

STUDIU COMPARATIV AL COMPORTAMENTULUI LA ÎNCOVOIERE PURĂ AL UNOR VARIANTE CONSTRUCTIVE DE ÎMBINĂRI ÎNTRE PANOURI SANDWICH

Studenti : Andrei Laurențiu **NICULAE**¹, Andrei Daniel **SAVIN**¹, Alexandru-Bogdan **MIHĂILĂ**¹

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

REZUMAT:În lucrare sunt comparate trei variante constructive de îmbinări prin formă între panouri sandwich. Se compară cele trei variante constructive din punct de vedere al rezistenței îmbinării la solicitarea de încovoiere pură și influența lungimii de suprapunere asupra sarcinii capabile a structurii. Studiul se efectuează cu metoda elementelor finite iar rezultatele obținute sunt comparate cu valori experimentale.

CUVINTE CHEIE: adezivi, îmbinări prin lipire, panouri sandwich, metoda elementelor finite

1. INTRODUCERE

În prezent, îmbinările cu adezivi prezintă o serie de avantaje care conduc la extinderea continuă a acestui procedeu de asamblare. Astfel, se pot realiza îmbinări continue nu numai între piese metalice, ci și între piese din materiale foarte diferite ca, de exemplu, metale cu lemn, cauciuc, materiale plastice cu sticlă, etc. De asemenea, îmbinările au proprietăți bune de izolare electrică, termică și fonică și de rezistență la coroziune.

În literatura de specialitate [1, 2] se arată că în îmbinările între panouri sandwich apar concentrații mari de tensiuni la capetele îmbinării.

În lucrare se evaluează valoarea forței la care îmbinarea va ceda și rezultatele obținute sunt comparate cu valori experimentale.

Studiul scoate în evidență influențele produse de geometria structurii și de parametrii de material asupra distribuției tensiunilor din adeziv și oferă unele informații utile pentru aprecierea modurilor în care structura, în funcție de lungimea de suprapunere, poate ceda.

2. CALCUL NUMERIC

2.1. Modelul de calcul

În figura 1 se prezintă asamblarea studiată. Aceasta este formată din două panouri sandwich, fiecare panou fiind realizat din două table de aluminiu și un miez din spumă poliuretanică. Elementul de asamblare are aceeași structură sandwich, iar îmbinarea este realizată prin lipire cu adeziv structural, AW 106. În tabelul 2 sunt date proprietățile elastice și de rezistență ale materialelor componente). Dimensiunile structurii sunt: $L=300$ mm, $t_m=12$ mm, $f=10$ mm, $t_f=1$ mm, $s=1$ mm.

¹ – anul II, Sisteme și echipamente termice, F.I.M.M.; e-mail:

