

U 38.173

**UNIVERSITATEA „DUNĂREA DE JOS”, GALAȚI
FACULTATEA DE MECANICĂ
CATEDRA TEHNOLOGIA CONSTRUCȚIEI DE MAȘINI**

Ing. Vladislav Rusnac

**TEZĂ DE DOCTORAT
- Rezumat -**

**MODIFICAREA MICROGEOMETRIEI SUPRAFETELOR
PIESELOR LA FORMAREA STRATURILOR DE
DEPUNERE PRIN METODA ELECTROEROZIUNII**

Conducători științifici

**Prof. Dr. Ing. Alexandru Epureanu DHC
Conf. Dr. Hab. Pavel Topală**

K 38.173



ROMANIA
MINISTERUL EDUCAȚIEI, CERCETĂRII ȘI TINERETULUI
UNIVERSITATEA "DUNĂREA DE JOS" DIN GALAȚI

STR. DOMN EASCĂ NR. 47
800008 - GALAȚI, ROMANIA
E-mail : rectorat@ugal.ro

Tel: (+40) 236 - 414.112. 413.602 . 460.328
Fax: (+40)23 6 - 461.353
www.ugal.ro

21767/08/10/2008

Către

Universitatea "Dunărea de Jos" din Galați vă face cunoscut că în data de _____, ora _____, în sala _____ va avea loc susținerea publică a tezei de doctorat intitulată : "Modificarea microgeometriei suprafețelor pieselor la formarea straturilor de depunere prin metoda electroeroziunii", elaborată de domnul/doamna ing. RUSNAC VLADISLAV, în vederea conferirii titlului științific de doctor în Domeniul de doctorat - Inginerie industrială.

Comisia de doctorat are următoarea componență :

1. Presedinte:

Prof.dr.ing. Cătălin Fetecău
Decan - Facultatea de Mecanică
Universitatea "Dunărea de Jos" a

2. Conducător de doctorat:

Prof.dr.ing. Alexandru Epureanu
Universitatea "Dunărea de Jos" d
Conf.dr.habilitat.ing. Pavel Topală
Universitatea de Stat "Alecu Russo

3. Conducător de doctorat în cotutelă:

4. Referent oficial:

Prof.dr.ing. Octavian Pruteanu
Universitatea Tehnică "Gheorghe

5. Referent oficial:

Prof.dr.ing. Laurentiu Slătineanu
Universitatea Tehnică "Gheorghe Asachi" din Iași

6. Referent oficial:

Prof.dr.ing. Mihaela Banu
Universitatea "Dunărea de Jos" din Galați



Cu această ocazie vă transmitem rezumatul tezei de doctorat și vă invităm să participați la susținerea publică. În cazul în care doriți să faceți eventuale aprecieri sau observații asupra conținutului lucrării, vă rugăm să le transmiteți în scris pe adresa Universității, str. Domnească nr. 47, 800008 - Galați, Fax - 0236 / 461353.



SECRETAR DOCTORAT,

ing. Luiza AXINTE

[Handwritten signature]



Cuprins

Cuprins	1
Introducere	3
1 Stadiul actual al cercetărilor privind descărcări electrice în impuls	5
1.1 Actualitatea problemei de cercetare.....	5
1.2 Aspecte fundamentale ale procesului de electroeroziune.....	6
1.2.1 Modelul teoretic al procesului electroeroziunii.....	6
1.3 Oobiectivele lucrării.....	7
2 Contribuții teoretice și experimentale privind efectele electroerozive ale descărcărilor electrice în impuls	8
2.1 Energia degajată pe interstițiu în procesul descărcărilor electrice în impuls. Distribuția energiei în interstițiu	8
2.2 Influența proprietăților materialului asupra efectelor electroerozive	9
2.3 Influența mărimii interstițiului asupra efectelor electroerozive.....	10
2.4 Concluzii.....	11
3 Concepția unui model fizic al proceselor de descărcare electrică în impuls cu formarea de unde capilare	12
3.1 Concepția unui model fizic care se descrie descărcarea electrică în impuls, cu formarea de unde capilare	12
3.2 Concluzii.....	14
4 Conceperea și realizarea unei instalații experimentale destinată modificării microgeometriei suprafețelor, folosind undele capilare ce se formează la descărcarea electrică în impuls ..	15
4.1 Standul experimental și componentele lui.....	15
4.2 Măsurarea parametrilor electrici	15
4.3 Partea mecanică a standului experimental.....	16
4.4 Concluzii.....	17
5 Cercetări experimentale privind modificarea microgeometriei suprafețelor metalice folosind undele capilare ce se formează la descărcarea electrică în impuls	18
5.1 Cercetări privind influența câmpului magnetic și poziția reciprocă a electrozilor asupra modificării microgeometriei suprafețelor pieselor metalice sub acțiunea descărcărilor electrice în impuls.....	18
5.2 Influența energiei acumulate pe bateria de condensatoare și a duratei impulsului de descărcare asupra geometriei meniscurilor extrase de pe suprafețele pieselor metalice.....	21

Introducere

În tehnologiile moderne de prelucrare a materialelor un loc tot mai important îl ocupă electrotehnologiile fiind unele din cele mai eficiente atât din punct de vedere al realizărilor și posibilităților aplicative ale acestora, cât și din punct de vedere tehnico-economic. În marea arie a electrotehnologiilor un loc aparte îi revine celei de prelucrare a materialelor cu aplicarea descărcărilor electrice în impuls. La acest tip de descărcări energia acumulată pe o baterie de condensatoare este transformată în energie termică, luminoasă, mecanică etc., care este aplicată la încălzirea, topirea, vaporizarea sau chiar ruperea mecanică a materialelor. Procedeele de prelucrare a materialelor, la care energia electrică transformată în plasmă provoacă una din acțiunile menționate mai sus asupra materialelor, sau câteva din ele simultan au fost întrunite sub denumirea de prelucrări prin electroeroziune.

Prezenta lucrare este constatată rezolvării uneia din probleme actuale ale științei contemporane și anume elaborării unui nou tablou fizic al fenomenului electroeroziunii aplicând rezultatele obținute în procesul elaborării procedeeului de modificare a microgeometriei suprafețelor pieselor metalice și echipamentului pentru realizarea acestuia.

În primul capitol al tezei se prezintă stadiul actual al cercetărilor privind descărcări electrice în impuls. Un accent aparte le aparține direcțiilor principale de aplicare ale procesului electroeroziunii și echipamentului tehnologic destinat pentru prelucrarea prin electroeroziune. În finalul acestui capitol sunt structurate limitări și obiectivele cercetărilor.

În capitolul 2 intitulat „Contribuții teoretice și experimentale privind efectele electroerozive ale descărcărilor electrice în impuls”, este studiată distribuția energiei în interstițiu. În afară de aceasta, se precaută influența diferitor factori (proprietăților materialului, mărimii interstițiului) asupra procesului de electroeroziune. Se determină rolul căderilor de tensiune anodice și catodice asupra dezvoltării proceselor electroerozive și se prezintă distribuția temperaturii în piesă de lucru în procesul descărcărilor electrice în impuls.

Capitolul 3 „Concepția unui model fizic al proceselor de descărcare electrică în impuls cu formarea de unde capilare”. În capitolul dat este prezentat un nou model fizic al prelevării materialului electrozilor la perturbarea suprafeței metalului lichid în câmp electric al descărcării electrice în impuls, însoțit de dezvoltarea undelor capilare. În baza acestora a fost elaborat un nou procedeu de modificare a microgeometriei suprafețelor cu extragerea din ele a meniscurilor sub formă de con și stabilite legăturile tehnologice de realizare a acestuia.

Capitolul 4 „Conceperea și realizarea unei instalații experimentale destinată modificării microgeometriei suprafețelor folosind undele capilare ce se formează la descărcarea electrică în impuls”. În acest capitol este descrisă construcția și principiul de funcționare a instalației

destinate pentru modificarea microgeometriei suprafețelor pieselor metalice. În afară de aceasta, sunt prezentate aparate destinate pentru crearea și măsurarea câmpului magnetic pulsant.

