

## NOI APLICAȚII ALE DESCĂRCĂRILOR ELECTRICE ÎN IMPULS CU UTILIZAREA ELECTROZILOR–SCULĂ DIN GRAFIT

**Beșliu V.\*, Topala P.**

Universitatea de Stat „Alec Russo” din Bălți, str. Pușkin, 38, MD-3100, mun. Bălți, Republica Moldova

\*e-mail: [besliuvitalie@mail.ru](mailto:besliuvitalie@mail.ru)

În această lucrare sunt prezentate ultimele rezultate și unele aplicații industriale și de laborator ale peliculelor de grafit obținute prin descărcări electrice în impuls, în regim de subexcitare, la diferite regimuri de prelucrare. Prin analize metalografice și studierea microdurității straturilor superficiale a pieselor din oțel și fontă s-a determinat faptul că descărcările electrice în impuls provoacă procese termice cât și termochimice, acestea influențează considerabil microduritatea stratului alb mărindu-i valoarea ei de aproximativ 4-10 ori. Respectiv acestea posedă rezistență la uzură la temperaturi ridicate, poate fi folosit ca unguent solid, micșorează rugozitatea, dar posedă și proprietăți de antiaderență.

Cuvinte-cheie: descărcări electrice în impuls, electrod-sculă, grafit, microduritatea, rezistența la uzură.

This paper presents the latest results and some industrial and laboratory applications of graphite films produced by electrical discharges in impulse, at sub-excitement regime, at different processing regimes. The metallographic analysis and the study of superficial micro-hardness of steel and cast iron parts determined that electrical discharges in impulse causes thermal and thermochemical processes, that considerably influence surface microhardness increasing its white layer by about 4-10 times. Respectively they possess wear resistance at high temperatures, can be used as solid ointment, reduce roughness, but also possess anti-adhesive properties.

Keywords: electrical discharges in impulse, tool-electrode, graphite, micro-hardness, wear resistance.

### INTRODUCERE

Pentru durificarea și depunerea straturilor de protecție, un rol important îl au metodele electrofizice de prelucrare a materialelor care se bazează pe utilizarea fluxurilor concentrate de energie, cum ar fi fascicolul de electroni [16], razele laser, plasma de temperatură joasă [1, 16], descărcări electrice în impuls etc.[1]. Una dintre aceste metode este prelucrarea superficială cu aplicarea descărcărilor electrice în impuls a suprafețelor metalice care cu succes este aplicată pentru durificarea pieselor mecanismelor din construcția de mașini [2-6]. Procesul de durificare cu aplicarea descărcărilor electrice în impuls a suprafețelor metalice se bazează pe efectul eroziunii electrice și al transferului polar al materialului anodului pe catod la amorsarea între aceste și piesa prelucrată a descărcărilor electrice în impuls, ceea ce este caracteristic materialelor metalice. Aceasta asigurând posibilitatea de a forma pe suprafața piesei supuse prelucrării a unui strat superficial cu proprietăți fizico-chimice deosebite [1]. Pentru prelucrarea suprafeței în conformitate cu această metodă în calitate de electrod-sculă anod sunt utilizate diferite materiale

conductoare de curent electric cum ar fi: cuprul, carburile metalice, grafitul, nichelul etc. care influențează asupra proprietăților fizico-chimice și mecanice ale suprafețelor supuse cercetării (schimbându-i duritatea, rezistența la uzură, rugozitatea etc.) [1, 6].

A fost demonstrat faptul, că utilizarea electrodului-sculă executat din grafit poate influența asupra micșorării rugozității stratului superficial supus prelucrării [7, 13] și sporirii microdurității [9, 10, 11].

În cazul aplicării electrodului-sculă executat din grafit în mediu aer acesta fiind conectat în calitate de anod [11] pe suprafața piesei se atestă o sporire a microdurității, la utilizarea electrodului cu polaritatea catod de asemenea se observă o sporire a microdurității însoțită și de formarea unor depuneri de grafit pe suprafața supusă prelucrării care servește ca o peliculă antiaderentă cu valori de ordinul  $\mu\text{m}$ . În rezultatul utilizării polarităților bipolare și anume catod, catod-anod și anod-catod, cercetările experimentale au demonstrat faptul că microduritatea stratului superficial sporește mai mult ca în cazul utilizării impulsurilor unipolare. Rezultatele experimentale și aplicațiile realizate a celor deziderate vor fi prezentate în această lucrare.

