

UN MODEL EXPERIMENTAL AL UZĂRII SUPRAFETELOR METALICE LA INJECTAREA MATERIALELOR PLASTICE COMPOZITE ARMATE CU FIBRE DE STICLĂ SCURTE

AN EXPERIMENTAL MODEL FOR THE WEAR OF METAL SURFACES UPON INJECTION OF COMPOSITE PLASTIC MATERIALS WITH SHORT GLASS FIBERS

Dorin RUS¹

¹Facultatea de Utilaj Tehnologic, Universitatea Tehnică de Construcții București, Romania
rusdorin@gmail.com

Rezumat: *Procesul de uzare pentru tehnologia de injecție prin procedul de extrudare cu cilindru și melc al materialelor compozite armate cu fibre scurte de sticlă duce la înlocuirea pieselor după un timp relativ mare, în medie după 10.000-12.000 de cicluri de injecție. Pentru o măsurare corectă am folosit metoda radiometrică de măsurare, datorită preciziei ridicate. În acest fel am putut studia diferite epruvete acoperite cu diferite straturi nitrurate pe câteva oțeluri speciale din care au fost realizate epruvetele semicilindrice. Aceste epruvete au stat la baza simulării procedurii de injecție cu șneac în cilindru, al capului de injecție pentru viteze și temperaturi ridicate. Epruvetele au fost verificate din punct de vedere al coroziunii pentru a nu influența măsurătorile făcute. Măsurătorile arată o dependență a creșterii uzurii funcție de presiune.*

Cuvinte cheie: *Materiale compozite armate cu fibre de sticla; Șneac de injecție; Injecție de plastic*

Abstract: *The wear process for the injection technology through extrusion with cylinder and auger for short glass fiber reinforced composite materials leads to the replacement of the parts after a relatively long time, on average after 10.000 to 12.000 injection cycles. For a correct measurement we have used radiometric measuring due to its high precision. Thus, we could study different test tubes covered with different nitride layers on special steels used for the semi-cylindrical test tubes. These tubes formed the basis of the simulation of the injection process with auger in the cylinder, of the injection head for high speeds and temperatures. The tubes were checked for corrosion, in order not to influence the measurements. The measurements showed a dependency between the increase of wear and pressure.*

Keywords: *Composite materials reinforced with glass fibers; injection auger; plastic injection*

1. INTRODUCERE

În general toți cercetătorii fac eforturi susținute pentru ca experimentările să fie cât mai aproape de realitate astfel rezultatele legate de uzare și mecanismele uzării care se dezvoltă în timp să fie verificate de practică.

În acest sens există două direcții în evaluarea diferitelor materiale plastice compozite funcție de uzarea care o produc; alegerea oțelurilor și aliajelor rezistente la coroziune și uzare pentru organele de mașini supuse la uzare. Astfel coeziunea materialului și omogenitatea acestuia sunt importante pentru obținerea unor rezultate bune din punct de vedere al rezistenței materialului compozit. De aceea rolul principal al materialului compozit este transmiterea eforturilor mecanice prin masa acestuia și cu ajutorul conținutului de fibre de sticlă, care se adaugă procentual % în polimer pentru modificarea proprietăților fizico-mecanice în toată masa polimerului armat în acest fel.

Rezultă astfel două obiective: o metodă de verificare și una de evaluare calitativă pe termen scurt a uzării. Verificarea metodei Deuschen Plastic Institute - DKI din Darmstadt [1], poate fi făcută în timp scurt în ceea ce privește afirmațiile referitoare la rezistența la uzare ale diferitelor materiale metalice în contact direct cu polimerul în stare topită care curge în contact direct cu metalul.

Acest test a fost proiectat pentru testarea la uzare cât mai aproape de de cazul practic. DKI în Darmstadt a confecționat un cap de injecție pentru mașina de injecție pentru testarea cu lamele, aceasta poartă numele de "lamellar apparatus" și este explicat în extenso în altă parte [2] așa că voi face doar o scurtă trecere în revistă. Au fost confecționate discuri metalice $15 -0,02 \times 12 +0,01 \times 5 +0,01$ mm rectificat la $R_t = 2,5 \mu\text{m}$, care au fost montate în capul de injecție al mașinii de injecție astfel întreaga masă de material compozit să treacă în contact cu discurile adaptive.

