

## STUDII PRIVIND UZAREA ABRAZIVĂ A DOZATORILOR CELULARI PENTRU EVACUAREA CENUȘII DE ȘIST DIN ELECTROFILTRE

### STUDIES ON ABRASIVE WEAR OF CELLULAR DISPENSERS USED FOR SHALE ASH DISPOSAL FROM ELECTRO - FILTERS

Mihai SAVANIU<sup>1</sup>, Monica VLASE<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universitatea Tehnică de Construcții București, Romania – Facultatea de Utilaj Tehnologic

<sup>2</sup>Universitatea Tehnică de Construcții București, Romania – Facultatea de Utilaj Tehnologic

**Rezumat:** Scopul lucrării este acela de a prezenta o serie de aspecte tribologice apărute în funcționarea dozatorilor celulari utilizați pentru evacuarea continuă a cenușii de șist din electrofiltre, în condițiile menținerii riguros constante a debitului evacuat și păstrării etanșeității utilajului. Aceste cercetări au fost întreprinse de colectivul de tribologie de la Institutul de Mecanica Solidelor al Academiei Române, în colaborare cu Facultatea de Utilaj Tehnologic a Universității Tehnice de Construcții București. În laborator s-a realizat simularea procesului de uzare apărut în funcționarea dozatorilor pe o instalație experimentală. În cadrul studiilor efectuate au fost luate în considerare mai multe materiale. Pentru studierea comportării la uzare a materialelor metalice utilizabile la confecționarea paletelor s-a folosit metoda radiometrică, mai rapidă și foarte precisă. Metoda gravimetrică s-a utilizat numai pentru determinarea vitezei de uzare a PTFE. Lucrarea prezintă rezultatele experimentale obținute și comentariile aferente.

**Cuvinte cheie:** dozatori celulari; cenușă de șist; uzare; metodă gravimetrică; metodă radiometrică.

**Abstract:** The purpose of the paper is to present some tribological aspects regarding the cellular dispensers equipment used for continuous evacuation of the shale ash from electrofilters, in conditions of maintaining a rigorous constant of the exhaust flow and also preventing the equipment leaks. These researches were carried out by Institute of Solid Mechanics of the Romanian Academy, in collaboration with the Faculty of Technological Equipment of Technical University of Civil Engineering. In the laboratory process was performed to simulate the wear of cellular dispensers that occurs during functioning on an experimental installation. In studies, different materials were tested. To study the wear behavior of metallic materials used for manufacturing blades was used the radiometric method, which is more rapid and very accurate. The gravimetric method was used only for determining the rate of wear of PTFE. The paper presents the experimental results and related comments.

**Key words:** cellular dispensers; shale ash; wear; gravimetric method; radiometric method.

## 1. INTRODUCERE

Scopul lucrării este acela de a prezenta o serie de aspecte tribologice apărute în funcționarea dozatorilor celulari utilizați pentru evacuarea continuă a cenușii de șist din electrofiltre, în condițiile menținerii riguros constante a debitului evacuat și păstrării etanșeității

utilajului. Aceste cercetări au fost întreprinse de colectivul de tribologie de la Institutul de Mecanica Solidelor al Academiei Române, în colaborare cu Facultatea de Utilaj Tehnologic a Universității Tehnice de Construcții București [1, 2, 3, 4, 5, 6]. Studiarea comportării tribologice a elementelor de uzură ale dozatorilor celulari s-a impus, în special, ca urmare a necesității asigurării unei fiabilități ridicate a acestora, în condițiile evacuării unor cantități mari de cenușă de șist și a asigurării etanșeității în condițiile unor diferențe mari de presiune.

Utilajul este constituit dintr-o carcasă metalică confecționată de obicei prin turnare, un rotor cu palete pentru dozarea cenușii de șist și un grup motoreductor. Funcționalitatea dozatorului este asigurată prin diferența de 2 mm dintre diametrul interior al corpului turnat și diametrul exterior al rotorului cu palete. Pentru asigurarea unui debit maxim evacuabil de 30 m<sup>3</sup>/h, precum și a etanșeității utilajului, este necesară menținerea constantă a diferenței de 1 mm dintre raza corpului dozatorului și raza rotorului acestuia.

În funcționarea dozatorilor celulari apare o creștere a jocului funcțional menționat, ca urmare a proceselor de uzare inițiate de prezența cenușii de șist în spațiul dintre rotor și carcasă. Uzarea se manifestă ca o uzare tipic abrazivă, cu trei corpuri, intensificată de deosebita agresivitate a cenușii de șist, în special în cazul unor temperaturi relativ ridicate ale acesteia, cuprinse între 80 ÷ 100<sup>o</sup>C.

Paletel rotorului sunt elementele constructive cele mai solicitate din punct de vedere tribologic, astfel încât rezistența lor la uzare condiționează fiabilitatea întregului utilaj. Trebuie remarcat faptul că paletel nu se uzează uniform. Aceasta se datorează variației pe înălțime a presiunii exercitate de materialul pulverulent pe suprafața paletel. Tensometric, s-a stabilit că presiunea exercitată de materialul pulverulent pe secțiunea minimă a paletel variază între 0,06 daN/cm<sup>2</sup>, la capătul superior și 1 daN/cm<sup>2</sup>, la capătul inferior, în condițiile unei viteze relative a rotorului față de corpul dozatorului de 60 cm/s.

## 2. MODELAREA PROCESULUI DE UZARE

Pentru modelarea procesului de uzare apărut în funcționarea dozatorilor s-a utilizat instalația experimentală a cărei vedere de ansamblu este prezentată în fig.1. Ea poate reproduce atât procesele de frecare abrazivă cu două corpuri, cât și cele de frecare abrazivă cu trei corpuri.