andrei_svn2002@yahoo.com

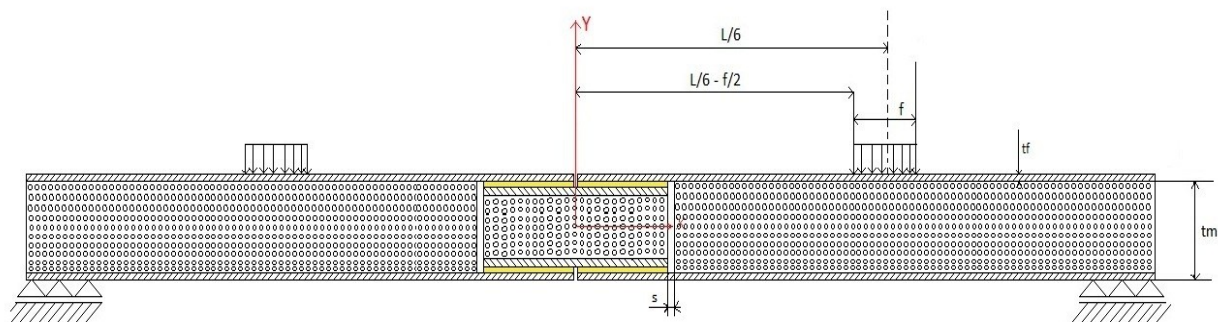


Fig.1. Schița îmbinării între panouri sandwich

Tabelul 2

Material	E [MPa]	ν	Limita de curgere [MPa]	Rezistența la tracțiune [MPa]	Densitatea [kg/m ³]
Aliaj 6061T6	70000	0,33	220	-	2700
Araldīt AW 106	1630	0,39	30	-	1750
Spumă poliuretanică	28	0,29	-	1,1	100

Pentru îmbinarea a doua panouri sandwich se studiază influența lungimii de suprapunere, asupra stării de tensiune din adeziv în cazul solicitării la încovoiere pură, pentru trei variante constructive de realizare a lipirii, conform Fig 2, variantele a, b, c.

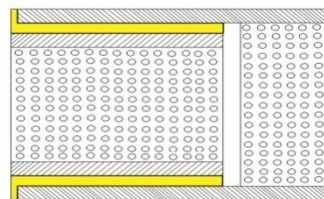


Fig.2. c) Cu adeziv între tablele panourilor asamblare

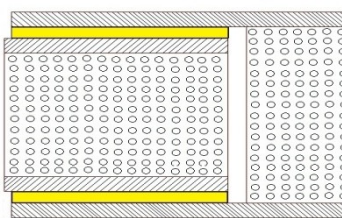


Fig.2. a) Fara adeziv în spațiul dintre panouri

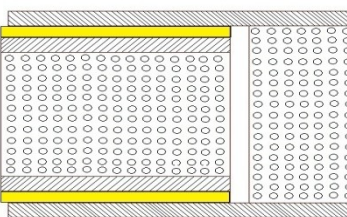


Fig.2. b) Cu adeziv pe toată lungimea elementului de asamblare

În calculul efectuat s-a simulat testul de încovoiere pură al asamblării (încovoiere în 4 puncte) .

Pentru a evita concentrarea de tensiuni, sarcina aplicată și reacțiunile din reazeme se modelează ca o sarcină distribuită uniform pe o suprafață mică. (conform Fig.1) .

Intensitatea sarcinii aplicate s-a considerat $p= 0,1625\text{MPa}$, astfel încât momentul încovoietor din zona îmbinării va fi egal cu 162,5 Nmm, potrivit imaginii din figura 3.

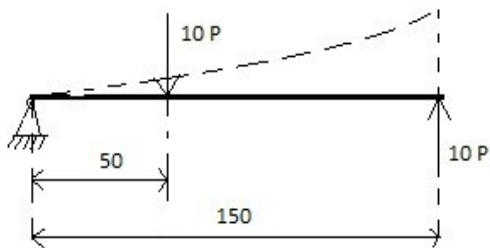


Fig.3. Schița de încărcare

Calculul s-a efectuat cu metoda elementelor finite [3], cu programul SOLIDWORKS/ COSMOS-M TOOLS. Deoarece lățimea panourilor asamblate poate fi mare, discretizarea s-a făcut în elemente de stare plană de deformare PLANE 2D, cu 4 noduri/element.

Pentru a putea studia influența unor parametri geometrici asupra rezistenței îmbinării modelul a fost declarat parametric. De asemenea, pentru a putea studia distribuția tensiunilor în componentele structurii au fost considerate 5 grupe de elemente (spuma și tabla din elementul de asamblare, respectiv din panou, și adeziv).

