



(11) **RO 133851 B1**

(51) **Int.Cl.**

G01B 7/16 (2006.01);

G01L 5/00 (2006.01);

G01B 5/30 (2006.01)

(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2018 00514**

(22) Data de depozit: **09/07/2018**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **28/02/2023** BOPI nr. **2/2023**

(41) Data publicării cererii:
30/01/2020 BOPI nr. **1/2020**

(73) Titular:
• **UNIVERSITATEA TEHNICĂ " GHEORGHE
ASACHI " DIN IAȘI,**
*STR.PROF.DR.DOC.DIMITRIE
MANGERON, NR.67, IAȘI, IS, RO*

(72) Inventatori:
• **GOANȚĂ VIOREL, STR.SUCIDAVA NR.5,**
BL.259A, SC. TR.1, ET.5, AP.18, IAȘI, IS,
RO;
• **LEIȚOIU BOGDAN, STR.CANTA, NR.5,**
BL.459, SC.A, ET.3, AP.3, IAȘI, IS, RO

(56) Documente din stadiul tehnicii:
EP 0376795 A1; EP 1923684 A1

(54) **EXTENSOMETRU PENTRU DETERMINAREA
DEFORMAȚIILOR DE TRACȚIUNE ȘI TORSIUNE ALE UNOR
EPRUVETE**

Examinator: ing. ARGHIRESCU MARIUS



Orice persoană are dreptul să formuleze în scris și motivat, la OSIM, o cerere de revocare a brevetului de invenție, în termen de 6 luni de la publicarea mențiunii hotărârii de acordare a acesteia

RO 133851 B1

RO 133851 B1

1 Invenția se referă la un extensometru pentru determinarea deformațiilor de tracțiune
și torsiune ale unor epruvete sau piese, atunci când o epruvetă/piesă este solicitată simultan
3 la tracțiune și torsiune.

Sunt cunoscute dispozitive similare pentru determinarea simultană a deformațiilor
5 specifice introduse ca urmare a solicitărilor simultane la tracțiune și torsiune. Câteva dintre
acestea sunt:

- 7 - Modelul 3550 de la Epsilontech;
- Extensometrul protejat de brevetul **US 4491021**;
- 9 - Extensometru Axial/Torsionai, model MTS 632.68, pentru temperaturi ridicate.

Așa cum se constată din analiza specificațiilor, respectivele dispozitive prezintă
11 următoarele particularități:

- 13 - fiecare dintre extensometrele construite furnizează date precise, fiind calibrate
separat cu mare atenție;
- 15 - materialele din care sunt construite sunt de bună calitate și calculate astfel încât să
nu introducă erori de măsurare prin deformarea proprie;
- 17 - funcționează într-o plajă relativ mare de deformații;
- 19 - pot fi montate pe probe cu diametre diferite, având posibilitatea de reglare;
- sunt confecționate dintr-un număr mare de componente - 119 piese pentru al doilea
exemplu.

Se observă faptul că, primele două modele prezentate, diferă oarecum între ele,
21 având și destul de multe asemănări. În orice caz, fiecare dintre cele două extensometre utili-
zează patru vârfuri de contact cu epruveta, având o multitudine de componente adiacente.
23 Așa cum se va vedea ulterior, prezența celor patru vârfuri, câte două pentru fiecare solicitare
simplă, nu exclude modificarea distanței produsă prin torsiune dintre cele două vârfuri ale
25 traductorului liniar. La cel de-al treilea model, deformarea epruvetelor se transmite prin
brațele adiacente la un sistem de pârgii și bare deformabile care trebuie foarte bine
27 dimensionate și calibrate, fiecare extensometru trebuind să fie calibrat cu mare atenție.

Prin documentul **EP 0376795 A1** este cunoscut un dispozitiv extensometric pentru
29 măsurarea tensiunilor cu ajutorul manometrelor care acționează asupra unui element de foraj
la fundul unei sonde, caracterizat prin aceea că acest dispozitiv, cuprinde: - o primă zonă de
31 măsurare compusă din cel puțin două lame de tracțiune pe care sunt montate calibre de
măsurare conectate la capete prin montanți astfel încât să se producă un prim paralelogram
33 deformabil, aceste lame de tracțiune fiind orientate de-a lungul unei prime direcții, - o a doua
zonă de măsurare compusă din cel puțin două lame de torsiune pe care sunt montate calibre
35 de măsurare, legate la capete prin traverse astfel încât să formeze un al doilea paralelogram
deformabil, lamele de torsiune fiind orientate într-o a doua direcție perpendiculară pe prima,
37 prima zonă și a doua zonă fiind conectate între ele prin mijloace de cooperare și fiind
prevăzute cu mijloace de montare pe elementul de foraj menționat, - traversele și montanții
39 fiind dimensionați față de lamele de torsiune și față de lamele de tensionare.

De asemenea, documentul **EP 1923684 A1** prezintă un dispozitiv și o metodă pentru
41 măsurarea unei forțe de tracțiune (FM) în cel puțin o bandă sau un fir de material sau cel
puțin un fir de material, dispozitivul având minim un cilindru cu role montat rotativ pe un
43 rulment și minim un element de transfer al forței care transferă o forță de transmisie, element
care reacționează la forța transmisă cu o alungire, compresie sau altă schimbare de formă
45 într-o direcție paralelă cu axa de rotație a cilindrului, un senzor de determinare a extensiei
fiind conectat la elementul de transfer al forței, iar un alt element de transfer al forței
47 extinzându-se în interiorul cilindrului conectat la primul element de transfer al forței și fiind
proiectat astfel încât să genereze un moment încovoietor generat de forțele FM.

