

C.Z.U.621.9.048.4

## **PROPRIETĂȚI FUNCȚIONALE ALE STRATURILOR DE DEPUNERE DIN PULBERI FORMATE PRIN METODA ELECTROEROZIUNII**

**Pavel Topală**

(Universitatea de Stat „Alecu Russo”, Republica Moldova)

Lucrarea este consacrată unei analize ample a proprietăților de bază a straturilor de depunere formate din pulberi metalice cu aplicarea descărcărilor electrice în impuls. S-a stabilit că astfel de proprietăți cum ar fi antiuzura, antipriza, anticoroziunea etc. sunt funcție de proprietățile inițiale ale materialului de depunere, pe când continuitatea, compactitatea și grosimea straturilor depind, în primul rând, de corectitudinea determinării elementelor regimului tehnologic de prelucrare și de respectarea acestuia.

În cazul formării straturilor de depunere prin metode tradiționale [1] și neconvenționale [2, 3], se cer respectate un șir de prescripții: proprietăți antiuzură, duritate înaltă, proprietăți anticorozive, continuitate, compactitate și nu în ultimul rând, grosime. Ultima prescripție este importantă, fiindcă anume grosimea straturilor depuse determină posibilitatea aplicării unei sau altei metode de depunere, într-un caz sau altul. Dacă grosimea stratului format este mai mică decât cea prescrisă, metoda nu este aplicabilă, fiindcă nu este asigurată durabilitatea necesară a acestuia, dacă este mai mare, atunci necesită prelucrări premărgătoare care nu totdeauna sunt realizabile. Din motivele enumerate mai sus, este necesară cercetarea și analizarea proprietăților straturilor de depunere obținute cu aplicarea descărcărilor electrice în impuls.

Proprietățile antiuzură ale straturilor de depunere obținute cu aplicarea descărcărilor electrice în impuls sunt, în primul rând, determinate de proprietățile fizico-mecanice ale materialului electrodului-sculă sau cele ale pulberii introduse în interstițiu și, desigur, de structura obținută în rezultatul prelucrării. Straturile au fost formate în mediu gazos, introducându-se în interstițiu material de aliere sub formă de pulberi ( $TiN$ ,  $TiC$ ,  $Cr_3C_2$ ,  $TiN+C$ ,  $Cr_3C_2+Mo$ ) cu granulația cuprinsă între 30...100  $\mu m$ . Cercetările experimentale au fost executate pe instalația de tipul „Razread” cu următorii parametri ai regimului tehnologic de prelucrare: frecvența descărcărilor electrice în impuls – 50 Hz, energia degajată în interstițiu  $W = 2,15 J$ , timpul specific de prelucrare  $\tau = 1,5 min/cm^2$  și mărimea interstițiului  $S = 0,3 mm$ .

Caracteristicile calitative ale straturilor de depunere formate pe suprafețele pieselor executate din oțeluri de mărcile  $H18N10T$  și  $X12$  sunt prezentate în tabelul de mai jos, în care:  $R_a$  – rugozitatea suprafețelor prelucrate, iar  $d$  – grosimea straturilor de depunere.

Pentru cazul formării depunerilor din amestecuri de pulberi de tipurile  $TiN+C$  și  $Cr_3C_2 + Mo$ , se atestă micșorarea rugozității și sporirea grosimii stratului format în aceleași condiții de prelucrare.

Compoziția chimică, rugozitatea și grosimea straturilor de depunere

Materialul de aliere	Oțel H18N10T		Oțel X12	
	$R_a, \mu m$	$\delta, \mu m$	$R_a, \mu m$	$\delta, \mu m$
TiN	1,40 – 1,80	38 – 40	0,95 – 1,65	40 – 42
TiC	0,65 – 1,25	46 – 50	0,85 – 1,35	42 – 46
$Cr_3C_2$	0,90 – 1,25	56 – 60	0,73 – 1,10	48 – 50
TiN+C	1,0 – 1,25	44 – 46	0,65 – 0,85	45 – 46
$Cr_3C_2+Mo$	0,75 – 0,90	54 – 56	0,70 – 0,75	52 – 54

Rezultatele cercetărilor privind intensitatea uzurii în funcție de durata încercărilor este prezentată în fig. 1. S-a stabilit că, pentru primele ore de încercări, viteza de uzare a stratului de depunere pentru toate probele scade repede, iar după cca 9...12 ore se stabilizează și este relativ mică. În faza inițială, intensitatea uzării este accelerată din motivul rugozității sporite a suprafeței prelucrate. Pe măsura rodării are loc micșorarea acesteia, crește suprafața de contact dintre piesele cuplului, se micșorează densitatea de sarcină pe o unitate de suprafață și, ca rezultat, scade viteza de uzare.

