE
SFERT DE PUNTE	1			
SEMI- PUNTE	1+ U			---
	2			
PUNTE ÎNTREAGĂ	2+2 U			---
	4	---		

Dacă se utilizează montajul de semipunte (fig. 7.3.c) sau punte întreagă (fig. 7.3.d) se realizează atât compensarea termică cât și un coeficient de sensibilitate sporit așa cum rezultă din tabelul 7.1.

Tensiunile reale maxime din locul unde s-a măsurat deformarea cu ajutorul traductorului se pot determina cu relațiile:

$$\sigma_m = E \cdot \varepsilon = \frac{2 \cdot E}{k} \cdot \frac{\Delta_i}{S} \quad (7.3.a)$$

$$\sigma_m = 2 \cdot G \cdot \varepsilon = \frac{4 \cdot G}{k} \cdot \frac{\Delta_i}{S} \quad (7.3.b)$$

unde: E este modulul de elasticitate longitudinal, iar G este modulul de elasticitate transversal pentru materialul pe care s-a lipit traductorul.

Relația (7.3.a) se folosește pentru determinarea tensiunilor principale (σ_1 sau σ_2) de pe o direcție principală, produse de un efort (N , M respectiv T , M_t). De aceea traductoarele cu o singură rețea (fig. 7.2.a,b,c) se utilizează frecvent pentru stări de tensiune produse de solicitări simple la care se cunosc direcțiile principale (vezi tabelul 7.1) și se aplică numai pe aceste direcții.

Pentru starea plană de tensiune se utilizează traductoarele cu două sau mai multe rețele dispuse pe două sau mai multe direcții, numite **rozete**.

Când se cunosc direcțiile tensiunilor principale se folosesc traductoarele cu două rețele dispuse perpendicular una pe alta (fig. 7.2.d ... h). Acestea se lipesc pe elementele de rezistență cu rețelele dispuse pe direcțiile principale cunoscute.

Pe cele două direcții principale, prin încărcare, se vor citi la puntea tensometrică indicațiile Δi_1 și Δi_2 . Valorile tensiunilor principale, pe cele două direcții principale se vor obține din legea lui Hooke generalizată pentru starea plană de tensiune:

$$\sigma_1 = \frac{\varepsilon_1 + \nu \cdot \varepsilon_2}{1 - \nu^2} \cdot E \quad \sigma_2 = \frac{\varepsilon_2 + \nu \cdot \varepsilon_1}{1 - \nu^2} \cdot E \quad (7.4)$$

în care:

$$\varepsilon_1 = \frac{2}{k} \cdot \frac{\Delta i_1}{S} \quad \varepsilon_2 = \frac{2}{k} \cdot \frac{\Delta i_2}{S}$$

- E - modul de elasticitate longitudinal;
- ν - coeficient de contracție transversală.

Dacă nu se cunosc direcțiile principale, este necesar să se utilizeze rozete cu cel puțin trei traductoare, ce sunt dispuse pe direcții diferite.

Astfel, dacă se utilizează o **rozetă în evantai cu trei traductoare la 45°** unul față de altul (fig. 7.2.j) și se măsoară lungirile specifice pe cele trei direcții ε_1 , ε_2 și ε_3 ; tensiunile principale și direcțiile principale rezultă din relațiile:

$$\sigma_1, \sigma_2 = \frac{E}{2} \cdot \frac{\varepsilon_a + \varepsilon_b}{1 - \nu} \pm \frac{1}{1 + \nu} \sqrt{(\varepsilon_a - \varepsilon_b)^2 + 2 \cdot (\varepsilon_b - \varepsilon_a - \varepsilon_c)^2}$$

$$\alpha_1(\alpha_2) = \frac{1}{2} \cdot \operatorname{arctg} \left(\frac{2 \cdot \varepsilon_b - \varepsilon_a - \varepsilon_c}{\varepsilon_a - \varepsilon_c} \right) \quad (7.5)$$

Dacă se utilizează o rozetă în stea cu traductoarele la 120° (fig. 7.2.k) sau în **triunghi echilateral** și se măsoară lungirile specifice pe cele trei direcții e_1 , e_2 și e_3 ; tensiunile principale și direcțiile principale se obțin cu relațiile:

$$\sigma_1, \sigma_2 = \frac{E}{3} \cdot \frac{\varepsilon_a + \varepsilon_b + \varepsilon_c}{1 - \nu} \pm \frac{1}{1 + \nu} \sqrt{(2 \cdot \varepsilon_a - \varepsilon_b - \varepsilon_c)^2 + 3 \cdot (\varepsilon_b - \varepsilon_c)^2}$$

$$\alpha_1(\alpha_2) = \frac{1}{2} \cdot \operatorname{arctg} \left(\frac{\varepsilon_a - \varepsilon_b}{2 \cdot \varepsilon_a - \varepsilon_b - \varepsilon_c} \right) \cdot \sqrt{3} \quad (7.6)$$

2. Dispozitive și aparate

2.1. Dispozitive de etalonare a traductoarelor rezistive

O lamelă de secțiune dreptunghiulară lungă de 600 mm, de secțiune dreptunghiulară $40 \times 4 \text{ mm}^2$ din oțel de arc călit este simplu rezemată în suportul dispozitivului și poate fi încărcată la cele două capete cu momente încovoietoare egale, pozitive, printr-un sistem de pârghii.

Pe lamelă, între două puncte aflate la distanță $L=400 \text{ mm}$, se poate așeza un dispozitiv de măsurare a săgeții. La mijlocul acestui dispozitiv se fixează un comparator ce măsoară săgeata f , în mm, a lamelei (fig. 7.4).

Pe suprafața superioară și inferioară a lamelei sunt aplicate traductoarele tensometrice rezistive. Pe o lamelă identică cu aceasta, aflată pe suportul dispozitivului, sunt aplicate traductoarele de compensare.

Momentul de încovoiere este constant, astfel că lamelele se deformează descriind un arc de cerc cu raza R . Teorema înălțimii pentru lamela deformată (fig. 7.4) este:

$$\left(\frac{L}{2} \right)^2 = f(R - f)$$

Întrucât f^2 , în comparație cu $R \cdot f$ și $\frac{L^2}{4}$, este foarte mic se neglijează și se

obține relația: $R = \frac{L^2}{8 \cdot f} = \frac{400^2}{8 \cdot f} = \frac{20.000}{f} \text{ [mm]}$

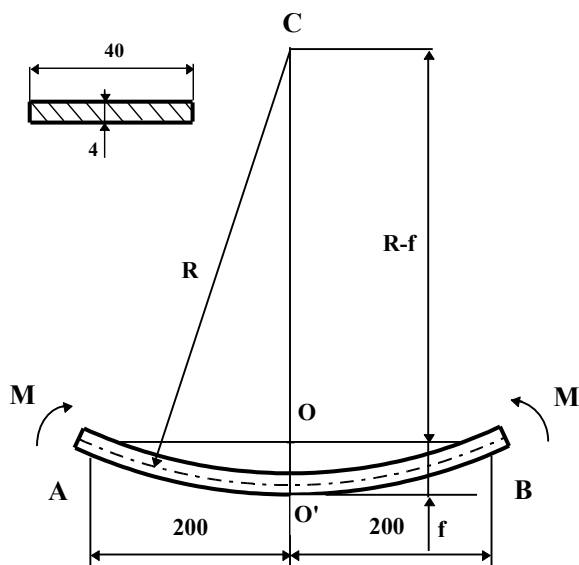


Fig. 7.4

Alungirea specifică a fibrelor extreme ale lamelei sollicitate la încovoiere, pentru valorile date în fig. 7.4. rezultă:

$$\varepsilon = \frac{y_{\max}}{R} = \frac{2 \cdot 10^6}{20.000} \cdot f = 100 \cdot f \quad (7.7)$$

Alungirea măsurată la indicatorul puntii tensometrice pentru constanta $k=2$, este:

$$\varepsilon = i_1 - i_{10} = \Delta i.$$

Înlocuind în relația (7.2) și ținând seama de (7.7) se obține relația:

$$\varepsilon = \frac{2}{k} \cdot \frac{\Delta i}{S} = \frac{2}{100 \cdot f} \cdot \frac{\Delta i}{S} = \frac{\Delta i}{50 \cdot f \cdot S} \quad (7.8)$$

ce se utilizează la etalonarea traductoarelor.

Dispozitivul descris mai sus se mai utilizează și pentru determinarea coeficientului de contracție transversală. După STAS 10.290-75, coeficientul **de contracție transversală medie** este media aritmetică a valorilor coeficientului de contracție transversală de coardă determinat pentru primele n trepte de încărcare succesivă, sub limita de proporționalitate.

$$\nu_{\text{med}} = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^n \frac{(\varepsilon_{\text{tr}})_i}{\varepsilon_i} = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^n \frac{(\Delta i_{\text{tr}})_i}{(\Delta i_e)_i} \quad (7.9)$$

Alungirile specifice $(\varepsilon)_i$ și contracțiile transversale $(\varepsilon_{\text{tr}})_i$ se vor determina experimental prin utilizarea a 4 traductoare lipite simetric pe cele două fețe ale lamelei: două după direcția longitudinală și alte două după direcția transversală. Traductoarele longitudinale sunt montate în semipunte (fig. 7.3.c) și sunt conectate la o punte tensometrică. Traductoarele transversale, montate și ele în semipunte sunt conectate la o altă punte tensometrică. În ambele cazuri factorul de sensibilitate este 2 (v. tab. 7.1).

2.2. Recipient sub presiune

Starea plană de tensiune se evidențiază pe un recipient cu perete subțire compus dintr-un tronson cilindric, un fund sferic, un tronson conic și un capac paralelipipedic, fig. 7.5.

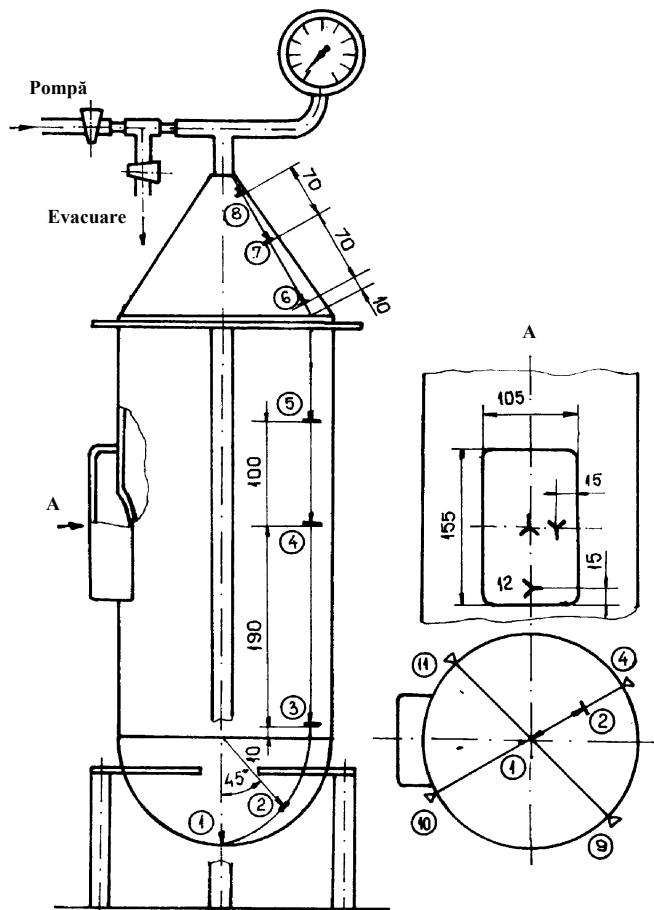


Fig. 7.5

Pe suprafața cilindrică și conică au fost aplicate diferite rozete, orientate astfel ca una din direcții să coincidă cu generatoarea recipientului. Pe o suprafață a recipientului au fost aplicate rozete cu trei traductoare. Dimensiunile recipientului și poziția punctelor în care s-au aplicat rozetele tensometrice, precum și orientarea acestora sunt prezentate în figura 7.5. Caracteristicile traductoarelor vor fi precizate înainte de începerea lucrării.

2.3. Aparat pentru solicitări simple

Aparatul prezentat schematic în fig. 7.6, este utilizat pentru efectuarea încercărilor la tracțiune, răsucire și încovoiere.

Încercările se efectuează pe bare (epruvete) de construcție specială astfel ca acestea să poată fi prinse în dispozitivele aparatului.

Acestea se compun din următoarele părți principale:

1. cadru dreptunghiular din oțel;
2. surub pentru acționarea barei solicitate;
3. pârghie ce amplifică acțiunea;
4. tijă de legătură;
5. element (dispozitiv) de legătură;
6. dinamometru cu ceas comparator;
7. bară (epruvetă).

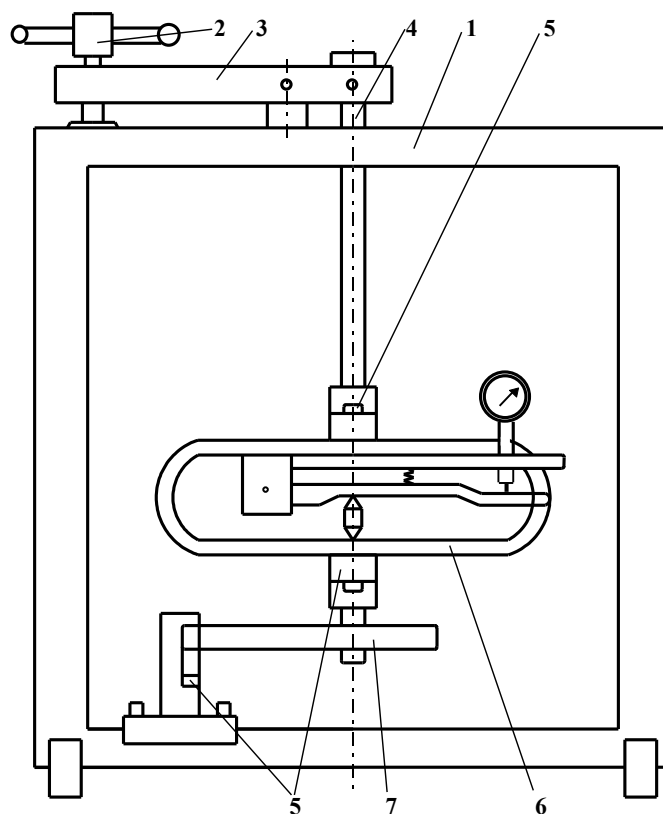


Fig. 7.6

3. Puntea tensometrică

În laboratorul de rezistența materialelor se utilizează, pentru măsurarea deformațiilor specifice, un tensometru electronic cu 6 canale (punti tensometrice), tip 2302 (de fabricație românească, EMI) ce se alimentează de la rețea (220 V, 50 Hz).

Deformațiile, alungirile specifice sunt indicate în $\mu\text{m}/\text{m}$ de către aparatul de măsură al tensometrului.

Pe placa frontală a tensometrului (fig. 7.7) se disting următoarele:

1. "RETEA" - contact de punere în funcțiune al tensometrului;
2. "PORNIRE" - contactor de punere în funcțiune a unei puncti tensometrice;
3. "FAZA" - echilibrare capacitivă;
4. Comutator "ETALONARE";
5. Comutator "SCĂRI";
6. Potențiometrul pentru "ECHILIBRARE R-BRUT";

7. Potențiomtru pentru "ECHILIBRARE R-BRUT";
8. Potențiomtru pentru "ECHILIBRARE R-FIN";
9. Potențiomtru pentru reglarea fazei tensiunii pilot;
10. Potențiomtru pentru reglarea fazei tensiunii pilot;
11. Potențiomtru pentru "AMPLIFICARE";
12. Comutator si potențiomtru pentru "ECHILIBRARE C-BRUT";
13. Comutator si potențiomtru pentru "ECHILIBRARE FIN";
14. Comutator pentru stabilirea "CONFIGURATIA PUNTII" formată din traductori rezistivi;
15. Comutator pentru instrumentul de măsurat;
16. Comutator pentru schimbarea canalelor.

Pe placa din spate fig. 7.7.b a tensometrului se disting următoarele:

17. Potențiomtru de "REGLAJ SARCINĂ" pentru adaptarea rezistenței de sarcină la ieșirea în curent [mA];
18. Mufă "IEȘIRE" pentru conexiuni;
19. Mufă prin care se conectează la punte "TRADUCTOARELE".

