

## DESPRE INFLUENȚA CÂMPULUI MAGNETIC ASUPRA PROCESULUI DE PRELUCRARE PRIN ELECTROEROZIUNE

**Pavel PERETEATCU**, *dr., conf. cercet. Facultatea de Științe Reale, Economice și ale Mediului,*  
**Cornel CRACAN**, *inginer, Facultatea de Științe Reale, Economice și ale Mediului,*  
*Universitatea de Stat „Alecru Russo” din Bălți*

**Abstract:** *Some results about the influence of magnetic field on deposits obtained using ASE. It was established that coefficient mass transport depends on magnetic field induction vector direction towards the discharge current, so to St3, Ni alloy electrode, coefficient maximum is 0.79, in case the B and I are collinear.*

**Keyword:** *complex processing, electric spark alloying, magnetic field, histograms, mass transfer coefficient.*

Este cunoscut că în scopul eficientizării tehnologiilor de prelucrare adesea se îmbină într-un proces tehnologic unic, mai multe procedee. Astfel, de exemplu, utilizând dizolvarea anodică a metalelor, concomitent cu acțiunea abrazivului, are loc o înlăturare internă a produselor dizolvării anodice din zona de prelucrare, ceea ce contribuie la stabilizarea procesului și la creșterea indicilor lui tehnologici (Б.А. Артамонов 1983).

Se combină, de asemenea, prelucrarea electrochimică și ultrasonoră, sau Laser (Л.Я. Попилов 1982). Una din metodele complexe este prelucrarea chimică prin electroeroziune, care prezintă în sine îmbinarea a două procedee: a electroeroziunii și a dizolvării electrochimice, în care „electrod-scula” este conectată la generatorul de curent continuu, iar semifabricatul – la un generator de impulsuri (Б.А. Артамонов 1983; Л.Я. Попилов 1982).

Din alte surse în care se vorbește despre aplicarea câmpurilor electrice și magnetice în procesele de cristalizare a aliajelor metalice, de asemenea, la prelucrarea termomagnetice se poate concluziona că aplicarea surselor auxiliare asupra proceselor tehnologice, contribuie la intensificarea lor și ca rezultat la îmbunătățirea principalilor indici tehnologici, așa ca productivitate, calitate și precizia de prelucrare (Н.Я. Парканский 1979; В.П. Пустовойт 1980).

În prezenta lucrare sunt expuse unele rezultate despre influența câmpului magnetic asupra procesului de prelucrare prin electroeroziune, în special, de aliere prin scânteie electrice (ASE).

Este cunoscut faptul că printre metodele electrofizice de formare a acoperirilor suprafețelor metalice ocupă un loc deosebit având în vedere multitudinea de avantaje caracteristice acestora. Dintre ele pot fi menționate aderența înaltă a acoperirilor depuse cu suportul, posibilitatea depunerii de acoperiri din orice materiale conductoare de curent electric, simplitatea realizării procesului și consumul mic de energie pentru realizarea acestuia etc. Însă în varianta tradițională, metoda nu satisface cerințele privind productivitatea și calitatea acoperirilor depuse (H.I. Лазаренко 1957; H.I. Лазаренко 1973; B.C. Сычев 1973; B.C. Сычев 1996).

Cercetările cu aplicarea câmpului magnetic asupra procesului ASE au fost efectuate după următoarele scheme (fig. 1).

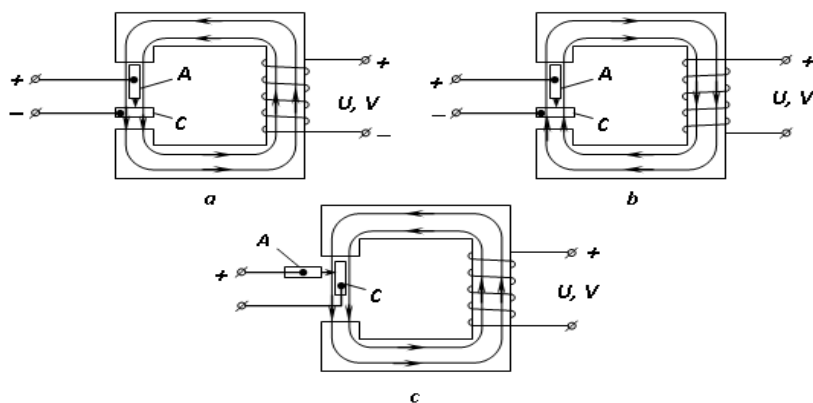


Fig. 1. Schema suprapunerii câmpului magnetic pe zona ASE.