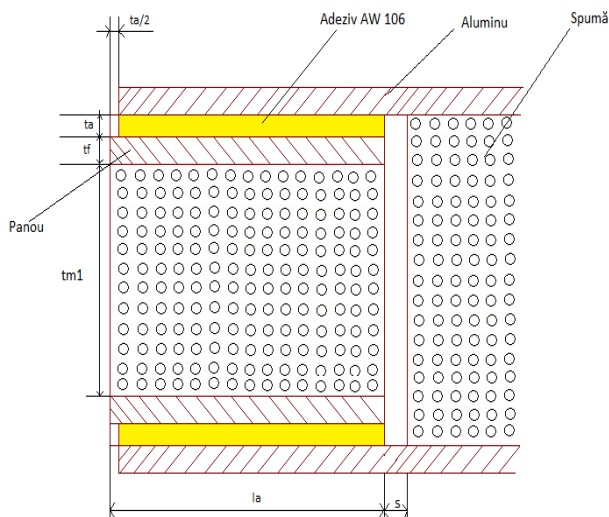


Fig.4. Detaliu cu cele 5 grupe de elemente

S-a efectuat un calcul liniar elastic în ipoteza micilor deformații. Numărul total de elemente a fost 8160, iar numărul de noduri 8444, în cazul variantei a) din Fig.2.

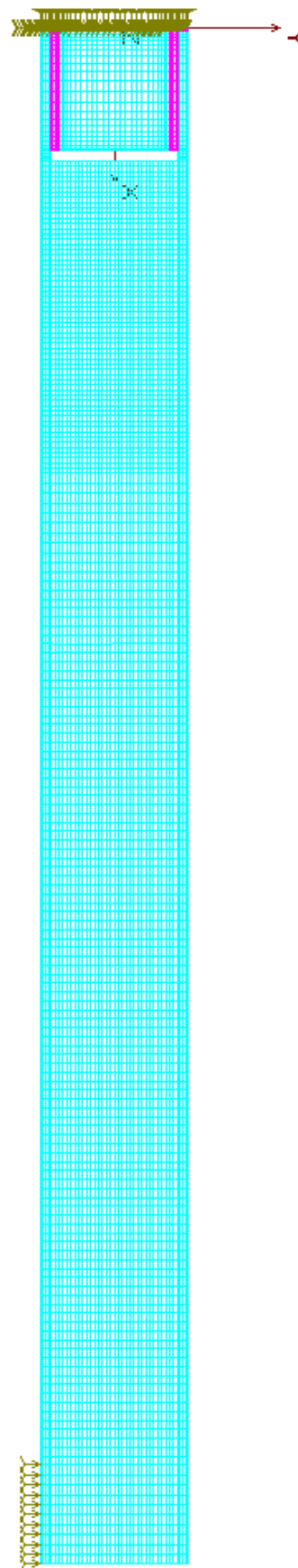


Fig.5. Modelul de calcul pentru solicitarea la încovoiere pură (discretizare)

2.2.Rezultate obținute

În figurile 6-9 sunt prezentate diagramele de variație a tensiunilor echivalente, tensiunilor normale axiale, tensiunilor normale pe îmbinare (peeling) și a celor tangențiale în funcție de lungimea de suprapunere, care a variat între 10mm și 17,5 mm.

Creșterea lungimii de suprapunere are ca efect o mică reducere a tensiunii echivalente maxime din adeziv în cazul variantelor a), b) și nu are nici o influență în cazul variantei c).

Varianta c) este și cea mai avantajoasă, tensiunea echivalentă maximă fiind cu 25% mai mică decât în cazul variantei a) și de aproximativ trei ori mai mică decât în cazul variantei b).

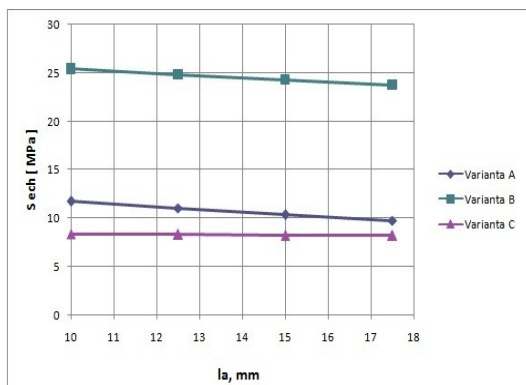


Fig.6. Variația tensiunii echivalente din adeziv cu lungimea de suprapunere

În ceea ce privește componentele tensorului tensiunilor, din examinarea figurilor 7-9 se poate constata că:

