

## CERCETĂRI EXPERIMENTALE PRIVIND VARIAȚIA COEFICIENTULUI DE FRECARĂ ÎN LAGĂRELE CU ALUNECARE

Ion DINESCU\*, Gabi BARDOCZ\*\*

\*Academia Forțelor Aeriene „HENRI COANDĂ” Brașov

\*\*Universitatea “TRANSILVANIA” din Brașov

*Abstract: When it comes to know the friction parameters, it still represents an essential problem regarding the research of the friction phenomenon of the bushings, because the friction is always produced when there is a relative movement between the surfaces in contact. In the working of a bushing, the friction can bring not only prejudices, a situation in which it should be limited, but also some advantages, a situation in which the friction should be provoked as such. The friction phenomenon is characterized by a multitude of parameters. Among these one of the most important (if not the most important of all) is the friction coefficient. The present paper shows the results of the experimental research made on a number of six couples made out of several materials used in the making of the bushings (eg. an antifricition material based on Al-Sn (AS20) + OLC 45, an antifricition material based on synthesized powders Cu-Pb (CP10S10) + steel OLC45), the two semicouples with the direction of the making first parallel and the perpendicular.*

*Cuvinte cheie: coeficient de frecare, lagăre cu alunecare, cuzineți.*

### 1. INTRODUCERE

Cunoașterea parametrilor frecării constituie o problemă esențială în cadrul cercetărilor tribologice pentru lagărele cu alunecare.

Frecarea apare atunci când există mișcare relativă între suprafețele aflate în contact.

În funcționarea unui lagăr cu alunecare, frecarea poate aduce atât prejudicii, situație în care trebuie limitată, cât și utilități, situație în care trebuie provocată ca atare. Astfel, frecarea consumă energie, reduce randamentul și produce uzură, ducând la deteriorarea rapidă a sistemelor mecanice. Energia consumată prin frecare este disipată sub formă de căldură la nivelul cuplei de frecare și în mediul înconjurător. În acest sens trebuie avute în vedere, atât în faza de proiectare, cât și în faza de exploatare a lagărelor cu alunecare, pierderile de energie prin frecare să fie minime, asigurând astfel condițiile realizării unei fiabilități ridicate.

Există și situații în care frecarea are un rol util, contribuind la transmiterea mișcării și a puterii. În aceste situații se caută combinații de

material care să asigure o frecare maximă în condițiile unei uzări minime.

Frecarea se produce în absența lubrifiantului (frecare uscată) sau în prezența parțială sau integrală a acestuia (frecare limită, mixtă, elastohidrodinamică, hidrodinamică, hidrostatică etc.) [2, 3].

Fenomenul frecării este caracterizat de o multitudine de parametri. Printre aceștia, unul dintre cei mai importanți (dacă nu cel mai important) este coeficientul de frecare.

Coeficientul de frecare  $\mu$  este o constantă fizică a materialului, o mărime adimensională, care se determină cu relația:

$$\mu = \frac{F_T}{N} \quad (01)$$

unde:  $F_T$  este forța de frecare egală și de sens opus forței de tracțiune  $T$ ;  $N$  este reacțiunea normală.

Acești coeficienți depind de: materialele semicuplelor, rugozitatea suprafețelor, condițiile de ungere, direcția și sensul de prelucrare a suprafețelor în contact, viteza relativă de alunecare, temperatura etc.

Coeficienții de frecare sunt de două tipuri: statici ( $\mu_s$ ) și cinetici (dinamici,  $\mu_c$ ).

Coeficienții statici apar la limita dintre repaus și mișcare, deci la pornire, iar cei dinamici sau cinetici apar în timpul mișcării.

Cunoașterea coeficienților statici prezintă o deosebită importanță, în special la cuple la care pornirile și opririle sunt frecvente.

Datorită multiplilor factori care intervin în procesul frecării, relațiile de calcul pentru determinarea coeficienților de frecare sunt complexe și dificil de rezolvat. Din acest motiv, este foarte important să poată fi determinați pe cale experimentală, dar cu o mare precizie. Precizia efectivă de măsurare a coeficienților de frecare este de trei zecimale; în literatura tehnică acești coeficienți sunt dați, în general, cu o precizie de una sau două zecimale.

