

CÂTEVA ASPECTE PRIVIND ABRAZIUNEA CE APARE ÎN PROCESUL DE POMPARE ȘI TRANSPORT A PASTELOR ȘI SUSPENSIILOR ABRAZIVE

VLASE MONICA – șef lucrări dr.ing. – Facultatea de Utilaj Tehnologic
SAVANIU MIHAI– șef lucrări dr.ing. – Facultatea de Utilaj Tehnologic

Abstract: Abrasion can occur due to: micro-cutting by the hard particle sharp edges or its roughness; by fracturing due to the crack convergence; by fatigue due to repeated plastic strains; by hard granules, plucking out of the material. Micro-cutting can be explained by two occurring mechanism: material fracturing by shearing in the maximum plastic strain plane; material flakes forming by sharing. Lubricant presence is a stimulating factor of the micro-cutting by abrasive particles. When the lubricant exists, cutting occurs at smaller penetrations of the abrasive particle in the material, as when the lubricant doesn't exist. This implies the fact that when an abrasive particle is rigidly fixed in a soft surface, in the lubricant and load presence, the particle will accelerate the wear process.

1. FORME ȘI DOMENII DE APARIȚIE

După cum rezultă din constatările multor cercetători [1, 6, 8, 11, 20] sistemul funcțional de pompare a betoanelor lucrează într-un mediu de particule abrazive, cu o comportare atipică.

Uzarea de abraziune a făcut obiectul unor multiple studii pe plan internațional. Mulți cercetători precum: M. Hruscirov, M. Babicev și I.V. Kraghelskii [8, 10-12], H.H. Tian [23], N. Hayashi, Y. Kagimoto, A. Notomi, Y. Takeda [7], S. Söderberg, S. Hogmark, U. Engman, H. Swahn [21], Gh. Vasilca, O. Biță [27], D. Pavelescu [15], A. Tudor [24, 25], I. Iliuc [9], L. Căpitanu [4, 5], Y.C. Taşan, ș.a [22] etc., au studiat fenomenele de abraziune și rezistența la acest tip de uzare a diverselor materiale.

Uzarea de abraziune este un proces de natură mecanică cu formele indicate în tabelul 1.1 și se manifestă prin uzarea suprafețelor mai moi de către particulele mai dure sau de către rugozitățile suprafeței mai dure.

Abraziunea se poate produce prin microașchieri de către părțile ascuțite ale particulei dure sau ale asperităților, prin rupere ca urmare a convergenței fisurilor, prin oboseală în urma deformărilor plastice repetate, prin smulgerea grăunților duri din material, etc.

Uzarea de abraziune se manifestă însoțită de alte tipuri de uzare, cum ar fi uzarea de adeziune, uzarea de coroziune, uzarea de oboseală, etc.

În cazul în care particulele abrazive solide, aflate în suspensie în fluidul de lucru al unor cuple de frecare (paletele turbinelor, elicele motoarelor cu reacție, coturile unor conducte prin care se transportă fluide abrazive, mașini de prelucrare prin injecție a materialelor termoplastice compozite, etc), lovesc o suprafață solidă, în zona de contact au loc procese de alunecare ale particulei și de deformare a suprafeței și de deteriorare a acesteia prin impact.

