

MODELUL FIZIC DE AUTOLUBRIFIERE A CONTACTULUI TRIBOLOGIC „ACOPERIRE ELECTROLITICĂ [Fe-Ni+C₆H₁₁NO]-FONTĂ ALIATĂ”

Autori: * Petru Stoicev, **Pavel Topală, **Alexandr Ojegov, *Ilie Manoli, *Nicolae Trifan,
*Gheorghe Poștaru, *Andrei Poștaru, *Veaceslav Sidelnicov
*- Universitatea Tehnică a Moldovei
** - Universitatea de stat “A. Russo” Bălți

Abstract: lucrarea cuprinde elaborarea modelului fizic (presupus) de autolubrifiere a contactului tribologic „[Fe-Ni+C₆H₁₁NO]-fontă aliată” cu proprietăți de autolubrifiere în baza caprolactamei (C₆H₁₁NO), bazat pe proprietățile tixotropice ale acesteia. Premisele teoretice de obținere a aliajului Fe-Ni cu conținut de caprolactamă și modelul fizic de autolubrifiere au fost confirmate prin încercările de exploatare ale pieselor reale, recondiționate cu aceste acoperiri electrolitice.

Prin cercetările efectuate anterior [1] a fost elaborat un electrolit nou, din care a fost obținut aliajul electrolitic Fe-Ni cu proprietățile de autolubrifiere în baza caprolactamei, de următoarea componență, g/l: FeCl₂4H₂O - 400...450; NiSO₄ 7H₂O - 35...40; Na₂C₂H₄O₆-2H₂O - 2...3; C₆H₁₁NO (caprolactamă) - 3...5; la regimurile de electroliză: pH=0,8...1,0; T_{el}=314 K; j_c=40...100 A/dm².

Caprolactama, adăugată în electrolit, ușor disociază în el, formează cu hidrații de fier și nichel complecși foarte duri și la trecerea curentului prin acest electrolit - aceștia din urmă (complecșii) se depun cu acoperirile de Fe-Ni pe catod (piese), incluzându-se în rețeaua cristalină a aliajului. Prin analiza difractometrică [2] s-a constatat că acest aliaj reprezintă o fază solidă a Ni în baza α - Fe, cu dispersie fină.

În baza cercetărilor experimentale au fost apreciate regimurile raționale de electroliză și concentrația optimală a caprolactamei din electrolit, care au permis de a obține acoperiri electrolitice de Fe-Ni cu proprietăți fizico-mecanice, de antifricțiune și antigripare mai înalte, în comparație cu acoperirile de Fe și Fe-Ni în lipsa caprolactamei.

Aceste proprietăți ale aliajului Fe-Ni cu conținut de caprolactamă au fost teoretic pronosticate, apoi confirmate experimental.

Prin microanaliza calitativa (sonda electronică „CAMECA-M46”) s-a determinat că caprolactama ca și nichelul, în toată grosimea stratului obținut de Fe-Ni (δ=0,5... 1,8 mm) - se distribuie uniform, cu excepția zonei de trecere (ieșirea la regimul optim de depunere), unde concentrația de Ni în acest strat este mai înaltă, în comparație cu straturile portante ale aliajului [2].

La densitatea de curent optimală (j_c=50 A/dm²) concentrația de caprolactamă în aliaj atinge circa 4,65% (la concentrația de caprolactamă în electrolit - de 5 g/l). În rezultatul încercărilor tribologice ale epruvetelor (Oțel 45), restabilite cu acest aliaj (cu conținut de caprolactamă) la frecarea de alunecare pe fonta aliată, au fost depistate temperaturile (T_{cr}) și sarcinile critice (P_{cr}), pentru care a fost înregistrată alunecarea intermitentă a contracorpului atât pentru aliajul de Fe-Ni „pur”, cât și pentru cel cu conținut de caprolactamă. Însă valorile coeficienților de frecare (f) pentru aliajul cu conținut de caprolactamă erau mai mici, în comparație cu ale aliajului de Fe-Ni „pur”. În viziunea noastră acest fenomen are loc datorită termodistrucției (starea tixotropică) și ieșirii caprolactamei pe suprafețele de frecare, dispărându-le de contactul metalic direct.

