

12. CONFERIREA UNEI MICRO-GEOMETRIEI PRESCRISE A SUPRAFETELOR METALICE ÎN SCOPUL SPORIRII INTENSITĂȚII CURENTULUI DE EMISIE TERMO-ELECTRICĂ

Guzgan Dorin, asistent universitar, USARB

The paper presents results of experimental investigations aimed at the construction of cathodes for thermo-electronic emission. The method of pulsed electrical discharge machining was applied to confer a prescribed micro-geometry of the cathode active surface. Modification of the cathode surface micro-geometry involves the extraction and freezing of the Taylor cone meniscuses that are electric field and heat concentrators applied in order to increase the intensity of the thermo-electronic emission current.

Key words: *electrical discharges, micro-geometry, meniscus, emission, thermo-electrons.*

INTRODUCERE

Fenomenul de emisie termo-electronică a fost descoperit în anul 1881 de către cunoscutul inventator american Thomas Alva Edison (1847-1931) [1, 2]. Acest fenomen și-a găsit o utilitate vastă în construcția de aparate, se aplică pe larg în tuburile electronice, instalații mari de prelucrare cu fascicol de electroni s. a. [9]. Emisia termo-electronică constituie o sursă de sarcini libere, care apar la încălzirea unui metal. Cantitatea de căldură primită de metal se transformă în energie de mișcare a particulelor elementare din care este alcătuit. Electronii liberi din interiorul unui material metalic acumulând o energie cinetică mai mare, pot părăsi metalul în urma încălzirii acestuia. Materialul din care este confecționat electrodul (catod) trebuie să posede proprietăți fizice care vin în asigurarea unei emisii eficiente și anume ca lucrul de ieșire al electronilor să fie minim. Numărul de termo-electroni emiși depinde puternic de gradul de încălzire a metalului de execuție a catodului [3]. Experimental și teoretic s-a stabilit, că intensitatea curentului de emisie termo-electronică este exprimată cu relația Richardson-Dushman:

$$I = A^* T^2 e^{-\frac{W_a}{kT}} \quad (1)$$

în care: A^* este o constanta, W este energia de extracție iar k prezintă constanta lui Boltzmann. Din relația (1) se observă deci, că intensitatea curentului de emisie termo-electronică este funcție exponențială de temperatură. Pentru a spori intensitatea curentului de emisie termo-electronică se aplică metoda sporirii temperaturii de încălzire a catodului, însă această cale este limitată, deoarece la o anumită temperatură catodul se topește și ca rezultat are loc distrugerea lui. De asemenea, este posibil de a spori intensitatea curentului de emisie prin mărirea diferenței de potențial dintre electrozi (catodul în calitate de emițător și anodul în calitate de receptor) pentru a „zmulge din catod” electronii liberi și a le conferi particulelor emise vector al mișcării spre anod, precum și de a spori gradul de vidare din camera de lucru în scopul evitării ciocnirii acestor particule în drumul său spre anod cu molecule și atomii existenți în interstițiu.

Din relația lui Boltzman rezultă, că puterea de emisie este direct proporțională cu aria suprafeței active de emisie (adică $P_E \sim \Delta S$) și poate fi exprimată cu relația:

$$P_E = k\sigma T^4 \cdot \Delta A \quad (2)$$

în care: P_E -puterea de emisie; T – temperatura catodului; k - constanta lui Boltzman; ΔA – aria suprafeței active; σ – constanta lui Stefan-Boltzmann;

Din aceste considerente, se impune modificarea micro-geometriei suprafeței catodului în vederea sporirii ariei suprafeței active a termo-catodului destinat emisie termo-electronice.

Aplicând metoda descărcărilor electrice în impuls, în condiții optime, pentru fiecare material, pe suprafața catozilor destinați emisiei termo-electronice se creează o micro-geometrie prescrisă, modificată care conduce la sporirea ariei suprafeței active prin extragerea și congelarea unor asperități conice, numite și meniscuri Taylor [4, 6-8].

