

MODIFICAREA STRUCTURALĂ A COMPOZIȚIEI CHIMICE ȘI A MICROGEOMETRIEI SUPRAFEȚELOR PIESELOR CU APLICAREA DESCĂRCĂRILOR ELECTRICE ÎN IMPULS

Topală Pavel - dr. hab., prof, Beșliu Vitalie - dr., lect. superior, Rusnac Vladislav - dr., lect. superior, Ojegov Alexandr - doctorand, Pînzaru Natalia - doctorand
(Universitatea de Stat „Alec Russo” din Bălți, Republica Moldova)

Lucrarea de față prezintă noi tehnologii de prelucrare și anume durificarea cu electrizi-scule din grafit, depunerea peliculelor de grafit, creșterea meniscurilor toate acestea realizându-se prin aplicarea descărcărilor electrice în impuls, în regim de subexcitare cu impulsuri monopolare și bipolare. Aceste noi tehnologii ne permit marirea durabilității pieselor supuse prelucrării în condiții de producere, permit modificarea microgeometriei suprafețelor prelucrate, sporesc esențial emisiile termoelectronice ale acestora circa de 9 ori.

INTRODUCERE

Creșterea continuă a fiabilității, performanțelor mașinilor și utilajelor tehnologice, precum și realizarea economiei de energie și materiale, impune amplificarea în continuare a cercetărilor legate de elaborarea tehnologiilor avansate și prelucrarea materialelor utilizate în construcția aparatelor cu geometrii și proprietăți deosebite, inclusiv cu creșterea meniscurilor de dimensiuni mici. Acești factori condiționează efectuarea cercetărilor de prelucrare a materialelor în vederea obținerii unor suprafețe ale pieselor capabile să satisfacă cerințele respective.

În prezent, principalele metode de obținere a suprafețelor cu proprietăți deosebite pot fi împărțite în metode tradiționale și metode neconvenționale de prelucrare. Una dintre numeroasele metode neconvenționale de prelucrare este descărcarea electrică în impuls.

Metodele tradiționale de prelucrare nu pot fi aplicate tuturor tipurilor de suprafețe și, îndeosebi, suprafețelor de ordinul milimetrilor, și cu atât mai mult suprafețelor de ordinul micrometrilor și submicrometrilor la adâncimi de același ordin. Realizarea acestora poate fi executată prin utilizarea descărcărilor electrice în impuls. Acest tip de prelucrare are ca bază interacțiunea dintre canalul descărcării electrice în impuls cu suprafața piesei prelucrate prin intermediul petelor electrodeice de tipul I și II, adică a petelor electrodeice „reci” și „calde”. Realizarea acestuia în practică este relativ

simplă prin utilizarea generatoarelor de impulsuri de curent dotate cu blocuri suplimentare de amorsare.

Metodele de modificare a proprietăților suprafețelor pieselor permit obținerea unor straturi care poartă în sine proprietățile materialelor din care sunt formate, care au suferit schimbări de structură de natură termică sau chimică în rezultatul impactului termic și interacțiunii cu componentele mediului în care se efectuează prelucrarea lor. Ca rezultat, suprafețele prelucrate obțin o microgeometrie îmbunătățită, determinată doar de prelucrare, proprietățile fizico-mecanice ale materialului piesei, de șocul termic și cel electromagnetice provocat de sursa de energie utilizată.

Din rezultatele obținute de către membrii echipei de investigare, aceste tipuri de prelucrări pot fi aplicate în scopul sporirii rezistenței la coroziune, a microdurității și micșorării rugozității suprafețelor.

Lucrarea de față are ca scop prezentarea unor noi tehnologii performante pentru tratament termic și chimico-termic și creșterea meniscurilor de dimensiuni mici sub formă de con Taylor pe suprafețele pieselor aplicate în construcția aparatelor electronice.