Tab. 1.1. Principalele tipuri de uzare

Tipuri de uzare fundamentale și derivate	Natura uzării	Tipuri de cuple de frecare (organe de mașini) afectate
<p>Adeziune Transfer de material Adeziune moderată Adeziune severă: gripaj incipient, gripaj total</p>	Mecanică, metalurgică și termică	Cele mai multe și variate cuple de frecare: asamblări demontabile, fus-cuzinet, glisiere, ghidaje, piston-cilindru, angrenaje, variatoare, scule așchietoare etc.
<p>Abraziune Microașchiere Rizare prin deformare Eroziune abrazivă Brăzdare Zgâriere</p>		Organele active (brăzdare, cupe, ciocane etc.) ale mașinilor de lucru în mediu abraziv, incintele respective, lanțurile de antrenare, cuplele de frecare insuficient protejate (piston-cilindru, lagăre cu alunecare, rulmenți, angrenaje etc.) sau supuse direct acțiunii abrazive în prezența mediului fluid (palete, angrenaje etc.).
<p>Oboseală Oboseală mecanică pitting incipient, distructiv, exfoliere. Oboseală termo-mecanică: fisuri de oboseală termomecanică</p>	Mecanică	Organele cu solicitări hertziene ciclice mari în prezența lubrifiantului (angrenaje, rulmenți, șuruburi cu bile, camă-tachet, role de lanț)
	Termo-mecanică	Organele solicitate periodic cu frecare uscată sau supuse unui tratament termic defectuos (rolă, șină-bandaj, angrenaje etc.). Tratamente termice defectuoase care produc fisurarea stratului durificat.
<p>Coroziune Coroziune chimică Ruginire</p>	Chimică	Organele de mașini supuse acțiunii corozive (lagăre unse cu acizi) sau în prezența lubrifiantului degradat, a apei (piston-cilindru, lagăre cu alunecare, rulmenți); piese neprotejate.
<p>Coroziune galvanică Ciupire electrică</p>	Electrochimică	Cuple de frecare unse și sub acțiunea curentului electric (lagăre cu alunecare, rulmenți, piston cilindru, angrenaje etc.) Flancurile unor angrenaje, bandaj-cale, contacte electrice supuse acțiunii curentului electric.
<p>Coroziune biochimică</p>	Biochimică	Ghidaje și conductele lichidului de ungere-răcire de la mașini-unelte.
<p>Tribocoroziune Coroziune de fretare</p>	Mecanochimică	Organe de mașini în prezența lubrifiantului degradat și a forței de frecare (piston-cilindru, ghidaje, lagăre etc.). Fuzete, rulmenți, caneluri, asamblări filetate etc. supuse coroziunii și unor mici deplasări.
<p>Cavitație</p>		
<p>Impact</p>	Mecanotermo-chimică	Suprafețele unor organe de mașini supuse imploziilor de gaze, în apă și ulei (palete de turbine, pompe, elice de nave, lagăre cu alunecare, angrenaje etc.). Corpurile de mărunțire, unele semicuple, angrenaje etc.

Cojire	Mecanică	Flancuri de angrenaje, rulmenți, organe active de mărunțire etc.
Deformare la rece (rulare)		Suprafețele unor organe de mașini supuse (angrenaje, rulmenți, camă + tchet etc.) deformată plastic în urma unor solicitări mecanice puternice.
Încrêțire		Flancuri de angrenaje solicitate și imperfect unse.
Brinelare		Căi de rulare la rulmenți, flancuri de angrenaje etc.
Interferență		Flancurile unor roți necorijate sau imperfect corijate.
Fisurare de rectificare	Termomecanică	Organe de mașini cu defecte de rectificare (corpuri filetate, angrenaje etc.)
Fisurare de tratament termic		Organe de mașini cu fisuri în urma tratamentului termic și solicitările mecanice (angrenaje, role, corpuri filetate etc.).
Deformare la cald	Termică	Suprafețele unor organe de mașini (rulmenți, angrenaje, ghidaje, discuri de frână etc.) deformată plastic datorită încălzirii și solicitărilor mecanice.
Decolorare (pătare)		Suprafețe supraîncălzite (cămăși de cilindru, flancuri de angrenaje, discuri de frână etc.)

În ceea ce privește uzura de abraziune, tribosistemele abrazive sunt prezentate în fig. 1.1 [14].

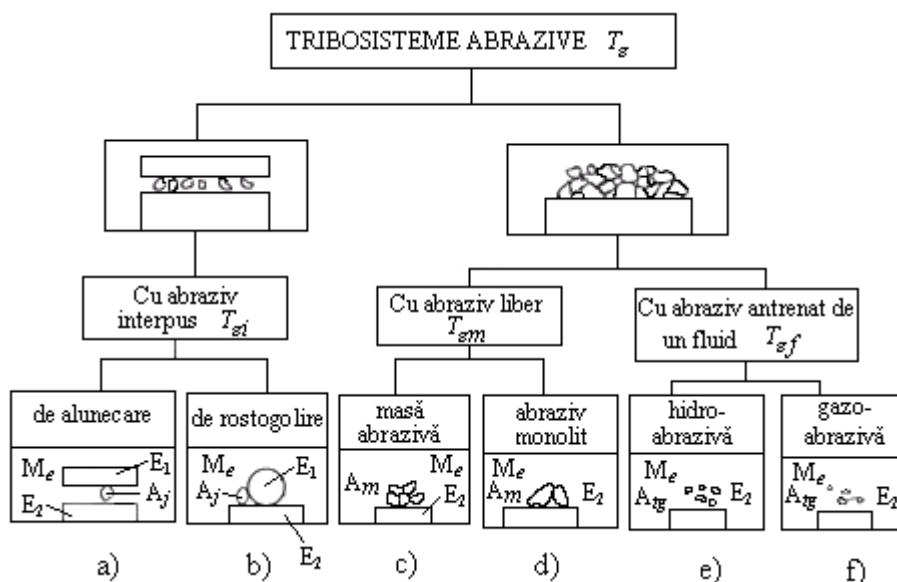


Fig. 1.1. Tribosisteme abrazive [14].