A fost studiată pierderea de greutate a discurilor (epruveta) uneori până la ± 0.05 mg reușind astfel determinarea ușoară a cantității de uzură ca o pierdere de greutate a epruvetei. Erorile de măsurare sunt până la $\pm 5\%$. Cercetarea la microscop a suprafețelor poate da informații suplimentare asupra intensității procesului de uzare. Foarte important este procesul de curățare al epruvetei înainte de cântărire, astfel agentul de curățare trebuie să facă o curățare perfectă. Avantajul metodei constă în faptul că poate fi verificată forma urmei de uzare din punct de vedere geometric. Un fapt simplu poate să fie constatat: prin injectarea a 10 kg de material compozit armat cu fibre de sticlă putem măsura o pierdere a greutății de 0.5 și 40 mg/cm². În procesul de presare are loc uzarea cilindrului și a capului de injecție [3]. Capul de injecție a fost proiectat astfel încât să fie schimbat ușor [4].

Din practică a rezultat că din multe cercetări individuale făcute de alți cercetători sau producători de mașini sau de producătorii de materiale compozite termoplastice, toți au remarcat complexitatea procesului [5]. Nu putem identifica o anumită cauză care să determine

Un model experimental al uzării suprafețelor metalice la injectarea materialelor plastice compozite armate cu fibre de sticlă scurte

apariția fenomenului de uzare. Începând cu materialul care este presat în cilindru de către melc și terminând cu materialul topit extrudat către matriță, fenomenul de uzare este complex, fiind influențat de presiune, temperatură, viteză și sarcina aplicată, inclusiv de fenomene de coroziune[6].

Pentru a putea determina rezistența la uzare, la nivelul contactului dintre oțel și materialul compozit care curge, au fost semnalate modelări ale contactului linear între suprafața metalică și polimerii armați cu fibre de sticlă [7,8,9]. Se îndeplinesc două condiții: mișcarea relativă între corpurile în contact ș nec-cilindru și cerința mecanică contact-presiune. Aceste modelări au ținut cont de viteza aproximativă (relativă) de curgere la nivelul peretelui cilindrului a polimerului în curgere reologică [10]. În modul acesta este posibilă o estimare a uzurii metalului în contact cu polimerul în stare topită [11].