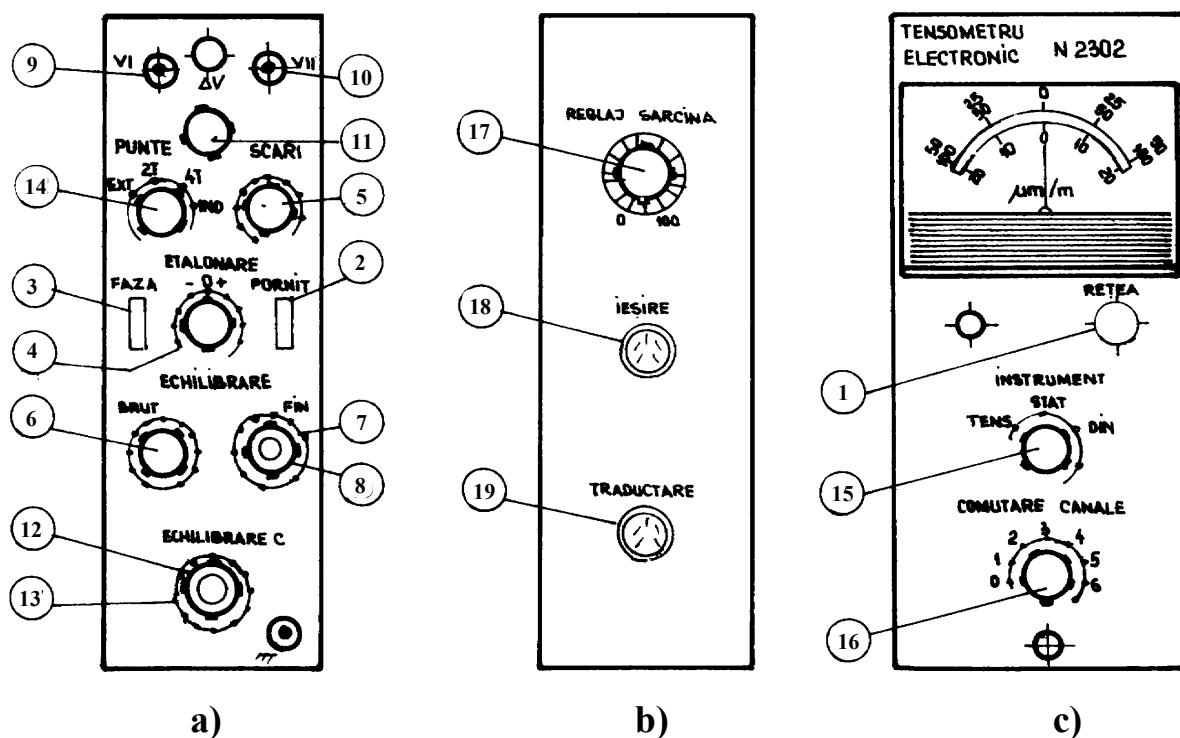


Fig. 7.7

4. Determinări si mod de lucru

În cadrul acestor lucrări se vor determina:

- a) valoarea constantei traductorului (etalonarea traductorului);
- b) valoarea coeficientului de contracție transversală;
- c) valorile tensiunilor în diferite puncte de pe suprafața unui recipient sub presiune;
- d) valoarea modulului de elasticitate longitudinal E ;
- e) valoarea modulului de elasticitate transversal G ;

4.1. Pregătirea pentru măsurare:

- a. Se conectează mufele traductorilor (activi si compensare) la mufa "TRADUCTOARE" (19) a punților;
- b. Se comută "CONFIGURATIA PUNTII" (14) pe 2 T (doi traductori atât în sfert de punte cât si în semipunte);
- c. Se pun comutatoarele "SCĂRI" (5) si "ETALONARE" (4) pe pozitia "0";
- d. Se controlează si ajustează poziția "ZERO" a instrumentului;
- e. Se conectează alimentarea aparatului, butonul (15) pe "START";
- f. Se echilibrează astfel: prin rotire în sens orar al comutatorului "SCĂRI" până se obține o deviație suficientă a acului instrumentului si apoi se acționează consecutiv "ECHILIBRARE" R (6, 7, 8) si (12, 13), (cu si fără apăsare pe butonul "FAZĂ") până ce acul instrumentului se aduce de fiecare dată la zero. Ultima ajustare se face pentru scara de măsurare;
- g. Se etalonează cu ajutorul comutatorului "ETALONARE" (4) si a potențimetrului "AMPLIFICARE" (11) astfel ca pentru "SCARA" utilizată (100, 200, 500, 1000 ...) acul indicator al instrumentului să fie adus la capătul scării. În acest caz valoarea înscrisă la scări este indicată, de ac, la capătul scării. Etalonarea se execută pentru cele două capete ale scărilor, din stânga ei si din dreapta, prin rotirea butonului "SCĂRI" la "+", respectiv "-";
- h. Se efectuează, numai de cadrul didactic, reglajul fazei tensiunilor.

4.2. Etalonarea traductoarelor

- a. Se așează pe lamela elastică dispozitivul cu ceas comparator și se reglează astfel încât să aibă cursa de + 7 mm după care se aduce acul la zero;
- b. Se efectuează operațiile de la 7.3 și după echilibrare nu se mai modifică poziția butoanelor cu excepția butonului "SCĂRI";
- c. Se solicită lamela elastică prin rotirea manivelei, astfel încât săgeata să crească, de fiecare dată cu câte "un" mm și se trec în tabel indicațiile i_{i-1} - la început și i_i - pentru fiecare creștere a săgeții cu $f = 1$ mm;
- d. Se repetă citirile, din mm în mm, până la $f = 5$ mm, atât la creșterea săgeții cât și la scăderea acesteia;
- e. Se efectuează calculele din tabel și se determină valoarea medie a constantei pentru cele n încercări:

$$k_{med} = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^n k_i .$$

4.3. Determinarea valorii coeficientului de contracție transversală

- a. Se conectează la punți apropiate mufele cu traductoare longitudinale și respectiv transversale de pe lamela elastică;
- b. Se efectuează operațiunile de la 7.4.2.a ...d;
- c. Se efectuează calculele necesare completării formularului;
- d. Se compară valoarea v_{med} cu $v = 0,3$ utilizate la curs, se fac observații și se trag concluzii.

4.4. Determinarea tensiunilor pe suprafața unui recipient sub presiune

- a. se conectează la punte mufele traductoare din cel puțin 4 puncte: două traductoare cu două rețele și două cu trei rețele;
- b. se efectuează operațiile de la 7.3 pentru fiecare traductor când $p = 0$ (recipient fără presiune). După efectuarea echilibrărilor se verifică dacă sarcina pentru presiunea $p = 0$ acul indicator arată "0", ($i_0 = 0$) pentru fiecare rețea, în caz contrar se reechilibrează;

c. se execută cel puțin trei încărcări și descărcări, citindu-se și notându-se, pentru fiecare rețea valorile i_0 și i_1 și determinându-se diferența $\Delta i = i_1 - i_0$ ce se trece în tabel. Dacă una din indicații are abateri mari față de medie, se repetă măsurarea;

d. se efectuează calculele necesare pentru completarea tabelului de la nr. 4 al formularului;

e. se calculează valorile tensiunilor cu relațiile învățate la cursul de rezistența materialelor și se compară cu cele determinate experimental. Se notează observațiile.

4.5. Determinarea modului de elasticitate longitudinal E

Modulul de elasticitate longitudinal E poate fi determinat fie pe o bară sollicitată la tracțiune fie pe grindă de egală rezistență sollicitată la încovoiere. În ambele cazuri se determină modulul de elasticitate convențional liniar sau secant.

Modulul de elasticitate convențional, conform STAS 10.290-75 este raportul dintre tensiunea și lungirea specifică corespunzătoare (determinată pentru primele n trepte de încărcare succesive sub limita de elasticitate): la metalele care prezintă o porțiune elastică liniară (E), sau care nu prezintă o porțiune elastică liniară (E_s) a curbei caracteristice la tracțiune.

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}, \text{ respectiv } E_s = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (7.10)$$

în care la indicele s (pentru modulul de elasticitate secant) se mai indică și valoarea lungirii specifice ($E_{s0,1}$ pentru $\varepsilon = 0,1$).

Valoarea tensiunii se calculează din raportul dintre efortul în secțiunea respectivă și mărimea geometrică a caracteristicii geometrice a secțiunii.

4.5.1. La bara sollicitată la tracțiune

$$\sigma = \frac{N}{A} \quad (7.11)$$

în care $N=F$ este forța normală corespunzătoare treptei respective de solcitare, iar $A = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$ este aria secțiunii transversale a barei.

Lungirea specifică, în acest caz, se determină experimental prin citirea indicațiilor aparatului, de la tensometrul electronic, corespunzătoare aceleasi trepte F_i de solicitare a barei.

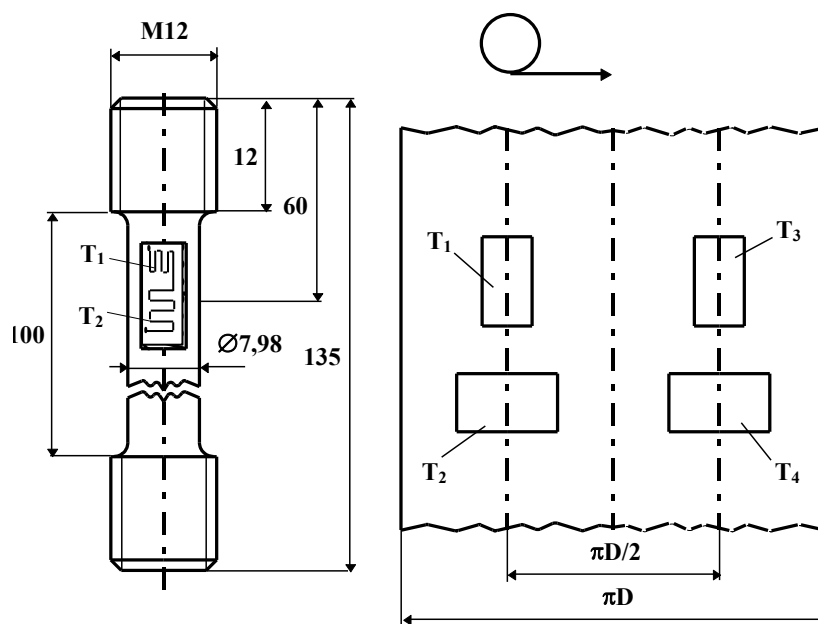


Fig. 7.9

Pentru aceasta, pe bară, în secțiunea mediană, pe două generatoare diametral opuse sunt aplicate două rozete în T, care sunt conectate în punte completă la tracțiune (a se vedea tab. 7.1) și legați la tensometrul electronic ca în fig. 7.3.d.

4.5.2. La grinda de egală rezistență solicitată la încovoiere

$$\sigma = \sigma_{\max} = \frac{M_i}{W_z}$$

în care $M=F \cdot x$ este momentul de încovoiere în secțiunea x măsurată de la punctul de aplicație al forței F , iar W_z este modulul de rezistență a secțiunii respective.

Întrucât lățimea grinzii în secțiunea x este:

$$b = \frac{b_0 \cdot x}{L_0}$$

modulul de rezistență va rezulta:

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{b_0 \cdot h^2 \cdot x}{6 \cdot L_0}$$

iar tensiunea în secțiunea x va fi:

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{F \cdot x}{\frac{b_0 \cdot h^2 \cdot x}{6 \cdot L_0}} = \frac{6 \cdot F \cdot L_0}{h^2 \cdot b_0} \quad (7.12)$$

Lungirea specifică, în acest caz, se citește pe aparatul tensometrului, pentru treapta de încărcare F_i și pentru perechea de traductoare din secțiunea x, ce sunt montați în semipunte la încovoiere (v. tab. 7.1) și conectați la tensometru ca în fig. 7.3.c.

Modulul de lucru, la determinarea modului de elasticitate este următorul:

a. Se determină forța maximă de încărcare a barei pe care se măsoară ($F_{\max}$), pentru care să rezulte $\sigma_{\max} = 0,1\% = 1000 \mu\text{m/m}$ (pentru oțel) și se alege un număr $n = 8 \dots 12$ trepte de încărcare ($F_i = F_1, F_2, F_3 \dots F_n$);

b. Bara pe care se măsoară lungirile specifice se montează în dispozitivele de prindere a acesteia în aparatul de încercat;

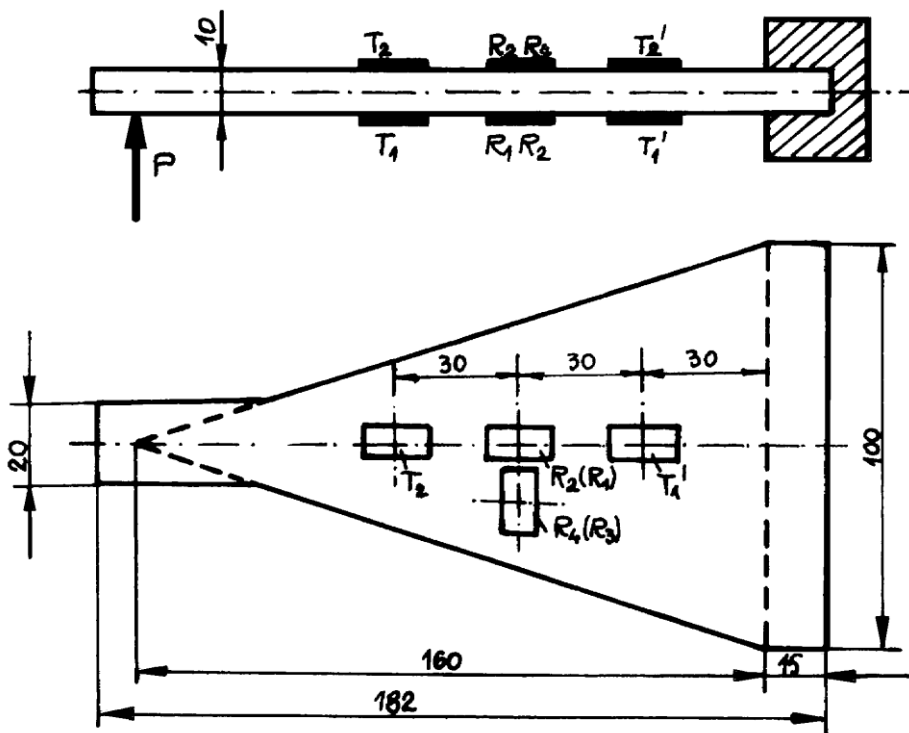


Fig. 7.10

a. Traductoarele din secțiunea x se leagă la tensometrul prin înșurubarea mufei traductoarelor respective la o punte tensometrică;

b. Se efectuează operațiile enumerate în 7.4.1 și după echilibrare nu se modifică poziția butoanelor cu excepția butonului "SCĂRI";

c. Se încarcă bara cu $F_i = F_1, F_2, F_3 \dots F_n$ de trei ori citindu-se la fiecare treaptă de încercare și descărcare indicația aparatului de măsură;

d. Pentru fiecare treaptă de încărcare se calculează tensiunea cu formula (7.11) sau (7.12) și lungirea specifică cu formulele (7.2). Se calculează ε_{med} . Valorile calculate se trec pe formularul lucrării.

4.6. Determinarea modului de elasticitate transversal

Modulul de elasticitate transversal convențional G se determină din raportul dintre tensiunea tangențială maximă și lunecarea specifică maximă de la suprafața unei bare solicate la răsucire.

$$G = \frac{\tau_{max}}{\gamma_{max}} \quad (7.13)$$

Valoarea tensiunii tangențiale maxime se calculează cu relația:

$$\tau_{max} = \frac{M_t}{W_p} = \frac{16 \cdot F \cdot R}{\pi \cdot d^3} \quad (7.14)$$

Lunecarea specifică maximă se determină experimental prin tensometrie electrică rezistivă cu relația:

$$\gamma_{max} = \varepsilon_1 - \varepsilon_2 = 2 \cdot \varepsilon_1 \quad (7.15)$$

Pentru aceasta pe bara de secțiune circulară solicitată la răsucire de $M_t = F \cdot R$, s-au lipit două rozete "solz de pește", formate fiecare din câte două traductoare la 45° față de generatoarea barei, astfel că traductoarele sunt amplasate în secțiunea mediană și pe generatoare diametral opuse. Acestea sunt montate în punte completă (a se vedea tab. 7.1. la răsucire) și sunt conectate la tensometrul electronic ca în fig. 7.3.d.

Operațiile necesare pentru efectuarea lucrării sunt aceleași ca și la determinarea modului de elasticitate E cu deosebirea că se ține seama de formulele (7.2, 7.12, 7.13, 7.14).

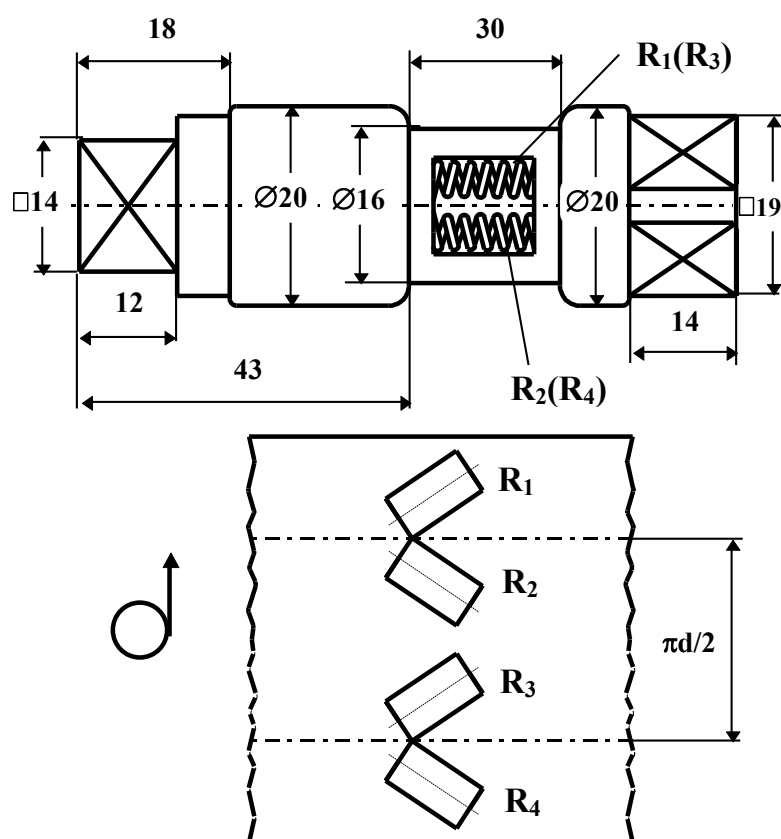


Fig. 7.11

Utilizând formula:

$$G_{\text{med}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n G_i \quad (7.16)$$

se determină modulul de elasticitate mediu a valorilor modulului de elasticitate convențional, determinate pentru primele n trepte de încărcare succesive sub linia de proporționalitate.

Valoarea modulului de elasticitate determinat se compară cu valoarea cunoscută, respectiv dată în manuale ingineresti.