RO 133851 B1

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în realizarea unui extensometru simplu și ieftin de determinare a deformațiilor unei piese sau epruvete supusă la sollicitarea compusă de tracțiune și torsiune, utilizând ca senzori de determinare a deformării mărci tensometrice.	1 3
Extensometrul conform invenției rezolvă această problemă tehnică prin aceea că se atașează mecanic de epruveta sollicitată simultan la tracțiune și torsiune și are două traductoare de deformații, de tip grindă prevăzută cu câte patru mărci tensometrice conectate în punți Wheatstone complete, alimentate electric pe o diagonală, care vor furniza pe cealaltă diagonală un semnal electric ce va putea fi transformat, pe baza unui proces de calibrare, în deformații specifice liniare și unghiulare.	5 7 9
Acest extensometru este conceput pentru a putea prelua simultan două deformații mecanice ale epruvetei, transformate de traductoarele de deformații în semnale electrice diferite, care, prin calibrare, să poată conduce la măsurarea cu precizie a deformațiilor specifice liniare, ϵ , pe de o parte, și unghiulare, γ , pe de altă parte. Fiecare din cele două semnale este dependent doar de procesul măsurat (nu este influențat de celălalt proces de deformare).	11 13 15
Extensometrul conform invenției este conceput astfel încât să se poată fixa cu ușurință pe proba de încercat, având doar două puncte de așezare pe probă, putând fi utilizat și pentru încercări ciclice de oboseală la sollicitare compusă de tracțiune-torsiune și este compus din două brațe, unul rigid, în raport cu sarcina rezultată din sollicitarea acestuia, și altul deformabil elastic. Brațul cu deformare elastică conține două grinzi diferite prin orientarea în raport cu sollicitarea. La deformarea epruvetei, ambele grinzi sunt supuse la încovoiere de către două momente încovoietoare perpendiculare între ele și ambele perpendiculare pe axa longitudinală a brațului. Prima dintre grinzi, respectiv cea mai apropiată de vârfurile de așezare, este destinată măsurării deformațiilor liniare ale epruvetei ca urmare a solicitării acesteia la tracțiune. A doua dintre grinzi, respectiv cea mai depărtată de aceleași două vârfuri de așezare, este destinată măsurării deformațiilor unghiulare apărute ca urmare a solicitării la torsiune a epruvetei.	17 19 21 23 25 27
Extensometrul conform invenției prezintă următoarele avantaje:	29
- dispozitivul/extensometrul este simplu, cu foarte puține părți componente (piese);	
- este ușor de montat pe epruvetă având doar două puncte de contact cu epruveta;	31
- se poate calibra foarte ușor, așa cum se va constata în cele ce urmează;	
- semnalele preluate de la fiecare dintre cele două traductoare, pe care sunt montate mărcile tensometrice, nu conțin deformații din cealaltă sollicitare;	33
- cele două grinzi intră în structura unui singur braț al extensometrului;	35
- prin dispunerea „în cruce” a celor două grinzi se reduce efectul momentului de încovoiere rezidual, așa cum se va explica ulterior;	37
- prin conexiunea electrică în mod corespunzător a celor patru mărci tensometrice de pe fiecare grindă, se elimină semnalul dat de momentul de încovoiere rezidual;	39
- traductorul care monitorizează tracțiunea este mai aproape de vârfurile de așezare, iar traductorul care monitorizează torsiunea este mai distanțat de vârfurile de așezare deoarece, în general, deformația produsă de sollicitarea de torsiune este mai mică.	41
Dezavantajul metodelor prezentate în cadrul stadiului actual al tehnicii este acela că, pentru determinarea deformațiilor specifice simultane la tracțiune și torsiune se utilizează dispozitive extrem de complicate, cu foarte multe piese/componente adiționale, ceea ce face ca aceste dispozitive să fie mai puțin fiabile. Pe de altă parte, deși dispozitivele asemănătoare din domeniul tehnicii sunt atent calibrate inițial, furnizând valori corecte pentru deformațiile specifice la tracțiune și torsiune, pe parcursul utilizării se pot ușor decalibra, datorită designului complex și al utilizării multor componente. O recalibrare a acestora poate fi făcută doar de către producător.	43 45 47 49

RO 133851 B1

1 Invenția este prezentată pe larg în continuare printr-un exemplu de realizare a
2 invenției și modul de calcul al deformațiilor specifice liniare (la tracțiune) și unghiulare (la
3 torsiune), pe baza datelor achiziționate, conform fig. 1...9:

- fig. 1, desenul de ansamblu al extensometrului conform invenției;

5 - fig. 2, modul de amplasare a mărcilor tensometrice pe cele două grinzi de lucru
precum și modul de acțiune a momentelor de încovoiere provenite din deplasarea vârfurilor
7 de așezare ale extensometrului la deformarea epruvetei prin solicitările de tracțiune și
torsiune;

9 - fig. 3, modul în care se compun fiecare din cele două punți Wheatstone, una ce
conține cele patru mărci tensometrice de pe grinda pentru tracțiune și cea de-a doua ce
11 conține cele patru mărci tensometrice amplasate pe grinda pentru torsiune;

- fig. 4, solicitarea de tracțiune a epruvetei de calibrare cu extensometrul montat în
13 vederea determinării constantei de calibrare la tracțiune;

- fig. 5, graficul obținut ca urmare a solicitării unei epruvete de calibrare la tracțiune.
15 În abscisă sunt citirile deformațiilor indicate de extensometru, iar în ordonată sunt
deformațiile specifice liniare (la tracțiune), ε , preluate de la o marcă tensometrică montată
17 pe o epruvetă de calibrare supusă la tracțiune. Tot în această figură este dată și dreapta de
aproximare a acestui grafic;

