

PREMISELE TEORETICE, PRIVIND FORMAREA MICRO- ȘI NANO-DIMENSIONALĂ A ACOPERIRILOR DE FIER ELECTROLITIC CU PROPRIETĂȚI DE AUTOLUBRIFIERE REZISTENTE LA UZARE

E. Ungureanu¹, P. Stoicev¹, P. Topală², V. Beșliu², A. Platon¹

¹ Universitatea Tehnică a Moldovei;

² Universitatea de Stat "Alec Russo" din Bălți

Abstract: În lucrare sunt prezentate rezultatele cercetărilor teoretice, privind elaborarea premiselor teoretice de utilizare a caprolactamei pentru formarea micro- și nano- dimensională a acoperirilor de fier electrolitic cu proprietăți de autolubrifiere.

Cuvinte cheie: electrolit, caprolactamă, acoperiri electrolitice, proprietăți tixotropice

Întroducere

Actualmente industria constructoare de mașini la scara mondială se dezvoltă într-un ritm foarte sporit, iar perfectarea funcționării agregatelor, subsansamblurilor, suprasolicitarea lor din punct de vedere al vitezelor de funcționare și a capacității portante, precum și utilizarea materialelor noi - impun cercetătorii să perfecționeze procedeele existente și să elaboreze altele noi, mai eficiente, de menținere a aptitudinii de funcționare a acestora la nivelul celor noi, sau chiar și să-l depășească.

Natura uzării și specificul condițiilor de funcționare a organelor de mașini impune industriei de reparație aplicarea celor mai diverse procedee de recondiționare ale acestora (metalizarea, încărcarea prin sudare, depunerea prin pulverizare, depunerea acoperirilor electrolitice ș.a).

Pentru piesele organelor de mașini cu uzura redusă (până la 0,1...0,2 mm) cel mai rezonabil este utilizarea procedeeului galvanic de depunere a acoperirilor metalice rezistente la uzură, care se deosebește de alte procedee printr-un șir de avantaje [1]: posibilitatea de a restabili concomitent un număr mare de piese; lipsa acțiunii termice asupra materialului de bază a pieselor, care ar putea provoca schimbări structurale în straturile superficiale; aplicarea acoperirilor cu proprietăți prescrise și diferențiate chiar și în grosimea stratului depus datorită schimbării regimurilor de depunere a acoperirilor; posibilitatea de automatizare a procesului; obținerea straturilor de dimensiuni prescrise (micro- și nano-), ceea ce permite reducerea cheltuielilor pentru prelucrarea mecanică, iar în unele cazuri – excluderea totală a acestora.

Aspectele teoretice ale problemei

Despre perspectiva procedeeului de recondiționare și de durificare a pieselor organelor de mașini cu acoperiri electrolitice de fier și cu aliaje în baza acestuia se menționează într-un șir de lucrări [2, 3, 4 ș.a]. La general, aceste acoperiri satisfac cerințele industriei de reparații, iar majorarea, în continuare, a rezistenței lor la uzură va permite să se mărească considerabil durata de funcționare a cuplelor de frecare și să se lărgască nomenclatura pieselor recondiționate. După cum se știe [5-8], oricare ar fi procedeele de ameliorare a proprietăților de antifricțiune și antigripare ale suprafețelor recondiționate, practic este imposibilă excluderea contactării lor în perioada inițială de funcționare (mai ales la demarare). Din acest motiv, pentru a reduce la minimum pericolul de aderență a suprafețelor la contactări forțate, se tinde de a alege materiale compatibile în funcționare, includerea în lubrifianți a componentilor activi, care ar putea forma pelicule absorbante și chemosorbante de protecție a suprafețelor în frecare ale tribocuplelor.

Este bine cunoscut faptul că prevederea principală, impusă tuturor materialelor de antifricțiune - este asigurarea coeficientului de frecare minim și a rezistenței înalte la uzură a straturilor superficiale. Acestor cerințe, la general, le corespund materialele compozite cu proprietăți de autolubrifiere [6], cărora li se impune o cerință suplimentară – aptitudinea de formare pe suprafețele de frecare a unei pelicule continue cu proprietăți de lubrifiere bune și cu energie de adeziune înaltă față de suprafețele în frecare.

