

STUDIUL INFLUENȚEI UNOR DEFECTE DE TIP GOL ÎN ADEZIV ASUPRA REZISTENȚEI ÎMBINĂRILOR PRIN LIPIRE CU ADEZIVI STRUCTURALI

Studenti : Valentin IONIȚĂ¹, Dorin Ionuț RĂDESCU²

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

REZUMAT: În lucrare se studiază rezistența unor îmbinări cap la cap prin lipire cu adeziv structural a două materiale disimilare (PVC cu aluminiu) prin calcul numeric, cu metoda elementelor finite. Se studiază influența unor defecte de tip gol în adeziv asupra rezistenței îmbinării. Pentru a evidenția concentrările de tensiuni care apar în adeziv la marginea defectului, în vecinătatea aderenților s-a utilizat rafinarea discretizării în aceste zone. Se studiază influența unor defecte de tip gol în adeziv asupra rezistenței îmbinării în cazul solicitării la tracțiune și a poziției acestuia în raport cu direcția rezultantei sarcinii aplicate structurii.

CUVINTE CHEIE: adezivi, îmbinări cap la cap prin lipire, metoda elementelor finite, defecte de tip gol.

1. INTRODUCERE

Asamblările prin lipire se utilizează tot mai des în cele mai diferite domenii ingineresti: construcții de avioane, vapoare, echipamente de proces chimice, construcții civile. Principalul 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. De asemenea acest tip de îmbinări au și alte avantaje: absența perforațiilor necesare la îmbinările cu nituri sau șuruburi, contact continuu între aderenți, protecție împotriva coroziunii, reducerea masei structurilor. Dezavantajul acestui mod de asamblare constă în posibilitatea apariției unor defecte în adeziv și la interfața adeziv-aderent (Hart-Smith, 1984; Adams & Drinkwater, 1997) din cauza nerespectării normelor de realizare și faptul că nu putem estima cu precizie rezistența ansamblului datorită prezenței acestor defecte în

adeziv. Există trei tipuri de defecte care pot să apară într-o îmbinare cu adeziv (Xu & Wei, 2012; Chadegani & Batra, 2012):

1. Aderență slabă - lipire necorespunzătoare între adeziv și aderenți;
2. Coeziune nesatisfăcătoare - rezultatul unor greșeli la prepararea adezivului (amestecarea incompletă sau incorectă a componentelor, uscarea insuficientă);
3. Defecte în adeziv de tip gol (pori, goluri, fisuri, dezlipiri).

Defectele de tip gol, în funcție de poziționarea lor, duc la o distribuție neuniformă a tensiunilor și joacă rolul de concentratori de tensiune.

Pentru îmbinarea cap la cap prin lipire cu adeziv a două panouri din materiale disimilare (PVC și aluminiu), se studiază influența poziției defectului în raport cu direcția rezultantei sarcinii aplicate structurii asupra rezistenței acesteia, în cazul solicitării la tracțiune. Se evaluează valoarea forței la care se inițiază curgerea în adeziv și valoarea forței la care structura cedează, iar rezultatele obținute sunt comparate cu valori experimentale.

1 – anul IIIA, F.I.M.M.; Sisteme și echipamente termice, e-mail: valy_ionita94@yahoo.com

2 – anul IIIA, F.I.M.M.; Sisteme și echipamente termice, e-mail: radescudori@yahoo.com

Studiul furnizează unele informații utile pentru evaluarea modurilor în care structura poate ceda, în funcție de poziția defectului (Fig.1).