Capitolul 5 „Cercetări experimentale privind modificarea microgeometriei suprafețelor metalice folosind undele capilare ce se formează la descărcarea electrică în impuls” reflectă rezultatele cercetărilor experimentale privind influența câmpului magnetic și poziția reciprocă a electrozilor asupra modificării microgeometriei suprafețelor pieselor metalice sub acțiunea descărcărilor electrice în impuls. În afară de aceasta se precută influența energiei acumulate pe bateria de condensatoare și a duratei impulsului de descărcare asupra geometriei meniscurilor conice extrase de pe suprafețele pieselor metalice.

Capitolul 6 „Concluzii generale. Contribuții originale”. În acest capitol sunt prezentate concluzii generale, contribuții originale obținute în rezultatul analizei lucrării de față și noi direcții de cercetare care pot fi dezvoltate de mai departe.

Această lucrare reprezintă rolul activității teoretice și practice de peste 4 ani, cuprinzând un număr de 139 pagini, fiind structurată pe 6 capitole, cu un număr de 60 relații matematice, 62 figuri, 18 tabele, având 2 anexe.

Autorul aduce cele mai sincere mulțumiri și își exprimă respectul și toată considerația pentru Domnul Prof. Dr. Ing. Alexandru Epureanu DHC, Universitatea „Dunărea de Jos”, Galați, România precum și pentru Domnul Conf. Dr. Hab. Pavel Toplă, Universitatea „Aleco Russo”, Bălți, R. Moldova, conducătorii științifici (cotutelă) ai prezentei teze de doctorat, pentru susținere și încurajare, domni, care prin contribuția lor esențială au făcut posibilă realizarea acestei lucrări.

Autorul mulțumește D-ului Dr. Ing. Ion Olaru și D-ului lector superior Pavel Pereteatcu pentru punerea în funcțiune a instalațiilor experimentale și ajutorul acordat în procesul efectuării experimentelor.

De asemenea autorul mulțumește membrilor catedrei TCM, Universitatea „Dunărea de Jos”, Galați. În mod deosebit domnilor Prof. Dr. Nicolae Oancea, Prof. Dr. Eugen Ghiță, Prof. Dr. Mihaela Banu, Prof. Dr. Valentin Tăbăcaru, Prof. Dr. Viorel Păunoiu care prin observațiile făcute au contribuit la realizarea în mai bune condiții a prezentei lucrări.

1. STADIUL ACTUAL AL CERCETĂRILOR PRIVIND DESCĂRCĂRI ELECTRICE ÎN IMPULS

1.1. Actualitatea problemei de cercetare

Una dintre metodele de prelucrare ce ține de tehnologiile neconvenționale este cea a electroeroziunii. Aceasta din urmă și-a găsit aplicabilitate atât în prelucrarea dimensională a pieselor, cât și în formarea straturilor de depunere. Prelucrarea dimensională a pieselor are la bază fenomenul de topire, prelevare și evacuare din interstițiu a materialului. Însă are o productivitate relativ joasă, din care motiv nu poate acoperi în întregime necesitățile producției.

În cazul formării straturilor de depunere, care are ca bază prelevarea de material de pe suprafața anodului și transferul lui pe suprafața catodului, intensitatea formării depunerii este limitată, din mai multe motive, dintre care cele de bază se consideră a fi cantitatea mică de material ce se topește la o descărcare, se prelevează și se transferă pe suprafața prelucrată. Efectele micro-metalurgice ce au loc în baia de metal lichid provoacă apariția tensiunilor remanente. Și în cazul formării straturilor de depunere, în scopul sporirii intensității de formare a acestuia, au fost aplicate asupra interstițiului câmpuri electrice, magnetice și ultrasonice, iar rezultatele obținute nu au fost cele așteptate.

Din motivele enumerate mai sus, se impune a vedea încă odată cât de complet și corect este tabloul fizic al acestui fenomen, fiindcă toate încercările de a interpreta într-un fel sau altul rezultatele obținute nu au condus la un concept unic în acest domeniu. Dacă clasicii acestei metode de prelucrare și mulți din predecesorii lor susțin, că prelevarea materialului de pe suprafețele electrozilor are loc sub acțiunea depresiunii create în interstițiu, atunci alții susțin că determinante în prelevarea de material sunt forțele electrodinamice, care provoacă dezvoltarea pe suprafața metalului lichid în câmp electric a undelor capilare, ce modifică suprafața metalului, atât în stare solidă, cât și în stare lichidă, în funcție de proprietățile fizice ale materialului electrozilor.

În afară de aceasta, este necesar de menționat că autorii lucrărilor [9, 12] în procesul cercetărilor experimentale au obținut pe suprafețele pieselor prelucrate niște asperități, de formă particulară, numite meniscuri (conuri Taylor). Acest fenomen a condus la apariția ramurii noi în dezvoltarea electroeroziunii. Cu alte cuvinte, acest fenomen poate fi utilizat în scopul modificării microgeometriei suprafețelor pieselor metalice ce joacă un rol foarte important în domeniile electronicii și tehnicii contemporane. În general modificarea microgeometriei suprafețelor pieselor metalice poate fi aplicată cu scopul sporirii capacităților de absorbție și de emisie ale acestora.

1.2. Aspecte fundamentale ale procesului de electroeroziune

1.2.1. Modelul teoretic al procesului electroeroziunii

Într-un șir de lucrări s-a demonstrat că pe suprafața metalului topit în câmp electric se dezvoltă unde capilare [9, 105, 108] care provoacă apariția unui menisc conic, de pe suprafața căruia se rup particule ori se vaporizează metalul sub formă de ioni. În prezent se cunosc o serie de lucrări [10, 12] dedicate eroziunii electrice, în care se presupune că are loc acest mecanism. Reieșind din acestea au fost determinate matematic condițiile în care pot lua naștere unde de acest tip și lungimea de undă a acestora. Acestea confirmă că, indiferent de mediul în care se produc descărcările electrice, predominante în procesul de electroeroziune sunt undele capilare pe suprafața metalului lichid în câmp electric [11, 12]. Rezultatul calculelor teoretice este confirmat pentru un șir de metale în mod experimental [12].

Din cele expuse mai sus, procesul de eroziune electrică poate fi descris ca un fenomen unitar și complex ce trece prin următoarele faze:

În faza întâia (fig.1.5,a) are loc străpungerea interstițiului prin micșorarea rezistenței electrice a acestuia, cu formarea canalului sau canalelor de conductibilitate. Acesta face legătura dintre electrozi, cuplându-se cu ei prin intermediul petelor electrodice „reci” – faza de amorsare. Petele „reci” încălzesc și pregătesc suprafața pentru descărcarea de forță, datorită faptului că au drept suport microneregularitățile suprafeței prelucrate. Dilatarea canalului de conductibilitate este însoțită de unda de șoc și de luminozitate;

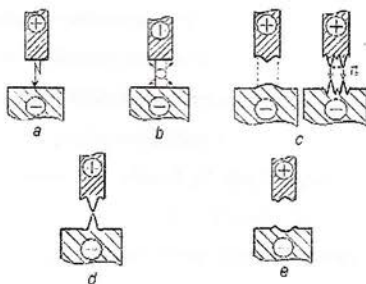


Fig.1.5. Modelul teoretic al procesului electroeroziunii [12]

În faza a doua (fig.1.5,b) iau naștere petele electrodice „calde” care topesc materialul electrozilor, mai puternic ori mai puțin puternic, formând baia de metal lichid.