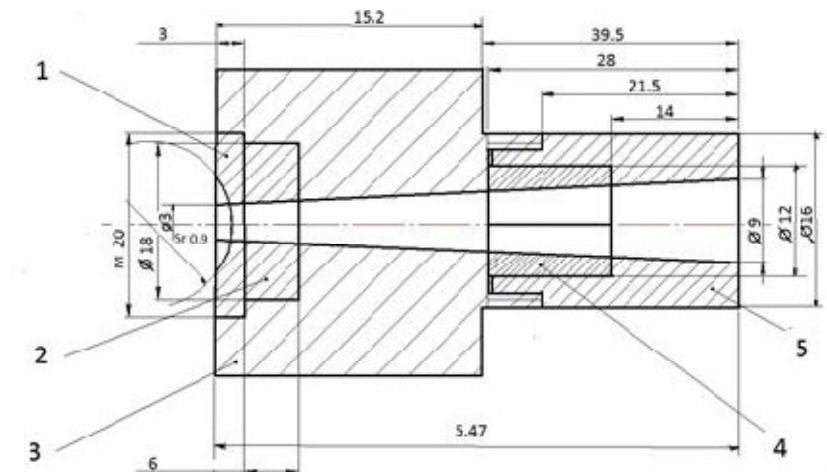
2. MATERIALE ȘI METODE

2.1 Materiale

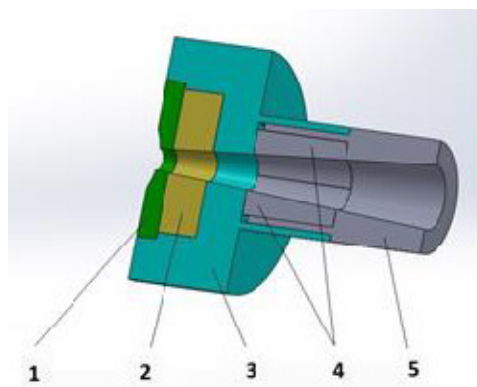
Au fost testate patru materiale, respectiv polimeri compoziți armați cu fibre de sticlă scurte: Maranyl Polyamide 20% SGF [12], Noryl Polyamide 20% SGF [13], Nylonplast AVE Polyamide 30% SGF [14], Lexan Polycarbonate with 20% SGF [15] și două material plastic fără armare: Makrolon Polycarbonate [16], Technyl Polyamide. Două oțeluri aliate: C120 (similar cu 1.8550 după DIN 17007 sau 34 din CrAlNi7 (V) - după DIN 17006) și Rp3 (oțel pentru scule). Cu duritățile 58 HRC (710 HV) pentru C120 și 62 HRC (790 HV) pentru Rp3. Compoziția chimică și proprietățile mecanice sunt tratate în altă parte [16,17]. Aceste oțeluri se pot trata superficial, se acoperă cu straturi de TiN sau CrN. Epruvetele acoperite TiN au duritatea de 64 HRC (840 HV), iar cele acoperite cu CrN au duritatea de 41.3 HRC (900 HV)[18].

2.2 Modelarea experimentală

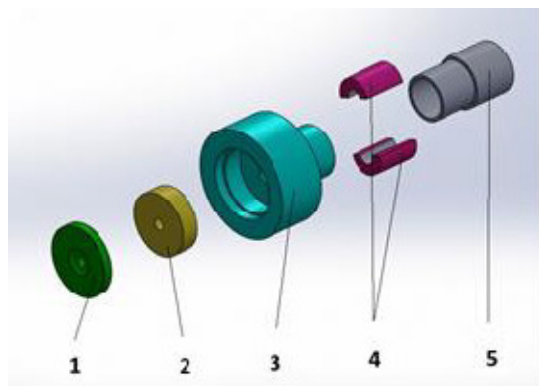
Modelarea experimentală este inspirată din metoda de verificare by Deuschen Kunststoff Institut - DKI din Darmstadt [1]. Am optat pentru modelul experimental prin intermediul unui cap de injecție (figura 1). Am adoptat metoda deoarece un cap de injecție industrial este foarte costisitor. Prin această soluție se permite studierea zonelor de maximă viteză a materialului termoplastice în curgere continuă. Am modulată duza pentru a putea așeza două epruvete de formă semisferică care permit măsurarea uzării într-un interval acceptabil de toleranță a măsurării cantității de uzură după un număr stabilit de cicluri de injecție. Prezentarea va fi clară și concisă, iar simbolurile se vor defini (dacă este cazul) în cadrul unei liste de simboluri. Se va folosi Sistemul Internațional (SI) de unități de măsură.



(a)



(b)



(c)

Figura 1. Desenul de execuție al capului de injecție modular experimental (a); o reprezentare 3D (b); o reprezentare explodată 3D (c). Pozițiile 2 și 4 sunt epruvetele de uzare.

Un model experimental al uzării suprafețelor metalice la injectarea materialelor plastice compozite armate cu fibre de sticlă scurte

În figura 1 am arătat elementele principale din care este format capul de injecție experimental, epruvetele se montează prin srângerea pieselor 3 respectiv 5 prin înfiletare.

2.3 Metoda Gravimetrică

Este apropiată de metoda Deuschen Kunststoff Institut – DKI în Darmstadt [1], cu observația că epruvetele se află în interiorul capului de injecție și nu în exteriorul capului de injecție al mașinii de injecție. Metoda constă în cântărirea epruvetelor la început și după un anumit număr de cicluri. Câte un cap de injecție pentru fiecare din cele patru materiale studiate. Greutatea se măsoară cu o balanță electronică analitică cu o abatere de ± 0.01 mg. S-au executat cinci capete de injecție, unul a rămas pentru verificări ale dimensiunilor.