19 - fig. 6, prezintă schema deplasării punctelor de fixare ale extensometrului atunci
când se realizează solicitarea compusă de tracțiune cu torsiune;

21 - fig. 7, prezintă dispozitivul de calibrare a extensometrului la solicitarea de torsiune.
Acest dispozitiv a fost construit în mod special pentru calibrarea extensometrului la
23 solicitarea de torsiune;

- fig. 8, se prezintă modul de legare în semipunte Wheatstone a mărcilor de pe proba
25 martor de torsiune;

- fig. 9, se prezintă graficul obținut ca urmare a solicitării la torsiune a unei epruvete
27 de calibrare pe dispozitivul prezentat în fig. 7. În abscisă sunt citirile de la extensometru, iar
în ordonată sunt deformațiile specifice unghiulare (la torsiune), γ , preluate de la cele două
29 mărci tensometrice în T (90°), montate la 45° în raport cu axa longitudinală a epruvetei
supusă la torsiune pură.

31 Extensometrul conform invenției, montat pe epruvetă, are următoarele părți
componente:

33 **1** - bază de susținere a celor două brațe - traversa de capăt;

2 - braț rigid, cu secțiune aproximativ constantă;

35 **3** - braț decupat, ce conține grinzile elastice de măsurare, fabricate în cruce;

4 - grindă lamelară utilizată pentru monitorizarea deformației liniare rezultată din
37 solicitarea la tracțiune a epruvetei - „grinda de tracțiune”;

5 - cele patru mărci tensometrice (două dedesubt) montate pe grinda **4** de tracțiune;

39 **6** - grindă lamelară utilizată pentru monitorizarea deformației unghiulare rezultată din
solicitarea la torsiune a epruvetei - „grinda de torsiune”;

41 **7** - cele patru mărci tensometrice (două în spate) montate pe grinda de torsiune;

43 **8** - două piese auxiliare, prevăzute cu câte două extensii, montate cu șuruburi în
capetele brațelor **2** și **3** ale extensometrului, necesare pentru montarea extensometrului pe
epruvetă;

45 **9** - două șuruburi cu vârf ascuțit $< 30^\circ$, înfiletate în piesele auxiliare **8** și utilizate
pentru fixarea extensometrului pe epruvetă;

47 **10** - epruveta solicitată compus, la tracțiune și la răsucire;

49 **11** - benzi elastice din cauciuc sau/și arcuri pentru prinderea extensometrului pe
epruvetă.

RO 133851 B1

Extensometrul **A** conform invenției are două traductoare de deformații independente, concepute ca grinzi lamelare **4, 6**, deformabile, fiecare preponderent de către una dintre cele două sollicitări. Fiecare din cele două grinzi lamelare **4, 6**, este prevăzută cu câte patru mărci tensometrice **5, 7**, legate în punte completă de tip Wheatstone. Prin utilizarea acestui dispozitiv, fiecare dintre cele două traductoare, care reprezintă totodată un segment al unuia dintre brațele **2 și 3** ale extensometrului, furnizează câte un semnal separat pentru fiecare dintre deformațiile monitorizate: semnalul pentru deformația liniară și semnalul pentru deformația unghiulară. Datorită modului de conexiune a mărcilor tensometrice **5, 7**, atât teoretic cât și practic, s-a constatat că fiecare traductor produce un semnal „curat”, generat doar de deformația care o monitorizează. Deși fiecare dintre grinzile lamelare **4, 6**, este deformată la încovoiere în două planuri, semnalul total furnizat de mărcile tensometrice, ca urmare a deformației produse de momentul de încovoiere „rezidual” (cel destinat încovoierii celeilalte grinzi), va fi zero. Momentul de încovoiere „rezidual”, pentru fiecare dintre cele două grinzi lamelare **4, 6**, este cel care produce deformarea în raport cu fibra neutră poziționată perpendicular pe dimensiunea minimă.

Funcționarea extensometrului este următoarea:

- e așează vârfurile ascuțite (și tratate termic) ale extensometrului **A** pe epruveta **10** ce urmează a fi sollicitată la tracțiune-torsiune;

- se fixează extensometrul **A** pe epruvetă cu ajutorul legăturilor elastice **11** (sau arcuri), forțând o ușoară pătrundere a vârfurilor ascuțite în suprafața epruvetei;

- odată cu începerea sollicitării se preiau semnalele de la cele două traductoare de deformații: grinda lamelară **4** de tracțiune și grinda lamelară **6** de torsiune;

- cu ajutorul constantelor de calibrare, ce se vor determina conform indicațiilor de mai jos, se vor determina deformațiile specifice reale liniare (la tracțiune), ε , respectiv unghiulare (la torsiune), γ .

Așa cum s-a amintit anterior, datorită modului de legare a mărcilor tensometrice **5, 7**, atât teoretic cât și practic, s-a constatat că fiecare grindă produce un semnal „curat”, doar pentru deformația pentru care a fost destinată.

În fig.2 se prezintă modul de amplasare a mărcilor tensometrice **5, 7**, pe cele două grinzi lamelare **4, 6**, de lucru, precum și modul de acțiune a momentelor de încovoiere provenite din deplasarea brațelor extensometrului prin deformarea la tracțiune și la torsiune a epruvetei.

