

CZU 631.3.002.3.036.7

INFLUENȚA CONDIȚIILOR DE FORMARE A ACOPERIRILOR DIN COMPOZITE POLIAMIDOEOXIDICE APLICATE PE STRATURI DE CONVERSIUNE EPOXIDICE

GR. MARIAN, V. SÎRGHII

Universitatea Agrară de Stat din Moldova

Abstract: The possibility to increase physical-mechanical characteristics of coverings made of poliamidoepoxidic composites making use of special transitional conversions of adhesion layers of epoxidic materials is studied in this paper. In order to prove the efficiency of these layers the results of the experimental studies of different physical-mechanical properties of the restored details with poliamidoepoxidic composites with a reduced content of epoxidic oligomer are given.

Key words: Adhesion establishment, Conversion layer, Details, Durability, Hardness, Moisture absorption, Polymeric composite, Restored details, Usage.

INTRODUCERE

Durabilitatea pieselor finite, recondiționate cu straturi din compozite polimerice, în mare măsură, este determinată de proprietățile fizico-mecanice ale materialului de aport, care sunt influențate, pe de o parte, de constituția acestui material, iar pe de altă parte, de condițiile tehnologice de aplicare și formare.

Din proprietățile fizico-mecanice, care influențează mai pronunțat durabilitatea cuplelor recondiționate cu compozite pe bază de polimeri, pot fi menționate următoarele: stabilitatea aderenței materialului de adaos la materialul de bază, duritatea, rezistența la uzare, capacitatea de absorbție a lichidelor.

Rezultatele studierii aderenței materialului de aport din compozite polimerice (Gr. Marian et al., 2006) demonstrează elocvent efectul benefic al straturilor de conversiune asupra aderenței materialului de aport. Însă, aplicarea straturilor de conversiune impune abordarea specifică atât a constituției materialului de aport, cât și a regimurilor tehnologice de formare a stratului de conversiune și a celui de adaos. Având în vedere cele menționate, este necesar de a stabili așa regimuri tehnologice, care ar asigura condiții optime de formare a contactului dintre fazele sistemului.

Pornind de la aceste cerințe, în lucrare se prezintă unele rezultate experimentale, realizate cu scopul argumentării constituției materialului de aport și a regimurilor tehnologice de formare a acestuia.

MATERIAL ȘI METODĂ

Adezivitatea s-a determinat conform metodei descrise în (Gr. Marian, 2006), iar uzura conform (Gr. Marian, 2005).

Duritatea a fost apreciată prin capacitatea materialului de a opune rezistență la penetrarea din exterior în stratul estimat a unei bile cu diametrul de 5 mm sub sarcina de 50 kg la durometrul PMT-3. Duritatea a fost măsurată pe straturi poliamidoepoxidice de 2 mm grosime, obținute prin presare.

Cercetările experimentale au fost realizate conform programului Box-Benkin. Matricea programului este prezentată în tab. 1.

Estimarea modificării aderenței materialului de aport s-a realizat prin încercări accelerate a probelor acoperite în condiții hidrostatice. Adezivitatea s-a determinat peste fiecare 24 ore de menținere la temperatura de 60°C, umiditatea relativă a aerului 95-100%.

Au fost încercate materiale de aport poliamidoepoxidice cu conținut sporit și cu conținut redus de oligomer epoxidic, aplicate pe știfturi din oțel carbon în stare de livrare prin patru variante:

A₁ - aplicare direct pe substratul metalic fără strat intermediar. Constituția materialului de aport – 30% oligomer epoxidic, 10% sticlă fărâmițată, restul poliamidă;

A₂ - modul de aplicare și constituția materialului de aport ca și în cazul primei variante, însă probele acoperite au fost supuse unui tratament termic (menținere timp de 30 min în baie de ulei la 190°C în răcire lentă împreună cu baia);

A₃ - aplicare pe strat intermediar de conversiune. Constituția stratului intermediar - 45% oligomer

