



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2010 00542**

(22) Data de depozit: **23/06/2010**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **30/08/2018** BOPI nr. **8/2018**

(41) Data publicării cererii:
30/12/2011 BOPI nr. **12/2011**

(73) Titular:
• **UNIVERSITATEA TEHNICĂ "GHEORGHE
ASACHI" DIN IAȘI,**
*BD. PROF. 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.15, IAȘI, IS, RO*

(56) Documente din stadiul tehnicii:
DE 10011021 A1

(54) **METODĂ PENTRU DETERMINAREA CARACTERISTICILOR
ELASTICE PENTRU MATERIALE COMPOZITE POLIMERICE
ARMATE CU ȚESĂTURĂ**



1 Invenția se referă la o metodă pentru determinarea modulului de elasticitate longitu-
dinală E (modulul lui Young), precum și a coeficientului contracției transversale ν (coefi-
3 cientul lui Poisson) la materialele compozite ortotrope [P. D. Bârsănescu, F. Mocanu, L.
Bejan, C. Bâtcă, *“Tensometrie electrică rezistivă la materialele compozite”*, Ed.
5 Tehnopress, Iași, 2007].

 Sunt cunoscute metodele experimentale, cât și relațiile de calcul aferente pentru
7 determinarea caracteristicilor elastice E și ν ale materialelor izotrope [D. R. Mocanu, ș.a.
“Încercarea materialelor”, vol. I, Ed. Tehnică, București 1980]. Există mai multe metode
9 de determinare a constantelor elastice arătate mai sus. Există metoda bazată pe determi-
narea pantei drepte de elasticitate din cadrul curbei caracteristice, determinată pe probe
11 standardizate confecționate din materialul respectiv, probe care sunt supuse solicitării de
tracțiune [S. F. Hwang, C. K. Yeh, S. C. Chung, *“Inverse determination of elastic
13 constants of composite materials”*, Polymer Composites, Vol. 30, Issue 5, Pages
521-527]. Sunt cunoscute, de asemenea, metode prin care se pun în corelație tensiunea
15 mecanică σ introdusă în proba solicitată, și deformațiile specifice ϵ , pe direcție longitudinală
și transversală, acestea din urmă măsurate prin diferite mijloace: extensometre mecanice,
17 optice, cu laser, prin tensometria electrică rezistivă etc. [E. C. Botelho, R. A. Silva, L. C.
Pardini, M. C. Rezende, *“A review on the development and properties of continuous
19 fiber/epoxy/aluminum hybrid composites for aircraft structures”*, Mat. Res. vol. 9 no.
3, Sao Carlos, July/Sept. 2006]. Toate aceste metode permit determinarea constantelor
21 elastice pentru o probă prelevată din material, de obicei după o direcție preferențială. Probele
utilizate pentru determinarea constantelor elastice sunt de obicei standardizate, și prezintă
23 o axă geometrică după care are loc solicitarea de tracțiune, și după care se măsoară și
deformația longitudinală, pentru determinarea coeficientului lui Poisson măsurându-se
25 deformația pe o direcție perpendiculară cu cea longitudinală. Mai sunt cunoscute metode de
determinare a caracteristicilor elastice ale materialelor, care utilizează metode ce țin de
27 fotoelasticimetrie [X. Q. Peng, J. Cao, *“Numerical Determination of Mechanical Elastic
Constants of Textile Composites”*, 15th Annual Technical Conference of the American
29 Society for Composite, College Station, TX, Sept. 25-27, 2000; P. K. Liaw, N. Yu, D. K.
Hsu, N. Miriyala, V. Saini, L. L. Snead, C. J. McHargue, and R. A. Lowden, *“Moduli
31 determination of continuous fiber ceramic composites”*, Journal of Nuclear Materials,
219: 93-100, 1995].

33 Invenția rezolvă problema determinării constantelor elastice pe trei direcții, E_{11} , E_{22} ,
 E_{33} , ν_{13} , ν_{24} și ν_{31} pentru un material compozit ortotrop, cu ajutorul unei singure probe de
35 construcție specială, de formă octogonală.

