

TESTAREA LA FORFECARE A MIEZURILOR DIN POLISTIREN EXTRUDAT UTILIZATE LA FABRICAREA PLĂCILOR SANDWICH

Studenti : CHELMUȘ Adalia ¹, ADOMNOAE Nicolae ¹, ISMAIL Ainur ¹

Conducători științifici : Prof. dr. ing. **Adriana SANDU**, Prof. dr. ing. **Marin SANDU**

REZUMAT: Lucrarea are ca principal obiectiv testarea la forfecare a miezurilor din polistiren extrudat din componența plăcilor sandwich. Plăcile sandwich au multiple aplicații în domeniul industriei de avioane, automobile, containere și construcții civile. Rezultatele obținute prin calcul numeric, cu metoda elementelor finite, sunt validate prin determinări experimentale. Se formulează concluzii cu privire la modul de cedare și la posibilitatea generalizării metodei de testare la forfecare a miezului din polistiren, componenta slabă a asamblării.

CUVINTE CHEIE: plăci sandwich , polistiren, metoda elementelor finite, forfecare.

1. INTRODUCERE

În prezent, asamblările prin lipire se utilizează frecvent datorită unor avantaje specifice: absența perforațiilor necesare la îmbinări cu nituri sau șuruburi, contact continuu între aderenți, protecție împotriva coroziunii, reducerea masei structurilor. Cel mai important avantaj îl reprezintă posibilitatea de a uni prin lipire aderenți din materiale diferite: metal-polimer, metal-compozit stratificat, metal-lemn, polimer-sticlă, metal-ceramică și alte combinații.

Există o gamă relativ largă de panouri tip sandwich care sunt folosite ca și componente ale structurilor avansate ușoare precum automobile, avioane, vapoare, containere și clădiri moderne. Structura de tip sandwich constă în două straturi relativ subțiri de foi de rezistență înaltă și miez de rezistență scăzută. Astfel, structura sandwich este caracterizată prin înalta rezistență la încovoiere și greutate redusă. Comportamentul panourilor sandwich depinde de rezistența și rigiditatea fețelor și a miezului, tipul adezivului folosit și condițiile de mediu (temperatura, umiditate, coroziune) [Hodge, Nettles (1991)].

O caracterizare precisă experimentală a comportamentului mecanic al spumei polimerice este esențială pentru utilizarea eficientă în structurile sandwich precum și pentru dezvoltarea precisă a modelelor numerice de calcul [Triantafillou, Gipson (1989)] [Mostafa, Shankar, Morozov (2013)] [Chuda-Kowalska, Pozorski, Garstecki, (2010)].

Această lucrare prezintă rezultatele unor investigații experimentale și numerice efectuate pentru a caracteriza comportamentul elementelor componente ale îmbinării, cu accent pe comportamentul la forfecare al miezului din polistiren.

Modelele folosite în acesta lucrare constau în îmbinări duble prin suprapunere, utilizate pentru plăci sandwich. Solicitarea dominantă în miez și adeziv este la forfecare. Aderenții și spumele sunt făcute din aceleași materiale cu cele folosite pentru fabricarea panourilor sandwich.

Rezultatele experimentale sunt comparate cu cele obținute prin simularea numerică cu Metoda Elementelor Finite (MEF) [Sandu, Găvan (2003)], pentru a evidenția distribuția tensiunilor în elementele îmbinării.

2. SIMULAREA NUMERICA A TESTULUI LA FORFECARE

2.1 Modelul de calcul

2.1.1 Descrierea structurii studiate

În figura 1 se prezintă asamblarea studiată. Dimensiunile structurii sunt: $t_f=1$ mm; $l=37.5$ mm; $g=30$ mm; $t_a=0.15$ mm; $t_m=0.15$ mm; $l=100$ mm; $s=2$ mm.

Aderentul 1 este tabla din aluminiu, aderentul 2 este miezul din polistiren extrudat, iar 3 este adezivul AW 106 [www.huntsman.com/advanced_materials (2017)] (un adeziv epoxidic bicomponent - araldit).