UNIVERSITATEA „LUCIAN BLAGA” DIN SIBIU FACULTATEA DE INGINERIE „HERMANN OBERTH” CATEDRA BAZELE PROIECTĂRII MAȘINILOR LABORATORUL DE REZISTENȚA MATERIALELOR				ETALONAREA TRADUCTOARELOR TENSOMETRICE REZISTIVE		
Student..... Anul.....Grupa..... Data efectuării lucrării.....						
1. Scopul lucrării						
2. Schița aparatului de etalonare				3. Formule de calcul		
				$\Delta i_j = (i_1 - i_{10})_j \quad (1)$ $\varepsilon = k \cdot \frac{\Delta i}{s}; \quad \varepsilon = 100 \cdot f \quad (2)$ $k = \frac{(\Delta i)_j}{50 \cdot f \cdot s} \quad (3)$ $k_{med} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{j=0}^n k_j \quad (4)$		
4. Rezultatele încercărilor:						
Încărcare nr.	Săgeata f [mm]	Alungirea specifică				Constanta traductorului
		Înainte de încărcare e [μm/m]	După încărcare [μm/m]	Măsurată ε _i [μm/m]	Calculată ε [μm/m]	K _j
		Valoarea medie a constantei K _{med} =				
5. Observații și concluzii						

UNIVERSITATEA „LUCIAN BLAGA” DIN SIBIU FACULTATEA DE INGINERIE „HERMANN OBERTH” CATEDRA BAZELE PROIECTĂRII MAȘINILOR LABORATORUL DE REZISTENȚA MATERIALELOR					DETERMINAREA COEFICIENTULUI DE CONTRACȚIE TRANSVERSALĂ ϑ		
Student..... Anul.....Grupa..... Data efectuării lucrării.....							
1. Scopul lucrării							
2. Schița amplasării traductoarelor					3. Formule de calcul		
					$\Delta i_j = (i_1 - i_0)_j \quad (1)$		
					$\varepsilon = \frac{2}{k} \cdot \frac{\Delta i}{s} \quad (2)$		
					$\vartheta = \frac{1}{n} \cdot \sum_{j=0}^n \frac{(\varepsilon_{tr})_j}{(\varepsilon)_j} \quad (3)$		
4. Rezultatele încercărilor							
Săgeată a lamelor f[mm]	Indicațiile punții tensiometrice				Deformații specifice		Coeficientul de contracție transversală $\vartheta = \frac{\varepsilon_{tr}}{\varepsilon}$
	Traductoare long.		Traductoare trans.		Alungir i	Contracție	
	Înainte de încărcare i ₀	După încărcare i ₁	Înainte de încărcare i ₀	După încărcare i ₁	$\varepsilon = \frac{2}{k} \cdot \frac{\Delta i}{s}$	$\varepsilon_{tr} = \frac{2}{k} \cdot \frac{\Delta i_{tr}}{s}$	
						ϑ_{med}	
5. Observații și concluzii							

UNIVERSITATEA „LUCIAN BLAGA” DIN SIBIU FACULTATEA DE INGINERIE „HERMANN OBERTH” CATEDRA BAZELE PROIECTĂRII MAȘINILOR LABORATORUL DE REZISTENȚA MATERIALELOR				DETERMINAREA TENSIUNILOR PRIN TENSOMETRIE ELECTRICĂ						
Student..... Anul.....Grupa..... Data efectuării lucrării.....										
1.Scopul lucrării										
2. Schița amplasării traductoarelor				3. Formule de calcul a) Rozeta în T: $\sigma_1 = \frac{e_1 - \nu \cdot e_2}{1 - \nu^2} \cdot E \quad \sigma_2 = \frac{e_2 - \nu \cdot e_1}{1 - \nu^2} \cdot E \quad (1)$ b) Rozeta în χ și Δ cu traductoare la 120° , respectiv la 60° : $\sigma_1, \sigma_2 = \frac{E}{3} \cdot \left[\frac{e_1 + e_2 + e_3}{1 - \nu} \pm \frac{1}{1 + \nu} \cdot \sqrt{2 \cdot e_1 - e_2 - e_3 + 3 \cdot (e_2 - e_3)^2} \right]$ $\alpha_1(\alpha_2) = \frac{1}{2} \cdot \arctg \left(\frac{e_2 - e_3}{2 \cdot e_1 - e_2 - e_3} \cdot \sqrt{3} \right) \quad (2)$ c) Rozete în evantai la 45° (): $\sigma_1, \sigma_2 = \frac{E}{2} \cdot \left[\frac{e_1 + e_3}{1 - \nu} \pm \frac{1}{1 + \nu} \cdot \sqrt{(e_1 - e_3)^2 + (2 \cdot e_2 - e_1 - e_3)^2} \right]$ $\alpha_1(\alpha_2) = \frac{1}{2} \cdot \arctg \left(\frac{2 \cdot e_2 - e_1 - e_3}{e_1 - e_3} \right)$ k_t = ν = E =						
4. Rezultatele determinărilor										
Punctul de măsurare	Direcția traductorului (v. fig.)	Constanta traductorului k _t	Indicațiile puntii tensiometrice $\Delta i = i_k - i_0 \quad [\mu m / m]$				Alungirea medie $e_m = \frac{k}{s} \cdot \Delta i_m$ $\mu m / m$	Tensiunile principale [N/mm ²]		Unghiul direcției principale ρ_1^0
			I citire	II citire	III citire	Δi_{med}		σ_1	σ_2	
	1									
	2									
	1									
	2									
	1									
	2									
	1									
	2									
	3									
	1									
	2									
	3									
	1									
	2									
	3									

UNIVERSITATEA „LUCIAN BLAGA” DIN SIBIU FACULTATEA DE INGINERIE „HERMANN OBERTH” CATEDRA BAZELE PROIECTĂRII MAȘINILOR LABORATORUL DE REZISTENȚA MATERIALELOR							DETERMINAREA MODULULUI DE ELASTICITATE TRANSVERSAL		
Student..... Anul.....Grupa..... Data efectuării lucrării.....									
1.Scopul lucrării									
2.Schița amplasării traductoarelor pe bară și schema lor de amplasare în punte							3. Valori si formule de calcul $k = \text{-----},$ $s = \text{-----},$ $d = \text{-----}, \text{mm}$ $R = \text{-----}, \text{mm}$ $\tau = \frac{M_t}{W_p} = \frac{16 \cdot P \cdot R}{d^3 \cdot \pi}$ $\varepsilon = \frac{2}{k} \cdot \frac{\Delta i_m}{s}$ $G = \frac{\tau}{\vartheta} = \frac{\tau}{2 \cdot \varepsilon}$ $G_{med} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n G_i$		
4. Rezultatele determinărilor pentru bare solicate la răsucire									
M [N*m]	τ [MPa]	Indicatiile punții tensiometrice $\Delta i = i_k - i_0 \quad [\mu m / m]$					ε [μm]	E [GPa]	Obs.
		I citire	II citire	III citire	IV citire	Δi_m			
5. Observații și concluzii									

L10-12 FOTOELASTICITATE

1.Considerații teoretice asupra lucrării

1.1. Introducere

Determinarea cu precizie a stării de tensiune pe cale analitică se poate obține doar la câteva piese simple și numai în anumite cazuri de încărcare. Pentru marea majoritate a pieselor solicate, distribuția stării de tensiune constituie problema a cărei soluție analitică reclamă dificultăți extrem de costisitoare. Rezistența materialelor găsește soluții analitice pentru multe probleme ingineresti, dar în baza unor ipoteze simplificatoare, care îndepărtează mult soluția analitică de realitate.

Fotoelasticitatea este una din cele mai utilizate metode experimentale ce se utilizează pentru determinarea cu precizie a stării de tensiune în modelele unor piese complicate - și chiar în piese - supuse la diverse moduri de încărcare.

Starea de tensiune se determină prin evidențierea, pe cale optică, a birefrinței accidentale ce apare în modelul fotoelastic solicat, ca efect al deformației elastice. Natura acestei legături dintre lumină (foton) și elasticitatea materialului este oglindită de numele fotoelasticitate.

Această metodă prezintă avantaje deosebite față de celelalte metode experimentale când este utilizată pentru modelele unor piese având o stare plană de tensiune.

1.2. Starea plană de tensiune

Starea plană de tensiune poate fi definită prin tensiunile σ_x , τ_{xy} , σ_y , τ_{yx} într-un sistem oarecare xoy de axe (fig. 10.1.a.), fie prin tensiunile principale σ_1 , σ_2 dirijate după axele principale (fig. 10.1.b) fie prin tensiunile $(\sigma_m, \tau_{\max})$, $(\sigma_m, \tau_{\min})$ dispuse la 45° față de direcțiile principale (fig. 10.1.c).

STAREA PLANĂ DE TENSIUNE

VARIAȚIA TENSIUNILOR ÎN JURUL UNUI PUNCT

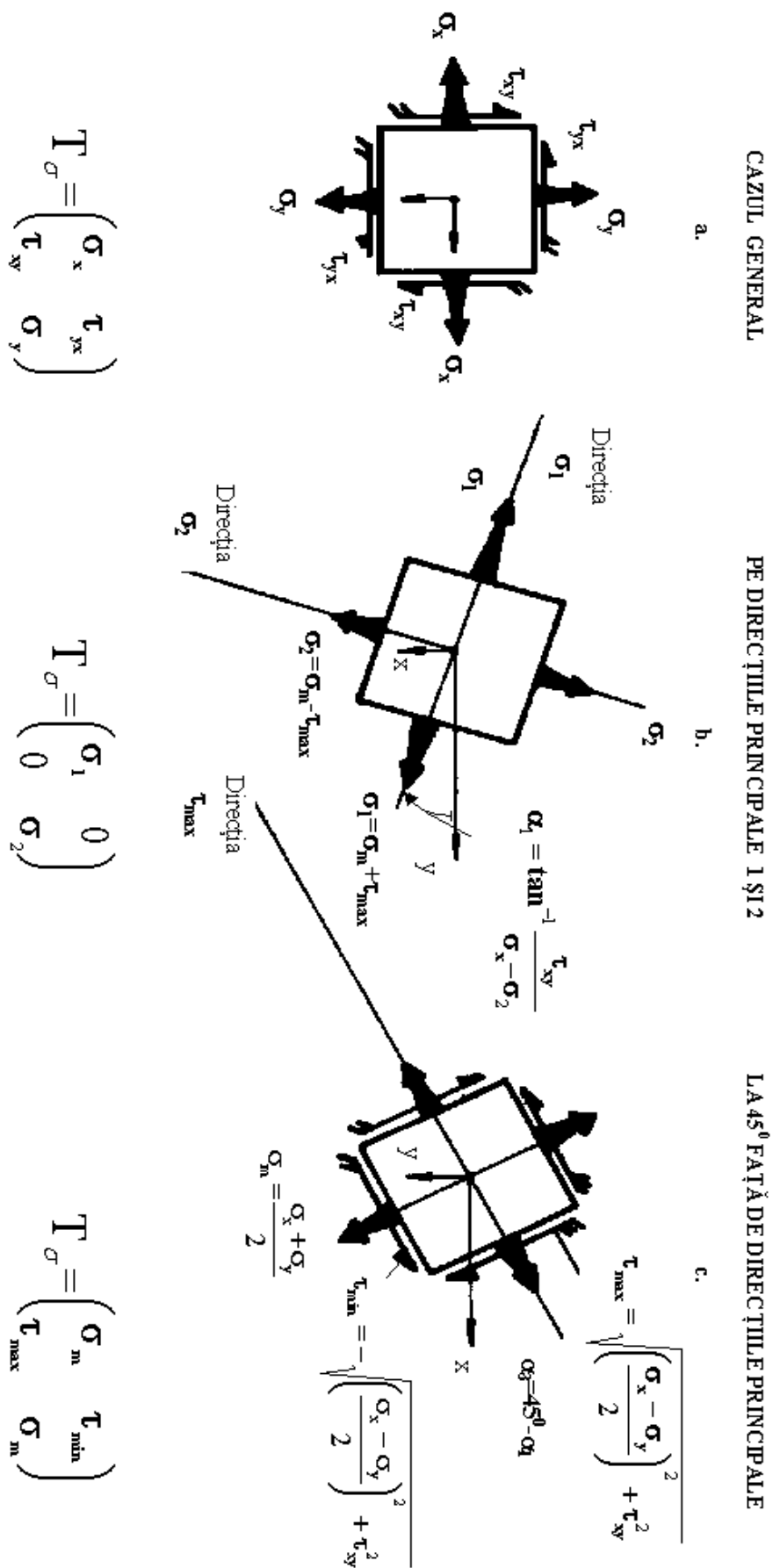


Fig. 10.1

Valorile tensiunilor σ_1 , σ_2 și orientările acestora în anumite puncte din piesa solicitată plan au proprietăți speciale și formează familii de curbe, numite curbe caracteristice. Acestea, arătate în fig. 10.2 sunt:

Izostatic - curbe tangente, în fiecare punct, la direcțiile principale. Existând două direcții principale ortogonale, vor exista, în oricare punct, două izostatice ortogonale (fig. 10.2.a);

Izocline - curbe ce conțin punctele pentru care direcțiile principale au aceeași înclinație față de un sistem de referință (fig. 10.2.b);

Izopache - curbe ce conțin punctele în care suma tensiunilor principale este constantă; $\sigma_1 + \sigma_2 = M \cdot \sigma_0$ (fig. 10.2.c.);

Izocromate - curbe ce conțin puncte în care diferența tensiunilor principale este constantă $\sigma_1 - \sigma_2 = N \cdot \sigma_0$ (fig. 10.2.d.).

În teoria elasticității se demonstrează că la o piesă conexă, confecționată din material omogen și izotrop, starea plană de tensiune nu depinde de constantele elastice ale materialului (E și ν). Această proprietate o posedă și corpurile multiplu convexe, la care forțele exterioare își fac echilibru (se reduc la torses nul) pe fiecare contur închis. **Starea de tensiune din două piese cu geometrie similară și încărcarea similară este similară și nu depinde de materialul din care sunt confecționate piesele.** Deci, se poate face similitudinea dintre starea de tensiune dintr-un model și o piesă reală ținând cont de parametrii geometrici și de încărcarea celor două corpuri.

Pentru evaluarea stării plane de tensiune din piesa reală, pe baza stării de tensiune de pe modelul foto elastic plan (dacă aceasta este simplu conex sau multiplu conex cu forțe echilibrate pe contur) se utilizează relația:

$$\sigma = \frac{P}{P_m} \cdot \frac{h_m}{h} \cdot \frac{\ell_m}{\ell} \cdot \sigma_m \quad (10.1)$$

în care s-au notat rapoartele:

$\frac{P}{P_m}$ - sarcina aplicată piesei și cea aplicată modelului;

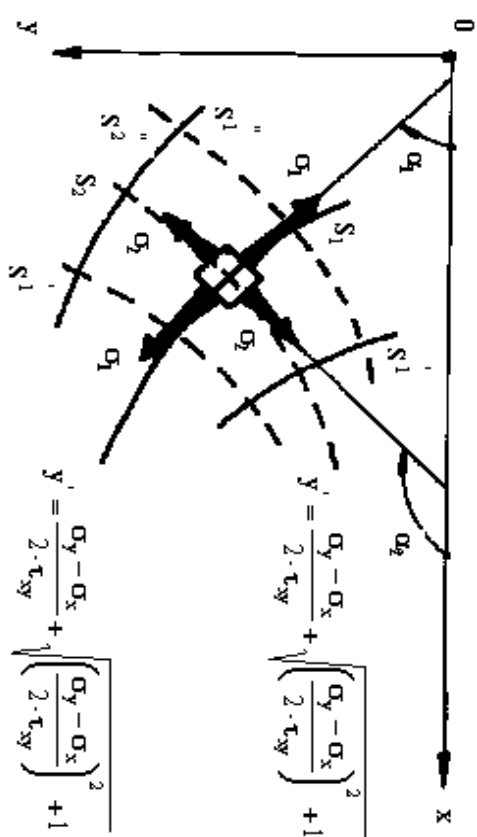
$\frac{h}{h_m}$ - grosimea modelului și cea a piesei;

$\frac{\ell_m}{\ell}$ - dimensiunea liniară a modelului și cea a piesei;

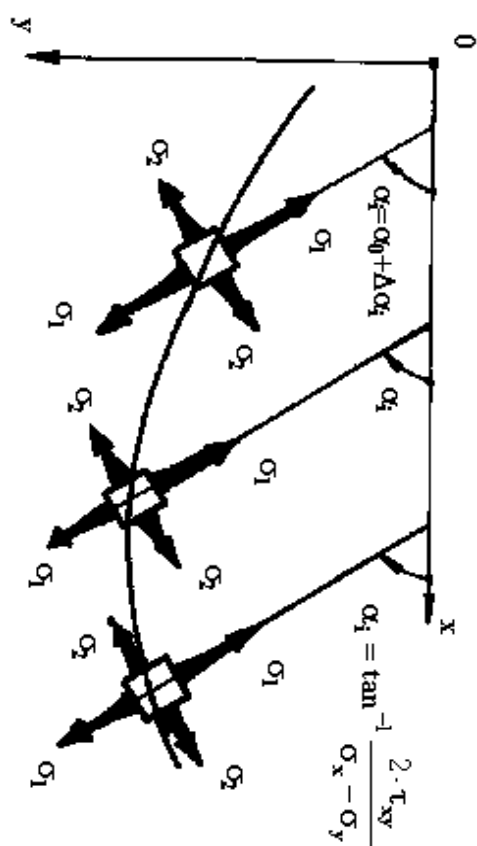
σ_m - tensiunea din punctul considerat al modelului.

