



A XI-a Conferință Națională multidisciplinară – cu participare internațională,  
"Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii românești",  
SEBEȘ, 2011

## **CONSIDERAȚII ASUPRA OBȚINERII MATERIALELOR NANOSTRUCTURATE METALICE**

Dăian LUNGU

### **CONSIDERATION TO OBTAINING OF METALIC NANOSTRUCTURED MATERIALS**

This paper presents the procedures for obtaining metallic nanostructures. These materials are increasingly present because they special possess properties and have an greater increasingly use in the areas of mechatronics, robotics, precision mechanics.

Keywords: materials, nanocrystalline, processes, obtaining  
Cuvinte cheie: materiale, nanocristaline, procedee, obținere

#### **1. Introducere**

Materiale nanostructurate sunt definite ca fiind microstructuri solide la scară nanometrică sau parțial nanometrică în volumul materialului. Aceste noi tipuri de materiale posedă proprietăți mecanice deosebite față de materialele obișnuite.

Interesul privind comportamentul materialelor nanostructurate provine de la proprietățile unice mecanice și electrice pe care aceste noi materiale le posedă și anume: modul de elasticitate mai mic decât al materialelor convenționale, aceasta datorită granulației foarte fine prezentă în material (30 – 50 %); duritate foarte mare (sunt de 2 la 7 ori mai dure decât materialele cu granulație obișnuită); rezistență la coroziune chimică (în special în medii de HCl); superplasticitate la temperaturi scăzute; câmpuri coercitive relativ reduse comparativ cu

oțelurile silicoase; permeabilități mai ridicate decât acestea, magnetostricțiune aproape nulă etc.

Aliajele nanostructurate pe bază de Fe, datorită proprietăților mecanice și chimice le recomandă ca excelente candidate pentru aplicații în mecatronică, robotică, mecanică fină, în realizarea părților active sub formă de fire, arcuri, membrane, senzori etc.

## **2. Aspecte privind obținerea materialelor nanostructurate metalice**

Materialele metalice nanostructurate se pot obține din materiale metalice în stare amorfă. Starea amorfă se poate realiza pornind de la toate cele trei stări de agregare:

- *gazoasă* care presupune condensarea materialului prin: depunere în vid, pulverizare catodică;

- *lichidă* → metalizare electrolitică sau chimică; → solidificare ultrarapidă (centrifugare, laminare, extracție, atomizare, cavitație, electroeroziune);

- *solidă* → aliere mecanică.

### **2.1 Condensarea din fază gazoasă, pulverizare catodică**

a) *Depunerea în vid din vapori* constă în obținerea unor pelicule amorfe din metale și aliaje simple. De pe suprafața materialului metalic, încălzit în vid înaintat, vaporizează atomi care sunt condensați la contactul cu o placă de bază răcită (din sticlă, safir,  $Al_2O_3$ ).

b) *Pulverizarea catodică* constă în obținerea unor pelicule amorfe de  $10^{-2} - 10^{-1}$   $\mu m$  din aliaje ale metalelor rare (exemple: Gd-Co, Gd-Fe, Sm-Fe). Pulverizarea se produce lent, pornind de la ionizarea unui gaz de presiune scăzută, care se transformă în plasmă ca urmare a acțiunii ionilor emiși de un catod.

c) *Depunerea chimică a vaporilor* (chemical vapour deposition – CVD) constă în obținerea unor pelicule amorfe (în special din materiale ceramice: SiC,  $Si_3C_4$ , BN) prin depunere chimică pe o placă de bază răcită dar și prin impurificarea controlată a semiconductorilor. Vaporii ușori sunt descompuși termic prin trecerea peste o placă masivă, încălzită, fiind apoi condensați pe o placă de bază răcită.

### **2.2 Metalizarea**

Metalizarea se poate realiza pe două căi și anume:

a) *Metalizarea electrolitică.* Procedeu constă în obținerea unor pelicule amorphe prin depunerea pe catodul din Cu sau grafit, a ionilor rezultați prin dizolvarea anodului în electrolit.

b) *Metalizarea chimică.* Acest procedeu constă în obținerea unor pelicule amorphe pe bază de Ni și Co care conțin P și B, prin depunerea clorurilor metalice din soluțiile apoase. Peliculele au densitate ridicată.

### 2.3 Solidificarea ultrarapidă

Procedeu se aplică pentru obținerea lamelor subțiri, a benzilor, a filamentelor sau a pulberilor amorphe și implică realizarea unor viteze de răcire de până la  $10^9$  K/s.