¹ anul II, Sisteme și echipamente termice, Facultatea de Inginerie Mecanică și Mecatronică e-mail: adalia.chelmus@yahoo.com

Testarea la forfecare a miezurilor din polistiren extrudat utilizate la fabricarea plăcilor sandwich

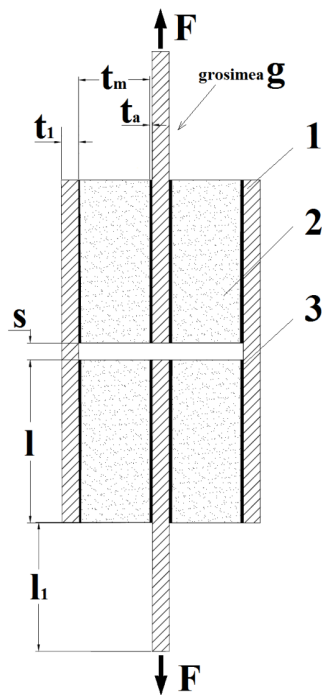


Fig. 1. Structura studiată

Proprietățile elastice (modul de elasticitate longitudinal E , coeficientul lui Poisson ν) și rezistențele la rupere (R_m) ale materialelor componente sunt date în tabelul 1.

Tabelul 1 Proprietățile materialelor

Material	E [MPa]	ν	R_m [MPa]
Aluminiu	70000	0.33	320
Polistiren	12.3	0.2	0.42
Adeziv AW 106	1350	0.45	33

2.1.2. Modelul numeric de calcul

S-a utilizat MEF, programul SOLIDWORKS/COSMOS/GeoStar256.

Structura s-a discretizat în elemente de stare plană de deformare PLANE2D cu 4 noduri/element deoarece grosimea g este mare pentru a fi considerată o stare plană de tensiune. Discretizarea a fost mai fină în partea centrală a zonei de suprapunere unde se estimează că vor fi tensiuni mai mari.

S-a modelat un sfert din structură, din motive de simetrie geometrică și de încărcare (au fost impuse condiții de simetrie în planele XZ și YZ) (Fig. 2). Au rezultat 5464 elemente care interacționează în 5763 noduri.

Forța aplicată s-a modelat ca o sarcină uniform distribuită la capătul aderentului de aluminiu, cu scopul de a evita concentrarea de tensiuni care ar fi apărut dacă s-ar fi aplicat o forță concentrată într-un nod.

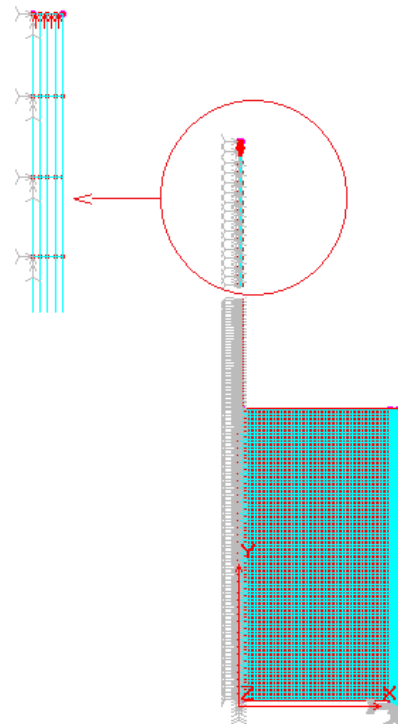


Fig. 2. Modelul de calcul numeric

2.2 Rezultate obținute

Inițial s-a aplicat o sarcină $p_y = 1N/mm^2$ și s-au estimat tensiunile din componente. Tensiunea echivalentă maximă din polistiren (0.075 MPa) a fost mult mai mică decât rezistența la rupere a materialului (0.42 MPa). Deoarece calculul efectuat a fost unul liniar elastic, s-a determinat sarcina la care se estimează cedarea în miez.

Rezultatele obținute prin calcul numeric pentru această valoare a sarcinii sunt prezentate în figurile 3-5.

Distribuția tensiunilor echivalente Von Mises este prezentată în figura 3 pentru

aluminiiu, în figura 4 pentru adeziv și în figura 5 pentru polistiren.