Sub acțiunea câmpului electric suprafața metalului lichid este perturbată, pe ea iau naștere unde capilare cu formarea meniscurilor sub formă de conuri Taylor (fig.1.5,c);

În faza a patra (fig.1.5,d), sub acțiunea câmpului electric, din meniscuri sunt extrase particule, care servesc în calitate de emițătoare de ioni sau electroni, ori din care se rup picături. În cazul când sunt mai multe canale simultan, datorită faptului că în ele circulă curenți paraleli,

ele se pot contopi prin atragerea curenților paraleli de același sens, și respectiv se contopesc și meniscurile, care, în unele cazuri, pot scurtcircuita interstițiul prin punțile formate;

În ultima fază (fig.1.5,e) când energia acumulată pe condensator se epuizează, intensitatea câmpului electric devine zero. Sub acțiunea forțelor de greutate și de tensiune superficială, lichidul se scurge rapid, fiind evacuat din inerție pe marginile craterului format, unde și se cristalizează.

În afară de cratera pe suprafețele pieselor pot apărea și meniscuri în forma unor conuri Taylor. Formarea acestora se datorește instabilității aperiodice care apare în câmp electric de intensitate înaltă [9].

1.3. Obiectivele lucrării

Ca urmare a studiului întreprins asupra stadiului actual al cercetărilor în domeniul modificării microgeometriei suprafețelor pieselor la formarea straturilor de depunere prin metoda electroeroziunii, și a concluziilor formate pe baza acestui studiu, au fost stabilite obiectivele propuse pentru rezolvarea temei abordate.

- proiectarea și elaborarea instalației destinate pentru modificarea microgeometriei suprafețelor pieselor metalice sub acțiunea descărcărilor electrice în impuls;
- confecționarea dispozitivului destinat pentru stabilirea precisă a mărimii interstițiului dintre electrozi;
- determinarea regimurilor energetice optime de prelucrare pentru diferite materiale în procesul modificării microgeometriei suprafețelor pieselor metalice;
- cercetarea procesului de electroeroziune pe baza modelului de apariție a undelor capilare pe suprafața metalului topit în câmp electric, cu scopul sporirii productivității la prelucrarea dimensională și aplicarea acestui mecanism la elaborarea de noi procedee de prelucrare superficială cu aplicarea descărcărilor electrice în impuls;
- determinarea parametrilor geometrici a meniscurilor (conurilor Taylor) extrase de pe suprafețe metalice în procesul cercetărilor experimentale;
- determinarea influenței câmpului magnetic asupra geometriei meniscurilor (conurilor Taylor) în procesul formării acestora;
- determinarea influenței parametrilor electrodinamici (energiei, duratei impulsului de descărcare) asupra geometriei conurilor Taylor;
- definitivarea tehnologiilor de modificare a microgeometriei suprafețelor pieselor metalice sub acțiunea descărcărilor electrice în impuls;

2. CONTRIBUȚII TEORETICE ȘI EXPERIMENTALE PRIVIND EFECTELE ELECTROEROZIVE ALE DESCĂRCĂRILOR ELECTRICE ÎN IMPULS

Pentru efectuarea modificării microgeometriei suprafețelor pieselor metalice cu aplicarea descărcărilor electrice în impuls, care constă în formarea pe suprafețele acestora a unor meniscuri de formă conică, este necesar de studiat distribuția energiei în interstițiu, comportarea diferitor materiale în procesul descărcărilor electrice și distribuția temperaturii în piesa de lucru. Cu acest scop, în prezent capitol, sunt precăutate toate aceste probleme și se prezintă datele experimentale obținute de autor în condiții de laborator, precum și concluziile rezultate.

2.1. Energia degajată pe interstițiu în procesul descărcărilor electrice în impuls. Distribuția energiei în interstițiu.

În cazul aplicării descărcărilor electrice în impuls, pentru realizarea prelucrărilor dimensionale la care mărimea interstițiului este de numai câțiva micrometri, energia degajată în interstițiu se distribuie între electrozi și mediul de lucru, și aceste mărimi rămân practic constante pentru tot ciclul de prelucrare, asemănător cazului formării straturilor de depunere din materiale compacte cu rupere de contact. În cazul prelucrării materialelor cu aplicarea descărcărilor electrice în impuls în regim de subexcitare, la care mărimea interstițiului variază între 0,03...2,5 mm, valoarea energiei utilizate, și respectiv distribuția ei între coloana de plasmă a descărcării electrice în impuls și suprafețele electrozilor, joacă un rol important în efecte termice ce au loc în suprafețele acestora, cât și în efecte erozive de pe acestea, din care motiv analiza degajării de energie, cât și distribuția acesteea între coloana de plasmă și suprafețele electrozilor este importantă. Aceasta este determinativă în stabilirea regimurilor de prelucrare în diferite cazuri, cât și în conceperea și elaborarea de noi procedee și echipamente de prelucrare superficială a pieselor, în cazul aplicării descărcărilor electrice în impuls în calitate de sursă concentrată de energie.

În unele lucrări din acest domeniu, [56], autorul prezentei teze a demonstrat faptul că, odată cu creșterea mărimii interstițiului, cantitatea de energie degajată în el crește neesențial și că ea se redistribuie între canalul de plasmă și suprafețele electrozilor.

Dacă vom precăuta dependența energiei degajate în canalul de plasmă de mărimea interstițiului, atunci vom constata că aceasta crește proporțional cu mărirea lui sau, mai bine zis, cu mărirea rezistenței active a acestuia. Aceste constatări se justifică prin creșterea intensității luminozității și sunetului odată cu creșterea mărimii interstițiului pentru una și aceeași cantitate de energie acumulată pe bateria de condensatoare (în acest caz circuitul de descărcare poate fi precăutat ca unul în care componentele C și L rămân constante, iar R crește). În cazul în care se ia în considerație faptul că, la aplicarea descărcărilor electrice în impuls, se atestă două tipuri de

eroziune bine pronunțate și provocate de tipurile de pete electrodice predominant active pe suprafețele electrozilor, redistribuirea energiei poate fi folosită ca instrument pentru atingerea diferitelor scopuri tehnologice. Cu alte cuvinte, controlând redistribuția energiei, poate fi influențată formarea straturilor de depunere din materiale compacte și pulberi sau poate fi modificată microgeometria suprafețelor pieselor metalice (când pe suprafețele electrozilor apare faza lichidă) și, în fine, poate fi realizată rectificarea, tratarea termică și tratarea termo-chimică (când pe suprafețele electrozilor iau naștere numai pete electrodice „reci”, care se întrețin pe aspirități și impurități, și care provoacă efecte de natură termică în straturile de suprafață ale pieselor prelucrate).

Redistribuirea energiei în cazul descărcărilor electrice în impuls poate fi demonstrată prin cel puțin două căi. Cunoscând căderile totale de tensiune pe suprafețele electrozilor și pe canalul de plasmă, odată cu creșterea valorii interstițiului, și calculând cantitatea de sarcină ce parcurge circuitul de descărcare, putem determina cantitatea de energie degajată pe aceste componente.

Cunoscând efectele erozive de pe suprafețele electrozilor și cantitatea de sarcină ce a parcurs circuitul de descărcare, putem determina căderea de tensiune pe petele electrodice (anodice și catodice), cât și raportul dintre ele, iar ca rezultat am putea stabili valoarea critică a densității de curent necesară pentru apariția, atât a petelor electrodice „reci”, cât și celor „calde” și, respectiv, să determinăm ori să alegem un anumit regim de prelucrare a suprafețelor pieselor.

2.2. Influența proprietăților materialului asupra efectelor electroerozive

Pentru determinarea influenței proprietăților materialului asupra efectelor electroerozive a fost efectuat un șir de cercetări experimentale. În procesul cercetărilor experimentale, eroziunea se cerceta după descărcarea electrică solitară pe suprafața probei. Pentru confecționarea probelor au fost alese așa materiale cum sunt: *W, Re, Cu, Ni, Fe, Zn, Pb, Sn, Ti*, etc.

În rezultatul analizei datelor obținute, s-a constatat că există grupuri de metale, distrugerea suprafețelor cărora esențial se deosebește. Astfel acestea au fost grupate după cum urmează:

I grupă – wolfram, reniu și aliajele lor (pentru ele este caracteristic faptul că, la acțiunea plasmei descărcărilor în condițiile de mai sus, se atestă absența fazei lichide a materialului pe suprafața electrodului). Suprafața, în locul acțiunii, se supune prelucrării (electronice sau ionice), structura rămânând practic intactă.