CURBE CARACTERISTICE ÎN STAREA PLANĂ DE TENSIUNE

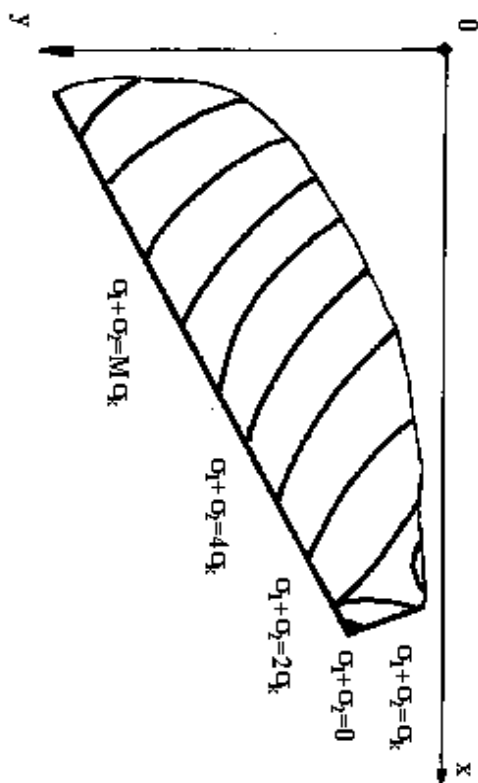
IZOSTATICE



IZOCLINE



IZOPACHE



IZOCROMATE

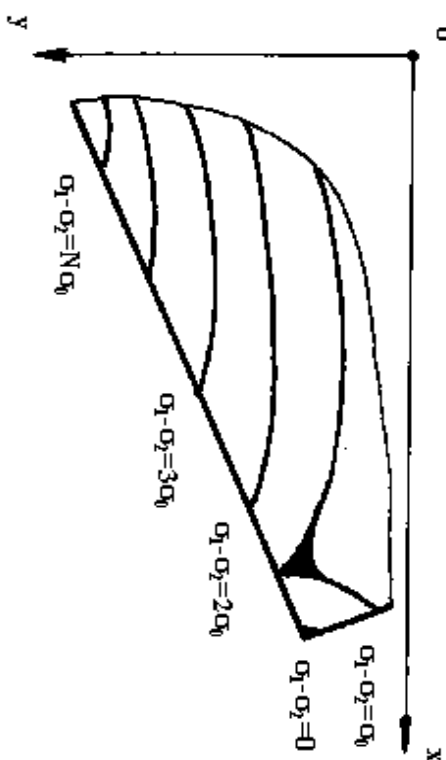


Fig. 10.2

Pentru corpul multiplu conex la care forțele de pe contururile închise nu se reduc la un torsesor nul, similitudinea stării de tensiune de pe model la piesa reală se face ținând cont atât de factorii geometrice și de încărcare (1) cât și de constantele elastice.

Dacă tensiunile din piesa multiplu conexă cu $\bar{R} \neq O$ și $\bar{M} \neq O$ se calculează cu formula (10.1) atunci valorile obținute pot avea erori de până la 7%, datorită neglijării efectului dat de constantele elastice.

1.3. Observații și reguli practice

a. Conturul neîncărcat cu sarcini tangențiale la contur este o izostatică. Valoarea tensiunii normale pe contur este egală cu intensitatea sarcinii normale exterioare din punctul respectiv. Când conturul nu este încărcat cu sarcini normale, atunci tensiunea normală la contur este nulă și din cele două tensiuni principale rămâne numai tensiunea normală tangență la contur - numită și tensiunea de coardă (σ_t);

b. Ca o primă consecință, în punctul unde o izocromată intersectează un contur lipsit de sarcini diferența $\sigma_1 - \sigma_2$ este egală cu tensiunea de coardă din acel punct ($\sigma_t = \sigma_1$ sau $\sigma_t = \sigma_2$);

c. A doua consecință, o izoclină de parametru oarecare, α_i , intersectează conturul lipsit de sarcini numai în acel punct în care tangenta sau normala la contur face cu direcția de referință un unghi egal cu parametrul izoclinei;

d. În lungul unui contur de sarcini tangențiale tensiunile de coardă iau valori extreme unde izoclina ($\sigma_t = \sigma_{\max}$) ajunge la un contur normal pe aceasta;

e. Punctele în care $\sigma_1 - \sigma_2 = 0$ se numesc **puncte singulare**. În aceste puncte toate direcțiile sunt principale;

f. Punctele singulare de pe conturul lipsit de sarcini se numesc și puncte neutre. În aceste puncte $\sigma_1 - \sigma_2 = 0$.

1.4. Noțiuni despre lumina polarizată plan

Razele luminoase sunt vibrații electromagnetice similare undelor radio. Acestea sunt emise, în toate direcțiile și pe un spectru larg de frecvență, de către corpurile aflate în stare de incandescență. Numai o porțiune îngustă din spectru este percepută de om (între lungimile de undă $\lambda = 0,4 \dots 0,8 \mu\text{m}$).

Vibrațiile electromagnetice sunt perpendiculare pe direcția de propagare a razei luminoase (vibrații transversale) și se poate reprezenta prin relația:

$$S = \sum a \cdot \cos(pt) = \sum a \cdot \cos\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot t}{T}\right) = \sum a \cdot \cos\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot c \cdot t}{\chi}\right)$$

unde: **a** este amplitudinea, **p** pulsația, **t** timpul, χ lungimea de undă.

Polariscopul plan (fig. 10.3) constă dintr-o sursă de lumină **Q** și două filtre de lumină numite polarizor și analizor.

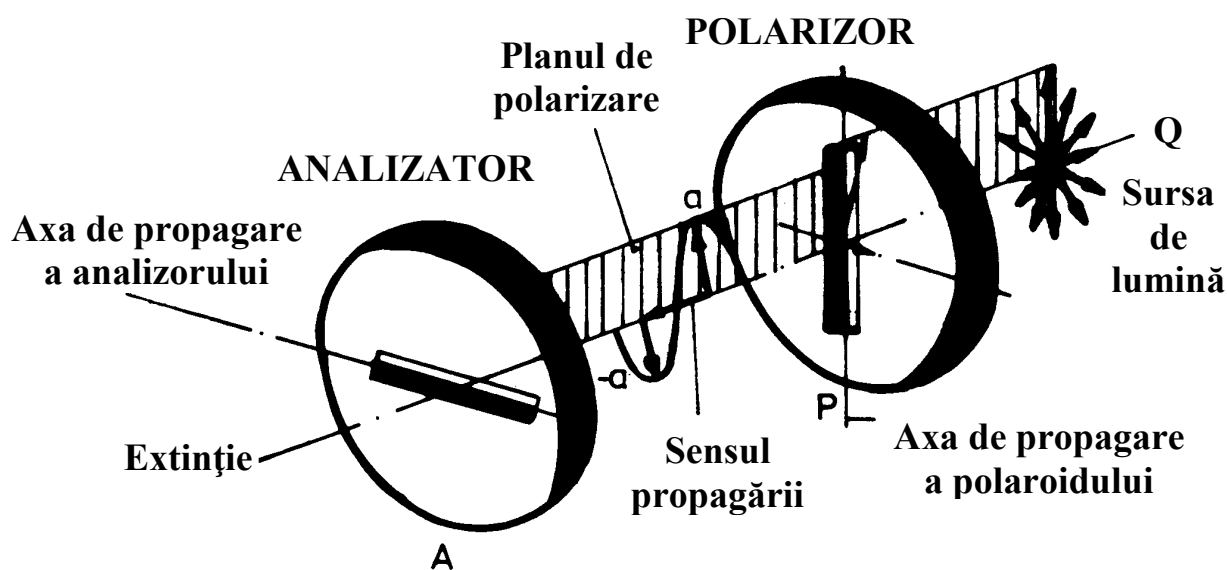


Fig. 10.3

Dacă în drumul unui fascicol de raze emise de o sursă **Q**, se așează un filtru polarizor **P**, acesta are calitatea de a permite să treacă numai componentele vibrațiilor paralele cu axul de propagare a filtrului. Astfel, lumina transmisă prin filtrul va avea numai vibrații paralele cu un plan ce conține direcția de propagare și axul de propagare a filtrului. Asemenea lumină este denumită **lumină polarizată plan** (fig. 10.3).

Dacă în calea undelor polarizate plan se plasează un al doilea filtru, cu axul de propagare perpendicular pe al polarizatorului se obține extincție completă (întuneric).

1.5. Birefrigența accidentală și legile ei

Lumina se propagă în vid cu viteza $c=3\cdot 10^8$ [m/s]. În alte materiale transparente viteza de propagare v este mai mică și raportul $n = \frac{c}{v}$ se numește indice de refracție. În mediile transparente și izotrope indicele de refracție este același pe orice direcție.

În corpurile anizotrope (cristalele) indicele de refracție depinde de direcția de propagare. Totodată la intrarea într-un mediu anizotrop o rază de lumină se descompune în două raze ce sunt polarizate pe două direcții perpendiculare și **se propagă cu viteză diferită** pe cele două direcții. Această proprietate se numește birefrigență.

Unele materiale transparente, omogene când sunt solícitate, manifestă proprietatea de birefrigență accidentală. Din această categorie fac parte materialele fotoelastice. Acestea sunt: rășinile expodice, bacheta transparentă, celuloidul, plexiglasul, gelatina, sticla, etc. Aceste proprietăți, de birefrigență accidentală, sunt guvernate de legi fizice și pot fi evidențiate prin relații matematice precise între fenomenul optic și cel elastic. Aceste legi sunt:

- 1. În materialele elastice solícitate, lumina se descompune și se propagă numai pe direcțiile tensiunilor principale (Maxwell).*
- 2. Diferența dintre tensiunile principale (respectiv între deformațiile specifice principale) este proporțională cu diferența dintre indicii de refracție pe cele două direcții (Brewster).*

$$\sigma_1 - \sigma_2 = \frac{n_1 - n_2}{C}$$

în care C este un coeficient de efort optic.

Dacă raza de lumină trebuie să parcurgă o piesă de grosime h și știind că:

$n_1 = \frac{c}{v_1}$, $n_2 = \frac{c}{v_2}$, din legea lui Brewster, prin înlocuire rezultă:

$$\sigma_1 - \sigma_2 = \left(\frac{1}{v_1} - \frac{1}{v_2} \right) \cdot \frac{c}{C} = \left(\frac{t_1}{h} - \frac{t_2}{h} \right) \cdot \frac{c}{C} = \frac{t_1 - t_2}{h} \cdot \frac{c}{C}$$

Ținând seama că $(t_1 - t_2) \cdot c = N \cdot \lambda = \delta$ este diferența de drum optic între cele două vibrații, ce au traversat piesa solicitată. Din relația de mai sus se obține:

$$\sigma_1 - \sigma_2 = \frac{\delta}{h \cdot C} = N \cdot \frac{\lambda}{h \cdot C} = N \cdot \sigma_0 \quad (10.2)$$

unde $\sigma_0 = \frac{\lambda}{h \cdot C}$ poartă numele de constantă fotoelastică a modelului și N este un număr întreg, numit ordinul franjei.

Constanta fotoelastică se determină pentru fiecare model și se măsoară în [MPa/franjă].

1.6. Mărimi determinate în polariscopul plan

Când o vibrație luminoasă pătrunde printr-un element solicitat plan (fig. 10.4) se descompune și se propagă pe direcția tensiunilor principale. Dacă vibrația optică ce a ieșit din polarizor, face unghiul α cu direcția tensiunii σ_1 atunci cele două componente sunt:

$$A_1 = a \cdot \cos \alpha,$$

$$A_2 = a \cdot \sin \alpha.$$

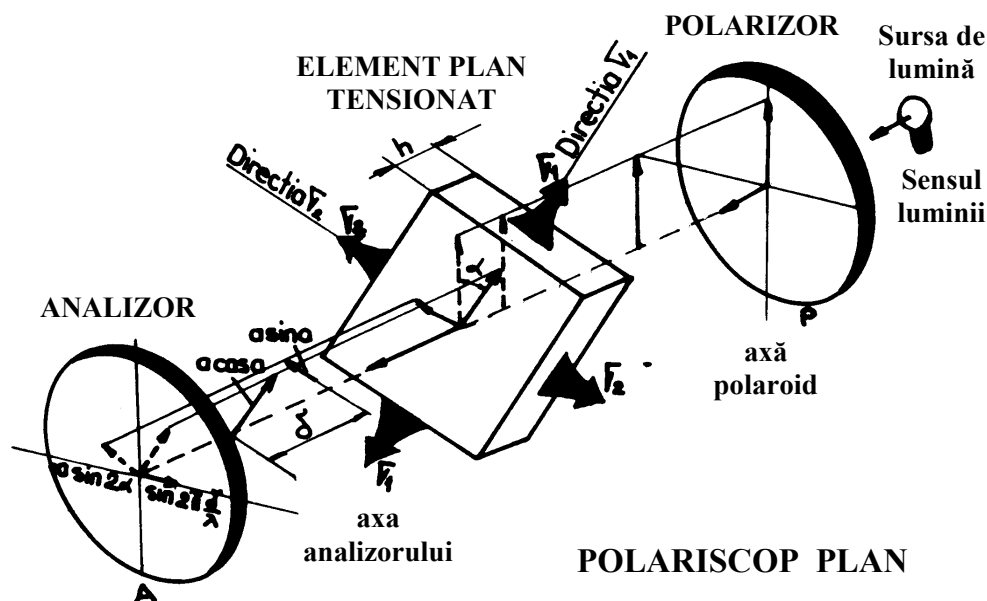


Fig. 10.4

Cele două vibrații străbat elementul solicitat cu vitezele v_1 și v_2 , astfel ca la ieșire din aceasta au o întârziere relativă, respectiv o diferență de drum optic.

$$\delta = c \cdot \left(\frac{h}{v_1} - \frac{h}{v_2} \right) = h \cdot (n_1 - n_2).$$

La pătrunderea în filtru analizator, așezat cu axa de propagare perpendicular pe a polarizorului, cele două vibrații luminoase ajung defazate cu diferența de fază $\varphi = \frac{2 \cdot \pi \cdot \delta}{\lambda}$, astfel că acestea vor fi reprezentate prin relațiile:

$$A'_1 = a \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha \cdot \cos \left(2 \cdot \pi \cdot \left(\frac{t}{T} - \frac{\delta}{\lambda} \right) \right) \quad A'_2 = a \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha \cdot \cos \left(2 \cdot \pi \cdot \frac{t}{T} \right)$$

care sunt egale în amplitudine, de sensuri opuse și defazate cu φ . Expresia vibrației rezultante (rezultantul interferenței între (A'_1 și A'_2)) este:

$$A' = a \cdot \sin 2\alpha \cdot \sin \left(\pi \cdot \frac{\delta}{\lambda} \right) \cdot \sin \left(2 \cdot \pi \cdot \left(\frac{t}{T} - \frac{\delta}{2 \cdot \lambda} \right) \right) = \sqrt{I} \cdot \sin \left(2 \cdot \pi \cdot \left(\frac{t}{T} - \frac{\delta}{2 \cdot \lambda} \right) \right) \quad (10.3)$$

în care:

$$I = a^2 \cdot \sin^2 2\alpha \cdot \sin^2 \left(\pi \cdot \frac{\delta}{\lambda} \right), \quad (10.4)$$

reprezintă intensitatea luminoasă, ce este proporțională cu pătratul amplitudinii vibrației.

Ca urmare, prin analizor se observă, pe piesa solicitată, linii (sau pete negre) de extincție luminoase. Dacă sursa de lumină este albă aceste linii (pete) pot fi:

a. Linii negre numite **izocoline** ce apar când este îndeplinită condiția **$\sin 2\alpha = 0$** , sau când:

$$\alpha = \frac{i \cdot \pi}{2}, \quad (i=0,1,2, \dots). \quad (10.5)$$

Dacă izoclinele apar când una din direcțiile principale coincide fie cu axa polarizorului fie cu cea a analizorului (axele analizorului și polarizorului sunt perpendiculare). Dacă se rotește piesa față de axe de referință (polarizor, analizor) cu un unghi $\Delta\alpha$, pe piesă se observă un alt tablou al izoclinei, ce corespunde unghiului parametru $\alpha + \Delta\alpha$.

Izoclinele apar ca linii negre înguste când direcțiile principale au o variație bruscă și sub formă de linii groase sau pete când vibrația direcțiilor principale este mică.

Aceste linii se fotografiază și se utilizează în cercetările fotoelectrice pe modele când dorim să știm direcțiile tensiunilor principale sau când dorim să trasăm tabloul izostaticelor.

b. Fraje colorate numite **izocromate** și apar când este îndeplinită condiția $\sin \frac{2 \cdot \pi \cdot \delta}{\lambda} = 0$, sau ținând seama de relația (10.2) când:

$$\delta = N \cdot \lambda = C \cdot h \cdot (\sigma_1 - \sigma_2). \quad (10.6)$$

În acest sens, la încărcarea piesei se va observa apărând succesiv linii (franje) colorate pentru fiecare valoare întreagă ; $N = 0, 1, 2, 3, \dots$ a valorii λ . Numărul maxim fiind proporțional cu diferența maximă $\sigma_1 - \sigma_2$ din piesă respectiv cu încărcarea acesteia. Prima extincție, numită izocromată de ordin 0, de culoare neagră, apare în punctele în care $\sigma_1 - \sigma_2 = 0$, numite puncte (sau linii) singulare. Următoarele linii, se succed în punctele pentru care diferența $\sigma_1 - \sigma_2$ capătă valorile $\sigma_0, 2 \cdot \sigma_0, 3 \sigma_0$ etc.

Întrucât lumina albă este o sumă de vibrații, de lungimi de undă diferite, intensitatea luminoasă de după analizor este:

$$I = \sum_{\lambda=0,4\mu m}^{\lambda=0,8\mu m} a_{\lambda}^2 \cdot \sin 2\alpha \cdot \sin^2 \left(\pi \cdot \frac{\delta_{\lambda}}{\lambda} \right) = \sin^2 2\alpha \cdot \sum_{\lambda=0,4\mu m}^{\lambda=0,8\mu m} a_{\lambda}^2 \cdot \sin \left(\pi \cdot \frac{\delta_{\lambda}}{\lambda} \right) \quad (10.7)$$

Din relația de mai sus rezultă:

-izoclinele (liniile negre) pentru $\alpha = \frac{i \cdot \pi}{2}$ (vezi 10.6) se obțin pentru toate lungimile de undă - întrucât $\sin^2 2\alpha$ este factorul comun la sumă;

-izocromatele $\left(\sigma_1 - \sigma_2 = \frac{N \cdot \lambda}{C \cdot h} \right)$ apar succesiv când sarcina crește, respectiv pentru fiecare l când este îndeplinită condiția $d = N \cdot l$. Astfel izocromatele apar sub formă de tablou de franje colorate;

- în lumina monocromatică, izocromatele apar sub forma de linii negre ce se succed pentru fiecare salt de $N \cdot \sigma_0$.

