

DIMINUAREA UZURII, MIJLOC DE SPORIRE A FIABILITĂȚII MECANISMELOR



CONF. UNIV., DR. ILIE BOTEZ,
UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI



CONF. UNIV., DR. ALEXEI BOTEZ,
UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI

MAȘINA-UNEALTĂ, APARATUL, INSTRUMENTUL CARE ȘI-AU EPUIZAT PRECIZIA, ANSAMBLUL MAȘINII, CARE A DEVENIT O SURSĂ DE VIBRAȚII ȘI ZGOMOT, CILINDRUL MOTORULUI, CARE NU MAI ASIGURĂ COMPRESIA NECESARĂ – TOATE NECESITĂ REPARAȚII. PRINCIPALA CAUZĂ A APARIȚIEI ACESTOR ABATERI DE LA NORMAL O CONSTITUIE UZURA SUPRAFEȚELOR DE CONTACT (FIG. 1).



Fig. 1. Piese cu suprafețe de contact uzate

Dacă am putea evita astfel de deteriorări, am majora durabilitatea și siguranța în procesul de funcționare a mașinilor, economisind resurse considerabile ale industriei naționale.

Pe de o parte, fără fricțiune majoritatea mașinilor nu pot să funcționeze. Efectul pozitiv al fricțiunii este utilizat în multe ansambluri și mecanisme: frâne, ambreiaje, transmisii prin curea etc. Fenomenul fricțiunii se află la baza proceselor de durificare a materialelor: sudare prin fricțiune, netezire a suprafețelor pieselor cu diamant, durificarea suprafețelor pieselor cu role sau bile etc.

Pe de altă parte, pentru funcționarea mașinilor, fricțiunea generează una dintre cele mai serioase probleme – uzura. Anume acest fenomen negativ limitează considerabil creșterea productivității muncii în majoritatea domeniilor industriale și conduce la consumul considerabil de materiale și mijloace de producție. Mai mult de o treime din energia mașinilor existente se consumă pentru diminuarea fricțiunii inutile dintre componentele acestora, cu toate că în același scop sunt utilizați o multitudine de lubrifianți.

Uzura cauzată de fricțiune frânează posibilitățile de sporire a siguranței și durabilității mașinilor.

Statistica demonstrează că circa 80% din refuzurile de funcționare a mașinilor survin ca rezultat al deteriorărilor superficiale ce se produc datorită uzării suprafețelor de contact.

Pe lângă alte impedimente și costuri importante, uzura mai înseamnă implicarea unui număr enorm de specialiști, care contribuie la fabricarea, procurarea și transportarea pieselor de rezervă.

Creatorii mașinilor, aparatelor, utilajelor tehnologice și instrumentelor sunt puși într-o situație dificilă: fricțiunea există pretutindeni unde se produce o mișcare a pieselor conjugate. Faptul se datorează diversității factorilor ce includ proprietăți cinematice, mecanice, termofizice și fizico-chimice ale suprafețelor pieselor îmbinate, dar și mediului de interacțiune al îmbinărilor.

Ce este fricțiunea?

Fricțiunea este rezistența mecanică care apare la mișcarea relativă a corpurilor solide aflate în contact (fricțiune exterioară sau fricțiune uscată) sau a straturilor vecine de lichide sau gaze (fricțiune interioară, fricțiune fluidă sau vâscoasă). Noțiunile de forță de fricțiune, coeficient de fricțiune, fricțiune de alunecare și de rostogolire sunt cunoscute deja. Sunt notorii și particularitățile fricționale și antifricționale ale diferitelor materiale, compatibilitatea lor în îmbinări, particularitățile de prelucrare, specificul utilizării acestor materiale etc.

În majoritatea cazurilor, la soluționarea sarcinilor ingineresti concrete proiectanții și tehnologii preferă să utilizeze datele experimentale acumulate de cercetători și nu pătrund în esența proceselor de fricțiune.

Cu toate că fricțiunea produce diverse procese legate reciproc, natura ei este univocă.

Pentru a înțelege fizica fenomenului, ca bază trebuie contactate următoarele condiții fundamentale:

- 1) orice suprafețe în contact trebuie considerate ca un sistem termodinamic deschis, care face schimb de energie și substanță cu mediul exterior;
- 2) fricțiunea este o transformare a energiei mecanice exterioare în energia proceselor interioare – căldură și modificare a structurii suprafețelor;
- 3) un rol important în fricțiune îi revine mediului, activității lui fizico-chimice, fiindcă mediul, într-o măsură considerabilă, formează structura materială a zonei de fricțiune.

În cazul fricțiunii se produce permanent: a) avansarea energiei libere a sistemului de fricțiune – activizarea; b) diminuarea acesteia – pasivizarea.