METODICA CERCETĂRILOR EXPERIMENTALE

Luând în considerație aspectul cercetării și anume prelucrarea prin descărcări electrice în impuls sub influența petelor electrodeice de

,tipul I și II, s-au utilizat generatoare de tipul RC [1, 6] și RLC [4] care permit variația duratei descărcării în limitele 10^{-6} - 10^{-4} s și modificarea stratului superficial atât cu topirea cât și fără topirea și vaporizarea lui. Aceste generatoare permit obținerea impulsurilor monopolare și bipolare, descrierea acestora fiind prezentată în lucrările [1-5]. Cercetările experimentale privind depunerile de grafit pe suprafață au fost efectuate în condiții de aer la presiunea atmosferică, în regim de subexcitare. Electrozii-scule au fost utilizați ca catod, anod și combinat.

Cu scopul determinării emisiei termoelectronice a fost elaborată o instalație, a cărei schemă electrică-bloc este prezentată în figura 1. Această instalație permite determinarea și stabilirea curenților de emisie a termocatozilor confecționați din wolfram pînă și după modificarea microgeometriei acestora.

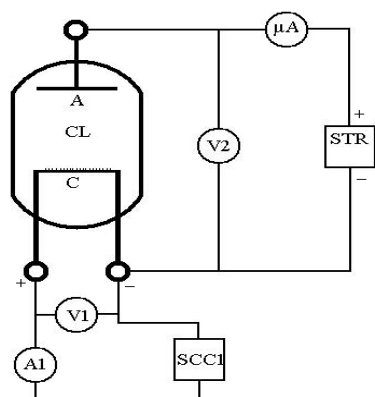


Fig. 1. Schema electrică-bloc destinată pentru determinarea caracteristicilor volt-ampereice (CL – camera de lucru; V1 – voltmetru; A1 – ampermetru; SCC1 – sursa de curent continuu; V2 – voltmetru; μ A – microampermetru; STR – sursa de tensiune reglabilă; A – anod; C – catod).

Camera de lucru (vezi figura 2) este destinată asigurării condițiilor necesare pentru emisia termoelectronică și prezintă un tub din sticlă de cuarț ale cărui capete sunt închise ermetic cu flanșe executate din material dielectric pe care sunt asamblate elementele de conexiune electrică și de evacuare a gazului (aerului).

Microduritatea stratului superficial a fost determinată cu microdurimetrul ПМТ-3М. Morfologia suprafeței piesei și înălțimea conurilor Taylor a fost studiată la microscopul

electronic cu scanare QUANTA-200 (FEI Filips), microscopul MBS-9. Vizualizarea microslifurilor probelor și măsurarea grosimii stratului superficial a fost executată la microscopul metalografic JXL-101.

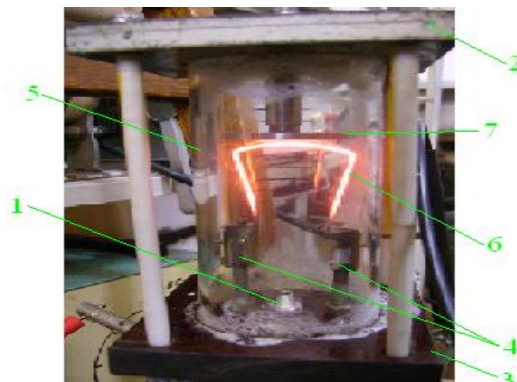


Fig. 2. Vederea generală a camerei de lucru pentru determinarea proprietăților de emisie a termocatozilor confecționați din wolfram (1-ștuț pentru evacuare-vacuumare; 2-flanșa superioară; 3-flanșa inferioară; 4-contactoare-suport pentru catodi; 5-tub din cuarț; 6-catod; 7-anod).

REZULTATELE ȘI ANALIZA LOR

Analizînd rezultatele expuse în literatura de specialitate, cât și cele proprii, s-a stabilit că, pentru a obține pe suprafețele pieselor o interacțiune de tipul I cu canalul de plasmă, este necesar ca densitatea de energie pe suprafața prelucrată să fie mai mică decît căldura specifică de topire a materialului din care este executată piesa, iar aceasta din urmă poate fi exprimată cu relația [1]:

$$Q < \frac{4W}{\pi d_c^2 \cdot S}, \quad (1)$$

$$Q = q\rho, \quad (2)$$

unde: q și ρ sînt, respectiv, căldura specifică de topire și densitatea materialului piesei; W – energia degajată în interstițiu, d_c – diametrul canalului de plasmă și S – mărimea interstițiului.