După cum se observă, tribosistemele abrazive cuprind următoarele grupe: T_{zi} – tribosisteme cu particule interpusă: a – cu mișcare de alunecare, b – cu mișcare de rostogolire; T_{zm} – tribosisteme cu abraziv liber: c – în masă abrazivă, d – cu abraziv monolit; T_{zf} – tribosisteme cu particule antrenate de fluid: e – hidroabrazive, f – gazoabrazive.

Structural, tribosistemele abrazive cuprind patru elemente de bază: elemente active E_1 și E_2 (fig. 1.1 a și b), sau numai E_2 (fig. 1.1 c, d, e și f), materialul abraziv A (fig. 1.1.a, b – interpus; fig. 1.1 c, d, e și f – prelucrat sau transportat), materialul ce se interpune între abraziv și suprafețele elementelor active, care în general, are rolul de lubrifiant (ulei, apă, aer), mediul exterior în care se desfășoară procesul de frecare și uzare, M_e .

Trebuie menționat că tribosistemele hidroabrazive pot avea ca lichid antrenant un fluid care se comportă reologic, ceea ce schimbă fundamental principiul hidro-abrazivității. Am denumi acest sistem special, drept sistem reologic-abraziv. Acesta se manifestă spre exemplu la injecția materialelor termoplastice compozite, precum presupunem că are loc și la transportul mortarelor de ciment și ale betoanelor, pe conductele instalațiilor de pompare.

În mod evident, la pomparea și transportul pastelor și suspensiilor abrazive pe conducte, principalele forme de uzare pot fi abraziunea, coroziunea și eroziunea.

Având în vedere că tehnologia de transport și pompare, prevede norme de spălare a conductelor de transport, apreciem că uzarea de coroziune, deși se manifestă pe conductele din oțel, are o pondere destul de mică, față de uzarea totală. Ca urmare, au fost luate în considerare în principal, uzarea prin abraziune cu trei corpuri și cea prin eroziune.

Particulele mai dure pot proveni din mediul exterior cuplei (praf, nisip etc.) sau de însăși particulele de uzură desprinse în procesul de adeziune sau de oboseală.

În fig. 1.2 a, b, c, d, e, f, g se exemplifică principalele forme ale uzării de abraziune.