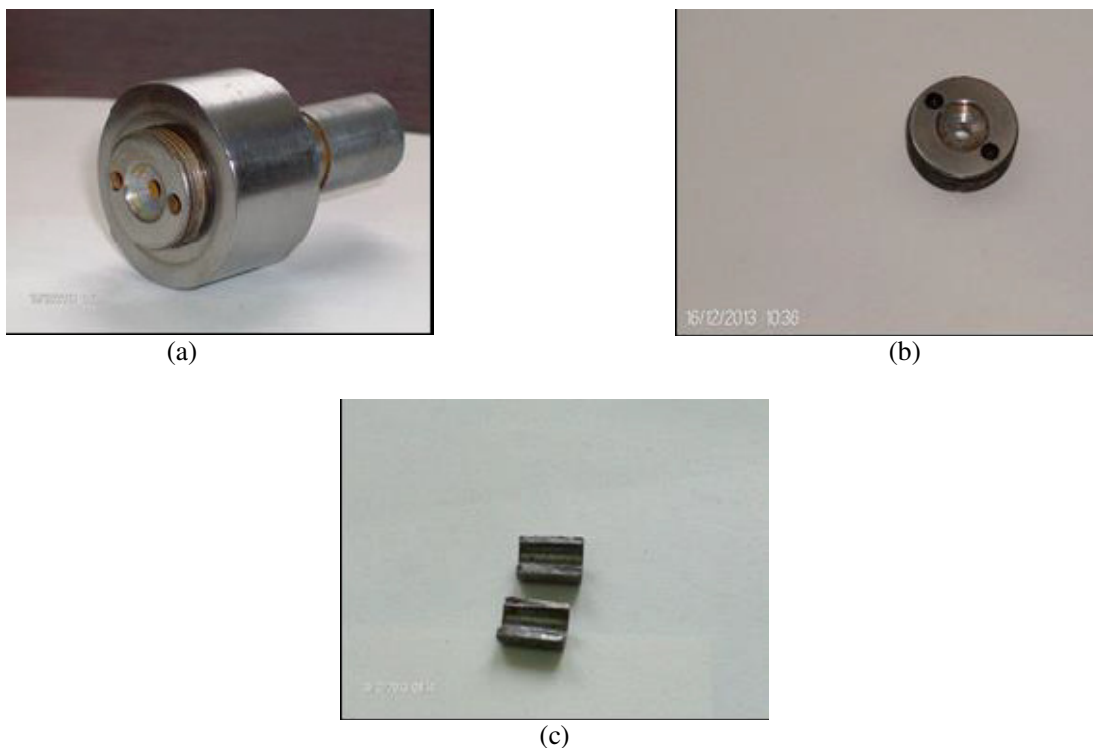


Figura 2. Capul de injecție (a); piesa de contact matriță (b); epruvetele de uzare (c)

Din cauza abaterilor și erorilor umane de măsurare și interpretare precum și dificultăților de curățare a epruvetelor, am folosit o metodă mult mai precisă și mai exactă, respectiv metoda radiometrică.

2.4 Metoda Radiometrică

Această metodă constă în iradierea epruvetei metalice, colectarea particulelor de uzură, măsurarea acestora și compararea cu epruveta de greutate standardizată, iradiată în aceleași condiții. Prin intermediul acestui proces majoritatea elementelor din compunerea oțelului reacționează cu neutroni de mică viteză într-o reacție care duce la formarea de izotopi radioactivi. Echipamentul experimental din (figura 3) dă posibilitatea studierii uzării cu ajutorul tehnicii radiometrice care este foarte precisă.



Figura 3. Vedere a instalației radiometrice.

(1) Container de plumb cu numărător cu scintilație; (2) Contor de impulsuri; (3) Înregistrator de date

3. REZULTATE

În tabelul 1 sunt trecute rezultatele testelor pentru oțelul Rp 3 (62 HRC-790 HV)
 1. Maranyl Polyamide + 20 % SGF; 2. Noryl Polyamide + 20 % SGF; 3. Nylonplast AVE Polyamide + 30 % SGF; 4. Lexan Polycarbonate + 20 % SGF; A –volumul de material injectat (cm³); B – timpul de umplere (s); C – Diametrul capului de injecție (mm).

Tabel 1.