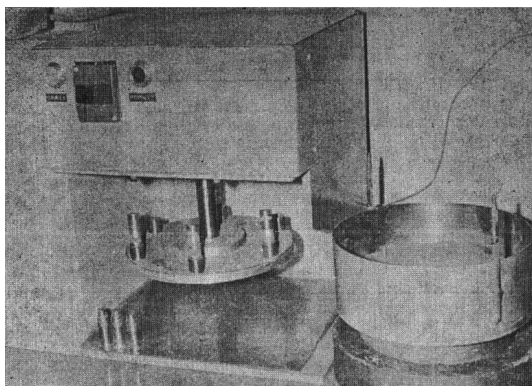
Instalația este acționată de către un motor electric de 1 kW, prin intermediul unui reductor melcat care permite obținerea unei turații mici de lucru (60 rot/min). Axul reductorului antrenează în mișcare de rotație un disc fixat pe capătul său inferior și pe care se montează epruvetele de studiu. Epruvetele sub formă de știfturi sunt confecționate din materialul paletel rotorului și constituie unul din elementele cuplei de frecare.

Cel de-al doilea element al cuplei îl constituie bazinul, pe fundul căruia se rotește discul port-epruvete. Fundul bazinului este constituit dintr-un disc metalic care poate fi înlocuit cu discuri de dimensiuni identice, confecționate din diferite materiale utilizabile pentru construcția corpului dozatorului.

Bazinul, în care se introduce cenușa de șist, este prevăzut cu un sistem de ghidaje care asigură fixarea acestuia în poziția dorită și realizarea contactului de frecare.

Discul port-epruvete este prevăzut cu șase găuri filetate, pentru fixarea a șase epruvete de studiu. Găurile sunt practicate în colțurile unui hexagon înscris într-un cerc cu diametrul de 200 mm. Epruvetele se pot fixa prin înșurubare, direct în discul port-epruvete. Această situație corespunde unei încărcări foarte mici (0,01 daN/cm<sup>2</sup>), realizată prin blocarea bazinului la cota suprafețelor de frecare ale epruvetelor de studiu.

## Studii privind uzarea abrazivă a dozatorilor celulari pentru evacuarea cenușii de șist din electrofiltre



**Fig.1. Vedere de ansamblu a instalației experimentale pentru studiul uzării abrazive [1]**

Discul asigură posibilitatea montării epruvetelor pe trei diametre, lucru necesar pentru obținerea vitezelor de 60 *cm/s*, 80 *cm/s* și 100 *cm/s*.

Instalația este prevăzută cu două sisteme de încărcare individuală a știfturilor. Primul sistem asigură posibilitatea montării epruvetelor în dispozitive individuale de încărcare cu resort tarat (etalonat). Acestea permit încărcări normale de 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 și 2,5 *daN*. Pentru o suprafață frontală a știfturilor de 1,0 *cm*<sup>2</sup>, valorile de mai sus reprezintă chiar presiunile de contact.

Al doilea sistem de încărcare, cu greutate liberă, constă în montarea știfturilor prin înșurubare în bare de oțel de greutate constantă și care pot culisa sub acțiunea propriei greutăți, în interiorul unor bușe filetate în discul port-epruvete. Sistemul asigură încărcarea individuală a știfturilor confecționate din materialul paletelor, cu sarcini normale de 0,06; 0,1; 0,2; 0,3 și 0,5 *daN*.

Instalația este prevăzută cu un contor, pentru înregistrarea numărului ciclurilor de funcționare.

Măsurarea uzurii știfturilor se poate face atât prin metode gravimetrice sau volumetrice, cât și prin metode radiometrice.

Metoda gravimetrică constă în măsurarea greutății știfturilor înainte și după diferite durate de funcționare sub sarcină a cuplei de frecare. Pentru măsurarea uzurii cu o precizie acceptabilă ( $10^{-4}$  *g*), este necesară o rodare prealabilă a cuplei timp de 48 ore. Utilizarea metodei gravimetrice impune efectuarea unor încercări de lungă durată (48÷72) ore, pentru eliminarea eventualelor erori de rezoluție a mijloacelor de măsurare gravimetrică.

Metoda radiometrică, caracterizată printr-o mare precizie, constă în iradierea epruvetelor în reactorul nuclear. Prin iradiere, majoritatea elementelor componente ale oțelului, bronzului și fontei, reacționează cu neutronii lenti, într-o reacție nucleară ( $n; \gamma$ ), cu formare de izotopi radioactivi. Cupla de frecare, funcționând sub sarcină, în mediu pulverulent, se uzează. Uzura radioactivă se amestecă cu cenușa de șist, mișcarea discului port-epruvete având și rol de omogenizare. Pentru stabilirea vitezei de uzare prin metoda radiometrică, au fost prevalate probe de volum constant, din cenușa de șist, la durate determinate de încercare. Probele au fost introduse în containerul instalației radiometrice de măsură. Containerul este prevăzut cu un contor de radiații, cu scintilație, legat la un numărător de impulsuri. Viteza de numărare a probei este înregistrată automat pe un înregistrator de date.

Utilizând etaloanele de greutate, iradiate în aceleași condiții ca și epruvetele, vitezele de numărare ale probelor de uzură pot fi convertite în greutatea de metal uzat.

În cadrul studiilor efectuate au fost luate în considerare următoarele materiale:

- Pentru reperul „element paletă”: Fa; Fc 30; T 35 SN 11; 35 MS 12; Bz 9T; 6610 W 5122; PTFE.

- Pentru reperul „corp”: Fa; Fc 30; Bz 9T; T 6610 W 5122; T 6610 W 5122 călit; T 35 SN 11; T 35 Sn 11 călit; 35 MS 12; 35 MS 12 călit; OLC 45 X; OLC 45 X călit; RUL 1; RUL 1 călit.