Pe de altă parte, în fig. 3 este arătat modul de legare electrică a celor patru mărci tensometrice **5**, respectiv **7**. Legarea electrică în punte Wheatstone a mărcilor de pe grinda de tracțiune s-a realizat în ideea măsurării deformației produse de momentul încovoierii M_{zt} . Astfel, semnalul furnizat în acest caz va fi:

$$\varepsilon_{mas} = \varepsilon_{t1} + \varepsilon_{t2} - (\varepsilon_{c1} + \varepsilon_{c2}) \quad (1)$$

Întrucât toate mărcile furnizează același semnal ε , în modul, cele de compresiune furnizând o valoare negativă a semnalului, vom avea:

$$\varepsilon_{mas} = \varepsilon + \varepsilon - (-\varepsilon - \varepsilon) = 4\varepsilon \quad (2)$$

Același calcul se face și pentru grinda lamelară de torsiune **6**.

Atunci când grinda lamelară **4** de tracțiune este sollicitată de momentul de încovoiere M_{yr} , fig. 2, (dat de sollicitarea de torsiune cu sensul din fig. 2 și denumit moment rezidual pentru această grindă), mărcile montate pe grinda de tracțiune se deformează astfel:

- mărcile m_{t1} și m_{c1} dau deformații de tracțiune ($+\varepsilon$), fiind pe jumătatea grinzii de tracțiune supusă la tracțiune datorită momentului rezidual M_{yr} ;

- mărcile m_{t2} și m_{c2} dau deformații de compresiune ($-\varepsilon$), fiind pe jumătatea grinzii de tracțiune supusă la compresiune datorită momentului rezidual M_{yr} .

RO 133851 B1

1 Semnale furnizate de cele patru mărci sunt egale în modul, ε , cele de compresiune
furnizând semnal negativ. În aceste condiții, având în vedere modul de amplasare și de
3 legare a celor patru mărci tensometrice (a se vedea relația 1), vom avea (în aceeași ordine
ca în relația 1):

$$5 \quad \varepsilon_{\text{mas}} = \varepsilon - \varepsilon - (\varepsilon - \varepsilon) = 0 \quad (3)$$

7 Ca urmare, atunci când grinda lamelară **4** de tracțiune este solicitată la încovoiere
de un moment de încovoiere rezidual M_{yr} , dat de solicitarea de torsiune, semnalul
traductorului de deformăție liniară - grinda de tracțiune, va fi zero. Similar, atunci când grinda
9 lamelară **6** de torsiune este solicitată la încovoiere de un moment de încovoiere rezidual, M_{zt} ,
dat de solicitarea de tracțiune, semnalul traductorului de deformăție de răsucire - grinda
11 lamelară **6** de răsucire, va fi zero.

În acest fel, fiecare traductor de deformăție va furniza semnale corespunzător
13 solicitării pentru care a fost conceput: tracțiune sau torsiune.

15 Calibrarea dispozitivului și determinarea deformațiilor specifice reale la tracțiune, ε ,
respectiv torsiune, γ .

Înainte de a putea fi utilizat pentru determinarea deformațiilor reale apărute ca urmare
17 a solicitărilor de tracțiune și torsiune, luate separat sau simultan, dispozitivul trebuie să fie
calibrat.

19 Calibrarea la tracțiune

21 Calibrarea la tracțiune are rolul de a pune în concordanță citirile realizate la sistemul
de mărci (punte completă Wheatstone) montate pe grinda utilizată pentru tracțiune, cu
deformația reală produsă de solicitarea de tracțiune.

23 Pentru solicitarea de tracțiune se utilizează o epruvetă martor **10'**, pe care se
montează o marcă tensometrică **12**, dispusă cu liniile grilei paralele cu axa longitudinală a
25 epruvetei, (fig.4). Această marcă tensometrică **12**, legată în sfert de punte Wheatstone, va
furniza, ca urmare a solicitării la tracțiune a epruvetei, deformația specifică reală liniară (de
27 tracțiune), $\varepsilon_{\text{real}}$. Atât marca **12** descrisă mai sus, cât și cele patru mărci **5** de pe grinda
lamelară **4** de tracțiune a extensometrului **A**, se vor lega la un sistem (punte (Vishay de ex.)
29 prevăzut cu alimentare și achiziție de date. Epruveta martor **10'** se supune la tracțiune pe o
mașină universală de încercat, cu viteză mică, aproximativ 1 mm/m in, în deplasarea
31 traversei (pistonului). Datele furnizate mai jos reprezintă determinări efectuate cu ajutorul
extensometrului **A** construit conform invenției, proba martor fiind una din oțel R260Mn
33 (1.0624). Cu datele achiziționate de la marca de pe proba martor **10'** supusă la tracțiune și
de la cele patru mărci **5**, de pe grinda lamelară de tracțiune a extensometrului (un singur
35 semnal) se trasează graficul din fig. 5. Se constată că avem o liniaritate bună a acestui
grafic, fiind dată și dreapta de aproximare. Ca urmare, prin utilizarea ulterioară a
37 extensometrului **A**, semnalul furnizat de traductorul de deformăție liniară a extensometrului,
va trebui înmulțit cu coeficientul de calibrare 20,94 și se va obține deformația specifică liniară
39 (la tracțiune), reală, $\varepsilon_{\text{real}}$ a epruvetei/pieseii.

41 Observație: acest coeficient este valabil pentru extensometrul cu caracteristicile,
forma, materialul utilizat, dispunerea mărcilor, dimensiunile, etc. construit de noi în acest
43 scop. Pentru orice alt extensometru, construit după descrierea prezentată aici, trebuie să se
realizeze calibrarea proprie, obținându-se un coeficient de calibrare la tracțiune, caracteristic
respectivului extensometru.