În polariscopul plan, pe model apar atât izocromate cât și izocline. Pentru a obține numai un singur tip de curbe se folosesc următoarele procedee:

- a) Izoclinele se obțin pe modele de plexiglas, ce are constanta de bandă, C , foarte mică astfel că, nu apar izocromatele;
- b) Izocromatele se obțin în polariscopul circular.

1.7. Polariscopul circular

Polariscopul circular rezultă prin adăugarea la polariscopului plan a două plăci transparente speciale numite sfert de undă (fig. 10.5).

Lama sfert de undă ($\lambda/4$) este placa transparentă confecționată din material birefringent ce are proprietatea de a descompune vibrația plan polarizată de lungime de undă λ ce pătrunde într-un plan bisector, în două componente egale în modul ($\frac{a}{\sqrt{2}}$) perpendiculare una pe alta și vibrând în plane principale de birefrigență. La ieșirea din lamă, cele două componente sunt defazate una față de alta, cu un sfert de lungime de undă. Prin recompunerea acestora, vârful vectorului rezultat, $\bar{a}$, descrie o elice - ce are în proiecție pe planul transversal pe axa de propagare - un cerc. Deci în planul modelului vectorul $\bar{a}$ se rotește cu viteză unghiulară foarte mare ($6 \cdot 10^{12} \dots 12 \cdot 10^{12}$ rot/sec.).

Ținând seama că izoclinele variază o dată cu schimbarea unghiului α dintre vectorul $\bar{a}$ și o direcție principală și că izocromatele sunt independente de direcția vectorului $\bar{a}$, rotirea rapidă a vectorului $\bar{a}$ are ca efect eliminarea izoclinelor - întrucât acestea, la această viteză de rotație nu mai pot fi observate.

În acest scop, în polariscopul circular prima lamă sfert de undă se așează între polarizor și modelul fotoelectric, astfel că axa lentă a acesteia (ce produce întârzierea de $\lambda/4$) să fie **rotită cu 45° spre stânga** față de axa polarizorului. Efectul acestei lame este realizarea polarizării circulare și eliminarea izoclinelor. A doua lamă sfert de undă se așează între model și analizor, cu axa lentă **rotită cu 45° spre dreapta** față de axa polarizorului (fig. 10.5).

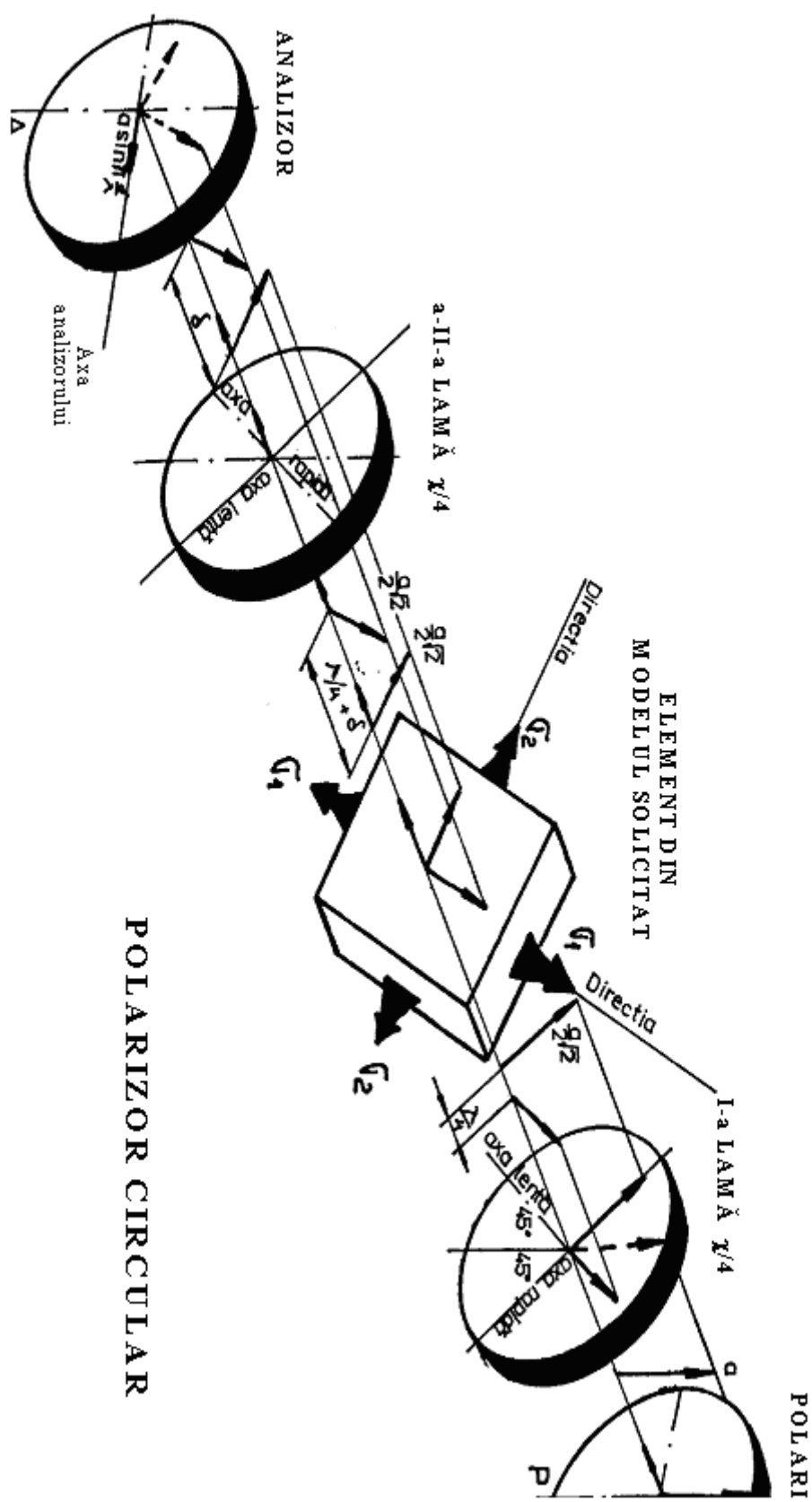


Fig. 10.5

Datorită așezării în poziție rotită cu 45° în sens invers față de lamă $\lambda/4$, efectul ultimei lame $\lambda/4$ anulează efectul primei lame $\lambda/4$ ($\lambda/4 - \lambda/4 = 0$), astfel că la ieșirea din analizor lumina are intensitatea dată de relația:

$$I = a^2 \cdot \sin^2 \frac{\pi \cdot \delta}{\lambda} \quad (10.7)$$

respectiv factorul $\sin 2\alpha$ dispare, relația (10.2) din cauza variației rapide a unghiului α produsă de prima lamă $\lambda/4$.

2. Aparat utilizat

Instalația de fotoelasticitate se compune din următoarele părți (fig. 10.6):

a) Sursă de lumină, (1) formată dintr-o lampă cu vapori de mercur ce emite lumină albă și două lămpi cu vapori de sodiu ce emit lumină monocromatică galbenă ($\lambda = 0,5693 \mu\text{m}$). Acestea sunt montate într-o cutie metalică, ce are în față un geam mat;

b) Dispozitiv de încărcare a modelelor, compus din două cadre dreptunghiulare. Cadrul mare (4) poate executa o mișcare de translație pe orizontală, iar cel mic (5) poate executa o mișcare de translație, pe verticală, față de cadrul mare. Modelul se prinde cu eclise în cadrul mic și se soliciță cu ajutorul unei pârgii orizontale (6), încărcată la un capăt cu greutate;

c) Polariscopul circular ce este format din două părți identice:

- polarizorul (2) ce conține un polaroid și o lamă sfert de undă, montate într-o ramă, se așează între sursa de lumină și model, cu lama sfert de undă către model;

- analizor (3) format din un polarizor și o lamă sfert de undă montate în a doua ramă, identică cu prima, se dispune după model, cu lama sfert de undă către model.

În mod obișnuit axele polarizorului se orientează după direcțiile orizontală și verticală, iar o axă lentă a lamei sfert de undă se rotește cu 45° spre stânga, iar cealaltă spre dreapta față de axa polarizorului. Dacă se rotesc lamele sfert de undă astfel ca **axele lente acestora să coincidă cu axa**

polariscopului, efectul lor este nul și astfel polariscopul devine polariscop plan.

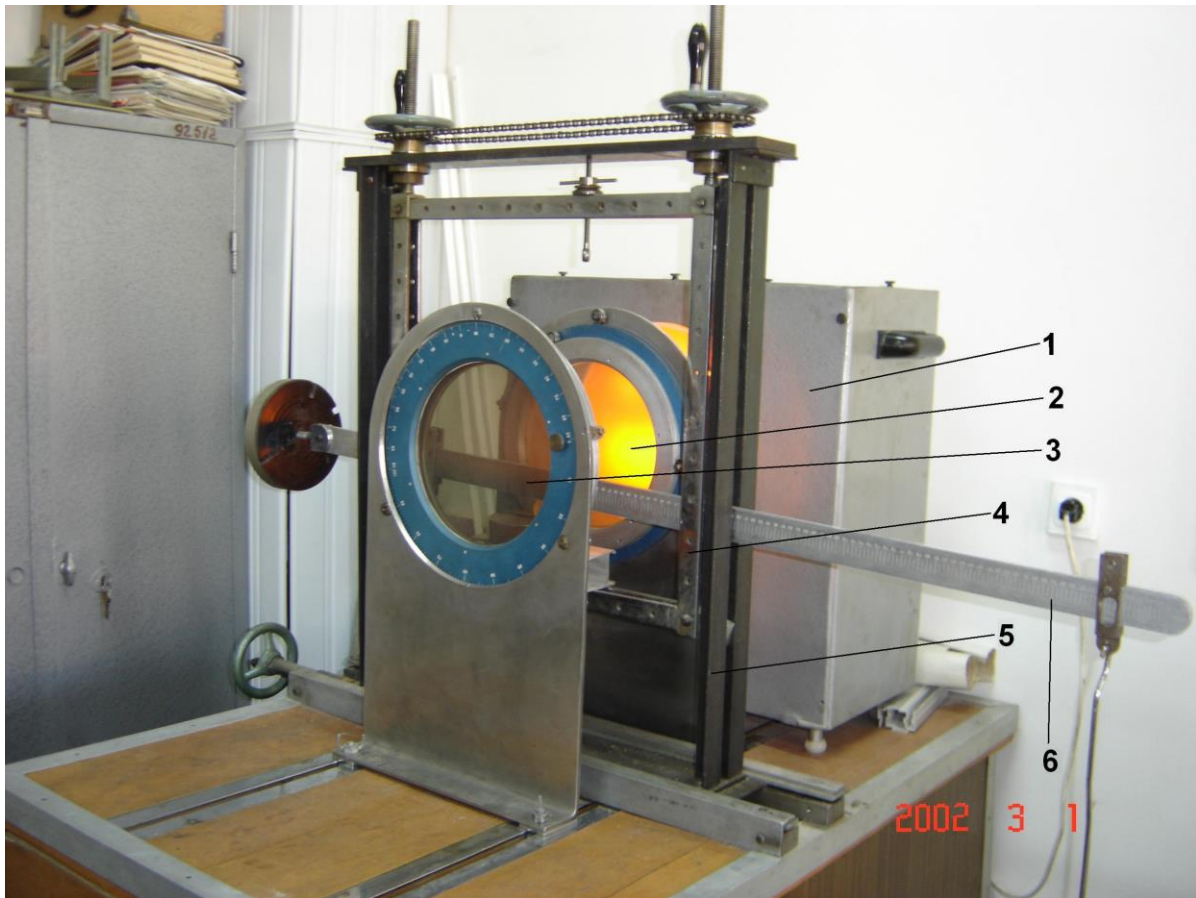


Fig. 10.6

3. Modul de lucru

Pentru determinarea tensiunilor prin metoda fotoelasticității se parcurg următoarele etape:

- a. se confecționează modelul, la scară din material fotoelastic;
- b. se etalonează materialul modelului (se determină σ_0);
- c. se încarcă cu sarcini modelul similar cu piesa reală folosind pentru aceasta dispozitivul de încărcare (5, fig. 10.6);
- d. se fotografiază izoclinele sau izocromatele;
- e. se prelucrează datele obținute prin fotografiere, obținându-se tensiunile din piesa reală.

Întrucât durata lucrării de laborator nu permite parcurgerea tuturor acestor etape, studenții vor efectua doar **etalonarea materialului și prelucrarea datelor pe o fotografie a unui model.**

3.1. Etalonarea materialului

Pentru determinarea valorii σ_0 s-a confecționat, din același placă din care s-a confecționat modelul, o epruvetă având forma unei bare drepte cu secțiune dreptunghiulară, ce este solicitată la încovoiere pură.

Pe porțiunea centrală a epruvetei (fig. 10.7) momentul încovoietor este constant și în afară de porțiunea imediat vecină găurilor, starea de tensiune este uniaxială, numai σ_x și independentă de poziția secțiunii. Scriind funcțiile de tensiune, în acest caz se obține:

$$\sigma_y = 0 \quad (\sigma_y = \sigma_1 \text{ sau } \sigma_y = \sigma_2)$$

$$\sigma_x = \frac{M_y}{I_z} = \frac{\frac{P}{2} \cdot a \cdot y}{\frac{b \cdot h^3}{12}} = \frac{6 \cdot P \cdot a}{b \cdot h^3} = \sigma_1 \text{ sau } \sigma_2 \quad (10.8)$$

Încărcând modelul cu o sarcină P astfel ca franja de ordin N să coincidă cu linia de contur interioară și respectiv superioară ($y = \pm h/2$) și ținând seama de ecuațiile (2 și 8) se obține relația:

$$N \cdot \sigma_0 = \sigma_1 - \sigma_2; \quad \sigma_{x \max} = \frac{6 \cdot P \cdot I}{b \cdot h^3} \cdot \frac{h}{2}, \text{ din care rezultă:}$$

$$\sigma_0 = \frac{3 \cdot a}{b \cdot h^2} \cdot \frac{P}{N} = \frac{3 \cdot a}{b \cdot h^2} \cdot \frac{l_1}{l_2} \cdot \frac{Q}{N} \quad (10.9)$$

în care sarcina P și Q și mărimile geometrice b, c, e, h, l_1 și l_2 sunt date pe fig. 10.7., iar N este ordinul bandei ce coincid cu fibra extremă ($y = \pm h/2$).

Pentru a elimina erorile subiective în aprecierea sarcinei sau de coincidență a liniei N cu limita superioară, respectiv inferioară a epruvetei, se fac cel puțin trei determinări pentru N=3, 4, 5, 6, 7 din care se pot ignora una sau două determinări ce se abat relativ mult de la valoarea medie. Valorile corecte se înscriu în tabelul de la nr. 4 a formularului aferent lucrării și se utilizează la determinarea constantei de bandă a modelului cu relația:

$$\sigma_0 = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \sigma_{0i} \quad (10.10)$$

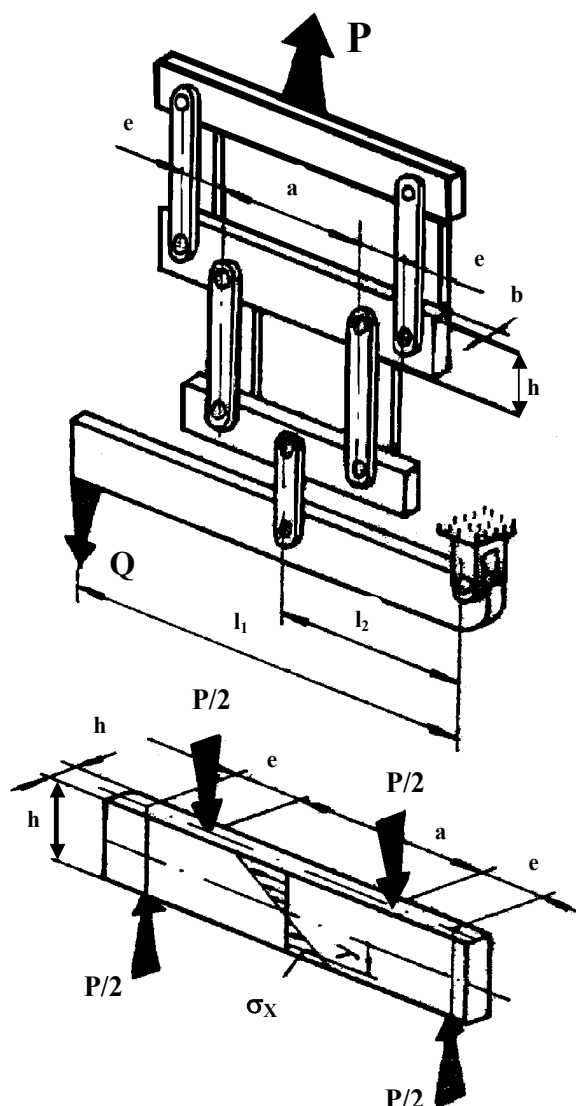


Fig. 10.7

3.2. Obținerea izoclinelor

Pentru obținerea izoclinelor se utilizează un model fotoelastic al piesei confecționat din plexiglas ce se soliciță în polariscopul plan în lumină albă. (se poate utiliza și un model din altă rășină fotoelastică activă însă aceasta trebuie încărcată cu o sarcină foarte mică, pentru a avea un număr cât mai mic de izocromate care să perturbe tabloul de izocline. Izoclinele de parametrii $\alpha_0 = 0$ se obțin, de obicei când axele polarizorului respectiv analizorului au direcția orizontală respectiv verticală. Prin rotirea simultană și în același sens al polarizorului și analizorului cu același unghi $\Delta\alpha = 10^\circ$ sau 15° se observă pe model tabloul izoclinelor de parametrii $\alpha_i = \alpha_0 + \Delta\alpha$.