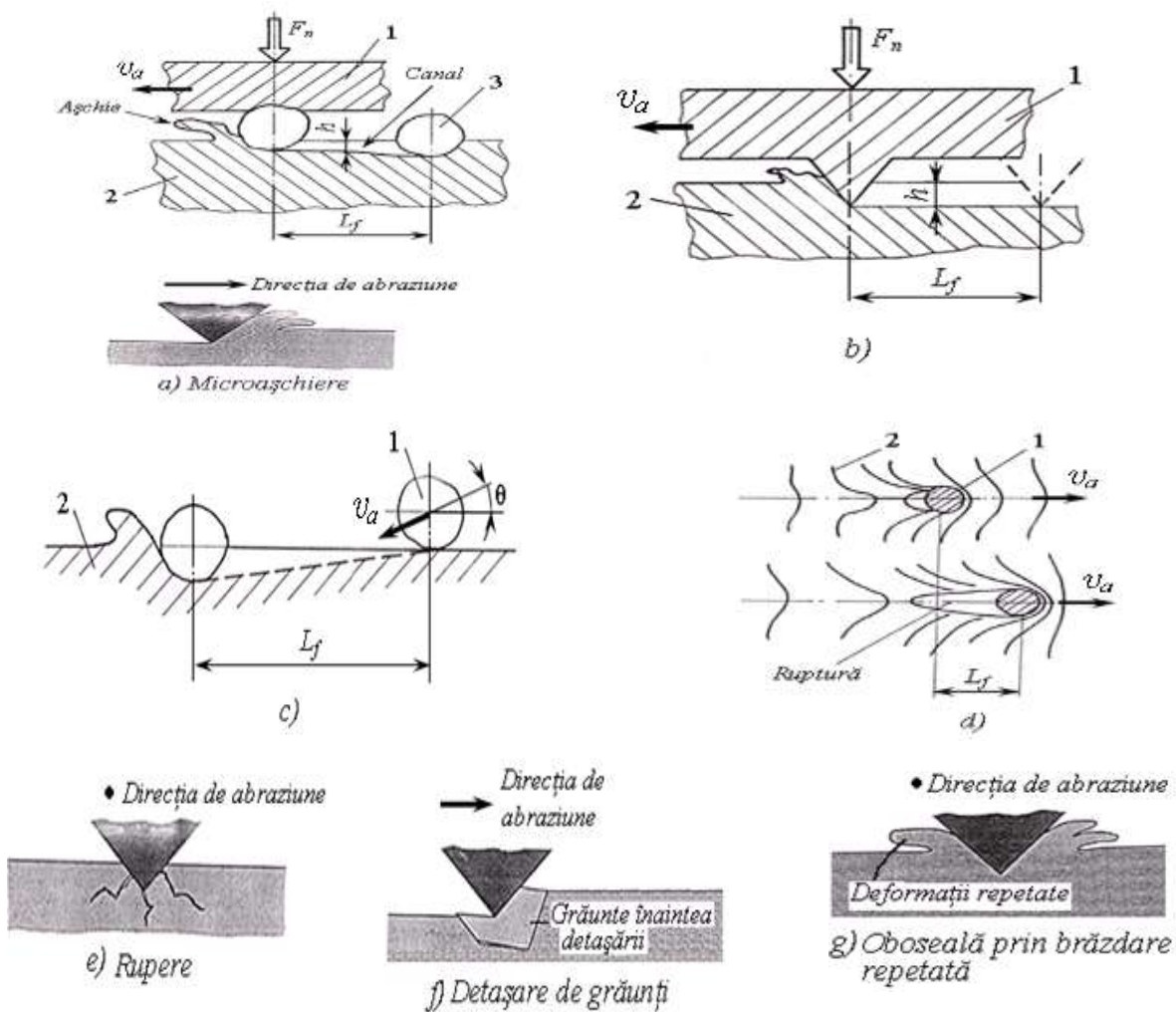


Fig. 1.2. Uzare de abraziune

- a) prin particulă dură 3; b) rugozitate dură a suprafeței 1; c) eroziune provocată de particula 1; d) abraziune în cazul unui polimer/metal; e) rupere; f) detașare de grăunți; g) oboseală prin deformare repetată.

Apariția uneia sau alteia dintre aceste forme depinde, în special, de raportul durităților suprafețelor în contact sau de raportul durității particulei abrazive și a suprafeței și de presiunea reală de contact dintre suprafețele conjugate.

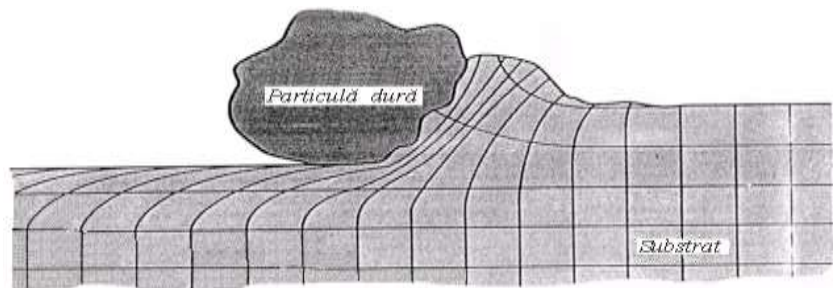
Abraziunea este produsă în urma impactului unei particule dure (fig. 1.2.c în prezența sau în absența unui mediu fluid, rezultând eroziunea).

Microașchiera se poate explica prin două mecanisme de apariție: ruperea materialului prin forfecare în planul cu deformațiile plastice maxime; formarea unor fulgi de material prin brăzdare. Prezența lubrifiantului este un factor care stimulează microașchiera prin particule abrazive. Când există lubrifiant, așchiera apare la penetrații mai mici ale particulei abrazive în material decât atunci când nu există lubrifiant. Această observație implică faptul că atunci când o particulă abrazivă este fixată rigid într-o suprafață moale, în prezența lubrifiantului și a încărcării, particula va accelera procesul de uzare.

