

SINTETIZAREA PRIN ELECTROEROZIUNE A CARBURILOR PE SUPRAFEȚELE METALICE

DOI: 10.5281/zenodo.3364304

Doctorandă **Natalia KAZAK**
Institutul de Fizică Aplicată

SYNTHESIZING BY ELECTROEROSION OF CARBIDES ON METAL SURFACES

Summary. The basic laws of the process of consecutive alloying with graphite, titanium and tungsten electrodes through electrical sparks were studied to synthesize carbides in the superficial layers of iron and titanium based alloys. The energy parameters (the energy of the impulse discharge, the frequency of their passage, the working current) and the technological ones (the shape of the processing electrodes and the vibration frequency) have been optimized, on the basis of which were created premises for the replacement of expensive and difficult processing electrodes with graphite, titanium and molybdenum electrodes accessible and cheaper.

Keywords: electrospark alloying, synthesizing carbides, graphite, titanium and tungsten electrodes, wear resistance.

Rezumat. S-au studiat legitățile de bază ale procesului alierii consecutive cu electrozi din grafit, titan și wolfram prin scânteii electrice în vederea sintetizării carburilor în straturile superficiale ale aliajelor de construcție pe bază de fier și titan. Au fost optimizați parametrii energetici (energia descărcării electrice în impuls, frecvența trecerii acestora, curentul de lucru) și tehnologici (forma mișcării electrozilor de prelucrare și frecvența vibrațiilor), în baza cărora s-au creat premise de înlocuire a electrozilor standardizați de prelucrare, scumpi și deficitari, cu electrozi din grafit, titan și molibden accesibili și mai ieftini.

Cuvinte-cheie: sintetizarea carburilor, electrozi din grafit, titan și wolfram, rezistență la uzură.

INTRODUCERE

În arsenalul tehnologiilor neconvenționale de durificare a suprafețelor metalice un loc deosebit îl ocupă procesul electrofizic de aliere prin scânteii electrice (ASE), care se bazează pe transferul polar al materialului anodului (electrodului de prelucrare) pe suprafața catodului (piesă) la amorsarea între acestea a descărcărilor în impuls [1]. Procedeu ASE a fost descoperit de către savanții Boris și Natalia Lazarenko în anul 1943 odată cu alt procedeu înrudit cu primul, și anume prelucrarea dimensională a materialelor prin electroeroziune.

Alierea prin scânteii electrice are un șir de avantaje în comparație cu alte metode tradiționale de durificare a suprafețelor metalice, cum ar fi:

- posibilitatea folosirii electrozilor din diferite materiale cu conductibilitate electrică;
- simplitatea utilajului tehnologic și a realizării procesului de durificare;
- transportabilitatea utilajului, dat fiind greutatea și gabaritele mici;
- posibilitatea prelucrării locale, în locuri strict predestinate și fără a demonta utilajele;
- aderența înaltă a straturilor formate cu suportul;
- consum redus de energie, materiale și altele.

De-a lungul anilor, pentru durificarea organelor de mașini și a sculelor prin metoda ASE de regulă se

folosesc electrozi de prelucrare pe bază de carburi metalice de tip MeC obținute prin metalurgia pulberilor la interacțiunea unui metal tranzitoriu, preponderent W, Ti, Ta cu carbonul [2; 3; 4; 5]. Procesele metalurgice de producere a electrozilor sunt complexe și se efectuează la temperaturi înalte, de peste 2000°C, fapt ce necesită utilaj complex și costisitor, precum și un consum de energie enorm. În consecință, electrozii din carburi metalice sunt scumpi și deficitari.

Prezenta lucrare are ca scop găsirea unei alternative a acestor electrozi, care ar putea soluționa problema înlocuirii lor cu materiale mai ieftine și accesibile. Un interes deosebit îl prezintă grafitul, drept sursă de carbon, folosirea căruia în calitate de element de aliere a demonstrat rezultate încurajatoare [6; 7]. Astfel, prin metoda alierii prin scânteii electrice cu electrod de grafit s-a efectuat durificarea oțelurilor de scule de tip Y8 (ГОСТ 1435-99) și cr.45 (ГОСТ 1050-88). În urma analizei cu raze X s-au stabilit o serie de efecte interesante care au loc în procesul interacțiunii plasmelor descărcărilor în impuls cu materialele electrozilor.

