

CERCETĂRI EXPERIMENTALE PRIVIND MODIFICAREA GEOMETRIEI SUPRAFETELOR PIESELOR METALICE

Pavel TOPALA, *dr. hab., prof. univ.*,

Dorin GUZGAN, *doctorand*,

Vladislav RUSNAC, *dr., conf. univ.*,

Universitatea de Stat „Alec Russo” din Bălți

Summary: *The results of experimental investigations related to processing plane and cylindrical metal surface by electrical discharges in impulse (EDI) method are presented in this paper. It was established that some asperities named cones Taylor are formed on the work-piece surface as a result of its interaction with plasma canal. The appearance of these cones is possible at certain energetic temperature of the processing.*

Key-words: *impulse, discharge, micro-geometry, cone, crater.*

Introducere

Este cunoscut faptul că, în cazul câtorva fenomene fizice cum ar fi schimbul de căldură între corpuri, capacitatea de radiație a suprafețelor, cea de emisie de particule (vapori, electroni și ioni) și absorbție a diferitor tipuri de radiație, aceste efecte decurg mult mai intensiv dacă suprafețele respective au o rugozitate mai dezvoltată. Sporirea rugozității suprafețelor pieselor în prezent este posibilă formînd pe acestea meniscuri conice (conuri Taylor) la aplicarea descărcărilor electrice în impuls. În continuare sînt prezentate condiții optime de extragere a conurilor Taylor de pe suprafețele metalice cu aplicarea descărcărilor electrice în impuls.

Metodica cercetărilor experimentale

Cercetările experimentale s-au efectuat în condiții normale, în aer, la temperatura camerei. Determinarea parametrilor descărcărilor electrice s-a efectuat prin metoda osciloscopiei.

În scopul formării suprafețelor cu anumiți parametri geometrici, aplicînd descărcările electrice în impuls, a fost utilizată instalația experimentală, vederea generală a căreia este prezentată în figura 1. Utilizarea acestei instalații permite extragerea meniscurilor conice pe suprafețele metalice plane și cilindrice.

În general, instalația experimentală este formată din două module: modulul mecanic și cel electric. Modulul electric include în sine generatorul de impulsuri de curent de tip RC de putere, blocul de amorsare și blocul de dirijare.

Generatorul de impulsuri este partea de bază a mașinii unelte de prelucrare prin descărcări electrice în impuls și asigură formarea impulsurilor de caracteristică necesară.

Pentru măsurarea mărimii curentului momentan și al celui maxim în circuitul de descărcare se folosea șuntul coaxial cu rezistența $R = 0,003\Omega$.



Fig. 1. Vederea generală a instalației experimentale

Pentru realizarea cercetărilor se preparau probe de formă cilindrică sau plană din diferite materiale ale căror proprietăți sînt prezentate în tabelul 1.

Tabelul 1

Proprietățile fizico-mecanice ale materialelor utilizate în procesul cercetărilor experimentale:

Materialul	Temperatura de topire (°C)	Duritatea (HB)	Densitatea ($\text{kg/m}^3 \cdot 10^{-3}$)	Capacitatea termică specifică ($\text{cal}/(\text{g} \cdot \text{grad})$)
Oțel 45	1300 – 1400	179 - 207	7,7 - 7,9	0,11
W	3337	300	19,35	$43 \cdot 10^{-6}$
W + 10% Re W + 20% Re	3180	200	21,02	0,0326
Nb	2500	45 - 47	8,57	0,065
NiCr	1100 – 1400	140 - 150	8,2 - 8,5	0,44

În procesul cercetărilor experimentale se utilizau perechi de electrozi confecționați din același material.

În figura 2 sînt prezentate scheme de poziționare a electrozilor în procesul de prelucrare.