### 3. REZULTATE EXPERIMENTALE ȘI CONCLUZII

Pentru studierea comportării la uzare a materialelor metalice utilizabile la confecționarea paletelor s-a folosit metoda radiometrică, mai rapidă și foarte precisă. Metoda gravimetrică s-a utilizat numai pentru determinarea vitezei de uzare a PTFE.

Încercările experimentale s-au realizat la o viteză relativă de 60 *cm/s* și la presiuni de 0,06; 0,5 și 1,0 *daN/cm<sup>2</sup>*. Rezultatele experimentale sunt prezentate din fig.2 ÷ 8.

Fig.2 demonstrează că paletelile confecționate din fontă albă sunt uzate cel mai mult atunci când și corpul dozatorului este realizat din același material, iar uzura cea mai mică apare în cazul când corpul este confecționat din bronz turnat - Bz9T.

Din această histogramă se poate observa că cea mai mică uzură a paletelilor confecționate din fontă albă apare în situația în care corpul dozatorului este realizat tot din fontă albă. Celelalte materiale pentru construcția corpului, produc paletelilor din fontă albă, uzuri comparabile, cea mai mare fiind produsă de oțelul 35 MS 12, iar cea mai mică de Fc 30. Celelalte materiale produc uzuri de valori apropiate.

Fig.3 ilustrează faptul că uzura cea mai mare a epruvetelilor confecționate din Fc 30 este produsă de contactul cu fonta albă, iar uzura cea mai mică, de contactul cu oțelul OLC 45 X călit.

Epruvetele confecționate din Bz 9T (fig.4), sunt uzate intens de contactul cu fonta albă, Fc 30, 35 MS 12 și T 6610 W 5122.

Epruvetele realizate din oțel 35 MS 12 (fig.5), prezintă viteze de uzare reduse, în cazul contactului cu fonta albă-Fa, Fc 30, Bz 9T, 35 MS 12, 35 MS 12 călit și RUL 1 călit.

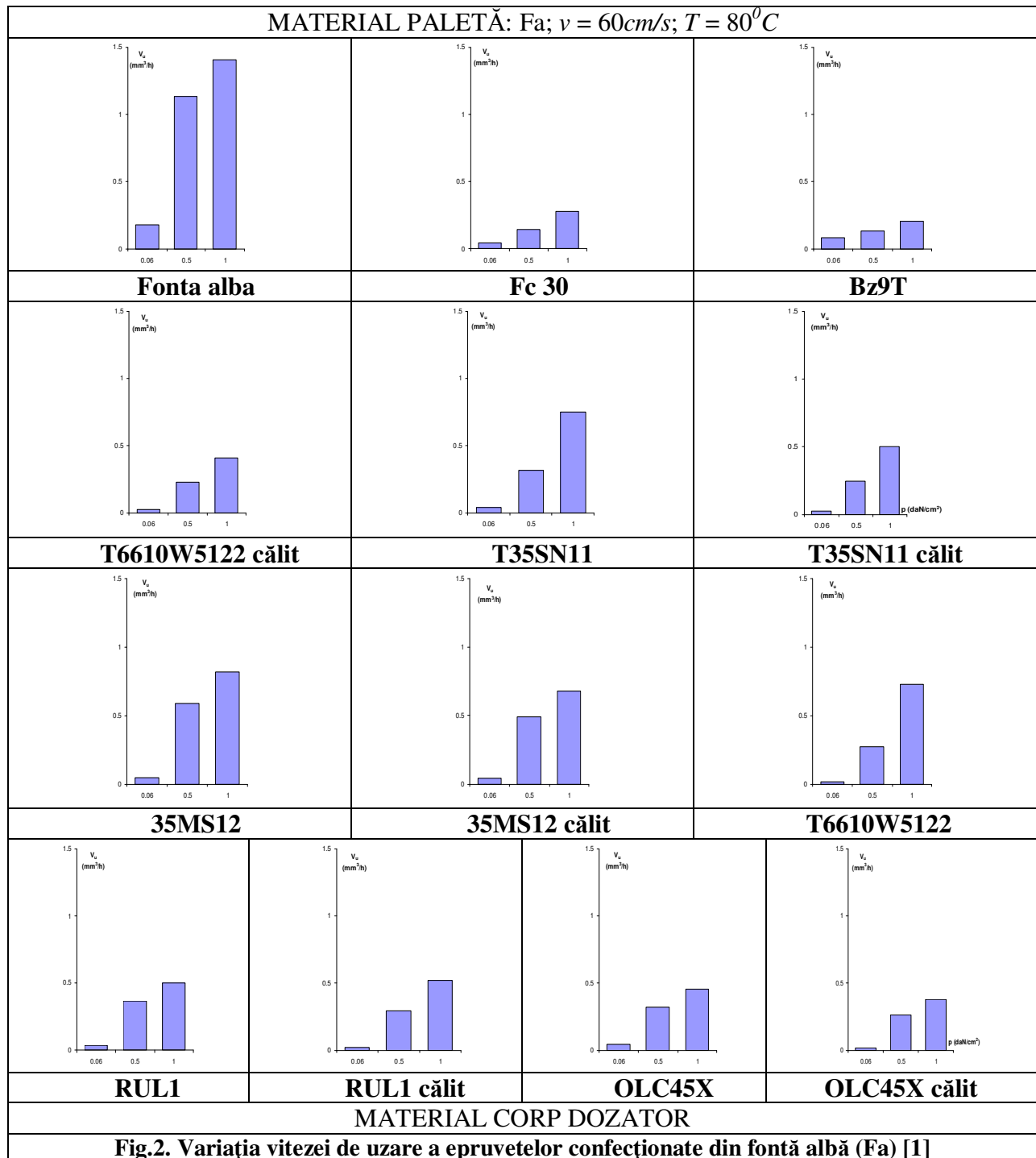
Din fig.6 se observă că viteza de uzare redusă a epruvetelilor confecționate din T 35 SN 11 apare la contactul cu oțelul 35 MS 12, 35 MS 12 călit, fonta albă, Fc 30 și Bz 9T.

