

## INGINERIE AGRARĂ ȘI TRANSPORT AUTO

CZU 631.539.3

### ASPECTE PRIVIND RENOVAREA CUPLELOR TRIBOLOGICE CU JOC EXPLOATATE ÎN CONDIȚII DE FRECARĂ LIMITĂ

GR. MARIAN, V. ȚAPU

Universitatea Agrară de Stat din Moldova

**Abstract.** Some aspects of the conditions and prospects of removal of the pair friction with clearance are considered in the article. On the basis of the analysed data from special literature the main trends of the study are intended on polymeric metals tribology systems used in conditions of border lubrication.

**Key words:** Pair friction, Farm machinery, Maintenance, Restoration, Tribological couplings.

#### INTRODUCERE

Folosirea compozitelor polimerice la refacerea geometriei pieselor uzate se folosește tot mai insistent în industria mentenanței corective a tehnicii agricole. Cercetările din ultimele decenii demonstrează elocvent eficiența acestor materiale în diverse ipostaze, începând de la confecționarea pieselor cu proprietăți specifice și terminând cu reconstrucția pieselor metalice la dimensiunile nominale.

Din punct de vedere practic, la stabilirea domeniului folosirii compozitelor polimerice sunt necesare date privind capacitatea acestora să reziste la sarcinile de lucru și la acțiunea mediului de exploatare, precum și date cu privire la cele mai importante proprietăți fizice și mecanice cum sunt rezistența la uzare, duritatea, capacitatea de absorbție a vibrațiilor etc.

Referințele existente astăzi în literatura de specialitate se referă, în general, la folosirea compozitelor polimerice în cuplele de frecare uscată, însă lipsesc date concrete cu privire la folosirea compozitelor polimerice în cuple tribologice cu ungere limită, cuple care au pondere importantă în tehnica agricolă și cea din industria prelucrătoare. Din acest motiv scopul acestei lucrări este cercetarea stadiului actual cu privire la renovarea cuplelor tribologice metalopolimerice folosite în condiții de ungere limită.

#### MATERIAL ȘI METODĂ

În calitate de obiect al cercetărilor au fost alese cuple tribologice metalopolimerice renovate cu compozite polimerice poroase, metoda de reconstrucție, condițiile de ungere și fiabilitatea lor.

Identificarea sistemului complex de renovare a cuplelor tribologice cu compozite polimerice s-a realizat conform unui algoritm de cercetare care presupune cunoașterea aprofundată al stadiului actual cu privire la mentenabilitatea, disponibilitatea și fiabilitatea sistemelor tribologice cu joc din utilajele agricole și cele din industria prelucrătoare cu abordarea, pe baza cunoștințele obținute, a structurii modelului matematic inițial. De asemenea, s-a stabilit interdependența dintre parametrii de fiabilitate ai cuplelor tribologice metalopolimerice cu joc și metoda de reconstrucție, materialul folosit în calitate de compensator de uzură, condițiile de lubrifiere și tipul unguentului folosit. Concomitent s-au stabilit legile care stau la baza fenomenelor tribologice din cuplele metalopolimerice utilizând realizările științei în domeniul fizicii corpului solid, științei polimerilor, tehnologiei materialelor etc.

#### REZULTATE ȘI DISCUȚII

Compozitele polimerice ocupă un loc tot mai important în refacerea dimensiunilor inițiale a pieselor de mașini uzate. Cuplele tribologice refăcute cu compozite polimerice lucrează silențios, atenuează vibrațiile, șocurile și trepidațiile, sunt rezistente la medii agresive și la coroziune.

Un interes deosebit prezintă cuplele tribologice cu joc exploatare în condiții de ungere limită. Alegerea componentelor pentru compozitele folosite în astfel de cuple este îngreunată de necesitatea respectării anumitor particularități. Referitor la cuplele tribologice din tehnica agricolă și celei din industria prelucrătoare aceste particularități pot fi formulate astfel:

- materialul de compoundare trebuie să asigure formarea unei structuri a stratului superficial, capabilă să mențină capacitatea de ungere a suprafețelor de contact o perioadă cât mai îndelungată, în condițiile dificile de exploatare a tehnicii agricole și celei din industria prelucrătoare (intemperii, ungere defectuoasă, medii agresive);

- materialele componente trebuie să reziste la temperatura de topire a polimerului de bază;  
- legăturile de adeziune și coeziune trebuie să fie suficiente pentru a adera la substratul metalic și pentru a forma un amestec monolit;

- forma și dimensiunile particulelor trebuie să asigure amestecarea uniformă a componentelor în volumul matricei pentru a se obține un amestec care să aibă aceeași compoziție mijlocie în toată masa lui.