#### 2.3.1 Metode de obținere a filamentelor amorphe

Filamentele au secțiunea transversală în formă de „D” și sunt folosite, ca materie primă, pentru obținerea pulberilor metalice amorphe, prin măcinare. Forma de „D” este rezultatul acțiunii combinate a forței centrifuge și a contracției lichidului de la solidificare. Filamentele se obțin prin procedee de extracție din topitură, cu variantele din creuzet și din picătură suspendată.

a. *Metoda extracției din topitură* (figura 1) – folosește discuri dublu tronconice din cupru sau alamă care imprimă filamentelor o traiectorie fixă. Dacă discul are margine canelată, se obțin ace amorphe.

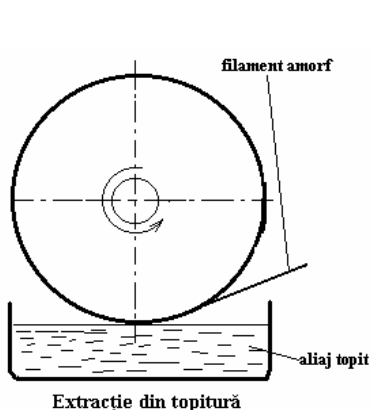


Fig. 1 Metoda extracției din topitură

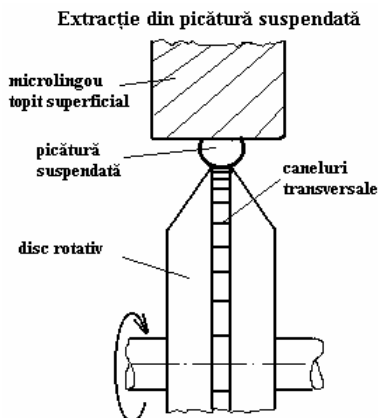


Fig. 2 Metoda extracției din picătură suspendată

b. *Metoda extracției din picătură suspendată* (figura 2) – „culege” picătura de la baza unui lingou care este împins ușor printr-un inductor care-l topește superficial.

c. *Răcirea pe substrat rotativ* a aliajului topit. Aliajul topit (figura 3), ca urmare a acțiunii unui încălzitor, se află într-un creuzet care are la partea inferioară o duză calibrată. Sub efectul presiunii unui gaz inert (Ar) lichidul este împins (extrudat) prin duză. Jetul de lichid continuu cade pe un cilindru rotativ aflat la mică distanță de duză. Banda amorfă rezultată are o rugozitate mai mare pe suprafața liberă, care nu a fost în contact cu cilindrul. Jetul de aliaj topit poate fi liber (duză circulară) sau plan. Substratul de rotație poate fi suprafața exterioară sau interioară a unui cilindru rotativ. Cilindrii sunt confecționați din materiale cu foarte mare conductivitate termică (fiind, în plus răciți cu apă) și au suprafața de lucru foarte bine finisată.

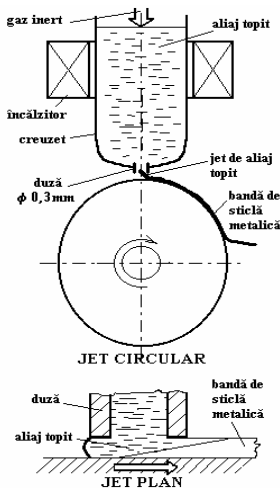


Fig. 3 Răcirea pe substrat rotativ

### 2.3.2 Metode obținere a pulberilor amorfe

Pulberile amorfe se pot obține prin atomizare, centrifugare, cavitație, electroeroziune, aliere mecanică sau măcinare.

*Atomizarea* constă din formarea și răcirea picăturilor de metal lichid în mai multe variante (cu jet de gaz, de apă sau combinat, centrifugarea topiturii, metoda electrohidrodinamică etc.)

Procedeele de atomizare sunt: *Atomizarea cu jet de gaz inert*, *Atomizarea cu jet de apă*, *Atomizarea gazo-lichidă*, *Atomizarea cu strat*

de apă în rotație, Atomizarea electrohidrodinamică, Pulverizarea prin centrifugare cu răcire în jet de gaz care folosește un disc concav care se rotește cu o turație de 24000 rot/min. Sub efectul forței centrifuge și a presiunii gazului inert (He) se produc pulverizarea și amorfizarea la viteze de răcire de ordinul a  $10^7$  K/s, Pulverizarea combinată: cu jet de gaz inert, prin centrifugare și răcire finală cu jet de apă permite obținerea unor viteze de răcire de  $10^7$  K/s.

*Metoda cavitației* constă din comprimarea topiturii, fără răcire, între doi cilindri rotativi și dispersarea ei la ieșirea din aceștia. Cilindrii se pot roti cu până la 10000 rot/min.

