

## METODĂ DE OBȚINERE A ACOPERIRILOR COMPOZITE CU MATRICE DE ZINC ȘI FAZĂ DISPERSĂ - FIBRE CERAMICE

<sup>2</sup>O. Mitoșeriu, prof.dr.ing., <sup>3</sup>I. Rusu, prof.dr.hab., <sup>1</sup>S. C. Cocindău, <sup>2</sup>F. Potecașu, <sup>2</sup>L. Orac  
<sup>1</sup>S.C. Uzinsider Engineering S.A., <sup>2</sup>Universitatea "Dunărea De Jos" Galați,  
<sup>3</sup>Universitatea Tehnică a Moldovei

### 1. INTRODUCERE

Depunerea pe cale electrochimică a acoperirilor de tip compozit pe diferite piese în scopul creșterii stabilității la uzură, durabilității lor sau recondiționarea prezintă o serie de avantaje: realizarea unor acoperiri cu structuri și însușiri corespunzătoare, ușurința obținerii unui strat regulat nemijlocit pe suprafața piesei, prețul de cost scăzut, posibilitatea automatizării și reglarea procesului tehnologic, excluderea prelucrărilor mecanice ulterioare, etc. Astfel de acoperiri de protecție de tip compozit prezentând caracteristici net superioare ale stratului superficial (duritate, antifricțiune, anticorozive, rezistență la uzură), se studiază în diverse țări ca: S.U.A., Anglia, Japonia, Franța, Germania, Bulgaria, Rusia, reușindu-se înlocuirea metalelor costisitoare sau deficitare, [1-8]. În România, primele lucrări referitoare la obținerea, mecanismul, proprietățile, precum și studiul posibilităților de utilizare a depunerilor compozite în matrice metalice au fost efectuate de o grupă de cercetare interdisciplinară de la Facultatea de Metalurgie și Știința Materialelor, Universitatea „Dunărea de Jos” Galați și Universitatea Tehnică a Moldovei [9-16]. În 1997, S.C. UZINSIDER Engineering S.A. Galați inițiază cercetări în colaborare cu Universitatea „Dunărea de Jos” Galați, pentru studiul posibilității de utilizare a acestor depuneri compozite în tratarea ulterioară a suprafeței cu radiații laser [17,18].

## 2. PARTEA EXPERIMENTALĂ

### 2.1. Descrierea aparaturii, materialelor și metodei de lucru utilizate

Cercetările au fost efectuate pe o instalație specială, construită în laborator, prevăzută cu sistem de agitare mecanică (1000 rpm) a electrolitului, reglarea temperaturii și termostatare, instrumente pentru acționarea și controlul aparaturii, celula de electroliză, potențiosat, prezentată în figura 1.

Pentru stabilirea parametrilor optimi de electrodepunere s-au utilizat următoarele materiale: epruvete din oțel carbon, substanțe pentru prepararea soluțiilor de electroliză, fibre ceramice scurte de dimensiuni ( $l=40 \mu\text{m}$ ,  $d=10 \mu\text{m}$ ), soluții și substanțe pentru operațiile de pregătire a

suprafețelor. Un criteriu important pentru clasificarea fibrelor este raportul dintre lungime  $l$  și diametru  $d$  (figura 2), [19]. Fibrele ceramice alese pentru a constitui faza complementară a compozitului au fost de tipul:  $l/d=4$ , discontinue scurte, care în timpul codepunerii s-au orientat aleatoriu conducând implicit la izotropia proprietăților.



