

C.Z.U.621.7/.9

DISTRIBUȚIA TEMPERATURII ÎN PIESA DE LUCRU LA APLICAREA DESCĂRCĂRILOR ELECTRICE ÎN IMPULS

Vladislav Rusnac, ing.dr.

(Universitatea de Stat „Alec Russo” din Bălți, Moldova)

În lucrare sunt precăuțați factorii principali ai căldurii, generate de descărcările electrice în impuls. Se prezintă distribuția temperaturii în piesa de lucru, demonstrându-se că acestea îi revine un rol esențial în procesele de prelucrare dimensională, formare a straturilor de depunere și de modificare a microgeometriei suprafețelor pieselor metalice.

Este cunoscut că în procesul descărcărilor electrice în impuls, pe suprafețele anodului și a catodului, se degajă o anumită cantitate de căldură, care duce la încălzirea și topirea unei cantități de material de pe acestea, cu formarea craterelor care pot avea forma unei calote sferice [1]. În afară de aceasta, în procesul prelucrării cu aplicarea descărcărilor electrice în impuls (fie prelucrarea dimensională, formarea straturilor de depunere sau modificarea microgeometriei suprafețelor), se observă transformarea structurală a materialului electrozilor datorită temperaturii înalte în zona de lucru [2].

Căldura generată de descărcarea electrică $Q_{d.e.}$ se compune din trei componente principale [3,4] și anume căldura transmisă anodului Q_a , căldura transmisă catodului Q_k și căldura transmisă prin canalul de descărcare Q_c :

$$Q_{d.e.} = Q_a + Q_k + Q_c. \quad (1)$$

Căldura transmisă anodului se compune, la rândul, ei dintr-o sumă de călduri parțiale

$$Q_a = Q_{a1} + Q_{a2} + Q_{a3} + Q_{a4}, \quad (2)$$

unde: Q_{a1} este căldura transmisă prin cedarea energiei cinetice a particulelor incidente; Q_{a2} – căldura obținută prin efect Joule-Lenz; Q_{a3} – căldura obținută prin agitația termică a particulelor la suprafața anodului; Q_{a4} – căldura transmisă de particulele neutre din canalul de plasmă, încălzite în coloană și antrenate spre anod.

Se cunoaște [4] că Q_{a2} nu depășește 10% din Q_a , iar Q_{a3} și Q_{a4} sunt neglijabile în raport cu Q_{a1} . Din acest motiv relația (2) poate avea forma:

$$Q_a = Q_{a1} + Q_{a2}. \quad (3)$$

Similar, pentru catod avem:

$$Q_k = Q_{k1} + Q_{k2}. \quad (4)$$

Din studiile macroscopice asupra repartiției căldurii în interstițiu, ajungem la următorul bilanț termic:

$$Q_{d.e.} = Q_{a1} + Q_{a2} + Q_{k1} + Q_{k2} + Q_c + Q_i \quad (5)$$

unde: Q_c este căldura transmisă prin canalul de descărcare a mediului în care are loc prelucrarea; Q_i – căldura pierdută în sistem.

În realitate, apar schimburi de căldură între elementele sistemului, așa încât bilanțul termic trebuie reconsiderat. Astfel, căldura consumată pentru prelevarea de material se distribuie celor doi electrozi prin răcirea particulelor erodate în mediul dielectric. Căldura obținută prin efectul Joule-Lenz se transmite aproape în întregime masei electrozilor. Astfel:

$$Q_{a1} = Q_{a1k} + Q_{a1a} + Q_{a1c}, \quad (6)$$

$$Q_{k1} = Q_{k1k} + Q_{k1a} + Q_{k1c}. \quad (7)$$

Căldura dezvoltată în canalul descărcării electrice se transmite mediului de lucru:

$$Q_c = Q_{cc}. \quad (8)$$

În final, obținem următoarea ecuație a bilanțului termic în procesul descărcărilor electrice în impuls:

$$Q_{d.e.} - Q_i = (Q_{a2} + Q_{a1a} + Q_{k1a}) + (Q_{k2} + Q_{k1k} + Q_{a1k}) + (Q_{cc} + Q_{a1c} + Q_{k1c}). \quad (9)$$

În timpul procesului eroziv, temperaturile ridicate ale descărcărilor electrice provoacă modificări structurale ale stratului de suprafață.

În prezent se cunoaște [5] că procesul de distribuție a temperaturii în suprafețele electrozilor depinde de următorii factori [1,6]: energia degajată în interstițiu, distanța la care se află petele electrodice „calde” față de suprafețele electrozilor, capacitatea termică specifică c a materialului din care sunt confecționați electrozi, densitatea r a materialului electrozilor și pierderile de energie care au loc în procesul descărcărilor electrice în impuls.

Vom precăuta cazul când pata electrodică se găsește la distanța $h_{p.e.}$ față de suprafața electrodului. Această pată electrodică (sursă punctiformă de căldură) iradiază căldura uniform în toate părțile. Prin urmare, frontul de topire a materialului electrozilor se va deplasa după o sferă [1].

În figura de mai jos este prezentată distribuția temperaturii în piesa de lucru sub formă de izoterme în procesul descărcării electrice în impuls pentru energia impulsului de descărcare $W = 0,54J$ și durata de acțiune a sursei punctiforme de căldură $\tau = 0,008s$.