Grafitul a fost folosit și în cazul durificării titanului [8; 9]. S-a stabilit că în straturile superficiale ale titanului, la anumite valori ale energiei electrice are loc formarea unor faze de tip MeC care modifică substanțial proprietățile fizico-mecanice ale straturilor superficiale. În același timp, cercetările în cadrul stadiului actual au arătat că nu există lucrări sistematice privind

stabilirea legităților de bază ale procesului alierii prin scânteii cu electrozi din grafit care ar permite obținerea straturilor cu proprietăți impuse.

În prezenta lucrare s-a pus sarcina de a cerceta sistematic procesul ASE, legitățile formării fazelor MeC, influența factorilor energetici și tehnologici asupra proprietăților straturilor formate în cazul utilizării electrozilor din grafit și a unor metale tranzitorii, cum ar fi W și Ti din grupele IV-VI ale sistemului periodic, dat fiind că acestea din urmă se caracterizează printr-un grad înalt de afinitate față de carbon și, după cum se știe [2; 3], formează cu el carburi cu proprietăți fizico-mecanice importante. În condițiile dezvoltării unor temperaturi de ordinul 10 000 °C și a presiunii înalte, în canalul descărcării electrice ne putem aștepta la transformări alotropice intense cu formarea unei game largi de aliaje, compuși chimici, soluții solide, precum și nitruri și oxizi, dacă procesul ASE se efectuează în aer.

METODICA EXPERIMENTULUI

În calitate de anozii (electrozi de prelucrare) s-au folosit bare din grafit, wolfram și titan cu secțiune pătrată cu dimensiuni 4×4 mm, 5×5 mm și cilindrică cu diametrul între 4 și 5 mm. Lungimea acestora variază între 3,5 și 40 mm, ca fiind optime pentru prelucrare. În calitate de catozi s-au utilizat plăcuțe din oțel ct.3 (ГОСТ 1050-88) cu conținut de carbon 0,3%, titan tehnic BT1-0 (ГОСТ 19807 – 91), precum și din aliajele OT4 și BT20 (ГОСТ 22897-86) cu dimensiuni 15×15×4 mm. Experimentele s-au efectuat cu utilizarea mai multor instalații industriale de tip ЭФИ-10М, ЭЛИТРОН-22А, ЭФИ-46А, ЭФИ-23А, inclusiv cu modele de instalații experimentale. ASE s-a realizat cu aplicatoare de mai multe tipuri: cu electrod vibrator, cu electrod rotativ și electrod cu mișcare complexă: vibrații + rotații. Acesta din urmă a permis formarea de acoperiri cu continuitate și uniformitate mai înaltă. Procesul ASE s-a realizat în regim manual și mecanizat într-un diapazon de energii al descărcărilor electrice în impulsuri: 0,1-3,0 J.

Dinamica transferului de masă al anodului (electrodului de prelucrare) pe suprafața catodului-piesă din ct.3 s-a efectuat utilizând balanța analitică АДВ-200М, construindu-se dependența adaosului catodului γ în funcție de valoarea energiei și timpului de prelucrare: $\gamma=f(t)$ (figura 1, curba 1). Pe baza acestei dependențe s-au determinat timpurile specifice (min/cm²) pentru fiecare dintre materialele folosite în calitate de anozii. Sensul fizic al acestui parametru exprimă timpul care este necesar pentru a forma pe o unitate de suprafață metalică (de exemplu pe 1 cm²)

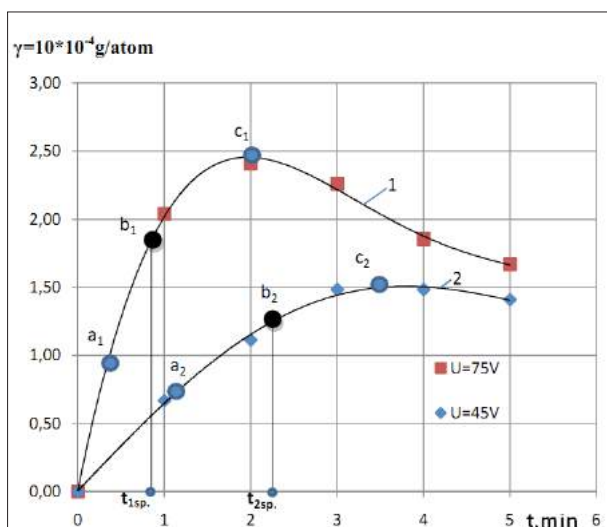


Figura 1. Dinamica creșterii masei catodului în timp la ASE la diferite regimuri energetice: 1 – energia descărcării în impuls $W = 0,3$ J; 2 – $W = 0,9$ J.