Figura 1. Instalația utilizată pentru realizarea ACE

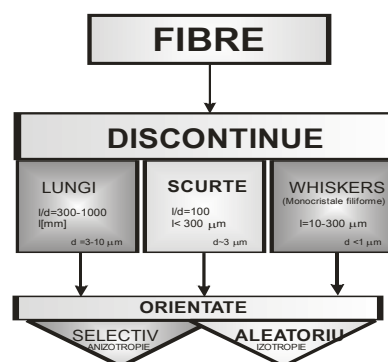


Figura 2. Clasificarea fibrelor utilizate la ACE

Proprietățile materialelor sunt determinate de compoziția, structura și calitatea suprafeței lor. Materialele compozite, ca sisteme heterofazice, prezintă instabilitate termodinamică datorită prezenței supra-fețelor de separare dintre faze. Atât proprietățile MC, cât și chiar posibilitatea existenței lor, sunt determinate de natura chimică și gradul de dispersie al fazei complementare. Gradul înalt de dispersie a acesteia reprezintă o proprietate esențială care condiționează distribuția ei uniformă în matrice, stabilitatea suspensiilor din care se obțin AC, precum și reactivitatea lor (interacțiunea cu matricea, difuzia, stabilitatea materialului) [20,21].

Utilizarea fibrelor ceramice ca fază complementară în acoperirile compozite are următoarele avantaje: *conductivitate termică și înmagazinare a căldurii reduse, rezistență înaltă la*

șocuri termice, flexibilitate și greutate scăzute, rezistență mare la agenți chimici și vibrații, neconducător de electricitate, ușor de înglobat; se prezintă sub diverse forme și dimensiuni. Montaj: fibra ceramică poate fi tăiată, găurită, mulată și montată ușor folosind scule obișnuite. Sfera de aplicație: în majoritatea construcțiilor refractare industriale; industria auto și aeronautică. Au fost obținute materiale compozite cu matrice metalică de tip ACE, ranforsate cu fibre ceramice scurte, fin disperse.

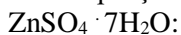
### 3. REZULTATE ȘI DISCUȚII

#### a. Acoperiri cu zinc pure

Procedeul cel mai răspândit, eficient și perfecționat de zincare a metalelor, cu o răspândire largă în industrie este procedeul electrolitic. Dintre electroliții acizi sau micști, cei mai importanți sunt pe bază de sulfat, clorură sau fluoborat. Electroliții alcalini pot fi pe bază de soluții cianurice, de zincat sau pirofosfat. Probele martor au fost obținute prin electrodepunere de Zn în soluție de sulfat [22].

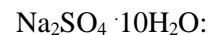
#### b. Acoperiri compozite în matrice de zinc obținute pe cale electrolitică - ACE

Acoperirile compozite în matrice de zinc se obțin în special din electroliți pe bază de sulfat și zincat. Astfel, din electroliți pe bază de sulfat au fost obținute ACE cu fază dispersă fibre ceramice din sistemul binar  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ . La o concentrație de fibre ceramice având raportul  $l/d = 4$  ( $l=40\mu\text{m}$ ,  $d=10\mu\text{m}$ ), variind între 5÷40% în soluție se formează acoperiri compozite cu un conținut de 1,75÷14% fibre ceramice ce constituie faza dispersă. Prin includerea în matricea de zinc a fibrelor ceramice scurte se îmbunătățește stabilitatea la coroziune a acoperirii [23,24]. ACE în matrice de zinc au fost mai puțin studiate pe plan mondial comparativ cu cele în matrice de nichel (aplicată în industrie) de cupru și de fier. De aceea, s-au studiat depunerile compozite pe bază de fibre ceramice în matrice de zinc. Pentru aceasta, s-a utilizat un electrolit de zincare având următoarea compoziție chimică și parametri de lucru:



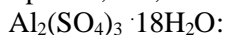
- 215- 310 g/l;

- densitatea de curent,  $i = 10 \text{ A/dm}^2$ ;



- 50-75 g/l;

- pH = 3,8÷4;



- 30 g/l;

-  $t_{\text{lucru}} = 18\div 25 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Pentru faza dispersă (fibre ceramice scurte) s-au utilizat concentrațiile în electrolit, %: 5; 10; 20; 40.