Experiențele au fost executate pe piese din oțel 45 cu electrozi-anozi executați sub formă de bară (din grafit), interstițiul avînd valori cuprinse în limitele 0,3...2,5 mm, iar tensiunea descărcării a fost de 160...480V, la capacitatea de 600 μ F pentru impulsul de formă monopolară. Când interstițiul era mai mare de 0,3..0,5 mm, atît în cazul descărcărilor solitare,

cât și în cel al procesului continuu, pe suprafața de prelucrare apar două zone. Zona exterioară are culoarea suprafeței proaspăt decapată, pe care se observă cratere micrometrice, cea internă reprezintă în sine un crater mare de fază lichidă, creat de acțiunea petelor-electrodice de tipul 2. În cadrul procesului continuu, la interstiții de 2 mm, practic întreaga suprafață prelucrată reprezintă zona exterioară, adică a acțiunii termice. Cercetând piesa, se observă [1, 4] o fâșie deschisă – zona de influență termică a petelor electrodice de tipul I. Studiarea influenței mărimii interstițiului și a energiei descărcării a demonstrat faptul că, pentru interstițiu de 1,5...2,5 mm și tensiuni de 240...400V, eroziunea catodului, practic, este nulă, iar pe suprafața piesei se formează numai zona interacțiunii termice.

Acțiunea descărcării în condițiile indicate mai sus duce la formarea în zona de lucru a unui strat alb, practic, fără defecte, a cărui microduritate depinde de durata acțiunii plasmiei. Analiza microșlifurilor a arătat că, după 2-3 treceri, microduritatea stratului alb atinge valoarea maximă. La prelucrarea de mai departe, microduritatea oțelului 45 începe să se micșoreze, iar a titanului rămâne constantă. Probabil că în primul caz are loc revenirea straturilor călite.

Astfel, condițiile de acționare a descărcărilor electrice în impuls asupra suprafeței piesei, cu pete electrodice „reci” sau „calde”, pot fi variate schimbând interstițiul și energia descărcării, ceea ce înseamnă variația regimurilor de prelucrare.

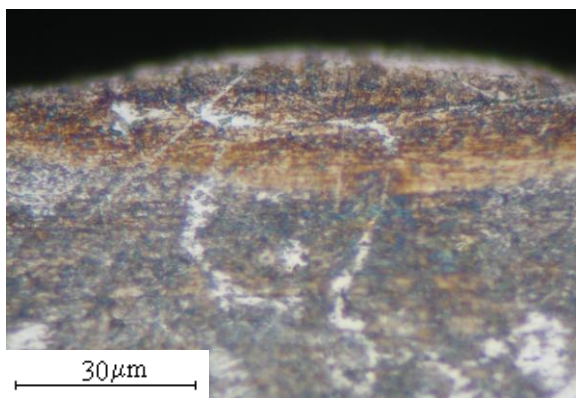


Fig.3. Microșliful piesei din oțel 45 prelucrate cu grafit: $C=100\mu F$; $S=1,5mm$; $\tau=82\mu s$; $n=90$ impulsuri; $W=0,94J$; electrodul-sculă catod.

Experiențe analogice au fost efectuate pe oțeluri pentru cazul când electrozi-catozi erau

confeționați din grafit. S-a observat că în comparație cu cazul precedent, pe suprafața piesei anod se observă depuneri de grafit, care, posibil, au formă de pelicule subțiri din grafit. Aceste depuneri pot fi explicate prin faptul că materialul electrodului-sculă nu este un metal, ci grafit, a cărui eroziune este mai mare în calitate de catod, iar procesele la descărcările electrice în impuls au loc deosebit de cazul alierii obișnuite și se supun modelului fizic elaborat în lucrarea [2, 4]. Analiza microșlifurilor transversale au demonstrat faptul că, în cazul în care electrodul din grafit este catod, pe suprafața piesei se observă zonele ca și în cazul descărcărilor electrice când piesa se află în calitate de anod, adică apare zona influenței termice, aceasta provocând schimbări de structură la suprafața piesei, la adâncimi de ordinul μm , care duc la mărirea durtății piesei de circa 1,5-2 ori [4].