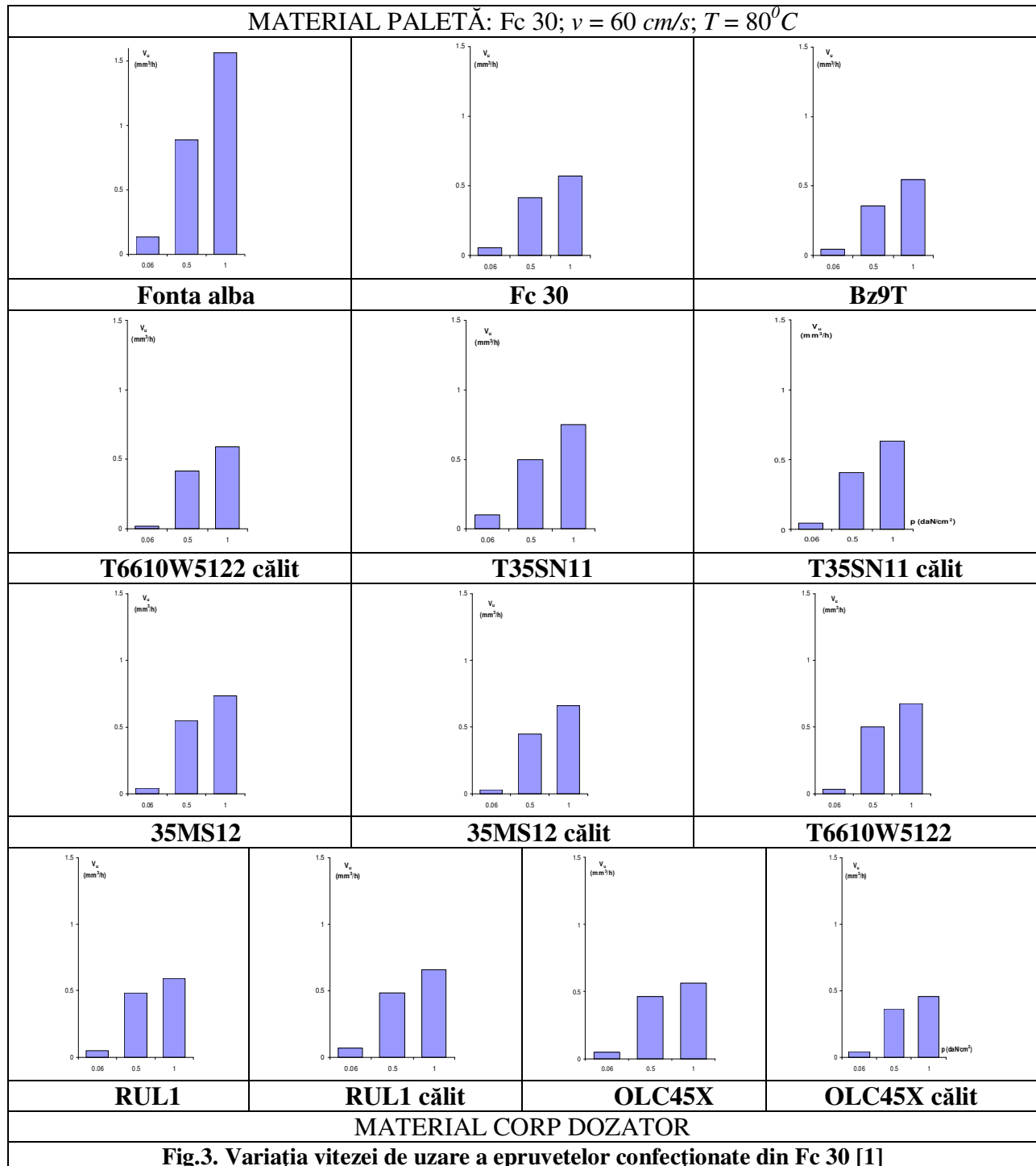
Oțelul T 6610 W 5122 (fig.7), prezintă cea mai scăzută viteză de uzare în contact cu oțelurile 35 MS 12 călit și T 6610 E 5122 călit.

Fig.8 ilustrează faptul că epruvetele confecționate din politetrafluoretilenă (PTFE), prezintă în general, viteze de uzare mai ridicate decât celelalte materiale, excepție făcând cazul contactului cu fonta albă.