## METODICA CERCETĂRILOR EXPERIMENTALE

În lucrările [8, 12] este menționat că tratamentele termice și termochimice cu aplicarea descărcărilor electrice în impuls, pot avea loc fără topirea și vaporizarea materialului piesei supuse prelucrării. Adică pentru a obține un tratament termic fără topirea materialului este nevoie ca durata de descărcare să fie mai mică ca circa  $10^{-7}$  s. Ținând cont de acestea a fost utilizat un generator de impulsuri de curent de tip RCL schema căruia este prezentată în lucrarea [12]. Studiind oscilogramele acestor descărcări putem afirma că durata impulsului de descărcare poate varia de la 9 până la 26  $\mu$ s, durata dintre impulsuri alcătuind 6-15  $\mu$ s pentru impulsurile bipolare, iar pentru cele unipolare durata impulsului alcătuiește  $\tau=0-250$   $\mu$ s.

Cercetările experimentale au fost efectuate în condiții de aer la presiunea atmosferică, Electrocul - sculă este confecționat din grafit sub formă de bară cu diametrul 2-3 mm, rotunjit la capăt sub formă de emisferă, iar piesa confecționată din oțel 45, oțel 37 în stare normalizată sub formă de paralelipiped, cu dimensiunile  $20 \times 20 \times 5$  mm pentru piesele din oțel 45 și  $800 \times 600 \times 2$  mm pentru piesele din oțel 37. De asemenea au fost supuse cercetărilor experimentale și unele materiale din fontă. Generatorul cu impulsuri bipolare posedă parametrii: tensiunea de încărcare a bateriei de condensatoare variază de la 0 V până la 600 V, energia pe interstițiu variază în limitele 0,26-0,58 J, frecvența descărcărilor alcătuia  $f=1-8$  Hz, mărimea interstițiului  $S=0,5$  mm, capacitatea  $C=8$   $\mu$ F. Generatoul cu impulsuri unipolare posedă parametrii: energia degajată în interstițiu  $W_s=0-4,8$  J, energia acumulată pe bateria de condensatoare  $W_c=0-12$  J, tensiunea pe bateria de condensatoare  $U_c=0-250$  V, capacitatea  $C=100-600$   $\mu$ F cu pasul 100  $\mu$ F,

interstițiu  $S=0,05-2,5$  mm; frecvența descărcărilor  $f=0-50$  Hz.

## REZULTATE EXPERIMENTALE ȘI ANALIZĂ

În rezultatul acțiunii descărcărilor electrice în impuls asupra oțelului 45 normalizat, cu electrocul din grafit, pe suprafața piesei au loc depuneri de grafit de diferite grosimi în dependență de utilizarea electrocului în calitate de catod, anod-catod și catod-anod. Studiul morfologiei suprafeței piesei după interacțiunea cu plasma descărcărilor electrice în impuls ne atestă faptul că, în cazul utilizării electrocului executat din grafit în calitate de catod depunerile sunt mai mari.

Analiza metalografică a pieselor prelucrate a demonstrat faptul că, pe suprafața piesei în afara depunerilor din grafit se mai formează și stratul alb, separat de materialul de bază printr-un strat intermediar. Cercetarea microdureții acestor straturi atestă că, microdurețea cea mai înaltă o posedă stratul alb. Valoarea microdureții este funcție de regimul energetic de prelucrare.

La schimbarea polarității electrocului – sculă (anod) din grafit erodează mai puțin, iar sub influența energiei canalului de plasmă are loc difuzia peliculei din grafit în piesă cu microcălire la suprafață, astfel mărind proprietățile funcționale ale pieselor supuse prelucrării. Cercetările experimentale cu formare a peliculelor de grafit pe suprafața plonjorului forme de turnare a sticlei confecționate din fontă au demonstrat: analiza morfologiei suprafeței supuse prelucrării a confirmat ca formațiunile pe suprafața nu depășesc mărimi micrometrice; în afară de componentele inițiale ale materialului prelucrat se atestă o cantitate considerabilă de carbon (circa 80 %) în conținut atomic [10].