După cum a fost menționat mai sus, în cazul aplicării electrodului-sculă (în mediu de aer), executat din grafit, acesta fiind conectat în calitate ca anod apoi ca și catod, pe suprafața piesei, în ambele cazuri, s-a atestat o schimbare de microduritate. Trebuie de menționat că, la conectarea în regim de catod, modificarea suprafeței a fost însoțită de formarea peliculelor din grafit.

Analiza acestora a condus la ideea că, pentru a spori și mai mult microduritatea suprafeței piesei supuse prelucrării, ar fi convenabil de folosit electrodul-sculă executat din grafit, aplicând descărcări electrice în impuls bipolar [5, 7].

În cazul utilizării electrodului-sculă cu impulsuri bipolare, datorită fenomenelor de difuzie, în stratul superficial apar atât fenomene termice, cât și termochimice. Experimental s-a stabilit că, la folosirea electrodului-sculă catod-anod în prima semiperioadă pe suprafața piesei obținem depuneri de grafit, iar după o anumită pauză în decursul semiperioadei a doua se dezvoltă în continuare procesele de difuzie, care asigură condiții carbonului depus pe suprafața piesei să difuzeze în adâncime schimbându-i proprietățile fizico-chimice în stratul de suprafață. Prin aceasta se explică mărirea semnificativă a microdurtății. Pentru electrodul-sculă anod-catod, procesele au loc invers. Grosimea stratului superficial tratat

termochimic alcătuiește 5-14 μ m. Astfel, se poate vorbi despre faptul că, la aplicarea descărcărilor electrice în impuls asupra oțelurilor, au loc atât tratamente termice, cât și termochimice, însoțite de fenomene de difuzie ce influențează considerabil asupra microdurității stratului superficial al pieselor.

Unele din aceste rezultate au fost aplicate în producere la fabrica de sticlă din Chișinău cu scopul măririi durabilității puansonelor formelor de turnare a sticlei. În rezultatul acoperirii piesei cu pelicula de grafit, a fost obținută o mărire a durabilității de cel puțin două ori datorită modificărilor fizice și chimice în stratul de la suprafață. Pelicula formată pe suprafața activă [8] a puansonului provoacă durificarea stratului superficial și servește ca unguent solid în scopul micșorării frecării și aderării masei sticloase de el.

Tratarea termică și chimico-termică prin această metodă poate fi realizată în mod discret sub formă de puncte separate sau fășii, ceea ce ar permite anihilarea tensiunilor remanente din straturile superficiale ale pieselor și evitarea deformării lor sub acțiunea acestora.

În continuare, este descrisă o metodă de modificare a microgeometriei suprafețelor prin extragerea și congelarea pe suprafețele prelucrate a unor meniscuri de formă conică în vederea sporirii ariei active a suprafețelor, iar, ca rezultat, modificarea considerabilă a proprietăților de emisie și absorbție a diferitor tipuri de radiație.

Prelucrării au fost supuși electrozi filiformi cu diametrul $d=0,6$ mm, confecționați din wolfram care, în continuare serveau în calitate de catodi. Cu scopul obținerii microgeometriei mai pronunțate pe suprafața electrodului filiform, acesta se conecta în circuitul de descărcare în calitate de anod [9-11]. În rezultatul prelucrării cu aplicarea descărcărilor electrice în impuls pe suprafețele acestora au fost obținute meniscuri conice (conuri Taylor). Imaginea generală a unui așa menisc este prezentată în figura 4 [12, 13].

Este necesar a menționa că modificarea microgeometriei suprafețelor active a termocatozilor se efectua în camera specială din care se evacua aerul și se introducea argon. Acest gaz inert proteja suprafețele electrozilor,