## 2. FRECARIA

Frecarea este un proces complex de natură moleculară, mecanică și energetică, care apare între suprafețele în contact a două corpuri care se află în mișcare relativă. Fenomenul de frecare se caracterizează prin forța de frecare, având sensul opus mișcării.

Frecarea presupune un consum de energie care se disipă sub formă de căldură, la nivelul cuplei de frecare și în mediul înconjurător. În acest sens, tribologia (*tribos* = *frecare*, *logos* = *știință*) indică soluțiile care trebuie avute în vedere, atât în faza de proiectare, cât și în faza de exploatare a mașinilor, astfel încât pierderile de energie să fie minime, în condițiile realizării unei fiabilități ridicate. Frecarea reduce randamentul, mărește uzura și conduce la deteriorarea rapidă a sistemului.

Studiul fenomenelor de frecare are două obiective importante:

- să stabilească materialele, condițiile de ungere și de funcționare care să asigure pierderi prin frecare minime;
- să calculeze forțele și momentele dezvoltate în interacțiuni ca urmare a proceselor de frecare; acestea, împreună cu forțele normale din interacțiuni, constituie elementele de bază pentru analiza dinamică a sistemelor mecanice studiate.

## 3. CUPLE DE FRECARIE

Cupla de frecare este ansamblul de două sau mai multe corpuri aflate în contact, având o mișcare relativă de alunecare, rostogolire, pivotare sau combinații [4].

Cupla de frecare are rolul de a transmite mișcarea, forța sau momentul de la elementul motor la elementul condus. Transmiterea fluxului de energie se face prin intermediul suprafețelor de frecare. Din acest punct de vedere, dacă se face referire strictă la interacțiunea dintre suprafețe, avem un sistem tribologic.

Sistemul tribologic este o entitate, a cărei comportare funcțională este dependentă de suprafețele care interacționează și de mișcarea relativă. Scopul tehnic al acestuia este de a realiza o transmitere de flux de energie între elementele cuplelor de frecare. Se numește sistem tribomecanic sau tribosistem.

Contactul corpurilor care formează cupla de frecare poate fi punctiform, liniar sau de suprafață.

Din punct de vedere al tipului contactului (STAS 8069-87), cuplele de frecare se împart în patru clase (tabelul 1).

Tabelul 1 Clasificarea cuplelor de frecare după tipul și numărul contactelor

Tip cuplă	Clasa cuplei	Tipul contactului	Numărul contactelor
Superioară	Clasa I	Punctiform	Unic Multiplu
	Clasa II-a	Liniar	Unic Multiplu
Inferioară	Clasa III-a	Pe suprafață cilindrică sau sferică	Unic Multiplu
	Clasa IV-a	Pe suprafață plană	Unic Multiplu

#### 4. FRECAREA USCATĂ ÎN LAGĂRELE CU ALUNECARE. FORȚĂ DE FRECARE. COEFICIENT DE FRECARE

Frecare uscată se caracterizează prin contactul direct și nemijlocit al suprafețelor aflate în mișcare relativă. Între aceste suprafețe nu există lubrifianț.

Din punct de vedere practic, o astfel de situație se întâlnește mai rar, deoarece pe suprafețele cuplelor de frecare se află de obicei oxizi, produși de reacție, apă condensată sub formă de picături fine, molecule de ulei provenite din manevrarea sau curățarea pieselor, particule de praf și alte impurități care se găsesc în atmosferă etc.

Din aceste motive, atunci când în cupla de frecare nu se introduce lubrifianț (lichid, solid sau gazos) și funcționarea are loc în mediul obișnuit (aer) frecarea uscată este *tehnică*. Acest termen se folosește pentru a-l deosebi de frecarea uscată *teoretică* care poate fi obținută doar în laborator, în vid sau medii protectoare.

