

CZU: 621.7/.8

CERCETĂRI PRIVIND CEMENTAREA STRATULUI SUPERFICIAL AL SUPRAFEȚELOR PIESELOR DIN OȚEL CU APLICAREA DESCĂRCĂRILOR ELECTRICE ÎN IMPULS

Vitalie Beșliu

(Universitatea de Stat „A.Russo, Republica Moldova)

În această lucrare este prezentată o metodă de cementare a stratului superficial al suprafeței pieselor aplicându-se descărcările electrice în impuls cu electrozi-sculă din grafit. Studiarea microdurității straturilor superficiale a pieselor din oțel a demonstrat că descărcările electrice în impuls în regim de subexcitare provoacă atât procese termice, cât și termochimice, acestea influențând considerabil proprietățile fizico-chimice ale stratului superficial al piesei.

Întroducere

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, razele laser, plasma de temperatură joasă, descărcările în impuls etc.[1]. Una dintre aceste metode este și descărcarea electrică în impuls pe suprafețele metalice care este aplicată cu succes pentru durificarea pieselor din construcția de mașini [2, 3]. Este

cunoscut faptul că alierea prin descărcări electrice este caracterizată de un șir de avantaje prezentate în lucrările [4, 5, 6], însă ea posedă și dezavantaje cum ar fi: grosimi mici ale straturilor suprafețelor prelucrate, imposibilitatea folosirii materialelor neconductoare de curent electric, productivitate relativ joasă, rugozitatea înaltă a suprafeței. Cu toate dezavantajele enumerate, acest proces se dezvoltă în ultimii ani tot mai larg și se folosește în diferite domenii de aplicabilitate. Pentru prelucrarea suprafeței în conformitate cu această metodă, în calitate de electrod-sculă anod, sînt folosite diferite materiale conductoare de curent electric cum ar fi: cuprul, carburile metalice, grafitul, nichelul etc. ce influențează asupra proprietăților fizico-chimice și mecanice ale piesei supuse cercetării (schimbîndu-i duritatea, rezistența la uzură, rugozitatea) [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 lui [9, 10, 11].

În lucrarea [7] au fost efectuate cercetări experimentale utilizîndu-se piese executate din oțel 45 în stare normalizată, electrodul-sculă fiind fabricat din asemenea materiale cum ar fi Ti, Ni, Cu și Ag. Încercările experimentale au fost realizate pe instalația „Elitron-22” în diapazonul de energii pe interstițiu 0,2-0,4 J. Rezultatele obținute în urma aplicării descărcărilor electrice în impuls au demonstrat că rugozitatea minimă se obține pentru cazul utilizării electrodului executat din Cu. Pentru cazurile urmate de prelucrarea cu electrod-sculă din grafit s-a observat o micșorare a rugozității pentru toate cele patru materiale (Ti, Ni, Cu și Ag).

Autorii lucrării [9] au efectuat cercetări experimentale cu electrozi-sculă din cupru și grafit în apă distilată și gaz lampant, piesele fiind confecționate din oțel cu conținut de 0,38% de C în stare recoaptă. Cercetarea microșlifurilor acestor piese a demonstrat faptul că, pe suprafața piesei, apare stratul alb cu cea mai înaltă duritate urmată de zona influențelor termice și a materialului de bază. Măsurarea microdurității stratului alb a demonstrat o mărire de aproximativ 3 ori față de materialul de bază. Analiza datelor obținute ne demonstrează faptul că, în cazul utilizării electrodului-sculă executat din grafit, duritatea stratului alb este mai mare decît la utilizarea electrodului din cupru indiferent de dielectricul utilizat. Rentghenograma acestor microșlifuri a demonstrat faptul că la aplicarea în calitate de mediu de lucru a gazului lampant pe suprafața piesei se formează cementita, ceea ce nu se întîmplă în cazul apei distilate [9].

În cazul utilizării electrodului din grafit în mediu ambiant cu polaritatea anod [11] și catod pe suprafața piesei se observă o schimbare a microdurității stratului depus, care conținea și grafit [10].

Analiza acestor lucrări au condus la lansarea ipotezei că, pentru a spori și mai mult microduritatea suprafeței piesei prelucrate, ar fi rezonabil de a se folosi electrodul-sculă executat din grafit. În continuare, vor fi prezentate rezultatele cercetărilor experimentale de durificare a suprafețelor metalice aplicînd descărcările electrice în impulsuri bipolare, în regim de subexcitare, cu utilizarea electrozilor-sculă executați din grafit.