prelucrate în urma descărcărilor electrice în

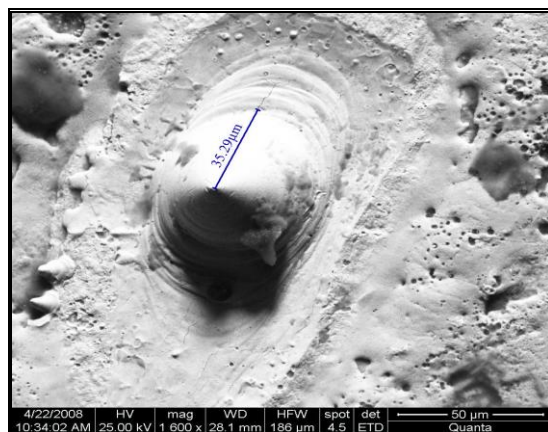


Fig.4. Vederea generală a unui menisc extras de pe suprafața electrodului filiform confecționat din wolfram: ($C = 200\mu$ F; $U_c = 60$ V; $W_c = 0,36$ J; $\tau = 125\mu$ s; $U_s = 21$ V).

impuls, evitând oxidarea lor.

Ținând cont de faptul că legile termoemisie pot fi descrise cu relația Richardson – Dechmen:

$$j_s = B'T^2 e^{-\frac{A}{kT}}, \quad (3)$$

în care $B' = 120(1-R)A/(cm^2 \cdot K^2)$, iar R reprezintă coeficientul de reflexie a electronilor de conducție de la bariera de potențial de lângă suprafața emitorului, am putea presupune că modificarea microgeometriei va conduce la creșterea curentului de emisie.

Cu scopul determinării influenței meniscurilor conice, obținute pe suprafețele active a termocatozilor, asupra proprietăților de emisie, cercetările experimentale au decurs în două etape. La prima etapă, cercetării a fost supus termocatomul cu suprafața activă neprelucrată (fără meniscuri) după ce se efectuau măsurări ale curentului de emisie, iar apoi procedura se repeta utilizând termocatomul cu suprafața activă prelucrată. Termocatozii se fixau în contactoare-suport după ce se asambla camera de lucru cum este prezentat în figura 2. După asamblarea celulei de emisie din interiorul acesteia se evacua aer utilizând pompa ejectoare. Presiunea gazelor remanente în camera de lucru constituia 10^{-3} mm ai coloanei de mercur. Este necesar a menționa că în ambele cazuri temperatura termocatozilor era una și aceeași și constituia $T_c = 1600^\circ$ C.

Instalația experimentală reprezentată în figura 2 permite vizualizarea și, apoi, înregistrarea datelor experimentale pentru a avea posibilitatea de a construi dependențele volt-amperice.

În urma cercetărilor experimentale, au fost construite dependențe volt-amperice pentru două cazuri. În primul caz, după cum a fost menționat mai sus, se utiliza termocatomul cu suprafața activă neprelucrată. Vederea generală a dependenței volt-amperice pentru acest caz este prezentată în figura 5.

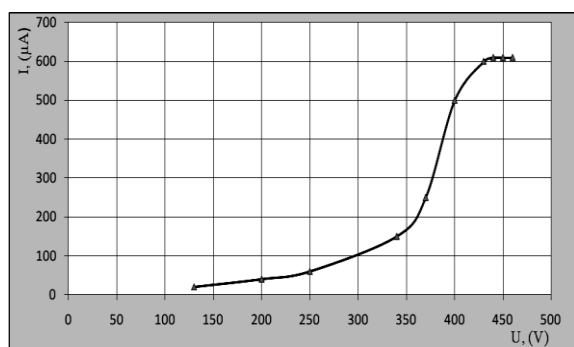


Fig. 5. Caracteristica volt-amperică a catodului neprelucrat cu suprafața activă netedă (T_c = 1600°C).

După cum se observă din această figură, valoarea maximală a curentului de emisie constituie circa 610 μA, după care are loc fenomenul de saturație [14]. Cu alte cuvinte, la creșterea de mai departe a tensiunii între electrozii celulei de emisie, dependența volt-amperică capătă un caracter liniar.

În figura 6 este prezentată dependența volt-amperică care reflectă rezultatele cercetărilor experimentale obținute în cazul utilizării termocatomului pe a cărui suprafață activă au fost extrase meniscuri conice. Din analiza acestei dependențe putem menționa că valoarea maximală a curentului de emisie în acest caz a crescut esențial și constituie circa 5300 μA, după care, iarăși, are loc fenomenul de saturație.