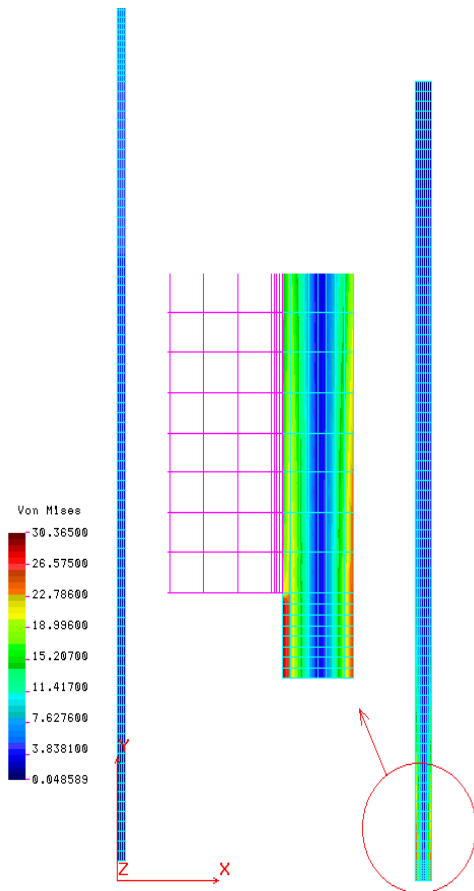


Fig. 3. Distribuția tensiunilor echivalente în aluminiiu

Se constată că în aluminiiu și în adeziv tensiunile echivalente maxime sunt mult mai mici decât tensiunile la rupere.

În polistiren $\sigma_{ech,max}$ este egală cu rezistența la rupere la extremitățile zonei de suprapunere (punctele A și B din figura 5).

În figura 6 s-a reprezentat diagrama de variație a tensiunii echivalente Von Misses.

In figura 7 se prezintă diagramele de variație ale componentelor tensorului tensiunilor σ_x , σ_y , τ_{xy} în polistiren, la interfața cu adezivul.

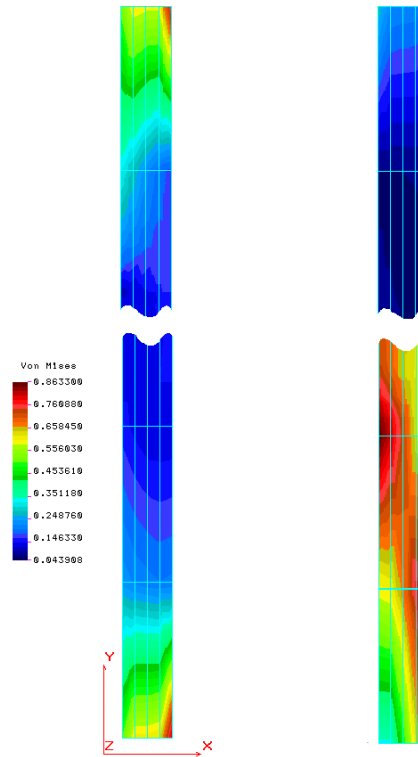


Fig. 4. Distribuția tensiunilor echivalente în adeziv

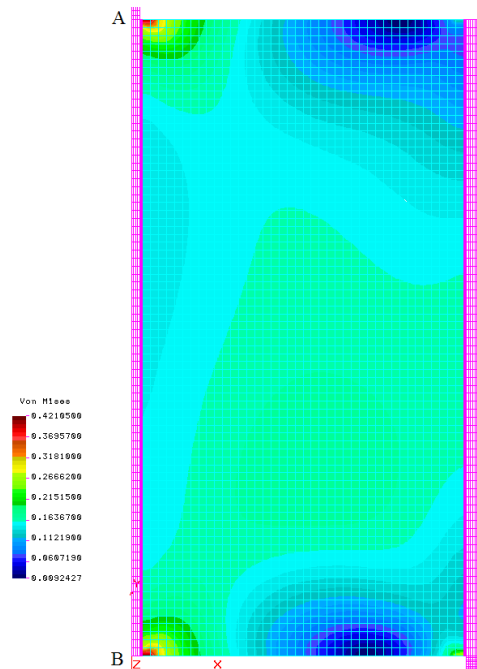


Fig. 5. Distribuția tensiunilor echivalente în polistiren

Testarea la forfecare a miezurilor din polistiren extrudat utilizate la fabricarea plăcilor sandwich

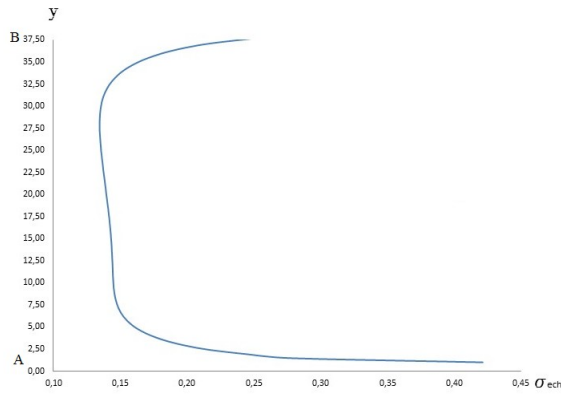


Fig. 6. Variația tensiunii echivalente din miez pe lungimea de suprapunere dintre polistiren și adeziv