Metodica cercetărilor experimentale

În lucrările științifice [8, 12] s-a demonstrat că tratamentele termice și termochimice, realizate prin aplicarea descărcărilor electrice în impuls, pot avea loc fără topirea și vaporizarea materialului supus prelucrării. Adică pentru a obține un tratament termic fără topirea materialului, e nevoie ca durata de descărcare să fie mai mică de 10^{-7} s. Ținându-se cont de acest fapt, a fost elaborat un generator de impulsuri de tip RCL, a cărui schemă este prezentată în fig.1 [12]. Această sursă de alimentare este formată din următoarele părți componente: generatorul de impulsuri de putere 1, blocul de amorsare 2 și blocul de comandă 3, a căror descriere detaliată este prezentată în lucrarea [12]. Studiind oscilogramele descărcărilor electrice la diferite regimuri de prelucrare similare celor prezentate în fig.2, putem afirma că durata impulsului de descărcare a semiperioadelor poate varia de la 9 pînă la 26 μ s. Din oscilograma se observă că pe parcursul unei descărcări solitare polaritatea se schimbă invers datorită inductanței din circuitul schemei electrice. Adică unul din electrozi în perioada pozitivă este catod, iar în cea negativă se transformă în anod și invers. Din oscilograma se observă că, valoarea curentului în circuitul de descărcare pentru semiperioada pozitivă este de două ori mai mare decât în perioada negativă.

Cercetările experimentale au fost efectuate în condițiile mediului ambiant (aer) la presiunea atmosferică normală, în regim de subexcitare în care piesa sau electrodul, aveau posibilitatea de a-și schimba polaritatea. Electrosculă e confecționat din grafit în formă de bară cu diametrul 2 mm, rotunjit la capăt sub formă de emisferă, iar piesa era confecționată din oțel 45 în stare recoaptă, sub formă de paralelipiped (20×20×5), care se deplasa față de electrod cu viteza $V=1$ mm/s. Tensiunea de încărcare a bateriei de condensatoare varia în limitele 400...600V, energia degajată în interstițiu varia în limitele 0,26...0,58 J, frecvența descărcărilor alcătuită $f=8$ Hz, mărimea interstițiului $S=0,5$ mm, capacitatea $C=8\mu$ F.

Microduritatea stratului superficial se măsoară pe microdurimetrul PIMT-3M cu sarcina de penetrare de 5g.

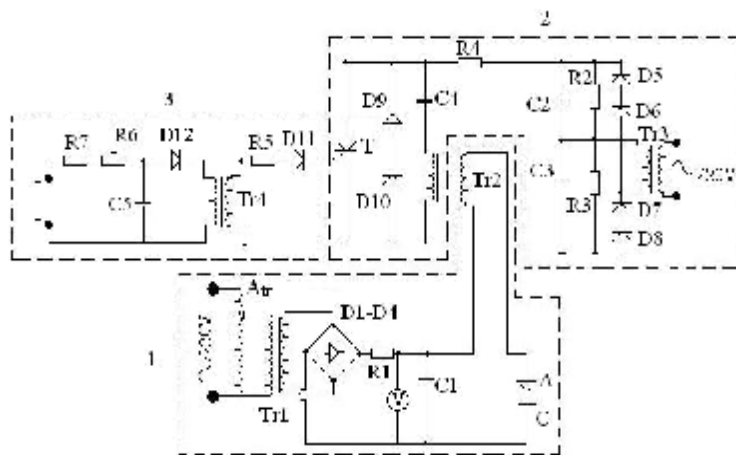


Fig.1. Schema electrică principală a sursei de alimentare pentru tratarea termică și termochimică a suprafețelor pieselor prin descărcări electrice în impuls.



Fig.2. Vederea generală a oscilogramei obținută cu ajutorul sursei descrise mai sus în circuitul de descărcare: $U_c=400V$, $S=1,5mm$, $C=8\mu F$, $f=3Hz$.

Rezultatele cercetărilor obținute și analiza lor

În rezultatul acțiunii descărcărilor electrice în impuls asupra suprafeței piesei executate din oțel 45 recopt, cu electrod-sculă din grafit, are loc formarea depunerilor de grafit atât la utilizarea electrodului-sculă în calitate de anod cât și ca catod. Studiul morfologiei suprafeței piesei, după interacțiunea cu plasma descărcărilor electrice în impuls, atestă faptul că, în cazul utilizării electrodului executat din grafit în calitate de catod, stratul depus este mai mare. Iar pentru același număr de treceri, cu cât valoarea energiei degajate în interstițiu e mai mare, cu atât și stratul depus din grafit este mai mare.