Rezultatele obținute în urma cercetărilor experimentale permit să concludem că prezența meniscurilor (conurilor Taylor) pe suprafețele active ale termocatomilor duc la sporirea esențială a emisie termoelectronice ale acestora circa de 9 ori.

Este necesar de menționat că în procesul modificării microgeometriei suprafețelor active a termocatomilor, în condiții normale (în aer),

cu aplicarea descărcărilor electrice în impuls, se observau fenomene de oxidare. Apariția acestui fenomen influența negativ asupra curentului de emisie. Cu alte cuvinte, utilizarea termocatomului cu suprafața modificată în condiții normale conducea la micșorarea

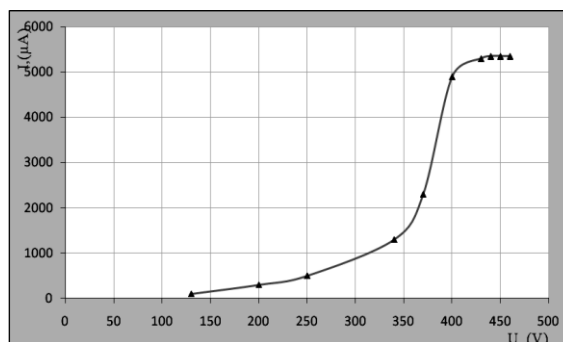


Fig. 6. Caracteristica volt-amperică a catodului cu suprafața activă modificată (T = 1600°C).

curentului de emisie.

Cu scopul evitării acestui fenomen nedorit, au fost propuse două rezolvări. Prima se bazează pe utilizarea, în procesul modificării microgeometriei termocatomilor, a unor gaze inerte (în cazul nostru, Ar). Conform acestei metode, electrozii se introduceau în camera specială închisă ermetic în care se afla gaz inert și se efectua modificarea microgeometriei suprafețelor termocatomilor. A doua metodă reprezintă o metodă mai simplificată și se bazează pe utilizarea în procesul modificării microgeometriei, în calitate de contraelectrod a unui electrod confecționat din grafit. Ambele metode permit, în mare măsură, înlăturarea unor obstacole de oxidare a suprafețelor active cu deosebirea că prima necesită o pregătire mai îndelungată.

În așa mod, se poate afirma că creșterea meniscurilor (sub formă de conuri Taylor) de dimensiuni mici submicronice și micronice, prin metoda electroeroziunii, reprezintă, de fapt, o nouă tehnologie în acest domeniu.

CONCLUZII

Din cele relatate în această lucrare putem conclud următoarele:

- este posibilă sporirea microdurității suprafeței prelucrate la utilizarea electrodului-sculă executat din grafit în regim de anod, catod și combinat;
- s-a realizat formarea depunerilor din grafit pe suprafața piesei;

- s-a observat că, la depunerea din grafit utilizând impulsurile unipolare, microduritatea stratului alb este de circa 1,5-2 ori mai mare ca microduritatea materialului de bază;
- s-a stabilit, experimental, că microduritatea suprafeței tratate cu electrod-sculă combinat, executat din grafit la descărcări electrice cu impulsuri bipolare, crește de pînă de 10 ori față de microduritatea inițială a materialului piesei;
- s-a stabilit, experimental, că grosimea stratului superficial, tratat cu impulsuri bipolare, variază în limitele a 5-14 μm pentru regimurile de prelucrare studiate;
- s-a constatat că prezența meniscurilor conice pe suprafețele active ale termocatozilor conduce la sporirea esențială a curentului de emisie;
- evitarea formării stratului de oxid pe suprafețele active ale termocatozilor în procesul modificării microgeometriei cu aplicarea descărcărilor electrice în impuls este posibilă utilizînd medii inerte sau grafit;
- prezența meniscurilor conice pe suprafețele active ale termocatozilor permit concentrarea fluxurilor de electroni.