Tabelul 1

Matrice program a rezultatelor experimentului

Nr. crt.	Factori de influență						Valori măsurate				
	Valori codificate			Valori naturale			Duritate, MPa	Uzură p., mg.	Uzură m., mg.	Abs. ulei 20°C, %	Abs. ulei 90°C, %
	x ₁	x ₂	x ₃	X ₁	X ₂	X ₃					
1	1	1	0	90	2,5	230	101	1	0,9	0,142	0,148
2	1	-1	0	90	0,5	230	62	1,1	1,1	0,102	0,110
3	-1	1	0	10	2,5	230	75	1,1	1,0	0,094	0,099
4	-1	-1	0	10	0,5	230	60	1,5	1,2	0,149	0,155
5	1	0	1	90	1,5	260	102	1,3	1,1	0,123	0,125
6	1	0	-1	90	1,5	200	38	1,4	1,3	0,136	0,136
7	-1	0	1	10	1,5	260	57	1,3	1,1	0,139	0,143
8	-1	0	-1	10	1,5	200	44	1,5	1,2	0,169	0,171
9	0	1	1	50	2,5	260	73	1,4	1,2	0,149	0,153
10	0	1	-1	50	2,5	200	35	1,3	1,0	0,119	0,122
11	0	-1	1	50	0,5	260	54	1,3	1,1	0,137	0,141
12	0	-1	-1	50	0,5	200	39	1,5	1,2	0,159	0,160
13	0	0	0	50	1,5	230	74	1	0,9	0,114	0,115
14	0	0	0	50	1,5	230	81	1	0,9	0,111	0,116
15	0	0	0	50	1,5	230	80	1,1	1,0	0,090	0,114

epoxidic restul poliamidă. Constituția materialului de aport – 5% oligomer epoxidic, 12% sticlă fărâmițată, restul poliamidă.

A₃ - modul de aplicare și constituția materialului de aport ca și în varianta trei, cu tratarea termică a probelor (menținere timp de 30 min în baie de ulei la 190°C nu răcire lentă împreună cu baia).

REZULTATE ȘI DISCUȚII

În programul experimentului de bază au fost incluși trei parametri tehnologici, domeniul de variație al cărora a fost stabilit în baza unui experiment preliminar și a considerațiilor teoretice după cum urmează: presiunea care acționează asupra materialului plastic ($10 \leq x_1 \leq 90$, MPa); durata de încălzire ($0,5 \leq x_2 \leq 2,5$, min./mm); temperatura matriței ($200 \leq x_3 \leq 260$, °C).

În baza documentației oferite de statistica matematică, s-au prelucrat datele experimentale, obținându-se următorul model matematic pentru duritatea stratului de polimer:

$$D = 78,3 + 8,37x_1 + 8,63x_2 + 16,25x_3 + 3,08x_1^2 + 6x_1x_2 + 12,75x_1x_3 - 6,91x_2^2 + 5,75x_2x_3 - 1,17x_3^2, \quad (1)$$

în care D este duritatea în MPa, x_1 , x_2 și x_3 – factori de influență în coordonate codate, respectiv presiunea în MPa, timpul de încălzire în min/mm și temperatura tehnologică în °C.

Analizând ecuația (1) și graficele din fig. 1 se constată că cel mai important factor ce influențează duritatea este temperatura de formare, iar cel mai puțin important – presiunea (în toate cazurile $|x_3| > |x_2| > |x_1|$). Forma curbei $D = f(x_3)$ indică că de la o anumită temperatură, duritatea materialului studiat începe să crească brusc concomitent cu creșterea temperaturii, având un caracter ascendent pronunțat pentru x_3 de la -1 la +0,018 (în coordonate reale până la 231°C) și descendent de la +0,018 până la +1 (în coordonate reale de la 231°C). Astfel duritatea maximă a acoperirilor din compozite poliamidoeoxidice cu procentaj mic de oligomer epoxidic (până la 10%) se obține pentru straturile formate la temperatura de menținere în formă 231°C.

Durata de încălzire a polimerului (x_2), de asemenea, influențează duritatea, însă ponderea acesteia este mai puțin pronunțată. Forma curbei $Y_2 = f(x_2)$ poartă un caracter lent ascendent cu valoarea maximă pentru $x_2 = -0,018$ cod, real la 1,47 min/mm.

Analiza ecuației (1) la punctele extremale în raport cu x_1 scoate în evidență că valorile extreme se afla în afara domeniului experimentului. Cu alte cuvinte, teoretic presiunea influențează pozitiv duritatea. Din acest motiv, în aprecierea valorii acestui parametru, este necesar de reieșit din variante de compromis, luând în vedere influența acestui parametru în cuplu cu ceilalți parametri tehnologici.