Analiza metalografică a straturilor superficiale ale pieselor prelucrate a demonstrat că, în afara depunerilor din grafit, mai apare și stratul alb, separat de materialul de bază prin intermediul stratului intermediar. Cercetarea microdureții acestor straturi demonstrează faptul că valoarea cea mai înaltă a acestora o posedă stratul alb. Valoarea microdureții stratului alb e funcție de regimul energetic de prelucrare, de numărul de treceri și de polaritatea electrodului-sculă (fig.4, fig.5). Microduretea superioară a stratului alb poate fi explicată prin încălzirea rapidă a unui volum mic de material și răcirea bruscă a acestuia, grosimea lui constituind circa 5-10 μm (fig.3).

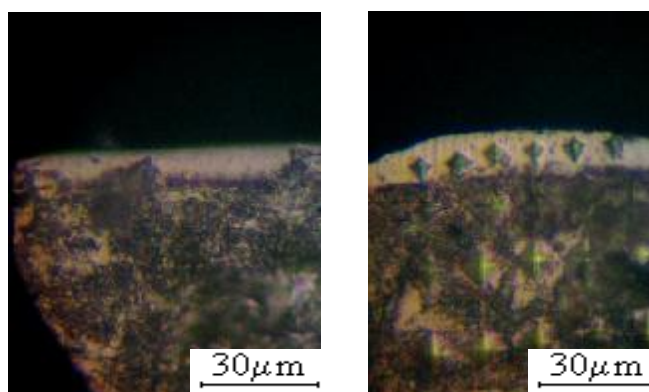


Fig.3. Microstructura piesei din oțel 45 după aplicarea descărcărilor electrice în impuls la regimurile: $C=8\mu F$; $f=8Hz$; $V=1mm/s$; $S=0,5mm$; a- $W=0,42J$, $n=2$ treceri, electrod-sculă anod b- $W=0,26J$, $n=3$ treceri electrod-sculă catod.

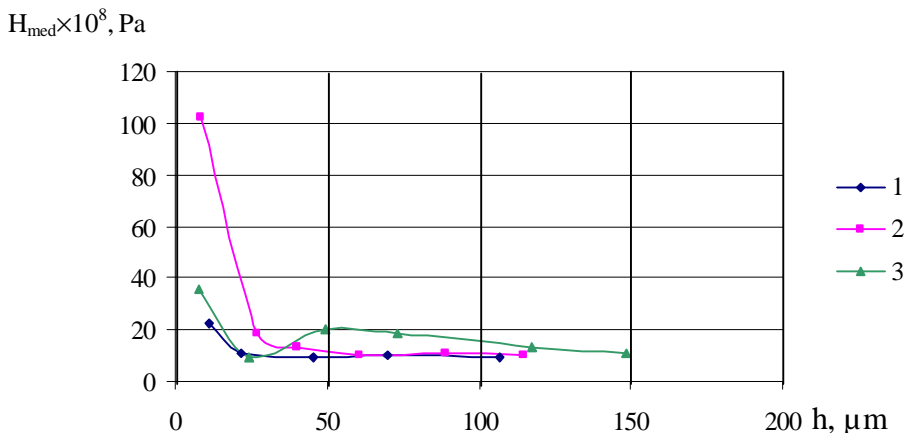


Fig.4. Dependenta valorii microdurității de adâncimea stratului superficial a pieselor executate din Oțel 45 după interacțiunea descărcărilor electrice în impuls la două treceri pentru: C=8μF; f=8Hz; V=1mm/s; S=0,5mm; 1-W=0,26J; 2-W=0,42J; 3-W=0,58J;electrodul sculă-anod.