II grupă – *Cu, Ni, Fe* ș.a. Eroziunea este cauzată de fenomenul de topire și posibil de cel al vaporizării cu prelevarea picăturilor foarte mici.

III grupă - (*Zn, Pb, Sn*) - apare o zonă de topire evidentă și se formează un crater, cu dimensiuni comparativ mari ($10^{-1} \dots 10^3 \mu\text{m}$).

Prin osciloscopie s-au cercetat parametrii descărcării în condiții egale. Se poate afirma că mărimea, caracterul degajării energiei precum și durata impulsului sunt identice.

S-a verificat de asemenea dacă o astfel de eroziune a wolframului se datorează insuficienței de energie ce se degajă pe suprafața epruvetei (adică metalul este încălzit puțin și este absentă baia de metal lichid).

2.3. Influența mărimii interstițiului asupra efectelor electroerozive

În cazul descărcărilor electrice aplicate la prelucrarea dimensională și la formarea depunerilor cu rupere de contact, mărimea interstițiului are valoarea de cca $5...10 \mu m$, din care motiv nu poate fi apreciată influența acestuia asupra efectelor erozive ce au loc pe suprafețele electrozilor. Există doar câteva lucrări în care se încearcă a defini influența mărimii interstițiului asupra electroeroziunii și anume autorii Zingherman și Caplan în cercetările executate constată, că mărirea valorii interstițiului provoacă micșorarea diametrului craterului și adâncimii lui, și respectiv micșorarea cantității masice a materialului prelevat.

Cercetările mai recente în acest domeniu cu aplicarea descărcărilor electrice în regim de subexcitare au permis a constata, că pe suprafețele electrozilor se atestă amprente de electroeroziune, constituite din două zone: cea centrală, care este cauzată de topirea materialului și formarea craterului, și cea marginală, care o separă pe prima de restul suprafeței prelucrate și are o culoare a metalului proaspăt decapat. Se constată că, odată cu creșterea mărimii interstițiului, la început zona centrală crește în diametru, atingând valoarea maximă, apoi scade, după o funcție exponențială, până la o anumită mărime, după care se observă divizarea craterului integrat în câteva cratere de dimensiuni mai mici. În aceleași condiții, pentru zona marginală se atestă creșterea dimensiunilor ei cu atingerea și menținerea unei mărimi constante ale acesteia, când zona centrală ia valori apropiate de cea maximă, și creșterea pe mai departe după o exponențială, ca pentru anumite valori ale interstițiului să se ateste și divizarea acesteia în zone separate. Pentru diferite regimuri energetice de prelucrare, mărimile critice își schimbă valoarea, dar caracterul eroziunii rămânând același.

Cercetările cantitative privind schimbarea intensității masice a electroeroziunii au confirmat cele expuse mai sus, atât pentru electrozilor anod, cât și pentru cel catod, cu diferența că, pentru un șir de metale, intensitatea eroziunii este mai semnificativă pentru anod, pe când pentru electrozii executați din grafit lucrurile stau invers, și dacă la electrozii executați din metale se atestă eroziunea în stare de vapori și lichidă, atunci pentru grafit se atestă și eroziunea în stare solidă.

2.4. Concluzii

- există grupuri de metale, distrugerea suprafețelor cărora în procesul prelucrării prin electroeroziune esențial se deosebește;
- energia acumulată pe bateria de condensatoare W_c se consumă pentru încălzirea mediului de lucru (aer), încălzirea electrozilor în procesul de electroeroziune, la degajarea radiației (lumină, sunet, etc.);
- odată cu creșterea mărimii interstițiului, la început zona centrală în care se formează baia de metal lichid crește în diametru, atingând valoarea maximă, apoi scade după o funcție exponențială, până la o anumită mărime, după care se observă divizarea craterului întregu în câteva cratere de dimensiuni mai mici;
- odată cu creșterea energiei degajate în interstițiu, direct proporțional crește și eroziunea electrozilor iar sporirea curentului descărcării electrice în impuls provoacă creșterea exponențială directă a productivității;
- pentru zona marginală se atestă creșterea dimensiunilor ei, cu atingerea și menținerea unei mărimi constante ale acesteia, când zona centrală ia valori apropiate de cea maximă, și creșterea pe mai departe după o exponențială, ca, pentru anumite valori ale interstițiului, să se ateste și divizarea acesteia în zone separate;
- în timpul prelucrării procesele erozive sunt influențate de acțiunea petelor electrodice de tipul doi (petelor electrodice calde);
- densitatea critică a curentului, necesară pentru apariția fazei lichide pe suprafețele prelucrate, esențial depinde de proprietățile termofizice ale acestora;
- dimensiunile craterelor formate pe suprafața anodului în toate cazurile sunt mai mari în comparație cu cele formate pe suprafața catodului;
- necătând la procedeul de prelucrare, contactul între canalul de plasmă al descărcărilor electrice în impuls cu suprafețele electrozilor se realizează prin intermediul petelor electrodice;
- căderea de tensiune pe interstițiu este funcție de mărimea acestuia și de materialul de execuție a electrozilor și practic nu depinde de tensiunea de încărcare a bateriei de condensatoare a generatorului de impulsuri de curent;
- faza lichidă pe suprafața prelucrată a piesei ia naștere sub acțiunea sursei de căldură creată de petele electrodice calde.

3. CONCEPȚIA UNUI MODEL FIZIC AL PROCESELOR DE DESCĂRCARE ELECTRICĂ ÎN IMPULS CU FORMAREA DE UNDE CAPILARE

3.1. Concepția unui model fizic care se descrie descărcarea electrică în impuls, cu formarea de unde capilare:

Cum a fost menționat mai sus, în procesul descărcărilor electrice în impuls, pe suprafețele pieselor, în afară de cratera, pot apărea și meniscuri, de formă conică. Acest proces are loc datorită instabilității aperiodice care apare în câmpul electric de intensitate înaltă.

În lucrările [52, 66] a fost studiată geometria craterelor obținute pe suprafețele diferitor materiale, în dependență de energia impulsului de descărcare și mărimea interstițiului dintre electrozi. A fost menționat că, într-adevăr, în centrul craterelor și anume pentru oțeluri, apar meniscuri, care nu sunt formate complet (fig.3.1). Formarea necompletă a meniscurilor se lămurăște prin faptul că în interstițiu se degajă energie destul de mică.

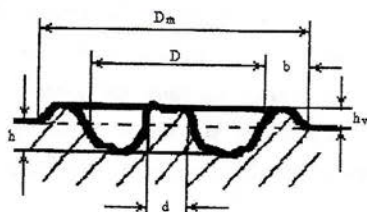


Fig.3.1. Vederea generală a unui crater cu menisc format necomplet pe suprafața oțelului 12X18H10T și XBF ($W_0 = 250 \mu\text{J}$, $U_0 = 100 \text{V}$, D_m - diametrul sectorului atacat de descărcare, D - diametrul craterului, h - adâncimea craterului, b și h_v - lățimea și înălțimea valului format în jurul craterului) [66].

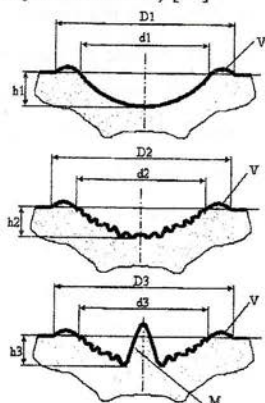


Fig.3.2. Tipuri de cratera obținute la prelucrarea dimensională prin electroeroziune:
(D_1, D_2, D_3) - diametrele craterelor împreună cu valul;
(d_1, d_2, d_3) - diametrele a trei tipuri de cratera;
(h_1, h_2, h_3) - adâncimea craterelor; M - menisc; V - val.