 Metoda pentru determinarea modulului de elasticitate longitudinală și a coeficientului
37 lui Poisson, în scopul determinării caracteristicilor elastice în același punct dar pe trei direcții
diferite a materialelor compozite cu proprietăți ortotrope, conform invenției, constă din urmă-
39 toarele etape de determinare experimentală și prelucrare analitică a datelor:

41 - confecționarea epruvetei de tip octogonal cu dimensiuni suficient de mari cât să nu
fie influențate datele preluate de la mărci de efectul de prindere în bacuri;

43 - lipirea traductoarelor tensometrice în centrul probei și pe direcțiile dorite;

45 - încercarea la tracțiune a aceleiași probe de construcție specială, de formă
octogonală, pe rând, pe trei direcții: în lungul fibrelor, 0° , la 45° și la 90° în raport cu fibrele;

47 - preluarea valorilor tensiunii mecanice normale σ_{ij} și a timpului corespunzător, de la
mașina de încercat, pentru fiecare direcție de solicitare;

 - preluarea valorilor deformațiilor specifice longitudinale ϵ_{ij} și transversale ϵ_{jk} , în raport
cu timpul, pe fiecare direcție de solicitare, înregistrate de puntea tensometrică;

RO 126965 B1

- punerea în corespondență prin eliminarea timpului a valorilor tensiunii normale σ cu deformația specifică longitudinală ϵ_{ij} ; 1
 - punerea în corespondență prin eliminarea timpului a variației deformației specifice longitudinale ϵ_{ij} cu deformația specifică transversală ϵ_{jk} ; 3
 - reprezentarea grafică a variației tensiunii normale σ în raport cu deformația specifică longitudinală ϵ_{ij} și trasarea dreptei de aproximare, pentru toate cele trei direcții; 5
 - identificarea coeficienților termenilor ϵ_{ij} din ecuațiile dreptelor de aproximare, care înmulțiți cu 10^6 reprezintă modulul de elasticitate longitudinală; 7
 - reprezentarea grafică a variației deformației transversale ϵ_{jk} în raport cu cea longitudinală ϵ_{ij} , și trasarea dreptei de aproximare, pentru toate cele trei direcții; 9
 - identificarea coeficienților termenilor ϵ_{ij} din partea stângă a relațiilor ce apar în grafice, care vor reprezenta valorile pentru coeficientul lui Poisson. 11
- Metoda conform invenției prezintă următoarele avantaje: 13
- pe baza unei proceduri simple, deloc costisitoare, se pot determina pe trei direcții diferite caracteristicile elastice ale unui material compozit ortotrop, cu ajutorul unei singure epruvete; 15
 - nu mai este necesară decuparea a trei epruvete diferite, fiecare având axa geometrică orientată diferit, prelevate fiind dintr-un material de bază; 17
 - pe baza utilizării acestei metode se pot determina caracteristicile elastice în același punct central al epruvetei, în timp ce prin decupare de epruvete diferite se vor determina aceste caracteristici în puncte diferite. În acest din urmă caz pot apărea erori din cauza eventualelor imperfecțiuni ale materialului în zone diferite, cauzate fie de către matrice, fie de către armătură, fie de interfața dintre matrice și armătură. 21
- Invenția de față prezintă o metodă experimentală și de prelucrare a datelor în vederea determinării constantelor elastice pe trei direcții ale materialelor compozite armate cu țesături care au proprietăți ortotrope. Se utilizează fișierele de date preluate de la mașina de încercat prin tracțiune, pe baza cărora se va stabili corelația dintre tensiunea mecanică a și deformația specifică s , longitudinală și transversală. Pentru determinarea deformațiilor specifice longitudinale și transversale se utilizează traductoare electrotenso-metrice având câte două mărci suprapuse, montate în T. Semnalele sunt preluate de la traductoare prin intermediul unei punți tensometrice care permite achiziția de date. 23
- Invenția se aplică în cazul în care se dorește determinarea constantelor elastice pentru materialele ortotrope, pe trei direcții diferite, cu ajutorul unei epruvete unice de construcție specială, traductoarele tensometrice fiind montate în același punct din care se face preluarea semnalelor pentru deformațiile specifice longitudinală și transversală. 25
- Dezavantajul metodelor prezentate în cadrul stadiului actual al tehnicii este acela că, pentru determinarea caracteristicilor elastice ale materialelor ortotrope, trebuie decupate probe din materialul de bază după fiecare dintre direcțiile de interes ale materialului. În acest caz determinările constantelor elastice se fac, pentru fiecare direcție în parte, în puncte diferite ale materialului de bază. Pentru materialele compozite polimerice, armate cu țesătură, de exemplu, este posibilă influența asupra valorii respectivelor caracteristici dată nu numai de către direcția de solicitare, ci și de zona în care se face măsurarea de formațiilor longitudinale și transversale. Interesul în cazul acestui tip de determinări este de a se pune în evidență doar influența direcției de solicitare în raport cu direcția de armare a unui material compozit. 27
- Se prezintă în continuare un exemplu de realizare a invenției conform figurilor: 29
- fig. 1, forma epruvetei speciale de tracțiune, cu amplasarea traductoarelor tenso-metrice; 31