METODICA CERCETĂRILOR EXPERIMENTALE

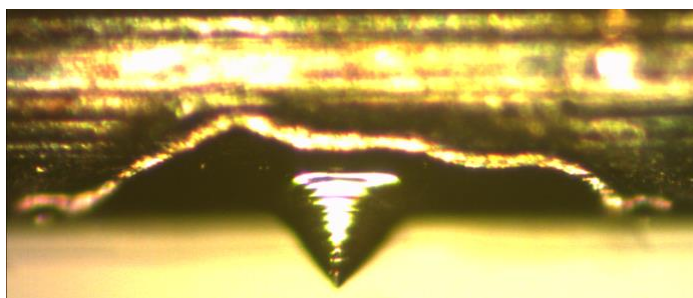
Cercetările experimentale s-au efectuat în mediu aer (condiții normale) la descărcări solitare. În calitate de material pentru executarea catozilor destinați emisiei se aplicau fire executate din aliaj de W(90%)+Re(10%), cu diametrul (d) de 0,9 mm.

Pentru efectuarea cercetărilor privind modificarea micro-geometriei suprafețelor pieselor prin dezvoltarea undelor capilare pe suprafața metalului lichid în condițiile descărcării electrice în impuls [5] a fost utilizată o instalație compusă din: un generator de impulsuri de curent, blocul de dirijare, blocul de amorsare, mecanisme de poziționare și dirijare a interstițiului [8].

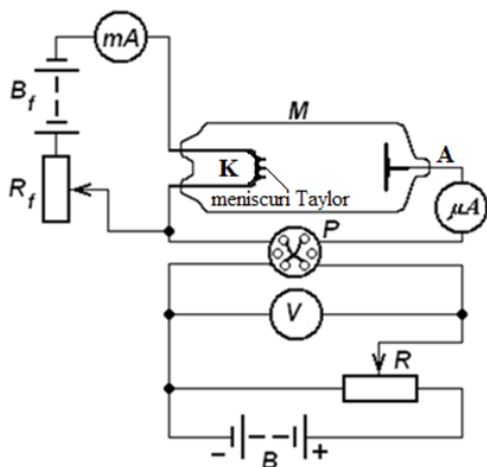
Conform metodicii descrise în [7-8] au fost extrase de pe suprafețele metalice asperități sub formă de con Taylor (fig. 1) de pe suprafețele laterală a firelor din W(90%)+Re(10%). Piesa era conectat în circuitul de descărcare în calitate de anod. Parametrii energetici ai descărcării electrice în impuls: $U=80V$ (tensiunea de încărcare a bateriilor de condensatoare), $C_c=600\mu F$ (capacitatea bateriei de condensatoare), $S=0,3$ mm (mărimea interstițiului), $d=0,9$ mm, $n=1$ (numărul de descărcări electrice în impuls pentru o unitate de suprafață).

Fig. 1. *Vedere generală a formațiunilor extrase prin metoda descărcărilor electrice în impuls*

În scopul construirii caracteristicilor volt-amperice de emisie se pregăteau câteva perechi de catozi: unii neprelucrați, alții având la suprafață formațiuni conice extrase conform metodicii [7-8]. Ulterior firele erau introduse pe rând în camera de lucru (tubul M, fig. 2).



Cu ajutorul schemei potențiometrice, constituită din bateria B și potențiometrul R (fig. 2), între electrozi se aplică tensiunea U care se măsoară cu ajutorul voltmetrului V . Catodul (K) este parcurs de curent electric (intensitatea căruia se măsoară cu miliamperimetrul mA), care în rezultat se încălzește (Efectul Joule-Lentz).



Catodul incandescent emite electroni care sub acțiunea câmpului electric (creat de diferența de potențial U) capătă o mișcare ordonată. Intensitatea curentului termo-electronic I se măsoară cu ajutorul microampermetrului μA . Pentru a evita oxidarea catodului și ciocnirile electronilor emiși de el cu moleculele de aer în camera de lucru (tubul M, fig. 2) preventiv se crează vid la presiunea 10^{-5} mmHg. Pentru obținerea unor rezultate veridice se recomandă crearea în camera de lucru unui grad mai înalt de vidare.

Fig. 2. *Schema principială a instalației pentru emisie termo-electronică*

REZULTATE EXPERIMENTALE A EMISIEI TERMO-ELECTONICE

Pentru valori mici ale diferenței de potențial aplicate U , intensitatea curentului I crește la început lent. Aceasta se explică prin faptul, că la valori mici ale diferenței de potențial între electrozi nu toți electronii emiși de catod ajung la anod, fiind respinși de norul de electroni (sarcina spațială negativă), situat în spațiul dintre anod și catod. Cu creșterea în continuare a diferenței de potențial U are loc dispersarea norului de electroni și intensitatea curentului de emisie I crește. Pentru $U=U_s$ (tensiune de saturație) intensitatea

curentului de emisie nu mai crește, deoarece toți electronii emiși de către catod ajung la anod.