Temperatura piesei de lucru pentru punctul care se găsește în zona canalului de descărcare poate fi determinată prin relația:

$$T = T_0 + \frac{qhW_s}{(crh_{p.e.}^3)}, \quad (10)$$

în care T_0 - temperatura inițială a electrodului; q - parametrul de temperatură; h - randamentul utilizării energiei impulsului de descărcare; W_s - energia degajată în interstițiu; c - capacitatea termică specifică; r - densitatea materialului electrodului; $h_{p.e.}$ - distanța până la sursă de căldură. Parametrul q , care reflectă conductibilitatea termică a a electrodului și timpul de acțiune t a sursei de căldură, se calculează prin relația:

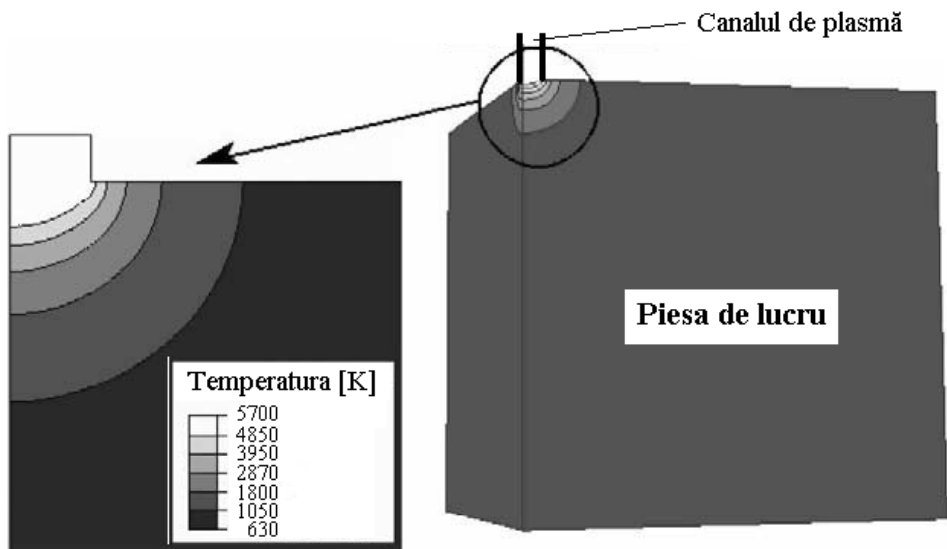
$$q = \frac{e^{-\frac{1}{4}F_0}}{8pF_0\sqrt{pF_0}}, \quad (11)$$

în care $F_o = \frac{at}{R^2}$ reprezintă criteriul lui Furie.

Coeficientul h depinde de mediul în care are loc prelucrarea, conductibilitatea termică a electrodului, densitatea materialului electrodului și poziționarea electrozilor unul față de altul.

Pentru prelucrarea dimensională, valoarea acestui coeficient se găsește în limitele $h \approx 0,19...0,24$.

În figura de mai jos, este prezentat modelul de distribuție a temperaturii în piesa de lucru sub formă de izoterme pentru cazul când pata electrodică (sursă punctiformă de căldură) se găsește la distanța $h_{p.e.}$ față de suprafața acesteia.



Distribuția temperaturii în piesa de lucru în procesul descărcărilor electrice în impuls
($W_c = 0,54 \text{ J}$, $\tau = 0,008 \text{ s}$)

Din acest model se observă că frontul de temperaturi se distribuie în în electrodul-piesă după o semisferă, fapt care explică obținerea craterelor pe suprafețele electrozilor sub formă de calotă sferică.

Concluzii finale

- La aplicarea descărcărilor electrice în impuls, în apropierea electrozilor apar pete electrodice care reprezintă surse punctiforme de căldură.
- În procesul descărcărilor electrice în impuls, sursele punctiforme de căldură se găsesc la o anumită distanță față de suprafețele electrozilor.
- În procesul descărcărilor electrice în impuls frontul de topire a materialului electrozilor se va distribui sub formă de sferă.

Bibliografie

1. Topală, Pavel, Stoicev, Petru, Tehnologii de prelucrare a materialelor conductibile cu aplicarea descărcărilor electrice în impuls, Chișinău, 2008, 265 p.

2. Сафронов, И. И., Цуркан, И. В. и др., Электроэрозионные процессы на электродах и микроструктурно-фазовый состав легированного слоя, Chișinău, Știința, 1999, 590 p.

3. Rusnac, Vladislav, Modificarea microgeometriei suprafețelor pieselor la formarea straturilor de depunere prin metoda electroeroziunii, Rezumatul tezei de doctorat, Universitatea „Dunărea de Jos”, Galați, Romania, 2008, 57 p.

4. Nanu, Aurel, Nanu, Dan, Prelucrarea dimensională prin eroziune electrică în câmp magnetic, Editura Facla, Timișoara, 1981, 307 p.

5. Topală, Pavel, Bălcănuță, Nicolae, Caracteristicile electrodinamice ale descărcărilor electrice în impuls, Tehnologii moderne, Calitate, Restructurare. Culegere de lucrări științifice, Chișinău, 2001, p.203-208.

6. Topală, Pavel, Cercetări privind obținerea straturilor de depunere din pulberi metalice cu aplicarea descărcărilor electrice în impuls., Rezumatul tezei de doctorat., București., Universitatea politehnică., 1993., 32 p.

C.Z.U.621.7/.9

TEMPERATURE DISTRIBUTION IN THE WORKPIECE AT APPLYING ELECTRIC DISCHARGES IN IMPULSE

Vladislav Rusnac, Engineer, PhD
(Alec Russo Balti State University, Moldova)

The paper deals with the main factors of heat generated by electric discharges in impulse. The distribution of temperature in the workpiece is given while demonstrating that it plays an essential role in the processes of dimensional treatment, the formation of deposition layers and of microgeometry modifications of metal piece surfaces.

Prezentat la redacție la 05.12.08