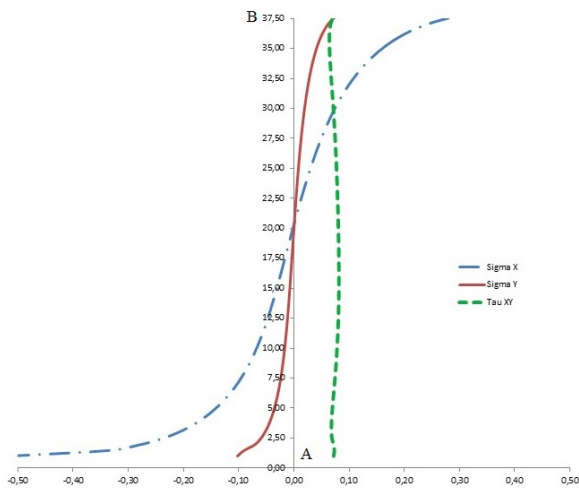


Fig. 7. Variația tensiunilor din miez pe lungimea de suprapunere dintre polistiren și adeziv

Se poate constata că toate componentele tensorului tensiunii au valori maxime la extremitățile zonei de suprapunere. Este de așteptat ca cedarea miezului să înceapă de la capete. Tensiunea de forfecare este aproximativ constantă în acest strat, iar la capete valoarea maximă este egală cu 0.072MPa.

Forța limită estimată prin simularea numerică a testului este egală cu:

$$F_{y,lim} = p_{y,lim} \cdot t_1 \cdot g = 168N \quad (1)$$

3. STUDIUL EXPERIMENTAL

Încercarea s-a efectuat pe o mașină AMETEK LLOYD INSTRUMENTS LRX plus (Fig. 8) . S-au încercat mai multe epruvete dintre care s-au selectat cinci.

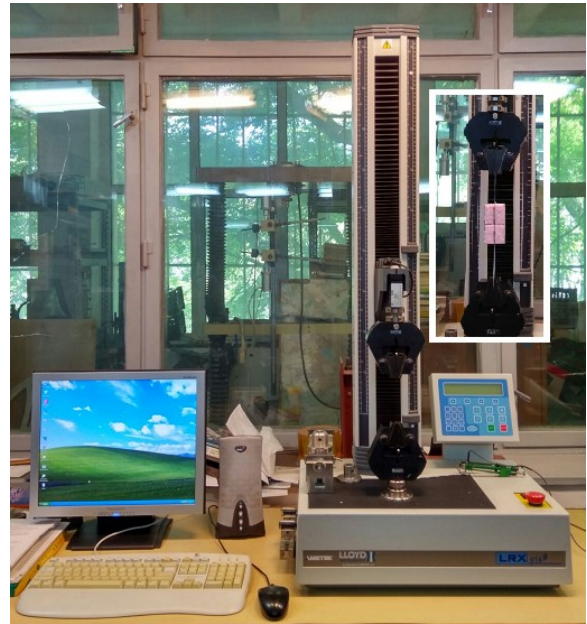


Fig. 8. Standul experimental pentru simularea testului la forfecare a miezului

În figura 9 este reprezentată una dintre curbele experimentale ale variației forței de rupere în funcție de deplasarea capetelor.

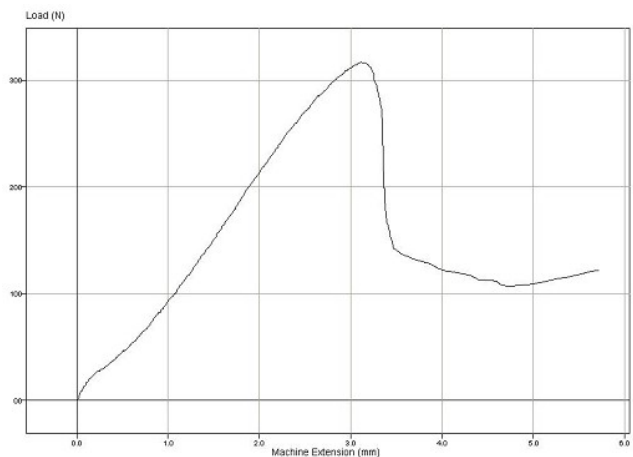


Fig. 9. Inregistrarea forței pentru una dintre epruvete

Rezultatele obținute sunt date în tabelul 2 pentru cele cinci epruvete selectate. Pe baza rezultatelor experimentale s-a determinat tensiunea aparentă (convențională) de forfecare $\tau_{f,a}$ (relația 2), în ipoteza că tensiunile tangențiale sunt uniform distribuite pe suprafața de forfecare.