Frecarea este însoțită de diferite alte fenomene: încălzire, oxidare, uzură etc. și pentru o evaluare riguroasă a coeficienților de frecare trebuie să se facă apel la noi teorii care să țină seama de: temperatură, suprafața reală și interacțiunea suprafețelor, adsorbția moleculară, deformația materialelor în contact etc.

Bowden, Deriaghin, Sachs și Monow, continuând experiențele lui Coulomb, au arătat că forța de frecare nu depinde numai de forța normală ci și de un al doilea termen „ $A_g$ ”, denumit ulterior „constantă de gripaj”. Relația de dependență este :

$$F_a = A_g + \mu_a \cdot N \quad (02)$$

Gümbel, Blok, Ernst și Merchant au propus diferite relații cu doi termeni pentru coeficientul de frecare.

Ținând seama de  $A_r$ ,  $\tau_r$ ,  $\theta$  ( $\theta$  reprezintă unghiul dintre planul lui  $A_r$  și  $F_a$ ) precum și de  $HB$  – duritatea de suprafață, au obținut pentru coeficientul de frecare al suprafeței rugoase următoarea relație:

$$\mu_a = \frac{\tau_r}{HB} + \operatorname{tg} \theta \quad (03)$$

Pentru epruveta superioară (lamelară, pe baza relației (3) și a ipotezei lui Bowden-Tabor, se poate obține pentru coeficientul de frecare o relație (4) cu trei termeni:

$$\mu_a = \frac{\tau_r}{HB} + f_m + \operatorname{tg} \theta \quad (04)$$

în care  $f_m = \frac{F_{im}}{N}$  este forța datorată îndepărtării materialului mai moale, raportată la sarcină.

Holm admite un model mixt al frecării, care este de fapt un model mai apropiat de cazul real. Astfel forța de frecare poate fi considerată ca având următoarele patru componente:

$$F_a = F_{fa} + F_{fr} + F_{dp} + F_{de} \quad (05)$$

în care:  $F_{fa}$  reprezintă forța de forfecare a adeziunilor și a punților de sudură la suprafața de contact;  $F_{fr}$  - forța de forfecare a micro-rugozităților în interacțiune;  $F_{dp}$  - forța de deformație plastică;  $F_{de}$  - forța de deformație elastică.

Holm a remarcat că forțele  $F_{dp}$  și  $F_{de}$  sunt dificil de separat.

Din cele prezentate, se desprinde concluzia că forța de frecare depinde de un complex de factori: sarcina normală, viteza de alunecare, felul contactului, calitatea și rugozitatea suprafeței, natura materialelor în contact, caracterul rigid sau elastic al suprafețelor, temperatura superficială și desigur prezența unor pelicule pe suprafața de frecare (lubrifianț, impurități etc.).

Implicit, coeficientul de frecare depinde deci de mai mulți factori. S-a dovedit că el este influențat în mare măsură de starea suprafețelor (starea microgeometrică și fizico-chimică a straturilor superficiale) [4].

Pentru mai bună înțelegere a acestor fenomene care duc la producerea frecării, ele vor fi prezentate în continuare.

*Escaladarea asperităților.* În cazul mișcării relative dintre două suprafețe rugoase, se constată că în urma deplasării acestea rămân curate, fără să apară rugozități rupte sau modificări ale acestora. Se presupune că asperitățile se deplasează una peste cealaltă. Rezultanta efortului de escaladare are caracter

mecanic și poate fi considerată forță de frecare.

*Interacțiunea moleculară.* Este acțiunea mutuală dintre două molecule care în mișcarea lor se apropie atât de mult una față de cealaltă, încât se produce un transfer de energie între acestea. Fenomenul este similar cu o ciocnire.

Moleculele își pot mări astfel temperatura sau pot deveni active din punct de vedere chimic. În ambele situații, aceste molecule pot să interacționeze cu o moleculă a unei asperități de pe suprafața adiacentă. În urma acestei interacțiuni pot să apară forțe de atracție sau respingere, sau se poate forma un produs chimic alcătuit din moleculele celor două suprafețe.

Cele trei situații conduc fie la pierdere de energie, fie la apariția unei forțe rezistente care împiedică mișcarea și care a fost numită *forță de frecare*.