*Metoda electroeroziunii* constă din desprinderea din electrozi de mici particule sub formă de scântei (descărcări electrice) care sunt răcite în lichidul dielectric înconjurător. Scântele se produc cu intermitență, sub efectul sursei de alimentare. Particulele desprinse sunt topite și amorfizează în dielectricul înconjurător.

*Alierea mecanică.* Alierea mecanică se realizează prin măcinare umedă sau uscată.

### 2.3.3 Recristalizarea aliajelor amorfe în scopul obținerii nanostructurilor metalice

La încălzirea materialelor amorfe s-a constatat că are loc fenomenul de cristalizare al acestora, adică transformarea lor dintr-un solid amorf într-un solid cristalin. Cristalizarea ca stadiu final ireversibil al transformării aliajelor amorfe se poate produce izoterm sau la încălzirea continuă. Aceste moduri de desfășurare a transformărilor sunt indicate în diagrama din figura 4.

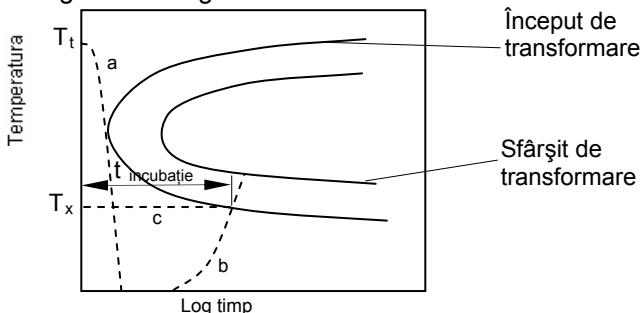


Fig. 4 Transformările la recristalizarea ale unui aliaj amorf

Curba de răcire (a) corespunde formării fazei amorfe, curba de încălzire (b) corespunde cristalizării la încălzire continuă iar curba de încălzire (c) corespunde corespunde cristalizării izoterme. Temperatura

$T_x$  depinde de viteza de încălzire a aliajului amorf și poate lua valori de la 100 °C la 1000 °C în funcție de natura aliajului.

Prin încălzirea aliajelor amorse până la curba de sfârșit de cristalizare (figura 4) se obțin următoarele tipuri de aliaje nanocristaline: ● aliaje nanocristaline - nanocristale imersate într-o matrice amorfă; ● aliaje nanocvasicristaline - nanocvasicristale într-o matrice formată dintr-o soluție solidă; ● aliaje nanoamorse - nanofaze amorse imersate într-o matrice de soluție solidă.

### 3. Concluzii

■ Prin procedeele prezentate, se obțin materiale nanostructurate metalice din materiale amorse prin efectuarea tratamentului termic de recristalizare.

■ Materialele metalice amorse se obțin sub formă de produse (fire, fibre, benzi, pulberi) cu dimensiuni de 10–100 μm. În cazul benzilor sau fibrelor, lungimea și lățimea acestora variază în funcție de procedeul de obținere aplicat. Vitezele de răcire a metalului topit necesare pentru realizarea stării amorse sunt de ordinul  $10^{-6} - 10^{-9}$  °C.

■ Temperatura  $T_x$  depinde de viteza de încălzire a aliajului amorf și poate lua valori de la 100 °C la 1000 °C în funcție de natura aliajului.

■ Prin încălzirea aliajelor amorse până la curba de sfârșit de cristalizare (figura 4) se obțin următoarele tipuri de aliaje nanocristaline: aliaje nanocristaline - nanocristale imersate într-o matrice amorfă; aliaje nanocvasicristaline - nanocvasicristale într-o matrice formată dintr-o soluție solidă; aliaje nanoamorse - nanofaze amorse imersate într-o matrice de soluție solidă.

### BIBLOGRAFIE

[1] Gâdea, Suzana, Petrescu, Maria, Petrescu, N., *Aliaje amorse solidificate ultrarapid*, Editura Științifică și Enciclopedică, București, 1988.

[2] \* \* \* *Ultrafin Grain Metals*, Editors John J. Bruke, Volker Weis Syracuse-New York, Syracuse University Press, 1970.

[3] Călugăru, Gh., *Materiale avansate. Pulberi metalice amorse*, Editura Plumb, Bacău, 1995.

[4] Bejan, M., *În lumea unităților de măsură*. Ediția a doua revăzută și adăugită. Editura Academiei Române și Editura AGIR, București, 2005.

Ing. Dăian LUNGU  
cercetător, S.C. ICPT TEHNOMAG SA Cluj-Napoca,  
membru AGIR; e-mail: tehnomag@astral.cluj.ro