

INFLUENȚA DENSITĂȚII DE CURENT ȘI A CONCENTRAȚIEI DE CAPROLACTAMĂ ASUPRA MICRO- ȘI MACRODURITĂȚII ACOPERIRILOR DE FIER ELECTROLITIC CU PROPRIETĂȚI DE AUTOLUBRIFIERE

Eugen UNGUREANU, Andrei PLATON

Universitatea Tehnică a Moldovei

Rezumat: În lucrare au fost apreciate concentrația optimală de caprolactamă în electrolit (5-6%) și densitatea de curent catodic (30 A/dm^2) pentru a obține acoperiri electrolitice de fier cu proprietăți de autolubrifiere.

Cuvinte cheie: electrolit, caprolactamă, densitate de curent, micro- și macroduritate, autolubrifiere.

Introducere

Pentru majorarea duratei de funcționare a pieselor organelor de mașini, în industria constructoare de mașini, (inclusiv și a celei de reparații), se utilizează pe larg depunerile metalice rezistente la uzură, aplicate prin cele mai diverse procedee. Un loc deosebit printre acestea le ocupă acoperirile electrolitice cu diferite micro- și nanostructuri, care se deosebesc prin cele mai diverse proprietăți fizico-mecanice, antifricționale și antigripale ale lor.

Despre perspectiva de utilizare a procedurii de recondiționare și durificare a pieselor organelor de mașini cu acoperiri electrolitice de fier și cu aliajele în baza acestuia, se menționează într-un șir de lucrări

[1, 2, 3 ș.a.].

Însă, oricare nu ar fi procedeele de ameliorare a proprietăților de antifricțiune și antigripare ale suprafețelor recondiționate, practic este imposibil de a exclude contactarea directă a elementelor tribocoplului în faza de funcționare a lor (mai cu seamă – la demarare, sau oprire) [4]. Pentru a reduce la minimum, sau de a exclude pericolul de aderență a suprafețelor în timpul deplasării lor relative și forțate, a fost necesar de a selecta așa materiale, care să fie compatibil - funcționale în prezența unor lubrifianți cu componenți activi, disponibili de a forma pelicule absorbante/ chemosorbante de protecție a suprafețelor elementelor tribocoplului în frecare.

Este cunoscut faptul, că tuturor materialelor cu proprietăți de antifricțiune care se elaborează, li se impunea cerință importantă – de a reduce la maximum coeficientul de frecare și majorarea rezistenței la uzură a suprafețelor elementelor tribocoplului în timpul funcționării lui.

Este de menționat faptul, că la general, acestor revindecări (cerințe) le corespund mai cu seamă, materialele compozite cu proprietăți de autolubrifiere [5], cărora li se impune o restricție suplimentară – să posede de o aptitudine de autogenerare pe suprafețele lor de frecare a unei pelicule continue cu proprietăți de lubrifiere înalte și cu o energie necesară de adeziune a ei față de materialele în contractare. Academicianul I.V. Kraghelski și colaboratorii săi [6] menționează că instalarea elementelor de ungere, fabricate din materiale cu proprietăți de autolubrifiere (sub formă de piese intermediare), au permis să se realizeze o lubrifiere locală și să se excludă un sistem întreg de alimentare cu lubrifianți lichizi, aduși în zona de frecare din exterior.

Reieșind din cele expuse anterior, în continuare spre examinare a fost supus electrolitul nou elaborat [7] de următoarea componență g/l: $\text{Fe Cl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O} - 450... 500$, (clorură de fier);

$\text{Na}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 2\text{H}_2\text{O} - 2 ... 5$, (sare de sodiu); $\text{C}_6\text{H}_{11}\text{NO} - 3 ... 5$ (caprolactamă); $\text{HCl} - 1,0$ (acidul clorhidric).

Acoperirile de Fe electrolitic cu conținut de caprolactamă se obțineau din electrolitul indicat mai sus, utilizând curentul continuu la densitățile de curent catodic $5...80 \text{ A/dm}^2$, temperatura electrolitului de 313 K , aciditatea $\text{pH} - 0,4...1,2$.

Proprietățile fizico-mecanice au fost apreciate prin cercetarea microdurității (H_μ) pe microdurimetrul PMT-3, la sarcina de penetrare a indentorului – $0,1 \text{ kgf}$ și microdurității (H_h) – cu înregistrarea diagramelor de indentare a sferei cu diametrul de 1 mm , [3].