În primul caz, are loc transformarea lucrului forțelor de fricțiune în căldură (activizare termică) și în energie care provoacă transformări în structura straturilor superficiale, formarea în ele a structurilor active ultradispersate, așa-numite, secundare (activizare structurală).

De regulă, activitățile structurale și termice decurg simultan, aducând straturile superficiale ale materialului sistemului de fricțiune în stare neechilibrată. În cazul dat, straturile superficiale tind să treacă în stare mai echilibrată, spre micșorarea cantității de energie liberă acumulată.

De aceea, îndată după activizare se încep procesele de pasivizare care duc la absorbirea energiei de către materialele pieselor, restructurarea straturilor superficiale schimbate de activizare.

Acest lucru se realizează în particular prin interacțiunea straturilor superficiale cu oxigenul din aer și elemente active din lubrifianț (fosfor, sulf, clor ș.a.).

Astfel, prezente constant, concurând sau aflându-se în echilibru dinamic, activizarea și pasivizarea însoțesc mereu procesul de fricțiune.

Adaptabilitatea structurală

Prin adaptarea anumitelor condiții, între activizare și pasivizare se produce un echilibru dinamic, adică un proces dinamic stabil la care, cu aceeași intensitate, se formează și se distrug structurile secundare ale suprafețelor în contact (pelicule cu grosimea de câteva zeci de nanometri). Ele se formează din materialele suprafețelor în contact ca rezultat al reformării structurale a materialelor pieselor și interacțiunii cu mediul de fricțiune. Numai aceste pelicule sunt supuse distrugerii și astfel ele protejează de erodarea mecanică și fizico-chimică materialul îmbinării prin fricțiune. În acest caz, se realizează procesul natural de uzare a pieselor – proces inevitabil și cu intensitate redusă.

Însă echilibrul dinamic dintre activizare și pasivizare nu se formează în permanență. Când acesta nu este respectat, ca rezultat al deformării locale, al caracterului dinamic de aplicare a sarcinii sau al încălcării regimului de lubrifiere, atunci posibilitățile de pasivizare nu sunt în stare să formeze structurile secundare.

În majoritatea cazurilor, surplusul de activizare datorată supraîncărcărilor conduce la griparea suprafețelor în contact (gripare la rece); la temperaturi majorate – griparea la cald; la viteze avansate – oxidarea dinamică; la concentrarea tensiunilor locale – uzura abrazivă (fig. 2).

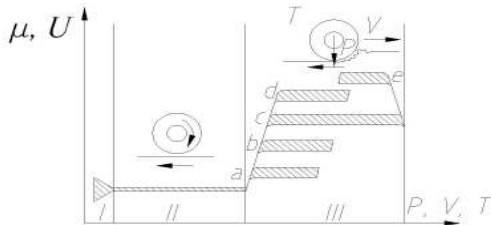


Fig. 2. Condițiile de încărcare a cuplului de fricțiune:

- I - zona proceselor instabile ($E_A < E_{ess}$);
- II - diapazonul de fricțiune normală al proceselor mecano-chimice stabile ($E_A = E_{ess}$);
- III - zona deteriorării suprafețelor în contact ($E_A > E_{ess}$); unde a- este forma mecanică de uzură abrazivă, b- proces feeting, c- priză la cald, d- priză la rece, e- forma mecanică de uzură abrazivă, E_A - energie de activare, E_{ess} - energia necesară pentru formarea structurilor secundare; P- presiunea, V- viteza deplasării reciproce a suprafețelor în contact, T- temperatura în zona de contact

Înteruperea regenerării structurilor secundare, în cazul fricțiunii prin alunecare, conduce la atingerea nemijlocită a suprafețelor goale (fără lubrifiant) ale pieselor și apariția pe aceste sectoare a legăturilor metalice la nivel molecular. Apar puncte de sudură reciprocă a suprafețelor în contact, însă piesele, prelungind deplasarea, distrug legăturile metalice. Zonele de contact se deteriorează, provocând separarea particulelor de metal din care sunt confecționate piesele îmbinate. Astfel, suprafețele pot fi deteriorate la mare adâncime.

Aici se observă un fenomen structuro-energetic de adaptare a materialelor la fricțiune, esența căruia constă în stabilitatea limitelor indicilor de frecare și uzură, aceștia devenind constanți și mult mai reduși decât în afara diapazonului dat. Pentru orice material putem găsi circumstanțele și mediile în care procesul de fricțiune va decurge normal. Hotarele acestor diapazoane sunt stabilite de valorile energi-

ilor de activizare și pasivizare. În cazul în care nu vor fi depășite limitele date, echilibrul dinamic dintre crearea și deteriorarea structurilor secundare este garantat.

Fenomenul de adaptivitate energetico-structurală este universal și permite dirijarea procesului de deteriorare a suprafețelor în contact prin alegerea raportului optim al parametrilor corespunzători, care provoacă adaptarea energetică și structurală a procesului de fricțiune.

