

1. FRECARE-UZARE DEFINIRE. OBIECTIVE

1.1. Istoric. Aspecte economice

Istoric

Tribologia s-a conturat ca știință la mijlocul anilor 1960 și a fost denumită astfel în raportul lui P.H. Jost din 1966, prezentat în Comitetului Educației și Științei din Anglia.

Etimologia cuvântului *tribologie* provine din cuvintele grecești *tribos*, care are semnificația de frecare, și din *logos*, care are semnificația de știință.

Conceptul de *tribologie* are în vedere interacțiunea a două sau mai multor corpuri, pe una sau pe mai multe suprafețe de contact, cu sau fără mișcare relativă macroscopică, pentru transmiterea unor forțe normale și tanțiale.

Pe suprafețele de contact apar forțe tanțiale care se opun mișcării sau tendinței de mișcare. Aceste forțe se numesc, generic, forțe de frecare. Aceste forțe pot apărea chiar pe suprafața de separație a solidelor sau în interiorul unor pelicule de fluid, aderente, fixate pe suprafețele solide. Frecarea pe interfața solidelor este o frecare exterioară, iar frecarea din interiorul peliculei continue de fluid este o frecare interioară, care este o măsură a viscozității fluidului.

Procesele de frecare sunt procese disipative de energie, care au ca efecte apariția căldurii și modificarea stării de tensiuni și de deformații ale celor două elemente ale cuplei. Procesele de frecare pot fi utile, ca exemple: la asamblările pe con, fretate, cu brătară elastică etc, la variatoarele de turație prin fricțiune, la sistemele de frânare etc, sau dăunătoare, ca exemple: la rulmenți, la lagărele cu lunecare, la angrenajele cu roți dințate, la lanțuri, la așchiera materialelor etc.

Modificările regimului termic și stării de tensiuni și deformații conduc la procese de uzare ale suprafețelor conjugate. În majoritatea aplicațiilor, uzarea este un proces dăunător, excepție fiind procesele de prelucrare a suprafețelor cu abrazivi sau cu scule așchietoare.

Aspecte economice [B1, B5, B7, B9]

Consistența economică a aplicațiilor cunoștințelor tribologice se exemplifică prin statisticile apărute în diferite rapoarte. Astfel:

- În Marea Britanie la nivelul anului 1965, u rezultat economii în valoare de 515.000.000 £ – provenite, în special, din reducerea întreținerii și prelungirea duratei de funcționare (19,5%);
- În fosta R.D.G. (1968-1970) – 1 mld. Mărci (DM);
- În fosta R.F.G. (1968-1970) – 10 mld. Mărci (DM);
- În fosta Cehoslovacie (1971) – 5 mld. Coroane;
- În Italia (1974) – 1 mld. USD;
- În S.U.A. (1983) – 6% din produsul național brut – 180 mld \$/an.

În 1977, în S.U.A. s-a elaborat un plan de “economisire a energiei prin tribologie” – circa 11 mld \$/an \cong 11% din consumul de energie al S.U.A. la acea dată – din care 6-7 mld. \$ prin utilizarea unor lubrifianți mai puțin vâscoși, dar aditivați corespunzător;

- În fosta U.R.S.S. (1979) – 10-12 mld. ruble/an;
- În fosta U.R.S.S. (1981) – 9,5% din produsul național brut;
- În Ungaria (1979) – 11 mld. forinți;
- În Franța (1973) – 7-8 mld. franci.

Domeniul aplicațiilor tribologice pe plan internațional, la nivelul anului 1985, se referea la următoarele:

- organe de mașini 28,2% din care:

- lagăre cu alunecare 34,2%;
- angrenaje 19,0 %;
- rulmenți 12,6%;
- transmisii prin fricțiune 10,1%;
- came și mecanisme bielă-manivelă 8,9%;
- cuplaje și frâne 6,3%;
- etanșări 6,3%;
- alte 2,6%;
- mașini (motoare, pompe, sisteme hidraulice, mașini textile, mașini de tipărit) 23,3%;
- mașini din industria mimeritului, agriculturii, forestieră – 1,9%;
- mașini-unelte 12,0%;
- autovehicule 11,8%;
- mecanică fină 4,0%;
- industria electrotehnică 1,5%.

