

EVALUAREA REZISTENȚEI UNOR ÎMBINĂRI ÎNCLINATE PRIN LIPIRE CU ADEZIV STRUCTURAL, ÎNTRE ADERENȚI DIN MATERIALE DIFERITE

Studenti : RĂDESCU Dorin¹, PERCEMBLI Cristian¹, ȘURCHE Răzvan Ionuț¹

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

REZUMAT: În lucrare se studiază rezistența unor îmbinări înclinate a doua materiale diferite (araldit cu aluminiu), prin calcul numeric, cu metoda elementelor finite. Pentru a evidenția concentrările de tensiuni care apar în adezivi la capetele îmbinării, în vecinătatea aderenților, s-a utilizat rafinarea discretizării în aceste zone (discretizare adaptivă). Rezultatele obținute sunt comparate cu valori experimentale. Se studiază influența unghiului de înclinare a aderenților asupra rezistenței îmbinării, în cazul solicitării la tracțiune și la încovoiere.

CUVINTE CHEIE: adezivi, îmbinări înclinate prin lipire, metoda elementelor finite

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.

Rezistența de durată a îmbinărilor cu adezivi structurali (de mare rezistență) depinde de mai mulți factori: alegerea corectă a adezivului, tehnologia de lipire (pregătirea suprafeței, tehnica de întărire a adezivului), proiectarea corectă, controlul calității.

În literatura de specialitate (da Silva L.F.M. ș.a., 2012; HE Dan ș.a., 2009) se consideră că îmbinările cap la cap conduc la o distribuție neuniformă a tensiunilor și concentrații mari de tensiuni la capetele îmbinării.

În cazul în care aderenții au lățime mică se utilizează soluția îmbinării înclinate, după prelucrarea capetelor la diferite unghiuri cu scopul măririi lungimii de suprapunere a îmbinării.

Îmbinarea înclinată (Fig. 1,c) se poate considera o soluție intermediară între varianta în trepte (Fig. 1,b) și asamblarea cap la cap (Fig. 1,a).

Pentru îmbinarea a doi aderenți din materiale diferite, se studiază influența unghiului de înclinare (45° , 50° , 60° , 90°), asupra stării de tensiune din adeziv în cazul solicitării la tracțiune și la încovoiere.

Se evaluează valoarea forței la care cedează îmbinarea, iar rezultatele obținute sunt comparate cu valori experimentale.

Studiul evidențiază influențele induse de geometria structurii și de parametrii de material asupra distribuției tensiunilor din adeziv și furnizează unele informații utile pentru evaluarea modurilor în care structura, în funcție de unghiul de înclinare, poate ceda.

¹ – anul II, Sisteme și echipamente termice, F.I.M.M.; e-mai: surche.razvan@gmail.com

EVALUAREA REZISTENȚEI UNOR ÎMBINĂRI ÎNCLINATE PRIN LIPIRE CU ADEZIV STRUCTURAL, ÎNTRE ADERENȚI DIN MATERIALE DIFERITE

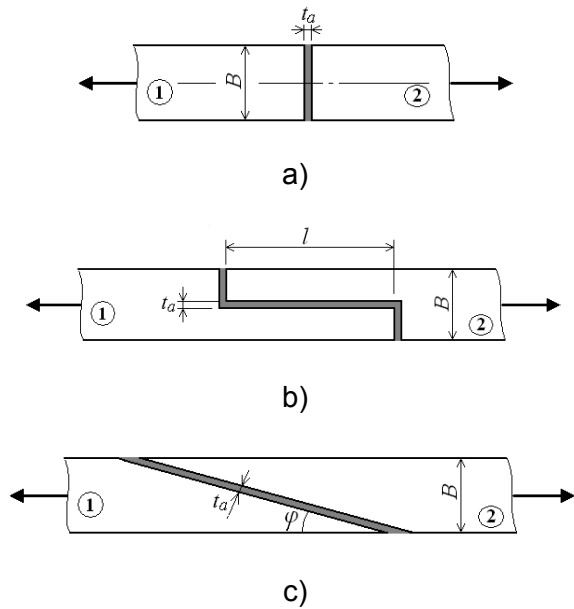


Fig.1. Exemple de îmbinări prin lipire

Se caută valoarea optimă a unghiului de înclinare pentru cele doua solicitări studiate, tracțiune și încovoiere.