o acoperire cu continuitate maximă. Depășirea acestui timp specific conduce la creșterea tensiunilor termice în straturile superficiale cu apariția unor defecte în formă de arsuri, fisuri, micropori și altele. Pe cale experimentală s-a stabilit că timpul specific poate fi determinat pe baza relației $\gamma=f(t)$ (figura 1). Dacă vom împărți segmentul curbei creșterii masei catodului de la 0 până la punctul c_1 (max) în trei părți egale, apoi acest punct, pe care îl vom însemna cu litera **b**, se află mai jos la o distanță ce constituie $\frac{1}{3}$ din lungimea segmentului 0- c_1 . Astfel coborând perpendiculara din punctul **b**₁ pe axa **t**, punctul de intersecție a acestora va corespunde timpului specific de prelucrare t_{1sp} (min/cm²). Analogic se va determina timpul specific de prelucrare și pentru alt regim de lucru (figura 1, curba 2).

Duritatea straturilor superficiale obținute în urma alierii s-a măsurat cu durimetru standardizat ПИМТ-3.

Studierea structurii s-a efectuat pe baza șlifurilor transversale, folosind microscopul optic NEOPHOT-22 și difractometrul ДРОН-7.

Studierea caracteristicilor tribologice ale acoperirilor formate s-a efectuat cu ajutorul instalației standardizate cu regim de mișcare alternantă la sarcini de 2-9 kgf și timp de rodaj de 10 ore, iar ciclul de lucru de 20 de ore la sarcina de 9 kgf. În calitate de lubrifiant s-a folosit uleiul de vaselină. În acest scop s-au confecționat eșantioane speciale care au fost durificate la regimuri energetice și tehnologice optimizate. Pentru fiecare tip de acoperire s-au pregătit câte 6 eșantioane. În calitate de contracorp s-au folosit eșantioane în formă de plăcuțe dreptunghiulare din oțel ct.45 călite până la HRC 55-60. În urma încercărilor s-au determinat intensitatea uzurii liniare în timp și coeficientul de frecare, parametrii de bază ale unui cuplu tribologic.

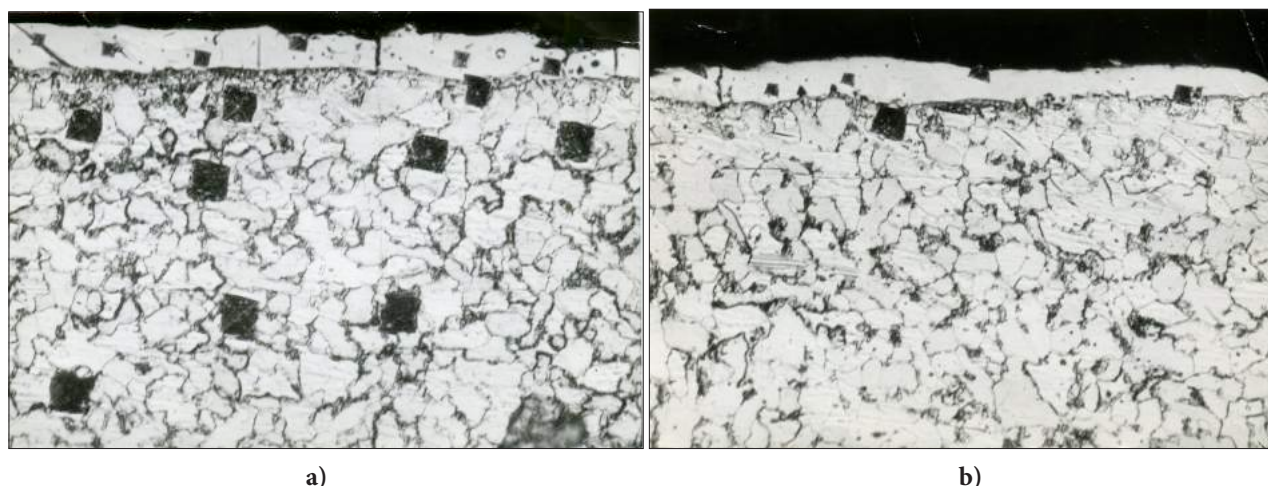


Figura 2. Aspectul straturilor superficiale obținute la ASE al oțelului de construcție ct.3 (0,3% C) cu electrod din T15K6 (a) și cu electrozi din wolfram, titan și grafit (b). Valoarea energiei descărcării (W): 0,3 J, x200.

ANALIZA REZULTATELOR

Analiza cu raze X a straturilor superficiale ale probelor după ASE au arătat, în toate cazurile, prezența fazelor de carburi dintre grafit și metalele suportului și a electrodului cu care s-a efectuat ulterior prelucrarea.