Dintre aceste aplicații, unele sau altele capătă dezvoltare mai mare sau mai mică în funcție de nivelul de dezvoltare a industriei.

Astfel, în fosta R.F.G. în 1978 s-a elaborat un plan de cercetare pe 6 ani în valoare de 46 mil. mărci pe următoarea tematică:

- Tratamente ale suprafețelor de frecare – 20,9%;
- Mașini-unelte 13,8%;
- Uzare abrazivă 10,1%;
- Măsurători și tehnică de testare 8,4%;
- EHD 8,4%;
- Proiectare 7,8%;
- Lagăre cu alunecare 7,8%;
- Performanțe ale sistemelor tribologice 7,2%;
- Lubrificație mixtă;
- Materiale pentru lagăre cu alunecare 4,8%;
- Lubrifianți pentru motoare 3,0%;
- Motoare Diesel (creșterea durabilității) 2,4%.

Scoaterea din funcțiune a mașinilor și utilajelor are la bază deteriorarea prin uzare, reducând precizia de lucru și scăderea randamentelor. La nivelul anului 1985 ponderea tipurilor de uzări este următoarea:

- abraziune 41,9%;
- adeziune 24,7%;
- oboseală superficială 21,5%;
- reacții chimice 20,4%;
- deformații superficiale 19,4%;

Faptul că suma acestor ponderi depășește 100% argumentează că de fapt în mașini și utilaje se întâlnesc simultan mai multe tipuri de uzări.

Câteva performanțe tribologice:

- angrenaje lubrificate cu uleiuri minerale aditivate ce permit presiuni locale de 3500 MPa și viteze periferice de 40 m/s;
- lagăre cu alunecare în regim hidrodinamic pentru presiuni medii de 80 MPa și turații de 8-10 mii rot/min și cu durabilitatea estimată de 25-30 ani (lagăre pentru turbine);
- lagăre gazostatice pentru 250-3000 mii rot/min
- uleiuri sintetice pentru motoare ce pto funcționa în intervalul de temperaturi – 100...+450°C;

- variatoare cu fricțiune în regim EHD cu coeficient de tracțiune de 0,2 fără contacte directe (durabilitatea de $10^8 \dots 10^9$ cicluri);
- materiale de fricțiune pentru frâne cu coeficient de frecare ridicat (0,3...0,4) într-un interval de temperatură $-30 \dots +280^\circ\text{C}$ și viteze până la 40 m/s;
- materiale ceramice și bazaltice pentru lagăre fără ungere, cu durabilități de ordinul a 5 ani (funcționare 15-20 ore/zi);
- lubrifianți pentru cutii de viteze de automobile cu funcționare 80.000-100.000 km;
- lubrifianți pentru motoare de automobile cu funcționarea a 10.000-20.000 km (lubrifianți sintetici pentru 20.000 km);
- lubrifianți solizi pentru procese metalurgice ce asigură calitate deosebită a suprafețelor laminatelor și precizie dimensională (pulberi anorganice);
- proteze totale de genunchi și de șold cu durabilități de peste 40 de ani.

1.2. Documentația în tribologie [A1 – A18, B1-B10]

Annual apar circa 6000-8000 titluri de articole pe an. În perioada 1966-1977 au apărut 55000 titluri.

Numărul articolelor pe domenii:

- materiale și cupluri de materiale: 650
- învelișuri (straturi) rezistente la uzare: 450
- lubrifianți și testări de lubrifianți: 600
- lagăre: 1200
- transmisii: 250
- procese tehnologice, mașini-unelte: 1200.

Clasificarea problemelor tribologice apărute în diferite surse este o problemă ce preocupă institutele și universitățile din toată lumea. Astfel, se exemplifică modul de clasificare a documentației tribologice a unuia dintre cele mai performante institute din lume, institutul BAM din Germania.