Material	A	B	C	Sample initial weight [g]	Mean gravimetric wear of samples [10 ⁻⁵ g]	Total wear volume $\Delta V_t = \Sigma \Delta V$ [10 ⁻⁴ cm ³]	Wear rate [10 ⁻⁸ cm ³ /h]		
G1	G2		G3		ΔG				
1	0	0	0	1.5107 0	1.5970 6	11.777 33	0	0	0

Un model experimental al uzării suprafețelor metalice la injectarea materialelor plastice
compozite armate cu fibre de sticlă scurte

1	25	7	6	1.5106 9	1.5970 5	11.777 33	2	60.61	6.11
1	25	7	6	1.5106 9	1.5970 5	11.777 33	2	60.61	6.11
1	50	7	6	1.5106 7	1.5970 5	11.777 32	5	151.52	15.28
1	50	7	6	1.5106 6	1.5970 3	11.777 32	8	242.44	13.85
2	0	0	0	1.5102 3	1.5969 4	11.776 82	0	0	0
2	230	15	5	1.5101 9	1.5969	11.776 78	8	251.96	12.10
2	230	15	5	1.5101 8	1.5970	11.776 78	8	251.96	12.10
2	460	15	5	1.5101 5	1.5968 8	11.776 80	16	503.92	24.19
2	460	15	5	1.5101 2	1.5968 4	11.776 79	24	755.92	13.95
3	0	0	0	1.5091 5	1.5966 4	11.775 65	0	0	0
3	230	18	5	1.5090 7	1.5965 7	11.775 64	6	148.14	5.59
3	230	18	5	1.5090 8	1.5965 6	11.775 63	6	148.14	5.59
3	460	18	5	1.5091 0	1.5966 0	11.775 64	10	296.28	11.18
3	460	18	5	1.5090 7	1.5965 7	11.775 63	17	503.72	10.07
4	0	0	0	1.5072 3	1.5961 0	11.773 54	0	0	0
4	230	16	5	1.5071 7	1.5960 5	11.773 53	17	519.15	11.34
4	230	16	5	1.5071 3	1.5960 1	11.773 51	16	488.61	10.67
4	460	16	5	1.5071 3	1.5960 1	11.773 51	22	671.84	14.67
4	460	16	5	1.5071 3	1.5960 1	11.773 51	22	671.84	14.67

Tabel 2.

Rezultatele radiometrice pentru testarea facuta pe oțel Rp3 (62 HRC) injectarea 230cm3

Plastic materials	Impulses counting speed R [imp/min]	Background F [imp/min]	$R - F$ (imp/ min)	Gravimetric wear $G = K \cdot (R-F)$ [10-4 mg]
Nylonplast AVE Polyamide + 30 % SGF	462	379	83	88.792
Noryl Polyamide + 20 % SGF	397	378	19	20.139
Maranyl Polyamide + 20 % SGF	420	367	43	57.228
Lexan Polycarbonate + 20 % SGF	405	378	27	32.852

Tabel 3.

Rezultatele radiometrice pentru testarea făcuta pe oțel C120 (59 HRC) injecția 230 cm3 Nylonplast AVE Polyamide + 30 % SGF; Noryl Polyamide + 20 % SGF, Maranyl Polyamide + 20 % SGF și Lexan Polycarbonate + 20 % SGF. $G_e = 3.92$ mg; $R_e = 36989$ imp/min; $K = G_e / R_e = 1.0598 \cdot 10^{-4}$ mg-min/imp.

Plastic materials	Impulses counting speed R [imp/min]	Background F [imp/min]	$R - F$ (imp/ min)	Gravimetric wear $G = K \cdot (R-F)$ [10-4 mg]
Nylonplast AVE Polyamide + 30 % SGF	504	379	125	133.3088
Noryl Polyamide + 20 % SGF	404	378	26	26.46134
Maranyl Polyamide + 20 % SGF	444	367	77	81.50223
Lexan Polycarbonate + 20 % SGF	421	378	43	47.63115

4. CONCLUZII

Este evident că o mare cantitate de fibre scurte de sticlă duce la o uzare mai mare a părților din mașina de injecție în contact cu polimerul, respectiv cilindrul, șnecul, capetele de injecție. Uzarea se prezintă ca un proces în desfășurare împreună cu fenomene de adeziune, coroziune și abraziune. Pentru o funcționare îndelungată a mașinilor de injecție este necesar să alegem un oțel aliat pe care să-l acoperim (nitrurăm) cu un strat de TiN care are un modul de elasticitate apropiat de cel al oțelului. Se mai poate opta pentru realizarea unor cordoane de sudură paralele cu desfășurarea spiralei melcului, cu electrozi din material rezistent la abraziune.