Ținând cont de noutatea obținerii materialului compozit, autorii lucrării au acordat o atenție deosebită elaborării bazelor tehnologiei depunerii

electrochimice. S-au studiat influențele concentrației soluției de electrolit și a regimurilor tehnologice la introducerea fibrelor ceramice în acoperire asupra variației proprietăților ACE. Electrodepunerea s-a realizat prin dispunerea atât verticală, cât și orizontală a electrozilor, la o distanță de 2 cm unul față de altul. S-a utilizat un anod din zinc de înaltă puritate, iar catodul a fost realizat din oțel-carbon având o suprafață activă de  $5,15 \text{ cm}^2$ . Una din cele mai importante condiții pentru obținerea ACE foarte aderente și satisfăcătoare ca aspect exterior este prelucrarea minuțioasă a suprafeței ce urmează să fie acoperită. Etapele de desfășurare a pregătirii suporturilor metalice au fost: șlefuire, lustruire, degresare, spălare cu apă caldă, spălare cu apă rece, decapare, spălare cu apă caldă și spălare cu apă rece. În vederea obținerii de materiale compozite cu matrice metalică ranforsate cu fibre ceramice fin disperse, suporturile de oțel au fost supuse electrodepunerii compozite și spălării cu apă rece [22]. Fața exterioară a catodului, care nu a venit în contact direct cu anodul, a fost inactivată prin acoperire cu o folie protectoare. S-au efectuat studii fizico-chimice care să permită stabilirea condițiilor optime de realizare a unor acoperiri calitative atât pentru depunerile de zinc pur cât și pentru cele de zinc compozit, prin determinarea în primul rând a modificărilor structurale. Rezultatele cercetărilor au pus în evidență faptul că natura electrolitului, concentrația fibrelor ceramice scurte în electrolit, pH-ul soluției, densitatea de curent, durata electrolizei influențează considerabil compoziția și structura straturilor compozite realizate [25], [26].

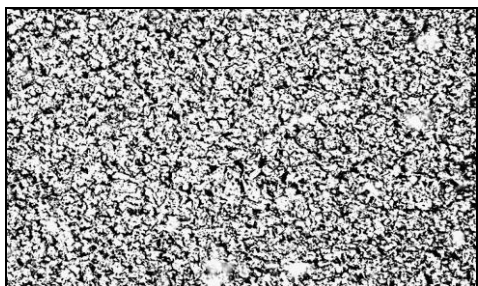
### 3.1. Metode de cercetare și analiză a acoperirilor compozite

Pentru clarificarea rolului naturii și dimensiunii fibrelor ceramice în determinarea proprietăților acoperirilor compozite, au fost evaluate și verificate proprietățile fazei complementare. Pentru evaluarea structurii, compoziției și proprietăților acoperirilor compozite s-au utilizat diverse metode: analiza chimică, microscopia optică, microscopia electronică, analiza röntgenostructurală, teste de determinare a aderenței, porozității, rugozității, microdurității, rezistenței la coroziune (camera de ceață salină, căldură umedă, metode electrodinamice, etc.).

### 3.2. Metode de calcul ale compoziției acoperirilor compozite

Calitatea ACE este determinată de condițiile electrolizei: temperatura și pH-ul electrolitului,

densitatea de curent, concentrația sărurilor. Conținutul volumetric al fibrelor ceramice scurte din metalul depus electrolic depinde în primul rând de concentrația lor în electrolitul suspensiei. Dacă se presupune concentrația volumică a fibrelor ceramice scurte în acoperire egală cu concentrația fibrelor ceramice scurte în suspensie, în cazul dispunerii verticale a suprafeței electrozilor, fără agitare, se obține o acoperire teoretică [27].



**Figura 3.** Macrostructura probei martor Zn.30, mărire x 200, electrozi verticali

Conținutul volumic al fazei disperse în acoperire  $c_{v,t}$  (teoretic) în procente, este direct proporțional cu concentrația fazei disperse în suspensie  $c_{f,c,p}$ :

$$c_{v,t} = \frac{100 \cdot c_{f,cp}}{\rho_p} \quad (1)$$

în care:  $\rho_p$  - densitatea fazei disperse, g/cm<sup>3</sup>. Conținutul exprimat în procente de masă  $c_{m,t}$  (teoretic) se calculează cu relația:

$$c_{m,t} = \frac{100 \cdot c_{f,cp}}{\rho_{Me} + c_{f,cp} \left( 1 - \frac{\rho_{Me}}{\rho_p} \right)} \quad (2)$$

în care:  $\rho_{Me}$  - densitatea metalului (matricei), g/cm<sup>3</sup>;  
 $\rho_p$  - densitatea fazei disperse, g/cm<sup>3</sup>.

$$c_v = \frac{c_m \cdot \rho_{Me}}{\rho_p + 0,01 \cdot c_m (\rho_{Me} - \rho_p)} \quad (3)$$

în care:  $c_m$  - conținutul masic al fazei disperse;  $c_v$  - conținutul volumic al fazei disperse.