Includerea în cadrul diapazonului adaptivității structurale este posibilă utilizându-se un complex de decizii constructive, tehnologice și de exploatare.

În arsenalul proiectantului se află următorii factori decizionali:

- alegerea materialelor;
- potrivirea lor în perechi;
- alegerea metodelor optime de prelucrare mecanică a suprafețelor;
- alegerea tipului de fricțiune în îmbinare;
- optimizarea formei și dimensiunilor suprafețelor în contact;
- utilizarea metodei optime de reglare a temperaturii ansamblului proiectat;
- metodele de asigurare cu lubrifiant și menținere a acestuia în zona de fricțiune;
- utilizarea metodelor sigure de curățare a lubrifianților circulanți;
- protecția zonei de fricțiune împotriva pătrunderii particulelor abrazive etc.

Tehnologii au în dotare peste 100 de metode de durificare a suprafețelor în contact, inclusiv:

- deformarea plastică;
- tratamentul termic superficial;
- prelucrarea chimico-termică, electrochimică sau termomecanică;
- acoperirea cu pulberi, electrozi sau bare aplicate prin topire;
- durificarea combinată.

Siguranța funcționării depinde de condițiile de exploatare a mașinii și a mecanismelor acesteia. În contextul dat, sunt importante regimurile și condițiile de încărcare, ce înlesnesc reducerea acțiunilor specifice în cazul fricțiunii, exclud supraîncălzirile locale și raționalizează utilizarea lubrifianților prin aplicarea de substanțe superficial active și aditivi antigripați. Pentru condițiile de exploatare au fost propuși lubrifianți care asigură reînnoirea structuri-

lor secundare cu caracteristici optime (spre exemplu, Tansol-100).

Printre măsurile tehnologice de deformare plastică se numără și netezirea cu diamant, care creează o structură a submicroreliefului suprafeței de contact ce conduce la ameliorarea condițiilor de formare a structurilor secundare ale suprafețelor respective. Utilizarea mecanismului de adaptivitate energetico-structurală creează posibilități de dirijare a procesului de fricțiune și distrugerea superficială legată de avansarea durabilității și siguranței mașinilor.

În ultimii ani au fost elaborate noi metode de finisare a suprafețelor pieselor prin deformare plastică la rece. Aceste metode pot fi utilizate atât la confecționarea pieselor, cât și la reparația utilajelor. Esența lor constă în deformarea plastică a rugozității piesei prin prelucrarea suprafeței cu un element deformativ (bilă, rolă sau diamant). Drept consecință, rugozitatea suprafeței se diminuează cu 3...5 clase, până la clasa 9...14. Totodată, stratul superficial al piesei prelucrate se durifică cu 25...30%. Rezistența la oboseală crește cu 30...60%, iar la uzură – cu 35...65%.

Dintre operațiile utilizate mai des pot fi menționate netezirea și vibrorularea suprafețelor. Netezirea se efectuează, de regulă, cu o unealtă având la capătul de lucru un diamant artificial cu masa de 0,4-0,8 carate. Suprafața de contact a diamantului are formă de cilindru sau sferă cu raza de 1...3 mm și rugozitatea de clasa 13...14. Unealta de netezit reprezintă un palpator cu vârf de diamant, instalat într-o montură arcuită, care se fixează în portunealta strungului (fig. 3).

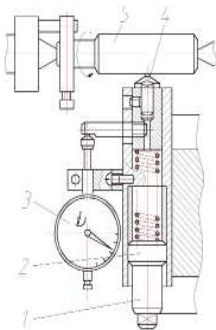


Fig. 3. Schema rulării cu diamante a suprafeței piesei
 1 - șurub de reglare, 2 - arc etalonat, 3 - comparator,
 4 - montură cu diamant, 5 - piesă prelucrată

Regimul de lucru este următorul: avansul 0,02...0,06 mm/tur; viteză 40...100 m/min, forța de strângere a palpatorului 12...30 kgf. Operația se realizează dintr-o singură trecere. Pentru netezirea suprafețelor exterioare se utilizează montura din fig. 4, iar pentru cele interioare – cea din fig. 5.