45 Pentru determinarea deformației specifice atunci când se realizează simultan și
încercarea de torsiune, coeficientul anterior nu este suficient. Trebuie avut în vedere că,
47 odată cu alungirea Δl a porțiunii aflată între punctele de sprijin ale extensometrului de

RO 133851 B1

lungime l_0 , (fig. 6), secțiunile transversale ale acesteia se rotesc, unele în raport cu altele, punctul B ajungând în punctul C. Atunci când epruveta este supusă doar la solicitarea de tracțiune, deformația specifică la tracțiune este dată de relația:

$$\varepsilon_{real} = \frac{\Delta l}{l_0} = \frac{AB}{OA} \quad (4)$$

în care Δl reprezintă alungirea porțiunii de epruveta de lungime l_0 .

Atunci când solicitarea este compusă, de tracțiune cu torsiune, punctele de sprijin pe epruvetă ale extensometrului **A** nu mai parcurg distanța AB, ci distanța A'C. Ca urmare, semnalul furnizat de traductorul de deformație liniară a extensometrului va fi mai mare, corespunzător parcurgerii distanței suplimentare B'C. În aceste condiții, semnalul măsurat va conține o eroare ce se poate îndepărta pe baza unei relații de calcul ce se va prezenta în cele ce urmează.

Se definește deformația specifică furnizată de extensometru:

$$\varepsilon_{mas} = \frac{\Delta l'}{l_0} = \frac{\Delta l + B'C}{l_0}$$

iar, pe baza notațiilor din fig. 6, se pot formula următoarele calcule:

$$B'C = OC - OB' = OC - (l_0 + \Delta l)$$

$$OC = \sqrt{OB^2 + BC^2}$$

$$OB = l_0 + \Delta l$$

$$\operatorname{tg}(\gamma) \approx \gamma = \frac{BC}{OB} \rightarrow BC = \gamma \cdot OB = \gamma(l_0 + \Delta l)$$

$$OC = \sqrt{(l_0 + \Delta l)^2 + \gamma^2 (l_0 + \Delta l)^2}$$

$$B'C = (l_0 + \Delta l)[\sqrt{\gamma^2 + 1} - 1]$$

Pentru semnalul dat de către grinda lamelară de tracțiune **4** vom avea:

$$\varepsilon_{mas} = \frac{\Delta l + B'C}{l_0} = \frac{\Delta l}{l_0} + \frac{1}{l_0} [(l_0 + \Delta l)(\sqrt{\gamma^2 + 1} - 1)]$$

sau, în funcție de ε_{real} (relația 4):

$$\varepsilon_{mas} = \varepsilon_{real} + [(1 + \varepsilon_{real})(\sqrt{\gamma^2 + 1} - 1)] \quad (5)$$

Din relația (5) se poate deduce:

$$\varepsilon_{real} = \frac{\varepsilon_{mas} + 1 - \sqrt{\gamma^2 + 1}}{\sqrt{\gamma^2 + 1}} \quad (6)$$

Ca urmare, deformația specifică liniară reală, ε_{real} , la solicitarea simultană de tracțiune cu torsiune, se calculează pe baza semnalului furnizat de traductorul deformației liniare (grinda lamelară **4** de tracțiune), ε_{mas} , și a deformației specifice unghiulare (la torsiune) γ . Deformația specifică la torsiune se determină pe baza semnalului preluat de grinda de torsiune multiplicat cu o constantă de calibrare, așa cum se va vedea ulterior.

RO 133851 B1

1 Un exemplu de calcul, pentru o determinare reală la solicitarea simultană de tracțiune
și torsiune, utilizând un extensometru construit pentru măsurarea celor două deformații
3 specifice, este prezentat mai jos. Date obținute prin măsurare:

5 - $\varepsilon_{mas} = 600 \mu\varepsilon = 600 \cdot 10^{-6} \text{ m/m}$, (unde $\mu\varepsilon = \mu\text{m/m}$);

5 - $\gamma = 250 \mu\varepsilon = 250 \cdot 10^{-6} \text{ m/m}$.

Pentru deformația specifică liniară, nemajorată cu coeficientul de calibrare, va rezulta:

7
9
$$\varepsilon_{real} = \frac{600 \cdot 10^{-6} + 1 - \sqrt{(250 \cdot 10^{-6})^2 + 1}}{\sqrt{(250 \cdot 10^{-6})^2 + 1}} = 599,937 \cdot 10^{-6} \text{ m/m}$$

11 Eroarea produsă, dacă nu s-ar ține cont de măsurarea porțiunii B'C mărită prin torsiune, ar
fi:

13
$$Er[\%] = \frac{\varepsilon_{mas} - \varepsilon_{real}}{\varepsilon_{real}} \cdot 100 = \frac{600 \cdot 10^{-6} - 599,937 \cdot 10^{-6}}{599,937 \cdot 10^{-6}} \cdot 100 = 0,0105\%$$

15 Se precizează faptul că, deformațiile specifice, liniare și unghiulare, obținute prin
17 măsurare și date mai sus, s-au determinat pe probe din oțel tenace, în domeniul elastic. Ca
urmare, pentru deformații de mărimea celor prezentate, calculul anterior conduce la erori
19 foarte mici și în acest caz se poate considera doar deformația liniară rezultată din măsurarea
directă cu grinda de tracțiune (înmulțită cu coeficientul de calibrare). Pentru valori mai mari
21 ale deformațiilor specifice, în special a celei rezultate prin torsiune, trebuie determinată
deformația specifică la tracțiune cu ajutorul relației (6). Evident că, după acest calcul
23 urmează multiplicarea rezultatului cu constanta de calibrare, care, pentru extensometrul
construit de noi, este de 20,94.