Pentru evaluarea proprietăților acoperirilor compozite s-a determinat conținutul real al fazei disperse, (exprimat în procente de masă),  $c_m$  % prin analiza gravimetrică.

Calculul a condus la următoarele proporții de fibre ceramice scurte înglobate în matrice: 7 % în matrice, pentru o concentrație  $c_3 = 20$  % și 14 % în matrice, pentru o concentrație  $c_4 = 40$  % soluție de electrolit. Probele realizate s-au analizat macro- și microstructural pentru a se evidenția atât aspectul depunerilor cât și

forma, mărimea și orientarea grăunților din pelicula compozită, precum și distribuția fibrelor ceramice scurte în matricea de zinc.

### 3.3. Analiza macrostructurală

Aspectul suprafeței depunerilor compozite formate din zinc și fibre ceramice scurte s-a analizat la mărimea 200:1 pentru a scoate în evidență mai bine compactitatea și uniformitatea grosimei peliculei formate prin electrodepunere.

Probele martor utilizate au avut suportul din oțel carbon, iar stratul a fost depus prin electrodepunere numai cu zinc, timpul fiind de 30 min, așa cum se poate observa în figura 3.

S-a observat că stratul depus prezintă o mare compactitate cu o granulație extrem de fină, fără pori sau fisuri.

Acoperirile compozite, în care depunerile au avut matricea de zinc, iar faza complementară a fost constituită din fibre ceramice scurte, obținute din soluții de electrolit cu concentrații variate de fază dispersă,  $c_1 = 5$  %,  $c_2 = 10$  %,  $c_3 = 20$  %,  $c_4 = 40$  %, au fost prezentate în figura 4.

Se observă aspecte diferite ale suprafețelor depunerilor, comparativ cu cea a probei martor, la același timp de electrodepunere, de 30 min.

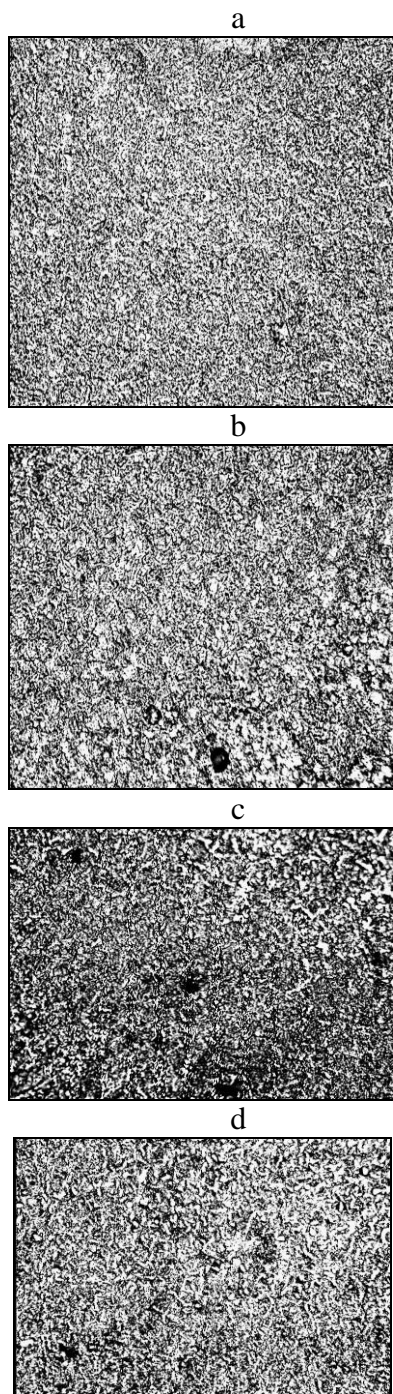
Creșterea treptată a granulației stratului față de proba martor Zn, provenită din creșterea concentrației de fibre ceramice scurte în soluția de electrolit, de la 5 % la 40 %, conduce la un aspect cu rugozități, uniform al acoperirii compozite, fără pori sau fisuri.