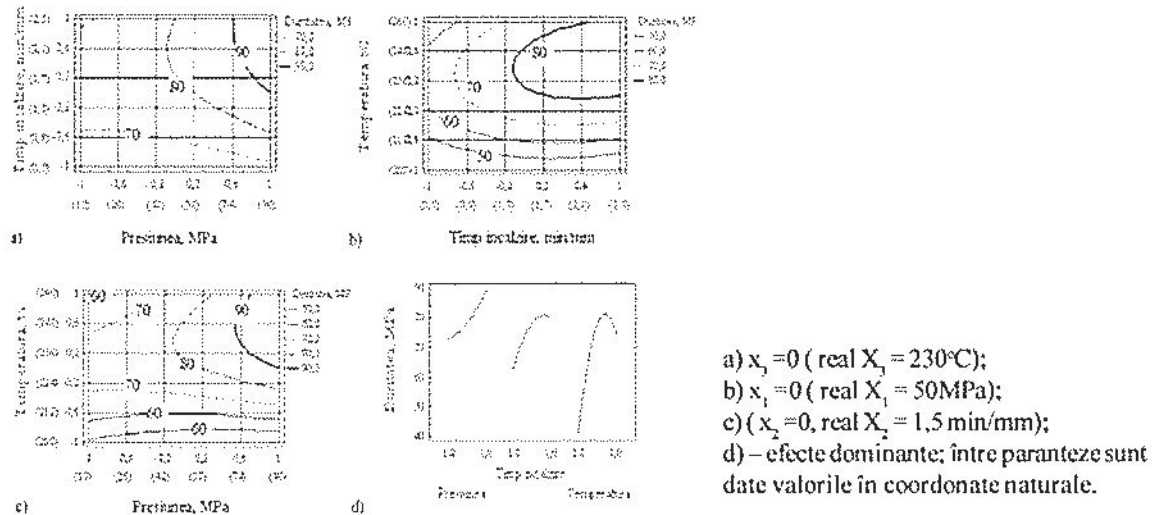


Fig. 1. Evoluția durității acoperirilor poli-amidoepoxidice (oligomer epoxidic 5%, fibre de sticlă fărâmițate – 15%, restul – poliamidă 12%), aplicate prin presare pe substraturi de conversiune funcție de regimurile tehnologice de formare

Din analiza curbelor de nivel pentru modelul $D_2 = f(x_1, x_2, x_3)$, prezentate în fig. 1. a), b) și c), se constată influența variabilelor x_1 , x_2 și x_3 pentru diferite niveluri.

Astfel, pentru $x_3 = 0$ (real temperatura matriței 230°C) se determină suprafața limitată de izolinia 90 MPa (fig. 1. a), în interiorul căruia se asigură o duritate mai mare de 90 MPa. Extremele acestei izolinii, pentru domeniul examinat se află între coordonatele: $x_1 (+0,6; +1)$, $x_2 (+0,1; +1)$.

Pentru $x_1 = 0$ (real presiunea 50 MPa), zona în care se asigură duritatea peste 80 MPa este limitată de izolinia amplasată între coordonatele: $x_2 (-0,1; +1)$ și $x_3 (0; +1)$, iar pentru $x_2 = 0$ (real durata de menținere în matriță 1,5 min/mm) duritatea peste 90 MPa este asigurată în zona limitată de izolinia 90 MPa amplasată între coordonatele: $x_1 (+0,5; +1)$ și $x_3 (-0,1; +1)$.

În rezultatul suprapunerii suprafețelor zonelor optime se pot stabili regimurile de compromis, care asigură obținerea unei durități mai mare de 90 MPa. Aceste regimuri sunt următoarele: $x_1 = +0,6 \dots +1$ cod, real mai mare de 74 MPa; $x_2 = +0,6 \dots +1$ cod, real peste 2,4 min/mm și $x_3 = +0,2 \dots +1$ cod, real $236 \dots 260^\circ\text{C}$.

Estimarea uzurii gravimetrice a piesei acoperite cu compozit poli-amidoepoxidic cu conținut redus de oligomer epoxidic și celei metalice este concretizată de următoarele relații de regresie, prezentate în coordonate codate conform datelor din tab. 1:

$$U_{\text{red}} = 1,033 - 0,1125x_1 - 0,075x_2 - 0,0125x_3 + 0,1083x_1^2 + 0,075x_1x_2 - 0,05x_1x_3 + 0,033x_2^2 + 0,075x_2x_3 + 0,308x_3^2; \quad (2)$$

$$U_{\text{met}} = 0,933 - 0,0125x_1 - 0,062x_2 - 0,025x_3 + 0,083x_1^2 - 0,025x_1x_3 + 0,033x_2^2 + 0,075x_2x_3 + 0,158x_3^2; \quad (3)$$

în care x_1 , x_2 și x_3 sunt factori de influență în coordonate codate, respectiv presiunea în MPa, timpul de încălzire în min/mm și temperatura tehnologică în $^\circ\text{C}$.