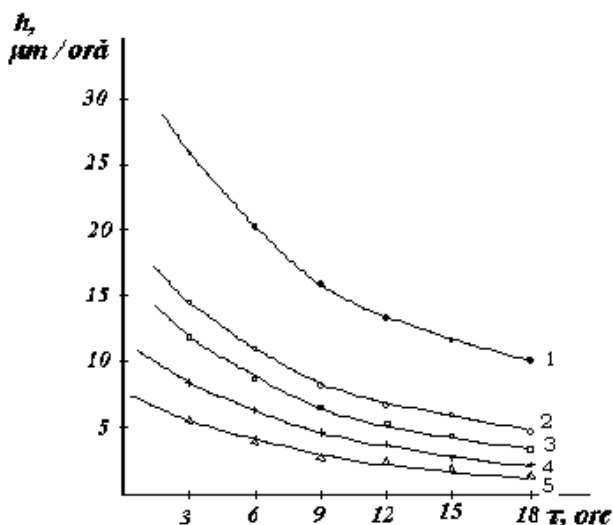


Fig.1. Variația vitezei de uzare în timp pentru straturi depuse din: 1 –  $Cr_3C_2$ ; 2 –  $Cr_3C_2 + Mo$ ; 3 – TiN; 4 – TiN+C; 5 – TiC.

În aceleași condiții de încercare, pentru straturile formate din amestecurile de pulberi TiN+C și  $Cr_3C_2+Mo$ , se observă încă de la începutul încercărilor, o viteză relativ mică de uzare. Acest efect se datorește faptului că în straturile de depunere formate se depistează incluziuni de Mo și grafit în stare liberă care, în stare uscată, servesc în calitate de lubrifianți.

Analizând rezultatele experimentale ale încercărilor la uzură a straturilor din bronzuri, s-a stabilit că acestea, în cazul lubrifierii cu ulei tehnic în sisteme închise, pot funcționa, practic, fără uzură, în baza transferului selectiv al cuprului la disocierea electrolică (așa numitul efect Garcunov). Spre deosebire de materialele tradiționale antipriză cum sunt bronzurile, în cazul utilizării în calitate de materiale

de depunere a carburilor metalice ( $TiC$ ,  $WC$ ,  $Cr_3C_2$ ), nitrurilor de titan și a amestecurilor acestora cu grafit, se obțin straturi de protecție cu duritate deosebit de înaltă

(3,5 MPa), care asigură o rezistență la uzare de ordinul a 0,1 mm/oră în cazul frecării „uscate” și cca 0,01 mm/oră în cazul frecării cu lubrifiere.

Cercetările experimentale au demonstrat că, în cazul formării straturilor de depunere din pulberi sau amestecuri ale acestora, în straturile formate pot fi observați pori, care, la rândul lor, joacă un rol benefic pentru menținerea lubrifianților prin mărirea considerabilă a suprafeței de contact dintre lichid și depunerea din materialul solid în cazul cuplurilor tribotehnice. Simultan cu porii, în acestea, pot fi observate fisuri și goluri. Ultimile pot apărea datorită mecanismului destul de complicat al procesului (de obicei, pe suprafața metalului lichid se dezvoltă unde capilare care provoacă apariția craterelor și a aspirităților sub formă de valuri sau vârfuli care, de fapt, și împiedică formarea straturilor continui) [4].

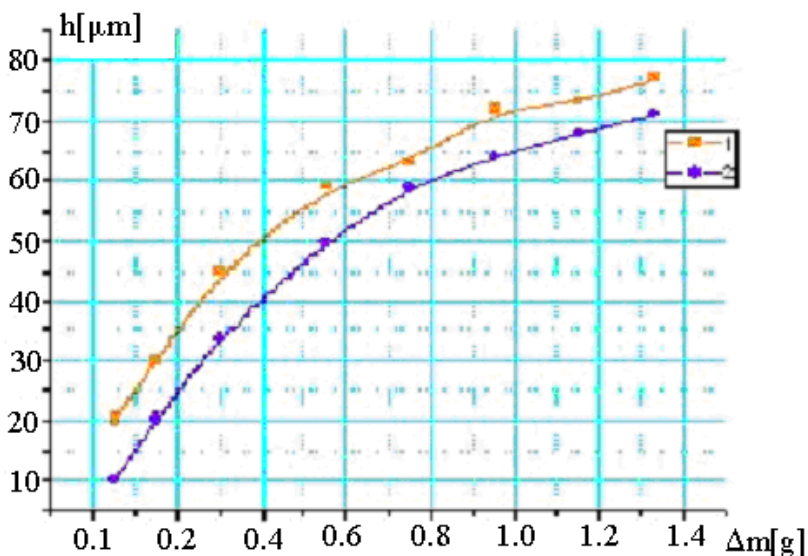


Fig. 2. Grosimea stratului de depunere ca funcție de sporul masei piesei.