### 3.4. Analiza microstructurală

Analiza microstructurală s-a efectuat pe secțiunile transversale ale probelor, pe epruvete neatacate, pentru a se evidenția aderența stratului la suportul din oțel, prezența sau absența porilor sau fisurilor în stratul depus, modul în care s-au inclus fibrele ceramice scurte în matricea de zinc și pe epruvete cu atac metalografic, care să releve microstructura suportului, precum și forma, mărimea și orientarea grăunților cristalini în stratul depus.

Aderența este foarte bună la suportul de oțel, încât pe proba neatacată metalografic abia se observă interfața suport de oțel - peliculă depusă (figura 5). Stratul depus într-un timp de 30 min nu prezintă pori sau discontinuități, are grosimea constantă de aproximativ 30 μm, cu o suprafață uniformă.

Fibrele ceramice scurte se află dispuse în matrice aleatoriu, (figura 6), astfel ele putând fi surprinse ca fiind înglobate în mai multe moduri: transversal având secțiunile circulare, longitudinal fiind vizualizate sub forma unor baghete, retezate oblic sau regăsite ca aglomerări.



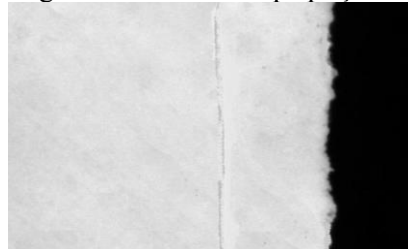
**Figura 4.** Macrostructura probelor cu depunere compozită de Zn și fibre ceramice scurte, mărire x 200:

- a) ACE Zn 1,75.30,  $c_1 = 5\%$ ;
- b) ACE Zn 3,5.30,  $c_2 = 10\%$ ;
- c) ACE Zn 7.30,  $c_3 = 20\%$ ;
- d) ACE Zn 14.30,  $c_4 = 40\%$ .

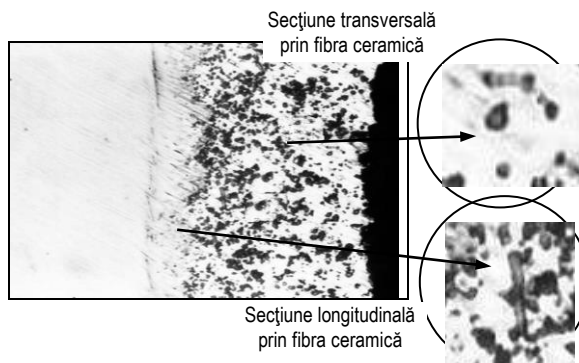
La creșterea cantității de fibre ceramice în electrolit, într-un timp de electrodepunere de 90 min. și o agitare uniformă a electrolitului, crește și cantitatea inclusă în matrice, ele putând fi

remarcate ca o mulțime de spații mici, unite, concentrate într-un loc.

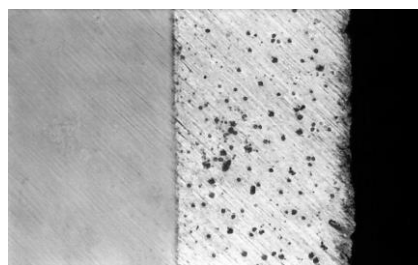
Creșterea stratului de metal depus este atenuată de creșterea cantității de fibre ceramice scurte. Cantitatea de fibre ceramice înglobată în matrice este proporțională cu