- tensiunea normală axială scade foarte puțin cu creșterea lungimii de suprapunere în cazul variantei b).
- Creșterea lungimii de suprapunere are ca efect scăderea tensiunii de peeling în cazul variantei a).
- Tensiunea tangențială scade nesemnificativ cu lungimea de suprapunere în cazul variantei b).

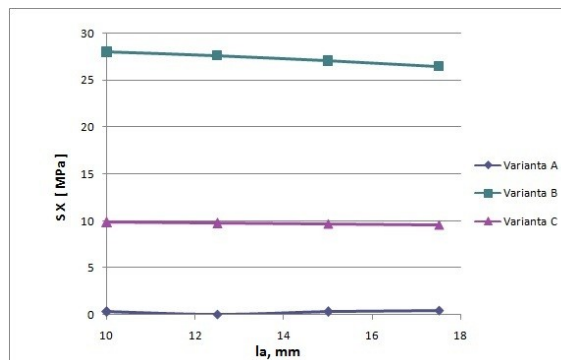


Fig.7. Variația tensiunii axiale din adeziv cu lungimea de suprapunere

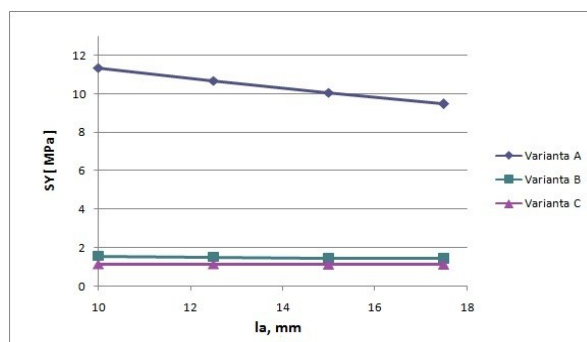


Fig.8. Graficul tensiunii normale la îmbinare (peeling) din adeziv cu lungimea de suprapunere

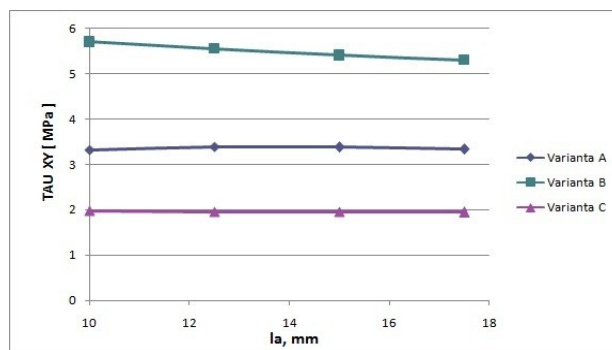


Fig.9. Graficul tensiunii tangențiale din adeziv cu lungimea de suprapunere

În figurile 10-13 se prezintă distribuția tensiunilor echivalente, tensiunilor axiale, tensiunilor de peeling și a celor tangențiale pentru lungimea de suprapunere $la=15$ mm.

În cazul variantei a) tensiunea echivalentă este maximă la interfața cu elementul de asamblare (S1).

În cazul variantei b) solicitarea este maximă în adezivul din spațiul dintre panouri, la interfața cu tabla panoului

În cazul variantei c) tensiunea echivalentă este maximă pe adaosul de adeziv dintre panouri.