*Coeziunea moleculară.* Apare între moleculele unui corp. Se manifestă prin exercitarea de forțe de către o moleculă asupra celeilalte. Mărimea acestor forțe este influențată de distanța la care se află moleculele. Dacă distanța dintre acestea este mare, mărimea forțelor de coeziune este nesemnificativă. Dacă distanța dintre molecule se micșorează, forțele de atracție cresc ca intensitate, până la un maxim. Printr-o apropiere mai mare, sensul forțelor se schimbă și acestea devin forțe de respingere.

Corpurile situate în zona forțelor intermoleculare de atracție sunt supuse fenomenului de coeziune moleculară.

Forțele intermoleculare care produc coeziunea sunt:

- Van der Waals, apar în cazul legăturilor între molecule sau în cazul rețelelor stratificate, după o direcție perpendiculară pe planul legăturilor covalente (în rețelele moleculare);
- datorate legăturilor covalente, care apar între atomi la rețelele ionice (se pun în comun electronii de valență de la doi atomi vecini);
- datorate legăturilor metalice, caracterizate prin interacțiune între ionii pozitivi ai rețelei și gazul electronic care se formează.

*Adeziunea moleculară.* Este un fenomen care apare între moleculele aparținând a două

corpuri. Moleculele trebuie să ajungă în contact direct, astfel încât distanța dintre ele să fie comparabilă cu dimensiunea lor.

Pentru separarea moleculelor este necesar să se aplice o forță, *forța de frecare*.

Adeziunea moleculară există atât la contactul direct dintre corpurile cu structura cristalină prelucrate mecanic, numite în tribologie corpuri aspre, cât și în cazul suprafețelor cu structură amorfă (sticla).

*Zgârierea.* Este procesul de dislocare a cristalelor sau moleculelor de pe flancurile asperităților sau de forfecare a acestor cristale. Aceasta este produsă fie de asperitățile suprafeței conjugate, care au o duritate mai mare, fie de corpuri străine cu duritate mare, care apar în zona de frecare. Direcția de zgâriere este direcția de deplasare a suprafețelor în contact. Forțele suplimentare care apar în urma zgârierii fac parte din categoria forțelor de frecare.

*Deformațiile.* Asperitățile suprafeței se pot deforma sub acțiunea unei forțe. Aceasta înseamnă introducerea unei forțe suplimentare care să se opună forțelor rezistente date de legăturile covalente sau a celor de tip Van der Waals.

Se disting următoarele situații:

- dacă mărimea forței de acțiune, denumită forță de frecare, are valori mai mici decât rezultanta forțelor inter- sau intracristaline, la încetarea ei cristalele vor reveni la starea inițială; are loc o *deformație elastică*;
- dacă mărimea forței de acțiune este mai mare decât forțele inter- sau intracristaline, la încetarea acțiunii acesteia cristalele nu vor mai reveni la poziția inițială sau forma acestora nu mai este cea pe care au avut-o înainte de încărcare; are loc o *deformație plastică*;
- în funcție de mărimea sarcinii și calitatea materialului, mai poate să apară situația în care unele cristale ale asperităților se deformează plastic și altele se deformează elastic; are loc o *deformație elasto-plastică*.

## 5. REZULTATE EXPERIMENTALE

Deoarece în cazul cuplelor realizate din același material, cu aceeași rugozitate, s-au

înregistrat valori diferite ale coeficienților statici de frecare, atunci când în mișcarea relativă dintre ele se schimbă direcția de prelucrare, a fost luat în considerare și acest aspect. Au fost făcute determinări pe un număr de șase cuple din diverse materiale [Al-Sn (AS20) + oțel OLC 45, pulberi sinterizate Cu-Pb-Sn (CP10S10) + oțel OLC 45], semicuplele cu direcția de prelucrare a suprafeței paralelă, apoi perpendiculară.