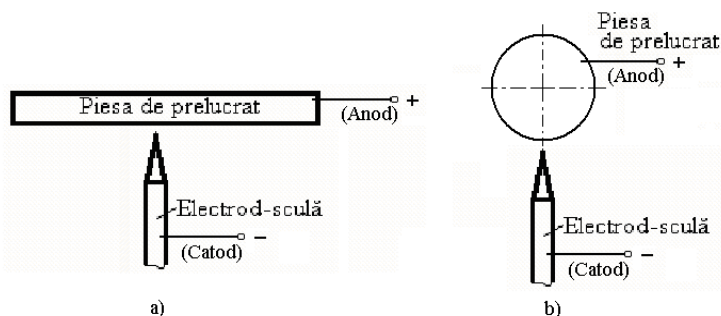


Fig. 2. Scheme de poziționare a electrozilor în procesul de prelucrare și conectarea acestora în circuitul de descărcare al generatorului de impulsuri de curent: a) piesa de prelucrat cu suprafața plană; b) piesa cu suprafața cilindrică

Într-un șir de lucrări [1-5] a fost menționat că suprafața anodului în procesul descărcărilor electrice în impuls se topește mai puternic în comparație cu suprafața catodului, din motivul că acestuia îi revine mai mare parte de energie ce se degajă în interstițiu. Reieșind din aceste considerente, în procesul prelucrării cu aplicarea descărcărilor electrice în impuls piesa de prelucrat permanent se conecta în calitate de anod.

Este necesar de menționat că partea activă a electrodului-sculă se ascuțea cu scopul localizării descărcărilor electrice. Unghiul de la vîrf constituia 20° .

Pentru determinarea condițiilor optime de extragere a asperităților sub formă de conuri Taylor, a fost realizată analiza microscopică a suprafeței prelucrate cu măsurarea diametrului bazei conurilor extrase, înălțimea și geometria în funcție de regimul energetic al generatorului de impulsuri (tensiunea de încărcare a bateriei de condensatoare).

Capacitatea bateriei de condensatoare se modifica în trepte (cu pasul de $100\mu\text{F}$) în limitele de $100 - 600\mu\text{F}$ pentru anumite valori ale tensiunii de încărcare a bateriei de condensatoare. Aceste valori ale tensiunii, pentru cazuri aparte constituiau 60V , 80V , 100V , 120V , 150V și 200V .

Pentru determinarea influenței duratei impulsului asupra geometriei conurilor Taylor în procesul DEI, se modifica energia acumulată pe bateria de condensatoare menținînd constantă mărimea interstițiului. Cercetările se efectuau pentru mai multe valori ale duratei impulsului de descărcare și anume: $100\mu\text{s}$, $125\mu\text{s}$, $160\mu\text{s}$, $180\mu\text{s}$, $200\mu\text{s}$ și $220\mu\text{s}$. Cercetările se repetau de mai multe ori, cu scopul obținerii unor rezultate precise.

Rezultatele cercetărilor experimentale și interpretarea lor

În lucrările realizate anterior de către autorii prezentei lucrări, a fost stabilit că pentru a obține suprafețe cu asperități sub formă de conuri Taylor este necesară apariția fazei lichide pe suprafața prelucrată, extragerea asperității și congelarea ei (solidificarea ultrarapidă a materialului în formă de asperitate). Cercetările experimentale demonstrează că pentru realizarea tehnologiei de modificare a micro-geometriei suprafețelor cu extragerea asperităților sub formă de conuri Taylor este necesară satisfacerea următoarelor condiții:

- asigurarea topirii locale a piesei determinată cu relația (1) [3, 6]:

$$Q = \frac{4W}{\pi d_c^2 S} \geq Q_{top}, \quad (1)$$

în care Q – cantitatea de căldură degajată în canalul de plasmă în timpul DEI; W – energia degajată în canalul de plasmă; d_c – diametrul mediu al craterului cu fază lichidă pe suprafața catodului; S – mărimea interstițiului între electrozi; Q_{top} este densitatea volumetrică de topire a materialului piesei și se determină după relația $Q_{top} = q_{top} \cdot \rho$; q_{top} , ρ sînt respectiv căldura specifică de topire și densitatea materialului piesei;