În rezultatul analizei ecuațiilor (2, 3) și a curbelor de nivel din fig. 2 și .3, se observă că evoluția uzurii, atât a semicuplei acoperite, cât și a celei metalice, este cumulativă și dependentă de toate cele trei regimuri examinate, rezervând ponderea cea mai importantă - temperaturii de formare a stratului de polimer.

Se constată evoluția descrescătoare a uzurii la creșterea presiunii și duratei de întărire până în jurul valorilor $x_1 = +0,9$ și $x_2 = +0,7$, după care valorile uzurii cresc foarte lent atunci când valorile x_1 și x_2 continuă să crească. Se remarcă că evoluția uzurii funcție de temperatura de formare poartă un caracter mult mai pronunțat descendent până în jurul valorii $x_3 = +0,4$, după care valorile uzurii cresc brusc concomitent cu creșterea temperaturii.

Prelucrarea statistică a datelor experimentale, vizavi de studiul capacității de absorbție, a rezultat următoarele ecuații de regresie ce descriu adecvat evoluția capacității de absorbție a uleiului de către

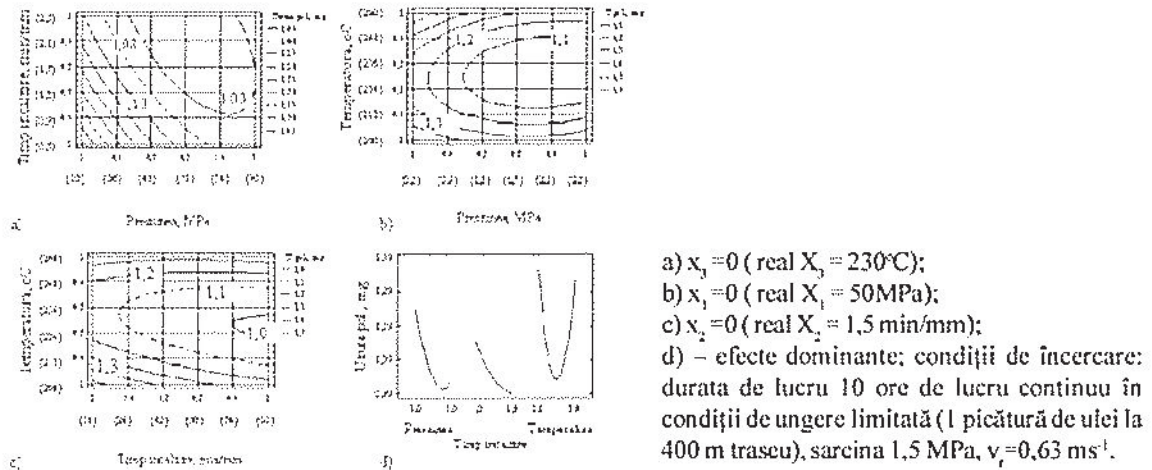


Fig. 2. Evoluția uzurii acoperirilor poliamidoepoxidice (ol. epoxidic 5%, fibre de sticlă fărâmițate – 15%, restul – poliamidă 12%), aplicate prin presare pe substraturi de conversiune (oligomer epoxidic - 45%, poliamidă - restul), funcție de regimurile tehnologice de formare

materialul de adaos, aplicat pe straturi intermediare de conversiune (ecuația 4 se referă la acoperirile menținute în ulei la temperatura de 20°C, iar 5 la cele menținute la temperatura de 90°C):

$$\text{Abs.ul.}^{20} = 0,105 - 0,006x_1 - 0,0054x_2 - 0,0043x_3 + 0,009x_1^2 + 0,0237x_1x_2 + 0,00412x_1x_3 + 0,0079x_2^2 + 0,013x_2x_3 + 0,0281x_3^2 \quad (4)$$

$$\text{Abs.ul.}^{90} = 0,115 - 0,0061x_1 - 0,0055x_2 - 0,0034x_3 + 0,0064x_1^2 + 0,0235x_1x_2 + 0,0043x_1x_3 + 0,0066x_2^2 + 0,012x_2x_3 + 0,0224x_3^2 \quad (5)$$

în care x_1 , x_2 și x_3 sunt factori de influență în coordonate codate, respectiv presiunea în MPa, timpul de încălzire în min/mm și temperatura tehnologică în°C.

În baza analizei ecuațiilor 5 și 6 și a graficelor din fig. 4, se constată că temperatura de formare a stratului de polimer are pondere dominantă și asupra capacității de absorbție a uleiului de către materialul examinat.