- în cazul cuplelor tribologice cu joc, pentru asigurarea sporirii rezistenței la uzare, componentele trebuie să posede rezistență mică la forfecare și activitate superficială scăzută;

- componentele nu trebuie să fie higroscopice și să nu aglomereze ușor, deoarece în acest caz omogenizarea amestecului va fi îngreunată, ce va conduce la probleme în timpul fabricării amestecului;

- particulele componentelor trebuie să asigure formarea cât mai rapidă a rugozității de echilibru a suprafeței metalice, să nu provoace deteriorarea suprafeței metalice, să posede elasticitate sporită și capacitate de amortizare a vibrațiilor și loviturilor de șoc;

- temperatura de exploatare a componentelor trebuie să se includă în limitele de exploatare a matricei polimerice;

- materialele folosite trebuie să fie accesibile, să nu fie costisitoare și să fie comode în aplicare.

Dependența uzării de caracteristicile fizico-mecanice și geometrice ale suprafețelor de frecare, cât și de condițiile de frecare indică posibilitățile de reducere a intensității de uzare și anume: adoptarea unei interconexiuni dintre proprietățile materialului de aport (proprietățile de rezistență, elasticitate și plasticitate) și a unor măsuri de reducere a coeficientului de frecare (de exemplu, lubrifierea zonei de contact); alegerea și respectarea anumitor caracteristici ale microgeometriei suprafețelor de frecare; stabilirea geometriei și preciziei dimensionale ale semicuplelor tribologice în corelație cu sarcina exterioară care trebuie să asigure o anumită presiune de contact.

Influența proprietăților de rezistență, elasticitate și plasticitate ale materialelor semicuplelor poate fi analizată pe baza fenomenelor de oboseală, curba căreia este de tip Wohler. În procesul de alunecare pe suprafețe rugoase, asperitățile metalice penetrează în stratul superficial al compozitului polimeric mai moale. Interacțiunea dintre asperitățile suprafeței metalice penetrate în stratul superficial al semicuplei polimerice inițiază deformații elasto-plastice care contribuie la mărirea forței de frecare.

La mișcarea relativă de alunecare pe suprafețe netede, uzura este rezultată de contactul intermitent al neregularităților de contact ce provoacă apariția microeroziunilor locale de oboseală. Mai mult ca atât, energia consumată este conținută disipată integral energiilor disipate unitar. În acest caz valoarea uzurii este influențată atât de rezistența  $a_0$  și de parametrul curbei de oboseală  $t$ , dar și de raza neregularităților unitare  $R$  [J. Lancaster, 1972].

$$U = a_0^{-t} \cdot R^{-2t/3}, \quad (1)$$

Coeficientul  $t$  variază în limite foarte largi în funcție de materialele compaunde folosite în compozit. De exemplu, pentru modelul ruperii plastice prin frecare a particulei de uzură, coeficientul  $t$  ?2 ... 3 [T. Andrei, 2002, p.140], iar pentru poliamide modificate cu elemente de rafonsare rigide coeficientul  $t$  este de ordinul 7 [R. Ogorkiewicz, 1970].

Intensitatea de uzare pentru contactul elastic este proporțională cu parametrul de elasticitate și poate fi determinată prin următoarele relații [T. Andrei, 2002 p. 156]:

$$I \approx \theta^{1+\beta t-t} \sigma_0^{-t} \text{ sau } I \approx E^{t-1-\beta t-t} \sigma_0^{-t} = E, \quad (2)$$

în care  $\theta$  este parametrul de elasticitate al materialului suprafeței considerate perfect netedă,  $\beta$  - exponent dependent de coeficientul lui Poisson  $\nu$ , care se determină cu relația  $B=1/(2\nu+1)$ ,  $E$  - modulul de elasticitate care se uzează,  $\varepsilon$  - deformația relativă de rupere.