RO 126965 B1

1 - fig. 2, modul de solicitare a probei pe mașina INSTRON 8801 și achiziția datelor
privind deformațiile specifice longitudinale și transversale cu ajutorul punții tensometrice de
3 tip Vishay P3;

5 - fig. 3, trei epruvete octogonale, confecționate din materiale compozite diferite, după
cum urmează:

7 - o probă cu matrice din rășină epoxidică, armată cu un singur strat de țesătură din
fibră de sticlă, având grosimea totală de 0,9 mm;

9 - o probă cu matrice din rășină epoxidică, armată cu un singur strat de țesătură din
fibră de sticlă, având suprafețele acoperite cu un strat de cupru, grosimea totală a epruvetei
fiind de 1,2 mm;

11 - o probă cu matrice din rășină epoxidică, armată cu mai multe straturi de țesătură
din fibră de sticlă, grosimea totală a epruvetei fiind de 10 mm;

13 - fig. 4a, b și c, graficele de variație a tensiunii în funcție de deformația specifică
longitudinală, pentru cele trei tipuri probe menționate anterior;

15 - fig. 5a, b și c, graficele de variație a deformației specifice longitudinale în funcție de
deformația specifică transversală, pentru cele trei tipuri probe menționate anterior;

17 - fig. 6a și b, hărțile tensiunilor pe direcția solicitării și pe direcție perpendiculară cu
aceasta.

19 În continuare se prezintă un exemplu de determinare a constantelor elastice E și ν
pentru cele trei materiale compozite descrise anterior.

21 Pentru determinarea deformațiilor specifice, pe o epruvetă de tracțiune de formă octo-
gonală, având aria secțiunii transversale egală cu $S_0 = (a \cdot b)$, se montează rozete electro-
23 tensometrice bidirecționale, ca în fig. 1. O grilă a rozetei TER1, respectiv (m_1), este dirijată
pe direcția 1, iar cealaltă (m_3) este dirijată pe direcția perpendiculară 3. Pe fața opusă a epru-
25 vetei, tot în centrul epruvetei, se montează o altă rozetă bidirecțională (TER2), grilele mărci-
lor fiind dispuse pe direcțiile 2 (m_2) și 4, (m_4). În aceste condiții, prin solicitarea după direcția
27 1 se vor obține constantele elastice E_{11} și ν_{13} , prin solicitarea după direcția 2 se vor obține
 E_{22} și ν_{24} , iar prin solicitarea după direcția 3 se vor obține E_{33} și ν_{31} . Traductoarele electro-
29 tensometrice se introduc în circuite de măsură de tip punte Wheatstone, în configurație sfert
de punte, astfel încât fiecare marcă tensometrică este echilibrată pe baza circuitului din
31 puntea tensometrică. Cu ajutorul epruvetei prezentate în fig. 1 se pot determina caracteris-
ticele elastice E și ν pe direcțiile 1, 2 și 3 arătate în fig. 1. În condițiile utilizării unei epruvete
33 de forma celei prezentate în fig. 1 nu mai este necesară decuparea a trei epruvete diferite,
cu direcția longitudinală, orientată după direcțiile 1, 2 și 3. Pe de altă parte, pe baza utilizării
35 acestei epruvete se pot determina caracteristicile elastice în același punct, central al
epruvetei, în timp ce prin decupare de epruvete diferite se vor determina aceste caracteristici
37 în puncte diferite. În acest din urmă caz pot apărea erori din cauza eventualelor imperfecțiuni
ale materialului în zone diferite, cauzate fie de către matrice, fie de către armătură, fie de
39 interfața dintre matrice și armătură.

41 Pentru determinarea modulelor lui Young și ai coeficienților lui Poisson pe direcțiile
1 și 3, mărcile tensometrice m_1 și m_3 vor juca pe rând rolul de marcă longitudinală și marcă
transversală.

43 Solicitarea la tracțiune a probelor cu configurația din fig. 1 s-a realizat pe o mașină
universală de încercat, de tip Instron 8801, fig. 2. Controlul asupra mașinii de încercat s-a
45 realizat prin intermediul forței, impunându-se ca încercarea să se efectueze cu viteza de
0,05 kN/min. În același timp, având în vedere că rata minimă de eșantionare a achiziției de
47 date pentru puntea Vishay este de 1 s, s-a impus ca și rata de achiziție a datelor de la
mașina de încercat Instron să fie tot de 1 s.

