

VOLUMUL DE UZURĂ LA CONTACTUL LINEAR ÎNTRE POLIMERII ARMAȚI CU FIBRE DE STICLĂ ȘI SUPRAFAȚA METALICĂ

VOLUME OF WEAR TO THE LINEAR CONTACT BETWEEN POLYMERS ARMED WITH GLASS FIBERS AND METAL SURFACE

Dorin RUS

Technical University of Civil Engineering Bucharest,
Address: 124 Lacul Tei Boulevard, Bucharest 020396, Romania
corresponding author ; E-mail: rusdorin@gmail.com

Rezumat: Am arătat în acest articol, grafic și analitic evoluția uzării suprafeței metalice în contact cu polimerii armați. Uzarea este un proces foarte complex fiind însoțit de fenomene de coroziune și abraziune. Modificarea unui parametru de intrare (sarcină, viteză, temperatură, cantitatea de fibre de sticlă din polimer) poate modifica fundamental evoluția uzării suprafeței metalice. Evoluția în timp a uzării depinde de evoluția coeficientului de frecare pentru diferite epruvete metalice. Am folosit metoda wear inprint pentru partea experimentală scoțând în evidență volumul de uzură. Am făcut o legătură între cazul teoretic și cel experimental.

Cuvinte-cheie: temperatura de contact, uzarea suprafeței metalice, evoluția coeficientului de frecare, duritatea epruvetei de oțel.

Abstract: I have shown in this paper, graphically and analytically, the evolution of metal surface wear in contact with armed polymers. Welding is a very complex process accompanied by corrosion and abrasion phenomena. Changing an input parameter (load, speed, temperature, amount of glass fiber in the polymer) can fundamentally change the evolution of metal surface wear. The evolution over time of wear depends on the friction coefficient evolution for different metal specimens. I used the wear-inprint method for the experimental part, highlighting the wear volume. I have made a connection between the theoretical and the experimental case.

Key-words: contact temperature, wear of metal surface, evolution of friction coefficient, hardness of steel specimen.

1. INTRODUCERE

Materialele termoplastice sunt bifazice și sunt formate dintr-o masă de polimer și o cantitate de fibre de sticlă scurte, procentul fiind cuprins între 10% și 30%. Polimerii termoplastici nu pot realiza deformări mari chiar dacă sunt caracterizați de presiuni înalte și temperaturi ridicate de realizare. Aceștia au o mare afinitate față de umiditate, din cauză că sunt armați cu fibre. Unul dintre cele mai sofisticate tribosisteme este contactul între un polimer armat

cu fibre de sticlă și oțel, contactul fiind uscat. Polimerul de bază constituie suportul pentru fibrele de sticlă care dau rezistență polimerului. În diferitele articole de specialitate sunt date valori diferite ale coeficientului de frecare pentru diferite cuple. Astfel a fost evidențiată uzarea care depinde de o multitudine de parametri: durata de încărcare, viteza de alunecare și presiunea de contact.

Pornind de la studii extinse am făcut o interpretare grafică a procesului de alunecare uscată între polimerii armați cu fibre de sticlă și oțelurile C120 și Rp 3. Pentru testările experimentale am folosit în condiții de de frecare de alunecare uscată și uzură de adeziune, relația Archard. Am studiat influența conținutului de fibre de sticlă, încărcarea și viteza de alunecare pentru a pune în evidență procesul de uzare. A fost studiată cupla Timken în condiții de frecare de alunecare uscată. În literatură sunt abordări multiple și diferite ale acestei probleme, prezentarea rezultatelor fiind eterogenă (condiții diferite experimentale, instalații diferite de testare, materiale diferite).

Stachowiak și all [1] au studiat efectele abraziunii cu trei corpuri pe epruveta metalică. Testările au fost făcute pe o instalație modificată pin pe disc.

Dwyer-Joyce [2] au observat faptul că în timpul contactului lubrifianțului a fost contaminat cu bucăți metalice. Fenomenul se aseamănă cu frecarea cu trei corpuri.

Shen și Dumbleton [3] au studiat comportamentul tribologic al polyoxymethylene și polietilenei de înaltă densitate (UHMWPE).