$$a - \vec{B} \uparrow \uparrow \vec{I}_1; \quad b - \vec{B} \downarrow \uparrow \vec{I}_1; \quad c - \vec{B} \perp \vec{I}_1.$$

Materialele alese în calitate de electrozi (anod catod) a fost condiționată de utilizarea lor pe scară largă în diferite ramuri ale construcției de mașini. În afară de aceasta, materialele utilizate se deosebeau considerabil prin proprietățile sale magnetice: oțelurile care sunt feromagnetice, St3; St45, cât și aliajele cuprului care sunt diamagnetice din care s-au confecționat catozi în formă de plăcuțe de următoarele dimensiuni: 15×15×4 mm. În calitate de anodi, s-au utilizat tije din nichel și argint cu diametrul de 3,0 mm și lungimea de 30 ... 35 mm.

Transferul materialului anodului pe catod s-a determinat prin cântărire cu ajutorul unui cântar analitic „ADB – 200M” cu precizia de  $1 \cdot 10^{-4}$  g.

Evaluarea creșterii masei catodului la acțiunea multiplă a descărcării prin scânteie pentru aceleași valori ale energiei descărcării 0,12 J și schimbării inducției câmpului magnetic de la 0 până la 0,1 T este prezentată pe fig. (2) în formă de histogramă.

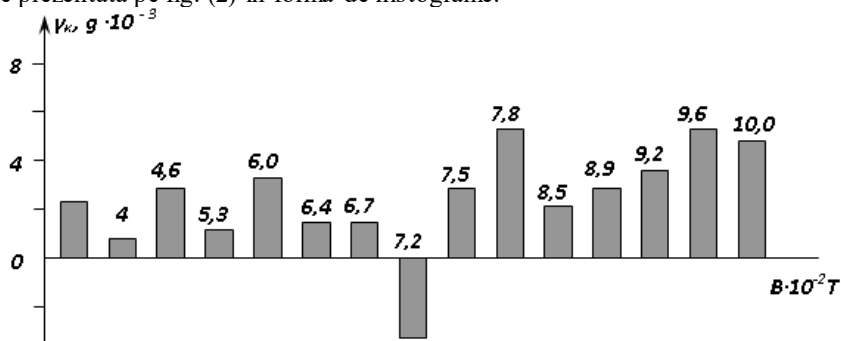
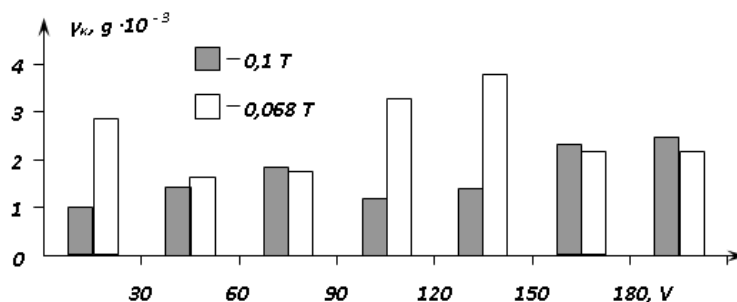


Fig. 2. Histogramele variației în timp a masei catodului din St 3 aliate cu anod din Ni în câmp magnetic funcție de valoarea inducției la schimbarea mărimii energiei descărcării de la 0,12 J până la 5 J.

Pe fig. (3) sunt prezentate rezultatele experimentelor obținute la ASE în câmp magnetic cu inducția  $B=0,068$  T și  $B=0,1$  T, pentru o variație în limite largi a energiei descărcării de la 0,12 J până la 5 J prin schimbarea tensiunii pe condensatoarele de acumulare în limitele de la 27 până la 180 V.



**Fig. 3.** Histogramele schimbării masei catodului din St3 aliat cu anod de nichel în câmp magnetic pentru două valori fixate ale inducției câmpului magnetic  $B = 0,1 \text{ T}$  și  $B = 0,068 \text{ T}$  la variația valorii energiei descărcării de la  $0,12 \text{ J}$  până la  $5 \text{ J}$ .