Rezultatele cercetărilor efectuate anterior au permis de a presupune că, probabil caprolactama sub acțiunea temperaturii de frecare, se va elibera din legăturile de coordonare cu Fe și Ni (datorită proprietăților tixotropice ale ei), va trece într-o fază lichidă și va ieși pe suprafețele de contactare ale tribocuplului, unde întotdeauna sunt prezenți hidroxizii metalelor corespunzătoare (a aliajului Fe-Ni) și va interacționa cu ei, formînd o structură de coordonare (figura 1 (a, b)).

Se cunoaște [5] că caprolactama este și o substanță cu proprietăți superficiale destul de active, iar proprietățile ei (ca și a hidroxizilor de Fe și Ni) contribuie la chemosorbție. Catena nepolară de hidrocarbură a caprolactamei are o predispoziție redusă de interacțiune moleculară.

Din acest motiv moleculele de caprolactamă se vor concentra pe suprafețele de separare a fazelor și, probabil se vor orienta cu grupele lor amidice spre hidroxizii de fier și nichel, iar cu radicalii carbonici - în aer, astfel formînd o „șubă” (figura 1 (a, b)). Particulele cu dispersie fină a produselor de uzură, precum și hidroxizii metalelor (în cazul nostru $\text{Fe}(\text{OH})_3$ și $\text{Ni}(\text{OH})_2$, învăluite în „șuba” moleculelor de caprolactamă - vor umplea golurile dintre microaspiritațiile de pe suprafețele de frecare și vor forma o peliculă de lubrifiere între suprafețele de contractare, care ar trebui să conducă la reducerea considerabilă a uzării acoperirilor de Fe-Ni și a materialului contracorpului.

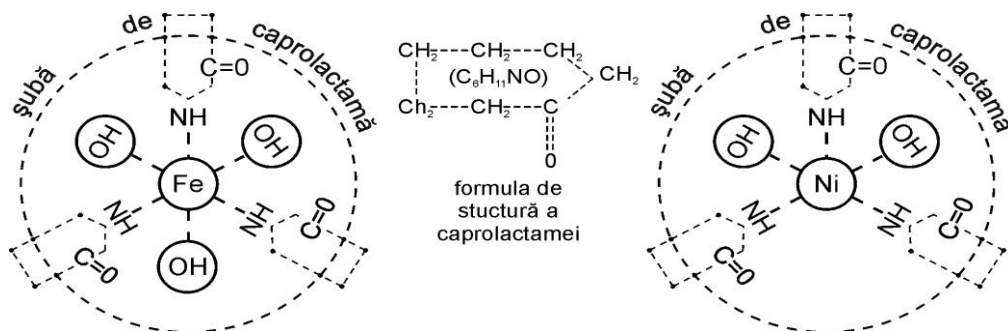


Fig. 1. Structura de coordonare a caprolactamei cu hidroxidul de Fe (a) și hidroxidul de

Reieșind din cele expuse mai sus, a fost elaborat modelul fizic de autolubrifiere a contactului tribologic cu acoperirile Fe-Ni în baza caprolactamei (figura 2).

În perioada inițială de demarare a contracorpului (figura 2. poz. I) la alunecarea microneregularităților suprafeței lui pe microneregularitățile aliajului de Fe-Ni (cu conținut de caprolactamă), are loc deformația plastică reciprocă a vârfurilor aspiritațiilor ambelor elemente de frecare, care conduce la majorarea temperaturii de frecare în contact.