Determinările s-au făcut pe tribometrul de înaltă precizie cu masa lăgăruită pe prisme. În cazul cuplei Al-Sn (AS20) + oțel OLC 45, au fost făcute câte zece determinări pentru diferitele tipuri de rugozități ale semicuplei mobile, pentru situația în care direcția de prelucrare a semicuplei este paralelă și zece determinări când direcția de prelucrare este perpendiculară. Iar în cazul cuplei Cu-Pb (CP10S10) + oțel OLC 45, am făcut câte zece determinări pentru diferitele tipuri de rugozități ale semicuplei mobile.

În figura 1 sunt prezentate cele patru semicuplele mobile din OLC 45, având diferite rugozități, utilizate în cadrul experimentelor.

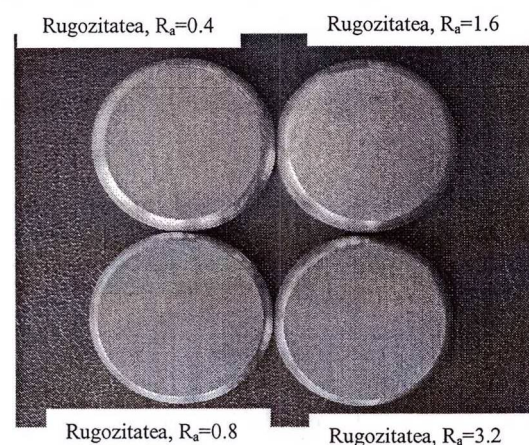
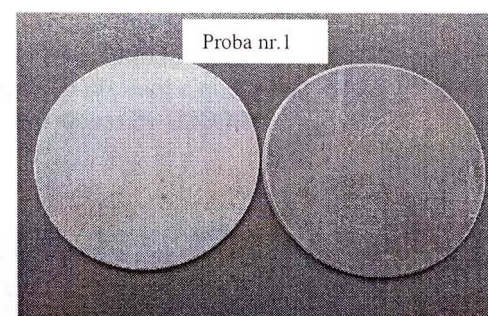
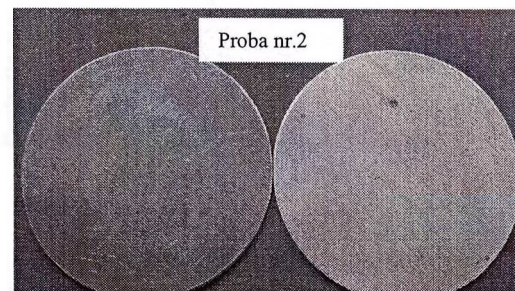


Fig. 1 Semicupla mobilă din oțel OLC 45

În figura 2 sunt prezentate cele patru semicuplele fixe din material antifricțiune folosit la fabricarea lagărelor cu alunecare, utilizate în cadrul experimentelor.



Material antifricțiune pe baza de Al-Sn (AS 20)      Material antifricțiune sinterizat pe bază de Cu-Pb (CP10S10)



Material antifricțiune sinterizat pe bază de Cu-Pb (CP10S10)      Material antifricțiune pe baza de Al-Sn (AS 20)

Fig. 2 Semicuple fixe din materiale antifricțiune folosite la fabricarea lagărelor cu alunecare

În tabelul 2 sunt prezentate comparativ valorile medii obținute în urma determinărilor efectuate pentru cupla formată din materialul de antifricțiune pe baza de Al-Sn (AS20) și oțel OLC 45, pentru diferite rugozități și în cazul în care striatiile cuplei mobile sunt paralele cu direcția de deplasare.

Pe baza acestor valori s-a trasat graficul comparativ pentru a putea observa evoluția coeficientului de frecare static în cazul aceluiași material (fig. 3).

Se poate observa că valorile medii ale coeficientului de frecare static în cazul celor două probe din același material sunt relativ apropiate, cu variații între 0.01-0.03; aceasta se poate explica prin faptul că pe suprafața materialului antifricțiune ale probelor pot exista unele defecte de prelucrare, precum și prin faptul că determinările au fost executate în condiții de temperatură și umiditate diferite.