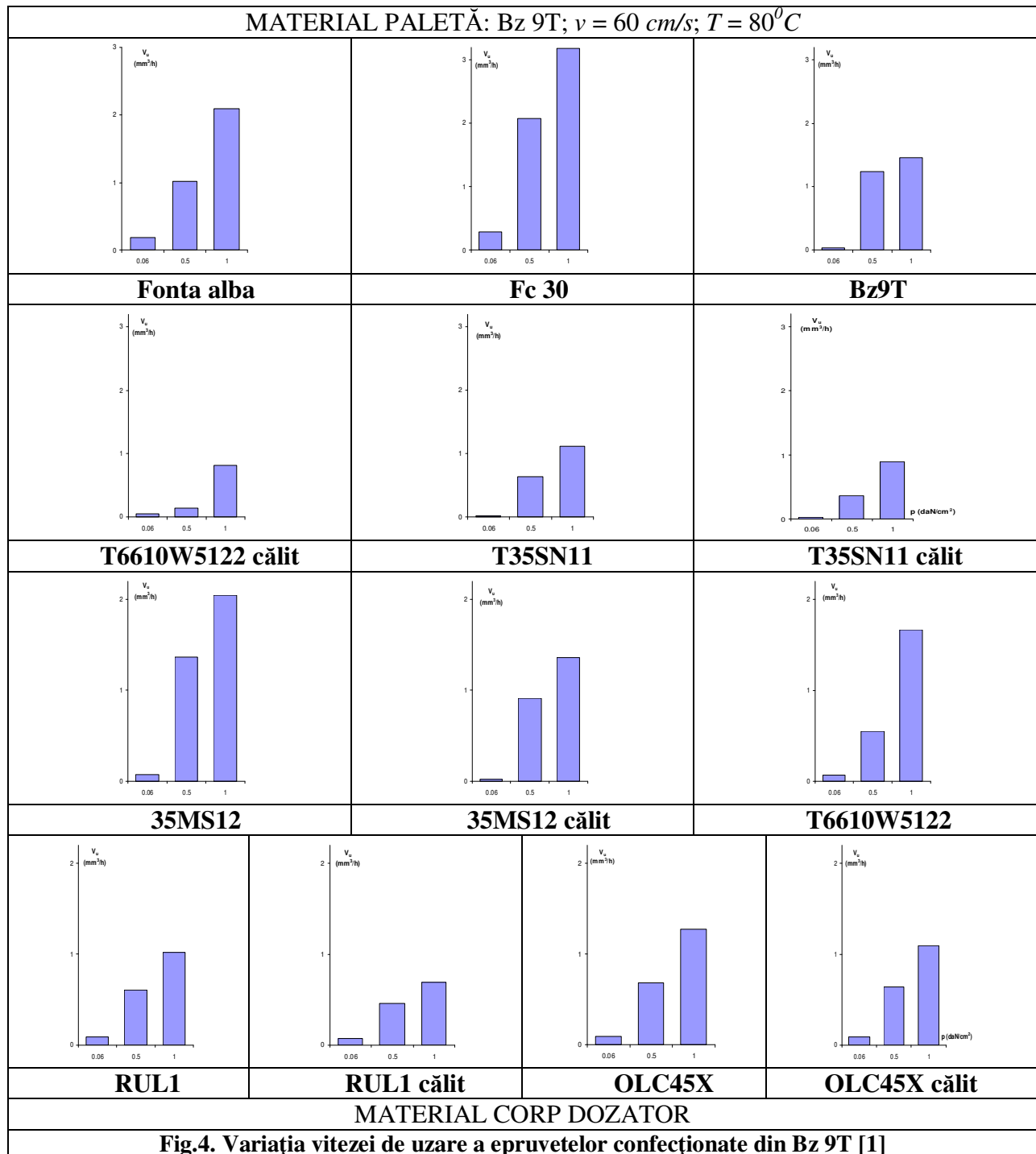
Încercările experimentale au scos în evidență faptul că vitezele de uzare abrazivă ale epruvetelilor studiate ating valori ridicate (0,1÷3,2 *mm<sup>3</sup>/h*), acestea crescând cu sarcina aplicată cuplei, în aceleași condiții de viteză relativă și de temperatură.

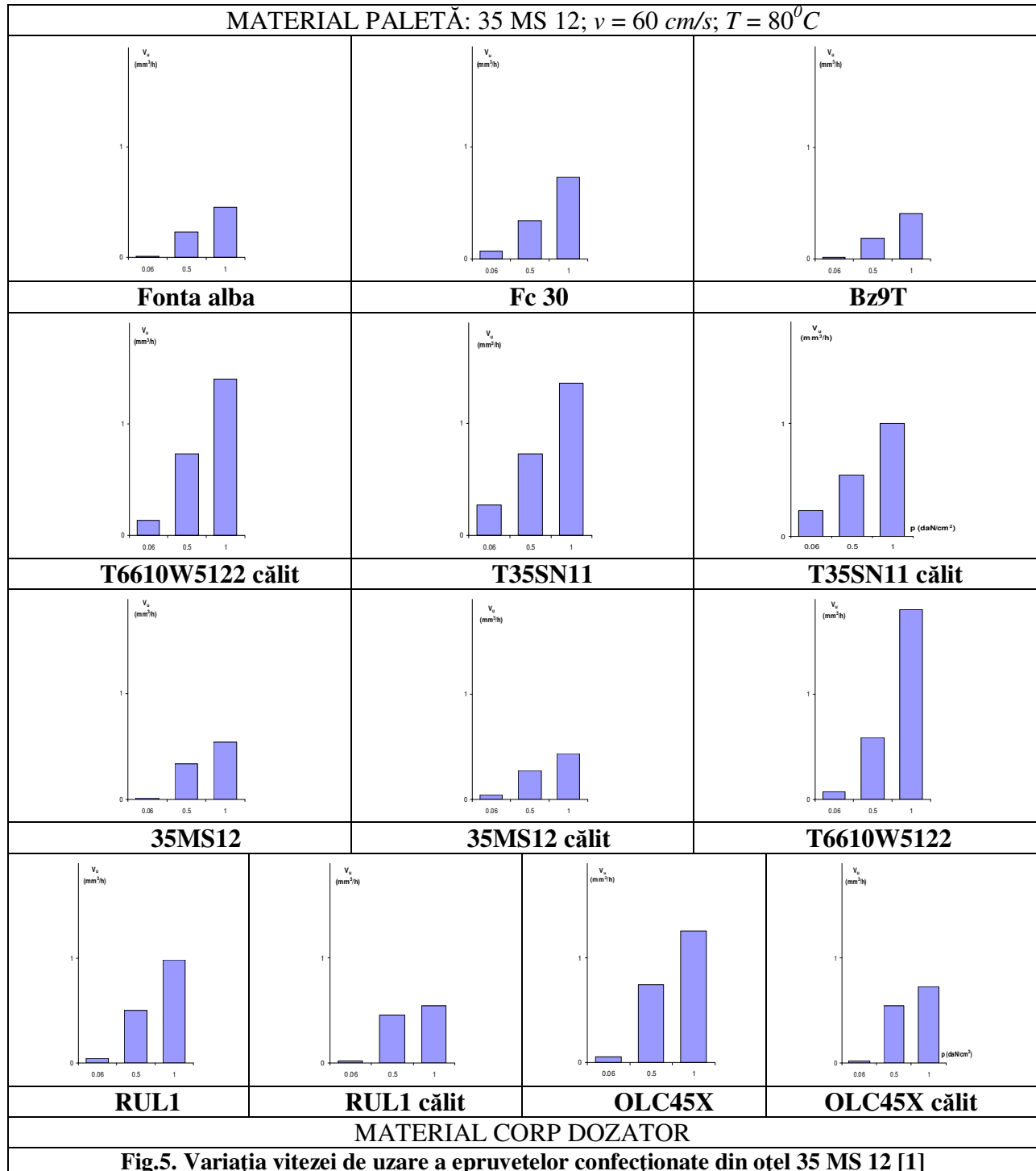
Studii privind uzarea abrazivă a dozatorilor celulari pentru evacuarea cenușii de șist din electrofiltre