Pentru contactul plastic, intensitatea de uzare este proporțională cu factorul.

$$HB^{(1+\beta t)/(\beta-1)} \left[ \left( 1 - 2\mu^{HB} / \sigma_c \right) / (1 + 2\mu HB) \right]$$

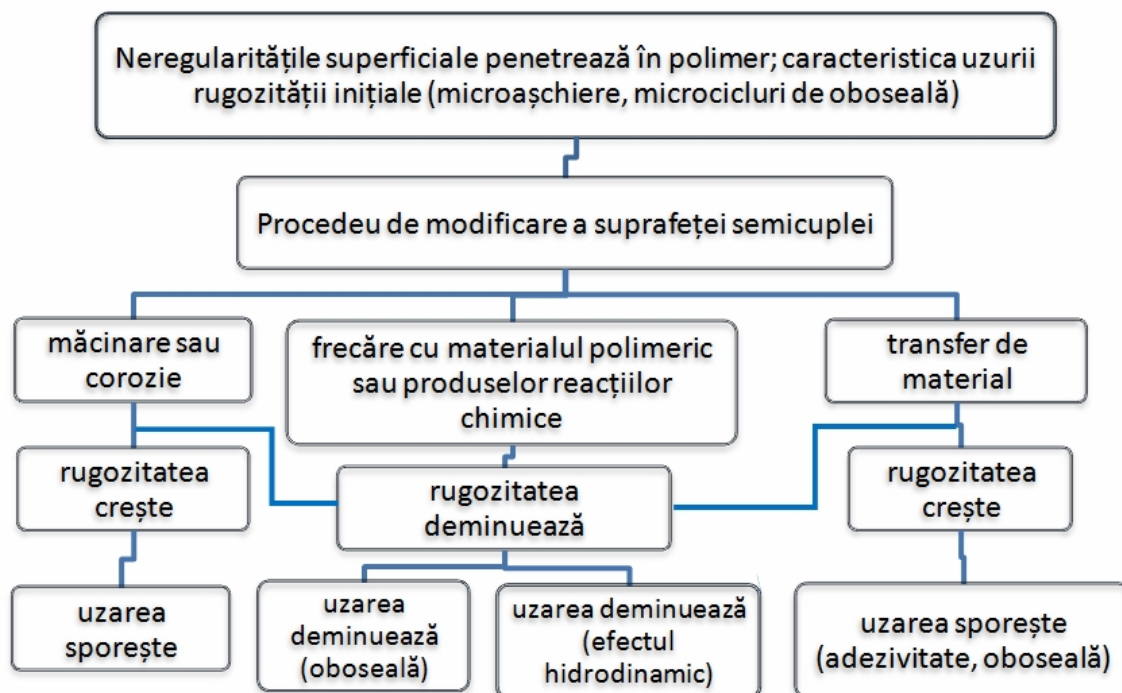
Analiza dependenței intensității de uzare de raportul durtății și tensiunii de curgere arată o scădere a intensității cu creșterea raportului  $HB/\nu_c$  [T. Andrei, 2002, p. 157]. Totodată, în baza celor constatate

anterior se observă că intensitatea de uzare este dominată de coeficientul curbei de oboseală  $t$ . De asemenea se constată că pentru cazul contactului plastic reducerea coeficientului de frecare are pondere mai mică asupra intensității de frecare deoarece modificarea topografiei suprafeței semicuplei metalice depășește efectele obișnuite în rezultatul modificării proprietăților mecanice prin compoundare (vezi relația 1).

Există câteva căi de modificare a suprafeței semicuplei metalice de către compozitele polimerice în timpul alunecării. Aceste căi sunt sistematizate în fig. 1.

Evident că modificarea stării superficiale a semicuplei metalice cu compauzii compozitului polimeric nu poate fi considerată unica pricină ce influențează proprietățile tribologice ale materialelor compozite în complexitatea proceselor de frecare, însă transferul de material, măcinarea asperităților neregularităților și coroziunea sunt fenomenele dominante care determină procesele de frecare și uzare atât la frecarea uscată, cât și la frecarea în lichide, care nu sunt considerate materiale lubrifiante.

Transferul compozitului polimeric pe suprafața semicuplei metalice se explică prin prezența substanțelor reactive și a forțelor Van der Waals care contribuie la formarea legăturilor de adeziune dintre polimer și metal și prezintă un fenomen de atracție între suprafețele aflate în contact și este determinată de forțele intermoleculare care acționează la distanțe relativ mici.