Muchiile particulei pot provoca așchii sau deformații plastice care nu conduc la forfecări ale materialului.

Particulele abrazive noi, obținute prin spargerea altora mai mari sau prin detașarea ca particule de uzare din materiale fragile, conțin mai multe muchii microașchietoare. La deplasarea particulei apar deformații plastice considerabile care conduc la ecruisarea (durificarea) materialului, ca urmare se reduce intensitatea de uzare și se „rotunjesc” muchiile particulei. Acest proces este schematizat în fig. 1.3.

Fig. 1.3. Deformația suprafeței la trecerea particulei abrazive.



Ruperea a fost evidențiată la materialele fragile (casante) prin studiul generării fisurilor din stratul superficial al unui material transparent de către un penetrator ascuțit, așa cum se observă în fig. 1.4.

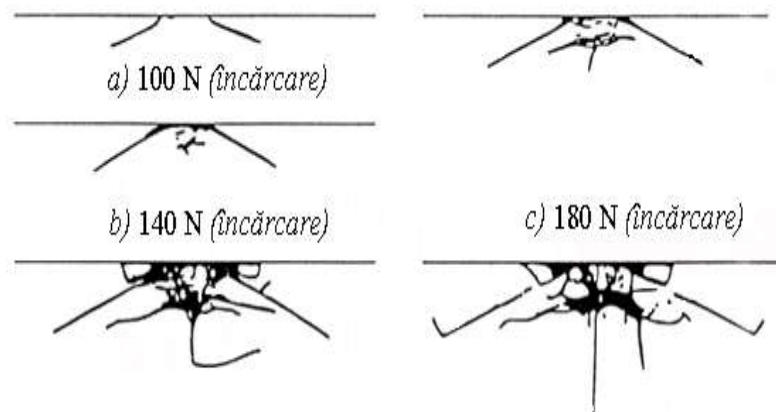


Fig. 1.4. Generarea fisurilor în materiale fragile de către un penetrator rigid.

Pentru materialele fragile, ruperea sub penetrator se realizează în trei moduri, astfel: la o anumită forță, fisurile se propagă la circa 30° față de suprafață; la o altă forță mai mare se localizează o fragmentare a materialului fisurat; la o forță critică, fisura se dezvoltă central în adâncime.

Deplasarea succesivă a particulelor pe suprafață conduce la acumularea fisurilor și ca urmare la desprinderea materialului sub forma unor microfragmente.

Oboseala materialului apare în zona deformată de către particula dură. Ca exemplu se consideră a fi cazul în care deformarea laterală a materialului este repetată.

În fig. 1.5 se prezintă o secțiune transversală prin zona de trecere a particulei abrazive. Oboseala conduce la intensități reduse și medii de uzare.

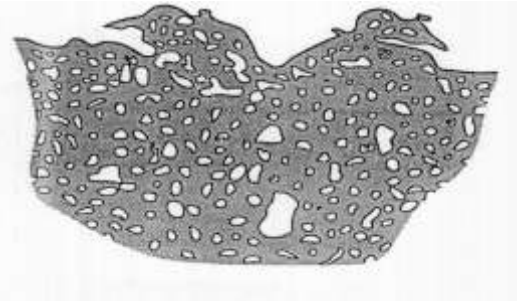


Fig. 1.5. Deformarea laterală a materialului de către particula abrazivă.

Brăzderea reprezintă o formă severă de abraziune, cu rizuri late și adânci, care poate fi produsă direct de contrapiesă (la angrenaje, capul dintelui), de particule mai dure, interpuse (de exemplu, la discurile de frână), de piese metalice și alte materiale dure (la organele active de lucru ale solului).

Zgârierea este forma cea mai blândă de abraziune și se manifestă prin rizuri liniare, paralele, izolate etc.; poate apărea pe diferite piese (flancurile dinților unui angrenaj, cuzinetul unui lagăr, cămașa unui cilindru etc.), fiind produsă tot de interpunerea unor particule mai dure, acțiunea unor rugozități etc.

Modul de trecere a particulelor abrazive pe suprafața uzată definește două tipuri de uzări, așa cum se observă, schematic în fig. 1.6:

- uzarea cu „două corpuri”;
- uzarea cu „trei corpuri”.