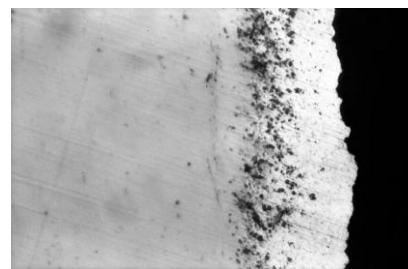
**Figura 5.** Microstructura probei martor Zn.30, mărire x 400, fără atac metalografic, electrozi verticali, densitate de curent  $i = 10 \text{ A/dm}^2$ , grosime strat 30  $\mu\text{m}$ , rugozitate 0,98  $\mu\text{m}$



**Figura 6.** Microstructura acoperirii compozite ACE Zn14.90, mărire x 400, fără atac metalografic, electrozi în poziție verticală, densitate de curent  $i = 10 \text{ A/dm}^2$ , grosime strat 80  $\mu\text{m}$ , rugozitate 3,50  $\mu\text{m}$



**Figura 7.** Microstructura acoperirii compozite ACE Zn7.90, mărire x 400, fără atac metalografic, electrozi orizontali, densitate de curent  $i = 10 \text{ A/dm}^2$



**Figura 8.** Microstructura acoperirii Compozite ACE Zn14.90, mărire x 400, fără atac metalografic,



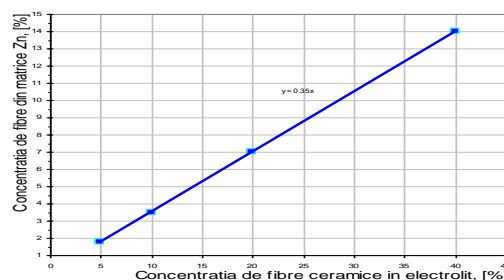
electrozi orizontali, densitate de curent  $i = 10 \text{ A/dm}^2$

cantitatea de fibre din electrolit (figura 7), influențând asupra depunerii zincului astfel: la început stratul de Zn crește accentuat, după care depunerea acestuia este frânată pe măsura creșterii timpului de electroliză, fibrele având rolul de barieră.

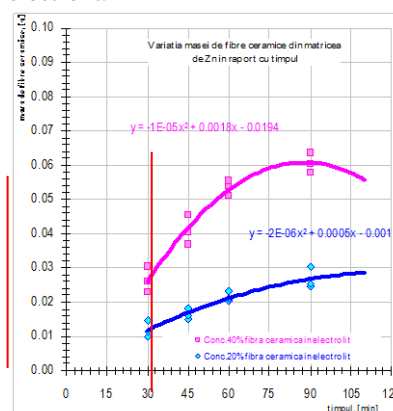
Indiferent de poziția de montare a electrozilor, verticală (figura 5,6) sau orizontală (figurile 7,8), aderența acoperirii compozite este foarte bună la suportul de oțel. Aglomerarea de fibre ceramice scurte este evidentă în cazul depunerii compozite cu 14 % fibre ceramice în matricea de zinc (ACE Zn 14.90), față de acoperirea compozită cu 7 % fibre ceramice înglobate în matrice (ACE Zn 7.90), (figurile 7,8).

După prelucrarea statistică a datelor obținute în urma determinării cantității de fibre ceramice din matricea de zinc, pentru a scoate în evidență noile proprietăți ale compozitului, au rezultat grafice reprezentând corelații dintre parametri: dependența concentrației de fibre ceramice incluse în matricea de Zn de concentrația de fibre ceramice din electrolit (figura 9) și dependența masei de fibre ceramice din matricea de zinc de timpul de electrodepunere (figura 10). În figura 9 se observă că la creșterea concentrației de fibre ceramice în electrolit de la 20 % la 40 %, crește direct proporțional și concentrația de fibre ceramice în matrice. Creșterea concentrației fibrelor ceramice scurte din electrolit conduce la creșterea conținutului lor volumetric în acoperirea compozită. Astfel, la aceeași valoare a masei de fază dispersă incluse în matrice de 0,03 g, în același interval de timp, se observă o valoare a masei acoperirii compozite de 0,44 g, în cazul unei concentrații de 20 % fibre ceramice în electrolit și o valoare a masei acoperirii compozite de 0,22 g, în cazul unei concentrații în electrolit de 40 % a fibrei ceramice. Aceleași concluzii se desprind și din calculele efectuate pe baza determinărilor, precum și din figura 10.