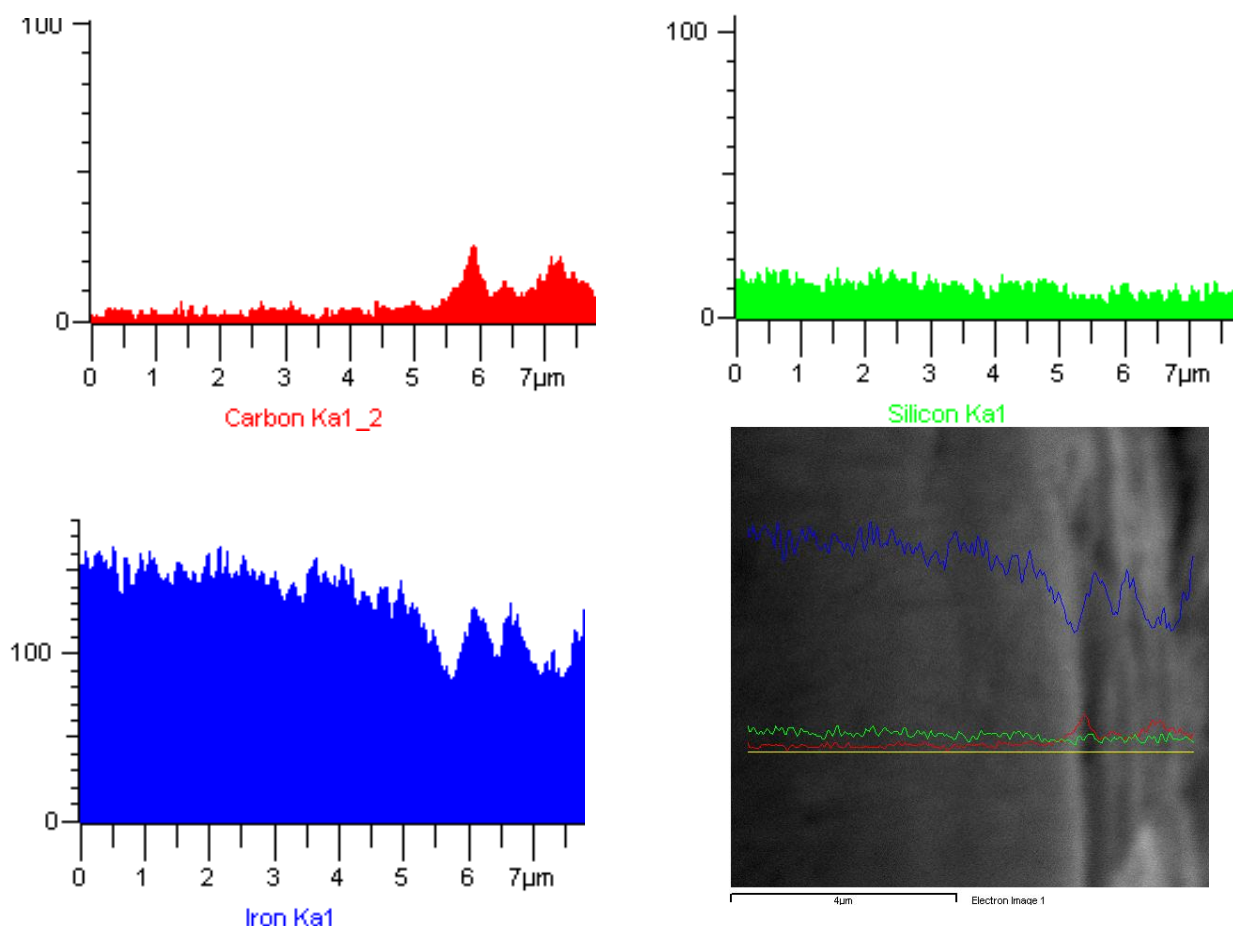


Fig. 1. Distribuția carbonului în suprafața prelucrată

Acesta nu poate exista în stare liberă el formează legături în structura metalică formând carburi sau în structuri separate sub formă de grafit. Dacă analizăm cele prezentate în fig. 1 putem constata că, marea majoritate a carbonului transferat pe suprafața piesei se atestă la adâncimi de ordinul micrometrilor, ceea ce permite a concluda că este posibilă formarea fazelor de carburi și a celor de grafit în mod separat. În favoarea celor menționate sunt rezultatele obținute la încercarea plonjoarelor în condiție reale de exploatare astfel s-a stabilit că plonjoarelor formelor de turnare pe suprafața activă a cărora au fost formate pelicule de grafit au funcționat la 57600 cicluri în lipsa modificării formei și dimensiunile acestora.