2.CALCUL NUMERIC

2.1 Modelul de calcul

În figura 2 se prezintă asamblarea studiată. Dimensiunile structurii sunt: $B=25$ mm; $L=75$ mm; $g=5$ mm; $ta=0.8$ mm. Unghiul de înclinare s-a considerat variabilă de proiectare și a luat valorile: 45° , 50° , 60° , 90° . Aderentul 1 este din araldit (rășină epoxidică) iar aderentul 2 din aluminiu. Adezivul AW 106 este un adeziv epoxidic bicomponent.

Proprietățile elastice ale materialelor sunt date în tabelul 1.

Tabelul 1

| Material | E [MPa] | ν | σ_c [MPa] |
|-----------------|---------|-------|------------------|
| Araldite D | 3400 | 0.36 | 40 |
| Aluminiu 6061T3 | 69000 | 0.33 | 240 |
| Adesiv AW 106 | 1600 | 0.39 | 35 |

Calculul s-a efectuat cu metoda elementelor finite (Sandu A. ș.a. 2003), cu programul SolidWorks/COSMOSM. S-au considerat două cazuri de solicitare:

- I. Tracțiune (Fig.3);
- II. Încovoiere sarcina (Fig.4).

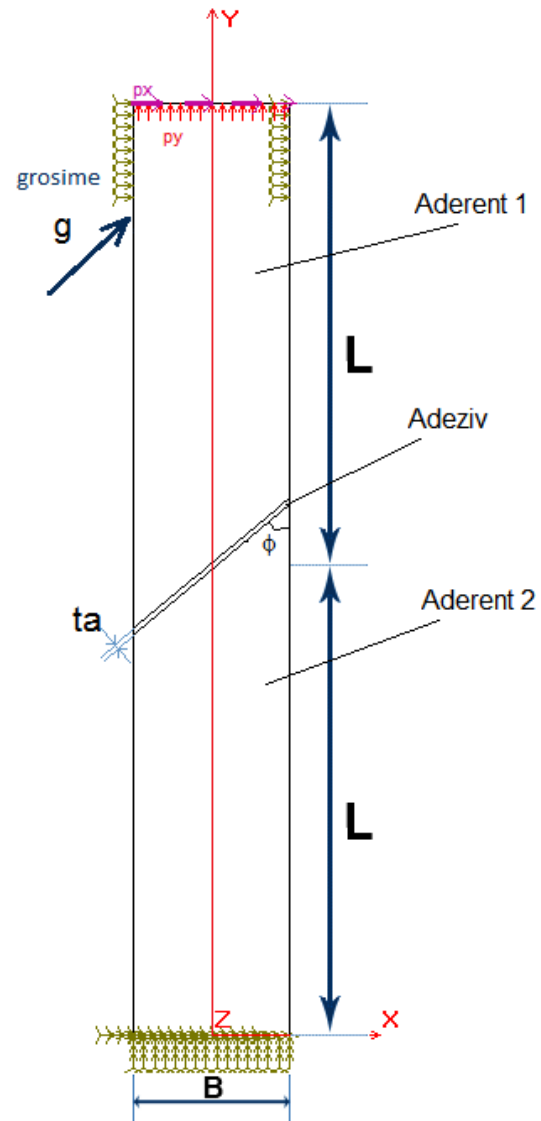
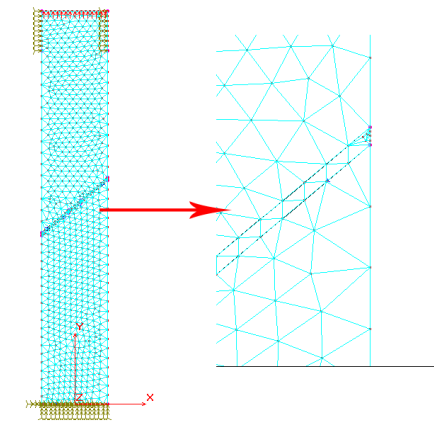