În intervalul  $U=27 \dots 33 \text{ V}$  și  $84 \dots 100 \text{ V}$  se observă clar influența câmpului magnetic: creșterea maximală a masei catodului pentru  $B=0,068 \text{ T}$  și minimală pentru  $B=0,1 \text{ T}$ . În intervalul  $U=45 \dots 80 \text{ V}$  și  $120 \dots 180 \text{ V}$  pentru ambele valori ale inducției câmpului magnetic creșterea masei catodului practic este aceeași.

Studierea influenței direcției vectorului inducției câmpului magnetic asupra mărimii eroziunii și creșterii masei catodului s-au efectuat în zona alierii cu scânteie electrică a câmpului magnetic constant, adică practic sistemul de electrozi (anodul și catodul) se introduceau în câmpul magnetic (vezi fig. 1).

Direcția vectorului inducției magnetice  $\vec{B}$  a fost stabilită în funcție de curentul de descărcare care apare între anod și catod. Au fost alese trei direcții de aplicare a câmpului magnetic:

1. Vectorul inducției magnetice este îndreptat în aceeași direcție ca și curentul de descărcare ( $\vec{B} \uparrow \vec{I}_d$ )
2. Vectorul inducției magnetice este îndreptat contra vectorului descărcării ( $\vec{B} \downarrow \vec{I}_d$ )
3. Vectorul inducției magnetice este îndreptat perpendicular curentului de descărcare ( $\vec{B} \perp \vec{I}_d$ )

Pe figura 4 este prezentată histograma, care arată mărimea eroziunii anodului din nichel la descărcarea prin scânteie pentru diferite valori și direcții ale inducției câmpului magnetic.

După cum se vede din această histogramă în cazul direcției vectorului inducției câmpului magnetic contra curentului descărcării, adică ( $\vec{B} \downarrow \vec{I}_d$ ) și pentru valoarea inducției câmpului egală cu  $0,07 \text{ T}$  eroziunea anodului din nichel și adaosul catodului ating valoarea maximă (fig. 4 colonița 4).

Dacă vom schimba direcția acțiunii câmpului cu  $180^\circ$ , adică pentru ( $\vec{B} \uparrow \vec{I}_d$ ) atunci eroziunea maximă a anodului va avea loc în cazul  $B=0,067 \text{ T}$  (fig. 4, colonița 5).

Pentru a înțelege mai bine fenomenele care decurg în acest caz, ne vom folosi de noțiunea coeficient de transfer, care exprimă raportul dintre cantitatea de masă anodică erodată și cantitatea acestui material, transferat pe catod.

Cu alte cuvinte, coeficientul  $K_n = \gamma_k / \gamma_a$  arată care parte din materialul erodat de pe anod se depune pe catod, astfel, pentru cazul ASE a oțelului St3 cu electrod din nichel avem (vezi fig. 4):

$$\text{Pentru } (\vec{B} \uparrow \vec{I}_d) K_t = 0,74$$

$$\text{Pentru } (\vec{B} \downarrow \vec{I}_d) K_t = 0,79$$

$$\text{Pentru } (\vec{B} \perp \vec{I}_d) K_t = 0,7$$

După cum se vede din fig. 4 nu întotdeauna cantitatea materialului erodat definește eficacitatea formării straturilor superficiale pe catod. Așa deci, pentru ASE când ( $\vec{B} \perp \vec{I}_d$ ) coeficientul de transfer are o valoare minimă de  $0,7$ , iar transferul mai mare ( $K_t=0,79$ ) se observă în cazul supunerii câmpului magnetic, ce corespunde cu vectorul curentului de descărcare, adică ( $\vec{B} \uparrow \vec{I}_d$ ).