În baza analizei ecuațiilor 5 și 6 și a graficelor din fig. 4, se constată că temperatura de formare a stratului de polimer are pondere dominantă și asupra capacității de absorbție a uleiului de către materialul examinat.

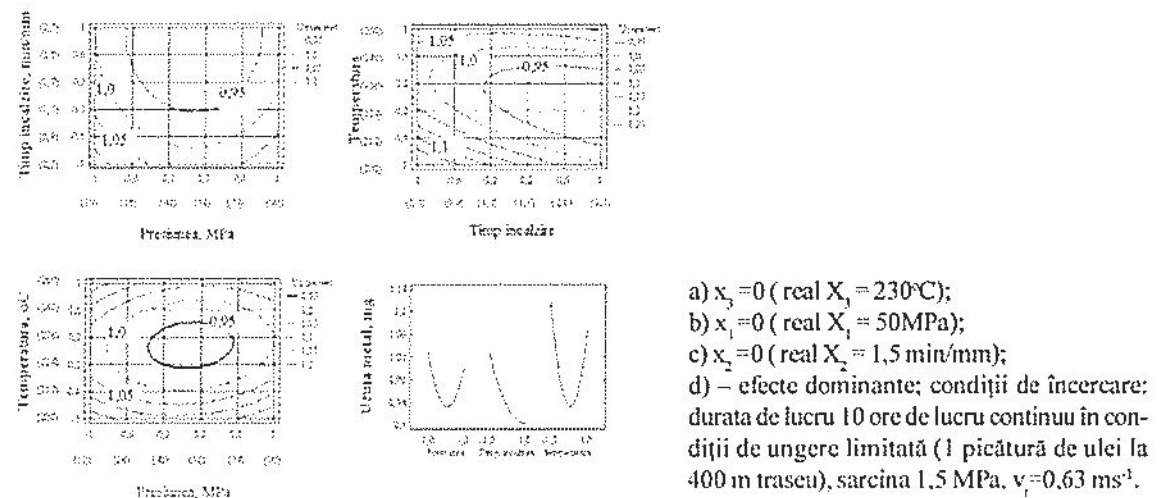


Fig. 3. Evoluția uzurii semicuplei metalice funcție de regimurile tehnologice de acoperire a semicuplei polimerice

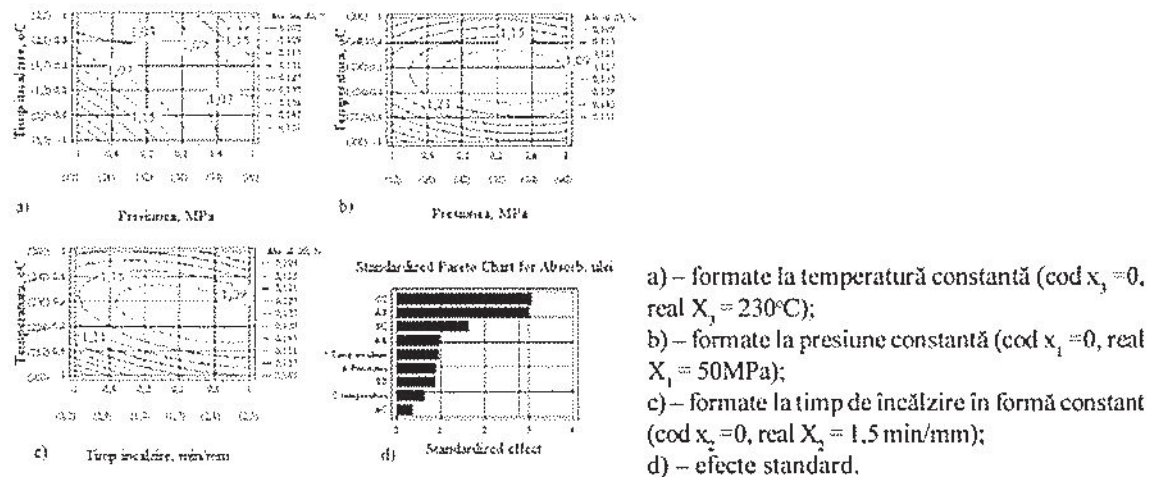


Fig. 4. Capacitatea de absorbție a filmului din compozitul cercetat menținut în ulei la 20°C funcție de regimurile de formare

Suprafața de răspuns corespunzătoare curbelor de nivel din fig. 4, a) are formă de paraboloid hiperbolic datorită faptului că b_{11} și b_{22} au valori pozitive și apropiate ca mărime. Această formă a suprafețelor de răspuns duce la concluzia că, în unul și același regim termic, capacitatea de absorbție a uleiului scade concomitent cu mărirea doar a unuia din parametrii luați în studiu – sau presiunea, sau durata de menținere.