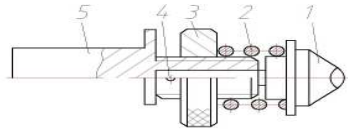


Fig. 4. Montură pentru rularea cu diamant a suprafețelor exterioare

1 - montură cu diamant, 2 - arc etalonat, 3 - piuliță de reglare, 4 - ștuț, 5 - suport

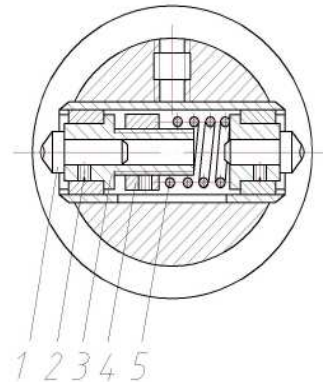


Fig. 5. Montură pentru rularea suprafețelor cilindrice interioare ale pieselor

1 - montură cu diamant, 2 - piuliță, 3 - bucsă, 4 - piuliță de reglare, 5 - arc

Vibrorularea constă în deplasarea de-a lungul suprafeței piesei a unei monturi cu vârf de diamant ce efectuează vibrații. Ca rezultat, pe suprafața piesei sunt imprimate un șir de canale, ce contribuie la reținerea lubrifianului, acesta asigurând creșterea considerabilă a rezistenței la uzură a pieselor îmbinate.

La Universitatea Tehnică a Moldovei (UTM) a fost elaborată o mașină automată pentru vibrorularea pieselor cilindrice netede (fig. 6).

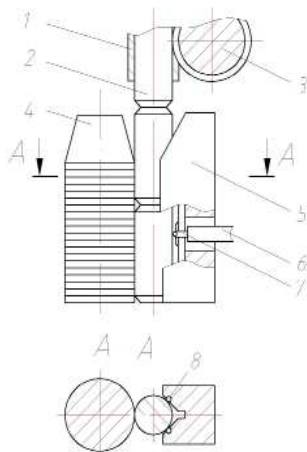


Fig. 6. Schema mașinii automat pentru rularea cu diamant

Pe jgheabul 2 având tăietura 4, sunt aduse de către rola 3 piesele de prelucrat 1. Pe marginile prismei 5, paralel cu axa ei, sunt executate canale longitudinale, în care sunt instalate corpurile de rostogolire 10. Unealta de finisare este întoarsă în prismă, legată fiind cu pistonul 7, care realizează o mișcare suplimentară de oscilație, având o lamă opritoare 8. Pe suprafața exterioară a cilindrului 9 se realizează canalele elicoidale 9 (fig. 7).

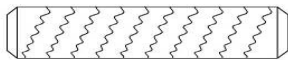


Fig. 7. Piesă prelucrată prin rulare cu diamant

În momentul în care unealta cu diamant termină prelucrarea unei piese, începe prelucrarea piesei următoare etc. La trecerea peste capetele pieselor megieșe (când unealta cu diamant se găsește în zona teșiturilor), lama 7 se sprijină pe cele două piese vecine, limitând avansarea uneltei de finisare și, în acest fel, asigură protecția de deteriorare a diamantului. Pe jgheabul de ghidare sunt introduse piesele pentru prelucrare, a căror viteză de deplasare depinde de viteza de rotație a rolei de acționare. Cilindru 4 se rotește continuu de la un sistem de acționare. Piesele destinate prelucrării se deplasează axial, cu o viteză constantă, în spațiul dintre prismă și cilindru.

REFERINȚE

1. КОСТЕЦКИЙ, Б. И. *Фундаментальные взаимодействия трения и износа*. Киев, 1981
2. В. I. 876397 (SU); CIB B24 B39/02. *Dispozitiv de rulare cu diamant a pieselor cilindrice*. (DIBNER E. E., BOTEZ I.G. ș.a.). Institutul Politehnic din Chișinău. Nr. 2882455/25-08.

REZUMAT

Uzura cauzată de fricțiune frânează posibilitățile de sporire a siguranței și durabilității mașinilor. Statistica demonstrează că circa 80% din refuzurile de funcționare a mașinilor survin ca rezultat al deteriorării superficiale ce au loc în urma uzării suprafețelor de contact. Autorii articolului analizează natura acestui fenomen și metodele de diminuare a efectelor sale negative. Astfel, utilizarea mecanismului de adaptivitate energetic-structurală creează posibilități de a dirija procesul de fricțiune și distrugerea superficială legată de avansarea durabilității și siguranței mașinilor. În ultimul timp au fost elaborate noi metode de finisare a suprafețelor pieselor prin deformare plastică la rece. Aceste metode pot fi utilizate atât la confecționarea pieselor, cât și la reparația utilajelor. Printre operațiile utilizate mai des pot fi menționate netezirea și vibrorularea suprafețelor.

ABSTRACT

Wear caused by friction brakes the possibilities to increase car safety and sustainability. Statistics show that about 80% of machinery operation refusals occur as a result of surface damage occurring from worn contact surfaces. The authors analyze the nature of this phenomenon and methods to mitigate its negative effects. Thus, the use of the energetic-structural adaptive mechanism creates possibilities to control the friction process and superficial damage related to advancing machinery durability and safety. Recently new methods have been developed for surface finishing of parts by cold plastic deformation. These methods can be used both to manufacture parts and repair equipment. Among the most frequently used operations can be specified the leveling and vibrorolling of surfaces.