Defectele straturilor de depunere formate din materiale compacte, materiale compacte și pulberi, pulberi sau amestecuri ale acestora pot fi remediate prin diferite metode: prelucrări prin așchiere, deformări plastice cu bile sau role, tratamente termice etc. Fiecare dintre metodele de prelucrare ulterioară a straturilor de depunere obținute prin metoda aplicării descărcărilor electrice în impuls se aplică în funcție de prescripțiile tehnice impuse. Prelucrările ulterioare nu sunt necesare întotdeauna. În cazul sculelor așchietoare ori a celor de prelucrare a materialelor prin deformare plastică, de exemplu, rugozitatea dezvoltată a suprafețelor durificate le asigură o funcționare mai bună.

Una dintre proprietățile de importanță majoră este cea de anticoroziune, care trebuie să asigure funcționarea mașinilor și aparatelor în condițiile temperaturilor înalte și a mediilor agresive ale tehnologiei moderne de producere. În scopul

obținerii straturilor de depunere cu astfel de proprietăți, au fost utilizate materiale compacte de paladiu și ruteniu care sunt relativ scumpe. Din acest motiv au fost făcute încercări de substituție a acestora cu amestecuri de pulberi de *Ni* și *Cr*. Epruvetele cu straturile formate din aceste materiale au fost supuse procesului de recoacere, de normalizare și omogenizare în vid, după care au fost executate încercări la coroziune în medii agresive ce prezentau soluții de  $H_2SO_4$  în apă cu un conținut de 10...40 %, la temperaturi de 20...90°C. Rezultatele experiențelor au demonstrat că straturile de depunere din materialele respective permit creșterea potențialului de coroziune de cca 10<sup>2</sup> ori [5] pentru piesele executate din titan tehnic pur și din aliajele acestuia. Investigările detaliate ale straturilor de depunere formate în acest scop au demonstrat că, pentru acestea, nu este obligatorie continuitatea. Proprietățile lor anticorozive se datorează nu numai celor ale materialelor de depunere, ci și formării a noi compuși intermetalici, cum ar fi oxizii și hidrooxizii în stare amorfă [6], fapt care explică potențialul atât de înalt de coroziune al acestor depuneri.

Pentru formarea straturilor de depunere prin metoda descărcărilor electrice în impuls din materiale compacte și din pulberi, este caracteristic faptul că grosimea acestora este limitată [4, 5] din mai multe motive, unul dintre principalele motive fiind apariția tensiunilor remanente de natură termică, care, în anumite condiții, pot provoca distrugerea lui.

În funcție de regimul energetic de prelucrare, calitatea suprafeței prelucrate poate fi diferită. Se observă, astfel, rugozitatea mult mai dezvoltată pentru energii mai mari degajate în interstițiu.

Dacă se ține cont de faptul că, pe suprafața de prelucrare a piesei, se formează cratere (în cazul prelucrărilor dimensionale) sau băi de metal lichid din amestecul materialului piesei de prelucrat și celui a materialului de depunere în cazul alierii, atunci calitatea suprafeței prelucrate va fi funcție de coeficientul de suprapunere ( $k = 0...10$ ) a efectelor cauzate de actele elementare. Fiecare act elementar provoacă apariția pe suprafața prelucrată a unei urme, de obicei, sub formă de calotă sferică înconjurată de o undă (val) de metal expulzată din acestea.

Din punct de vedere tehnologic, un parametru care necesită a fi pronosticat, fiind determinativ pentru aplicabilitatea metodei, este grosimea stratului de depunere. Având la dispoziție rezultatele experimentale proprii și pe cele din lucrarea [2], în cazul formării straturilor de depunere din bronzuri, pentru determinarea grosimii straturilor formate a fost obținută următoarea relație:

$$H = \frac{\Delta m}{rA} n,$$

unde creșterea de masă  $\Delta m = P^c f^d W^k (a-bS^2) r^m$ , în care *P* - debitul de pulberi, g/min; *f* - frecvența descărcărilor în impuls, Hz; *r* - raza echivalentă a particulelor de pulberi, mm; *W* - energia degajată în interstițiu, J; *S* - mărimea interstițiului, mm;  $\rho$  - densitatea materialului particulelor, kg/m<sup>3</sup>; *A* - aria suprafeței prelucrate, mm<sup>2</sup>; *n* - numărul de treceri ale electrodului-sculă pe suprafața prelucrată a piesei; *a* și *b* - constante proprii pentru materiale de depunere; *c*, *d*, *k* și *m* - exponenți care se stabilesc experimental și sînt funcție atât de proprietățile materialului pulberii, cât

și de condițiile de prelucrare (fig. 2). Astfel, cercetările experimentale executate de diferiți autori și cele proprii au permis de a stabili că proprietățile straturilor de depunere sunt destul de diverse, au posibilități largi de aplicabilitate în practică și acest domeniu al cercetării prezintă interes atât teoretic, cât și practic.