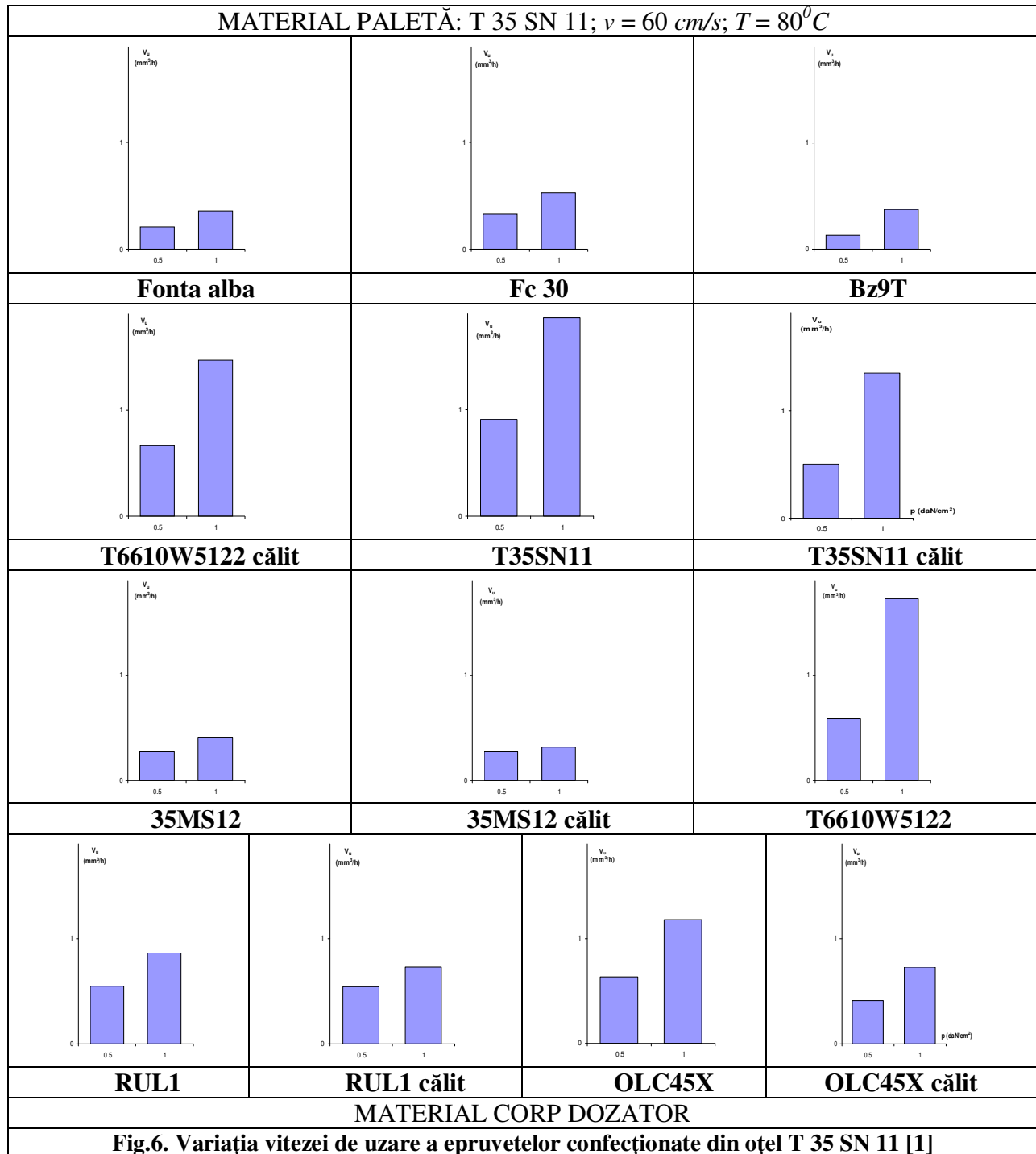
Studii privind uzarea abrazivă a dozatorilor celulari pentru evacuarea cenușii de șist din electrofiltre