În procesul cercetărilor experimentale executate de autorul tezei, în condiții de laborator, au fost înregistrate trei tipuri de cratere (fig.3.2), toate având forma calotei sferice: prima cu profil neted; a doua cu profil rugos și cel deal treilea având în mijloc un menisc. Așa tipuri de cratere, practic se obțineau pe toate tipurile de materiale care au fost supuse cercetării, variind cu parametrii energetice în procesul prelucrării.

Meniscuri de înălțime diferită au fost înregistrate atât în cazul prelucrărilor dimensionale, cât și în condițiile aplicării descărcărilor electrice la formarea depunerilor.

Efectuând analiza rezultatelor experimentale obținute, putem menționa că modelul de mai sus descris în capitolul 1 (fig.1.5) poate fi completat cu următoarele faze (fig.3.3):

- amorsarea descărcării electrice în impuls, cu formarea canalului de conductivitate, care contactează cu suprafețele electrozilor prin intermediul petelor electrodice „reci”;
- dezvoltarea canalului de plasmă, care, contactând și suprafețele electrozilor prin intermediul petelor electrodice „calde”, provoacă topirea acestora;
- perturbarea suprafeței metalului lichid, cu formarea meniscului de formă semirotundă (sub acțiunea mișcării convective termice, a câmpului electric de intensitate înaltă, a forțelor gravitaționale și a celor de tensiune superficială);

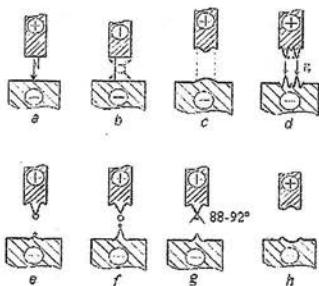


Fig.3.3. Modelul fizic propus pentru descrierea proceselor de descărcare electrică în impuls, cu formarea undelor capilare

- în cazul intensității mari a curentului de descărcare, în interstițiu iau naștere simultan două sau mai multe canale. Din suprafețele electrozilor se extrag respectiv două sau mai multe meniscuri (acestea se pot contopi din cauza forțelor Lorentz prin intermediul cărora interacționează curenții paraleli de aceeași direcție);
- sub acțiunea câmpului electric, datorită distribuției superficiale a sarcinii electrice, are loc formarea picăturilor, prin scurgerea lichidului electrizat în direcția de acțiune a câmpului electric;

- în cazul când forțele de tensiune superficială sunt depășite după valoare de cele electrodinamice, are loc ruperea picăturilor de pe suprafața meniscului, cu transferul pe suprafața electrodului opus sau expulzarea din interstițiu. Menționăm că procesele expuse mai sus se produc simultan pe suprafețele ambelor electrozi și că, după ruperea particulelor, are loc mișcarea în sensuri opuse a două fluxuri de particule, cele de dimensiuni mai mari provin de la anod, iar cele mai mici, de la catod. Anume prin aceasta poate fi explicat procesul de amestecare a materialelor electrozilor cu formarea de noi aliaje la formarea straturilor de depunere;
- în procesul formării și ruperii picăturii, meniscul semisferic se transformă în unul conic, cu unghiul de la vârf cuprins în limitele de $88...92^{\circ}$. Conurile Taylor pot servi și în calitate de emitere de ioni, care permit a elucida procesul de electroeroziune în stare de vapori;
- când descărcarea electrică ia sfârșit, pot apărea două cazuri: dacă materialul extras sub formă de menisc dovedește să se cristalizeze până la scurgerea în direcția inversă, atunci acesta își păstrează forma și dimensiunile; în cazul în care materialul nu s-a cristalizat, atunci sub acțiunea forței de tensiune superficială, sau și sub acțiunea forței de greutate, acesta se scurge în direcție opusă, alunecând pe suprafața semisferică a craterului, este expulzat din acesta și se cristalizează sub formă de undă concentrică pe marginile acesteia.

3.2. Concluzii

- pentru diferite metale poate fi calculată lungimea de undă minimă pentru care se poate dezvolta perturbarea;
- experimental s-a constatat că extragerea meniscurilor de pe suprafețele pieselor metalice are loc după modelul prezentat în figura 3.3;
- perturbarea suprafeței metalului lichid este posibilă când intensitatea câmpului electric va fi de ordinul $E \approx 10^7 - 10^8 \text{ V/m}$;
- în cazul menținerii meniscului sub acțiunea câmpului electric în starea inițială, acesta poate cristaliza sub această formă pe suprafața prelucrată, conferindu-i anumite proprietăți;
- formarea și cristalizarea meniscurilor se poate realiza atât pe suprafața anodului, cât și pe suprafața catodului;

4. CONCEPEREA ȘI REALIZAREA UNEI INSTALAȚII EXPERIMENTALE DESTINATĂ MODIFICĂRII MICROGEOMETRIEI SUPRAFEȚELOR, FOLOSIND UNDELE CAPILARE CE SE FORMEAZĂ LA DESCĂRCAREA ELECTRICĂ ÎN IMPULS.

4.1. Standul experimental și componentele lui

Pentru efectuarea cercetărilor privind modificarea microgeometriei suprafețelor pieselor metalice sub acțiunea descărcărilor electrice în impuls, a fost proiectată și elaborată o instalație experimentală, vederea generală a cărei este prezentată în figura 4.1. Instalația este alcătuită din următoarele părți principale: generatorul de impulsuri de tipul-RC (1); blocul de amorsare (2); blocul de comandă (3) și autotransformator (4). Blocul de comandă permite reglarea fină a frecvenței de descărcare în limitele 1...300 Hz. Schema electrică a instalației este prezentată în figura 4.2.

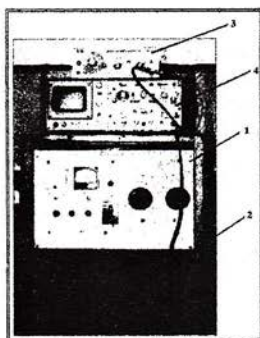


Fig.4.1. Vederea generală a instalației: (1-generatorul de impulsuri de tipul RC; 2-blocul de amorsare; 3-blocul de comandă; 4-osciloscop).

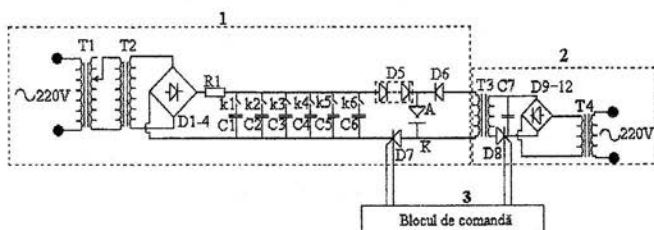


Fig.4.2. Schema electrică principală a instalației
1- generator de impulsuri de putere; 2- blocul de amorsare;
3- blocul de comandă

4.2. Măsurarea parametrilor electrici

Schema electrică - bloc de măsurare a caracteristicilor electrodinamice ale descărcărilor electrice în impuls este prezentată în figura 4.4. Cum se vede din figura 4.4, șuntul este conectat în serie în circuitul de descărcare iar divizorul de tensiune în paralel cu circuitul de descărcare.

Energia degajată în impuls, precum și energia degajată în interstițiu, se determina prin metoda osciloscopării, altfel spus prin metoda integrării:

$$W = \int_0^{\tau} I(t)U_s(t) d(t), \quad (4.1)$$

$$W_s = \int_0^{\tau} I(t)U_s(t) dt, \quad (4.2)$$

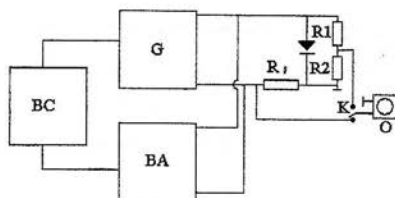


Fig.4.4. Schema electrică - bloc de măsurare a caracteristicilor electrodinamice a descărcărilor electrice în impuls: (BC- blocul de comandă; G- generator de impulsuri; BA- blocul de amorsare; O- osciloscop; R_s - șuntul; R1-R2- divizor de tensiune; K- comutatorul).