Kukureka și all [4] au studiat uzarea pentru PA66 în contactul de alunecare- rostogolire. În polimeri au adăugat carbon, aramid, fibre de sticlă și au observat un salt pentru valoarea coeficientului de frecare.

Bartenev, Lavrentiev [5] au stabilit pentru contactul metal/plastic o creștere a forței de frecare ca fiind proporțională cu viteza de alunecare.

Chang și Friedrich [6] au remarcat că nu toate particulele contribuie în totalitate la filmul de transfer. Acest lucru reduce adeziunea, astfel se reduce coeficientul de frecare.

L. Capitanu și all [7][8] au evidențiat comportamentul policarbonatului armat cu fibre de sticlă în contact cu o suprafață metalică.

2.MATERIALE ȘI METODE

Frecarea și uzarea sunt analizate din diferite puncte de vedere: încărcare, viteze relative, uzare. Epruvetele sunt cilindrice cu suprafață plană.

2.1 METODA ANALITICĂ

Pentru o încărcare pe cupla de frecare Timken în prezența unei bușe de polimer cu mișcare relativă pe o suprafață metalică pe care se măsoară uzarea suprafeței, reprezentată grafic în figura 1:

Volumul de Uzură la Contactul Linear între Polimerii Armați cu
Fibre de sticlă și Suprafața Metalică

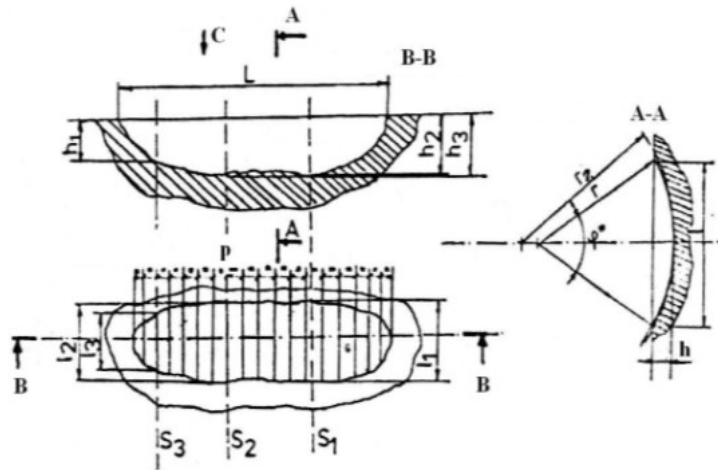


Figura.1 Schema de contact a cuplei de frecare de tip Timken

Legea lui Coulomb pentru forța de frecare F_f este direct proporțională cu forța N :

$$F_f = \mu N$$

$$F_f = aN + bN^n \quad (1)$$

$$F_f = a + bN \quad (2)$$

$$F_f = a + bN^n \quad (3)$$

$$F_f = kN^n \quad (4)$$

Coeficientul de frecare pentru materialul plastic:

$$\mu = \tau_f / p_c \quad (5)$$

Pentru că

$$p_c = HB / 3 \quad (6)$$

$$\mu = 3\tau_f / HB \quad (7)$$

$$S_i = 0.5r^2 (\pi\varphi_i^0 / 180^\circ - \sin \varphi_i) \quad (8)$$

unde S_i – aria laterală a sectorului.

Deformația elastică a cilindrului de polimer este ilustrată în figura 2.