Fig.2 Schița îmbinării cu aderenți înclinați

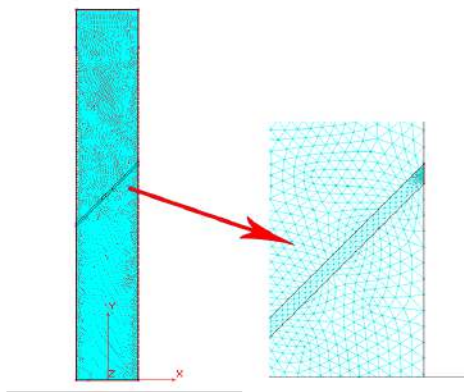
S-a realizat mai întâi o discretizare automată, în elemente de stare plană de tensiune TRIANG cu 3 noduri/element (Fig.3,a). Apoi s-a realizat rafinarea discretizării, pentru evaluarea cât mai corectă a concentrărilor de tensiune din adeziv, la capetele îmbinării (Fig.3, b). Structura s-a considerat încastrată la capătul aderentului din aluminiu.

La capătul aderentului din araldit s-a aplicat forța de tracțiune sub forma unei sarcini uniform distribuite cu valoarea $p_y=10\text{MPa}$. Rezultă o forță $F_y=p_y*b*g=1250\text{N}$. Pentru a simula solicitarea la tracțiune, s-au blocat deplasările pe axa X ale unei mici zone din vecinătatea capătului aderentului 1 (pentru a nu se produce deformații de încovoiere în zona cu secțiune neomogenă centrală).

În cazul încovoierii, s-a aplicat la capătul liber (fără blocarea deplasărilor pe X) o sarcină uniform distribuită $p_x=1\text{MPa}$. Rezultă astfel o forță tăietoare $F_x=p_x*b*g=125\text{N}$.



a)



b)

Fig.3 Modelul de calcul pentru solicitarea la tracțiune

II.2. Rezultate obținute

Pentru valori ale unghiului de înclinare de $45^\circ, 50^\circ, 60^\circ, 90^\circ$ s-a studiat starea de tensiune din punctele cele mai solicitate ale adezivului și aderenților.

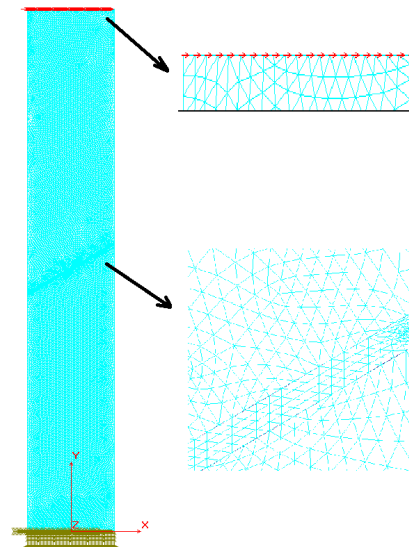


Fig.4 Modelul de calcul pentru solicitarea la încovoiere (discretizare adaptivă)

În figura 5 se prezintă diagramele de variație a tensiunilor echivalente von Mises și a celor axiale σ_y în funcție de unghiul de înclinare, pentru solicitarea la tracțiune, iar în figura 6, pentru cazul încovoierii.