Tabelul 2. Valorile coeficientului de frecare static determinate experimental în cazul cuplei formate din materialul antifricțiune pe baza de Al-Sn și oțel OLC 45

Coeficientul de frecare static	Cupla fixă Al-Sn (AS20)	Rugozitate semicuplă mobilă – OLC 45			
		$R_a=0.4$	$R_a=0.8$	$R_a=1.6$	$R_a=3.2$
Valoarea medie	proba 1	0.3610	0.4060	0.3180	0.3517
Valoarea medie	proba 2	0.3364	0.4105	0.3354	0.3617

Grafic comparativ pentru cele două valori medii ale coeficientului de frecare static pentru cupla formată din: material antifricțiune pe baza de Al-Sn (AS20) + oțel OLC 45 (cu striatiile paralele cu direcția de deplasare)

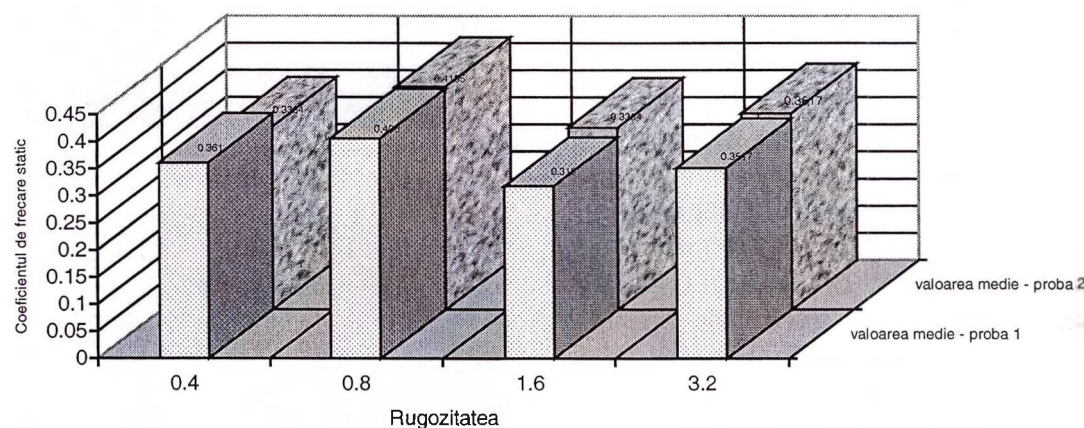


Fig. 3 Variația coeficientului static de frecare mediu funcție de rugozitate pentru cupla AS 20 + OLC 45

Următorul set de determinări au fost făcute inversând direcția de deplasare ale cuplei mobile, astfel direcția de prelucrare a acestora va fi perpendiculară pe direcția de deplasare.

S-a făcut prelucrarea numerică a rezultatelor experimentale obținute, iar în tabelul 3 sunt prezentate cumulat rezultatele obținute în cele două situații de funcționare (paralelă și perpendiculară).

Se constată că, în general, valoarea coeficientului de frecare este mai mare în cazul în care direcția de prelucrare la cele două elemente ale cuplei este paralelă.

Aceasta se poate explica ținând cont de microgeometria suprafeței. Suprafața reală de contact în acest caz este mai mare decât atunci când direcția de prelucrare este perpendiculară.

Tabelul 3 Valorile coeficientului de frecare determinate experimental în cazul cuplei formate din materialul antifricțiune pe baza de Al-Sn și oțel OLC 45

Nr. crt.	Număr probă	Semicupla Rugozitatea $R_a$			Valoarea coeficientului de frecare	
		Fixă	Mobilă	Rugozitatea	Direcția de prelucrare paralelă	Direcția de prelucrare perpendiculară
1	1	AS20	OLC 45	0.4	0.3610	0.3513
2		AS20	OLC 45	0.8	0.4060	0.4097
3		AS20	OLC 45	1.6	0.3180	0.3201
4		AS20	OLC 45	3.2	0.3517	0.3241
5	2	AS20	OLC 45	0.4	0.3364	0.3738
6		AS20	OLC 45	0.8	0.4105	0.3768
7		AS20	OLC 45	1.6	0.3354	0.3688
8		AS20	OLC 45	3.2	0.3617	0.3389

Există și excepții de la această situație, atunci când se produce contactul dintre o suprafață cu duritate mare și una cu duritate foarte mică (de exemplu OLC 45 cu materialul de antifricțiune pe baza de Al-Sn [AS20]), caz

în care situația se inversează.