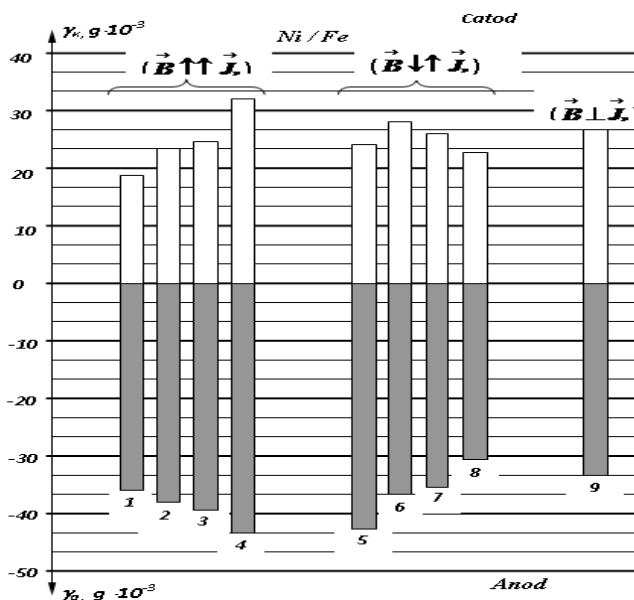


Fig. 4. Histograma eroziunii anodului din Ni și a creșterii masei catodului din St3 funcție de mărimea și direcția vectorului inducției magnetice: instalația EFI – 10M, reg. 3.

1 –  $B = 0$  T; 2 –  $B = 0,04$  T; 3 –  $B = 0,06$  T; 4 –  $B = 0,07$  T; 5 –  $B = 0,067$  T;

6 –  $B = 0,07$  T; 7 –  $B = 0,074$  T; 8 –  $B = 0,07$  T; 9 –  $B = 0,07$  T.

Conform rezultatelor obținute pentru condițiile date a ASE și direcției suprapunerii câmpului magnetic se poate concluziona că efectul maxim de focalizare a fascicolului electron-ionic se obține pentru  $(\vec{B} \uparrow \uparrow \vec{I}_d)$  și, de aceea, procesul interacțiunii materialelor anodului și catodului, în acest caz, poartă un caracter mai intens.

După cum se vede, la ASE, când  $(\vec{B} \perp \vec{I}_d)$  s-a obținut un coeficient minimal de transfer, dat fiind focalizarea excesivă a fascicolului de electrono+ioni care conduce la creșterea densității energiei scânteii și, în consecință, la intensificarea eroziunii catodului.

Raționalitatea alegerii câmpului magnetic constant în calitate de factor suplimentar de acțiune asupra procesului ASE este legat de faptul că câmpul magnetic constant păstrează direcția și mărimea vectorului inducției constante în timp și, de asemenea, există posibilitatea de reglare lentă a acestuia în limitele mari.

Un tablou similar s-a obținut și pentru perechea (Ag-anod, Cu-catod). În cazul ASE la un regim mediu după energia descărcării (0,3J) în lipsa câmpului magnetic s-a obținut un coeficient maximal de transfer – 0,56. La aplicarea câmpului magnetic de direcții și valori diferite după intensitate coeficienții de transfer nu întrec mărimea de 0,4. După cum se vede câmpul magnetic în cazul dat încetinește procesul transferului materialului anodului pe catod în timpul ASE și, potrivit rezultatelor cercetărilor fenomenului de transfer pe exemplul impulsurilor unitare, regimurile transferului optimal al argintului pe suportul de cupru sunt deplasate în direcția energiilor mai mici, de ordinul 0,1J. Însă pentru această energie de descărcare productivitatea ASE este de mică și efectuarea procesului în acest regim nu este rezonabilă din punct de vedere economic.

Studiul complex al proprietăților acoperirilor formate la ASE în câmp magnetic ne-a demonstrat că nu întotdeauna creșterea maximă a masei catodului îi corespunde cei mai înalți parametri ai straturilor superficiale, adică o creștere înaltă a masei catodului nu poate servi drept măsură a calității acoperirii obținute pe el. Sub acțiunea câmpului magnetic în straturile superficiale ale catodului decurg un șir de procese în profunzime, cum ar fi difuziunea, distribuția elementelor cu formarea diferitelor aliaje și compuși și. a. Evaluarea acestor fenomene pentru diferite valori și direcții ale inducției câmpului magnetic aplicat în zona ASE a arătat că în majoritatea cazurilor direcția acțiunii câmpului, deși influențează asupra transformărilor fizico-chimice în straturile superficiale ale catodului, în

aceiași timp, această influență, în mai mare măsură, se manifestă asupra caracteristicilor exterioare: uniformitatea și continuitatea straturilor. Direcția acțiunii câmpului influențează considerabil asupra cantității materialului anodului transferat pe catod, definind astfel productivitatea procesului ASE în câmp magnetic, această acțiune nu este la fel pentru toate materialele utilizate în calitate de anodi.