Este bine cunoscut faptul, că proprietățile de exploatare ale acoperirilor galvanice, cum ar fi duritatea lor (micro- și macro), depind într-o mare măsură de regimurile de electroliză: densitatea de curent catodic, componența electrolitului, temperatura și aciditatea lui, precum și de forma curentului de polarizare, etc [1-3].

Cercetări experimentale

Din sursele bibliografice ale electrochimiei este cunoscut faptul că microdurețea (H_{μ}), tuturor acoperirilor electrolitice depășește, de regulă, după această caracteristică metalele de același nume obținute prin procedeul metalurgic. Această caracteristică a acoperirilor galvanice se determină prin schimbarea polarizării catodice, includerea în ele a hidrogenului și altor particule străine, distorsiunea rețelei cristaline, valoarea mărimii tensiunilor remanente, etc [1-3, 7].

În legătură cu acest fapt un interes deosebit prezintă influența densității de curent catodic și a concentrației de caprolactamă din electrolit asupra micro- și macrodureții acoperirilor electrolitice de Fe, obținute din el.

Cercetările experimentale, efectuate de noi, au demonstrat că pentru electrolitul de Fe „curat”, odată cu creșterea densității de curent (J_c) de la 10 până la 70 A/dm² microdurețea acoperirilor de fier crește de la 5400 până la 6700 MPa (fig.1), ceea ce nu contravine rezultatelor obținute și de alți cercetători [2, 3].

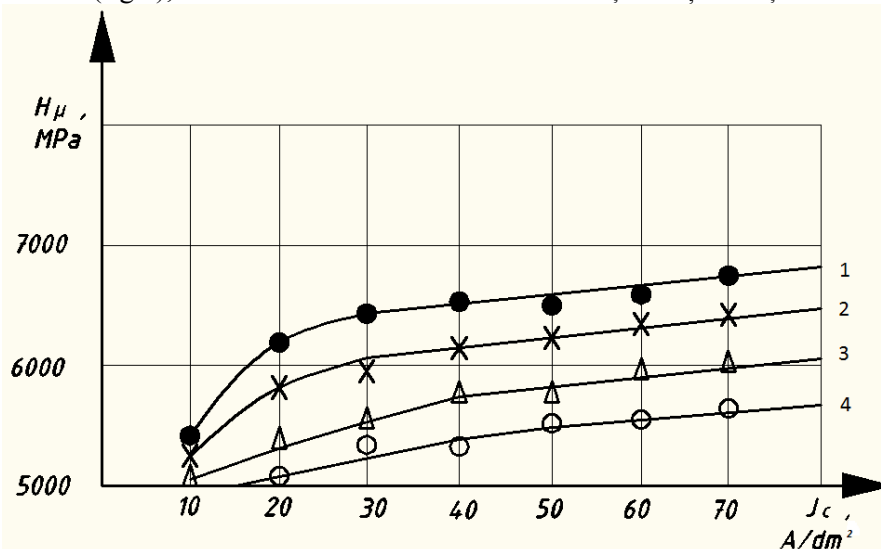


Fig. 1. Influența densității de curent și a concentrației de caprolactamă din electrolit asupra microdureții (H_{μ}) acoperirilor de Fe „pure” (1) și cu conținut de K_{rl} , g/l: 2-5, 3-10, 4-20 (Electrolitul: $FeCl_2 \cdot 4H_2O - 500$ g/l, $Na_2C_4H_4O_6 \cdot 2H_2O - 5...10$ g/l, $pH=0,8$, $T=313K$).

Schimbarea concentrației de caprolactamă din electrolit și includerea ei ulterioară în depuneri a exercitat un efect palpabil și asupra microdureții acoperirilor de fier.

Așadar, cercetările comparative au demonstrat, că adăugarea de caprolactamă în electrolitul de fierare nu provoacă schimbări în legitatea de distribuire a microdureții - funcție de densitatea de curent, însă, totodată schimbă limita superioară a microdureții față de acoperirile de fier „pur” (în lipsa caprolactamei) (fig.1).