Intensitatea curentului termo-electronic I va crește odată cu mărirea diferenței de potențial U numai până la valoarea intensității curentului de saturație I_s care se calculează cu formula (3):

$$I_s = en_{sec} \quad (3)$$

Experiențele demonstrează că n_{sec} și I_s cresc foarte repede odată cu sporirea temperaturii catodului conform relației (2) $P_E \sim \Delta S$. Raportul dintre intensitatea curentului de saturație și aria specifică a suprafeței ΔA ne vorbește despre densitatea curentului de saturație j_s :

$$\frac{I_s}{\Delta A} = j_s \quad (4)$$

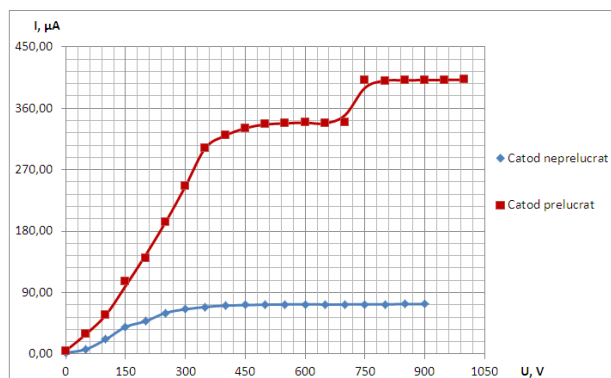
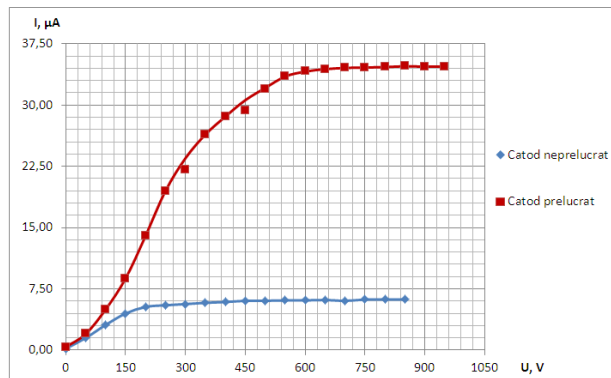
Densitatea curentului de saturație a catodului satisface formula lui Richardson-Dechmen:

$$j_s = B' T^2 e^{-\frac{L}{kT}} \quad (5)$$

în care: $B' = 120(1-R)A/(cm^2K^2)$ și R – coeficientul de reflexie a electronilor de conducție de la bariera de potențial de lângă suprafața emitorului.

La temperatura camerei, emisia termo-electronică este neglijabilă și, pentru eliberarea unui electron din metal numai sub acțiunea unui câmp electric exterior, ar fi necesar ca intensitatea acestuia să fie de ordinul $10^{10} - 10^{11}$ V/m. Experimental s-a constatat, că emisia electronică la temperatura mediului ambiant, numită și emisie la rece, poate avea loc și pentru intensități ale unui câmp exterior de ordinul $10^7 - 10^9$ V/m. Acest fapt poate fi explicat numai prin modificarea formei barierei de potențial în prezența câmpului electric exterior și, în consecință, a existenței posibilității ca unii electroni să o străpungă prin efect tunel [1-3].

În continuare, sunt prezentate caracteristicile volt-amperice (fig. 3-5) a catozilor cercetați pentru a înregistra valorilor intensității curentului de termo-emisie electronică. Diametrul catozilor, valorile mărimii interstițiului S și gradul de vidare se păstrau constante, temperatura de încălzire constituia 1000°C (cazul I), 1200°C (cazul II) și 1600°C (cazul III).



Cazul I: Diferența de potențial

$U_k = \text{const.}$ (tensiunea de alimentare a catodului); U (diferența de potențial dintre electrozi) se modifica conform graficului din fig. 3 în limitele 0-1050 V.

Fig. 3. Caracteristica volt-amperică de emisie:

Fig. 4. Caracteristica volt-amperică de emisie

$S = 10 \text{ mm}; T_k = 1000^\circ\text{C};$
 $S = 10 \text{ mm}; T_k = 1200^\circ\text{C};$

Cazul II: Diferența de potențial

$U_k = \text{const.}; U$ se modifică în aceleași limite: 0-1050V (fig. 4).