Planul curbelor de nivel pentru modelele $Abs.ul.^{20} = f(x_p, x_t)$ și $Abs.ul.^{20} = f(x_p, x_t)$ indică că inițial, cu mărirea temperaturii de formare a filmelor de polimer, capacitatea de absorbție scade, ajungând minimum la temperaturi diferite în funcție de x_p . Zona, în care se asigură capacitatea minimă de absorbție, este limitată de izoliniile $Y = (0,109)$. Mărirea temperaturii în afara liniilor nominalizate duce la mărirea capacității de absorbție a uleiului.

Majorarea capacității de absorbție a uleiului în rezultatul măririi temperaturii de formare, poate fi explicată prin apariția porilor în materialul investigat. Aceștia fiind cauzați, nu numai de tensiunile interne care apar în procesul de formare a acoperirilor, dar și de procesele de oxidare, care conduc la distrucția macromoleculilor polimerului.

Totodată s-a constatat că, cu mărirea temperaturii mediului (uleiului), capacitatea de absorbție crește. Prin suprapunerea curbelor de nivel, obținute din ecuațiile (5) și (6) s-a stabilit că suprafața zonei, în care se asigură capacitatea de absorbție minimă (mai mică de 0,109), a filmelor expuse în ulei la 20°C este, în mediu, de 2,2 ... 3 ori mai mică de cât a filmelor menținute în ulei la temperatura de 90°C .

Stabilitatea acoperirilor poliamidoepoxidice a fost apreciată prin punerea în evidență a păstrării aderenței materialului de aport funcție de durata menținerii probelor în condiții higrostatice (fig. 5). Curbele din figură sunt descrise de următoarele ecuații de regresie:

$$A_1 = 44,64 - 1,4394t - 0,3333t^2, \quad (6)$$

$$A_2 = 44,667 - 1,5803t + 0,1415t^2 - 0,0083t^3, \quad (7)$$

$$A_3 = 49,126 - 5,1184t + 0,9218t^2 - 0,048t^3, \quad (8)$$

$$A_4 = 33,768 + 6,9991t - 1,4902t^2 + 0,1109t^3 - 0,0027t^4. \quad (9)$$

în care A_1 , A_2 , A_3 și A_4 reprezintă adezivitatea acoperirilor obținute respectiv conform variantelor 1...4; t – durata de menținere în higrostat, ore.

Pe baza experimentelor care s-au realizat, se constată că straturile intermediare de conversiune poliamidoepoxidice prezintă un mijloc sigur de mărire a stabilității rezistenței la adeziune a acoperirilor poliamidoepoxidice cu conținut redus de oligomer epoxidic. Astfel, aderența acoperirilor poliamidoepoxidice cu conținut de oligomer epoxidic П.ЭП-534 - 5%, sticlă fărâmițată - 12%, restul poliamidă 12 este de 2 ori mai stabilă decât a materialelor de aport cu conținut de oligomer epoxidic de 30%. Mărirea stabilității rezistenței la adeziune poate fi explicată prin reducerea interacțiunii specifice de absorbție dintre materialul de aport și mediu, cauzată de substituirea legăturilor de adeziune mediu - substrat cu legăturile mediu - substrat de conversiune substanțial mai pronunțate.

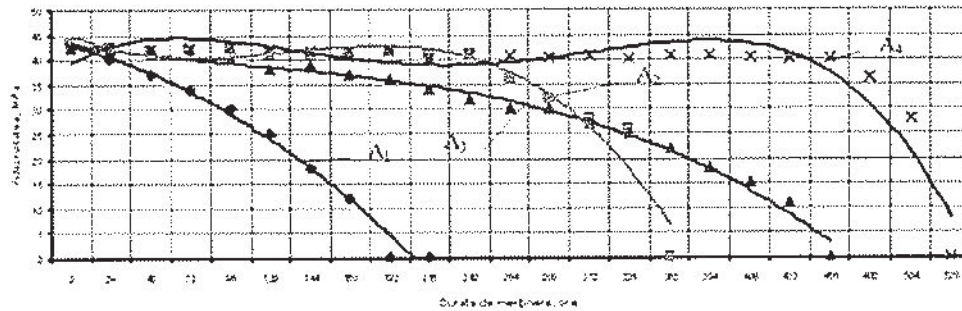


Fig.5. Stabilitatea rezistenței la aderență a compozitelor poliamido-epoxidice în funcție de durata de menținere în condiții higrostatice.