RO 126965 B1

Pentru acest experiment am avut la dispoziție 3 tipuri de probe prezentate în fig. 3.	1
Acestea sunt:	
- probă cu matrice din rășină epoxidică armată cu un singur strat de țesătură din fibră de sticlă, având grosimea totală de 0,9 mm;	3
- probă cu matrice din rășină epoxidică armată cu un singur strat de țesătură din fibră de sticlă, având suprafețele acoperite cu un strat de cupru, grosimea totală a epruvetei fiind de 1,2 mm;	5
- probă cu matrice din rășină epoxidică armată cu mai multe straturi de țesătură din fibră de sticlă, grosimea totală a epruvetei fiind de 10 mm.	7
Configurația probelor din fig. 3 a rezultat ca urmare a necesității de realizarea a solicitării după trei direcții: 0° (în lungul fibrelor), 45° și 90° , precum și pentru posibilitatea realizării prinderii în bacuri, fig. 2. Softul mașinii de încercat va furniza un fișier de date ce va cuprinde variația forței și a tensiunii în timp. Utilizând achiziția automată a datelor pentru puntea tensometrică Vishay P3, pe cardul de memorie al acesteia se va înregistra fișierul de date ce conține variația în timp a deformației specifice longitudinale și transversale, atunci când solicitarea probei are loc după o anumită direcție. Având în vedere că rata minimă de eșantionare a achiziției de date pentru puntea Vishay este de 1 s, s-a impus ca și rata de achiziție a datelor de la mașina de încercat Instron să fie tot de 1 s.	9
Eliminând timpul din cele două fișiere de date, se va obține un singur fișier ce va conține variația tensiunii mecanice de solicitare în raport cu deformațiile specifice, longitudinală și transversală. Numărul de puncte înregistrate este relativ mare, ca urmare a setărilor făcute pentru viteza de încercare a mașinii și forța maximă din domeniul elastic la care este solicitată proba. Pentru primele două probe, ce prezintă un singur strat de armătură din fibră de sticlă, direcția 1 corespunde cu direcția urzelii, direcția 3 corespunde cu cea a bătăturii, iar direcția 2 se poziționează la 45° în raport cu oricare dintre cele două direcții descrise mai sus. A treia probă este un compozit multistrat, cu direcțiile urzelii reciproc perpendiculare pentru două straturi succesive.	11
Modul de efectuare a încercărilor se prezintă în cele ce urmează. Se supune placa din material compozit la solicitarea de tracțiune pe direcțiile j: 1, 2 și 3. Placa se va încărca static, cu viteză mică de încărcare, și control pentru forță a mașinii de încercat. Pentru solicitarea pe fiecare direcție se vor înregistra pe puntea tensometrică Vishay semnalele date de mărcile tensometrice m_1 , m_2 , m_3 și m_4 . Astfel, la solicitarea pe direcția 1, cu forțele F_{1i} de la mărcile m_1 și m_3 se vor culege semnalele ce reprezintă alungirea specifică ϵ_{11} , și deformația specifică transversală ϵ_{13} , cu ajutorul cărora se vor putea determina modulul de elasticitate longitudinală E_{11} și coeficientul lui Poisson ν_{13} . La solicitarea pe direcția 2, cu forțele F_{2i} , de la mărcile m_2 și m_4 se vor culege semnalele ce reprezintă alungirea specifică ϵ_{22} , și deformația specifică transversală ϵ_{24} , cu ajutorul cărora se vor putea determina modulul de elasticitate longitudinală E_{22} și coeficientul lui Poisson ν_{24} . În cazul solicitării pe direcția 3, cu forțele F_{3i} de la mărcile m_3 și m_1 se vor culege semnalele ce reprezintă alungirea specifică ϵ_{33} și deformația specifică transversală ϵ_{31} , cu ajutorul cărora se vor putea determina modulul de elasticitate longitudinală E_{33} și coeficientul lui Poisson ν_{31} . Prelucrarea datelor se efectuează pentru obținerea valorilor constantelor elastice ale materialelor compozite pe direcțiile 1, 2 și 3, arătate în fig. 1, astfel:	13
a) modulul de elasticitate longitudinală E (modulul lui Young) este determinat ca panta drepte de aproximare a graficului reprezentat în coordonatele tensiune normală (σ) - deformație specifică longitudinală (ϵ), prin punctele determinate din semnalele rezultate de la traductoarele longitudinale;	15
	17
	19
	21
	23
	25
	27
	29
	31
	33
	35
	37
	39
	41
	43
	45
	47

RO 126965 B1

1 b) coeficientul contracției transversale ν (coeficientul lui Poisson) este determinat din
2 curba trasată în coordonatele deformație specifică transversală (ϵ_{jk}) - deformație specifică
3 longitudinală (ϵ_{jj}), folosind semnalele obținute atât de la traductoarele longitudinale, cât și de
4 la cele transversale.