Procesul de adsorbție este un proces de echilibru în care cantitatea de substanță dizolvată, care poate fi adsorbită de o anumită cantitate de adsorbant, depinde de natura și de concentrația soluției, precum și de temperatură. În porțiunea valorilor mici ale concentrațiilor, cantitatea de substanță e direct proporțională cu concentrația sa. În continuare, (în domeniul de creștere parabolică), la creșterea concentrației, cantitatea de substanță



**Figura 9.** Dependența concentrației de fibre ceramice incluse în matricea de zinc de concentrația de fibre ceramice din electrolit.



**Figura 10.** Dependența masei de fibre ceramice din matricea de zinc de timpul de electrodepunere

adsorbită crește de asemenea, dar într-o măsură din ce în ce mai mică, ca apoi izoterma să tindă spre o dreaptă paralelă cu axa absciselor. Porțiunea orizontală a curbei corespunde saturării treptate a suprafeței adsorbantului, după care o creștere ulterioară a concentrației fibrelor ceramice scurte în electrolit, nu mai influențează practic cantitatea de fibre adsorbite [28].

#### 4. CONCLUZII

Metoda depunerii ACE prezintă următoarele avantaje remarcabile:

- elimină tratamentul termic ulterior și a unele prelucrări mecanice, fiind o metodă de obținere ACE simplă, productivă și eficientă din punct de vedere economic;

- fibrele ceramice scurte se află dispuse în matrice aleatoriu, astfel ele putând fi surprinse ca fiind înglobate în mai multe moduri: transversal având secțiunile circulare, longitudinal fiind vizualizate sub forma unor baghete, rețezate oblic sau regăsite ca aglomerări. La creșterea cantității de fibre ceramice în electrolit, într-un timp de electrodepunere de 90 min. și o agitare uniformă a electrolitului, crește și cantitatea inclusă în matrice, ele

putând fi remarcate ca o mulțime de spații mici de diferite forme, unite, concentrate într-un loc;

➤înglobarea particulelor se face atât la limita intercrystalină, cât și în volumul grăunților cristalini;

➤acoperirile compozite prezintă aderență, compactitate, rezistență la coroziune;

➤dispunerea orizontală a electrozilor favorizează o distribuție mai uniformă a fazei comple-mentare, spre deosebire de cea verticală, conducând la o durificare mai pronunțată a stratului compozit;

➤proporțiile de fibre ceramice scurte înglobează în matrice: 7 % în matrice, pentru o concentrație de 20 % în soluție de electrolit și 14 % în matrice, pentru o concentrație de 40 % în soluție de electrolit, rezultând creșterea conținutului lor volumetric în acoperirea compozită; la creșterea concentrației de fibre ceramice în electrolit, cantitatea de substanță adsorbită crește de asemenea, dar într-o măsură din ce în ce mai mică, după care o creștere ulterioară a concentrației fibrelor ceramice scurte în electrolit, nu mai influențează practic cantitatea de fibre ceramice adsorbite, conducând la saturație.

### Simboluri și notații

- AC - Acoperiri compozite;  
 MC - Materiale compozite;  
 ACC - Acoperiri compozite chimice;  
 ACE - Acoperiri compozite electrochimice;  
 ACE Zn 7.90 - Acoperire compozită electrochimică cu 7% fibre ceramice în matricea de Zn, timp 90 min.;  
 ACE Zn 14.90 - Acoperire compozită electrochimică cu 14 % fibre ceramice în matricea de Zn, timp 90 min.