Despre perspectiva utilizării materialelor cu proprietăți de autolubrifiere și utilizarea lor la soluționarea unor probleme constructive (cuple de frecare) și tehnologice noi, se atrage atenția și în lucrările acad. I.V. Kraghelski și a colaboratorilor săi [7]. Instalarea elementelor de ungere, executate din materiale cu proprietăți de autolubrifiere (sub formă de piese intermediare), a permis să se realizeze o lubrifiere locală, să se ușureze construcția datorită excluderii sistemului de alimentare cu lubrifianți lichizi, să se renunțe la utilizarea materialelor deficitare și să se soluționeze un șir de probleme constructive netradiționale.

Ulterior au apărut lucrări științifice [4, 8, 9], care au demonstrat posibilitatea de obținere a acoperirilor electrolitice de fier-nichel cu proprietăți de autolubrifiere în baza caprolactamei [9], a cărei formulă structurală este prezentată în fig. 1.

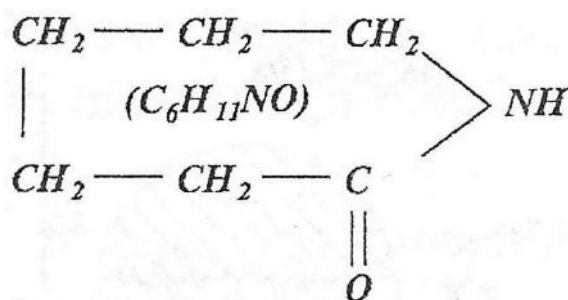


Fig. 1. Formula structurală a caprolactamei.

Cercetările efectuate [4, 8] au demonstrat că includerea caprolactamei în acoperirile de Fe-Ni au permis de a îmbunătăți proprietățile fizico-mecanice, esențial rezistența la uzură, și proprietățile antifricționale ale acoperirilor (mai cu seamă în condiții de frecare „uscată”), datorită proprietăților tixotropice ale caprolactamei. Însă, electrolitul elaborat [9] conține sulfat de nichel și este relativ compus, ceea ce conduce la cheltuieli adăugătoare pentru menținerea coraportului componential al sărurilor din el ($\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ – 400...450 g/l, $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 35...40 g/l, $\text{Na}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – 2...3 g/l, $\text{C}_6\text{H}_{11}\text{NO}$ – 3...5 g/l, hidroxilamin – 0,3...0,5 g/l și HCl – g/l).

Din acest motiv, apare necesitatea de a elaborarea un astfel de electrolit, analogic celui de Fe-Ni, care ar fi fost monocomponential (sarea de bază fiind clorura de fier) și n-ar conține hidroxilamina și săruri de nichel, care sunt deficitare și scumpe. Noul electrolit de bază ar trebui să conțină adăugător caprolactamă pentru a obține acoperiri de fier cu proprietăți de autolubrifiere.

Premisele teoretice de realizare a obiectivelor de cercetare

Reieșind din cele expuse mai sus, în viitorul apropiat, spre experimentare se va supune electrolitul de următoarea componență: $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (clorură de fier); $\text{Na}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (sare de sodiu); $\text{C}_6\text{H}_{11}\text{NO}$ (caprolactamă). Componența cantitativă a sărurilor, aciditatea și temperatura electrolitului vor fi publicate după apariția unui brevet de invenție.

Luând în considerație rezultatele cercetărilor privind obținerea acoperirilor de Fe-Ni cu proprietăți de autolubrifiere [4, 8, 9] și a lubrifianților consistenții în baza caprolactamei [10],

s-ar putea presupune, că sub acțiunea temperaturii de frecare, caprolactamă se va termodistructa în acoperirile de fier și, datorită proprietăților sale tixotropice, va trece într-o fază semilichidă și va ieși pe suprafețele de frecare a tribocoplului, unde întotdeauna vor fi prezenți hidroxizii metalelor în contactare (în cazul nostru $\text{Fe}(\text{OH})_3$). Specific pentru topitura de caprolactamă este faptul că ea intră în reacție cu hidroxidul de fier [10] și, probabil, va forma o fază nouă - un sistem coloidal (fig. 2), a cărei structură prezintă o rezistență scăzută la deplasarea reciprocă a suprafețelor de frecare. Această circumstanță a fost confirmată de analiza spectrală în infraroșul [10], care a demonstrat că benzile $\text{Y}(\text{NH})$ dispar, iar $\text{Y}(\text{C}=\text{O})$ se deplasează în zona frecvențelor joase, ceea ce ilustrează, în mod evident, interacțiunea hidroxidului de fier cu caprolactamă.