Gradientul acestei temperaturi este îndreptat atât în direcția adâncimii contracorpului, cât și în direcția adâncimii acoperirilor de Fe-Ni cu conținut de caprolactamă. Sub acțiunea acestei temperaturi caprolactama termodistructează (se eliberează de legăturile complexe cu hidroxizii de fier și nichel), trece în stare lichidă (proprietate tixotropică), iese pe suprafețele de frecare, umple adânciturile microneregularităților și, în cele din urmă, formează un film de lubrifiere în baza caprolactamei de grosimea „b” (figura 2 . poz II), care îndepărtează vârfurile microneregularităților ambelor suprafețe unele de altele, evitând contactul metalic al suprafețelor în frecare, prevenind uzarea lor și griparea cuplului tribologic. Grosimea („b”) a peliculei termogenerate (figura 2, poz. II) în baza caprolactamei, în dependență de forța de solicitare (P_n) a contactului, se poate schimba de la 1 până la 10 μm (măsurările s-au efectuat prin metoda capacitativă, elaborată de dr. șt. tehn Gh. Poștaru). **Semnificația practică a acoperirilor obținute:** cu aceste acoperiri ($\text{Fe-Ni}+\text{C}_6\text{H}_{11}\text{NO}$), la regimurile optime de electroliză stabilite ($j_c=50 \text{ A/dm}^2$, $\text{pH}=0,8\dots 1,1$ și $T_{el}=313 \text{ K}$), au fost restabilite camele a 10 arbori distribuitori a motoarelor cu ardere internă a autoturismelor VAZ - 011 și 20 de cămeși cilindrice ale blocurilor de compresoare ale autocarelor IKARUS-259, care apoi au fost supuse încercărilor de exploatare reală pe teritoriul Republicii Moldova (100 mii km - pentru motoarele VAZ și 60 mii km - pentru autocarele IKARUS - 259).

În rezultatul acestor încercări de exploatare reală a pieselor, restabilite cu acoperiri electrolitice de $\text{Fe-Ni}+\text{C}_6\text{H}_{11}\text{NO}$, s-a apreciat că coeficientul de funcționare (K_{df}) a lor a atins valorile de 1,9...2,1, ceea ce înseamnă, că durata lor de funcționare, în mediu a fost de două ori mai înaltă decât a acoperirile de Fe-Ni „pure”, în lipsa caprolactamei.

Acoperirile cu conținut de caprolactamă își pot găsi aplicarea lor la recondiționarea și durificarea suprafețelor uzate ale tribocuplurilor care funcționează în regim limită de lubrifiere, sau în absența lubrifianților, când lubrifierea din exterior practic nu poate fi realizată (exploatarea în vid, ungerea tribocuplelor ale mașinilor din industria alimentară și a mașinilor din industria poligrafică, etc)