Izoclinele de parametru $0^\circ, 10^\circ, 20^\circ \dots 90^\circ$ sau de alt parametru dorit se desenează sau se fotografiază.

3.3. Obținerea izocromatelor

Tabloul acestor curbe se observa pe modelul fotoelastic confecționat dintr-un material fotoelastic activ când acesta este solicițat și așezat în polariscopul circular. Dacă sursa de lumina este alba se obseva franje colorate. Când se utilizează lumina monocromatică (lampile cu vapori de

sodiu) atunci pentru fiecare ordin de banda N se observă o singura banda neagră. Acestea se pot fotografia sau copia pe hârtie la scară.

Ordinul N de banda a unei izocromate se stabilește prin numărare, pornind de la un punct singular sau linie singulară în care $\sigma_1 - \sigma_2 = 0$. Aceste puncte observate în lumina albă, au culoarea neagră, spre deosebire de celelalte linii, care sunt fraje colorate. Pentru începători stabilirea ordinului de banda este o operație ce se poate învăța relativ repede dacă se cunoaște ca aceste curbe sunt similare curbilor de nivel de pe hărțile topografice. Astfel, se face echivalența întindere-deal , compresiune-vale și se știe că deplasându-ne pe o direcție dată putem să întâlnim fie aceeași curba de nivel fie una de ordin imediat inferior respectiv superior. Dacă se mai are în vedere și în ce parte modelul este întins respectiv comprimat se poate stabili rapid ordinul fiecărei izocromate și aceasta se va nota pe fotografie sau pe desen. În figura 10.8. s-a notat mai întâi punctele izotrope și singulare de pe contur cu O și pornind de la acestea s-au notat cu 1, 2, 3, ... ordinul de bandă la celelalte curbe.

3.4. Trasarea diagramei de variație a tensiunilor pe conturul liber de sarcini

Pe conturul unei piese sollicitate, lipsit de sarcini exterioare, tensiunile normale și cele tangențiale sunt nule (vezi pct. 10.3). Deci solicitările produc numai tensiuni normale tangente la contur.

În cazul stării plane de tensiune, pe conturul liber de sarcini, rămâne o singura tensiune σ_t ce poate fi σ_1 când punctul se afla pe un contur întins sau σ_2 când este comprimat. **Valoarea acestei tensiuni, potrivit relației 10.2. este egală cu produsul dintre ordinul de bandă a izocromatei ce taie conturul în punctul considerat și constanta de banda σ_0 a modelului.**

$$\sigma_1 = N \cdot \sigma_0 \quad \text{sau} \quad \sigma_2 = N \cdot \sigma_0 \quad (10.11)$$

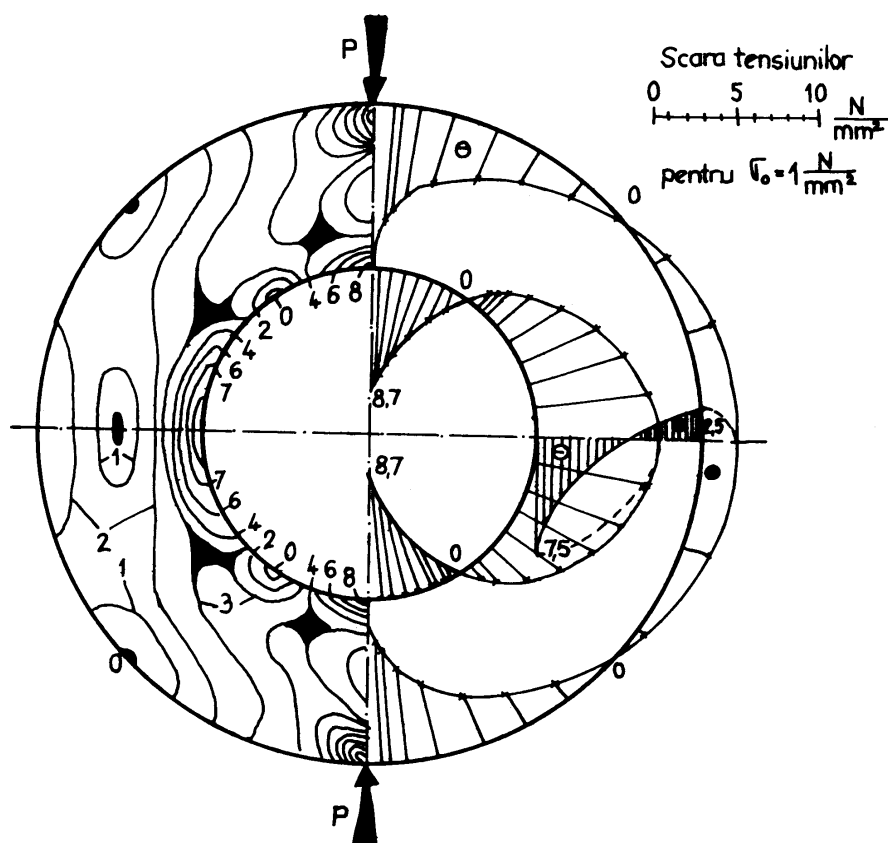


Fig. 10.8

Pentru obținerea diagramei de variație a tensiunilor pe conturul modelului, se duc prin punctele în care izocromatele taie conturul, drepte normale la contur. Pe aceste drepte se măsoară pornind de la contur, segmente proporționale (la scară) cu $N \cdot \sigma_0$ ce marchează punctele de pe diagrama căutată. Aceasta se obține prin unirea cu o linie continuă a acestor puncte.

În fig. 10.8 sunt trasate diagramele de variație a tensiunilor pe conturul exterior și interior pentru $\sigma_0 = 1 \text{ MPa}$.

Fiecare student va trasa diagramele de variație a tensiunilor pe conturul liber de sarcini a modelului primit în laborator pentru valoarea σ_0 determinată la etalonare.

Valorile tensiunilor în piesa reală sunt similare cu valorile determinate pe modelul fotoelastic și se obțin din relația (10.1).

3.5. Determinarea coeficientului de concentrare teoretic al tensiunilor

Pentru determinarea pe cale experimentală a tensiunilor maxime în dreptul concentratorului și apoi a coeficientului de concentrare teoretic al unei bare cu concentrator, de secțiune dreptunghiulară sollicitată la încovoiere pură, se va utiliza o epruvetă ca cea din figura 10.9.

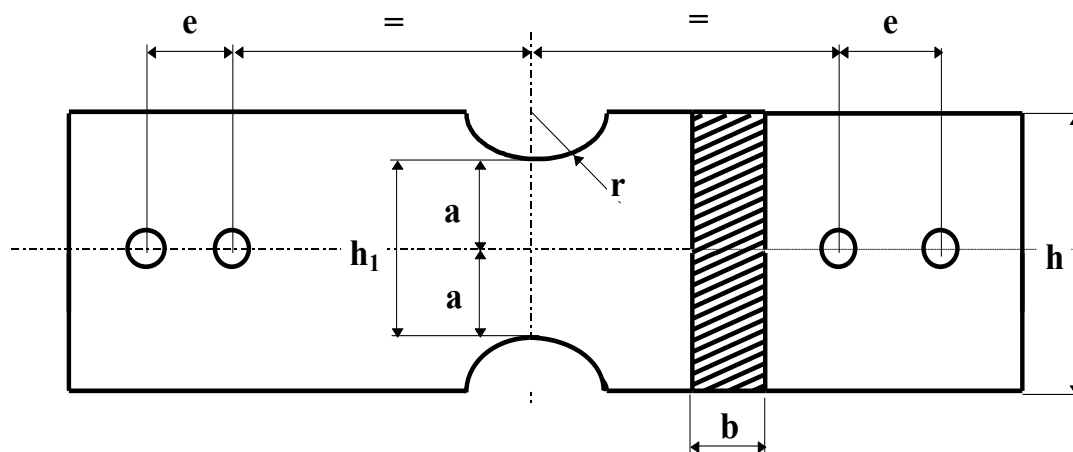


Fig. 10.9

Epruveta se montează în dispozitivul cu pârghii folosit pentru etalonarea materialelor fotoelastice și se încarcă cu diferite trepte de solicitare.

Se înregistrează valoarea greutății aplicate Q ordinul de bandă pentru mai multe încercări, la care mijlocul izocromatei exterioare se găsește în dreptul fibrei externe a fundului concentratorului. Încărcarea maximă se va limita la valoarea care produce în zona epruvetei o izocromată de ordin $k=8-10$ pentru a nu se depăși σ_a al materialului.

Coeficientul teoretic de concentrare se definește prin raportul:

$$\alpha_E = \frac{\sigma_{\max}}{\sigma_n} \quad (10.12)$$

unde:

$\sigma_{\max}$ - este tensiunea maximă în dreptul concentratorului;

σ_n - este tensiunea nominală în dreptul concentratorului.

$$\alpha_n = \frac{M}{W_z}$$

$$W_z = \frac{b \cdot h_1^2}{6}$$

$$M = Q \cdot l_1 \cdot e \cdot (2 \cdot l_2)$$

unde:

b, h₁ se măsoară în mm și sunt prezentate în fig. 10.9;

l₁, e, h sunt prezentate în fig. 10.9 și se măsoară în mm;

Q este sarcina aplicată [N].

$$\sigma_{\max} = N \cdot \sigma_0$$

unde:

N -este ordinul de bandă al izocromatei;

σ₀ -este constanta de bandă a materialului fotoelastic.

Coeficientul de concentrare al tensiunilor se poate determina și pe cale analitică utilizând relația lui Neuber:

$$\alpha_N = \frac{\sigma_{\max}}{\sigma_n} = \frac{4 \cdot \frac{a}{r} \cdot \sqrt{\frac{a}{r}}}{3 \cdot \left(\sqrt{\frac{a}{r}} + \left(\frac{a}{r} - 1 \right) \cdot \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{a}{r}} \right)}$$

Pe baza rezultatelor experimentale și a celor analitice se va calcula abaterea procentuală între valoarea analitică dată de formula lui Neuber și cea determinată experimental prin fotoelasticitate.

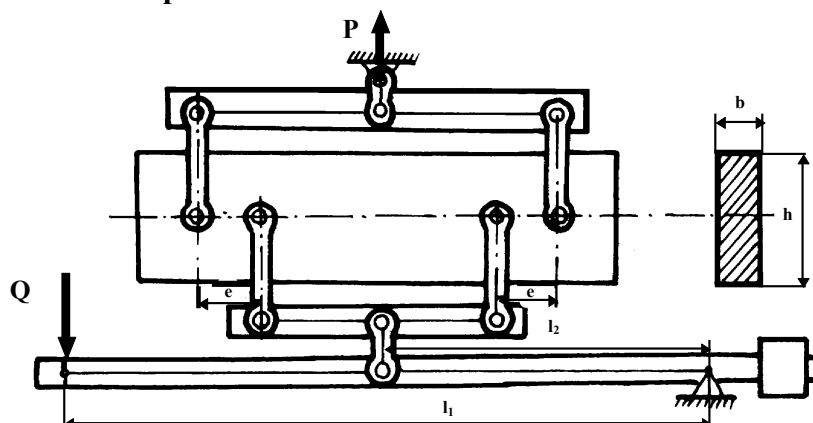
$$\Delta\alpha = \frac{100 \cdot (\alpha_N - \alpha_E)}{\alpha_N}$$

Valorile obținute experimental și analitic, cât și abaterea procentuală, vor fi trecute în formularul tip împreună cu caracteristicile epruvetei și modul de încercare.

Student.....
Anul.....Grupa.....
Data efectuării lucrării.....

1. Scopul lucrării

2. Schema de încărcare a epruvetei



3. Formule de calcul

Tensiunea maximă produsă în epruvetă: $\sigma_{\max} = \frac{M}{W} = \frac{3 \cdot Q \cdot e \cdot l_1}{b \cdot h^2 \cdot l_2}$

Constanta fotoelastică a modelului: $\sigma_0 = \frac{3 \cdot Q \cdot e \cdot l_1}{b \cdot h^2 \cdot l_2 \cdot N} = k \cdot \frac{Q}{N}$, unde N este ordinul de bandă al izocromatei ce apare în fibra extremă a epruvetei atunci când aceasta este încărcată cu sarcina Q.

4. a. Date inițiale, în mm:

b	h	e	l ₁	l ₂

$$k = \frac{3 \cdot l_1}{b \cdot h^2 \cdot l_2} = \text{-----} = \text{mm}^2$$

4.b. Rezultatele încercării:

N							
Q _i [N]							
σ _i [MPa]							

$$\sigma_0 = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \sigma_{0i} = \text{-----} = \text{[MPa]}$$

UNIVERSITATEA „LUCIAN BLAGA” DIN SIBIU FACULTATEA DE INGINERIE „HERMANN OBERTH” CATEDRA BAZELE PROIECTĂRII MAȘINILOR LABORATORUL DE REZISTENȚA MATERIALELOR	TRASAREA DIAGramei DE VARIAȚIE A TENSIUNILOR PE CONTUR PE BAZA IZOCROMATELOR
Student..... Anul.....Grupe..... Data efectuării lucrării.....	
1. Scopul lucrării	
2. Schițele modelelor și schemele de încărcare	
3. Cerințele lucrării a. Se va reprezenta pe hârtie format A4, izocromatele ce apar pe model și se va trasa curba tensiunilor normale σ în punctele unde aceste izocromate intersectează conturul piesei. Tensiunea în punctul considerat al modelului se calculează cu formula: $\sigma_m = N \cdot \sigma_0,$ unde N reprezintă ordinul de bandă al izocromatei ce intersectează conturul modelului în punctul respectiv. b. Se vor nota valorile extreme ale tensiunilor. c. Se va indica grafic scara la care s-au reprezentat tensiunile.	

UNIVERSITATEA „LUCIAN BLAGA” DIN SIBIU FACULTATEA DE INGINERIE „HERMANN OBERTH” CATEDRA BAZELE PROIECTĂRII MAȘINILOR LABORATORUL DE REZISTENȚA MATERIALELOR	DETERMINAREA COEFICIENTULUI DE CONCENTRARE A TENSIUNILOR																																																
Student..... Anul.....Grupa..... Data efectuării lucrării.....																																																	
1. Scopul lucrării																																																	
2. Schița barei cu concentrator și modul de încărcare																																																	
3.Date inițiale [mm]	4. Relații de calcul:																																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td style="width: 15%;">h</td><td style="width: 15%;"></td></tr> <tr><td>h₁</td><td></td></tr> <tr><td>a</td><td></td></tr> <tr><td>r</td><td></td></tr> <tr><td>b</td><td></td></tr> <tr><td>e</td><td></td></tr> <tr><td>l₁</td><td></td></tr> <tr><td>l₂</td><td></td></tr> </table>	h		h ₁		a		r		b		e		l ₁		l ₂		$\alpha_E = \frac{\sigma_{\max}}{\sigma_n}$ $\sigma_{\max} = N \cdot \sigma_0 \quad \sigma_n = \frac{M}{W_z} = \frac{3 \cdot e \cdot l_1}{b \cdot h_1^2 \cdot l_2} \cdot Q$ $\alpha_N = \frac{4 \cdot \frac{a}{r} \sqrt{\frac{a}{r}}}{3 \cdot \left[\sqrt{\frac{a}{r}} + \left(\frac{a}{r} - 1 \right) \cdot \arctg \sqrt{\frac{a}{r}} \right]}$ $\Delta\alpha = \frac{\alpha_N - \alpha_E}{\alpha_N} \cdot 100$																																
h																																																	
h ₁																																																	
a																																																	
r																																																	
b																																																	
e																																																	
l ₁																																																	
l ₂																																																	
5. Rezultatele încercării:																																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">Nr. crt</th> <th style="width: 15%;">Q [N]</th> <th style="width: 10%;">N</th> <th style="width: 15%;">σ_{max} [MPa]</th> <th style="width: 15%;">σ_n [MPa]</th> <th style="width: 10%;">α_E</th> <th style="width: 10%;">α_N</th> <th style="width: 10%;">Δα [%]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2.</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3.</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4.</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: right;">Media</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Nr. crt	Q [N]	N	σ _{max} [MPa]	σ _n [MPa]	α _E	α _N	Δα [%]	1.								2.								3.								4.								Media							
Nr. crt	Q [N]	N	σ _{max} [MPa]	σ _n [MPa]	α _E	α _N	Δα [%]																																										
1.																																																	
2.																																																	
3.																																																	
4.																																																	
Media																																																	

L13 ÎNCERCAREA LA ÎNCOVOIERE PRIN ȘOC A METALELOR

1.Considerații teoretice asupra lucrării

Încercările prin șoc au rolul de a determina comportarea materialelor la sarcini aplicate brusc. Aceste încercări se realizează prin acțiunea, asupra epruvetei, a unor mase mari în cădere liberă sau în mișcare de rotație. Măsurarea tensiunilor și deformațiilor epruvetei în timpul solicitării necesită o aparatură specializată și relativ scumpă. În schimb este mai simplu să se determine energia consumată pentru ruperea epruvetei putându-se astfel efectua încercări dinamice de întindere, compresiune, încovoiere, răsucire. Dintre acestea o mare răspândire o are încercarea la încovoiere prin șoc. Această încercare constă în ruperea dintr-o singură lovitură cu un ciocan- pendul, a unei epruvete prevăzută la mijloc cu o creștătură (în formă de U sau V), așezată liber pe două reazeme (fig. 13.1).