Cazul III: Diferența de potențial

$U_k = \text{const.}; U$ se modifică conform datelor graficului prezentat în fig. 5.

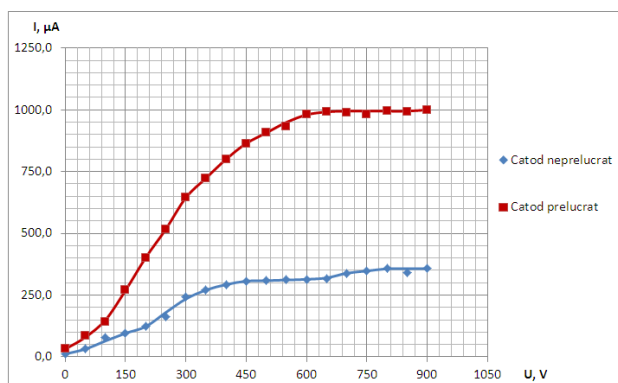


Fig. 5. Caracteristica volt-amperică de emisie. $S=10 \text{ mm}$; $T_k=1600 \text{ }^\circ\text{C}$;

Comparând rezultatele experimentale pentru cazurile I-III (caracteristicile volt-amperice, fig. 3-5) putem concluce, că catodii care au fost prelucrați prin metoda descărcărilor electrice în impuls au prezentat o intensitate a curentului de saturație pentru emisia

termo-electronică mai mare de circa 4-6 ori față de catodii neprelucrați prin această metodă. Rezultatele prezentate pot varia în dependență de regimurile și condițiile stabilite (mărimea interstițiului, temperatura de încălzire a catodului, dimensiunile și numărul de asperități raportate la o unitate de suprafață, condițiile de extragere a meniscurilor Taylor, gradul de oxidare a suprafeței prelucrate, diametrul și materialul firului pentru executarea catodului, gradul de vidare a camerei de lucru, s.a.) pentru efectuarea experimentului.

CONCLUZII:

Din rezultatele cercetărilor executate concludem că:

- emisia termo-electronică este funcție de proprietățile materialului de execuție a catodului, aria suprafeței de emisie și temperatura de încălzire a lui;
- sporirea intensității curentului de emisie termo-electronică se poate realiza prin sporirea ariei suprafeței active a catodilor prin extragerea meniscurilor inclusiv cu aplicarea descărcărilor electrice în impuls;
- metoda aplicată permite sporirea intensității curentului de emisie termo-electronică de circa 4-6 ori în raport cu catodii a căror suprafețe active nu au fost prelucrate prin această metodă;
- pentru a obține rezultate veridice despre mărimea intensității curentului de emisie termo-electronică este necesară crearea în camera de lucru a unui grad mai înalt de vidare.

BIBLIOGRAFIE:

1. Detlav, A.A.; Iavorski, B.M. Curs de fizică. Chișinău: Ed. Lumina, 1991, p. 193-195.
2. Traian, I. Crețu. Fizica – curs universitar. București: Ed. Tehnică, 1996, p. 210- 213.
3. http://www.phys.ubbcluj.ro/~anghels/teaching/Plasma/Capitole_curs/CAP2.pdf;
4. Григорьев, А.И.; Ширяева, С.О.; Белоножко, Д.Ф.; Климов, А.В. «О форме конуса тейлора и характерном времени его роста». В: Электронная обработка материалов, 2004, № 4.
5. Topală, P.; Stoicev, P. Tehnologii de prelucrare a materialelor conductibile cu aplicarea descărcărilor electrice în impuls. Chișinău: TEHNICA – INFO, 2008, p. 265;
6. Wilson Perry. Formation of Taylor Cones on a Molten Metal Surface Followed by Ion Injection Into the Vacuum, SLAC, 2007.
7. Topală, P.; Guzman, D. The Technology of Surface Micro Geometry Modifications Via Application of Electric Discharges in Impulse. Advanced Manufacturing Tehnologies. Ed. 14. Ceeopus III. Sozopol. Bulgaria 26-30.06.2013.
8. Topală, P.; Guzman, D.; Rusnac, V. Tehnologii de formare a suprafețelor pentru emisie electronică. În: Lucrări științifice Volumul 38, Inginerie agrară și transport auto. Chișinău 2013, p. 196-201.
9. [http://www.dumitruneagu.ro/pdf/\(6.3.2\)APLICATIIale%20FE.pdf](http://www.dumitruneagu.ro/pdf/(6.3.2)APLICATIIale%20FE.pdf).