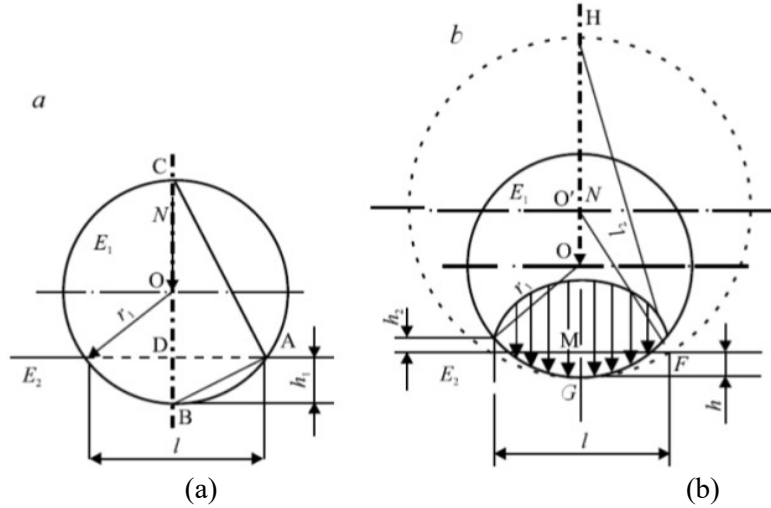


Figura.2 Deformația elastică a linerului cilindric pentru contactul cuplei de frecare Timken
(a – teoretic, b - practic)

$$r_2 > r_1 \quad (9)$$

$$h_2 = h_1 - h \quad (10)$$

din $\triangle ABC$:

$$(2r_1 - h_1)h_1 = l^2/4 \quad (11)$$

$$h_1 = l^2/8r_1 \quad (12)$$

Similar, în $\triangle FGH$:

$$(2r_2 - h_2)h_2 = l^2/4$$

$$h_2 = l^2/8r_2 \quad (13)$$

Volumul de Uzură la Contactul Linear între Polimerii Armați cu
Fibre de sticlă și Suprafața Metalică

Introducem (12) și (13) în (11):

$$h = l^2 (1/r_1 - 1/r_2) / 8 = l^2 (r_2 - r_1) / 8r_1r_2 = l^2 / 8r \quad (14)$$

unde r este raza echivalentă:

$$1/r = 1/r_1 - 1/r_2 = (r_2 - r_1) / r_1r_2 \quad (15)$$

Din (14):

$$(r_2 - r_1) / r_1r_2 = l^2 / 8h_2 \quad (16)$$

Formula lui Hertz este:

$$l^2 / 4 = 8Nr(1 - \nu^2) / \pi EL \quad (17)$$

unde:

ν – constanta Poisson;

L - lungimea urmei de uzare;

E - modulul Young echivalent.

Modulul Young echivalent este :

$$1/E = 0.5 \left[(1 - \nu_1^2) / E_1 + (1 - \nu_2^2) / E_2 \right] \quad (18)$$

$$E = 2E_1E_2 / 0.91(E_1 + E_2) \quad (19)$$

Din (17):

$$l = 4 \left[2Nr(1 - \nu^2) / \pi EL \right]^{1/2} \quad (20)$$

Introducem în (20) valoarea Poisson:

$$h_2 = 0.527N(E_1 + E_2) / LE_1E_2 \quad (21)$$

folosind (12) și (21):

$$h = (l^2 / 8r_1) - 0.527N(E_1 + E_2) / LE_1E_2 \quad (22)$$

$$S_i = r^2 \phi^3 / 12 \quad (23)$$

$$S_i = l^3 (r_2 - r_1) / 12 r_1 r_2 = 2 l h_2 / 3 \quad (24)$$

$$S_i = 0.35 l (E_1 + E_2) N l / E_1 E_2 L \quad (25)$$

Volumul de uzură va fi:

$$V_u = \sum_{i=1}^n (S_i q_i) = 0.35 l (E_1 + E_2) N l_m / E_1 E_2 \quad (26)$$

2.2. METODA EXPERIMENTALĂ

O cuplă de frecare Timken a fost folosită pentru experimentări. Temperatura și sarcina de încărcare pot fi controlate permanent.

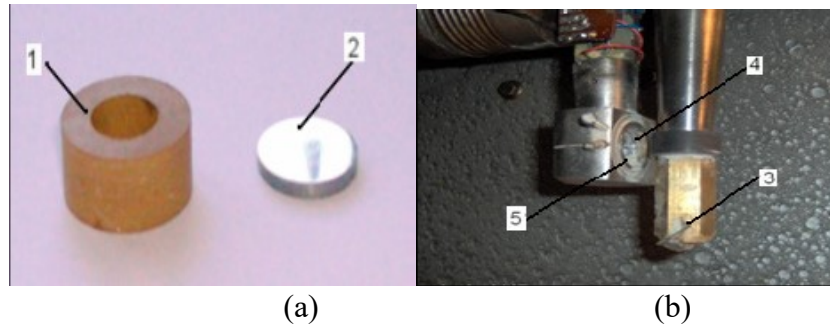


Figura. 3. Schema funcțională : (a) cupla de frecare, (b) echipamentul experimental.

unde:

1 – liner cilindric ; 2 – epruveta plană de oțel; 3 – nut; 4 – alezaj; 5 – suprafața de rezemare.