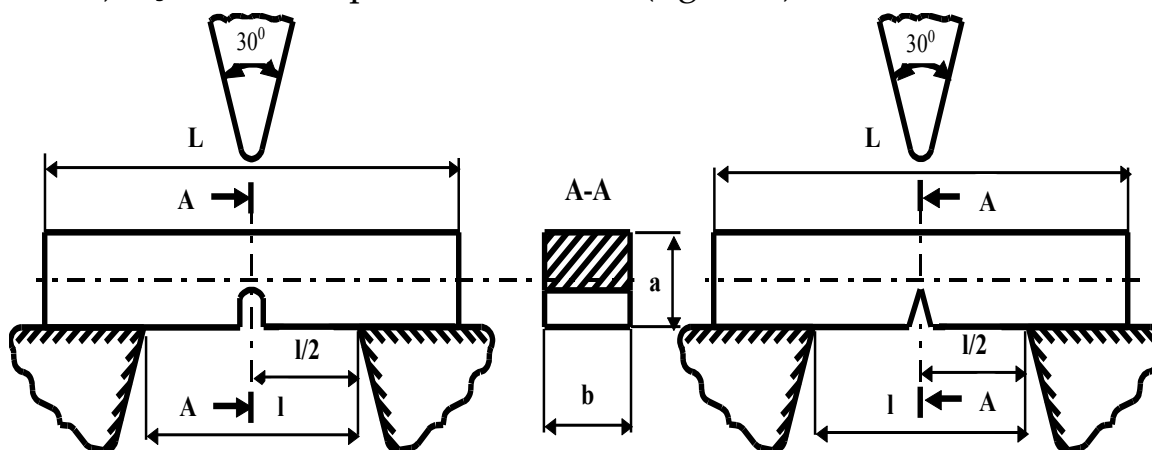


Fig. 13.1

Rezultatele încercării la încovoierea prin șoc se exprimă astfel:

a) La încercarea pe o epruvetă cu creștătură în U, (STAS 1400-75) se determină energia consumată la rupere neglijându-se pierderile de energie prin frecare, vibrații și deformații elastice ale aparatului și se stabilește reziliența metalului. Reziliența se definește ca raportul dintre energia

consumată la rupere și aria secțiunii inițiale a epruvetei în dreptul planului de simetrie al creștăturii.

Simbolul este:

$$\text{KCU} \quad \frac{W_0}{\frac{h}{b}} = \frac{W}{S_0} \quad \left[\frac{\text{J}}{\text{cm}^2} \right] \quad \text{sau} \quad \left[\frac{\text{kgf} \cdot \text{m}}{\text{cm}^2} \right] \quad (13.1)$$

unde:

K - reprezintă inițiala cuvântului Kerbschlagfestigheın (reziliență);

C - inițiala cuvântului Charpy după numele autorului metodei și totodată inițiatorul construcției acestui tip de ciocan pendul;

U - forma creștăturii;

W₀ - energia potențială a ciocanului [J] sau [kgf·m];

h - adâncimea creștăturii [mm];

W - energia consumată la ruperea epruvetei $\left[\frac{\text{J}}{\text{cm}^2} \right] \quad \left[\frac{\text{kgf} \cdot \text{m}}{\text{cm}^2} \right]$;

S₀ - aria secțiunii inițiale – transversale a epruvetei în dreptul planului de simetrie a creștăturii [cm²].

Pentru indicarea rezilienței determinate cu un ciocan pendul având o energie potențială inițială W₀=300 J, pe epruvetă cu lățimea b=10 mm se admite utilizarea simbolurilor simplificate:

$$\text{KCU} \quad h = \frac{W}{S_0} \quad \left[\frac{\text{J}}{\text{cm}^2} \right] \quad \left[\frac{\text{kgf} \cdot \text{m}}{\text{cm}^2} \right] \quad (13.2)$$

b) La încercarea pe epruvete cu creștătură în V, (STAS 7511-81) se determină energia consumată la rupere neglijându-se pierderile de energie prin frecare, vibrații și deformații elastice ale aparatului. Simbolul este:

$$\text{KV} \quad \frac{W_0}{b} = W \quad [\text{J}] \quad [\text{kgf} \cdot \text{m}] \quad (13.3)$$

unde: **V** indică forma creștăturii.

Când epruveta are grosimea b=10 mm și ciocanul pendul energia de 300 J se poate utiliza notația simplificată:

$$\text{K} \cdot \text{V} = W \quad [\text{J}] \quad [\text{kgf} \cdot \text{m}] \quad (13.4)$$

Energia consumată la rupere se determină cu relația:

$$W = W_0 - W_1 = G \cdot (h_0 - h_1) = G \cdot R \cdot (\cos \beta - \cos \alpha) \quad (13.5)$$

unde:

h_0 - este înălțimea inițială a ciocanului pendul;

h_1 - înălțimea finală a ciocanului pendul;

$W_0 = G \cdot h_0$ - energia potențială inițială a ciocanului pendul;

$W_1 = G \cdot h_1$ - energia potențială finală a ciocanului pendul;

G - greutatea ciocanului pendul;

R - distanța de la centrul de greutate la axa de suspensie [mm];

α, β - unghiurile pe care le face tija pendulului cu verticala, în poziția inițială și respectiv în poziția finală.

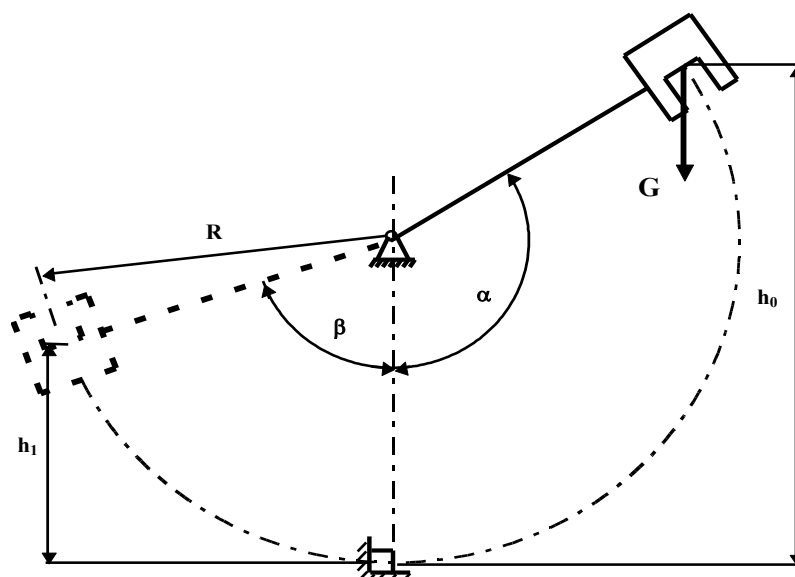


Fig. 13.2

Ruperea epruvetei se produce în secțiunea din dreptul creștăturii. În ruptură se disting două zone:

- aria ruperii cristaline (fragile) (S_f) – este aria porțiunii din ruptură cu aspect cristalin strălucitor fără deformări. În majoritatea cazurilor este porțiunea centrală a rupturii.

$$S_f = b_f \cdot a_f \quad [\text{mm}^2]$$

- aria ruperii fibroase (ductile) (S_d) – este aria secțiunii din ruptură cu aspect mat, cu deformări plastice.

$$S_d = S_0 - S_f \quad [\text{mm}^2]$$

$$S_0 = b \cdot a_c \quad [\text{mm}^2]$$

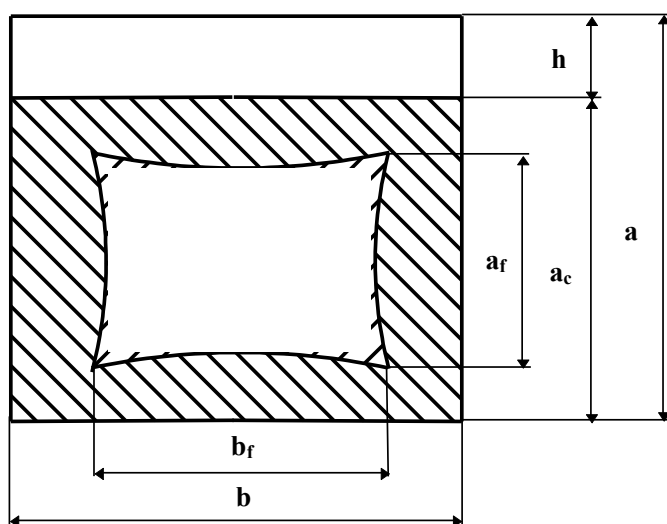


Fig. 13.3

Conform STAS 10026-75 se poate determina cristalinitatea și fibrozitatea rupturii:

- **cristalinitatea** (C_r) este raportul dintre aria rupturii cristaline și aria secțiunii epruvetei exprimat în procente.

$$C_r = 100S_f/S_0 [\%] \quad (13.6)$$

- **fibrozitatea** (F_b) este raportul dintre aria rupturii fibroase și aria secțiunii epruvetei.

$$F_b = 100S_d/S_0 [\%] \quad (13.7)$$

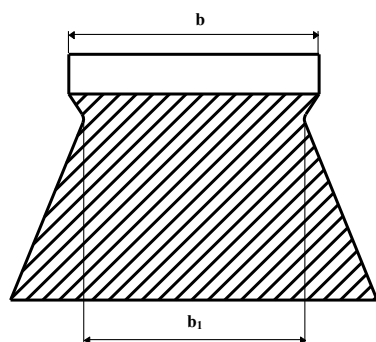


Fig. 13.4

La epruveta cu creștătură în formă de U (STAS 1400-75) și la cea cu creștătură în formă de V (STAS 7511-81) se stabilește noțiunea de **contracție transversală specifică** care se determină cu relația:

$$T = 100(b-b_1)/b [\%] \quad (13.8)$$

în care:

b - este lățimea epruvetei (fig. 13.4)

b_1 - este lățimea minimă a epruvetei în ruptură.

2. Mașini și aparate utilizate

Încercarea la încovoiere prin șoc se execută cu ajutorul unui ciocan pendul Charpy prezentat schematic în fig. 13.5.

Batiul mașinii se compune din placa de bază (1) de greutate mare pe care este încastrată coloana (2). Tot pe placa de bază sunt fixate reazemele (3) pe care se așează epruveta în vederea solicitării.

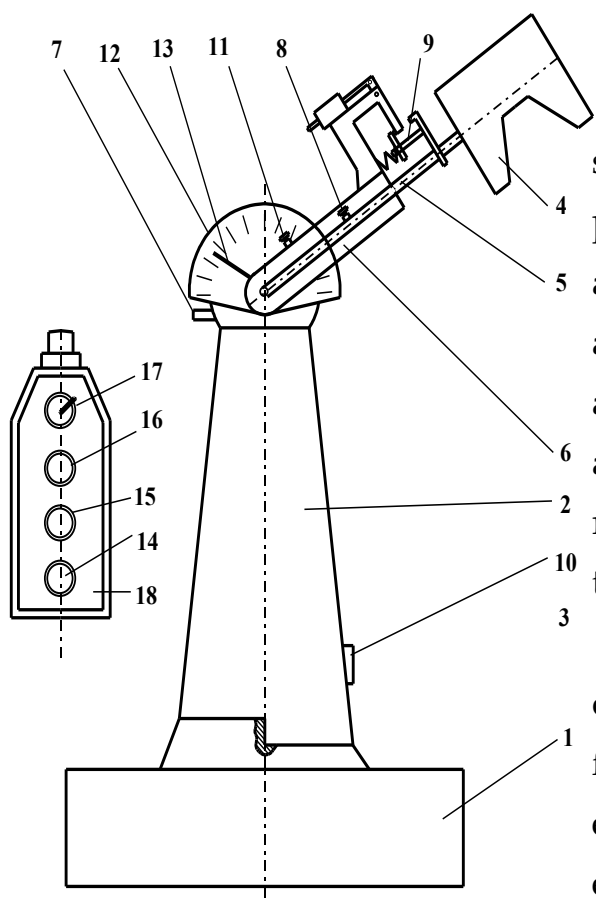


Fig. 13.5

Coloana susține la partea superioară lagărul suport al axului pendulului și sistemul de frânare al acestuia. În corpul coloanei sunt amplasate circuitele electrice de alimentare și comandă. Întreruperea alimentării cu energie electrică se realizează prin intermediul întrerupătorului general (10).

Ciocanul-pendul propriu-zis este compus din discul greu (4) care este fixat la capătul tijei (5). Discul greu (4) este prevăzut cu o deschizătură în care este fixat cuțitul de lovire al epruvetei.

Ridicarea ciocanului-pendul în poziția de lansare se realizează cu ajutorul brațului de ridicare (6). După ridicare în poziția de lansare, ciocanul este eliberat prin acționarea zăvorului (9).

Energia consumată la ruperea epruvetei se citește pe cadranul gradat (12) în dreptul acului indicator (13).

Pentru ca valoarea energiei consumate la rupere să fie corect indicată, indicatorul (13) trebuie rotit, când pendulul este ridicat, în sens antiorar până când atinge știftul de pe tija pendulului. În această situație indicatorul (13) trebuie să indice valoarea maximă de pe scală.

Cadranul (12) este prevăzut cu două scări de gradație corespunzătoare celor două ciocane-pendul care se găsesc în dotarea mașinii astfel:

- 0-30 kgf·m (= 300 J) cu diviziunile de 0,2 kgfm (1,961 J)
- 0-15 kgf·m (= 150 J) cu diviziunile de 0,1 kgfm (0,981 J)

Mașina este prevăzută cu o cutie de comandă (18), pe care se găsesc:

- întrerupătorul (17);
- butonul (16) negru, pentru comanda brațului (6);

- butonul (15) verde, pentru comanda lansării ciocanului pendul;
- butonul (14) roșu, pentru comanda frânării ciocanului pendul.

Comanda pentru executarea unei încercări se realizează astfel:

- Se apasă butoanele (14) și (16). Brațul (6) se va roti spre tija pendulului. În momentul când brațul (6) a atins limita de apropiere față de tijă, contactorul (8) va închide circuitul de comandă al zăvorului (9). Zăvorul (9) va agăța tija pendulului;

- Se eliberează butonul (14). Brațul (6) va începe să se rotească spre poziția de lansare a pendulului. În momentul când s-a ajuns în poziția de lansare, contactorul (11) va acționa oprirea motorului elastic. Ciocanul pendul este gata de lansare;

- Se apasă butonul (15). Zăvorul (9) va elibera ciocanul pendul;

- Se apasă butonul (14) pentru frânarea ciocanului pendul numai după ce acesta începe cursa de revenire din poziția finală.

3.Epruvete utilizate

Încercarea de încovoiere se execută pe epruvete de oțel de formă paralelipipedică cu creștătură U sau V la mijloc (fig. 13.1).

Forma și dimensiunile epruvetelor cu creștătură în U sunt date în STAS 1400-75 iar cele cu creștătură în V în STAS 7511-81.

O epruvetă normală cu creștătură în U sau în V are lungimea $l=55$ mm și secțiunea brută pătrată cu latura de $b=10$ mm.

Creștătura U se execută prin găurire și apoi tăiere sau prin frezare. Suprafața de la fundul creștăturii se rectifică. Adâncimea creștăturii poate fi de 2; 3; 5 mm. Executarea găurii la epruvetele cu adâncimea creștăturii de 3; 5 mm este mai comodă decât la epruvetele cu adâncimea creștăturii de 2 mm, unde gaura este tangentă la fața laterală a epruvetei.

Creștătura în V este executată prin frezare unghiul fiind de 45° iar adâncimea de 2 mm.

4. Modul de lucru

a) Se verifică pierderile de energie prin frecare ale ciocanului pendul printr-o lansare în gol. Ciocanul se lasă să cadă să ajungă sus, în partea opusă, să revină în poziția inițială și iar să cadă (să facă două oscilații).

Când ciocanul s-a ridicat prima dată, pe partea opusă poziției de lansare, în poziția cea mai de sus și începe să cadă, se rotește indicatorul în sens antiorar având grijă să nu atingem pendulul cu mâna. Se citește valoarea indicată după cea de-a doua oscilație. Prin împărțirea la 2 a valorii citite se obține energia pierdută prin frecări. Ciocanul pendul trebuie să aibă o pierdere de energie admisibilă:

- sub $0,12 \text{ kgf}\cdot\text{m}$ ($1,177 \text{ J}$) pentru pendulul de $30 \text{ kgf}\cdot\text{m}$ (300 J);
- sub $0,06 \text{ kgf}\cdot\text{m}$ ($0,5884 \text{ J}$) pentru pendulul de $15 \text{ kgf}\cdot\text{m}$ (150 J).

b) Se măsoară cu ajutorul unui șubler dimensiunile epruvetei;

c) Se așează epruveta pe reazeme (fig. 13.1) astfel ca ciocanul pendul să lovească fața opusă creștăturii în planul de simetrie al acestuia. Această poziție precum și distanța prescrisă între suporturi se verifică cu un șablon;

d) Se ridică ciocanul pendul în poziția de lansare;

e) Se rotește indicatorul 13 în sens antiorar până când atinge știftul de pe tija pendulului;

f) Se lansează ciocanul pendul prin apăsarea butonului (15);

g) Se citește valoarea energiei consumate la ruperea epruvetei. Dacă epruveta nu este ruptă, însă este antrenată de ciocanul pendul printre reazeme, se considera ruptă;

h) Se calculează reziliența;

f) Se măsoară cu șublerul dimensiunile secțiunii de rupere fragila.

Observatii:

Pentru evitarea accidentelor trebuie respectate următoarele reguli:

- în timpul executării lucrării este interzisă staționarea în calea ciocanului-pendul;

- în timpul executării lucrării se va sta la o distanță de **minim 1 m** fata de planul în care se rotește ciocanul-pendul;
- epruveta se așează numai când ciocanul-pendul se găsește în planul de jos.