25 Calibrarea la torsiune

27 Calibrarea la tracțiune are rolul de a pune în concordanță citirile realizate la traduc-
torul de torsiune cu deformația reală produsă de solicitarea de torsiune. În acest scop s-a
construit un dispozitiv special, care să solicite o probă martor **10'** la solicitarea de torsiune
29 pură. Acest dispozitiv este prezentat în fig. 7 și este compus din:

10' - epruveta martor;

31 **A** - extensometrul conform invenției;

33 **11** - legăturile elastice și/sau arcurile cu ajutorul cărora se fixează extensometrul pe
epruveta;

35 **4** - traductor tensometric **13** format dintr-o rozetă în T (două mărci tensometrice
dispuse la 90° una în raport cu cealaltă) și montat cu axa de simetrie la 45° în raport cu axa
longitudinală a epruvetei;

37 **14** - rulment radial; **15** - șurub strângere/încastrare probă pe suport;

16 - suport de capăt; **16'** - suport rulment;

39 **s** - șurub strângere probă pe pârghie;

c - capătul epruvetei pe care se aplică momentul de torsiune activ;

41 **17** - pârghie de introducere a momentului de torsiune;

d- parte plată, găurită, a pârgchiei **17**; **18** - placa de bază;

43 **p** - piuliță cu ajutorul căreia se deplasează înspre în jos pârghia **17**;

19 - arcul de susținere orizontală a extensometrului;

45 **20** - suport pentru arcul **19**; **21** - arc de susținere a pârgchiei **17**;

22 - șurub fixat pe placa de bază **18**;

47 Funcționarea dispozitivului de calibrare la torsiune este descrisă în cele ce urmează.

RO 133851 B1

Proba martor **10'**, instrumentată cu rozeta în T formând traductorul tensometric **13** pentru măsurarea deformațiilor de răsucire, este fixată în dispozitiv. În suportul **16** epruveta martor este fixată fără posibilitate de rotire în acest capăt, cu ajutorul șurubului **15**. Astfel, se poate spune că acest capăt al epruvetei poate fi considerat încastrat. Pe celălalt capăt al epruvetei este introdus rulmentul **14** care este fixat pe suportul **16'**. Astfel, acest capăt al epruvetei se poate roti după axa sa geometrică, dar nu se poate deplasa. În acest fel, epruveta **10'** este sollicitată doar de un moment de torsiune, fără alte sollicitări. Tot pe acest capăt al epruvetei se fixează brațul **17**. La rotirea piuliței **p**, brațul **17** se va roti, creându-se astfel un moment de torsiune (M_t , în fig. 7). Gaura de trecere a șurubului **22** prin partea plată **d** a brațului **17** se execută alungit pe direcția axei longitudinale a pârgșiei, pentru a permite rotirea liberă a pârgșiei **17**. Pentru a nu se introduce un moment de torsiune inițial datorită greutateii brațului **17** dar și pentru reversibilitatea mișcării brațului, în partea de jos a acestuia s-a introdus un arc de susținere **21**, capabil, atunci când piulița **p** se desface, să împingă înspre în sus brațul **17**. În acest fel, măsurătorile se pot face în dublu sens. În orice caz, la începutul măsurătorilor, cele două punți tensometrice Wheatstone formate, pe de o parte de cele patru mărci tensometrice **5, 7** de pe grinda de torsiune a extensometrului, (punte completă), iar pe de altă parte de cele două mărci de pe proba martor **10'** formând traductorul **13**, (conexiune în semipunte), se echilibrează pentru ca semnalul de început să fie egal cu zero, indiferent dacă există sau nu o sollicitare inițială în probă, aceasta fiind, oricum, în domeniul elastic și neglijabilă.

Calculul deformației specifice γ , la torsiune:

$$\gamma = 2\varepsilon = \frac{\tau}{G} = \frac{Mt}{G \cdot Wp} = \frac{Mt}{G \cdot \frac{\pi R^3}{2}} = \frac{Mt \cdot 2}{\pi R^3} \cdot \frac{2(1+\nu)}{E} = \frac{4Mt(1+\nu)}{\pi R^3 E} \quad (7)$$

Relația de calcul (7) de la final este dată doar pentru o eventuală verificare.

Cele două mărci montate pe proba martor sunt legate în semipunte, așa cum se poate observa în fig. 8a. Semnalul măsurat va fi:

$$\varepsilon_{\text{mas}} = \varepsilon - (-\varepsilon) = 2\varepsilon$$

întrucât una dintre mărci furnizează semnal de tracțiune cealaltă furnizând semnal de compresiune, fig. 8b.

Ca urmare, semnalul măsurat de la traductorul montat pe proba martor va fi tocmai deformația la torsiune, γ , conform relației (7).

Cu datele achiziționate de la mărcile de pe proba martor supusă la torsiune și de la cele patru mărci de pe grinda de torsiune a extensometrului (un singur semnal) se trasează graficul din fig. 9. Se constată că avem o liniaritate bună a acestui grafic, aici fiind reprezentată și dreapta de aproximare. Ca urmare, la utilizarea ulterioară a extensometrului, semnalul furnizat de traductorul deformației unghiulare de pe extensometru, va trebui multiplicat cu coeficientul de calibrare 12,77 pentru a obține deformația specifică reală la torsiune γ .

Observație: acest coeficient este valabil pentru extensometru cu caracteristicile, forma, materialul utilizat, dispunerea mărcilor, dimensiunile, etc. construit de noi în acest scop. Pentru orice alt extensometru, construit după descrierea prezentată aici, trebuie să se realizeze calibrarea proprie la torsiune, obținându-se un coeficient de calibrare caracteristic respectivului extensometru.