3. REZULTATE ȘI DISCUȚII

Toate testele au durată de o oră. Au fost calculate funcțiile de regresie pentru fiecare cuplă în parte. Testările au fost realizate pentru mai multe viteze de alunecare 18.56, 27.85, 37.13, 46.41, 55.70 și 111.4 cm /s.

Tabelul 1 însumează corelațiile dintre diferitele funcții .

Volumul de Uzură la Contactul Linear între Polimerii Armați cu
Fibre de sticlă și Suprafața Metalică

Tab. 1.

Funcțiile de regresie pentru volumul de uzură și sarcina de încărcare la viteze diferite de alunecare.

Cupla de frecare	v (cm/s)	Funcția de regresie	Factor de corelare
Polyamide + 30% SGF/oțel C120	18.56	$V_u = 0.0005 N^2 + 0.012 N$	$R^2 = 1$
Polyamide + 30% SGF/oțel C120	27.85	$V_u = 0.0004 N^2 + 0.0188 N$	$R^2 = 1$
Polyamide + 30% SGF/oțel C120	37.13	$V_u = 0.0005 N^2 + 0.0104 N$ 0.1423	$R^2 = 1$
Polyamide + 30% SGF/oțel C120	46.41	$V_u = 0.0017 N^2 - 0.0017 N$ +0.47	$R^2 = 1$
Polyamide + 30% SGF/oțel C120	55.70	$V_u = 0.0034 N^2 - 0.0922 N$ +0.877	$R^2 = 1$
Polyamide + 30% SGF/oțel C120	111.4	$V_u = 0.0006 N^2 - 0.0205 N$ +0.272	$R^2 = 1$
Polyamide + 30% SGF/oțel Rp3	153.57	$V_u = 0.0007 N^2 + 0.1668 N$ +0.0675	$R^2 = 1$
Polyamide + 30% SGF/oțel Rp3	18.56	$V_u = 0.0003 N^2 + 0.018 N$	$R^2 = 1$
Polyamide + 30% SGF/oțel Rp3	27.85	$V_u = 0.0009 N^2 + 0.0188 N$	$R^2 = 1$

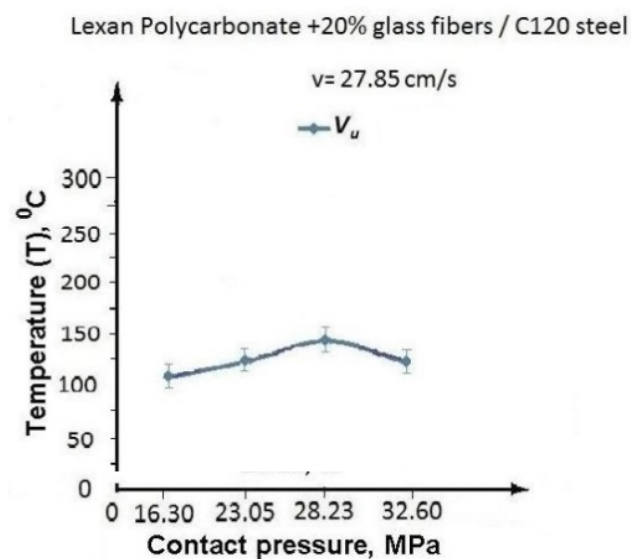


Figura. 4 Evoluția volumului de uzură pentru o variație a vitezei de 27.85 cm/s, pentru PC Lexan 3412 + 20% SGF /oțel C120.