UNIVERSITATEA „LUCIAN BLAGA” DIN SIBIU FACULTATEA DE INGINERIE „HERMANN OBERTH” CATEDRA BAZELE PROIECTĂRII MAȘINILOR LABORATORUL DE REZISTENȚA MATERIALELOR	ÎNCERCAREA LA ÎNCOVOIERE PRIN ȘOC																																														
Student..... Anul.....Grupa..... Data efectuării lucrării.....																																															
1. Scopul lucrării																																															
2. Modul de așezare a epruvetei																																															
3.																																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 8%;">Nr. crt</th> <th style="width: 12%;">Material</th> <th colspan="4" style="width: 28%;">Epruveta</th> <th style="width: 8%;">W [J]</th> <th style="width: 40%;">KCU sau KV [J/m²] sau [J]</th> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <th style="width: 10%;">Tipul</th> <th style="width: 10%;">a₀ [mm]</th> <th style="width: 10%;">b₀ [mm]</th> <th style="width: 10%;">S₀ [mm]</th> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>								Nr. crt	Material	Epruveta				W [J]	KCU sau KV [J/m ²] sau [J]			Tipul	a ₀ [mm]	b ₀ [mm]	S ₀ [mm]			1.								2.								3.							
Nr. crt	Material	Epruveta				W [J]	KCU sau KV [J/m ²] sau [J]																																								
		Tipul	a ₀ [mm]	b ₀ [mm]	S ₀ [mm]																																										
1.																																															
2.																																															
3.																																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 8%;">Nr crt</th> <th style="width: 8%;">S₀ [mm]</th> <th style="width: 8%;">a_f [mm]</th> <th style="width: 8%;">b_f [mm]</th> <th style="width: 8%;">S_f [mm]</th> <th style="width: 8%;">S_d [mm]</th> <th style="width: 8%;">C_r [%]</th> <th style="width: 8%;">F_b [%]</th> <th style="width: 8%;">b₁ [mm]</th> <th style="width: 8%;">T (%)</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>								Nr crt	S ₀ [mm]	a _f [mm]	b _f [mm]	S _f [mm]	S _d [mm]	C _r [%]	F _b [%]	b ₁ [mm]	T (%)	1.										2.										3.									
Nr crt	S ₀ [mm]	a _f [mm]	b _f [mm]	S _f [mm]	S _d [mm]	C _r [%]	F _b [%]	b ₁ [mm]	T (%)																																						
1.																																															
2.																																															
3.																																															
4. Observații:																																															

L14 DETERMINAREA FORȚEI CRITICE LA FLAMBAJ A BARELOR DREPTE

1. Considerații teoretice asupra lucrării.

O bară zveltă solicitată la compresiune își păstrează forma rectilinie, numai pentru valori ale forței inferioare unei anumite valori limită. Dacă forța atinge o valoare limită numită forță critică de flambaj, la cea mai mică perturbație transversală bara părăsește forma rectilinie și trece într-o formă curbă.

Acest fenomen se poate întâlni și în cazul altor solicitări și a altor forme ale elementelor de rezistență cum ar fi plăci, tuburi, bare cu pereți subțiri, etc. Caracterul periculos al flambajului decurge din faptul că pierderea stabilității intervine brusc, fără a fi precedate de fenomene de deformare care să indice apropierea de sarcina critică. La barele zvelte solicitate la compresiune tensiunea critică de flambaj se calculează cu relația:

$$\sigma_{cr} = \frac{F_{cr}}{A} \quad [\text{MPa}] \quad (14.1)$$

unde:

F_{cr} - reprezintă forța critică de flambaj [N];

A - aria secțiunii transversale a barei [mm].

În funcție de valoarea lui σ_{cr} distingem următoarele domenii de flambaj:

- domeniul elastic - când tensiunea critică de flambaj este mai mică decât limita de elasticitate la compresiune a materialului;
- domeniul elasto-plastic - când tensiunea critică de flambaj este cuprinsă între limita de elasticitate și limita de curgere a materialului;
- domeniul plastic - când tensiunea critică de flambaj este mai mare decât limita de curgere a materialului.

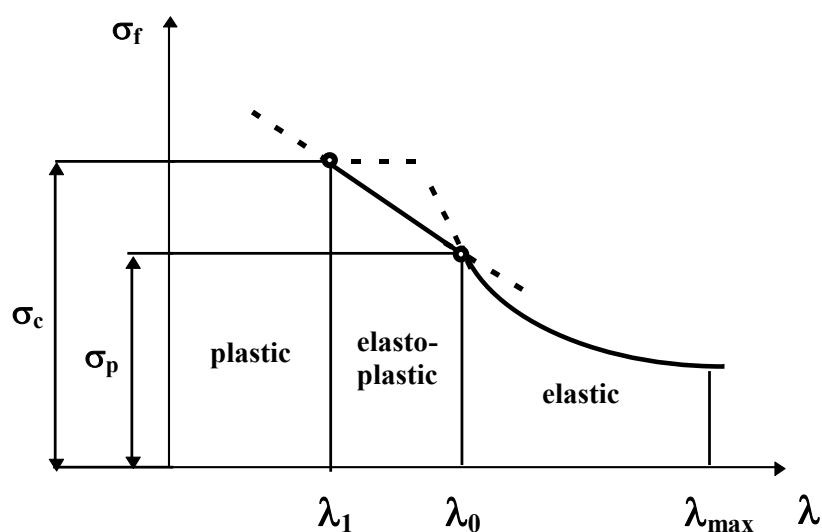


Fig. 14.1

În cadrul acestei lucrări se examinează flambajul elastic, specific barelor zvelte, pentru care valoarea teoretică a forței critice se determină cu formula lui Euler:

$$F_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{\min}}{l_f^2} \quad (14.2)$$

în care:

F_{cr} - este forța critică la flambaj în [N];

E - modulul de elasticitate longitudinal al materialului barei în [GPa];

$I_{\min}$ - modulul de inerție minim al secțiunii barei în [mm⁴];

l_f - lungimea de flambaj corespunzătoare cazului de rezemare în [mm].; Lungimea l_f poate fi determinată conform cazurilor de rezemare reprezentată în fig. 14.2:

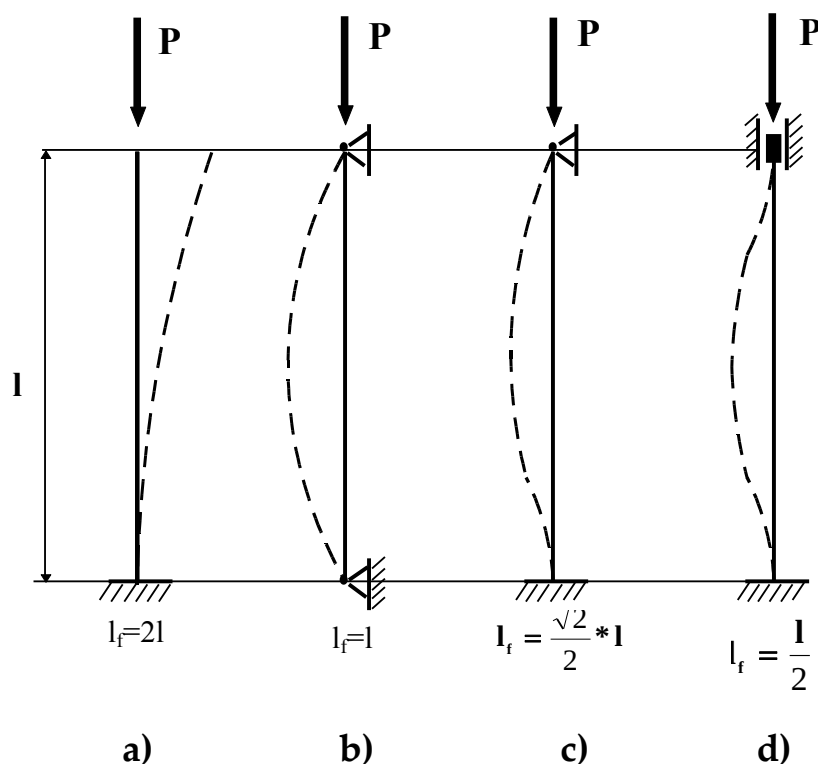


Fig. 14.2

- a) bară încastrată la un capăt și liberă la celălalt;
- b) bară articulată la ambele capete;
- c) bară încastrată la un capăt și articulată la celălalt;
- d) bară încastrată la ambele capete.

În figură sunt notate lungimile de flambaj corespunzătoare fiecărui caz de rezemare.

Înainte de a calcula sarcina critică de flambaj cu formula (14.2) se verifică dacă această formulă se poate aplica pentru bara considerată. În acest caz, se calculează mai întâi coeficientul de zveltețe al barei cu relația:

$$\lambda = \frac{l_f}{i_{\min}} \quad (14.3)$$

unde:

l_f - este lungimea de flambaj corespunzător cazului de rezemare considerat [mm];

$i_{\min}$ - este raza de inerție minimă a secțiunii barei care se obține cu formula:

$$i_{\min} = \sqrt{\frac{I_{\min}}{A}} \quad (14.4)$$

în care:

$I_{\min}$ - este momentul de inerție minim al secțiunii în $[\text{mm}^4]$;

A - este aria secțiunii în $[\text{mm}^2]$.

Coeficientul de zveltețe determinat cu relația (14.3) trebuie să fie mai mare decât $\lambda=105$ (în cazul oțelului OL37).

2. Aparat utilizat

Încercarea de flambaj se efectuează cu ajutorul aparatului prezentat în fig. 14.3.

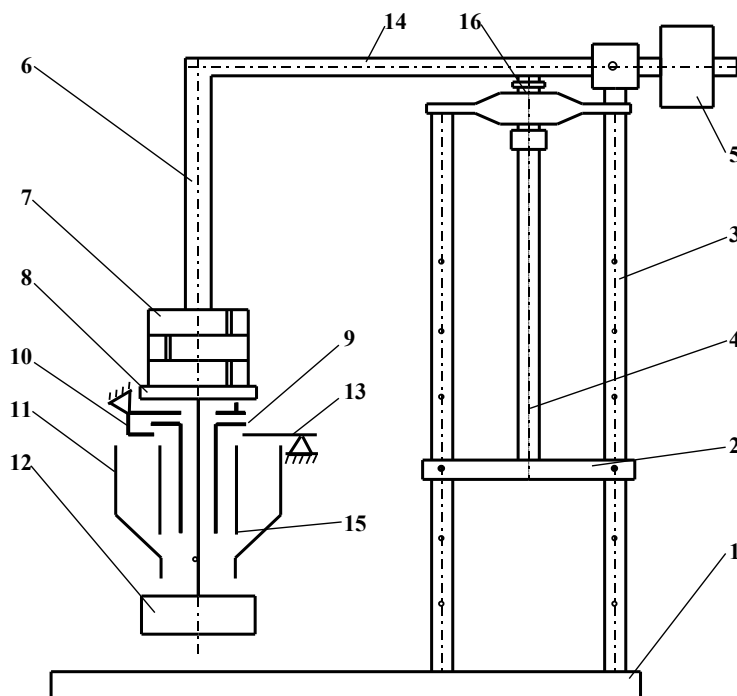


Fig. 14.3

Acesta este compus din: placa de bază (1) pe care sunt fixați stâlpii verticali (3). Pe stâlpii (3) se poate deplasa placa de sprijin (2) cu ajutorul căreia se poate regla lungimea dintre capetele de sprijin ale epruvetei.

La partea superioară a stâlpilor (3) este prinsă placa de ghidaj superioară prin care trece tija (16). Forța de flambaj se realizează cu ajutorul pârghiei (14) și este transmisă prin tija (16) la epruveta (4).

În momentul flambării epruvetei (4) talerul (8) acționează pârghia (10) care eliberează închizătorul (9) și astfel canalul de trecere al alicelor din rezervorul (11) în cutia (12) este obturat.

3. Materiale utilizate și forma epruvetelor

Încercarea se execută pe o bază dreaptă pe o bară dreaptă de oțel de secțiune circulară sau dreptunghiulară.

4. Modul de lucru

a) se măsoară dimensiunile barei l , d pentru secțiunea circulară sau b , h pentru secțiunea dreptunghiulară. Diametrul d sau h se măsoară după două direcții perpendiculare, iar apoi se calculează media;

b) se calculează cu formula (14.2) forța critică de flambaj;

c) se echilibrează pârghia de acționare (14) utilizând contragreutatea (5). Pârghia va avea montat talerul (8) și tija de susținere (15);

d) se montează epruveta în dispozitiv;

e) se montează cutia (12) și se pun greutateți pe talerul (8). Talerul (8) va fi încărcat cu greutatețile (7) până când se atinge 75% din forța critică de flambaj calculată analitic;

f) se continuă încărcarea cu alice de plumb ridicând închizătorul (9) cu pârghia (13). Închizătorul este menținut ridicat prin pârghia (10). În timp ce alicea cade din rezervorul (11) în cutia (12) se aplică asupra epruvetei (4) o forță mică pe direcția transversală pentru a o scoate din poziția de echilibru. În momentul când forța atinge valoarea critică, bara datorită perturbației transversale nu mai revine la poziția inițială și rămâne curbată. În momentul când bara se curbează talerul (8) va acționa pârghia (10) care va elibera închizătorul (9) și astfel curgerea alicei din rezervorul (11) va fi oprită;

g) se cântăresc greutatețile de pe talerul (8) și vasul (12) împreună cu alicea din acesta;

h) se repetă încercarea de trei ori. Valorile obținute se trec în formularul tip;

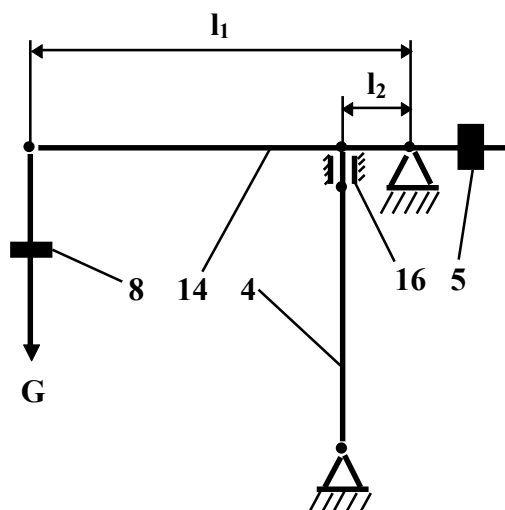


Fig. 14.4

i) se determină forța critică de flambaj experimentală ținând seama de factorul de amplificare al pârghiei (14) și greutatea tijei (16).

$$F_{\text{crc}} = G \frac{l_1}{l_2} \quad [\text{N}] \quad (14.5)$$

unde:

G - este greutatea determinată la punctul (g), în [N];

$l_{1,2}$ - sunt reprezentate în fig. 14.4.

j) se calculează forța critică experimentală cu relația:

$$F_{\text{crm}} = \sum_{i=1}^n \frac{F_{\text{crc}_i}}{n}$$

k) se calculează eroarea dintre valoarea formației critice medii și cea determinată analitic:

$$F = 100 \frac{F_{\text{cr}} - F_{\text{crm}}}{F_{\text{crm}}}$$

Valorile obținute se trec în tabelul prezentei lucrări.

UNIVERSITATEA „LUCIAN BLAGA” DIN SIBIU FACULTATEA DE INGINERIE „HERMANN OBERTH” CATEDRA BAZELE PROIECTĂRII MAȘINILOR LABORATORUL DE REZISTENȚA MATERIALELOR	FLAMBAJUL BARELOR DREPTE																																																																																														
Student..... Anul.....Grupa..... Data efectuării lucrării.....																																																																																															
1. Scopul lucrării																																																																																															
2. Schița aparatului																																																																																															
3. Rezultatele încercărilor:																																																																																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th colspan="7" style="padding: 5px;">Epruveta</th> <th rowspan="2" style="padding: 5px;">Nr. crt.</th> <th colspan="2" style="padding: 5px;">Experi- mental</th> <th rowspan="2" style="padding: 5px;">Analiti c</th> <th rowspan="2" style="padding: 5px;">Eroar ea [%]</th> </tr> <tr> <th style="padding: 5px;">E [GPa]</th> <th style="padding: 5px;">d₀ [mm]</th> <th style="padding: 5px;">I_{min} [mm]</th> <th style="padding: 5px;">i [mm]</th> <th style="padding: 5px;">l [mm]</th> <th style="padding: 5px;">l_f [mm]</th> <th style="padding: 5px;">λ</th> <th style="padding: 5px;">P_{fe} [N]</th> <th style="padding: 5px;">P_{fe} mediu [N]</th> <th style="padding: 5px;">P_{fa} [N]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1.</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>2.</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>3.</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1.</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>2.</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>3.</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>		Epruveta							Nr. crt.	Experi- mental		Analiti c	Eroar ea [%]	E [GPa]	d ₀ [mm]	I _{min} [mm]	i [mm]	l [mm]	l _f [mm]	λ	P _{fe} [N]	P _{fe} mediu [N]	P _{fa} [N]								1.												2.												3.												1.												2.												3.				
Epruveta							Nr. crt.	Experi- mental		Analiti c	Eroar ea [%]																																																																																				
E [GPa]	d ₀ [mm]	I _{min} [mm]	i [mm]	l [mm]	l _f [mm]	λ		P _{fe} [N]	P _{fe} mediu [N]			P _{fa} [N]																																																																																			
							1.																																																																																								
							2.																																																																																								
							3.																																																																																								
							1.																																																																																								
							2.																																																																																								
							3.																																																																																								
4. Observații:																																																																																															

Bibliografie

1. Buzdugan, Gh., Rezistența materialelor – „Îndrumar pentru lucrări de laborator”.
2. Majacu, I., Cornuț, A., - „Lucrări de laborator de Rezistența materialelor”, Institutul Politehnic "Traian Vuia", Timișoara, 1981.
3. Mocanu, D.R., ș.a. „Analiza experimentală a tensiunilor”, Ed. Tehnică, București, 1976.
4. Mocanu, D.R., ș.a. „Încercarea materialelor”, Ed. Tehnică, București, 1982.
5. Tiperciuc, Gh., „Rezistența materialelor”, Institutul de Învățământ Superior Sibiu, 1984.
6. Tiperciuc, Gh., Sofonea, G., ș.a. „Lucrări de laborator de Rezistența materialelor” Institutul de Învățământ Superior Sibiu, 1988.
7. Rațiu, L., Popescu, P., „Tehnica măsurări forțelor”, Ed. Didactică și Pedagogică, București, 1961.
8. * * * STAS-uri pentru încercări de materiale.