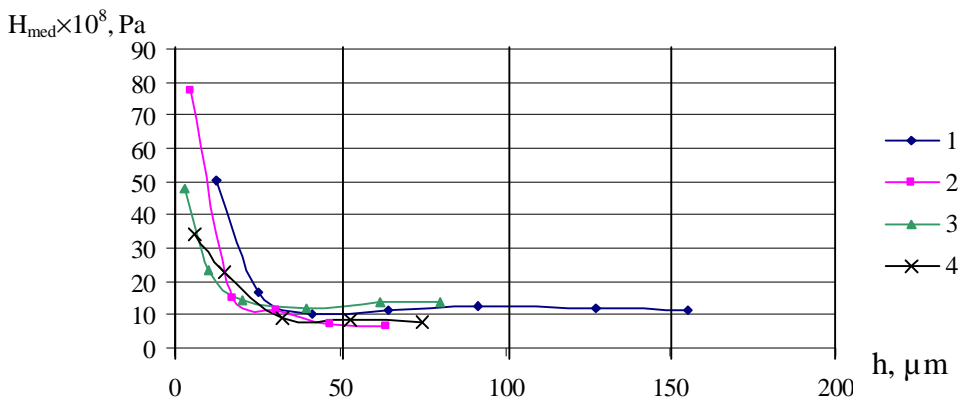


Fig.5 Dependenta valorii microdurității de adâncimea stratului superficial a pieselor executate din Oțel 45 după interacțiunea descărcărilor electrice în impuls pentru: C=8μF; f=8Hz; V=1mm/s; S=0,5mm; 1- W=0,26J, n=2 treceri; 2-W=0,42J, n=2 treceri; 3-W=0,58J, n=2 treceri; 4-W=0,26J, n=3 treceri; electrodul sculă-catod.

Din graficile prezentate pe fig.4 și fig.5 se observă că microduritatea stratului intermediar este mai mică decât cea a stratului alb, iar microduritatea materialului de bază este mai mică decât cea a stratului intermediar. Se observă însă în unele cazuri și abateri, cum ar fi cazul în care microduritatea stratului intermediar devine mai mică decât cea a materialului de bază fig.4(3). Această micșorare a microdurității poate fi explicată prin apariția fenomenului de revenire sau prin difuzia carbonului din stratul intermediar în stratul de la suprafață.

Cercetările experimentale atestă faptul că microduritatea maximă pentru cazul când electrod-sculă îndeplinește funcția de anod este obținută la două treceri pentru energia pe interstițiu de W=0,42J și constituie 101,8×10⁸Pa, fiind de

circa 10 ori mai mare (ca valoare) decît microduritatea materialului de bază fig.4(2). Pentru energiile pe interstițiu de $W=0,26J$ și $W=0,58J$ fig.4(1, 3) valorile maxime a microdurităților constituie $22,6 \times 10^8 Pa$ și, corespunzător $47,88 \times 10^8 Pa$, adică posedă o mărire de aproximativ de 2-5 ori față de materialul de bază.

În cazul folosirii în calitate de catod a electrodului-sculă pentru toate cele trei energii, se atestă o mărire a microdurității. Pentru energii pe interstițiu de $W=0,26J$, $W=0,42J$ și $W=0,58J$, la două treceri, microduritatea stratului alb constituie corespunzător $50,3 \times 10^8 Pa$, $77,2 \times 10^8 Pa$ și $47,88 \times 10^8 Pa$, prezentînd o mărire a microdurității de circa 4-7 ori față de cea a materialului din starea inițială fig.5(1, 2, 3). Pentru energia pe interstițiu de $W=0,26J$ la trei treceri se observă o micșorare a microdurității (fig.5(4)) în comparație cu microduritatea maximă la două treceri, ea constituind $34,28 \times 10^8 Pa$.

Din cele analizate rezultă că, în cazul folosirii electrodului-sculă, odată cu schimbarea polarității avem atît fenomene termice cît și termochimice datorită presupuselor fenomene de difuzie din stratul superficial al piesei. Astfel, putem presupune că, la folosirea electrodului-sculă drept catod, în prima etapă, obținem depunerile de grafit pe suprafața piesei după cum s-a menționat în lucrarea [10], iar după o anumită pauză, schimbîndu-se polaritatea, se produc procese de difuzie a carbonului, depus pe suprafața superficială a piesei schimbîndu-i proprietățile fizico-chimice. Astfel, se explică creșterea însemnată a microdurității. Am putea afirma că, la aplicarea descărcărilor electrice în impuls asupra oțelurilor, au loc tratamente termice și termochimice, datorită atît încălzirii și răcirii bruște, cît și a fenomenelor de difuzie, ce influențează considerabil asupra proprietăților fizico-chimice a stratului superficial al pieselor.