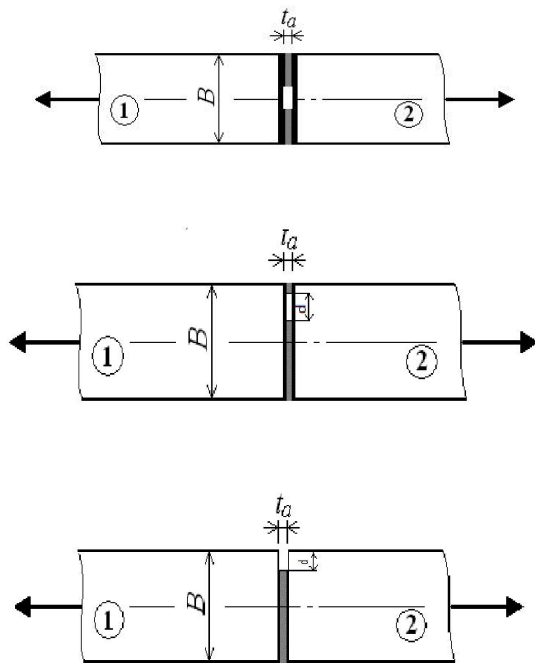


Fig.1. Exemple de îmbinări prin lipire cu defect de tip gol in adeziv

2.CALCUL NUMERIC

2.1 Modelul de calcul

În figura 2 se prezintă asamblarea studiată. Dimensiunile structurii sunt: $B=25\text{mm}$; $L=50\text{mm}$; $t_a=0.8\text{mm}$; $d=b/5$.

Excentricitatea e a defectului în raport cu axa centrală a structurii s-a considerat variabilă și a luat valorile 0; 2.5; 5; 7.5; 10. Aderentul 1 este din PVC (policlorură de vinil) 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]
PVC	3200	0.39	60
Aluminiu 6061 T3	69000	0.33	240
Adesive AW 106	1600	0.39	36

Simularea numerică s-a efectuat cu programul SolidWorks/COSMOSM.

S-a efectuat un calcul neliniar, (comportament neliniar al materialelor). S-a adoptat criteriul de curgere von Mises și toate materialele au fost considerate ideal elasto-plastice (schematizarea Prandtl).

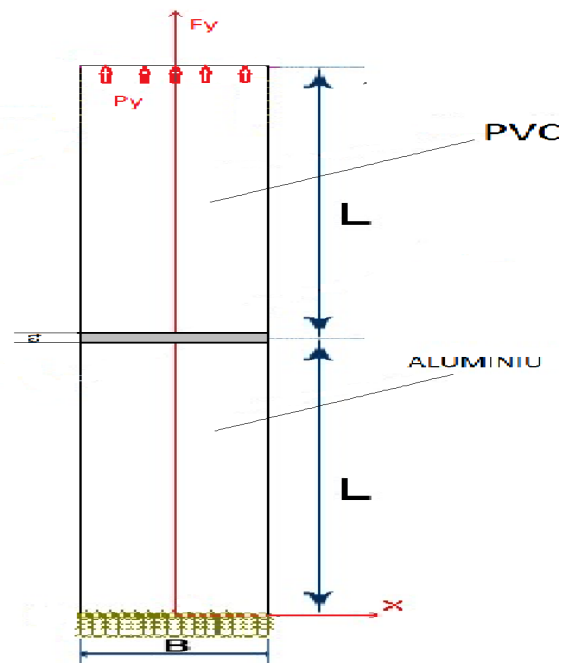


Fig.2 Schița îmbinării

S-a realizat o discretizare parametrică cu pas variabil în elemente de stare plană de deformare (PLANE 2D-4 noduri pe element). S-a realizat astfel rafinarea discretizării pentru evaluarea cât mai corectă a concentrărilor de tensiune din aderenți în vecinătatea adezivului și din adeziv.

Structura s-a considerat încastrată la capătul aderențului din aluminiu. La capătul aderențului din PVC s-a aplicat forța de tracțiune sub forma unei sarcini uniforme distribuite cu valoarea $p_y=40\text{Mpa}$. Sarcinii i-a fost asociată o variabilă convențională „timpul” ($t=100$), reprezentând, de fapt, numărul de pași pentru calculul neliniar. Valoarea sarcinii corespunzătoare unui pas a fost:

$$\Delta p_y = \frac{p_y}{100} = 0.4 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

Sarcina la care se inițializează curgerea în adeziv este:

$$p_i = \Delta p_y \cdot pas_i$$

Sarcina la care structura cedează este :

$$p_f = \Delta p_y \cdot pas_f$$

S-au notat cu: pas_i și pas_f numărul pasului la care pe diagrama de variație a tensiunii în funcție de timp (în funcție de sarcină) începe curgerea respectiv deformațiile plastice devin excesive de mari și programul de calcul oprește calculul.