5 Secțiunea transversală a epruvetei este dată de relația $S_0 = a \cdot b$ [mm^2], cu dimensiuni
6 a și b măsurate ca în fig. 1. Dacă se au în vedere valorile forței achiziționate pe parcursul
7 încercărilor, tensiunea se calculează din fișierul de date pe baza relației: $\sigma_i = F_i / S_0$ [N/mm^2].
8 Pentru încărcarea pe fiecare direcție j de solicitare se trasează dreptele de variație a ten-
9 sionii în raport cu alungirea specifică ϵ_{jj} , așa cum s-a arătat anterior, fig. 4. Pentru aceste
10 curbe se trasează o dreaptă de aproximare ce este tangentă cu ultima porțiune a respecti-
11 velor curbe. În aceste condiții, pantele dreptelor din fig. 4 vor reprezenta modulele de elasti-
12 citate E_{jj} ale materialului compozit pe cele trei direcții de solicitare. Valoarea pentru E_{jj} pentru
13 o anumită direcție va rezulta în mod automat ca fiind coeficientul termenului ϵ_{jj} din relațiile
14 prezentate în graficele din fig. 4. Pentru obținerea modulului de elasticitate longitudinală în
15 N/mm^2 , valoarea respectivă trebuie înmulțită cu 10^6 .

16 Coeficientul contracției transversale (Poisson) este factorul de proporționalitate dintre
17 deformația pe direcție transversală și deformația pe direcție longitudinală ϵ_{jk} , fiind, de
18 asemenea, panta dreptei trasată în coordonatele (ϵ_{jk} , ϵ_{jj}):

$$19 \quad \epsilon_{jk} = -\nu \cdot \epsilon_{jj} \quad (2)$$

20 Deformația specifică transversală ϵ_{jk} se măsoară cu ajutorul mărcilor tensometrice
21 notate m_3 , m_4 și m_1 (fig. 1), atunci când solicitarea are loc pe direcțiile 1, 2 și 3. De la aceste
22 mărci se vor prelua semnalele deformațiilor specifice transversale ϵ_{13} , ϵ_{24} și ϵ_{31} . Acestea,
23 împreună cu alungirile specifice ϵ_{11} , ϵ_{22} și ϵ_{33} , vor forma graficele din fig. 5. Pentru aceste
24 curbe se trasează o dreaptă de aproximare care să fie tangentă la ultima porțiune a curbelor.
25 În aceste condiții, pantele dreptelor astfel trasate vor reprezenta coeficienții contracției trans-
26 versale (Poisson) ai materialului compozit, ν_{jk} , pe cele trei direcții de solicitare, unde k repre-
27 zintă direcția perpendiculară la direcția de solicitare j (de exemplu, pentru solicitarea după
28 direcția $j = 1$, direcția k va fi 3).

29 Pentru a vedea influența prinderii probelor în dispozitivul de încercare, s-a realizat
30 o analiză cu elemente finite, fig. 6. Se menționează faptul că analiza cu elemente finite a fost
31 realizată pentru proba cu elementele prevăzute pentru prindere, și care se pot vedea în
32 fig. 6. Analiza s-a realizat pe un model ce reprezintă un sfert din proba reală, cu respectarea
33 condițiilor la limită impuse de simetrie:

34 - elementelor de pe axa Y li s-a împiedicat translația după axa Z și rotațiile după axele
35 X și Y;

36 - elementelor de pe axa Z li s-a împiedicat translația după axa Y și rotațiile după axele
37 X și Z.

38 În fig. 6 se prezintă tensiunile pentru placa centrală, supusă solicitării de tracțiune
39 monoaxială, ca în fig. 1. În fig. 6a se prezintă harta tensiunilor pe direcția solicitării z-z, iar
40 în fig. 6b se prezintă harta tensiunilor pe direcția y-y, perpendiculară pe direcția solicitării. Din
41 cele două figuri se constată faptul tensiunile din partea centrală a epruvetei, acolo unde sunt
42 plasați traductorii electrotensometrici, nu sunt afectate de concentratorii de tensiune. În
43 consecință, având în vedere atât configurația probei, cât și elementele de prindere montate
44 pe aceasta, măsurătorile efectuate de către mărcile tensometrice montate în partea centrală
45 a probei nu sunt afectate.