**Fig. 1. Modificările posibile ale suprafeței semicuplei metalice în timpul alunecării și influența lor asupra uzurii compozitului polimeric.**

În procesul de frecare a cuplelor metalopolimerice, în rezultatul transferului moleculelor de polimer, pe suprafața semicuplei metalice pe aceasta se formează un strat monomolecular. Însă formarea acestui strat nu întotdeauna favorizează caracteristicile de frecare. Astfel cercetările efectuate simultan de A. Holunder și J. Lancaster [1973] și M. Richardson [1971] au arătat că formarea stratului de transfer din poliamide poate reduce intensitatea uzării de 2 ... 3 ori, iar pentru polimerii fragili, de exemplu, pentru rășinile epoxidice, intensitatea uzării poate să se majoreze până la 250 ori.

În cazul exploatării cuplelor metalopolimerice în condiții grele de încărcare poate avea loc și transfer invers, adică transferul particulelor metalice pe suprafața polimerică. În acest caz, particulele metalice se grupează în zone separate și preiau rolul de particule abrazive care sporesc semnificativ intensitatea uzării cuplei [V. Belyj et al., 1976].

Astfel, analizând experiența folosirii compozitelor polimerice în cuplele tribologice cu joc, se constată că transferului de material în timpul frecării îi revine un rol activ, într-un caz favorizând reducerea intensității frecării, iar în alte cazuri, invers, favorizând intensitatea uzării. De asemenea, se constată că

principalii parametri ai procesului de transfer nu sunt studiați în suficientă măsură pentru a se putea da niște recomandări concrete.

Pentru poliamide, ale căror grad de cristalizare nu depășește 50%, cu dimensiuni foarte mici ale cristalelor (până la  $0,02\mu\text{m}$ ) și macromoleculele lungi (până la  $0,1\mu\text{m}$ ), de formă aproximativ cilindrică [Y. Nelson, 1989, p.77], se remarcă o mobilitate activă a moleculelor sub tensiunile exterioare aplicate. Totodată este necesar de semnalat că, deoarece poliamidele la frecare pe metale se uzează sub forma unor laminate, reducând frecarea, compozitele pe bază de poliamidă au o viteză de uzare ridicată la sarcini mari de exploatare și în cazul prezenței mediilor abrazive.

Viteza de uzare poate fi redusă prin asigurarea unui gradient pozitiv al rezistenței mecanice, conform căruia rezistența legăturilor moleculare trebuie să fie mai joasă decât la straturile inferioare  $\text{grad } \sigma_{\phi} > 0$  [Trenie, iznašivanie i smazka..., V.1, p. 285]. Acest lucru poate fi realizat atât prin optimizarea caracteristicilor materialelor și microgeometriei suprafețelor de frecare, cât și prin introducerea în zona de frecare a unui strat de lubrifiant.

Eficiența ungerii cuplelor metalopolimerice, existente astăzi, este mult mai mică decât în cuplele metal-metal. Aceasta se explică, în primul rând, prin existența unui număr mic de centre active capabile să mențină stratul monomolecular al unsoarii.

Unsoarele polare și nepolare se comportă diferit în conformitate cu capacitatea de adeziune a semicuplelor sistemului tribologic [I. Lăcustă et al., 2006, p. 234-249]. Pentru cuplele tribologice cu poliamide unsoarele polare sunt mai active decât cele nepolare însă, din literatura de specialitate disponibilă, nu este clar cum influențează unsoarele consistente asupra stabilității dimensionale ale compozitelor poliamidice. În cercetările realizate de către Marian [2005, p. 147-151] s-a constatat că tratarea termică a acoperirilor poliamidoepoxidice prin menținerea pieselor acoperite în baie de ulei la temperatura  $190^{\circ}\text{C}$  sporește rezistența la uzare, iar obținerea stării de echilibru a semicuplelor tribologice are loc chiar în faza inițială, acoperirile uzându-se monoton pe toată perioada de funcționare. Rezultate analogice s-au obținut și de alți cercetători care au studiat comportarea diferitor polimeri după tratarea acestora în baie de ulei, de exemplu, Belyj [1979, p. 160], Moskatov [1976, p. 108], Baskarev et al. [1981, p. 43].

Totuși unii polimeri, după menținerea în uleiuri, se îmbibă și își schimbă semnificativ dimensiunile ce poate duce la mărirea intensității uzării. Astfel, Rubenștein [1961] consideră că moleculele unsoarelor pot pătrunde în zonele amorfe ale polimerilor, slăbind legăturile interfaciale dintre molecule, ce conduce la reducerea rezistenței tangențiale și rezistenței de curgere a polimerului.