Concluzii

În rezultatul acțiunii descărcărilor electrice în impuls asupra oțelului 45 în stare recoaptă cu electrod-sculă din grafit folosit (în calitate de anod și catod, cu posibilitatea schimbării polarității), pe stratul de la suprafața piesei s-a stabilit următoarele: indiferent de polaritatea electrodului-sculă, pe suprafața piesei s-au depistat nu numai depuneri de grafit, dar și apariția stratului alb de o microduritate înaltă; în baza cercetărilor experimentale, putem afirma faptul că microduritatea suprafeței poate fi mărită de circa 2-10 ori față de materialul de bază. Putem concluda că metoda propusă poate fi aplicată la durificarea superficială a suprafețelor pieselor, însă necesită o analiză mai detaliată și pentru alte regimuri de prelucrare.

Bibliografia

1. Tănăsescu, Florin Teodor, Bologa, Mircea, Cramariuc, Radu. Electrotehnologii. Procesarea materialelor și tehnologii electrochimice: București. Editura Academiei Române, V.2, 2002. 250 p.

2. Лунева, В. П., Верхотуров, А. Д., Козырь, А. В., Глабец, Т.В., Бруй, В. Н.– Использование хромоникелевых сплавов для создания электроискровых покрытий // ЕОМ, №4. 2005. с.11-18.
3. Бурумкулов, Ф. Х., Лезин, П. П., Сенин, П. В., Иванов, В. И. и др. Теория и практика, МГУ им. Н. П. Огарева, Саранск, 2003.
4. Топала, П.А. Массоперенос и диффузионные процессы в поверхностных слоях детали машин при электроискровой обработке // Материалы международной конференции: Технологии ремонта, восстановления и упрочнения детали машин, механизмов, оборудования, инструмента и технологической оснастки, Санкт-Петербург, часть 2, 2007. с.234-242.
5. Сидоренко, С. И., Иващенко, Е. В., Мазанко, В. Ф., Лобачева, Г.Г., Миронов, Д. В., Храновская, Е. Н. Формирование и свойства поверхностного слоя при сочетании процессов азотирования и электроискрового легирования титаном, хромом сплавов железа // 6-th International conference “Interaction of Radiation with solids” Minsc, Belarus, September 28-30, 2005. с. 430-432.
6. Pereteatcu, Pavel. Contribuții privind intensificarea alierii prin scînteii electrice la acțiunea cu surse energetice din exterior: Autoref. Teza de doctor în științe tehnice. Chișinău, 2008. 18 p.
7. Михалюк, А.И. Уменьшение шероховатости электроискровых покрытий при последующей обработке графитовым электродом // ЭОМ, №3, 2003. с.21-23.
8. Topala, Pavel. Condition of thermic treatment and chimico superficial innards, with the adhibition electric discharge in impulses// Nonconventional technologies review, N.1, 2007, pg.129-132.
9. Bulent, Ekmekci, Oktay, Elkoca, Abdulkadir, Erden. A comparative sudy on the surface integrity of plastic mold steel due to EDM// Metallurgical and Materials Transactions, ProQuet Science Journals Feb 36B, 2005. p.117-124.
10. Topală, P., Besliu, V. Graphite deposits formation on innards surface on adhibition of electric discharges in impulses // BULLETIN OF THE POLYTEHNIC INSTITUTE OF IASSY, T.LIV, 2008. p. 105-111.
11. Топала, П., Стойчев, П., Епуряну, А., Бешлиу, В. Упрочнение металлических поверхностей на участках для электроискрового легирования // International Scientific and Technical conference Machinebulding and technospere of the XXI centry. Donetc. 2006. p.262-266.
12. Topala, Pavel, Stoicev, Petru, Tehnologii de prelucrare a materialelor conductibile cu aplicarea descărcărilor electrice în impuls. Chișinău, TEHNICA – INFO, 2008. 265 p.
13. Cogun, C., Özercan, B. and Caracay, T. An experimental investigation of the powder mixed dielectric on machining performance in electric discharge machining// Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, ProQuest Science Journals, 220, B7, 2006. p.1035-1050.

INVESTIGATION AIMED AT CEMENTATION OF THE SUPERFICIAL STRATUM OF THE PIECE SURFACES MADE OF STEEL APPLYING ELECTRIC DISCHARGES IN PULS

Vitalie Beshliu

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

This paper presents a method of cementation of the superficial stratum of the piece surfaces applying electric discharges in pulse with graphite tool-electrode. The study of microhardness of the superficial stratum of steel pieces showed that electric discharges in pulse in sub excitement regime provoke thermic and thermo-chemical processes. These processes influence considerably microhardness of the superficial piece stratum.

Prezentat la redacție la 17.06.08