### Bibliografie

1. *Steinhauser, S. Mat.- wiss., u. Werkstofftech.* 26, 1995, p. 608.
2. *Hertz, K.; Gemmler, A.; Mertzger, W. Galvanotechnik*, 83, 1992, 7, p. 2295.
3. *Amto, Iyer; Rajiv, E.P.; Seshradri, S.K. Bulletin of electrochemistry* 12, 1996, (1-2), p. 45.
4. *Bonnet, G. ș.a. Corrosion science* 35, 1993, (5-8), p. 893.
5. *Murray, R.W. ș.a. Anal. Chem.* 59, 1987, 379 a.
6. *Hailibulin, I.G.; Usmanov, R.A.. Corrosionnaya stojcost' metallov s despersno-uproc'nyonnymi pocrytiyami. Moskva, Izd. Mashinostroenie, 1991.*
7. *Saifullin, S.R. Kompozicionny'e pokrytiya i materialy, Moskva, Izd. Himiya, 1977.*

8. *Saifullin, S.R.; Dryazgova, A.L. Trudy. Kazanskogo himiko-tehnologhicheskogo instituta. Izd. Metallurghiya, 1965, 34, s. 147.*

9. *Mitoșeriu, O., ș.a. Rev. "Tehnomus" (Ed. Univ. "Ștefan cel Mare", Suceava), nr. 1, 1995, p. 63.*

10. *Mitoșeriu, O.; Vlad, M.; Popescu, M.; Enache, L.; Drugescu, E.; Potecașu, F. Cercetări privind obținerea de straturi subțiri de tip compozit pe suport metalic - sesiunea științifică "Tehnomus", 25-27 mai, Suceava, Tehnomus VIII, 1995, vol. Iv, p. 134-139.*

11. *Mitoșeriu, O., ș.a. Analele Universității "Eftimie Murgu", Reșița, 1996, fasc. III, p. 337.*

12. *Mitoșeriu, O.; Cârâc, G.; Potecașu, F. Vol. "Conferința de chimie și inginerie chimică", București, 1997, vol. V, p. 157.*

13. *Mitoșeriu, L.; Mitoșeriu, O.; Drugescu, E.; Potecașu, F.; Vlad, M.; Popescu, M.; Benea, L.; Banu, G.; Cârâc, G.; Oprea, F. Metal ceramic composite coatings obtained by electrochemical, co-deposition - conferința de la Universitatea Catholică, Louvain, Belgia, 1997.*

14. *Mitoșeriu, O., ș.a. Surface modification technologies xi, london, 1998, p. 417.*

15. *Oprea, F.; Mitoșeriu, O.; Drugescu, E.; Popescu, M.; Benea, L.; Vlad, M.; Potecașu, F. Electrochemical thin composite layers. Nota I. Composite coatings in nichel die -Analele Univ. Galati, 1991, fasc. IX, p. 5-14.*

16. *Mitoșeriu, O., ș.a. Contract de cercetare nr. 5007/1993, beneficiar: MIS.*

17. *Levcovici, D., ș.a. 11<sup>th</sup> international conf. On surface modification tech. Smt 11, Paris, Franța, 1997, p. 44.*

18. *Levcovici, D., ș.a. 6th international conf. On precesing fabrication of advanced materials pŃam 6, Singapore, 1997, p. 47.*

19. *Deică, N. Fibre ceramice refractare, Editura Tehnică, 1985.*

20. *Dumitraș, C.; Opran, C. Prelucrarea materialelor compozite, ceramice și minerale, Ed.Tehnică, 1994.*

21. *Iordăchescu, D., ș.a. Materiale compozite, Editura Lux libris, Brașov, 1996, tom. II, vol. 2.*

22. *Oniciu, L.; Grünwald E. Galvanotehnica, Ediția Științifică și Enciclopedică, București, 1980.*

23. *Ștefănescu, F.; Neagu, G.; Mihai, A. Materialele viitorului se fabrică azi - Materiale compozite, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1996.*

24. *Saifullin, S.R. Neorganicheskie kompozicionny'e materialy, Moskva, Izv. Himia, 1983.*

25. *Edwards, J.A. Formation and properties of composite coatings, prof. Finish, 1959, v. 17, 81, p. 66-67.*

26. *Gurianov G.V. Electroosajdenie iznosostojkih kompoziczij, Izd. "Știința", Chișineu, 1985.*

27. *Saifullin, S.R., ș.a. Trudy. Kazanskogo himiko-tehnologhicheskogo instituta, 34, 1965, s. 160.*