În procesul cercetărilor a fost determinată influența câmpului magnetic în impuls asupra procesului de formare a conurilor Taylor pe suprafețele metalice. Pentru aceasta a fost confecționată o bobină specială, care se conecta paralel cu circuitul de descărcare, cum este prezentat în figura 4.6.

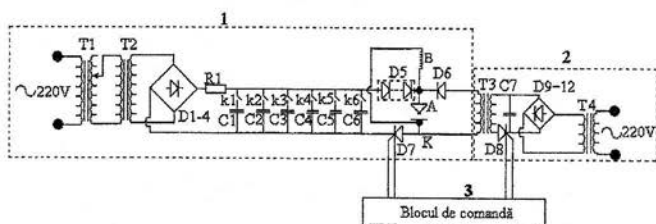


Fig.4.6. Schema generală de conectare a bobinei în circuitul de descărcare

4.3. Partea mecanică a standului experimental

Pentru variația mărimii interstițiului, în procesul cercetărilor se utiliza dispozitivul care este reprezentat în figura 4.9. Dispozitivul dat a fost confecționat în baza unui microscop cu scopul stabilirii precise distanței dintre electrozi. Acest dispozitiv permite fixarea electrozilor sub formă de bare, bile și în formă de sârmă întinsă orizontal în dispozitive de întindere (1).

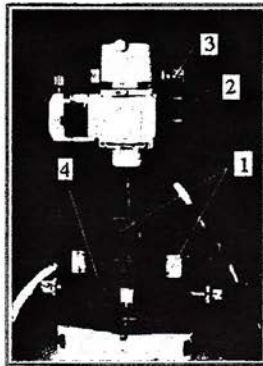


Fig.4.9. Dispozitiv pentru variația interstițiului în baza microscopului

- 1 - dispozitive de întindere a electrozilor sub formă de sârmă ; 2- mâner de reglare brută a interstițiului; 3- mâner de reglare fină a interstițiului;
4- masa de lucru;

Masa de lucru (4) în procesul cercetărilor se deplasa cât longitudinal atât și transversal, cu scopul obținerii meniscurilor unitare pe suprafața anodului. Cu ajutorul mânerului (2) se efectua reglarea brută a interstițiului. Pentru reglarea fină (precisă) a interstițiului se folosește mânerul (3). Măsurarea interstițiului se efectua cu ajutorul unui comparator cu cadran cu precizia de 0.01mm. După stabilirea interstițiului, mărimea lui se controla permanent cu ajutorul microscopului de măsurat MPB-2.

Pentru siguranță, în procesul măsurărilor electrozii au fost legați la un indicator de curent și aduși în contact în stare de scurtcircuit. Măsurarea începe din momentul întreruperii circuitului, adică din poziția „zero” a indicatorului de curent [28].

4.4. Concluzii

Din analiza celor spuse mai sus, putem concluda:

- instalația sus precăutată este compactă și asigură respectarea regimurilor energetice ale descărcărilor electrice în impuls, inclusiv la frecvențe relativ înalte;
- dispozitivul pentru variația interstițiului permite stabilirea precisă a mărimii acestuia;
- instalația prezentată mai sus permite obținerea meniscurilor singulare pe suprafața anodului;
- instalația dată asigură o precizie destul de înaltă;



5. CERCETĂRI EXPERIMENTALE PRIVIND MODIFICAREA MICROGEOMETRIEI SUPRAFEȚELOR METALICE FOLOSIND UNDELE CAPILARE CE SE FORMEAZĂ LA DESCĂRCAREA ELECTRICĂ ÎN IMPULS

5.1. Cercetări privind influența câmpului magnetic și poziția reciprocă a electrozilor asupra modificării microgeometriei suprafețelor pieselor metalice sub acțiunea descărcărilor electrice în impuls.

Dupa cum a fost menționat mai sus, asupra procesului de modificare a microgeometriei suprafețelor pieselor metalice influențează esențial așa parametri cum sunt: materialul electrozilor, energia, mărimea interstițiului dintre electrozi și durata impulsului de descărcare. În continuare se precută și influența câmpului magnetic omogen asupra procesului de modificare microgeometriei suprafețelor metalice.

În scopul de a concentra sau a disipa energia degajată în interstițiul în procesul descărcărilor electrice în impuls, zona de lucru se introducea în câmp magnetic pulsant. S-a observat că, suprapunerea câmpului magnetic asupra interstițiului în procesul descărcărilor electrice în impuls influențează considerabil geometria meniscurilor (conurilor Taylor).

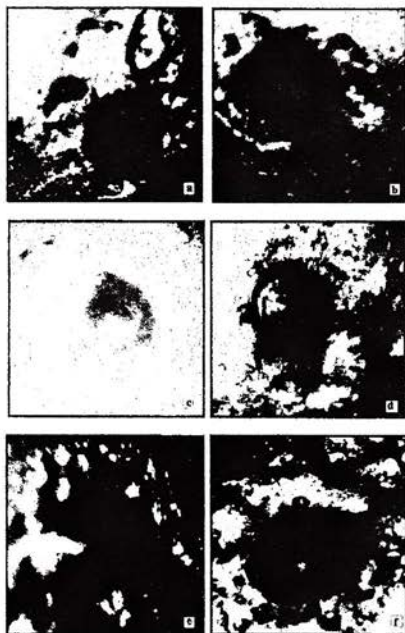


Fig.5.3. Vederea generală a meniscurilor extrase de pe suprafața anodului executat din Oțel III X 15 fără și cu aplicarea câmpului magnetic omogen: (a - $W_c = 0,4J$; $\tau = 100\mu s$; $B = 0 T$; b - $W_c = 0,4J$; $\tau = 100\mu s$; $B = 0,01 T$; c - $W_c = 0,79J$; $\tau = 125\mu s$; $B = 0 T$; d - $W_c = 0,79J$; $\tau = 125\mu s$; $B = 0,014 T$; e - $W_c = 1J$; $\tau = 160\mu s$; $B = 0 T$; f - $W_c = 1J$; $\tau = 160\mu s$; $B = 0,02 T$; $S = 0,2 mm$; $E \uparrow \downarrow B$).

În figura 5.3 sunt prezentate meniscuri extrase de pe suprafața electrodului-anod confecționat din Oțel IIX 15, fără și cu aplicarea câmpului magnetic omogen pentru diferite regimuri energetice. Pentru cazul dat, electrodul anod permanent se poziționează în partea de sus, iar liniile de forță ale câmpului electric și ale câmpului magnetic aveau sensuri opuse ($E \uparrow \downarrow B$).

S-a observat că, în cazul când vectorul inducției a câmpului magnetic și vectorul intensității a câmpului electric au același sens, densitatea energiei în interstițiu crește considerabil, ceea ce duce la micșorarea diametrului craterului și a bazei meniscului de pe suprafața anodului. Corespunzător, crește și înălțimea meniscurilor. Meniscurile obținute în acest caz sunt de culoare violetă, ceea ce ne vorbește despre creșterea esențială a temperaturii în canalul de plasmă. În cazul când liniile de forță au sensuri opuse, are loc disiparea energiei, ceea ce duce la mărirea diametrului craterului și corespunzător a bazei meniscului (înălțimea meniscului scade) (fig.5.3). Meniscurile sunt de o culoare albă decapată. Acest fenomen poate fi explicat prin faptul că, la aplicarea câmpului magnetic pulsant, asupra proceselor de electroeroziune are loc focusarea sau defocusarea fluxului electron-ionic.

Cu scopul determinării geometriei meniscurilor obținute pe suprafețele anozilor, în dependență de poziționarea lor, se foloseau electrozi confecționați în formă de sârmă.

Cercetări au decurs în două etape. În prima etapă, anodul se afla în poziția de jos iar catodul sus. S-a observat că în procesul descărcări electrice solitare, pentru toate materialele, pe suprafața anodului apare un menisc sub forma unui con Taylor (fig.5.5). Pe suprafața catodului, care se află în partea de sus, apare un număr mare de meniscuri, dimensiunile cărora sunt cu mult mai mici de cât dimensiunile meniscurilor obținute pe suprafața anodului.