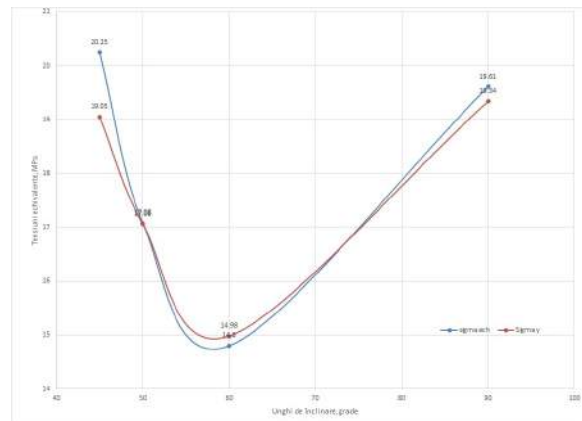


Fig.5 Influența unghiului de înclinare asupra tensiunilor maxime din adeziv în cazul tracțiunii

Din figurile 5 și 6 rezultă că în cazul tracțiunii, unghiul optim de înclinare este cuprins în intervalul $55^\circ-60^\circ$, dar dacă îmbinarea este solicitată la încovoiere, această valoare este cea mai defavorabilă, optimă fiind îmbinarea cap la cap (90°).

EVALUAREA REZISTENȚEI UNOR ÎMBINĂRI ÎNCLINATE PRIN LIPIRE CU ADEZIV STRUCTURAL, ÎNTRE ADERENȚI DIN MATERIALE DIFERITE

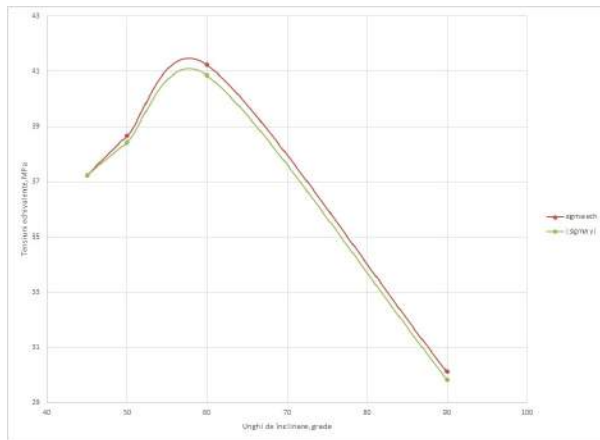


Fig.6 Influența unghiului de înclinare asupra tensiunilor maxime din adeziv în cazul încovoierii

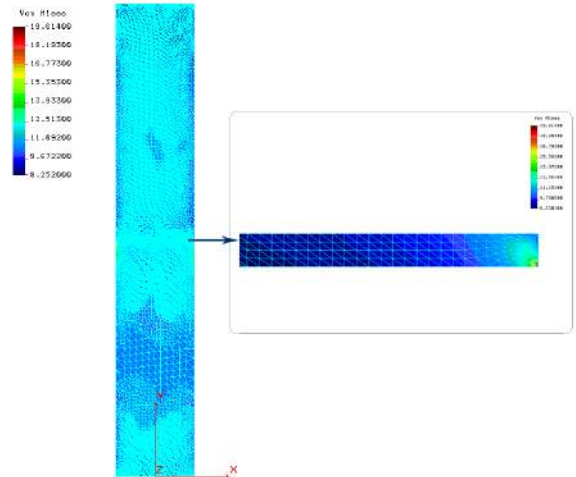


Fig.8 Tensiuni echivalente în cazul $\phi=90^\circ$ pentru tracțiune

În figurile 7 și 8 se prezintă distribuțiile tensiunilor echivalente din punctul cel mai sollicitat al îmbinării în cazul tracțiunii iar în figurile 9 și 10 pentru cazul încovoierii.