De adăugat și faptul că, în baza rezultatelor obținute în urma experimentării tratamentului termic al acoperirilor poliamidoepoxidice, s-au confirmat datele prezentate anterior (Marian, 2005) despre efectul benefic asupra stabilității adezionale al tratamentului termic. Astfel tratarea termică a acoperirilor poliamidoepoxidice prin menținerea acestora timp de 30 min în baie de ulei la temperatura de 190°C a contribuit la mărirea stabilității acoperirilor poliamidoepoxidice aplicate pe straturi de conversiune de 1,8-2 ori.

Este important de relevat și faptul că distrugerea legăturilor de adeziune a acoperirilor metalopolimerice aplicate pe straturi de conversiune s-a urmărit doar în cazul menținerii probelor în condiții critice (încercări accelerate). Menținerea aceluiași probe în condiții climatice normale (umiditatea relativă 40-60%, temperatura mediului 20±5°C) nu a remarcat careva modificări semnificative a aderenței materialului de aport pe substraturi din oțel.

În plus, este important de reținut că pe straturile intermediare de conversiune pot fi aplicate acoperiri cu conținut de oligomer epoxidic diferit și chiar doar numai din poliamidă. Acest lucru ne permite să aplicăm materiale de aport cu constituție stabilă în funcție de un șir întreg de proprietăți impuse de rolul funcțional al piesei recondiționate.

Veridicitatea rezultatelor experimentale este confirmată de indicatorii durabilității, determinați prin încercări accelerate pe eșantion epuizat (jocul limită admisibil 0,18 mm).

Au fost estimate cuple tribologice alcătuite dintr-o semicuplă acoperită cu compozit poliamidoepoxidic, aplicat pe substratul intermediar de conversiune, și altă semicuplă din: 1 - oțel carbon călit (560HB); 2 - oțel carbon ne tratat termic (207HB) și 3 - aliaj de aluminiu. Dimensiunea ajustajului 40 H9/f8, lungimea îmbinării $l = 0,7d$, fără ungere. Regimul de încercare: viteza arborelui $v = 0,63 \text{ m}\cdot\text{sec}^{-1}$, presiunea $p = 3,5 \text{ MPa}$.

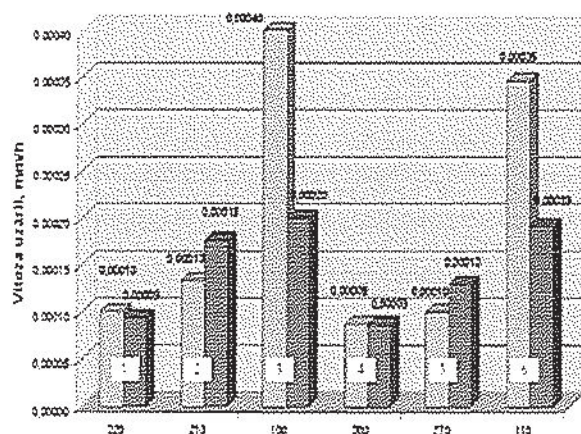
Concomitent au fost supuse încercărilor un set de cuple acoperite cu două tipuri de compozite: **constituția A** – oligomer epoxidic 30%, fibre de sticlă fărâmițate 12 %, disulfură de molibden 5%, restul poliamidă 12, acoperirile au fost aplicate fără strat de conversiune; **constituția B** - oligomer epoxidic 5%, fibre de sticlă fărâmițate – 15%, restul – poliamidă 12, aplicat prin presare pe substraturi de conversiune (oligomer epoxidic - 45%, poliamidă - restul).

Rezultatele obținute constată o comportare diferită a compozitelor poliamidoepoxidice funcție de natura semicuplei metalice (fig. 6).

Astfel s-a stabilit că, pentru acoperirile din compozite poliamidoepoxidice cu conținut sporit de oligomer epoxidic (compozit constituția A) cea mai mică uzare apare în cazul conjugării piesei acoperite cu oțel călit. Durabilitatea acestor cuple constituie 320 ore lucru pe stand. Diametrul efectiv mediu, măsurat la 5 piese luate în studiu, s-a modificat de la 39,938 până la 39,906 mm, suportând o uzare de 0,032 mm.