În acest sens, pentru a compara uzura plonjoarelor formelor de turnare a sticlei s-au executat cercetări experimentale în ciclul tehnologic. Au fost supuse la încercare plonjoare acoperite cu grafit prin descărcări electrice în impuls și neprelucrate. După acoperirea piesei cu grafit diametrul plonjorului s-a mărit în mediu cu aproximativ

35  $\mu\text{m}$  față de diametrul inițial, adică ca rezultat avem depuneri de grafit cu grosimea medie de cca. 17  $\mu\text{m}$  pe suprafață sub formă de peliculă. După măsurarea uzurii plonjorului din fontă acoperit cu grafit după funcționare în ciclul tehnologic (timp de 75 ore) se observă ca dimensiunile lui pe toată lungimea activă nu au atins cota inițială, pe când plonjorul neacoperit a suferit uzări dimensionale de cca. 10  $\mu\text{m}$  pe unele porțiuni, iar pe altele se atestă creșterea dimensiunii inițiale din contul aderării masei sticloase. Comparând rezultatele obținute privind uzura dimensională a plonjoarelor cu depuneri din grafit și în lipsa acestora putem constata că, cele cu depuneri de grafit dispun de o rezervă de funcționare până a atinge dimensiunile inițiale și desigur de o rezervă considerabilă până a atinge valoarea uzurii tehnologice admisibile. Acesta atestă faptul că stratul de grafit depus pe suprafață îndeplinește simultan mai multe funcții: protecția antiuzură, exclude aderarea masei sticloase la suprafața lui, este un unguent în stare solidă și sporește refractabilitatea piesei.

Cercetările experimentale ne demonstrează ca în cazul electrodului-sculă catod [5] pe lângă pelicula din grafit se formează în strat alb microduratea căruia este mai mare ca a materialului de bază de circa 1,5-2 ori, la utilizarea electrodului sculă în regim de anod [8, 11] se atestă o mărire a microduratei de circa 2-5 ori și se observă oxidarea suprafeței, însă fără formarea unei pelicule din grafit. În cazul utilizării regimului combinat de prelucrare putem observa că, microduratea maximă este obținută la două treceri, pentru energia degajată în interstițiu de  $W=0,42$  J și alcătuiește  $101,8 \times 10^8$  Pa ceea ce este de circa 10 ori mai mare ca valoarea microduratei materialului de bază fig. 2(2), după care microduratea maximală a stratului alb se micșorează. Pentru energia degajată în interstițiu de  $W=0,58$  J fig. 2(3), valoarea maximă a microduratei este obținută de asemenea pentru două treceri ce alcătuiește  $47,88 \times 10^8$  Pa, fiind de aproximativ 4 ori mai mare decât cea a materialului de bază, apoi urmând de asemenea o micșorare a

microduratei maxime cu mărire a numărului de treceri. Pentru energii degajate în interstițiu de circa  $W=0,26$  J curba valorilor microduratei maxime de  $22,6 \times 10^8$  Pa are forma exponențială fig. 2(1) dat fiind faptul că microduratea maximă este obținută la o singură trecere. Grosimea stratului alb nu depășește 10 - 14  $\mu\text{m}$  pentru valorile maxime a microduratei. În unele cazuri se observă faptul că microduratea stratului alb se micșorează odată cu creșterea grosimii acestuia Acest ceea ce poate fi explicat prin apariția proceselor de revenire la suprafața piesei supuse tratării termochimice cu aplicarea descărcărilor electrice în impuls. Așadar, în dependență de regimurile de prelucrare alese, în cazul prelucrării combinate, mărire a microduratei poate fi de circa 8-10 ori mai mare [6] ca a materialului de bază ceea ce confirmă faptul că la alegerea regimului de prelucrare combinat proprietățile fizico-chimice ale stratului superficial cresc considerabil.