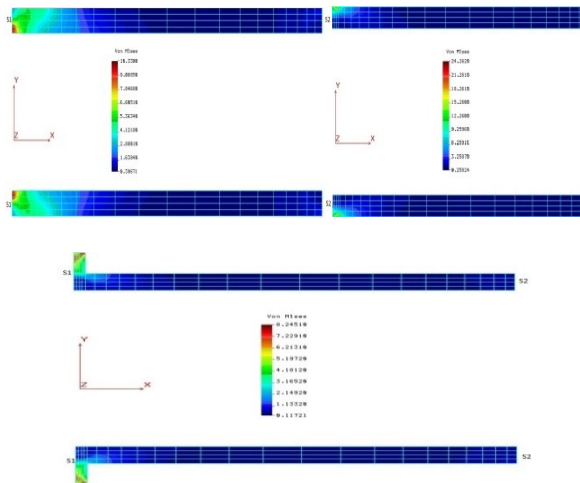


Fig.10. Distribuția tensiunii echivalente în adeziv

Observațiile de mai sus privind localizarea zonei de maximă solicitare din adeziv rămân valabile și în ceea ce privește tensiunea normală axială, de peeling și tangențială, așa cum rezultă din figurile 11-13.

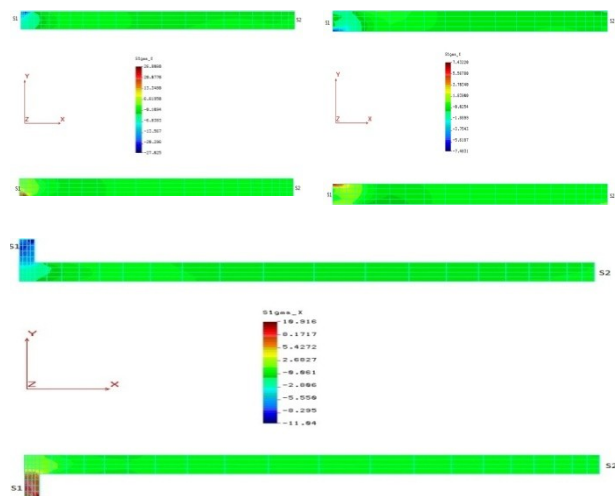


Fig.11. Distribuția tensiunii normale axiale

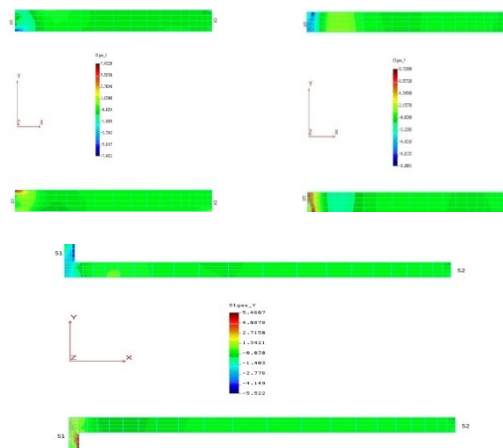


Fig.12. Distribuția tensiunii de peeling

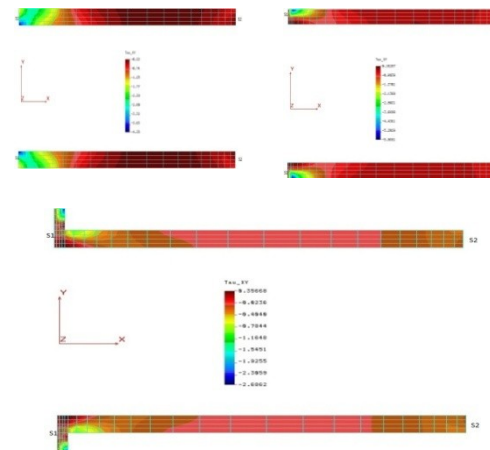


Fig.13. Distribuția tensiunii tangențiale

3. STUDIU EXPERIMENTAL

S-a efectuat testul de încovoiere pură în 4 puncte [4] a două epruvete cu lungimea de suprapunere de 10 mm, la care îmbinarea s-a realizat conform variantelor b) și c).