RO 126965 B1

Revendicare

1

Metodă pentru determinarea modului de elasticitate longitudinală și a coeficientului lui Poisson, caracterizată prin aceea că , în scopul determinării caracteristicilor elastice în același punct, dar pe trei direcții diferite a materialelor compozite cu proprietăți ortotrope, constă din următoarele etape de determinare experimentală și prelucrare analitică a datelor:	3
- confecționarea epruvetei de tip octogonal, cu dimensiuni suficient de mari cât să nu fie influențate datele preluate de la mărci de efectul de prindere în bacuri;	5
- lipirea traductoarelor tensometrice în centrul probei și pe direcțiile dorite;	7
- încercarea la tracțiune a aceleiași probe de construcție specială, de formă octogonală, pe rând, pe trei direcții: în lungul fibrelor, 0°, la 45° și la 90° în raport cu fibrele;	9
- preluarea valorilor tensiunii mecanice normale σ_{ij} și a timpului corespunzător, de la mașina de încercat, pentru fiecare direcție de sollicitare;	11
- preluarea valorilor deformațiilor specifice longitudinale ϵ_{ij} și transversale ϵ_{jk} , în raport cu timpul, pe fiecare direcție de sollicitare, înregistrate de puntea tensometrică;	13
- punerea în corespondență prin eliminarea timpului a valorilor tensiunii normale σ cu deformația specifică longitudinală ϵ_{ij} ;	15
- punerea în corespondență prin eliminarea timpului a variației deformației specifice longitudinale ϵ_{ij} cu deformația specifică transversală ϵ_{jk} ;	17
- reprezentarea grafică a variației tensiunii normale σ în raport cu deformația specifică longitudinală ϵ_{ij} , și trasarea dreptei de aproximare, pentru toate cele trei direcții;	19
- identificarea coeficienților termenilor ϵ_{ij} din ecuațiile dreptelor de aproximare, care, înmulțiți cu 10^6 , reprezintă modulul de elasticitate longitudinală;	21
- reprezentarea grafică a variației deformației transversale ϵ_{jk} în raport cu cea longitudinală ϵ_{ij} , și trasarea dreptei de aproximare, pentru toate cele trei direcții;	23
- identificarea coeficienților termenilor ϵ_{ij} din partea stângă a relațiilor ce apar în grafice, care vor reprezenta valorile pentru coeficientul lui Poisson.	25
	27