BIBLIOGRAFIE

1. TOPALA, P.; STOICEV, P. Tehnologii de prelucrare a materialelor conductibile cu aplicarea descărcărilor electrice în impuls. – Chișinău, Editura TEHNICA-INFO, 2008, 265 p.
2. TOPALĂ, P. New technological application of electrical discharges in impulse. Creativitate și Management. Culegeri de lucrări științifice. Ediția XIII-a. Editura U.T.M. – Chișinău. 2009. p. 183-186.
3. RUSNAC, V. Cercetări experimentale privind modificarea microgeometriei suprafețelor pieselor metalice prin metoda electroeroziunii. Fizica și tehnica: procese, modele, experimente. Nr.1, 2008, p.89-97.
4. BEȘLIU, V. Cercetări privind tratarea termică și termochimică a suprafețelor pieselor prin aplicarea descărcărilor electrice în impuls. Rezumat al tezei de doctorat. – Galați 2008, 53 p

5. BEȘLIU, V. Structure and Properties of Surface Layers of Pieces Cemented when Interacting with the Plasma Channel of Electric Discharges in Pulse. – The annals of „Dunărea de Jos” University of Galați, Fascicle V, Technologies in machine bulding. 2008, Vol.1, Year XXIV (XXIX), 75-82.

6. RUSNAC, VI. Modificarea microgeometriei suprafețelor pieselor la formarea straturilor de depunere prin metoda electroeroziunii. Rezumat al tezei de doctorat. – Galați 2008, p. 136.

7. TOPALA, P.; BESLIU, V. Investigation on hardening pice surface by applying electrical discharge in impulse. – Creativitate și Management Editia XIII-a. 2009, 176-178.

8. TOPALA, P.; MAZURU, S.; BESLIU, V.; COSOVSCII, P.; STOICEV, P. Increasing the durabilitz of glass moulding forms applying graphite pillicles. – The 14th International Conference, Modern Technologies, Quality and Innovation. 2010, 635-638.

9. TOPALĂ, P.; OLARU I.; RUSNAC, V. Noi secvențe la tabloul fizic al electroeroziunii. Culegere de lucrări științifice, Tehnologii Moderne, Calitate restructurare, Vol.2, - Chișinău, 2005, p. 239-242.

10. RUSNAC, VI. The Role of Energy and Duration of Discharging Pulse During the Micro Geometry Changing Process of Metallic Parts Surfaces by Applying Electric Discharges in Pulse. – The annals of „Dunărea de Jos” University of Galați, Fascicle V, Tehnologii in machine building, Vol.1, Year XXX (XXIX), 2008. p.61-68,

11. TOPALĂ, P.; RUSNAC, VI. Experimental invesgations concerning the extraction of cone meniscus on metal surfaces with electrical discharge machining (EDM) adhibition. – Buletinul Institutului Politehnic din Iași, Tomul LIV (LVIII), Fasc.1-3, 2008. p.113-120.

12. TOPALĂ, P.; STOICEV, P. Tehnologii de prelucrare a materialelor conductibile cu aplicarea descărcărilor electrice în impuls, - Chișinău, Tehnica Info, 2008, p. 265.

13. САФРОНОВ, И.И.; ТОПАЛА, П.А.; ГОРБУНОВ, А.С. Электроэрозионные процессы на электродах и микроструктурно-

фазовый состав легированного слоя. –
Chișinău, Tehnica Info, 2009, p. 393.

14. GUȚU, V. Electronica, dispozitive și
circuite. – Chișinău, Tehnica Info, 2007, p.
580.

CZU: 621.9.047

**STRUCTURAL MODIFICATION OF THE CHEMICAL COMPOSITION AND OF THE
MICROGEOMETRY OF SURFACES BY APPLYING ELECTRICAL IMPULSE
DISCHARGES**

**Topală Pavel - dr.hab., prof, Beșliu Vitalie - dr., senior lecturer, Rusnac Vladislav - dr., senior
lecturer, Ojegov Alexandr - post-graduate student, Pînzaru Natalia - post-graduate student
(Alec Russo Balti State University, Republic of Moldova)**

The work presents new processing technologies and namely hardening with graphite electrified tools, graphite pellicle formation, meniscus growth by applying electrical impulse discharges in a regime of sub-excitation with monopolar and bipolar impulses. These new technologies allow the increase of durability of parts subject to processing in conditions of production, allow flooring of the microgeometry of processed surfaces, enhance essentially their thermoelectronic emission about 9 times.

Prezentat la redacție la 03.02.2011