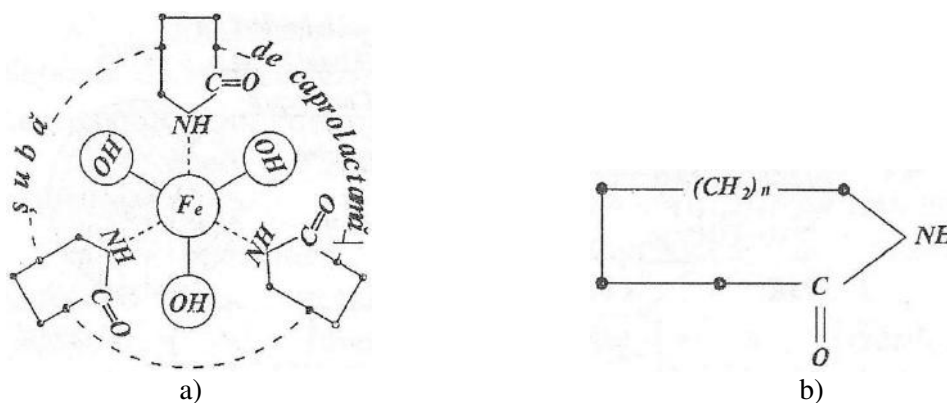


Fig. 2. Legătura de coordonare a hidroxidului de fier cu caprolactamă (a) și formula de structură a acesteia (b).

Mai mult decât atât, caprolactama joacă rolul unei substanțe superficial-active, iar proprietățile ei, ca și ale hidroxidului de fier, contribuie la chemosorbție [10]. Catena nepolară de hidrocarbură a caprolactamei are predispoziție scăzută pentru interacțiunea moleculară. Din acest motiv, moleculele de caprolactama se vor concentra pe suprafața de separație a fazelor și, probabil, se vor orienta cu grupul amidic spre suprafața hidroxidului de fier cu radicalii carbonici în aer, formând în felul acesta o „șubă”. Particulele cu dispersie fină ale produselor de uzură, învăluite într-o „șubă” din molecule de caprolactamă (fig. 2, a), probabil, vor putea să umple spațiul dintre microasperitățile suprafețelor de frecare și să creeze o peliculă, care va conduce la mărirea interstițiilor dintre suprafețele de frecare (fig. 3), ceea ce, după părerea noastră, ar conduce la o reducere considerabilă a uzării acoperirilor de fier și a valorilor coeficientului de frecare.

În baza acestei premise a fost elaborat modelul fizic presupus de autolubrifiere a contactului cu acoperiri de fier în baza caprolactamei (fig. 3).

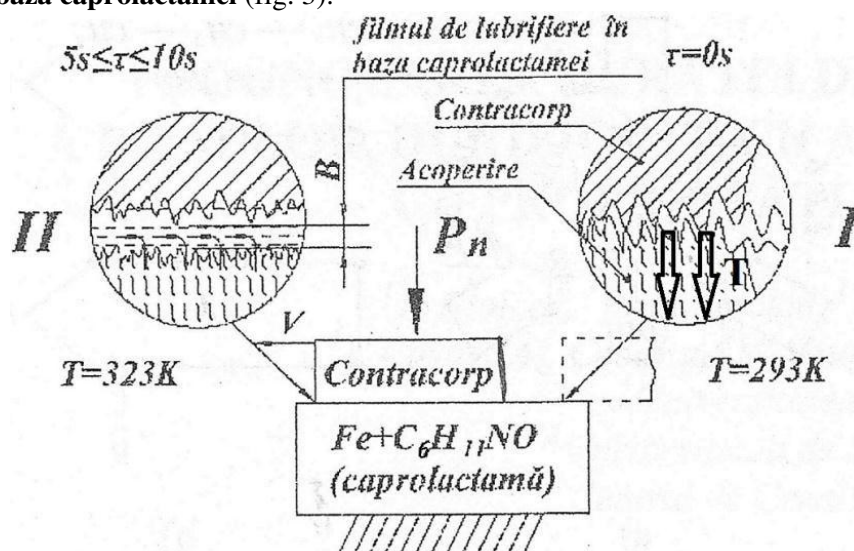


Fig. 3 Modelul fizic presupus de autolubrifiere a contactului de frecare „acoperire de fier electrolic - fontă aliată”.

Particulele coloidale ale hidroxidului de fier, care absorb caprolactama, vor forma niște incluziuni sferice de rostogolire (fig. 4) amenajate în unul sau mai multe rânduri între suprafețele de frecare. Dimensiunile acestor particule s-ar putea schimba la intrare și ieșire din zona de frecare, iar în afara ei, datorită agregării lor, așa particule ar putea fi cu mult mai mari, decât a celor din zona de frecare, analogic ca și la acoperirile de Fe-Ni [4, 9].