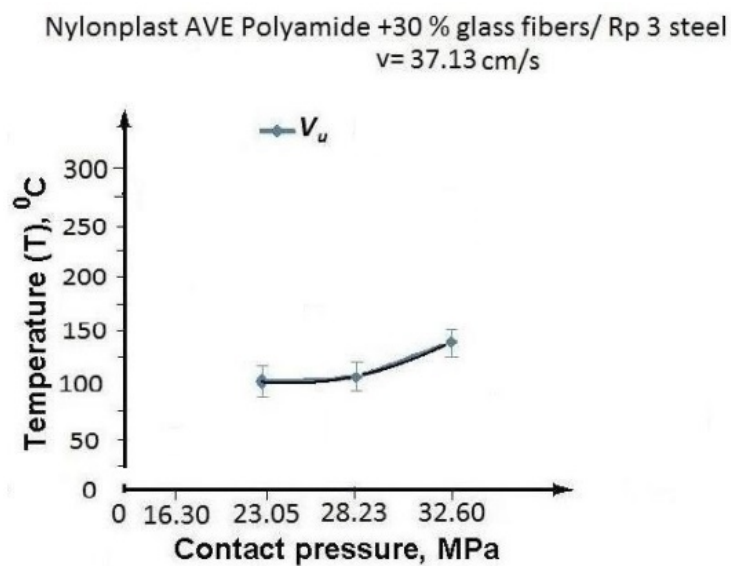


Figura. 5 Evoluția volumului de uzură pentru o variație a vitezei de 37.13 cm/s pentru Nylonplast AVE Polyamide + 30% SGF /otel Rp3

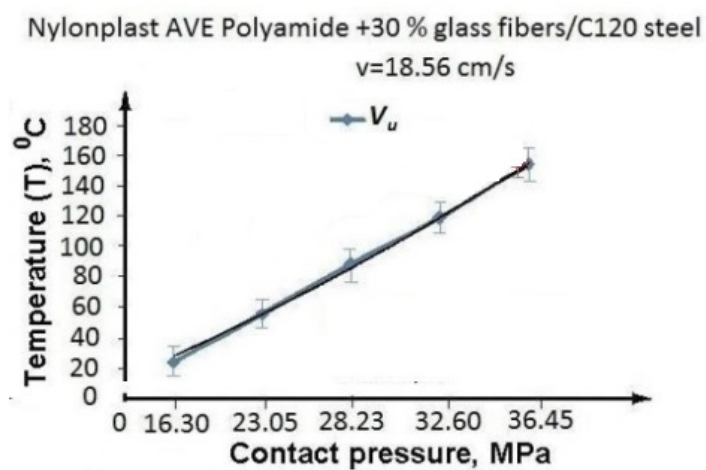


Figura. 6 Evoluția volumului de uzură pentru o variație a vitezei de 18.56 cm/s pentru Nylonplast AVE Polyamide + 30% SGF /oțel C120

Volumul de Uzură la Contactul Linear între Polimerii Armați cu Fibre de sticlă și Suprafața Metalică

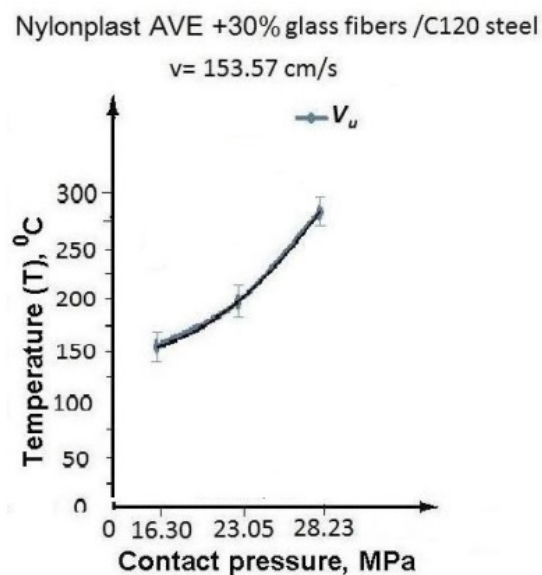


Figura. 7 Evoluția volumului de uzură pentru o variație a vitezei de 153.57 cm/s pentru Nylonplast AVE Polyamide + 30% SGF / otelC120