Semicupla metalică a cunoscut o modificare aproximativ egală cu cea a semicuplei acoperite (0,03 mm), având o viteză de uzare de $0,9 \cdot 10^{-4} \text{ mm/oră}$ față de 10^{-4} mm/oră a semicuplei acoperite.

De 1,52 ori mai repede s-a uzat cupla alcătuită din oțel carbon în stare de livrare, ajungând la jocul limită admisibil după 210 ore lucru pe stand. Totodată se remarcă o viteză foarte mare de uzare a semicuplelor poliamidoepoxidice conjugate cu semicuple uzinate din aliaj de aluminiu. Aceste cuple au ajuns la valoarea limită admisibilă după 100 ore lucru pe stand.



1, 2 și 3 - oțel carbon acoperit cu compozitul A în cuplu cu semicupla cuprinzătoare, respectiv, din oțel carbon călit (560 HB), oțel carbon ne tratat termic (207 HB), aliaj de aluminiu;

4, 5 și 6 - oțel carbon acoperit cu compozitul B, semicupla cuprinzătoare ca și pentru cuplele 1, 2 și 3.

Fig. 6. Durabilitatea cuplelor poliamicidice pe eșantion epuizat ($S_{adm} = 0,18 \text{ mm}$)

Se remarcă că cuplele 4-6, la care semicupla cuprinsă a fost acoperită cu compozit poliamicidic cu conținut scăzut de oligomer epoxidic (constituția B), aplicat pe straturi de conversiune, posedă o durabilitate sporită față de cuplele similare 1-3.

Astfel cuplele din grupa 4 sunt, în medie de 1,19 ori mai durabile decât cuplele din grupa 1, cele din grupa 5 - de 1,29 față de cele din grupa 2 și cele din grupa 6 de 1,1 ori în raport cu cele din grupa 3.

CONCLUZII

1. S-a argumentat experimental efectul folosirii oligomerilor epoxidici în calitate de straturi intermediare de conversiune la recondiționarea pieselor de mașini prin compensarea uzurii cu compozite poliamicidice cu conținut redus de oligomer epoxidic;

2. În baza rezultatelor experimentului preliminar și considerațiilor teoretice s-au stabilit domeniile de determinare a factorilor: $10 \leq x_1 \leq 90 \text{ MPa}$; $0,5 \leq x_2 \leq 2,5 \text{ min/mm}$; $200 \leq x_3 \leq 260 \text{ }^\circ\text{C}$;

3. Din analiza modelelor obținute, rezultă influența directă a celor trei variabile, cu putere de influență diferită în ordine descrescătoare, x_1 , apoi x_2 și în cele din urmă x_3 asupra tuturor proprietăților fizico-mecanice studiate;

4. S-au stabilit regimurile tehnologice care asigură obținerea proprietăților fizico-mecanice optime pentru fiecare însușire aparte: *duritate, de cel puțin 180MPa* - $x_1 > 58 \text{ MPa}$, $x_2 > 1,5 \text{ min./mm}$, $x_3 = 230...240^\circ\text{C}$; *uzură minimă* - $x_1 = 50...80 \text{ MPa}$, $x_2 = 1,6...2,0 \text{ min/mm}$, $x_3 = 224...242^\circ\text{C}$; *capacitatea de absorbție a uleiului* - $x_1 > 40 \text{ MPa}$, $x_2 > 1,3 \text{ min/mm}$, $x_3 = 230...242^\circ\text{C}$; *reziliența* - $x_1 > 45 \text{ MPa}$, $x_2 > 1,4 \text{ min./mm}$, $x_3 = 207...251^\circ\text{C}$;

5. S-au stabilit regimurile tehnologice de compromis care asigură valorile optime pentru toate proprietățile fizico-mecanice investigate și anume: - $x_1 > 60 \text{ MPa}$, $x_2 > 1,6...2,0 \text{ min/mm}$, $x_3 = 233...242^\circ\text{C}$.

6. Încercările accelerate au confirmat eficiența folosirii straturilor de conversiune din compozite cu conținut sporit de oligomer epoxidic.

BIBLIOGRAFIE

1. Marian, Gr., Țapu, V. et al. Sporirea gradului de aderență a compozitelor poliamicidice prin aplicarea straturilor intermediare de conversiune // Știința agricolă. Nr. 1, 2006, p. 75-78.

2. Marian, Gr. Contribuții teoretico-experimentale la studiul fiabilității pieselor și îmbinărilor utilajului agricol recondiționate cu compozite pe bază de polimeri: Teza de doctor habilitat în tehnică: 05.20.03. Chișinău, 2005, 252 p.

Data prezentării articolului - 27.11.2006