### Concluzii

1. Cercetările tehnologice au demonstrat că intensitatea masică de formare a depunerilor este influențată de următorii parametri: mărimea interstițiului, frecvența descărcărilor în impuls, energia degajată în interstițiu, dimensiunile particulelor pulberilor metalice, debitul pulberilor metalice și timpul specific de prelucrare.
2. S-a stabilit că, pentru a obține depuneri calitative din punct de vedere al grosimii, continuității, și defectuoziității minime, se vor respecta următoarele limite: interstițiu de 0,3...1,0 mm; energia de 0,7...7 J; frecvența descărcărilor în impuls până la 120 Hz.
3. Proprietățile stratului de depunere depind în mare măsură de proprietățile materialul pulberii metalice. În cazul formării straturilor de antifricțiune, formarea straturilor poroase este benefică.
4. Compozițiile din pulberi ce conțin molibden și grafit sunt benefice pentru formarea straturilor antiuzură.

### Bibliografie:

1. Nanu, A., *Tehnologia materialelor*, Chișinău, Știința, 1999, 498 p.
2. Артомонов, Б.А., Волков, Ю.С., Дрожалова, В.И., *Электрофизические и электрохимические методы обработки материалов*, Москва, Высшая школа, 1983, часть I и 2.
3. Topală, P., *Cercetări privind obținerea straturilor din pulberi metalice prin descărcări electrice în impuls. Rezumatul tezei de doctorat*, Universitatea Politehnica, București, 1993, 32 p.
4. Топала, П.А., Гитлевич, А.Е., Беляков, А.В., *Упрочнение металлических поверхностей при электроискровом нанесении покрытий из порошковых материалов* // Повышение надежности и долговечности материалов деталей машин на основе методов термической и химико-термической обработки, Москва, 1988, стр. 73-80.
5. Топала, П.А., *Электроискровое легирование металлических поверхностей в режиме недонапряжения* // Всесоюзная школа – семинар Электрофизические методы и технологии воздействия на структуру и свойства материалов, Ленинград, Судостроение, 1990, стр.90-91.
6. Немошкаленко, В.К., Топала, П.А., Томашевский, Н.А., Мазанко, В.Ф., Носовский, О.И., *Особенности формирования поверхностных слоев при искровых разрядах* // Металлофизика, Киев, 1990, Том.12, Nr.3, стр.132-133.

## **FUNCTIONAL PROPERTIES OF THE LAYERS OF DEPOSITION FROM POWDERS FORMED BY ELECTROEROSION**

**Pavel Topala**

(State University „Alec Russo”, Republic of Moldova)

The work presents an ample analysis of stratum properties obtained by application of metallic powder materials. It was established that properties such as wear hardness, anticorrosiveness, etc, depend on the initial properties of the laid material, while continuity, density and layer thickness depend first of all on the correctness in determination of the elements of the technological process.

Prezentat la redacție la 14 decembrie 2005

C.Z.U.539.538

## **INSTALAȚIA EXPERIMENTALĂ PENTRU CERCETAREA PROCESULUI DE UZURĂ A SUPRAFETELOR PLANE**

**Alexandru Balanici, Pavel Topală**

(Universitatea de Stat „Alec Russo”, Republica Moldova)

În lucrare se descrie construcția și principiul de funcționare a instalației pentru cercetarea procesului de uzură a suprafețelor plane, indicându-se, de asemenea, particularitățile constructive și caracteristicile tehnice ale acesteia.

Cercetarea procesului de uzură a organelor de mașini, în particular a ghidajelor mașinilor-unelte, precum și aprecierea coeficientului de uzură a materialelor se pot realiza doar având la dispoziție o instalație experimentală. Pentru a obține un tablou integral al procesului de uzare a cuplurilor cinematice este important ca utilajul experimental să reproducă întocmai spectrul de sarcini și condițiile reale de exploatare ale acestora. Trebuie să menționăm că procesul de uzare are un caracter probabil și este influențat de un șir de factori, majoritatea dintre ei schimbându-se într-un diapazon relativ mare.

În prezent, nu există mașini universale de cercetare a procesului de uzură. Analiza unor instalații existente [1, 2] arată că acestea imită condițiile de frecare ce corespund condițiilor de lucru al ghidajelor mașinilor-unelte; ele sînt diverse după construcție și destinație, au anumite priorități particulare, însă, deseori, sînt executate doar într-un singur exemplar pentru realizarea unor sarcini concrete. În majoritatea cazurilor, nu sînt indicați, de regulă, parametrii tehnici, schemele cinematice, principiul de funcționare. În literatura de specialitate este descris doar aspectul general al acestora.