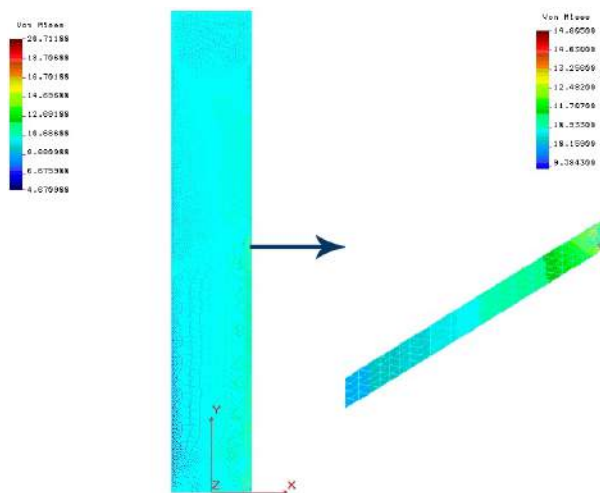


Fig.7 Tensiuni echivalente în cazul $\phi=60^\circ$ pentru tracțiune

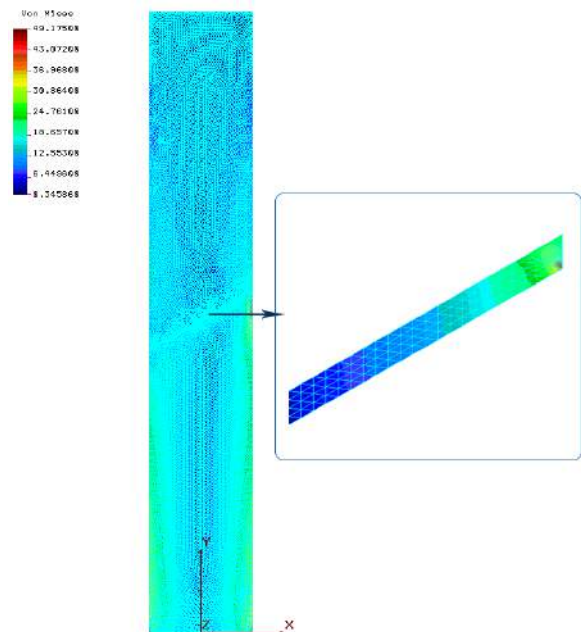


Fig.9 Tensiuni echivalente în cazul $\phi=60^\circ$ pentru încovoiere

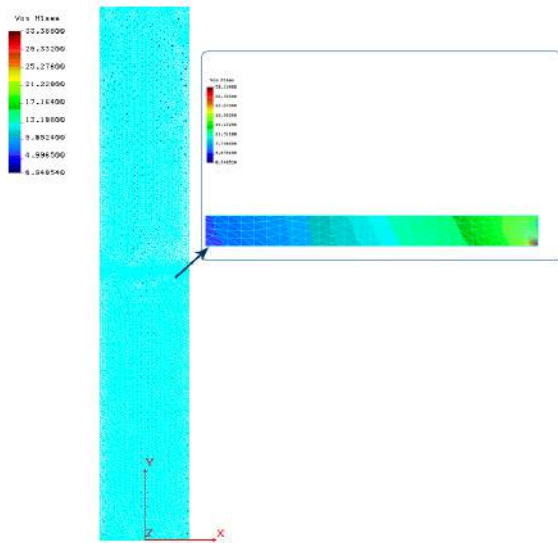


Fig.10 Tensiuni echivalente în cazul $\phi=90^0$ pentru încovoiere



$\phi=45^0$



$\phi=90^0$

Fig.12 Instalația experimentală și aspectul secțiunilor de rupere

3. STUDIU EXPERIMENTAL

S-a efectuat testul de tracțiune pe epruvete cu $\phi=45^0$ și $\phi=90^0$ pe un echipament “LLOYD LRX plus”, cu o forță maximă de 5kN.

Rezultatele obținute s-au comparat cu cele numerice și sunt date în tabelul 2 și reprezentate în figura 11. Valorile forțelor de rupere estimate prin calcul numeric s-au determinat ținând seama că modelul numeric a fost liniar elastic iar adezivul se comportă ca un material ideal elasto-plastic, cu limita de curgere $\sigma_c = 35$ MPa.