RO 133851 B1

1 Bibliografie

1. <https://www.epsilontech.com/products/axial-torsional-extensometer-model-3550/>
- 3 2. <https://patents.google.com/patent/US4491021>
3. https://www.mts.com/cs/groups/public/documents/library/dev_003705.pdf
- 5 4. Goanță V., Rezistența materialelor - noțiuni fundamentale, Ed. „Gh. Asachi” Iași, 2001
5. Mocanu, D.R. ș.a. Încercarea materialelor, vol. I, Ed. Tehnică, București 1980

RO 133851 B1

Revendicări

1. Extensometru pentru determinarea deformațiilor de tracțiune și torsiune ale unor epruvete (10), compus din două brațe (2, 3) deformabile unite la un capăt și cu capetele opuse conectate cu epruveta a cărei deformare o determină, brațul (3) având cu două părți tip grindă lamelară (4 și 6) deformabile, elastice, unite între ele, pe care sunt fixate mărci tensometrice și care sunt profilate astfel încât mărcile tensometrice fixate pe prima grindă lamelară (4) să determine deformarea la tracțiune iar cele fixate pe a doua grindă lamelară (6) să determine deformarea la torsiune a epruvetei (10) testate , **caracterizat prin aceea că**, brațul (2) este uniform dimensionat iar brațul (3), unit printr-o bază (1) de susținere cu acest braț (2), are grinzile lamelare (4 și 6) profilate astfel încât să permită deplasare sau/și rotire a brațului (3) față de brațul (2), cu lățimile perpendiculare una pe cealaltă, fiecare dintre grinzile lamelare (4 și 6) având lipite patru mărci tensometrice (5, 7), câte două pe fiecare față, conectate la punți Wheatstone complete, de determinare a deformațiilor specifice ale epruvetei (10) care sunt transmise brațului (3) prin niște benzi elastice (11) în contact cu epruveta (10), cu capetele fixate de câte o piesă auxiliară (8) fixată de capătul liber al brațului (2), respectiv (3) cu niște șuruburi (9).
2. Dispozitiv de calibrare a unui extensometru (A) pentru determinarea deformațiilor de tracțiune și torsiune ale unei epruvete realizat conform revendicării 1, având o placă de bază (18) cu doi suportți (16, 16') dintre care suportul (16) are un șurub (15) de fixare a unui capăt al unei epruvete martor (10') iar suportul (16') are un rulment (14) de susținere a celuilalt capăt al epruvetei (10'), extensometrul (A) fiind solidarizat cu placa de bază (18) prin intermediul unui suport de susținere (20) fixat de placa de bază (18) printr-o îmbinare sudată și care are la partea superioară un arc (19) de susținere a bazei (1) a extensometrului (A), **caracterizat prin aceea că**, pentru acționarea asupra epruvetei (10') cu o forță de solicitare la tracțiune sau/și torsiune, mai are o pârghie (17) cu un capăt de fixare cu șurub (s) a capătului (c) al epruvetei (10') susținut de rulmentul (14) și cu o parte plată (d) găurită la capătul opus, susținută de un arc de susținere (21) fixat pe un șurub (22) sudat de placa de bază (18) și cu capătul superior trecut prin gaura părții plate (d) a pârghiei (17), deformația specifică de torsiune a epruvetei (10') fiind sesizată de mărcile brațului (3) al extensometrului și de un traductor tensometric în rozetă (13) aplicat pe epruvetă și conectat în semipunte la o punte Wheatstone.

(51) Int.Cl.

G01B 7/16 (2006.01);

G01L 5/00 (2006.01);

G01B 5/30 (2006.01)

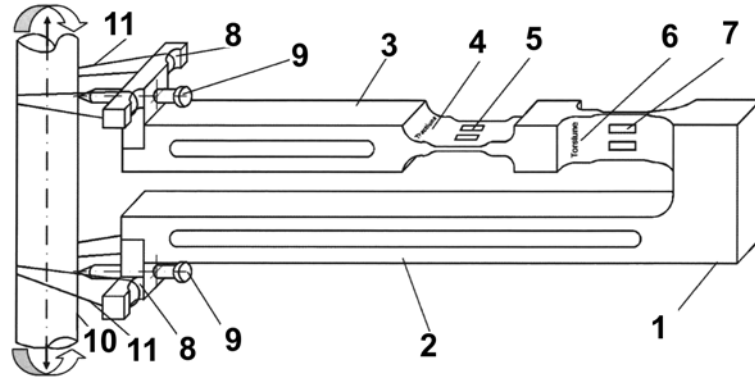


Fig. 1

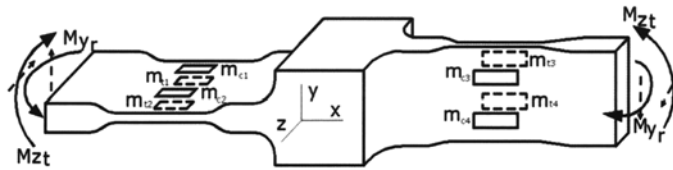


Fig. 2

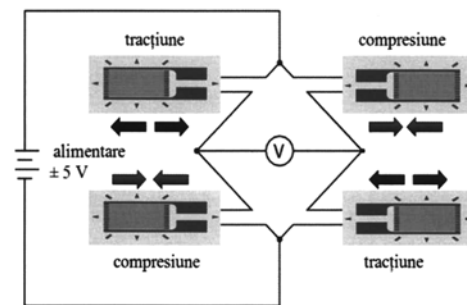


Fig. 3

(51) Int.Cl.