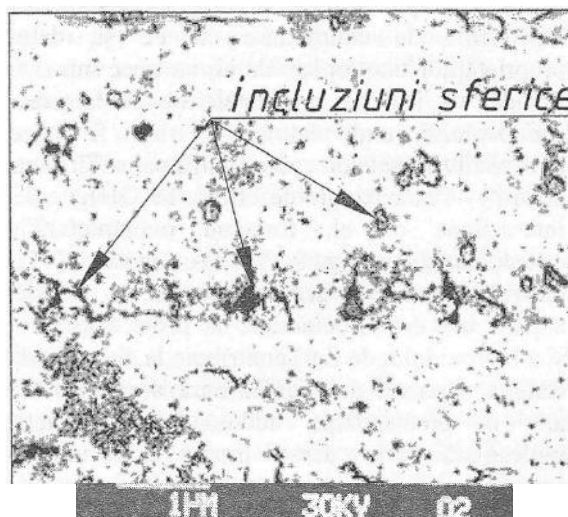


Fig. 4 Incluziuni sferice pe suprafața de frecare a acoperirilor de fier-nichel, [8]

Concluzii

1. Așadar, în rezultatul cercetărilor teoretice, se presupune că includerea caprolactamei în acoperirile electrolice de fier va conduce la realizarea unui sistem tribotehnic cu proprietăți de autolubrifiere, datorită proprietăților tixotropice ale caprolactamei.

2. A fost elaborat modelul fizic (presupus) de autolubrifiere a contactului (din tribocuplu) în baza caprolactamei.

3. Astfel de acoperiri de fier cu proprietăți de autolubrifiere în baza caprolactamei, probabil că, ar putea fi utilizate și în construcția tribosistemelor care funcționează în vid (spațiul cosmic), pentru care aducția liberă a lubrifiantului din exterior este inadmisibilă și, practic nerealizabilă.

Bibliografie

1. Melkov M.P. Tviordoe ostalivanie avtotractornîh detalei. – M., Izd. „Transport”, 1971. 240 s.
2. Petrov Iu. N. Povîşenie iznosostoicosti âlectroliticeshîh jelezniîh pocrîtii. V sb. n. t. c. „Vosstanovlenie detalei âlectroliticeshim jelezom”, Chişiniov, Izd. „Ştiinţa”, 1987, s. 3-13.
3. Gologan V.F. Tehnologhicescoie obespechenie optimalinîh âcspuataţionnîh caracteristik vosstanovlennîh avtotractornîh detalei âlectroliticeshim jelezom. Dis. ... doct. tehn. Nauc. Chişiniov, 1990, 267 s.
4. Roşcovan Gh. V. Vosstanovlenie avtotractornîh detalei samosmazîvaiuşcimisia jelezo-nichelevîmi pocrîtiami. Dis. ... c.t.n., Chişiniov, 1992, 179 s.
5. Semionov A. P. Shvatîvanie metallov i metodî eghe predotvraşccenia pri trenii. Trenie i iznos, tom 1, Nr. 2, 1980, s. 236-246.
6. Belîi V.A. Problema sozdania compoziţionnîh materialov i upravlenia ih fricţionnîmi svoistvami. Trenie i iznos, tom 3, Nr. 3, 1982, s. 389-395.
7. Craghelskii N. V., Troyanovskaya G.N., Zelenskya M.N. Samosmazy `vayusch `eysya materialy `i ih primenenie pri resheniy novy `h tehnologicheskîh i constructorskîh zadach. Tez. docl. 2-i Vsesoyuzn. Nauchn. Tehn. Konfer.: „Tehnologicheskoe upravlenie tribotehnicheskimi harakteristikami uzlov mashin”, Kishine `u, P.I. im. „S. Lazo”, 1985, s. 88-89
8. Stoicev P. Durificarea și recondiționarea organelor de mașini cu acoperiri electrolitice rezistente la uzură. Teza de doct. hab. În tehnică, Chişinău, 2001, 381 p.
9. Kalmuţkii V.S., Roşcovan Gh. V., Stoicev P.N., Javgureanu V.N. Âlectrolit dlea osajdenia splava jelezo-nicheli. Patent nr. 1790635 (SSSR), BI Nr.3, opubl. 23.01.93
10. Crachun A. Gh., Morari V.E. Tviordîe smazochnîe materialî na osnove caprolactama, Kishine `u, Izd. „Ştiinţa”, 1988, 117 s.