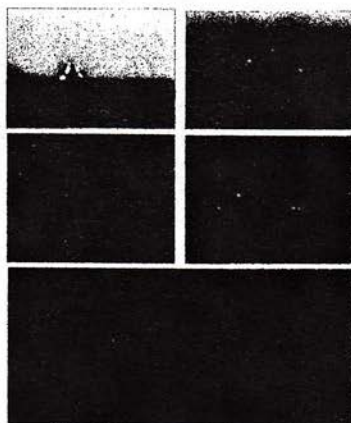


Fig.5.5. Materialul W + Re (10%); Anodul este situat în poziția de jos; (S = 0,2mm; $U_0 = 60V$; C = 100 μ F; $\tau = 100\mu$ s; valoarea unei diviziuni - 0,01 mm).

În al doilea caz, când anodul a fost fixat în poziția de sus, pe suprafața acestuia iarăși se observa apariția meniscului, numai că în acest caz înălțimea acestuia este mai mare. Pe suprafața catodului se obține un număr mare de meniscuri, dimensiunile cărora sunt foarte mici. Adică avem un tablou analogic primului caz.

În figura 5.5 și 5.6 sunt prezentate vederile generale ale meniscurilor, extrase de pe suprafețele anozilor confecționați din aliajul W + 10% Re. În figura 5.5 anodul este poziționat în partea de jos al dispozitivului de fixare a electrozilor iar în figura 5.6 anodul este poziționat în partea de sus.

Creșterea înălțimii meniscurilor, când anodul se află sus, poate fi lămurită dacă vom precăuta direcțiile de acțiune a forțelor de bază care acționează asupra metalului lichid. În cazul nostru, asupra metalului lichid acționează forța de greutate G , orientată spre pământ; forța câmpului electric F_e , care este orientată de la anod spre catod și forța tensiunii superficiale F_t , care tinde să anihileze meniscul. Deci, pentru primul caz, când anodul este poziționat în partea de jos, asupra metalului lichid acționează forța de greutate G și forța tensiunii superfeciale F_t , care tind să anixileze meniscul, și forța câmpului electric F_e , orientată în direcția opusă.

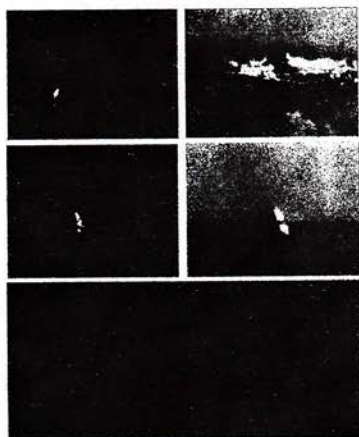


Fig.5.6. Materialul W + Re (10%); Anodul este situat în poziția de sus; (S = 0,2mm; $U_c = 60V$; C = 100 μ F; $\tau = 100\mu$ s; valoarea unei diviziuni - 0,01mm).

În cazul când anodul se află sus, forța de greutate G și forța câmpului electric F_e sunt orientate spre pământ și duc la amplificarea meniscului, iar forța tensiunii superficiale F_t tinde să anihileze acesta. În afară de aceasta, cum a fost menționat mai sus, în toate cazurile pe suprafața anodului se obțin meniscuri mai mari de cât pe suprafața catodului. Acest fenomen are loc datorită faptului că, în procesul descărcării electrice, anodului i se transmite o parte mai mare din energia degajată în interstițiu, de cât catodului [69, 77].

5.2. Influența energiei acumulate pe bateria de condensatoare și a duratei impulsului de descărcare asupra geometriei meniscurilor extrase de pe suprafețele pieselor metalice.

În procesul cercetărilor a fost precăutată influența energiei acumulate pe bateria de condensatoare și a duratei impulsului asupra formării meniscurilor pe suprafața anodului, când acesta se afla în poziția de sus. Încercările au fost supuse aliajul W+10%Re și W. Pentru variația energiei bateriei de condensatoare și a duratei impulsului a fost modificată capacitatea acesteia, în trepte, începând cu 100 μ F până la 600 μ F. Încercările au fost efectuate de mai multe ori, cu scopul obținerii rezultatului precis.

S-a observat că pentru aliajul W+10%Re, cu creșterea energiei pe bateria de condensatoare, de la 0,18J pînă la 1,08J, înălțimea meniscurilor variază, de la 49 μ m pînă la 126 μ m. Pentru W, înălțimea acestora variază de la 28 μ m pînă la 70 μ m. În figurile 5.8 și 5.9 sunt prezentate dependențele înălțimii meniscurilor și dependențele diametrelor bazelor meniscurilor de energia acumulată pe bateria de condensatoare.

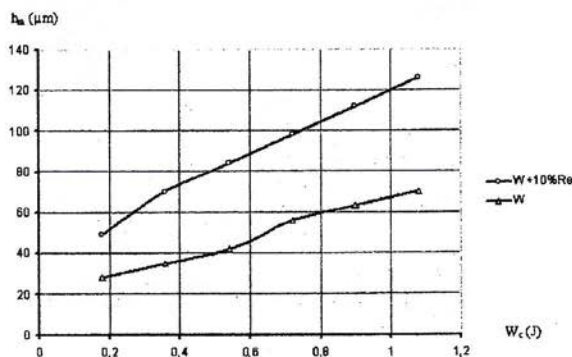


Fig. 5.8. Dependenta înălțimii meniscurilor de energia acumulată pe bateria de condensatoare.

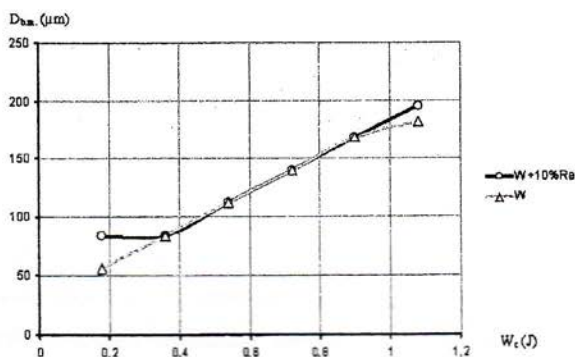


Fig. 5.9 Dependenta diametrelor bazei meniscurilor de energia acumulată pe bateria condensatoare.

După cum se vede din graficele prezentate, înălțimea meniscurilor și diametrul bazei acestora depind în mare măsură de energia acumulată pe bateria de condensatoare. Din graficul prezentat în figura 5.9, se observă că, pentru valorile energiei 0,36J; 0,54J; 0,72J și 0,90J, diametrele bazei meniscurilor practic sunt identice pentru aceste două materiale.

În rezultatul cercetărilor experimentale s-a stabilit că unghiul de la vârf pentru majoritatea meniscurilor se găsește în limitele $88^{\circ} - 92^{\circ}$. În afară de aceasta în unele cazuri pe vârfurile meniscurilor se observă prezența a unei picături sferice de metal în stare solidă. Aceasta ne vorbește despre faptul că picătura dată nu a fost prelevată la timp și s-a cristalizat în momentul extragerii din vârful meniscului.

În figurile 5.10 și 5.11 sunt prezentate meniscuri extrase de pe suprafața anodului confecționat din wolfram la diferite regimuri energetice.

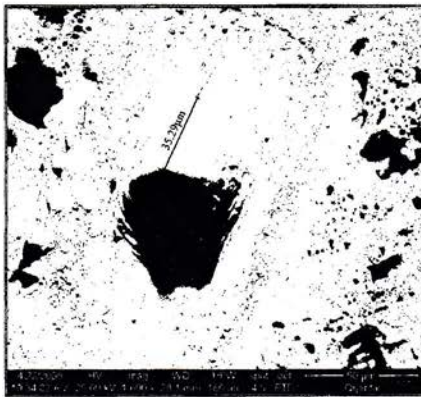


Fig.5.10. Vederea generală a unui menisc extras de pe suprafața anodului confecționat din W: ($C = 200\mu\text{F}$; $U_c = 60\text{V}$; $W_c = 0,36\text{J}$; $\tau = 125\mu\text{s}$; $U_s = 21\text{V}$).