G01B 7/16 (2006.01);

G01L 5/00 (2006.01);

G01B 5/30 (2006.01)

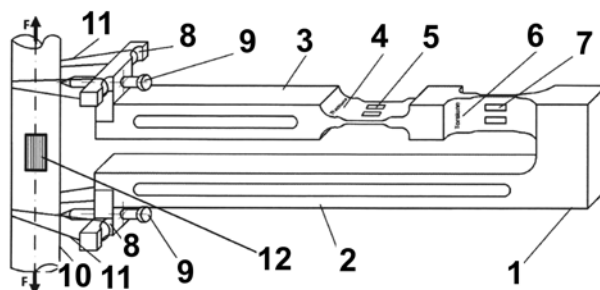


Fig. 4

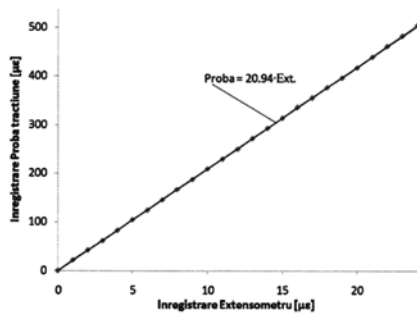


Fig. 5

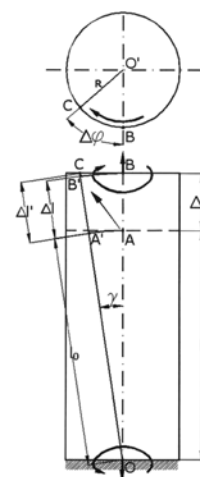


Fig. 6

RO 133851 B1

(51) Int.Cl.

G01B 7/16 (2006.01);

G01L 5/00 (2006.01);

G01B 5/30 (2006.01)

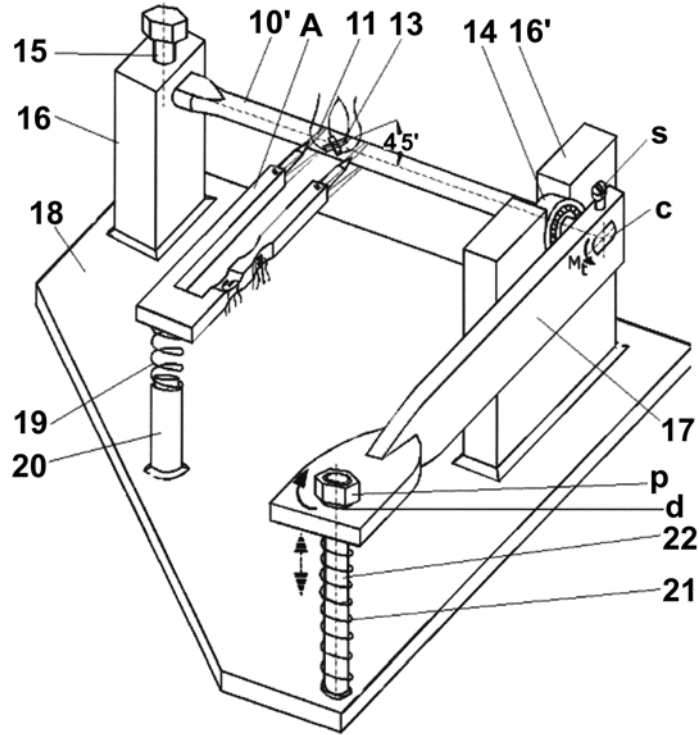


Fig. 7

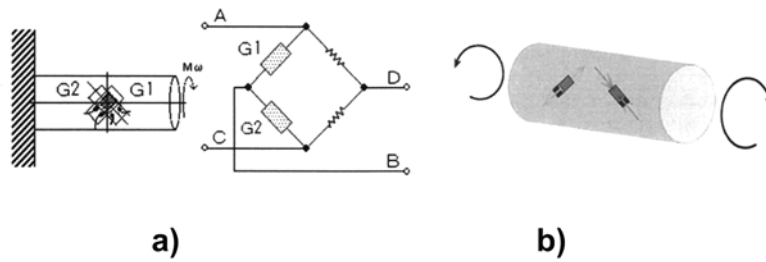


Fig. 8

(51) Int.Cl.

G01B 7/16 (2006.01);

G01L 5/00 (2006.01);

G01B 5/30 (2006.01)

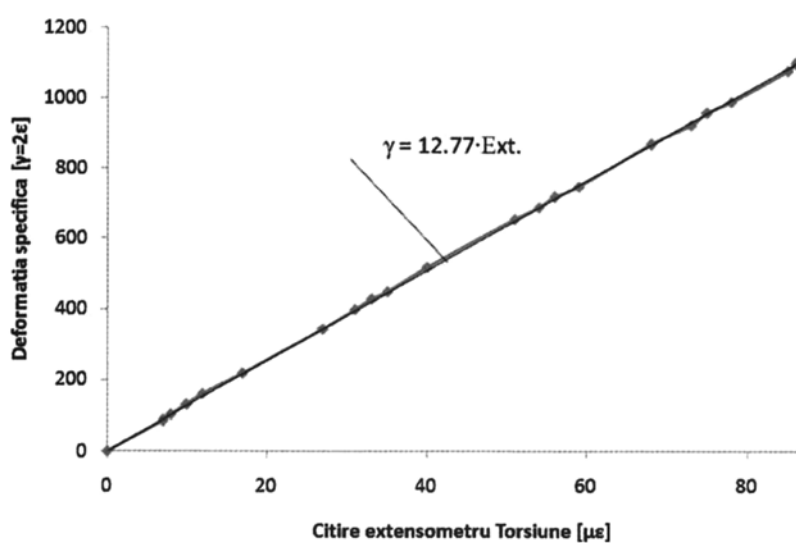


Fig. 9



Editare și tehnoredactare computerizată - OSIM
Tipărit la Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci
sub comanda nr. 71/2023