Documentația tribologică

(clasificare – Bundesanstalt für Material prüfung – BAM –
Unter der Eicher 87, D-100 Berlin 45)

1. Generalități, monografii, rezumate

2. Metode experimentale și echipamente

3. Procese tribologice fundamentale; frecare și uzare: legi, mecanisme, efecte

- 3.1. Fenomene mecanice și acustice
- 3.2. Fenomene termice, chimice și fizico-chimice.
- 3.3. Fenomene electrice și optice

4. Apariția deteriorărilor.

5. Uzarea și frecarea determinate de condiții specifice de solicitare.

- 5.1. Frânarea (oprirea) și deplasarea preliminară în frecarea statică.
- 5.2. Alunecare, inclusiv “stick-slip” (alunecare cu intermitențe)
- 5.3. Rulare, rulare cu alunecare.
- 5.4. Spin (alunecare de pivotare)
- 5.5. Impact
- 5.6. Alunecarea firelor și pulberilor
- 5.7. Fretting și coroziunea prin fretting
- 5.8. Uzare cauzată de mediu fluid
- 5.9. Uzare termică.

6. Materiale și combinații ale materialelor (cu sau fără materiale intermediare)

- 6.1. Metale
- 6.2. Minerale, ceramice
- 6.3. Polimeri (plastice și cauciuri)
- 6.4. Compozite (fibre de sticlă, cermeți, materiale laminate etc.)
- 6.5. Materiale textile, piele
- 6.6. Alte materiale (lemn, hârtie, talpă pantofi, pardoseală, materiale granulare, materiale biologice, materiale dentare).

7. Factori de influență și parametrii de control

- 7.1. Factori dependenți de material
 - 7.1.1. Tensiuni
 - 7.1.2. Compoziție, textură, structură
 - 7.1.3. Alte caracteristici de materiale (inclusiv compatibilitatea)
- 7.2. Factori dependenți de suprafață
 - 7.2.1. Topografie
 - 7.2.2. Straturi superficiale (filme adsorbite, straturi de oxid)
 - 7.2.3. Tratamente superficiale (mecanice și termice)
 - 7.2.4. Învelișuri superficiale
- 7.3. Condiții de operare
 - 7.3.1. Mișcare și viteză.
 - 7.3.2. Forța de forfecare, încărcarea
 - 7.3.3. Temperatura
 - 7.3.4. Mediul de lucru
- 7.4. Alți factori de influență
 - 7.4.1. Potențial electric, curent de trecere.
 - 7.4.2. Particule intermediare solide, praf, contaminanți
 - 7.4.3. Radiații
 - 7.4.4. Factori geometrici, efecte de proiectare

8. Lubrificație

- 8.1. Lubrificație cu film subțire, în special lubrificație hidrodinamică
- 8.2. Lubrificație cu film subțire (limită, elastohidrodinamiă)
- 8.3. Lubrificație în medii speciale
- 8.4. Lubrificație la temperaturi extreme
- 8.5. Lubrificație sub radiații și/sau în tehnica cu reactor.
- 8.6. Lubrificație la presiuni extreme
- 8.7. Lubrifianți, testarea lubrifianților
- 8.8. Sisteme de lubrificație și metode
- 8.9. Probleme de igienă și microbiologice.

9. Domenii de aplicare. Procese și utilaje tehnice.

- 9.1. Durabilitatea, fiabilitatea și mentenanța sistemelor tehnice.
- 9.2. Mașini și componente: selectare și performanțe
 - 9.2.1. Lagăre
 - 9.2.2. Transmisii
 - 9.2.3. Cuplaje, ambreiaje, frâne
 - 9.2.4. Etanșări
 - 9.2.5. Autovehicule, echipamente, vase navale
 - 9.2.6. Șină-roată
 - 9.2.7. Pneu-drum

9.2.8. Industrii specifice

9.2.9. Alte organe de mașini și produse

9.3. Testarea materialelor

9.4. Mecanica rocilor. Geomecanică

10. Informații de bază despre suprafețe solide și contacte

10.1 Suprafețe solide

10.1.1. Morfologie (geometrie)

10.1.2. Tensiuni interne, energie și tensiune superficială, reacții chimice, efectele mediului

10.2. Contacte

10.2.1. Aria de contact, deformația de contact, transfer termic

10.2.2. Caracterul îmbinărilor, adeziune.