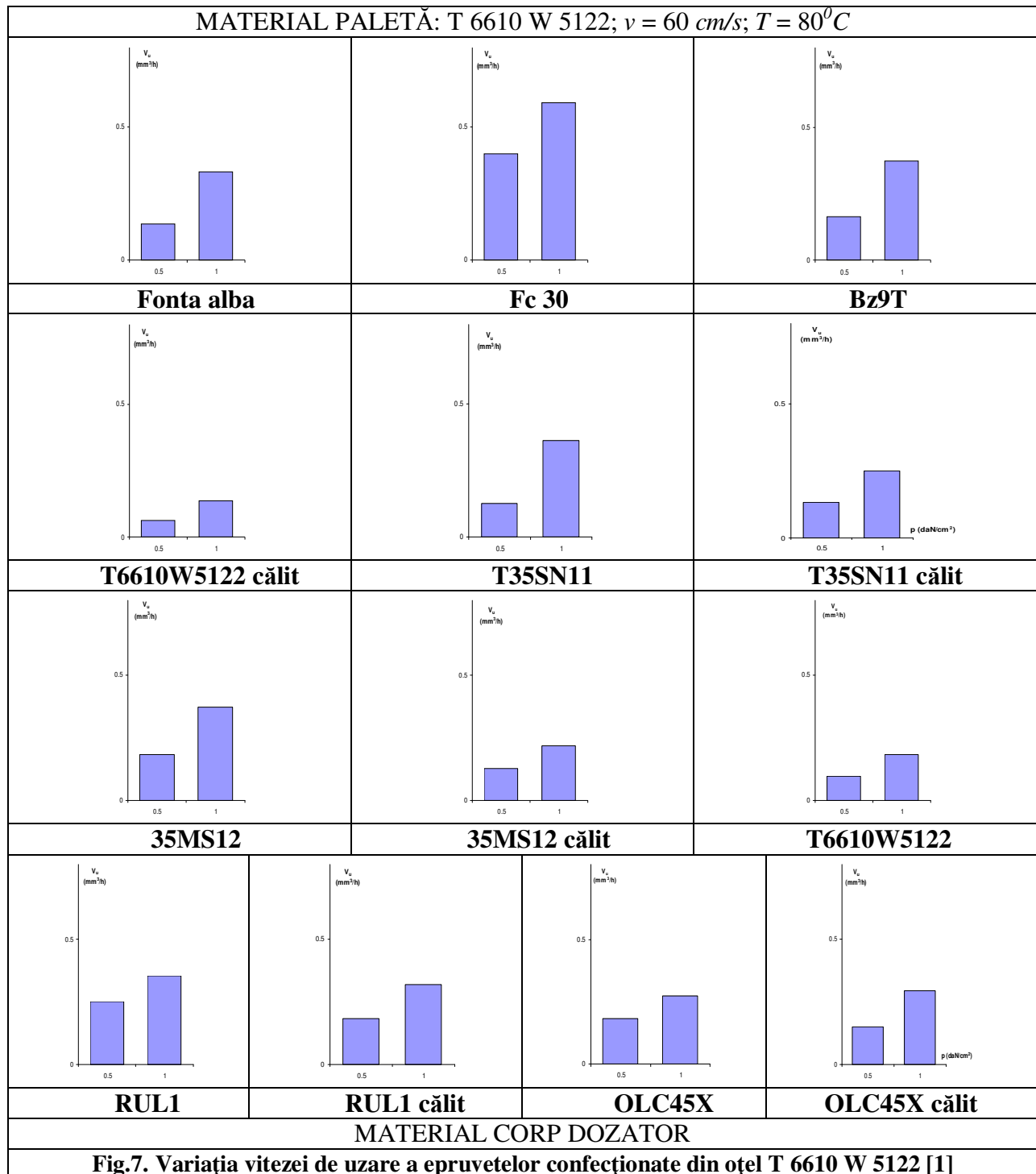




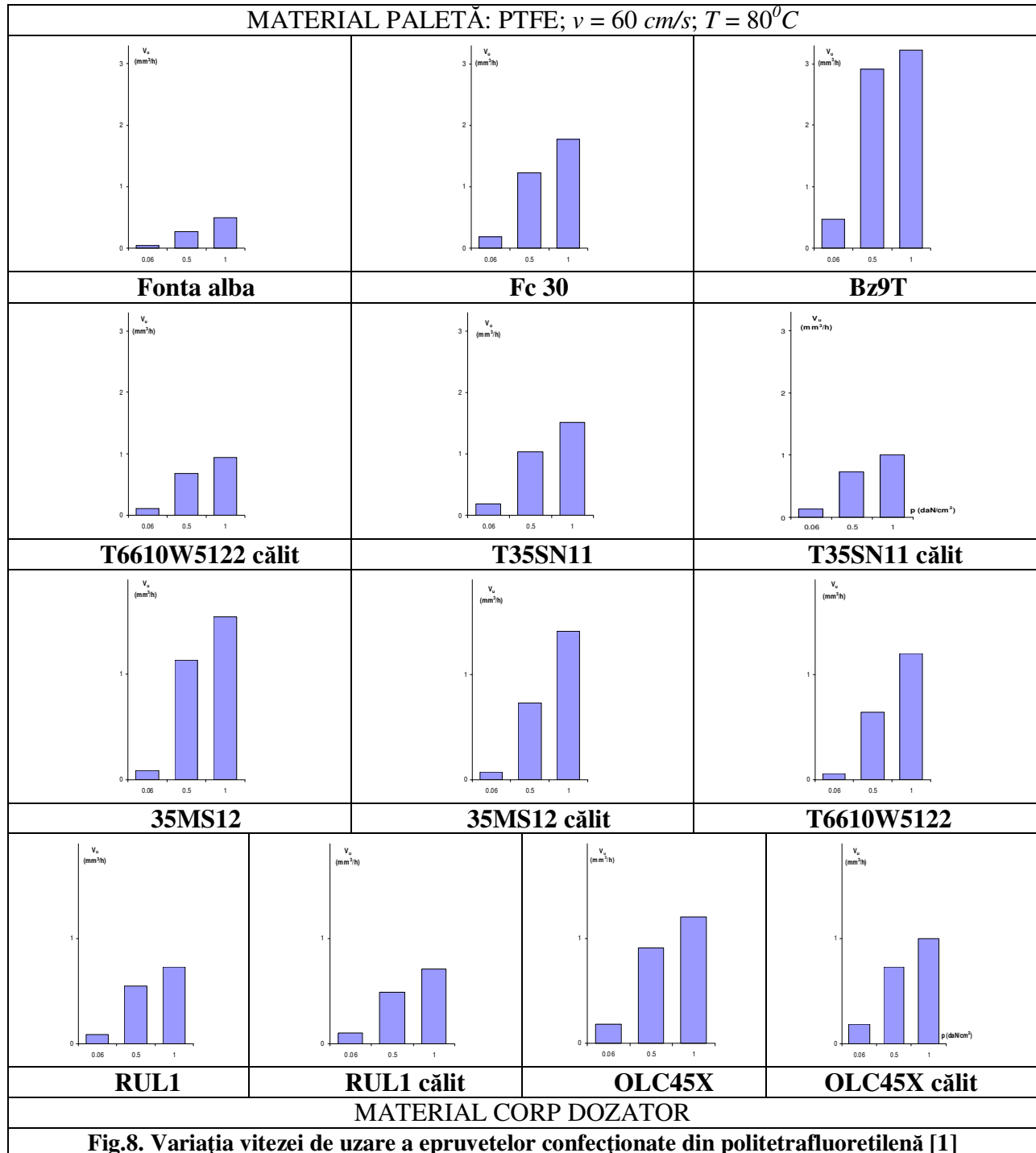


Studii privind uzarea abrazivă a dozatorilor celulari pentru evacuarea cenușii de șist din electrofiltre





Studii privind uzarea abrazivă a dozatorilor celulari pentru evacuarea cenușii de șist din electrofiltre



**Fig.8. Variația vitezei de uzare a epruvetelor confecționate din politetrafluoretilenă [1]**

Din analiza datelor experimentale se pot trage următoarele concluzii privind posibilitățile de utilizare ale materialelor studiate, la construcția cuplei paletă/corp, ale dozatoarelor celulare pentru cenușa de șist:

- datorită valorilor ridicate ale vitezei de uzare, se exclude posibilitatea utilizării următoarelor cupluri de materiale: fontă albă/fontă albă; Fc 30/Fa; Bz 9T/Fa; Bz 9T/Fc 30; Bz 9T/ Bz 9T; Bz 9T/T 35 SN 11; Bz 9T/35 MS 12; Bz 9T/35 MS 12 călit; Bz 9T/T 6610 W 5122; Bz 9T/RUL 1; Bz 9T/OLC 45 X; Bz 9T/OLC 45 X călit; 35 MS 12/T 6610 W 5122 călit; 35 MS 12/35 SN 11; 35 MS 12/T35 SN 11 călit; 35 MS 12/T 6610 W 5122; 35 MS 12/OLC 45 X; 35 MS 12/RUL 1; 35 MS 12/RUL 1 călit; T 35 SN 11/OLC 45 X; T 35 SN 11/T 6610 W 5122 călit; T 35 SN 11/ T 35 SN 11; T 35 SN 11/T 35 SN 11 călit; T 35 SN 11/T 6610 W 5122; PTFE/Fc 30; PTFE/Bz 9T; PTFE/T 35 SN 11; PTFE/35 MS 12; PTFE/35 MS 12 călit; PTFE/T 6610 W 5122; PTFE/OLC 45 X; PTFE/OLC 45 X călit.
- dintre cuplurile rămase, având în vedere și considerente de ordin economic, rămân în atenție: PTFE/Fa; T 6610 W 5122/T 6610 W 5122 călit; T 6610 W 5122/T 35 SN 11 călit; T 6610 W 5122/35 MS 12 călit; 35 MS 12/Fa; 35 MS 12/35 MS 12 călit; T 35 SN 11/35 MS 12 călit; T 35 SN 11/Fa; Fc 30/OLC 45 X călit; Fa/Fc 30; fontă albă/T 6610 W 5122 călit; Fa/OLC 45 X călit.