Abraziunea cu două corpuri presupune că particulele sunt fixate într-unul dintre elementele cuplei. Situația poate fi considerată ca fiind similară abraziunii unei suprafețe de către rugozitățile suprafeței conjugate.

Abraziunea cu trei corpuri implică starea liberă a particulelor în interstițiu, particule care se pot rostogoli sau pot aluneca pe suprafață.

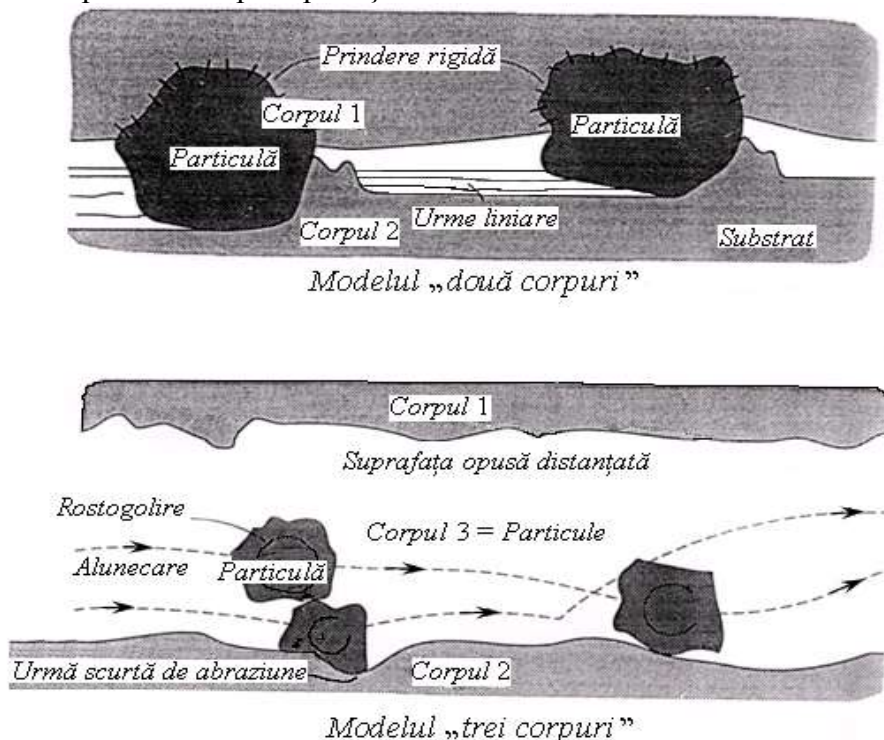


Fig. 1.6. Uzarea abrazivă cu două și cu trei corpuri.

Diferența semnificativă dintre cele două moduri de uzare abrazivă este viteza sau intensitatea de uzare. Uzarea cu trei corpuri are viteza de uzare de circa 10 ori mai mică decât uzarea cu două corpuri.

În tabelul 1.2 se exemplifică principalele forme ale uzării de abraziune și vitezele medii de uzare [2, 3, 4, 13, 16-19, 26].

Tab. 1.2. Forme ale uzării de abraziune și valorile medii ale vitezei de uzare.

Forma de uzare	Materialul suprafeței	Exemple tipice	Viteza de uzare mm/h
Micro-așchiere	Oțel austenitic cu mangan	Mori cu ciocane și concasoare Dinții excavatoarelor Cuțitele mașinilor miniere și agricole Căptușeala jgheburilor de ciment	0,127 – 25,4 0,127 – 12,7 0,127 – 2,57 0,0025 – 0,254
Rizare prin deformare	Oțel carbon, slab aliat	Mori cu bile de măcinat minereu în mediu umed Mori cu bile de măcinat ciment sub formă de pastă Mori cu bile de măcinat ciment uscat	0,0040 – 0,0114 0,0013 – 0,0040 0,0001 – 0,0004
Eroziune	Fontă albă perlitică	Căptușeala aparatelor de amestecat pulberi Pompe Palete amestecătoare	2,54 – 25,4 0,0025 – 0,127 0,0013 – 0,0254