$H_{\max} \times 10^8, \text{ Pa}$

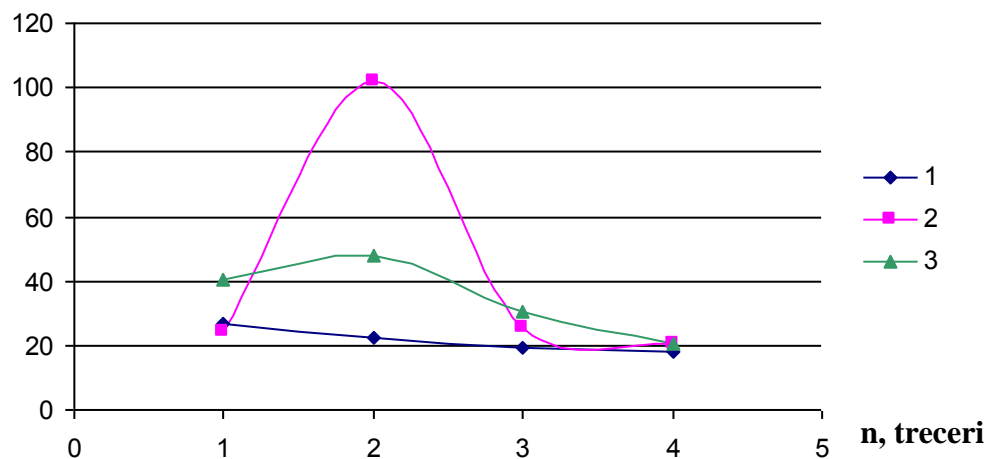


Fig. 2. Dependența valorii maxime a microduratei de numărul de treceri a pieselor executate din oțel 45 după interacțiunea descărcărilor electrice în impuls regimul petelor electrode "reci" pentru:  $C=8 \mu\text{F}$ ;  $f=8$  Hz;  $S=0,5$  mm: 1)- $W=0,26$  J; 2)- $W=0,42$  J; 3)- $W=0,58$  J; ; regimul de prelucrare combinat

Ultimele cercetări experimentale atestă faptul că utilizarea electrodului -sculă din grafit îmbunătățește și proprietățile mecanice la nivel microscopic, cum ar fi rezistența la rupere. Încercările de probă cu utilizarea celor trei regimuri de prelucrare au demonstrat faptul că forța maximă de rupere, pentru

oțelul de marca oțel 3, acoperit cu grafit alcătuiește 8100 kgF, iar cel neacoperit - 8050 kgF, adică în rezultatul prelucrării cu grafit forța maximă de rupere se mărește cu 50 kgF [14], ceea ce nu putem observa la utilizarea electrozilor din carburi metalice unde forța maximă de rupere se micșorează

după acoperirea cu materialul respectiv. În așa fel probabil că peliculele de grafit ar fi convenabile de utilizat la formarea straturilor policomponente.

În scopul determinării proprietăților de antiaderență de asemenea s-au efectuat cercetări experimentale de probă și anume: au fost supuse încercărilor la tracțiune epruvete din oțel 37 acoperite cu o peliculă de grafit, epruvete netratate și combinarea acestora. Epruvetele respective în prealabil fiind îmbinate prin lipire cu un adeziv. Ca rezultat al tracțiunii pieselor asamblate prin lipire se observă că epruvetele netratate posedă valori mai mari ai tensiunii de forfecare ca celelalte și constituie circa  $85 \text{ daN/cm}^2$ , epruvetele tratate mixt constituie în mediu valoare de  $60 \text{ daN/cm}^2$  ceea ce ne vorbește despre faptul că pelicula de grafit depusă pe una din epruvete micșorează aderența dintre adeziv și suprafața metalică. Ultima variantă, în care ambele suprafețe sunt acoperite cu pelicula de grafit tensiunea de forfecare se micșorează până la aproximativ  $50 \text{ daN/cm}^2$ , ceea ce constituie o micșorarea a aderenței cu 40 % față de epruvetele netratate. Rezultatele respective fiind descrise în lucrarea [15].

De asemenea se observă că forfecarea epruvetelor netratate are loc în interiorul adezivului, în comparație cu cele tratate unde forfecarea are loc la suprafața de separare a adezivului cu pelicula de grafit. Aceste rezultate ne permit să confirmăm presupunerile că pelicula de grafit realizată prin descărcări electrice în impuls posedă și proprietăți de antiaderență. O analiză mai amplă a acestor deziderate se va efectua în viitorul apropiat în una din lucrările științifice ce urmează a fi publicate în revistele de specialitate.