Aceasta s-ar putea explica prin faptul că unele deformații plastice în masa materialului mai moale, care ar putea duce la mărirea coeficientului de frecare atunci când

direcția de prelucrare ale cuplei mobile este perpendiculară [3,4].

Cert este faptul că și direcția de prelucrare influențează valoarea coeficientului static de frecare și trebuie să ținem seama de ea atunci când se execută o cuplă de frecare.

În tabelul 4 sunt prezentate comparativ valorile medii obținute în urma determinărilor

efectuate pentru cupla formată din materialul de antifricțiune sinterizat pe baza de Cu-Pb (CP10S10) și OLC 45, pentru diferite rugozități ale cuplei mobile.

Pe baza valorilor medii obținute s-a trasat graficul comparativ pentru a putea observa evoluția coeficientului de frecare static în cazul aceluiași material (fig. 4).

Tabelul 4 Valorile coeficientului de frecare static determinate experimental în cazul cuplei formate din materialul antifricțiune pe baza de Cu-Pb (CP10S10) și OLC 45

Coeficientul de frecare static	Cupla fixă Cu-Pb (CP10S10)	Rugozitate semicuplă mobilă – OLC 45			
		$R_a=0.4$	$R_a=0.8$	$R_a=1.6$	$R_a=3.2$
Valoarea medie	proba 1	0.2451	0.2286	0.2057	0.2451
Valoarea medie	proba 2	0.2256	0.2342	0.2103	0.2055

Grafic comparativ pentru cele doua valori medii ale coeficientului de frecare static pentru cupla formata din: material antifricțiune sinterizat pe baza de Cu-Pb (CP10S10) + otel OLC 45

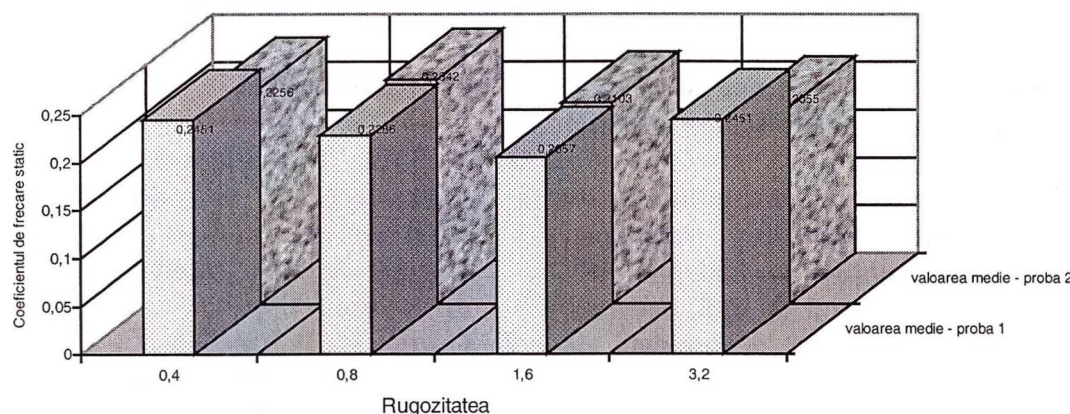


Fig. 4 Variația coeficientului static de frecare mediu funcție de rugozitate pentru cupla CP10S10 + OLC 45

Se observă că în cazul în care materialul antifricțiune are la baza pulberea sinterizată Cu-Pb (Cp10S10), valorile coeficientului de frecare static pentru cele două probe au variații cuprinse între 0,01-0,04, ceea ce se poate explica prin faptul că suprafața de contact dintre semicupla fixă și cea semicuplei mobile diferă, în funcție de rugozități, precum și prin faptul că determinările au fost făcute în condiții de temperatură și umiditate diferite.

## 6. CONCLUZII

Cunoșterea coeficientului de frecare prezintă o deosebită importanță, în special la cuplele de frecare (de tipul lagărelor cu

alunecare), la care pornirile și opririle sunt frecvente, deoarece coeficienții statici de frecare apar la limita dintre repaus și mișcare, adică la pornire.