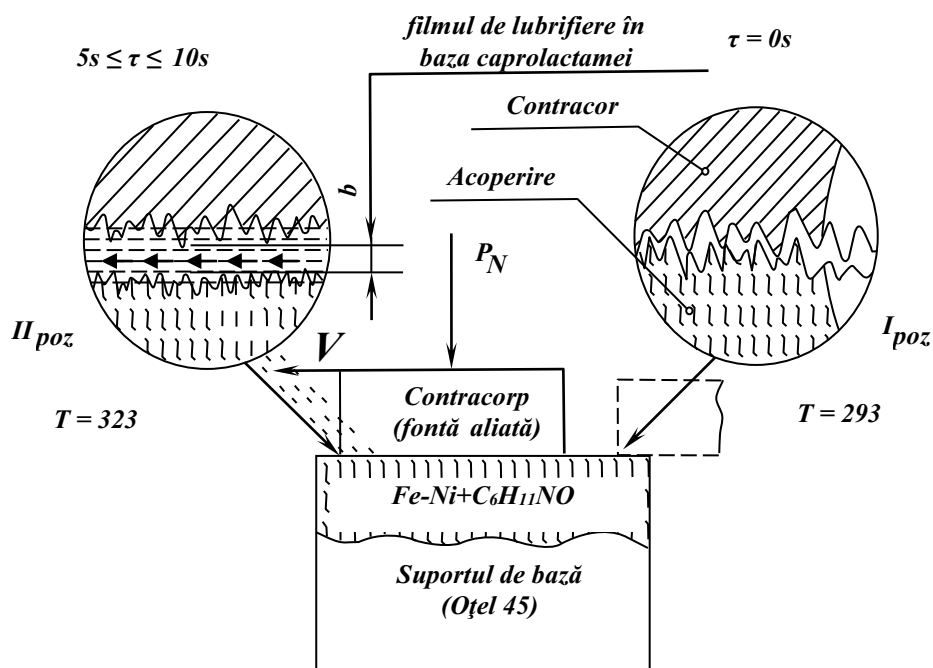


Fig. 2. Modelul fizic (presupus) de autolubrifiere a contactului tribologic „acoperire d Fe-Ni cu conținut de caprolactamă- fontă aliată”.

Acoperirile de Fe-Ni cu proprietăți de autolubrifiere pot fi utilizate și pentru piesele tribocuplurilor care se lubrifiază și prin aducerea forțată a uleiului din exterior, mai cu seamă în condiții de exploatare a mașinilor la temperaturi joase (sub 0°C). De pildă, la pornirea motoarelor cu ardere internă (și nu numai) în timp de iarnă, uleiurile (M10, M12V ș.a.), în pofida viscozității joase ale lor timp de 10... 15 sec, nu ajung în zona de frecare a tribocuplurilor și suprafețele de contactare se uzează cel mai intens. Însă utilizarea acoperirilor de Fe-Ni cu conținut de caprolactamă, datorită realizării mecanismului presupus de autolubrifiere descris anterior, îmbunătățește esențial proprietățile de lubrifiere a uleiurilor aduse din exterior, despărțind suprafețele juvenile ale elementelor în frecare și protejîndu-le din start de uzura intensivă a lor (practic, se exclude contactul metalic direct).

Concluzii

1. A fost elaborat modelul fizic de autolubrifiere și uzare a acoperirilor de Fe - Ni cu conținut de caprolactamă ($C_6H_{11}NO$), bazat pe proprietățile tixotropice ale caprolactamei, termogenerate pe suprafețele de frecare ale tribocuplului „Fe-Ni + caprolactama - fontă aliată”;
2. Acoperirile obținute ($Fe-Ni+C_6H_{11}NO$) pot fi utilizate pentru recondiționarea și durificarea suprafețelor uzate ale elementelor tribocuplurilor mecanice, care funcționează în regim limită de lubrifiere, sau în lipsa lubrifianțului, când aducerea lui din exterior, practic este imposibilă (exploatarea tribocuplurilor mecanice în vid);
3. Încercările de exploatare ale arborilor distribuitori și a cilindrilor blocurilor de compresoare, recondiționate și durificate cu acoperiri de Fe-Ni cu conținut de caprolactamă, au confirmat rezultatele cercetărilor experimentale de laborator și ne permit de a le recomanda spre implementare pe o scară mai largă, în industria de reparația a Republica Moldova.

Bibliografie

1. Brevet de invenție nr. 1790635, 1992. E`lektrolit dlya osazhdeniya splava jelezo-nikheli. KalmutchiiV., Roșcovan Gh., Stoicev P., Javgureanu V., BOPI nr. 3, opubl. 23.01.93.
2. Stoicev P. Durificarea și recondiționarea organelor de mașini cu acoperiri electrolitice rezistente la uzură. Autoref. tez. dr. hab. U.T.M., Chișinău, 2001, 50 p.
3. Stoicev P., Palancică V., Rusu V., Topală P., Bălănicu Al. ș.a. Prognozarea duratei de funcționare tribologică a pieselor, durificate cu acoperiri de fier electrolitic cu proprietăți de autolubrifiere. În: Meridan ingineresc. Chișinău: Universitatea Tehnică a Mpldovei, 2008, nr. 4, p. 34 – 40. ISSN 1683-853X.