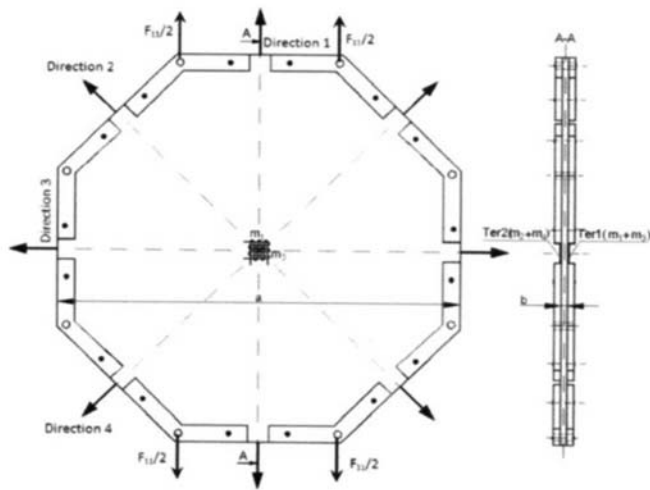


Fig. 1

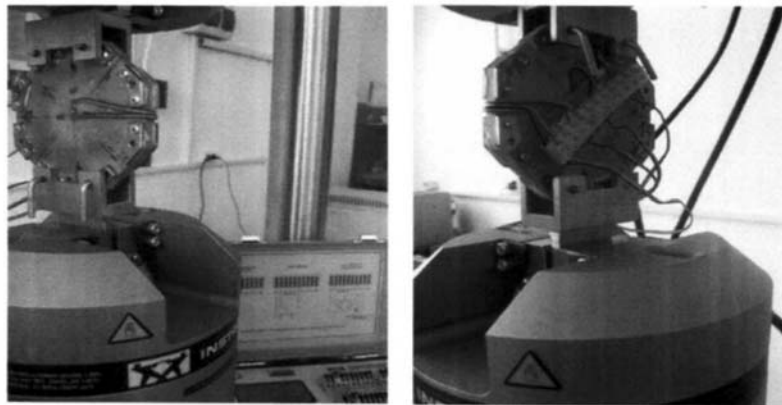


Fig. 2

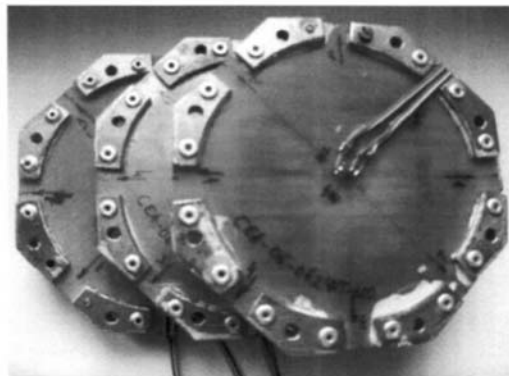
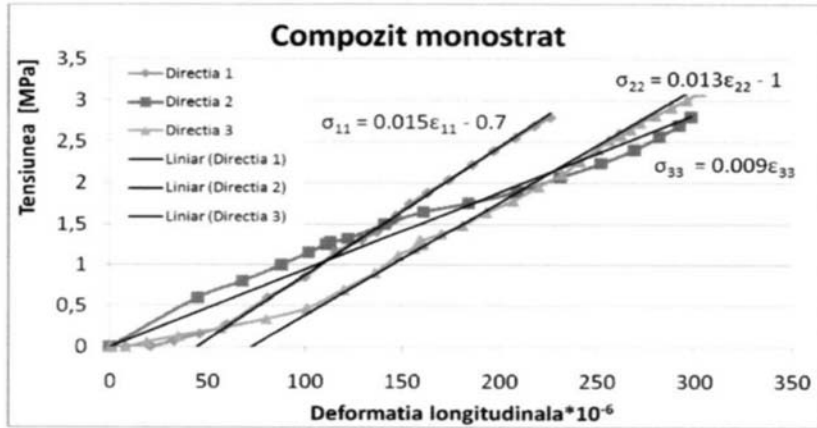
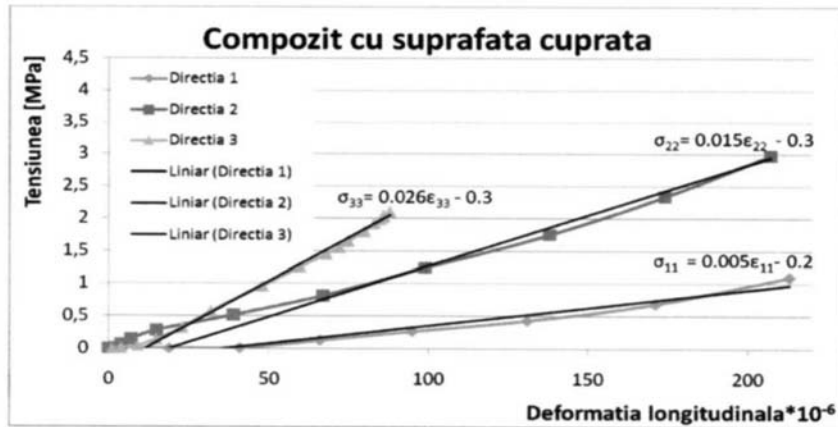