Din cercetările experimentale făcute se constată variații ale coeficientului de frecare în cazul cuplelor din materiale antifricțiune utilizate la fabricarea lagărelor cu alunecare.

Din diagramele rezultate pe baza măsurătorilor experimentale se desprind următoarele:

- variațiile coeficientului static de frecare sunt destul de mari, cu toate că s-a menținut o viteză relativă de alunecare constantă, pentru același material, ceea ce se poate explica prin faptul că pe suprafața materialelor antifricțiune

ale probelor pot exista unele defecte de prelucrare, precum și prin faptul că determinările au fost executate în condiții de temperatură relativ mici și umiditate mare;

- diferențele de temperatură se resimt la nivelul suprafețelor în alunecare, în cazul lagărelelor, datorită frecării dintre fus și cuzinet;

Coeficientul de frecare static este influențat de temperatură, condiții de funcționare, precum și de viteza relativă de alunecare.

- în aproximativ aceleași condiții de încercare materialul antifricțiune sinterizat pe baza de Cu-Pb (CP10S10) prezintă un coeficient static de frecare mai mic decât cea a materialului antifricțiune pe bază de Al-Sn (AS20), rezultă o mai bună comportare la frecare a materialului antifricțiune pe baza de pulbere sinterizată Cu-Pb (CP10S10) față de materialului antifricțiune pe baza de Al-Sn (AS 20);

- datorită existenței stratului subțire de metal moale (material antifricțiune) pe suportul de oțel (în cazul lagărelelor cu alunecare) valorile coeficientului de frecare sunt mai mici decât în cazul utilizării cuplelor din același material moale;

Coeficientul de frecare este influențat de interacțiunea microrugozităților semicuplei mobile cu stratul subțire de material antifricțiune depus pe suportul de oțel, deoarece rezistența la forfecare este determinată de acesta.

- în cazul cuplelor realizate din același material antifricțiune pe baza de Al-Sn (AS20), cu aceeași rugozitate, s-au înregistrat valori diferite ale coeficienților statici de frecare atunci când în mișcarea relativă dintre ele se schimbă direcția de prelucrare;

Valoarea coeficientului de frecare static este influențat de materialul semicuplelor, precum și de direcția și sensul de prelucrare a materialelor din care se execută cupla de frecare.

- valoarea coeficientului de frecare este mai mare în cazul în care direcția de prelucrare a elementelor cuplei este paralelă, aceasta se poate explica prin faptul că suprafața de contact în acest caz este mai mare decât atunci când direcția de prelucrare este perpendiculară;

- există și excepții de la această situație, care se pot explica prin faptul că atunci când se produce contactul dintre o suprafață cu duritate mare și una cu duritate foarte mică (de exemplu OLC 45 cu materialul de antifricțiune pe baza de Al-Sn (AS20)), situația se inversează, astfel pot apărea unele deformații plastice în masa materialului mai moale, ceea ce ar putea duce la mărirea coeficientului de frecare atunci când direcția de prelucrare a cuplei mobile este perpendiculară.

Coeficientul de frecare este influențat de microgeometria suprafețelor care intră în contact în momentul frecării.

## BIBLIOGRAFIE

1. Bardocz, G., Dinescu, I., *Proprietăți fizico-mecanice utilizate la fabricarea lagărelelor cu alunecare*, Rev. Academiei Forțelor Aeriene „Henri Coandă” Brașov, decembrie 2005;
2. Cozma, R., Bobancu, S., Cioc, V., *Aparate și dispozitive pentru determinări tribologice*, MATRIX ROM, București, 2005;
3. Cozma, R., *Elemente fundamentale de tribologie – frecare-ungere*, MATRIX ROM, București, 2004;
4. Dinescu, I., Bardocz, G., Oprescu, M., *Proprietăți fizico-mecanice ale materialelor utilizate la fabricarea lagărelelor cu alunecare*, A X-a sesiune de comunicări științifice cu participare internațională, Academia Forțelor Terestre „Nicolae Bălcescu” Sibiu, noiembrie 2005.