## CONCLUZII

Din cele prezentate în prezenta lucrare putem concluda următoarele momente principale:

- sub pelicula de grafit depusă pe suprafața pieselor este posibilă formarea carburilor metalice cu rezistență sporită la uzură;
- pelicula de grafit depusă îndeplinește simultan mai multe funcții: protecția antiuzură, exclude aderența masei sticloase

la suprafața lui, este un unguent în stare solidă și sporește refractabilitatea piesei ceea ce poate mări fiabilitatea pieselor;

- microduritatea pieselor crește de circa 10 ori față de materialul de bază, la grosimi de maxim  $10\text{-}17 \mu\text{m}$ , iar forța maximă la rupere se mărește cu  $50 \text{ kgF}$  față de materialul neprelucrat;
- peliculele de grafit depuse prin descărcări electrice în impuls micșorează aderența dintre suprafețele conjugate cu circa 40 % față de suprafețele ce nu sunt tratate, la regimurile de prelucrare studiate până la moment;
- în așa mod putem afirma că peliculele de grafit formate prin descărcări electrice în impuls pot avea o arie diversă de aplicabilitate în industria contemporană.

## BIBLIOGRAFIE

1. Tănăsescu F. T., Bologa M., Cramariuc R. Electrotehnologii. Procesarea materialelor și tehnologii electrochimice. București: Editura Academiei Române, 2002. Vol. 2. 250 p.
2. Luneva V. P., Verhoturov A. D., Coziri A. V., Glabet T. V., Brui V. N. Using the Cr-Ni alloys for the electric discharge deposition forming of. EPI, 2005, nr. 4, p. 11-18.
3. Burumculov F. H., Lezin P. P., Senin P. V., Ivanov V. I. The electric discharge technology aimed at retreating and hardening of the machining pieces and tools. USM "Ogareva", Saransk, 2003. 501 p.
4. Topala P. The transfer of mass and diffusion processes on surface layers of engine parts during electrosparkle processing. The materials of international conference: the technologies of maintaining, retreading and hardening of engine parts. Saint-Petersburg. 2007, vol. 2, p. 234-242.
5. Sidorenco S. I., Ivaschenko E. V., Mazanko V. F. etc. Forming of ferrous alloys surface layer by combination of nitriding and electrospark alloying by chrom and titanium and certain properties of the afore-mentioned layer. 6-th International conference "Interaction of Radiation with solids" Minsc, Belarus, 2005, p. 430-432.
6. Beshliu 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, p. 24-30.
7. Mihaliuc A. The roughness reduction of electrosparkle co rings during the following processing with graphite electrode. EPI, 2003, nr. 3, p. 21-23.
  8. Topala Pavel. Condition of thermic treatment and chimico superficial innards, with the adhibition electric discharge in impulses. Nonconventional technologies review. 2007, nr. 1, p. 129-132.
  9. Bulent Ekmekci; Oktay Elkoca; Abdulkadir Erden. A comparative sudy on the surface integri of plastic mold steel due to EDM”. Metallurgical and Materials Transactions. ProQuet Science Journals, 2005, p. 117-124.
  10. Topala P., Beshliu V. Graphite deposits formation on innards surface on adhibition of electric discharges in impulses”. Bulletin of the Polytechnic Institute of Iassy, 2008, t. LIV, p. 105-111.
  11. Topala P., Stoicev P., Epureanu A., Beshliu V. The hardening of steel surfaces on the sections for electrosparkle alloyage. International Sientific and Technical conference Machinebulding and technospere of the XXI centry. Donetk, 2006, p. 262-266.
  12. Topala P., Stoicev P. Tehnologii de prelucrare a materialelor conductibile cu aplicarea descărcărilor electrice în impuls, Chișinău: TEHNICA – INFO, 2008, p. 265.
  13. Cogun C., Özercan B., Caracay T. An experimental investigation on the powder mixed dielectric on machining performance in electric discharge machining”. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. ProQuest Science Journals, 2006, p. 1035-1050.
  14. Topala P., Beșliu V., Stoicev P., Ojegov A. Structural modifications – properties of surface micro-strata with graphite depositions. International Journal of Modern Manufacturing Technologies, 2013, vol. II, p. 97-102.
  15. Topala P., Marin L., Beșliu V.. Applying graphite micropellicles to decrease the coefficient of superficial adhesion. Advanced Manufacturing Technologies 2013. 7<sup>th</sup> international seminar Advanced Manufacturing Technologies, Sozopol, Bulgaria, 2013, p. 97-104.
  16. Kurochkin Yu. V., Demin Yu. N. Technology for surface hardening of parts by treatment with concentrated energy flux. Chemical and Petroleum Engineering, 2001, vol. 37, p. 404-408.

Prezentat la redacție la 21 decembrie 2013