- crearea în interstițiu a unui cîmp electric cu intensitatea de cca 10^8 V/m [2 - 4];

$$E_{cr} = \sqrt[4]{64\pi^2 \rho g \gamma \times 3 \times 10^4}, \quad (2)$$

unde E_{cr} – intensitatea critică a cîmpului electric; ρ – densitatea metalului; g – accelerația căderii libere; γ – tensiunea superficială a materialului în stare lichidă;

$$\sigma_{cr} = \sqrt{\frac{g \rho \gamma}{4\pi^2}}, \quad (3)$$

unde σ_{cr} – densitatea critică de sarcină electrică pe suprafața metalului lichid;

$$j = \frac{4I_{max}}{\pi d_{cr}^2}, \quad (4)$$

j – densitatea curentului în interstițiu pe parcursul unei descărcări; I_{max} – valoarea amplitudinii curentului în impuls; d_{cr} – diametrul craterului de eroziune pe suprafața piesei [3, 7];

- direcția de acțiune a cîmpului electric va coincide cu direcția acțiunii forței de greutate.

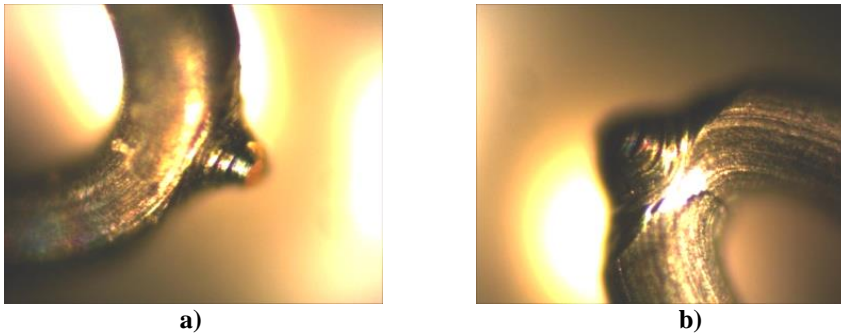


Fig. 3. Vederea generală a menisurilor extrase de pe suprafața activă a probei sub formă de semicerc: (materialul probei și electrodului-sculă $W+Re$ 10%; $U= 80V$, $C=600 \mu F$, $S=0,3$ mm, $n = 1$, $\varnothing_{sculei}=\varnothing_{probei}=0,2$ mm; a) piesa se poziționa în partea de sus în calitate de anod; b) piesa se poziționa în partea de jos de asemenea în calitate de anod).

În figura 3 sînt prezentate imagini ale probelor cu suprafețele active sub formă de semicerc, din care au fost extrase meniscuri conice în urma descărcărilor electrice în impuls.

Din figura 3a se observă că forma meniscului extras este mai alungită comparativ cu forma meniscului din figura 3b, deoarece în procesul de lucru acționează componenta forței de atracție gravitațională care este orientată spre centrul Pămîntului.

Craterele formate pe suprafața plană împreună cu meniscurile conice au modificat microgeometria suprafeței active a piesei executată din oțel 45 după cum se observă în figura 4.



Fig. 4. Vederea generală a suprafeței piesei plane în urma prelucrării prin metoda descărcărilor electrice în impuls

Este necesar de menționat că suprafața laterală a asperităților formate în urma descărcărilor electrice în impuls este una complicată și prezintă ondulații de ordin micro - și nano-metric (vezi fig. 5a).