Tabelul2

| Tip îmbinare | Forța de rupere | |
|--------------|-----------------|---------|
| | Experimental | Numeric |
| $\phi=45^0$ | 2193 | 2160 |
| $\phi=90^0$ | 2069 | 2231 |

În figura 12 se prezintă aspectul secțiunilor de rupere pentru cele două cazuri studiate experimental.

4.CONCLUZII

1. Valorile determinate experimental pentru forțele de rupere sunt aproximativ egale cu cele obținute în urma calculului efectuat prin metoda elementelor finite cu programul SolidWorks /COSMOSM. Prin urmare, modelarea numerică permite evaluarea cu o precizie satisfăcătoare a forțelor de cedare;

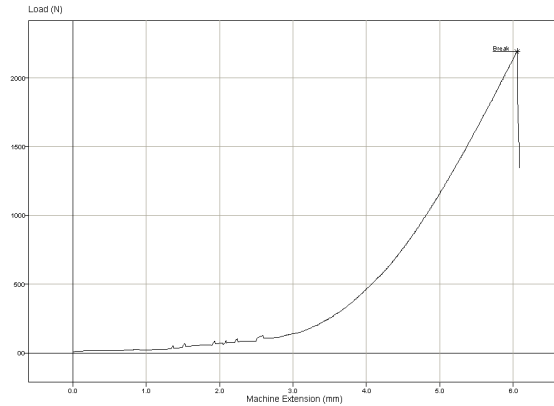
2. Calculul numeric permite optimizarea geometriei îmbinărilor prin lipire cu adezivi. O discretizare adaptivă permite evaluarea corectă a concentrărilor de tensiuni din adezivi;

3. În urma studiului efectuat se deduce:

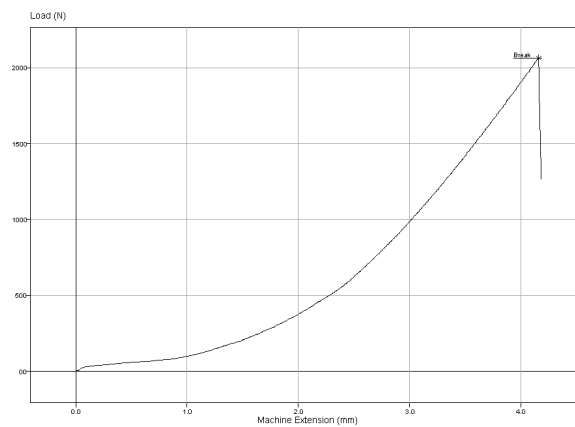
- în cazul tracțiunii pentru combinația de materiale araldit - aluminiu, unghiul optim de îmbinare se află între valorile (55^0-60^0). Pentru alte combinații de materiale se face un studiu similar;

- în cazul încovoierii nu se justifică utilizarea îmbinărilor înclinate deoarece varianta optimă de îmbinare este cea clasică, la 90^0 .

EVALUAREA REZISTENȚEI UNOR ÎMBINĂRI ÎNCLINATE PRIN LIPIRE CU ADEZIV STRUCTURAL, ÎNTRE ADERENȚI DIN MATERIALE DIFERITE



a)



b)

Fig. 11 Graficele obținute experimental
a) araldit-aluminiu unghiul 45° ; b) araldit-aluminiu unghiul 90°

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. HE Dan, Toshiyuki SAWA, Atsushi KARAMI, *Stress analysis and strength evaluation of scarf adhesive joints with dissimilar adherends subjected to static bending moments*, Asian Pacific Conference for Materials and Mechanics 2009 at Yokohama, Japan;
3. Sandu A., Sandu M., Gavan M., *Metode si programe pentru calculul structurilor*, Ed.PRINTECH, 2003