În intervalul densității de curent 20...70 A/dm², adăugarea a 5 g/l (fig. 1, curb. 1 și 2) de „ K_{rl} ” provoacă diminuarea microdureții a acoperirilor de fier „pur” în limitele 200-280 MPa. Creșterea de mai departe a concentrației de caprolactamă până la 10 g/l conduce la scăderea microdureții până la ~ 750 MPa (fig. 1, curba 3).

Adăugarea în continuare a caprolactamei de până la 20 g/l conduce la o micșorare și mai considerabilă a microdureții. Așa, de exemplu, pentru intervalul densităților de curent 30...70 A/dm² în prezența concentrației („ K_{rl} ” = 20 g/l) diferența valorilor microdureții constituie $\approx 1200...1400$ MPa (fig. 1, curbele 1 și 4). Adică, caracterul distribuției microdureții pentru diferite densități ale curentului catodic, în funcție de concentrație de caprolactamă în electrolit, poartă un caracter identic. Cu alte cuvinte, pentru toate valorile densităților de curent creșterea concentrației de caprolactamă din electrolit provoacă o reducere considerabilă a microdureții acestor acoperiri față de acoperirile de fier „pure” (în absența caprolactamei).

După toate probabilitățile, acest efect se datorează creșterii mai intensive a valorii pH în straturile de lângă catod și în volumul electrolitului, iar includerea caprolactamei în structura fierului electrolitic slăbește rețeaua cristalină a lui și, ca urmare - conduce la diminuarea microdureții acoperirilor obținute.

Însă, în pofida faptului că microdurețea (H_{μ}) este una din caracteristicile importante ale depunerilor galvanice și care, în condiții de laborator se poate aprecia (măsura) cu ajutorul microdurimetrelor standarde PMT3 sau PMT5, determinând H_{μ} totuși obținem informații limitate, privind utilizarea acoperirilor pentru recondiționarea și durificarea suprafețelor uzate ale pieselor organelor de mașini, ceea ce se confirmă și prin lucrările efectuate și de alți cercetători [3, 8, 9]. Aplicarea acestei metode pentru controlul calității acoperirilor,

în condiții de producție este dificilă, deoarece încărcările necesită utilizarea unor epruvete lustruite cu microfisuri relevate, iar pătrunderea poansonului (identorului) în fisură, sau în vecinătatea ei, denaturează veridicitatea rezultatelor obținute [9, 10] și este imposibil să se aprecieze proprietățile „elasto-plactice” ale acoperirilor (frajilitatea, modulul Jung etc).

Din acest motiv a fost aleasă metoda de apreciere a durității în macrovolum [8, 9], care și-a găsit o aplicare mai extinsă în industria de reparații pentru controlul calității pieselor restabilite ale organelor de mașini.

Aplicând această metodă în cazul nostru, s-ar putea aprecia și stabili legătura reciprocă dintre regimurile de electroliză, macroduritatea, proprietățile elasto-plactice și rezistența la uzură a acoperirilor metalice în condiții concrete de exploatare a lor. Prin urmare, studiarea unor astfel de caracteristici la depunerea acoperirilor galvanice de fier, în prezența caprolactamei din electrolit, prezintă nu numai un interes științific, dar și practic.

În rezultatul cercetărilor efectuate de noi, privind influența concentrației de caprolactamă din electrolit „K_{rl}” (respectiv și în depuneri) asupra macrodurității (H_h) acoperirilor de fier obținute la diferite densități ale curentului catodic (fig. 2), au demonstrat că concentrația de caprolactamă din electrolit influențează asupra valorilor maxime ale macrodurităților pentru toate densitățile de curent. Din fig.2 se observă că acești indici își ating valorile maxime ($H_{h \max}$) pentru concentrația de caprolactamă în jurul valorii de 5-6 g/l.