3. Rezultate obținute

Pentru valori ale excentricității de 0; 2.5; 5; 7.5 și 10 s-a studiat starea de tensiune din punctele cele mai solicitate ale adezivului și aderenților, în comparație cu structura de referință fără defect în adeziv.

3.1 Calculul numeric al structurii de referință (fără defect)

În figurile 3 și 4 sunt date rezultatele obținute pentru structura de referință. Conform graficului din figura 3 inițializarea curgerii se produce la pasul 51 iar generalizarea curgerii la pasul 162. Valorile corespunzătoare ale sarcinilor sunt prezentate în tabelul 2. Se constată că solicitarea maximă în adeziv se

produce la interfața cu aderențul mai rigid (Al), la capetele îmbinării. Curgerea se generalizează apoi de la capete către centru și aderențul din PVC.

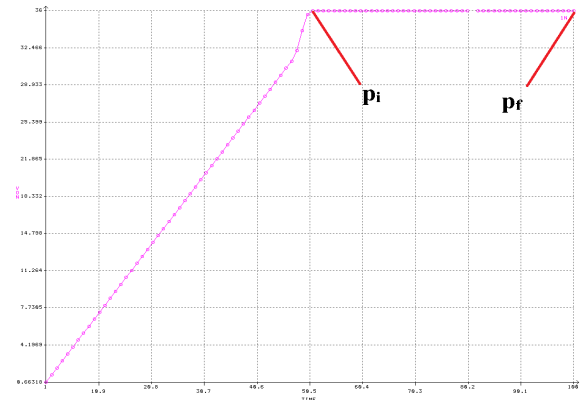


Fig.3 Variația tensiunii echivalente în nodul din care se inițializează curgerea în funcție de mărimea sarcinii aplicate, pentru structura de referință.

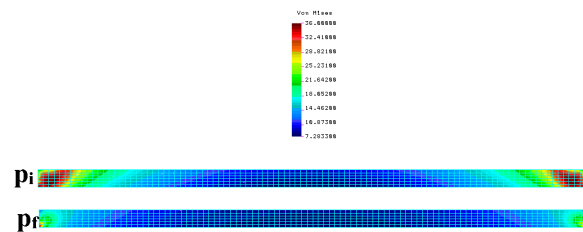


Fig.4 Distribuția tensiunilor echivalente în adeziv corespunzătoare sarcinii p_i și p_f pentru structura de referință.

3.2 Calculul numeric al unei structuri cu defect de tip gol central

Pentru cazul când în adeziv există un defect de tip gol, plasat chiar pe direcția rezultantei sarcinii aplicate (gol central) se observă, conform figurilor 5 și 6, că sarcinile p_i și p_f se micșorează. Curgerea se inițializează la pasul 38, la marginea defectului, la interfața cu aderențul din PVC. Cu cât sarcina se mărește, curgerea se extinde de la marginea defectului și, în același timp, începe curgerea și la marginea îmbinării la interfața cu Al ca în cazul structurii de referință. Apoi curgerea se generalizează aproximativ în tot volumul adezivului.

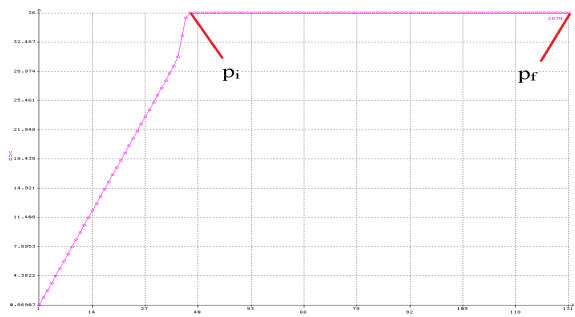


Fig.5 Variația tensiunii echivalente în nodul din care se inițializează curgerea în funcție de mărimea sarcinii aplicate, pentru îmbinarea cu defect central.

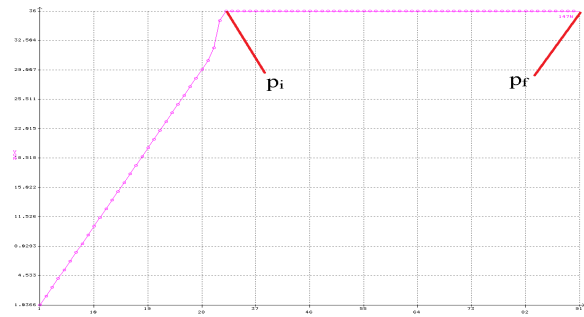


Fig.7 Variația tensiunii echivalente în nodul din care se inițializează curgerea, în funcție de mărimea sarcinii aplicate, pentru îmbinare cu defect excentric.