BIBLIOGRAFIE

- [1] ALEKSEEV, S.N. – On the calculation of resistance in the pipes of concrete pumps, Mekhanizatsiya Stroitel'stva, 9 (1), pp.8 – 13, 1952.
- [2] BINGLEY, M.S., SCHNEE, S.– A study of the mechanisms of the abrasive wear for ductile metals under wet and dry three-body conditions, Wear 258(2005), pp.50-61.
- [3] BOSE, K., WOOD, R.J.K.– Optimum tests conditions for attaining uniform rolling abrasion in ball cratering tests on hard coatings, Wear 258 (2005), pp.322-332.
- [4] CĂPITANU, L., IAROVICI, A.,– Tribological processes on composite plastic materials/steel surfaces contact. II – Wear Processes, Proceedings of the Annual Symposium of the Institute of Solid Mechanics, 2003, pp.115-120.
- [5] CĂPITANU, L., – Tribologia materialelor termoplastice compozite, Ed.BREN, 2003, pp.1-190.
- [6] DE PELLEGRIN, D.V., STACHOWIAK, G.W.– Simulation of three-dimensional abrasive particles, Wear 258(2005), pp.208-216.
- [7] HAYASHI N., KAGIMOTO Y., NOTOMI A., TAKEDA Y., KATO K.– Development of new testing method by centrifugal erosion tester at elevated temperature, Wear 258 (2005), pp. 443-457.
- [8] HRUSCIOV, M.M.– Resistance of Metals to wear by abrasion as related to hardness, London, Inst.Mech. Engineers, 1957.
- [9] ILIUC, I.– Tribologia straturilor subțiri, Ed. Academiei, București, 1974.
- [10] KRAGHELKII, I. V.,– Trenie, iznos i smaska (spovocinik), Vol.I, Moskva „Mașinostroenie”, 1979.
- [11] KRAGHELKII, I. V .,– Trenie, iznos i smaska (spovocinik), Vol.II, Moskva, Mașinostroenie, 1980.

- [12] KRAGHELKII, I.V., DOBICIN, M.N., KOMBALOV, V.S.– Osnovi rascetov na trenie i iznos, Moskva, Maşinostroenie, 1977.
- [13] MASEN, M.A., SCHIPPER, D.J.– Micro-contact based modeling of abrasive wear, *Wear* 258, (2005), pp. 339-348.
- [14] PAVELESCU, D.– Tribotehnică, Editura tehnică, Bucureşti, 1983.
- [15] PAVELESCU, D., MUŞAT, M. TUDOR, A.– Tribologie, Editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1977.
- [16] PETRESCU, FL., VLASE, M., DAVIDESCU, A.– Recomandări privind controlul uzurii abrazive caracteristice utilajelor de construcţii, *Buletin ştiinţific nr. 4/1998, U.T.C.B.* pp. 44–49.
- [17] PETRESCU, FL., VLASE, M.– Aprecieri privind teoriile pompării betonului pe conducte, *Al VII-lea Simpozion Naţional de Utilaje pentru Construcţii, Bucureşti 2001*, pp. 178.
- [18] PETRESCU, FLORIN – Tribologie, I.C.B., Bucureşti, 1986.
- [19] PETRESCU, FL., VLASE, M.– Considerations regarding the tribology of some homocinetic couplers, *Comunicare Balkantrib '99. The 3rd International Conference of Tribology, Sinaia, 1999*, pp. 221–229.
- [20] STACHOWIAK, G.W., BATCHELOR, A.W.– *Engineering Tribology*, Elsevier, Tribology Series, 24, 1993.
- [21] SÖDERBERG, S., HOGMARK, S., UNGMAN, U., SWAHN, H.- Erosion classification of materials using a centrifugal erosion tester, *Tribol. Int.* 14 (1981), pp. 333-343.
- [22] TAŞAN, Y.C., M. DE ROOG, SCHIPPER, D.Y – Measurement of wear on asperity level using image processing techniques, *Wear* 258, (2005), pp. 83-91.
- [23] TIAN, H.H., ADDIE, G.R.– Experimental study on erosive wear of some metallic materials using Coriolis wear testing approach, *Wear* 258, (2005), pp. 458-469.
- [24] TUDOR, A., Asupra stadiului standardizării în domeniul tribologiei pe plan naţional şi mondial. In *TRIBOTEHNICA '90*, Cluj-Napoca
- [25] TUDOR, A.– *Frecarea şi uzarea materialelor*, Editura Bren, Bucureşti, 2002.
- [26] TUDOR, I.– *Tribologie*, Editura Universităţii din Ploieşti, 2001.
- [27] VASILCA, GH., BIŢĂ, O.– *Procese de lubrificaţie, frecare şi uzare la suprafeţe metalice*, Editura Academiei, Bucureşti, 1967.