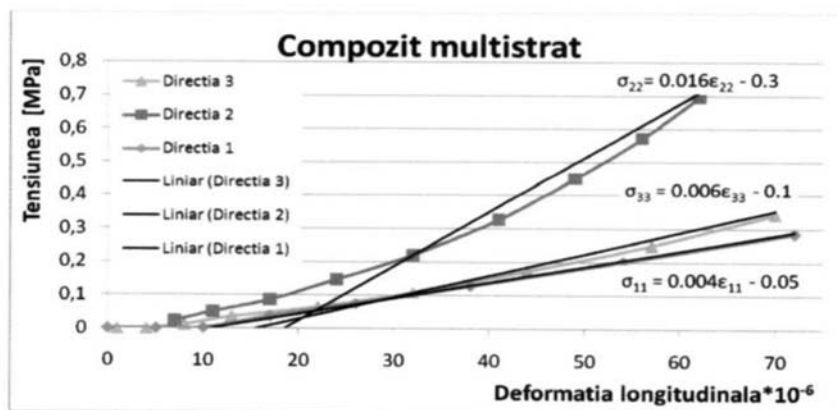
Fig. 3



a

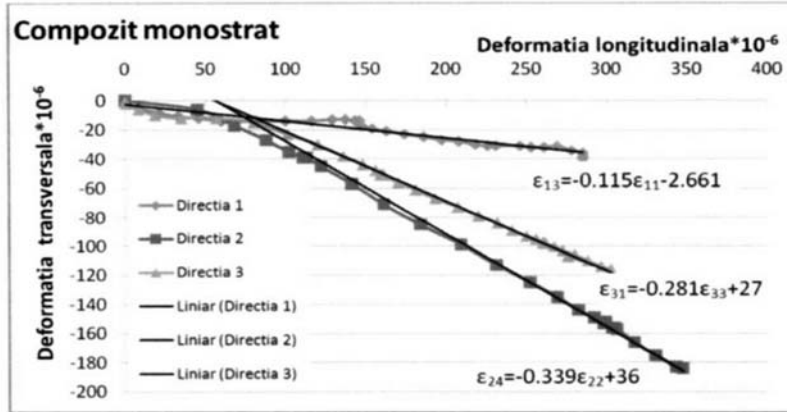


b

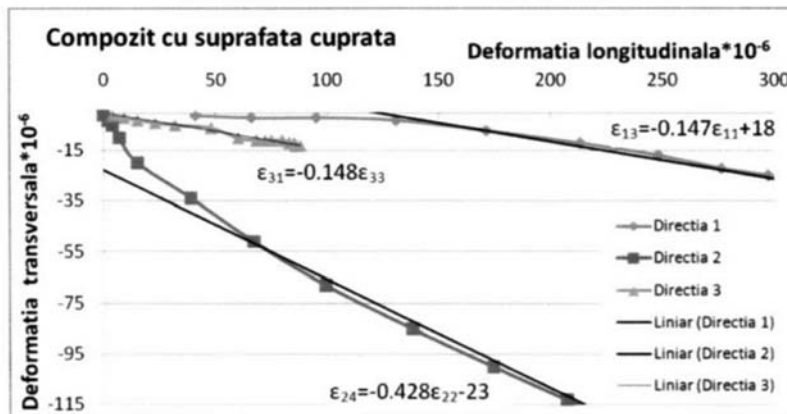


c

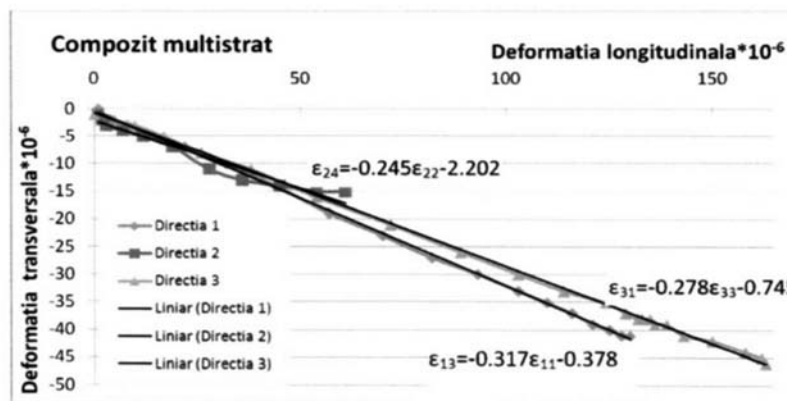
Fig. 4



a



b



c

Fig. 5

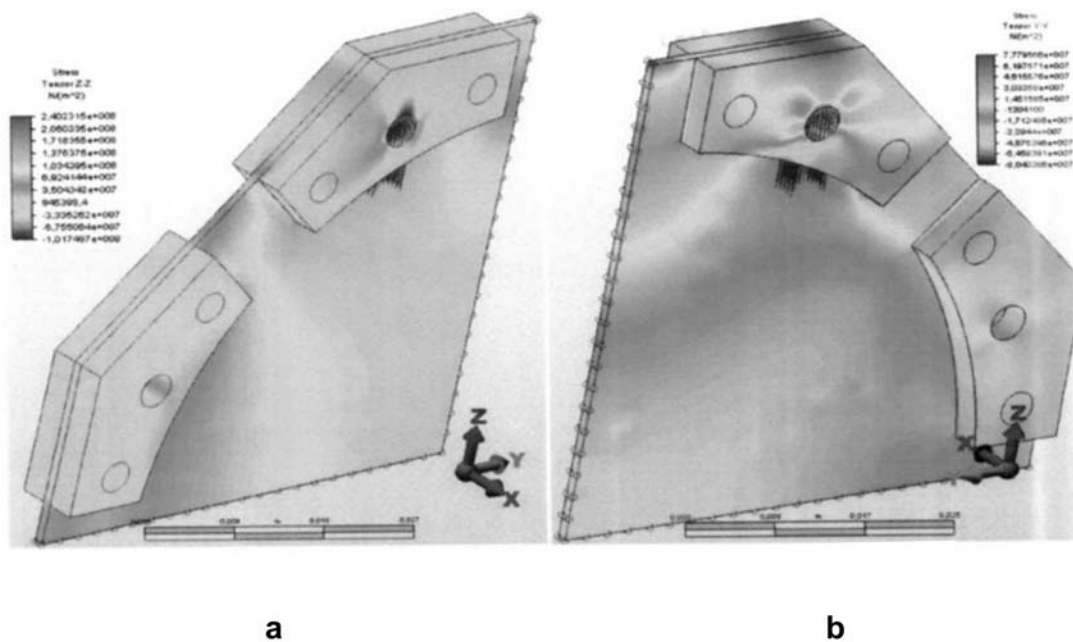


Fig. 6