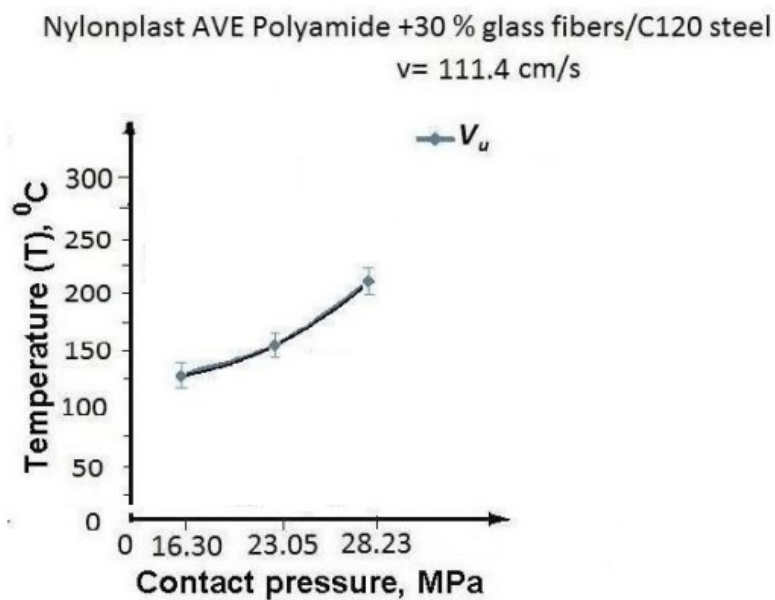


Figura. 8 Evoluția volumului de uzură pentru o variație a vitezei de 111.4 cm/s pentru Nylonplast AVE Polyamide + 30% SGF /oțel C120

Nylonplast AVE Polyamide +30 % glass fibers/C120 steel
 $v = 55.70 \text{ cm/s}$

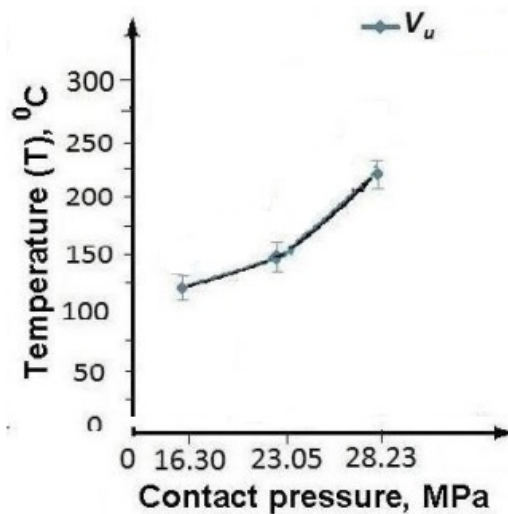


Figura.9 Evoluția volumului de uzură pentru o variație a vitezei de 55.70 cm/s pentru Nylonplast AVE Polyamide + 30% SGF / oțel C120

Nylonplast AVE Polyamide +30 % glass fibers/C120 steel
 $v = 27.85 \text{ cm/s}$

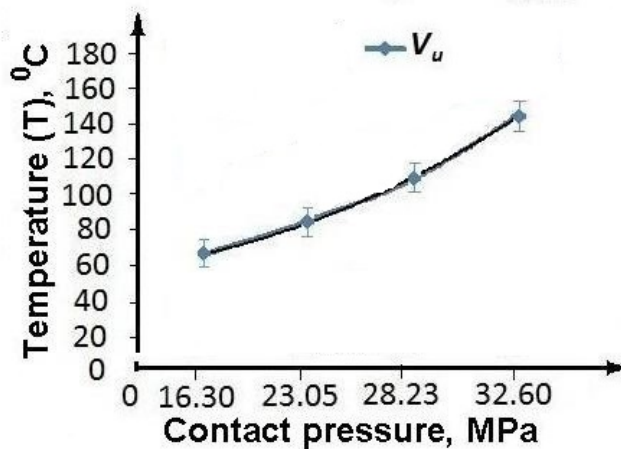


Figura. 10 Evoluția volumului de uzură pentru o variație a vitezei de 37.13 cm/s pentru Nylonplast AVE Polyamide + 30% SGF / oțelC120

Volumul de Uzură la Contactul Linear între Polimerii Armați cu
Fibre de sticlă și Suprafața Metalică