În concluzie se poate de remarcat faptul că deși cu ajutorul câmpului magnetic putem schimba în limite mari unele caracteristici ale straturilor superficiale formate în procesul ASE, totodată, această influență nu poate exclude complet rolul naturii materialului. De aceea, este evident că în fiecare caz la rezolvarea problemelor legate de alierea cu scânteie electrică este necesar de a ține cont de proprietățile materialelor electrozilor.

#### Bibliografie:

1. Б.А. Артамонов, Ю.С. Волков, В.И. Дрожалова, и др., *Электрофизические и электрохимические методы обработки материалов*, Учебное пособие (в 2-х томах). Т. II. Обработка материалов с использованием высококонцентрированных источников энергии/ Под ред. В.П. Смоленцева - Москва, Высшая школа, 1983-208 с.
2. Л.Я. Попилов, *Электрофизическая и электрохимическая обработка материалов*, Справочник 2-е изд. Москва: Машиностроени 1982 – 400 с.
3. Н.Я. Парканский, *Исследование электроискрового нанесения покрытий из порошковых материалов в электрическом поле*, Автореферат диссертации на соискание степени к.т.н., Киев, 1979, с. 18.
4. В.П. Пустовойт, *Физические и технологические основы термической обработки сталей в магнитном поле*, Автореферат докт. диссертации, Минск, 1980, с. 40.
5. Н.И. Лазаренко, *Изменены исходных свойств поверхности катода под действием искровых электрических импульсов протекающих в газовой среде*, Электроискровая обработка металлов, вып. 1, М. Изд-во АН СССР 1957, с. 70-94.
6. Н.И. Лазаренко, *Технологический процесс изменения исходных свойств металлических поверхностей электрическими импульсами*, Электронскровая обработка металлов, вып. 2, М., Изд-во АН СССР, 1960, с. 26-66.
7. В.С. Сычев, *Исследование ЭИЛ переходных металлов IV-VI групп тугоплавкими боридами*, Автореферат диссертации на соискание ученой степени к.т.н., Киев, 1973, -16 с.
8. В.С. Сычев, *Закономерности эрозии боридов переходных металлов IV-VI групп при Электроискровом легировании*, Электронная обработка материалов №2, 1996, с. 11-17.

## ÎNVĂȚAREA FIZICII PRIN ANALOGIE

Mihail POPA, dr., conf. univ., Facultatea de Științe Reale, Economice și ale Mediului, Universitatea de Stat „Alecru Russo” din Bălți

**Abstract:** *The analogy is one of the scientific methods knowledge, which is used extensively in the study of physics. If using analogy reasoning the knowledge gained from discussing an object (model) transfer another object studied less (which is more hardly accessible research). In the respective work are described different analogies which can be applied successfully to the teaching and learning of physics.*

**Keywords:** *analogy, electric battery, capacitor, transistor, tabular analogies.*

În manualele și culegerile de probleme la Fizică se precaută detaliat analogia dintre oscilațiile mecanice și oscilațiile electromagnetice, analogia dintre mișcarea planetelor și mișcarea electronilor în atom, analogia dintre ochiul omenesc și o lentilă subțire etc. Pentru activizarea procesului de cunoaștere pot fi utilizate cu succes și alte analogii, care sunt și subiectul acestui articol.

### I. Analogia dintre Electricitate și Hidrodinamică

Asemenea curgerii apei prin spațiul liber al unei țevi, electronii liberi pot să se miște prin spațiul liber dintre atomii unui conductor, iar deplasarea ordonată a electronilor poartă denumirea de *curent electric*. Deși în mod normal deplasarea electronilor

„liberi” dintr-un conductor este aleatoare, fără vreo direcție predominantă sau viteză particulară, electronii pot fi influențați să se deplaseze într-un mod ordonat printr-un material conductor. O analogie aproximativă este cea a unui tub umplut dintr-un capăt în celălalt cu măргеle (Fig. 1). Tubul

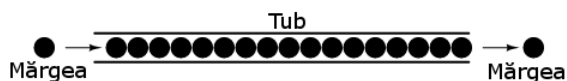


Fig. 1. Mișcarea măргеlelor analoagă cu mișcarea electronilor