De exemplu, la ASE a suprafeței de oțel cu conținut de carbon 0,3% mai întâi cu wolfram, titan și apoi cu grafit, în stratul format s-au depistat carburile de titan (TiC), de wolfram (WC) și W_2C , precum și carbon în stare liberă.

În procesul ASE, sub acțiunea descărcărilor electrice în impuls are loc un proces micrometalurgic cu formarea unei game largi de faze, soluții solide, compuși chimici conform diagramelor de echilibru, precum și structuri metastabile.

La măsurarea microdurității în zona alierii oțelului ct.3 cu titan, wolfram și grafit s-au obținut valori între 940 și 1170 kgf/mm², ceea ce corespunde valorilor microdurității la ASE cu aliaje dure pe bază de carburi, cum ar fi aliajul BK8 (92%WC+8%Co).

Studiul mai detaliat al procesului ASE ne-a permis să optimizăm calitatea straturilor formate: continuitatea, uniformitatea și rugozitatea în raport cu valoarea energiei descărcărilor.

Astfel s-a stabilit că la valori ale energiei descărcărilor de cca 0,25-0,35 J s-au obținut acoperiri cu mult mai calitative decât în cazul prelucrării cu energii ce depășesc aceste valori.

În cazul ASE cu valori ale energiei de 0,3 J stratul obținut este mai calitativ, cu o continuitate mai înaltă și cu o rugozitate mai scăzută decât în cazul prelucrării la un regim cu valori ale energiei ce depășesc 0,3 J, de exemplu 0,45 J.

După cum se vede din graficele adaosului catodului $\gamma=f(t)$ în timp (figura 1) dinamica transferului acestora este diferită și depinde de energia impulsurilor electrice.

Unei valori mai mari a energiei descărcărilor electrice îi corespund valori mai mari ale adaosului catodului (figura 1). După cum s-a menționat anterior, materialul anodului în condițiile descărcării în impuls se transferă pe suprafața catodului în formă de faze vaporizate și lichide, fapt ce contribuie la interacțiunea intensă cu materialul catodului și formarea diferitor compuși cu acesta.

Figura 2a reprezintă poza microstructurii obținute la alierea oțelului ct.3 (0,3% carbon) cu electrod standardizat din T15K6 (79% WC, 15% TiC, 6% Co) (ГОСТ 3882-74), iar figura 2b – microstructura aceleiași oțel supus ASE cu electrozi din titan, wolfram și grafit.

După cum se vede din imaginile șlifurilor, la alierea cu electrod din wolfram, titan și grafit, în condiții similare, duritatea stratului obținut are aceleași valori ca și în cazul ASE cu T15K6, ceea ce denotă formarea carburilor la interacțiunea titanului și wolframului cu carbonul electrodului din grafit.

Acest lucru ni-l demonstrează și rezultatele analizei cu raze X.

CERCETĂRI TRIBOLOGICE

Rezultatele încercărilor la uzare în condițiile descrise în compartimentul „Metodica experimentului” sunt prezentate în formă de histograme (figura 3), care atestă valoarea uzurii straturilor superficiale ale probelor supuse prelucrării cu electrozi din Ti, W și grafit, precum și cu T15K6.

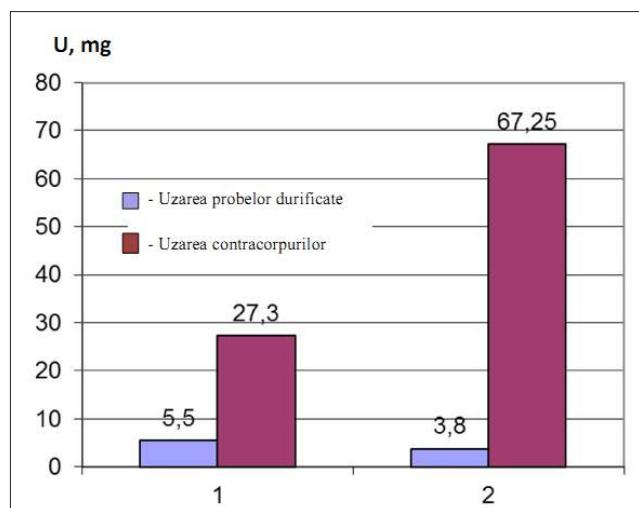


Figura 3. Uzura probelor din oțel cu conținut de carbon 0,45% supuse alierii prin scânteii electrice cu electrozi din: 1 - Ti+W+C; 2- T15K6, după 30 de ore de lucru (10 ore rodaj la sarcina de 2-9 kgf și 20 de ore de lucru la sarcina de 9 kgf).