Nylonplast AVE Polyamide +30 % glass fibers/C120 steel
 $v=27.85 \text{ cm/s}$

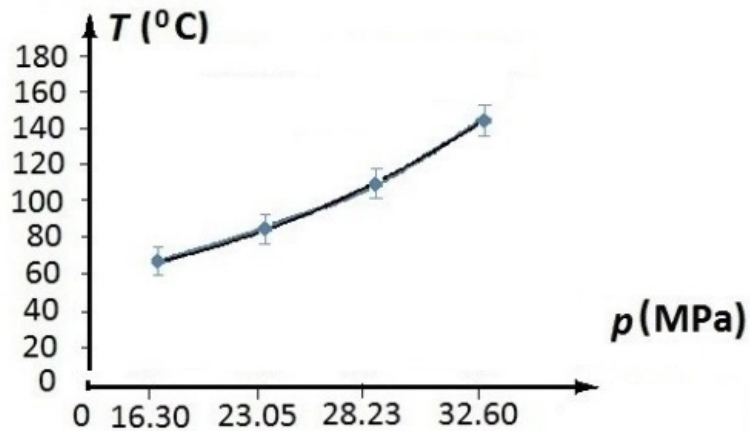


Figura. 11 Evoluția volumului de uzură pentru o variație a vitezei de 27.85 cm/s pentru Nylonplast AVE Polyamide + 30% SGF /oțel C120

Nylonplast AVE Polyamide +30 % glass fibers/Rp 3 steel
 $v=18.56 \text{ cm/s}$

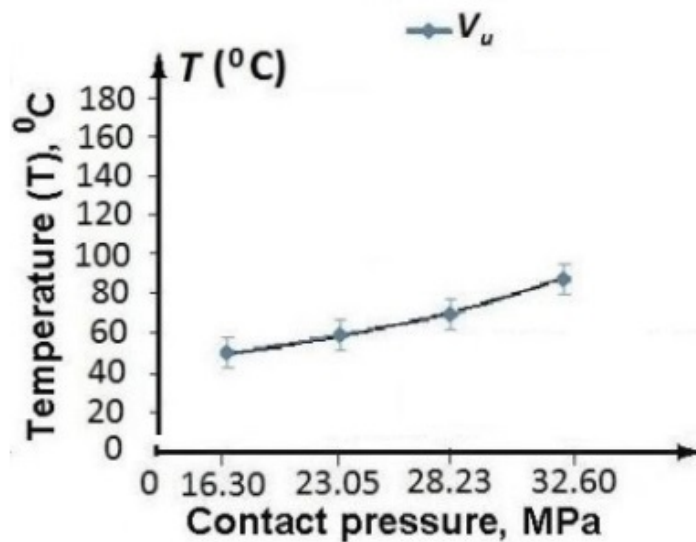


Figura. 12 Evoluția volumului de uzura pentru o variație a vitezei de 18.56 cm/s pentru Nylonplast AVE Polyamide + 30% SGF /otel Rp3

4. CONCLUZII

Complexitatea fenomenului este ilustrată în figura 13.