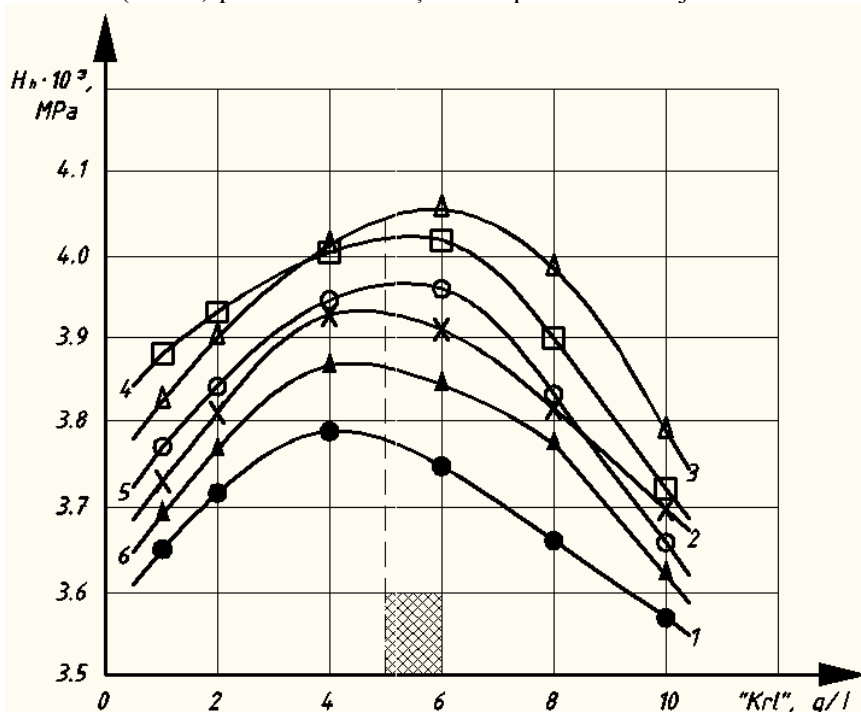


Fig. 2. Influența concentrației de caprolactamă („K_{rl}”) din electrolit asupra macrodurității (H_h) acoperirilor de fier electrolitic, depuse la diferite densități ale curentului catodic: 1- $j_c=10$ A/dm²; 2- 20 A/dm²; 3 - 30 A/dm²; 4 - 40 A/dm²; 5 - 50 A/dm²; 6 - 60 A/dm²; (electrolitul și regimurile de electroliză: Fe Cl₂ · 4H₂O – 450 g/l, Na₂C₄H₄O₆ · 2H₂O – 3...5 g/l, C₆H₁₁NO – 1...10 g/l, T=313K și HCl – 1 g/l)

În același timp, menționăm faptul că microduritatea H_μ (fig. 1) și duritatea în macrovolum H_h (fig.2) își micșorează valorile lor în mediu cu 10-15%, în raport cu caracteristicile respective ale acoperirilor de fier, obținute în absența caprolactamei. Acest lucru era și de așteptat, deoarece adăugarea caprolactamei de până la 6 g/l în electrolit a provocat schimbarea polarizării [7]. Mai mult decât atât, la depunerea acoperirilor de fier în prezența caprolactamei, după cum s-a menționat și în lucrările [2, 3], se formează niște combinații complexe, care provoacă slăbirea rețelei cristaline a fierului depus, și ca urmare – conduce la reducerea durității lor în macrovolum. De aici se poate concluziona, că adăugarea caprolactamei în electrolitul studiat permite de a obține acoperiri de fier mai plastice, în raport cu depunerile analogice, obținute din același electrolit în absența caprolactamei.

În cercetările noastre nu a fost stabilită o corelație directă între microduritatea (fig.1) și macroduritatea acoperirilor obținute (fig. 2). Pe măsura creșterii densității de curent până la 30 A/dm² macroduritatea și-a atins valoarea maximală de $H_h = 4070$ MPa, iar creșterea de mai departe a J_c a provocat o micșorare a valorilor maxime ale H_h și, pentru $J_c = 60$ A/dm² - a atins valoarea ~ 3850 MPa (fig. 2, curba 6) pentru concentrația

optimală de caprolactamă în electrolit de până la 6 g/l valorii maxime a macrodurității $H_b = 4070$ MPa pentru concentrația de caprolactamă în electrolit ≈ 6 g/l, ne permite de a recomanda valorile acestor parametri ca raționali (optimali) - $J_c = 30$ A/dm², iar concentrația de caprolactamă „K_{rl}” = 6 g/l; Deci realizarea actului de depunere a Fe la $J_c = 30$ A/dm² ne permite de a majora productivitatea procesului de **1,1 – 1,2 ori**, în comparație cu cel cunoscut când procesul se realiza în lipsa caprolactamei la $J_c = 20$ A/dm².