Capacitatea de absorbție și menținere a uleiului este influențată de însușirile polimerului, structura moleculară a acestuia și densitatea straturilor superficiale. Totodată explicarea proceselor fizice complicate, rezultate de influența compozitelor polimerice, în prezența ungerii limită interfacială, este destul de problematică în virtutea multitudinii factorilor de influență. Un șir de componente din compozite influențează activ încorporarea moleculelor unsoarelor, pe când altele sunt mai puțin active sau chiar inactive. Din acest motiv, la momentul actual, este necesar de studiat problemele ce țin de comportarea compozitelor polimerice individul pentru cuplele propuse pentru implementare în practică.

Este necesar de menționat și faptul că, în legătură cu modelarea matematică a procesului de uzare, literatura de specialitate semnalează puține date vizavi de comportarea cuplelor metalopolimerice pe bază de poliamide în condiții de ungere cu unsoare consistente. În prezent, nu există o teorie generală valabilă a uzării cuplelor metalopolimerice cu joc, datorită fenomenelor multiple și complexe care există și care nu permit disocierea lor.

## CONCLUZII

Datele existente astăzi în literatura de specialitate cu privire la folosirea compozitelor polimerice în cuplele tribologice cu ungere limită indică posibilitatea folosirii materialelor compozite cu structură poroasă a straturilor superficiale, însă lipsesc date concrete cu privire la obținerea acestor structuri și procesele fizice și chimice care au loc în zona de contact dintre suprafețele semicuplelor conjugate. Din acest motiv este oportună cercetarea cuplelor tribologice metalopolimerice destinate folosirii în condiții de ungere limită. Pentru realizarea scopului preconizat se înaintează următoarele obiective:

- căutarea unor metode tehnologice de formare a stratului compensator de uzură cu structură poroasă, capabilă să sigure o magazinare și menținere a unguentului în zona de frecare a suprafețelor conjugate cât mai mult timp;

- argumentarea cantității și naturii constituenților materialului de aport;
- studierea proprietăților fizico-mecanice ale piesei recondiționate și a cuplei renovate;
- studiul comportării cuplei renovate în condiții diferite de ungere cu diferite unsori consistente;
- cercetarea fiabilității cuplelor renovate pentru diferite condiții de exploatare.

### BIBLIOGRAFIE

1. Lancaster, J.R. Polimer-based hearing materials. The role of fillers and fibrereinforcement. Tribology, Dec. 1972.
2. Andrei, Tudor. Frecarea și uzarea materialelor. – București: Bren, 2002. – 244 p.
3. Ogorkiewicz, R.M. Engineering properties of termoplastics. Wiley – Interscience, 1970.
4. Holunder, A.E.; Lancaster, J.R. An application of topographical analisys tothe wear of polymers. Wear. 1973, 25, 155.
5. Richardson, M.O.W. Chemical aspects of wear processes in polymers. Wear. 1971. 17, 89.
6. Belyj, V.A; Sviridionok, A.I.; Petrokoveč et al. Trenie i iznos materialov na osnove polimerov. - Minsk: Nauka i tehnika, 1976, - 432 p.
7. Nelson, Y.E. Tehnologiâ plastmass na osnove poliamidov. – M.: Himiâ, 1989. –256p.
8. Trenie, iznașivanie i smazka: Spravočnik. V 2-h kn. / Pod red. I. V. Kragelskogo, V.V. Alisina. - M.: Mașinostroenie, V.1, 1978. –400 p., V2. 1979, 358 p.
9. Lăcustă, I.; Lâșko Gh.; Hurmuzachi, A. Materiale de exploatare pentru automobile. - Chișinău: Centrul Ed. al UASM, 2006. – 341 p.
10. 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.
11. Belyj, V.A. Metallopolimernye materialy i izdeliâ. – M.: Himiâ, 1979.
12. Moskatov, K.A. Termičeskaâ obrabotka plastmassovyh i rezinovyh detalej mașin. M.: Mașinostroenie, 1976, 200p.
13. Baškarev, A. Ia.; Mironov, N. I.; Semionov, V. P. Plastmassy v stroitel'nyh i zemlerojnyh mașinah. – L.: Mașinostrenie, 1981, p. 165-188.
14. Rubenstein, C. Lubrification of polymers. – J. Appl. Phis., 1961, v.32.

*Data prezentării articolului – 20.03.2008*