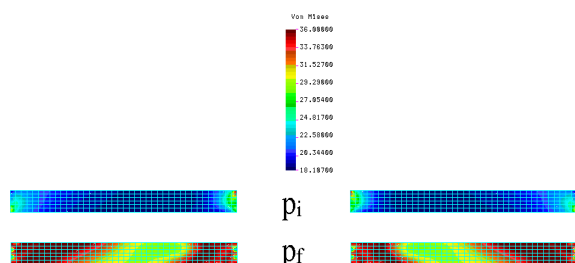


Fig.6 Distribuția tensiunilor echivalente în adeziv corespunzătoare sarcinilor p_i și p_f , pentru îmbinare cu defect central.

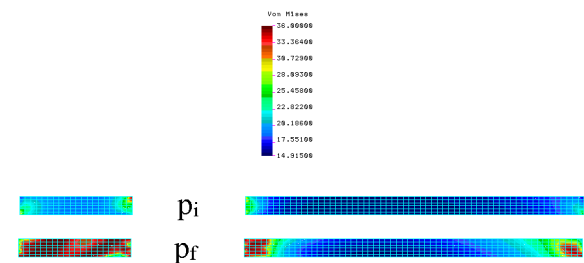


Fig.8 Distribuția tensiunilor echivalente în adeziv corespunzătoare sarcinilor p_i și p_f , pentru îmbinare cu defect excentric.

3.3 Calculul numeric al unei structuri cu defect de tip gol excentric

În figurile 7 și 8, cazul în care defectul din îmbinare este excentric și în îmbinare apare și solicitarea de încovoierie începerea curgerii se produce mai devreme (la pasul 22) decât în cazul unui gol central. Cederea se produce atunci când curgerea se produce în tot volumul adezivului dintre defect și marginea cea mai apropiată.

3.4 Calculul numeric al unei structuri cu defect de tip gol dispus la marginea îmbinării

Pentru cazul îmbinării cu defect marginal, corespunzător figurilor 9 și 10, efectul încovoierii este maxim, excentricitatea având cea mai mare valoare. Curgerea se inițializează cel mai devreme în acest caz, la pasul 22, la marginea defectului, la interfețele cu ambii aderenți. Curgerea se generalizează doar în vecinătatea defectului.

Rezultatele obținute sunt sintetizate în tabelul 2, în care sunt date valorile tensiunilor echivalente maxime din aderenți și adezivi și componentele tensorului tensiunilor în adeziv pentru valoarea sarcinii la care se inițializează curgerea.

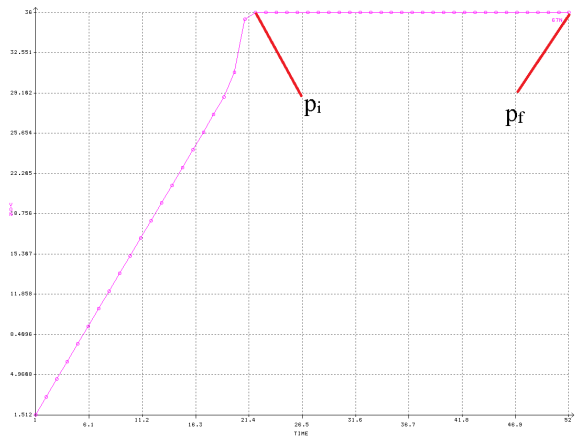


Fig.9 Variația tensiunii echivalente în nodul din care se inițializează curgerea, în funcție de mărimea sarcinii aplicate, pentru defect marginal.