Testul s-a efectuat pe un echipament “LLOYD INSTRUMENTS LRX PLUS”, cu o forță maximă de 5000N (Fig.14).

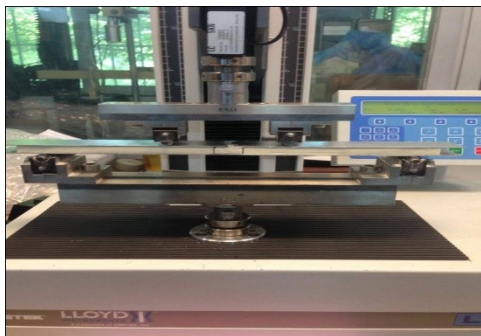
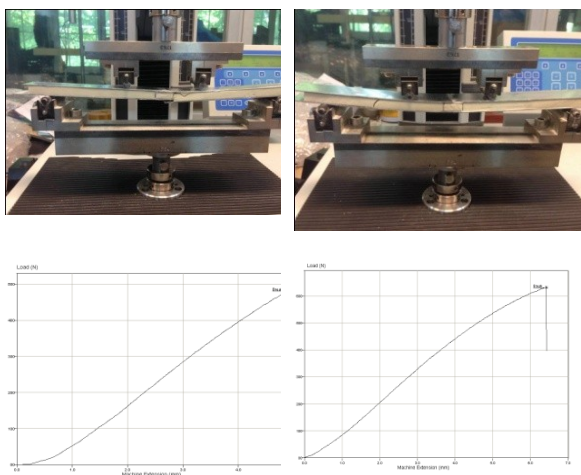


Fig.14. Instalația experimentală

Valorile sarcinilor de cedare au fost 634N pentru varianta c) și 482 N pentru varianta b).

Modurile de cedare sunt prezentate in figura 15.



varianta b)

varianta c)

Fig.15. Modurile de cedare ale panourilor sandwich în urma solicitării la încovoiere în patru puncte

În cazul variantei c), dacă lipirea este bine executată, cedarea se va produce în spumă, elementul mai puțin rezistent.

Fisura, la 45° , specifică forfecării, apare în vecinătatea rezemării (varianta c).

Acest mod de cedare este susținut și de calculul numeric, așa cum rezultă din distribuția tensiunii tangențiale în spumă (Fig. 16).

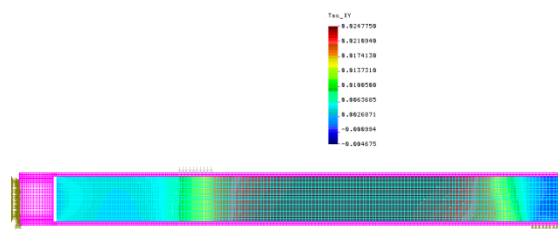


Fig.16. Distribuția tensiunii tangențiale în spumă

4. CONCLUZII

1. Soluția constructivă de îmbinare a panourilor sandwich studiată în lucrare asigură rezistența structurii;
2. Sarcina capabilă a structurii este mai mare în cazul variantei c), caz în care lungimea de suprapunere nu influențează rezistența îmbinării;
3. Varianta constructivă b) nu este indicată, fiind cea mai puțin rezistentă așa cum a dovedit și testul experimental.
4. Calculul numeric cu metoda elementelor finite permite optimizarea geometrică a îmbinărilor de acest fel, prin modificarea unor parametri dimensionali.

Bibliografie

1. L.F.M. da Silva; R.D.S.G. Campilho, *Advance in Numeric Modeling of Adhesive Joints*, Springer Briefs in Computational Mechanics, 2012;
2. Lucas F M da Silva *Adhesive bonding technologies*, 2011;
3. Sandu A., Sandu M., Gavan M., *Metode si programe pentru calculul structurilor*, Ed.PRINTECH, 2003;
4. EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION, prEN 14509:2005 (E), *Self-supporting double skin metal faced insulating panels*, 2006.