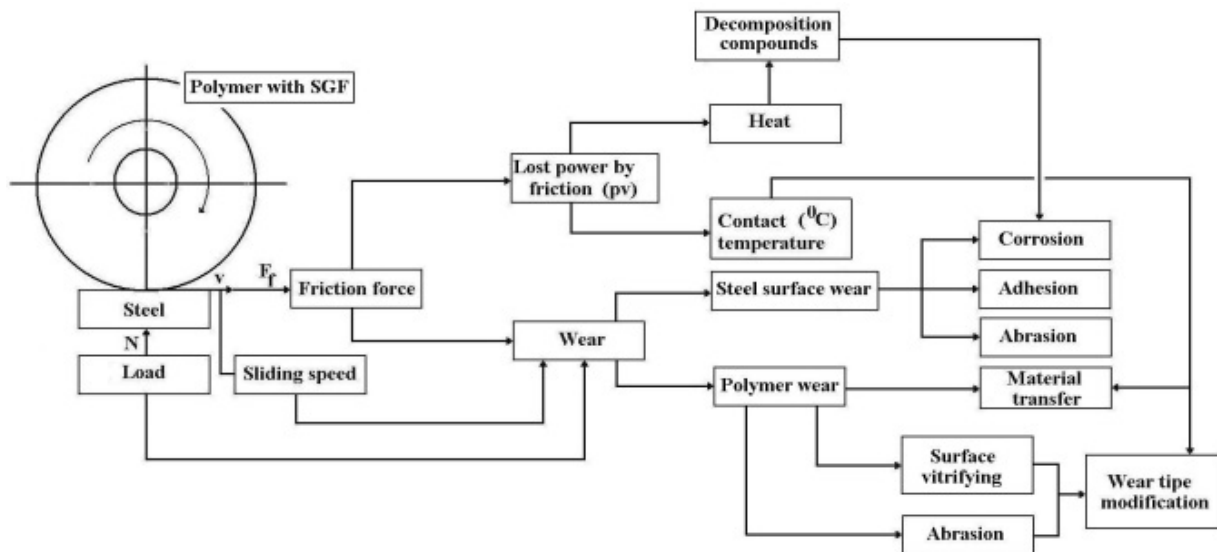


Figura. 13 Complexitatea evoluției procesului de frecare- uzare pentru un contact linear uscat polimer-metal.

Este dificil de stabilit relații de calcul între parametri de intrare și cei de ieșire ai tribosistemului. Dacă schimbăm un singur parametru al tribosistemului va avea loc urmatorul fenomen: toți parametrii de ieșire ai tribosistemului se vor modifica.

Prezentarea evoluției acestui tribosistem este foarte folositoare pentru cercetători deoarece arată sistemul ca o buclă închisă între parametri de intrare și ieșire.

Frecarea și uzarea suprafețelor metalice pentru un contact linear material termoplastic/oțel, depind de parametri tribosistemului (viteza relativă de alunecare, sarcina de contact și încărcarea normală a epruvetei).

Evoluția tribosistemului are loc cu o desfășurare în timp, concomitent cu modificarea permanentă a parametrilor.

ACKNOWLEDGEMENTS

Autorul multumește sprijinului acordat de University of Civil Engineering Bucharest, pentru suportul tehnic și materialele puse la dispoziție în vederea realizării cercetărilor.

BIBLIOGRAFIE

1. **B. Stachowiak, G.W. Stachowiak.** The effects of particle characteristics on three-body abrasive wear. *Wear* 249 (2001) 201-207.
2. **Davyer-Joice R.S., Sayles R.S., Ioannides E.:** An investigation into the mechanisms of closed three-body abrasive wear. *Wear* 175 133-142 (1994)
3. **Shen C., Dumbleton J.H.** “The Friction and Wear Behavior of Polyoximethylene in Convection with Joint Replacement”, *Wear* 38(2): 291-303 (1978).
4. **S.N. Kukureka, C.J. Hooke, M. Rao, P. Liao, Y.K. Chen,** The effect of fibre reinforcement on the friction and wear of polyamide 66 under dry rolling-sliding contact. *Tribology International* 32 (1999) 107-116. Properties of carbon fiber reinforced nylon 1010 composites. *Wear* 255 (2003) 774-779.
5. **Bartenev G.M., Lavrentiev V.V., Konstantinova N.A.** The actual Area and friction Properties of Elastomers under Frictional Contact with Solid Surfaces, *Wear* 18(6): pp.439-448 (1971).
6. **L. Chang, K. Friedrich.** Enhancement effect of nanoparticles on the sliding wear of the sliding wear of short fiber-reinforced polymer composites: A critical discussion of wear mechanisms, *Tribology International* 43 (2010)2355-2364.
7. **Dorin Rus and Lucian Capitanu** “Wear and Contact Temperature on Steel Surface in Linear Dry Friction Contact with Polimers with SGF” *Journal of Mechanics Engineering* 10.17265/2159-5275/2015.10.004David Publishing
8. **Rus Dorin** “The contact temperature between steel surface in linear dry friction contact with polimers” *Sinteze de Mecanica Teoretica si Aplicata*; Bucharest 7.2 (2016): 157-166 ©Matrix Rom