Ținând seamă de valorile vitezelor de uzare, compatibilitatea diferitelor materiale precum și de caracteristicile lor mecanice și anticorozive, cuplurile de materiale utilizabile în condiții de fiabilitate maximă a dozatorilor celulari, rămân: PTFE/fontă albă; T 6610 W 5122/T 35 SN 11 călit; T 6610 W 5122/35 MS 12 călit și T 35 SN 11/35 MS 12 călit.

Având în vedere ușurința tratamentului termic și distribuția perfect normală (Gaussiană) a durității oțelului 35 MS 12, cuplul de materiale T 35 SN 11/35 MS 12 călit, apare ca soluție optimă pentru confecționarea cuplei element paletă/corp a dozatorilor celulari pentru evacuarea cenușii de șist din electrofiltre.

## BIBLIOGRAFIE

- [1] DENG, T., CHAUDHRY, A.R., PATEL, M., HUTCHIES, I., BRADLEY, M.S. – *Comparison between weight loss of bends in a pneumatic conveyer and erosion rate obtained in a centrifugal erosion tester for the same materials*, Wear 258 (2005), pp.402-411.
- [2] LI J., DENG, T., BINGLEY, M.S., BRADLEY, M.S.A. – *Prediction of particle rotation in a centrifugal accelerator erosion tester and the effect on erosion rate*, Wear 258 (2005), pp.497-502.
- [3] MASEN, M.A., SCHIPPER, D.J. – *Micro-contact based modeling of abrasive wear*, Wear 258 (2005), pp.339-348.
- [4] VLASE, M. – *Contribuții privind studiul proceselor tehnologice caracteristice cuplelor principale ale utilajelor pentru pomparea betoanelor*, Teză de doctorat, Univ. Politehnica din București, 2003.
- [5] PETRESCU, FL., VLASE, M., DAVIDESCU, A. – *Recomandări privind controlul uzurii abrazive caracteristice utilajelor de construcții*, Buletin științific nr. 4/1998, U.T.C.B. pp. 44-49.
- [6] CĂPITANU, L. – *Cercetări privind comportarea la frecare și uzare a dozatorilor celulari pentru evacuarea cenușii de șist din electrofiltre*, St.Cerc.mec.apl., Tom 38, Nr.2, 1979, pp.331-339.