Uzura acoperirii formate la alierea cu Ti+W+C este de 5,5 mg, în timp ce uzura acoperirii din T15K6 este 3,8 mg. Adică acoperirea din T15K6 s-a uzat de 1,45 ori mai puțin. În același timp, acoperirea din Ti+W+C a uzat contracorpul cu 27,3 mg, iar T15K6 – cu 67,25 mg.

Aceste rezultate ne demonstrează că acoperirea formată la ASE cu electrozi din T15K6 uzează mai tare contracorpul, decât acoperirea din Ti+W+C.

În această ordine de idei, conform principiilor tribologiei, atunci când un element al cuplului de frecare se uzează mai mult decât altul acest lucru nu este admisibil și conduce la micșorarea resursei de funcționare a cuplului. Acoperirea din T15K6 este mai abrazivă, pe când acoperirea din Ti+W+C se caracterizează printr-un grad mai înalt de antifricție.

Astfel, acoperirile obținute la ASE cu electrozi din Ti, W și grafit au perspective mai mari pentru a fi utilizate în scopul creșterii durabilității cuplurilor de frecare.

Unul dintre factorii micșorării uzurii contracorpului în pereche cu proba acoperită cu Ti+W+C se explică prin existența grafitului în stare liberă, care nu a interacționat cu elementele electrozilor din Ti, W și a suportului în timpul acțiunii plamei descărcărilor electrice în impuls.

CONCLUZII

1. În urma cercetărilor procesului de aliere prin scânteii electrice cu electrozi din grafit și metale tranzitorii Ti și W în succesiunea *grafit-metal-grafit* s-a stabilit posibilitatea sintetizării în straturile superficiale ale metalelor supuse prelucrării a carburilor metalice dintre Me și C.

2. La alierea suprafeței de titan mai întâi cu grafit, iar apoi cu electrozi din titan și wolfram, în straturile superficiale ale titanului s-au depistat fazele TiC, WC, W₂C și carbon în stare liberă.

Astfel, putem trage concluzia că electrozii din grafit, în combinație cu metalele Ti și W, pot forma compuși asemenea celor standardizați de tip BK și TK și pot servi drept alternativă a acestora, care sunt deficițari și scumpi, iar în ultima perioadă total inaccesibili.

BIBLIOGRAFIE

- Lazarenko B. R., Lazarenko N. I. Jelegtroiskrovaja jerozija metallov. Vyp. 2. Gosjenergoizdat, 1946.
- Kiparisov S. S. Karbid titana. Poluchenie, svojstva, primenenie. B: S. S. Kiparisov, Ju. V. Levinskij, A. P. Petrov. M.: Metallurgija, 1987. 217 s.
- Alekseev A. G., Bovkun G. A., Bolgar A. S., Svojstva, poluchenie i primenenie tugoplavkih soedinenij. Pod redakciej Kosolapovoj T. Ja., M.: Metallurgija, 1986. 928 s.
- Lazarenko N. I. Izmenenie ishodnyh svojstv poverhnosti katoda pod dejstviem iskrovyh jelektricheskijh impul'sov protekajushhijh v gazovoj srede. V kn. Jelegtroiskrovaja obrabotka metallov, vyp. 1. M: Izd-vo AN SSSR, 1957, s. 70-94.
- Gitlevich A. E., Mihajlov V. V. Jelegtroiskrovoe legirovanie metallicheskih poverhnostej. Pod red. akad. AN MSSR Ju. N. Petrova. Kishinev: Shtiintsa, 1985.
- Mogilevskij I. Z. Strukturnye izmenenija v zheleze i stali posle jelegtroiskrovnoj obrabotki poverhnosti grafitom. V sb.: Problemy jelektricheskij obrabotki materialov. M.: Izd-vo AN SSSR. 1960, s. 86-97.
- Mihajljuk A. I., Gitlevich A. E., Ivanov A. N. i dr. Prevrashhenie v poverhnostnyh slojah splavov zheleza pri jelegtroiskrovom legirovanii grafitom. B: Jelegtronnaja obrabotka materialov, 1986, № 4, s. 23-27.
- Mihajlov V. V., Gitlevich A. E., Bachu K. I. Osobnosti jelegtroiskrovogo legirovanija titana grafitom. Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskij konferencii. Komsomol'sk-na-Amure, 2009, s.11-19.
- Mihajljuk A. I., Gitlevich A. E. Primenenie grafitu v jelegtroiskrovijh tehnologijah. B: Jelegtronnaja obrabotka materialov, 2010, № 5, s. 37-44.