Tabelul 2. Valori ale sarcinilor p_i , p_f și ale tensiunilor echivalente în structură rezultate în urma calculului numeric

excentricitate	pas i	pi	pas f	pf	Tensiuni echivalente			TENSIUNI IN ADEZIV						
					adeziv	aderent 1-Al	aderent 2-PVC	S1	S2	S3	SX	SY	SZ	TAUXY
0	38	15,2	131	52,4	36	44,94	22,73	56,58	27,91	16,18	21,87	57,89	27,91	14,06
0,1	35	14	117	46,8	36	65,01	21,99	57,33	28,58	16,95	23,12	51,17	28,58	14,52
0,2	32	12,8	91	36,4	36	64,95	22,01	55,42	27,81	16	22,49	49,32	27,81	14,85
0,3	26	10,4	55	22	36	66,55	22,23	55,83	27,35	15,63	21,87	49,32	27,35	14,86
0,4	22	8,8	52	20,8	36	21,8	22,28	56,48	27,72	16,1	21,1	51,48	27,72	-13,3
Referința	51	20,4	162	64,8	36	84,25	23,4	54,4	26,26	13,83	19,5	48,74	26,26	14,06

3.Concluzii

Existența unui defect în adeziv reduce rezistența structurii.

Cu cât excentricitatea defectului este mai mare cu atât sarcina capabila a structurii se reduce (fig. 11), consecință a faptului că atunci când există un defect excentric în adeziv acesta este supus unei solicitări combinate (tracțiune și încovoiere).

Fig.10 Distribuția tensiunilor echivalente în adeziv corespunzătoare sarcinilor p_i și p_f , pentru defect marginal.

Pasul la care se inițializează curgerea este cu atât mai mic cu cât excentricitatea este mai mare. Diminuarea sarcinii capabile este semnificativă (fig. 12), între 25% pentru defect central și aproximativ 57% pentru un defect marginal.

În concluzie la realizarea îmbinărilor prin lipire cu adeziv, trebuie acordată cea mai mare atenție respectării normelor de realizare a îmbinării astfel încât să nu apară defecte în adeziv.

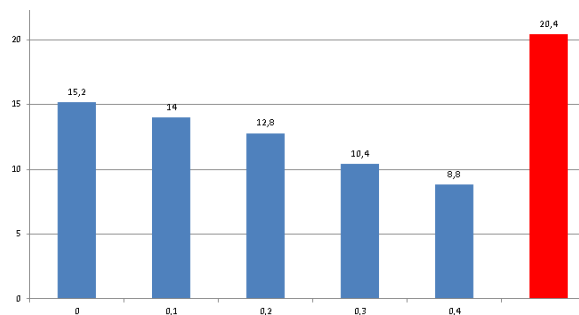


Fig.11 Variația sarcinii de inițiere a curgerii în funcție de excentricitatea defectului

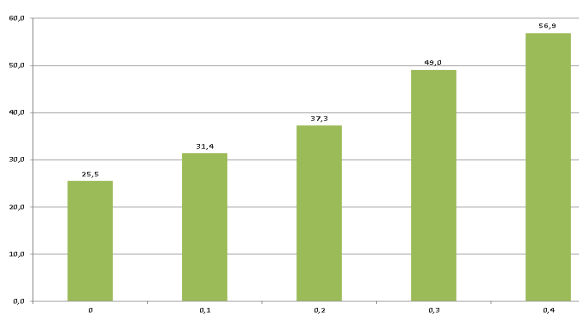


Fig.12 Reducerea sarcinii capabile [%] în funcție de excentricitatea defectului.

5. BIBLIOGRAFIE

- [1]. L.J.Hart-Smith, “Effects of Flaws and Porosity on Strength of Adhesive-Bonded Joints”, 29-th Annual Sampe Symposium and Technical Conference, Reno, Nevada, April 3-5, 1984
- [2]. R.D. Adams, B.W. Drinkwater, “Nondestructive testing of adhesively-bonded joints”, NDT&E International, Vol.30, N0.2, pp93-98, 1997, Elsevier Science Ltd.
- [3]. W. Xu, Y. Wei, “Strength analysis of metallic bonded joints containing defects”, Computational Materials Science 53 (2012) 444–450;
- [4]. Chadegani, R.C. Batra , “Analysis of adhesive-bonded single-lap joint with an interfacial crack and a void”, International Journal of Adhesion & Adhesives 31 (2011) 455–465;
- [5]. Sandu A., Sandu M., Gavan M., „Metode și programe pentru calculul structurilor”, 2003 Ed.PRINTECH