Pornind de la cele expuse mai sus, trebuie să ne așteptăm, că anume la $J_c = 30$ A/dm² și „K_{rl}” = 6 g/l (regim optimal) acestor acoperiri de fier ar trebui să le corespundă și proprietăți optimale ale parametrilor antigripali și de antifricțiune, deoarece – conform [2, 3, 8, 9] – durității maxime în macrovolum a acoperirilor electrolitice de fier și aliajelor în baza acestuia, le corespunde și viteza minimă de uzare a lor.

De aceea următorul obiectiv al cercetărilor de mai departe a acoperirilor de fier cu conținut de caprolactamă, să fie supuse verificării experimentale concluziile autorilor [2, 3, 8, 9] – **după mărimea macrodurității este posibilă alegerea condițiilor optimale de electroliză, care vor corespunde și rezistenței maxime la uzură a lor.**

Concluzii:

1. Experimental s-a constatat că majorarea concentrației de caprolactamă în electrolit („K_{rl}”), respectiv și în acoperirile de fier, provoacă reducerea micro- (H_m) și macrodurității (H_b) a depunerilor de fier cu **10-15 %** și respectiv **20-25%**, datorită interacțiunii dintre caprolactamă și hidroxiziide fier $Fe(OH)_3$, formând combinații complexe cu structură supramoleculară.

2. Au fost stabilite regimurile optimale de depunere a acoperirilor de fier electrolitic în prezența caprolactamei: densitatea de curent catodic, $J_c = 30$ A/dm²; iar concentrația caprolactamei din electrolit „K_{rl}” – 5...6 g/l, restul indicatorilor fiind identici – $T = 313$ K și HCl – 1 g/l, pentru care se obțin acoperiri electrolitice calitative.

Bibliografie:

1. Petrov Iu. N. Povîşenie iznosostoicosti ălectroliticeshîh jelezniîh pocrîtii. Sbornic naucinîh trudov „ Vosstanovlenie detalei maşin ălectroliticeshim jelezom”. Izd. „Ştiinţa”, Chişinău, 1987, s. 3....13.
2. Gologan V. F. Tehnologhicescoe obespecenie optimalinîh ăxpluatacionnîh haracteristic vosstanovlennîh avtotractornîh detalei ălectroliticeshim jelezom. Dis... doct. hab. tehn. Nauc, Chişinău, 1990, 267 s.
3. Stoicev P. Durificarea și recondiționarea organelor de maşini cu acoperiri electrolitice rezistente la uzură. Teza de doct. hab. în tehnică. Chişinău, 2001, 381 p.
4. Semionov A.P. Shvatîvanie metalov i metodî ego predotvraşçenia pri trenii/ Trenie i iznos, t.1, Nr. 2, 1980, s. 236-246.
5. Belîi V.A. Problema sozdania compozitnîh materialov i upravlenia ih friccionnâmi svoistvami / Trenie i iznos, t. 3, Nr. 3, 1982, s. 389-395.
6. Craghelischii N.V., Troianovscaia Gh. N., Zelenschaia M. N. Samosmazîvaiuşçiesea materialî i ih primenie pri reşenii novîh tehnologhiceshîh i constructorshîh zadaci. Tez. Doct. 2-i Vses. Naucin. Confer.: „Tehnologhicescoe upravlenie tribotehniceshimi uzlami maşin ”, Chişinău, CPI im. S.Lazo, 1985. S. 88-89
7. Ungureanu Eugeniu. Influența concentrației de caprolactamă din electrolit asupra polarizării catodului oțel 45 la depunerea acoperirilor de fier electrolitic. Materialele Conferinței Științifice a Studenților, Masteranzilor și Doctoranzilor UTM, cu participare Internațională, Edit. UTM, Chişinău, 2019 (lucrarea precedentă din acest volum), 4 p.
8. Gologan V.F., Ajder V.V., Javgureanu V.N. Povîşenie dolgovecinosti detalei maşin iznosostoichimi pocrîtiami. Chişinău, Izd. „Ştiinţa”, 1979, 110s.
9. Javgureanu V.M. Issledovanie vliania fizico-mehaniceshîh svoistv galivaniceshîh pocrîtii na rabotosposobnosti vosstanovlennîh avtotractornîh detalei. Avtoref. Diss ... cond. Tehn. Nauc. – Chişinău, 1979, 16 s.
10. Gnusin N.P., Covarschii N. Iac. Şerohovatosti ălectroosajdennîh poverhnostei. Novosibirsk: Nauca, 1974, 234 s.