

# Acoperiri nanocompozite în structură multistrat pentru aplicații tribologice



G. Strnad<sup>1\*</sup>, D. Biro<sup>1</sup>, I. Vida-Simiti<sup>2</sup>, N. Jumate<sup>2</sup>

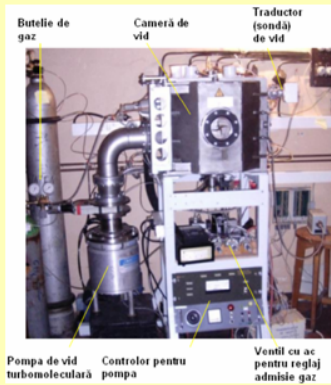
<sup>1</sup> Universitatea "Petru Maior" din Tg.Mureș, Facultatea de Inginerie

<sup>2</sup> Universitatea Tehnică din Cluj Napoca, Facultatea de Știința și Ingineria Materialelor

\* E-mail: strnad@upm.ro



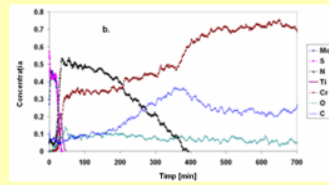
## Instalația experimentală



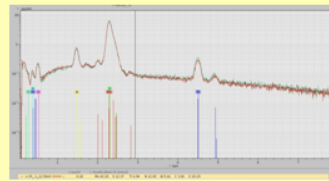
### Instalație de depunere prin co-pulverizare reactivă de tip magnetron asimetric excitat în curent continuu

- 3 magnetrone;
- ținte: TiAl, MoS<sub>2</sub>, Cr (sau grafit);
- gaz plasmagen: Ar;
- gaze reactive: N<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>;
- vid limită: ≤10<sup>-4</sup> Pa;
- presiunea de lucru: 0,1...0,3 Pa;
- tensiunea de substrat: -70...-150 V;
- temperatura substratului: ≈ 300°C;
- sistem optic PEM de monitorizare a parametrilor plamei;
- calculator de proces pentru comanda automat adaptivă a procesului de depunere.

Structura multistrat se obține prin deplasarea ciclică a substratului în fața țintelor activate.



❖ Caracterizarea AES arată că instalația experimentală asigură co-depunerea elementelor, intermixajul acestora și o tranziție între straturi care favorizează relaxarea tensiunilor interne și coeziunea între straturi



❖ Caracterizarea EDX arată că instalația experimentală asigură reproductibilitatea procesului de depunere, compozițiile elementale ale straturilor depuse cu aceiași parametri de proces, la momente de timp diferite, fiind identice

## Microstructura – XTEM și HRTEM

Acoperire Ti-Al-N-C

Acoperire Ti-Al-N-C cu înglobare de MoS<sub>2</sub>

Acoperire Ti-Al-N-Cr cu înglobare de MoS<sub>2</sub>

❖ Caracterizările XTEM, HRTEM și SAED arată că microstructura acoperirilor este una multistrat, formată din straturi intermediare;

❖ în funcție de parametri de depunere aceste straturi au structură:

- > microcristalină;
- > nanocristalină de tip nanocristale înglobate în matrice amorfă.

## Compoziția fazică – XRD

❖ Caracterizarea XRD a acoperirilor Ti-Al-N-C cu înglobare de MoS<sub>2</sub> arată că structura este multifazică, formată din faze microcristaline, nanocristaline și amorfă;

❖ Rețelele cristaline ale nitrurilor din strat sunt distorsionate, ca urmare a înglobării atomilor de C, Mo, S.

❖ Structura acoperirilor Ti-Al-N-Cr cu înglobare de MoS<sub>2</sub> este multifazică, formată din faze distorsionate, microcristaline, nanocristaline și amorfă;

❖ La o concentrație mărită a MoS<sub>2</sub> aceasta se depune în fază cristalină cu planele (002) orientate paralel cu suprafața acoperirii.

## Coefficientul de frecare – SRV și ball-on-disk

Depunere multistrat Ti-Al-N-C

Depunere multistrat Ti-Al-N-C cu înglobare de MoS<sub>2</sub>

Valori ale coeficientului de frecare pentru acoperirile tribologice dezvoltate:

- ❖ 0,25...0,5 pentru depuneri Ti-Al-N-C;
- ❖ 0,09...0,13 pentru depuneri Ti-Al-N-C cu înglobare de MoS<sub>2</sub>;
- ❖ 0,08...0,2 pentru depuneri Ti-Al-N-Cr cu înglobare de MoS<sub>2</sub>.

## Acoperiri nanostructurate realizate pe componente masive

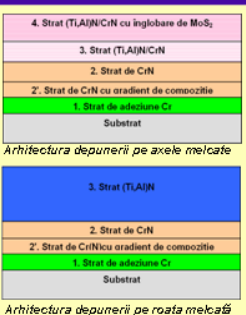
Tinta de MoS<sub>2</sub>

Tinta de Ti-Al

Tinta de Cr

Componentele angrenajului melcaț spiroid pe care s-au realizat acoperiri tribologice nanostructurate

Preșterea instalației de pulverizare reactivă pentru dezvoltarea acoperirii nanostructurate a axelor melcaț



## Concluzii

- ❖ S-a realizat o instalație de depunere performantă care permite dezvoltarea de acoperiri nanostructurate în condiții în care se asigură co-depunerea și intermixajul elementelor și reproductibilitatea rezultatelor;
- ❖ Acoperirile dezvoltate sunt de tip multistrat, nanocompozite, cu amestec de faze microcristaline, nanocristaline și amorfă;
- ❖ S-au măsurat coeficienți de frecare scăzuți, cu valori în intervalul 0,08...0,25, datorată înglobării carbonului (în acoperirile Ti-Al-N-C) sau sulfurilor de molibden în fază amorfă sau nanocristalină (în depunerile cu înglobare de MoS<sub>2</sub>) în calitate de lubrifianți uscați;
- ❖ S-au depus straturi subțiri nanostructurate pe componente masive, cu bune rezultate asupra creșterii performanțelor în funcționare ale acestora.

Conținutul este realizat în cadrul programelor COST 532/2002-2007: Tribologie and Tribotechnology, tema CH13 "Depuneri de nitruuri metalice de bază realizate în structura nanocompozit tip grade în înaltă performanță prin pulverizare reactivă tip magnetron DC" și NC536/2006: Cercetări privind utilizarea straturilor tribologice nanocompozite pentru acoperirea flancurilor angrenajelor spiroide în vederea creșterii durabilității în funcționare.  
 Multilingual collection: Research Institute for Technical Physics and Material Science, Budapest, Hungary, CSEM Tribology Laboratory, Hecolator, Elveția, Tribology Laboratory, Uppsala University, Elveția, Universitatea Sapientia și ȘC DOKTOP Adler SRL, Tg.Mureș, România.