BIBLIOGRAFIE

- [1] **H. Dominghaus.** *Modellversuche zum Verschleiß in Kunststoffverarbeitungsmaschinen.* Kunststoff Rundschau 18, 8, 1971, 383-389.
- [2] **W.Knappe, W.D.Mahler.** *Modellversuche zum Verschleiß in Kunststoffverarbeitungsmaschinen.* Kunststoff Rundschau 19, 2/3, 1972, pp. 45-51
- [3] **W. Bauer:** *Verfahren zum Prüfen der Verschleißwirkung von Preßmassen Kunststoffe.* (1967). pp. 53-55.
- [4] **W.W. McCandless. u.a.** *Verschleißfeste und korrosionbeständige Zylinder und Schnecken für Kunststoffmaschinen.* Industrie – Anzeiger. 91 (1969), Nr. 25, S. 25-29.
- [5] **R.Meridies u.a.:** *Verschleiß an Schnecken von Spritzgießmaschinen bei der Verarbeitung von Kunststoffen.* Plastverarbeiter, 21 (1970), 617-623.
- [6] **K Stark.** *Untersuchungen über den Verschleiß an Metalloberflächen die mit strömender Kunststoffschmelze in Berührung stehen.* Student – Arbeit am Deutschen Kunststoff – Institut, Darmstadt, 1970.
- [7] **Dorin Rus** *Tribological Implication of Linear Dry Contact Gfr Polymers on Steel* ISBN 9783639763522 Scholars Press.
- [8] **Rus Dorin, Lucian Capitanu, Liliana-Laura Badita** *Quantitative Correlation between Friction Coefficient and Steel Surface Wear in the Case of Linear Friction Dry Contact with Reinforced Polymers with Glass Fibres,* Journal of Materials Science and Engineering A 4 (5) (2014) 135-145
- [9] **Dorin Rus, Lucian Capitanu** *Wear and Contact Temperature on Steel Surface in Linear Dry Friction Contact with Polimers with SGF* Journal of Mechanics Engineering and Automation 5 (2015) 554-566 doi: 10.17265/2159-5275/2015.10.004

- [10] **L. Capitanu, D. Rus, L.-L. Badita.** *The Wear reaction of steel in injection of certain polymers filled with glass fibres.* World Academy of Science, Engineering and Technology 83 (2013), pp. 628-635. pISSN 2010-376X, eISSN 2010-3778.
- [11] **L. Capitanu, L.-L. Badita, V. Florescu, D. Rus.** *Aspects of the influence of hardness on the dry friction coefficient at a timken type couple, plastic reinforced with glass fibers/steel.* Journal of Tribology and Surface Engineering. Volume 3. Issue 1-2. pp. 95-108. 2013. ISSN: 1949-4866.
- [12] **Dorin Rus, Lucian Capitanu, Liliana-Laura Badita** *Modeling Possibilities of Very High Temperatures and Pressures at Friction Contact Plastics Filled with Glass Fibers on Steel* Journal of Materials Science and Engineering A 3 (10) (2013) 667-677
- [13] **Viers, D. Brendt.** (1999). *Polymer Data Handbook.* Oxford University Press, Inc. p. 189. ISBN 978-0195107890
- [14] **Dorin Rus, Lucian Capitanu, Liliana-Laura Badita** *A qualitative correlation between friction coefficient and steel surface wear in linear dry sliding contact to polymers with SGF* Friction 2(1): 47–57 (2014) DOI 10.1007/s40544-014-0038-2
- [15] Lexan, Polycarbonate Resin, General Electric Data Sheet, www.vistatek.com
- [16] Makrolon® polycarbonate product description. Bayer A.G. www.plastics.bayer.com
- [17] Technyl, Rhone Paulenc, <https://www.google.ro/#q=Technyl%2C+Rhone+Paulenc>
- [18] **D. Rus, L. Capitanu.** *Wear of polished steel surfaces in dry friction liniar contact on polymer composites with glass fibres.* Proceedings of Serbiatrib'13, Kragujevac, Serbia, 15 – 17 May, 2013, pp. 58-64, ISBN 978-86-86663-98-6.