Această ipoteză este confirmată de diagrama de variație a tensiunilor tangențiale τ_{xy} din figura 7, deoarece concentrările de tensiuni la capete sunt foarte mici.

$$\tau_{f,a} = \frac{T}{A_f} \quad (2)$$

Tabelul 2 Rezultate experimentale

Epruveta	Forța de rupere [N]	Deplasare a relativă [mm]	$\tau_{f,a}$ [MPa]
1.	324	3.15	0.144
2.	330	2.94	0.146
3.	360	3.1	0.16
4.	342	3.92	0.152
5.	317	3.13	0.141
Valoare medie	334.6	3.248	0.148

Conform experimentului, tensiunea tangențială de rupere în polistiren are valoarea medie 0.148 MPa (Tabelul 2), care corespunde valorii medii a forței de rupere egală cu 334.6 N.

Se constată că materialul slab este miezul, cedarea având loc în polistiren, la interfața cu adezivul. Inițierea fisurii de rupere s-a făcut la extremitățile lungimii de suprapunere (fig. 10), validând simularea numerică.

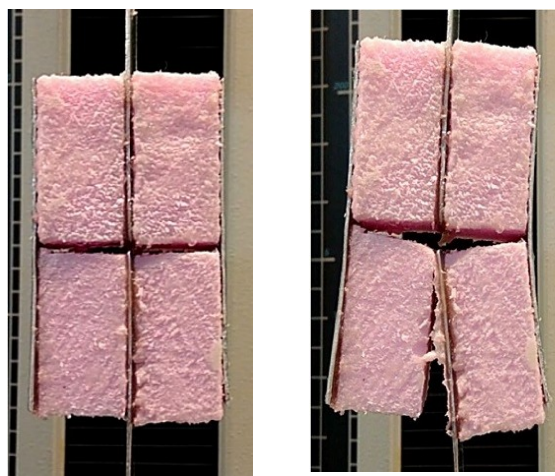


Fig. 10. Modul de rupere

4. CONCLUZII

- I. Calitativ, modul de cedare și distribuția de tensiuni sunt aceleași ca și în cazul simulării numerice. Valorile forței de rupere și a tensiunii tangențiale de rupere în polistiren sunt însă duble în cazul studiului experimental.

Această diferență se explică prin:

1. Testul a fost efectuat cu o viteză relativ mare (5 mm/min). Pentru ca solicitarea să fie considerată statică, viteza ar fi trebuit să fie mai mică sau egală cu 1 mm/min. Ținând cont de viteza de aplicare a sarcinii, se poate considera că experimentul corespunde unei solicitări dinamice cu multiplicatorul de impact $\Psi \approx 2$.
 2. Valorile forțelor de rupere estimate prin calcul numeric s-au determinat pe baza unui model liniar elastic (calcul static) și a ipotezei că adezivul se comportă ca un material ideal elasto-plastic, cu rezistență la rupere $R_m = 33$ MPa.
- II. Simularea numerică pe modele parametrice permite studii de sensibilitate pe structuri sandwich de acest tip, pentru a determina influența unor parametri (grosime miez, lungime de suprapunere) asupra rezistenței elementelor structurii.

BIBLIOGRAFIE

- [1]. A.J. Hodge, A.T. Nettles (1991), A novel method of testing the shear strength of thick honeycomb composites, NASA Technical Paper 3180.
- [2]. T.C. Triantafillou, L.J. Gipson (1989), Debonding in foam-core sandwich panels, Mat. Struct. 22
- [3] Mostafa A., Shankar K., Morozov E.V. (2013), „Insight into the shear behaviour of composite sandwich panels with foam core”, Materials and Design, 50 pp. 92-101
- [4] Chuda-Kowalska M., Pozorski Z., Garstecki A. (2010) *Experimental determination of shear rigidity of sandwich panels with soft core*, The 10-th Int. Conference “Modern Building Materials, Structures and Techniques”, Vilnius Gediminas Technical University, (<http://www.vgtu.lt/en/editions/proceedings>)
- [5] ** DIAB Guide to core and sandwich, 2012 (www.diabgroup.com), accesat la data de 07.05.2017.
- [6]. A. Sandu, M. Sandu, M. Găvan (2003), Metode și programe pentru calculul structurilor elastice, Printech, București, ISBN 973-652-735-2
- [7]. *** www.huntsman.com/advanced_materials accesat la data de 07.05.2017.