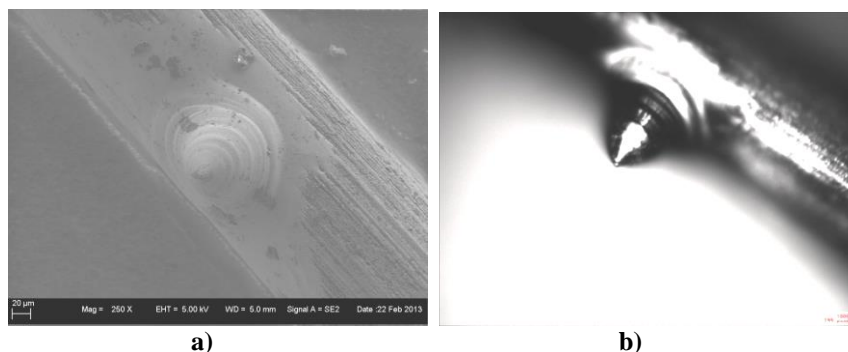


Fig. 5. Vederea generală a unei asperități sub formă de con Taylor extrase de pe suprafața activă a probei din W sub formă de cilindru obținută la o descărcare solitară. a) Imagine obținută prin metoda SEM; b) Imagine obținută prin metoda microscopiei optice

Concluzii

- modificarea microgeometriei suprafețelor cu aplicarea descărcărilor electrice în impuls permite sporirea ariei ei activă de câteva ori;
- mărimea interstițiului dintre electrozi joacă un rol decisiv în procesul de extragere a meniscurilor conice de pe suprafața prelucrată;
- geometria meniscurilor extrase de pe suprafețele conductoare este în funcție de parametri energetici, interstițiu și poziționarea piesei prelucrate;
- în condițiile aplicării descărcărilor electrice în impuls pe suprafețele metalice se creează condițiile necesare și suficiente pentru extragerea și congelarea meniscurilor conice;
- în urma cercetărilor experimentale, s-a constatat că dimensiunile microconurilor formate pe suprafețele prelucrate cu aplicarea DEI pot varia în limitele $10^{-1} \div 10^2$ μm, iar unghiul de la vârful constituie 90° .

Referințe bibliografice

1. Topală, Pavel. Electrical charges as measure for removed metal mass the electrical discharge machining. Iasi: Editura PIM, Nonconventional Technologies Review, Nr. 4, 2007, p. 103-108.

2. Григорьев, А. И.; Ширяева, С. О.; Белоножко, Д. Ф.; Климов, А. В. О форме конуса Тейлора и характерном времени его роста. Электронная обработка материалов, №. 4, Кишинев, 2004, с. 34-40.
3. Pavel, Topala; Petru, Stoicev. Tehnologii de prelucrare a materialelor conductibile cu aplicarea descărcărilor electrice în impuls. Chişinău, Editura „Tehnica-INFO”, 2008, p. 265.
4. Topala, Pavel; Rusnac, Vladislav. The influence of the magnetic field on the process of modifying the surfaces micro-geometry metal and semiconductor by applying the electrical discharges in impulse. Proceedings of the 14th International Conference „Modern Technologies, Quality and Innovation”, ModTech 2010, New face of T.M.C.R., 20-22 May, 2010, Sălănic Moldova, România, Iaşi, 2010, p. 643-646.
5. Topala, Pavel; Rusnac, Vladislav; Guzman, Dorin. Increasing the thermoelectric capacity of emission in cathodes by modifying their surface micro-geometry. The 16th International Conference Inventica 2012, June 13-15, 2012, Iaşi, România, Editura Performantica, Institutul Naţional de Inventică, Iaşi, p. 623-624, ISSN 1844-7880.
6. П. Топала; В. Душенко; А. Гитлевич. Об условиях образования расплава на поверхности детали-катода при электроискровом легировании на установках типа „Разрад”, Электронная обработка материалов, 1990, №. 6, с. 17-18.
7. Topală, Pavel; Laurenţiu, Slătineanu; Stoicev, Petru. Physical and chemical processes during the machining by means of the electro-erosive method. Nonconventional technologies review, 2010, Nr. 1, p. 50-54.