După cum se vede, meniscul prezentat în figura 5.11 nu este ascuțit la vârf. Acest fenomen se lămurește prin aceea că, în procesul descărcării electrice în impuls, a avut loc contopirea acestuia cu meniscul extras de pe suprafața catodului.

Este necesar de menționat că, în procesul determinării influenței energiei acumulate pe bateria de condensatoare asupra geometriei meniscurilor (conurilor Taylor), se modifica capacitatea acestora.

Formarea meniscurilor prezentate în figurile 5.10 și 5.11 are loc după tabloul propus în capitolul 3. Acest lucru se confirmă prin aceea că, în procesul cercetărilor, au fost înregistrate meniscuri, care aveau în vârf câte o picătură de formă sferică în stare cristalizată, ce contrazice tabloului clasic propus de Lazarencu. Deci, într-adevăr, în procesul descărcărilor electrice prelevarea materialului are loc de pe suprafața vârfurilor conurilor Taylor sub formă de particule

separate sau sub formă de particule elementare, datorită câmpului electric dar nu sub acțiunea depresiunii formate în bula de gaz.



Fig.5.11. Vederea generală a unui menisc extras de pe suprafața anodului confecționat din W: ($C = 300\mu\text{F}$; $U_c = 60\text{V}$; $W_c = 0,54\text{J}$; $\tau = 160\mu\text{s}$; $U_s = 21\text{V}$).

În figura 5.12 (tab. 5.5) sunt prezentate dependențele înălțimii meniscurilor obținute pe wolfram în funcție de energia acumulată pe bateria de condensatoare (durata impulsului de descărcare), pentru diferite valori ale tensiunii de încărcare a bateriei de condensatoare [111, 115].

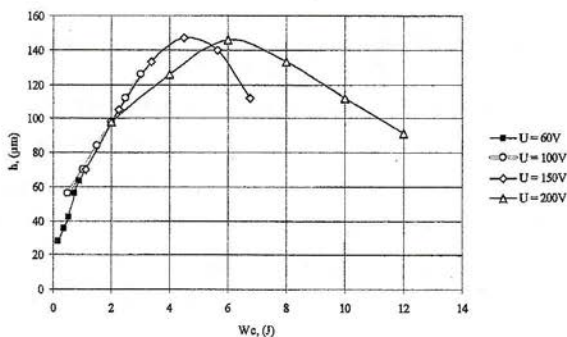


Fig.5.12. Dependența înălțimii meniscurilor în funcție de energia acumulată pe bateria de condensatoare (durata impulsului de descărcare se modifică concomitent cu energia).

S-a observat că, pentru tensiunea de încărcare a bateriei de condensatoare $U_c = 60\text{V}$, cu creșterea energiei pe aceasta, în limitele $0,18...1,08\text{J}$, înălțimea meniscurilor crește practic liniar. Un fenomen asemănător are loc și pentru tensiunea $U_c = 100\text{V}$, când energia acumulată pe bateria de condensatoare variază în limitele $0,5...3\text{J}$.

Pentru tensiuni mai mari $U_c = 150\text{V}$ și $U_c = 200\text{V}$, odată cu creșterea energiei, înălțimea conurilor Taylor crește până la o anumită valoare, după care începe să scadă considerabil (fig.

5.12). Acest lucru se lămurește prin aceea că electrozilor, în cazul dat, li se transmite mai mare parte de energie, datorită cărui fapt are loc prelevarea anumitei cantități de material de pe suprafața metalului perturbat până la formarea completă a meniscurilor. Cu alte cuvinte, volumul inițial a metalului topit aflat în stare de perturbare se micșorează.

În procesul cercetărilor experimentale s-a observat că durata impulsului de descărcare influențează considerabil înălțimea meniscurilor. S-a stabilit că, pentru valori constante ale duratei impulsului de descărcare, înălțimea meniscurilor (conurilor Taylor) crește cu creșterea energiei acumulate pe bateria de condensatoare (tab. 5.5, Anexa 1) [116].

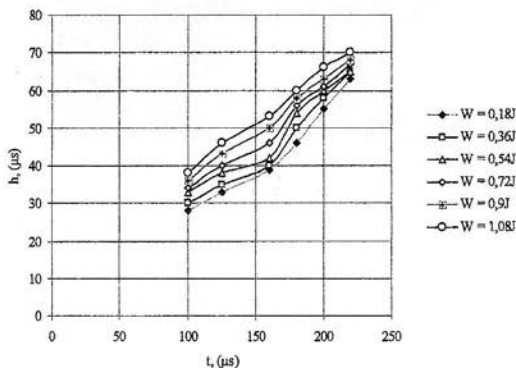


Fig.5.13. Dependenta înălțimii meniscurilor ca funcție de durata impulsului de descărcare ($S = 0,2\text{mm}$; $W = \text{const.}$)

Dacă menținem energia acumulată pe bateria de condensatoare constantă, și mărim durata impulsului de descărcare, atunci obținem același tablou. Adică, înălțimea meniscurilor formate pe suprafața anodului crește (fig. 5.13, Anexa 2) și în funcție de durata impulsului. Acest fenomen poate fi explicat prin inerția procesului, cauzată de proprietățile materialului electrozilor și durata acțiunii forțelor câmpurilor electrice.

Rezultatele obținute pot fi explicate prin faptul că petele electrodice, prin care canalul de conductivitate al DEI contactează cu suprafața prelucrată, se află la o anumită înălțime față de aceasta, pe de o parte, iar mărimea curentului de descărcare este funcție de proprietățile materialului prelucrat [12, 79]. Creșterea diametrului bazelor meniscurilor pentru cazurile când durata impulsurilor de descărcare se menține constantă iar energia acumulată pe bateria de condensator crește, se lămurește prin aceea că mărirea energiei duce la dilatarea canalului de descărcare [12] și, corespunzător, la mărirea diametrelor petelor electrodice, care la rândul lor formează legătura între canalul de plasmă și suprafața anodului.

Apariția meniscurilor, orientarea lor, precum și dimensiunile acestora pentru cazul unei descărcări solitare, indică direct asupra faptului că ele nu pot apărea, din motivul depresiunii din

canalul de plasmă, și sunt cauzate de acțiunea câmpului electric în lungul razei vectoriale, de la pata electrodică spre suprafața prelucrată a piesei.

5.3. Concluzii

- în procesul de lucru au fost înregistrate trei tipuri de cratere, toate având forma calotei sferice: prima cu profil neted, a doua cu profil rugos și cel de al treilea având în mijloc un menisc;
- formarea meniscurilor se observă atât pe suprafața anodului, cât și pe suprafața catodului;
- atât forma, cât și dimensiunile meniscurilor extrase de pe suprafețele anodului și catodului, se deosebesc considerabil;
- aplicarea câmpului magnetic în procesul descărcărilor electrice permite a focusa sau defocusa fluxul electron-ionic ce provoacă mărirea (micșorarea) densității de energie în canalul de descărcare;
- lungimea de undă perturbata, pe suprafața prelucrată, este determinată de volumul craterului și rugozitatea inițială a suprafeței prelucrate;
- parametrii geometrici ai meniscurilor obținute pe suprafețele metalice depind în mare măsură de polaritatea conectării electrozilor și poziția acestora;
- pe suprafețele materialelor plastice, meniscuri pot fi obținute micșorând durata impulsului de descărcare și energia acumulată de bateria de condensatoare;
- modelul al electroeroziunii propus în capitolul 3 permite să explicăm procesul de formare a meniscurilor pe suprafețele metalice în procesul descărcărilor electrice în impuls.

6. CONCLUZII GENERALE. CONTRIBUȚII ORIGINALE

6.1. Concluzii generale

În rezultatul cercetărilor experimentale privind modificarea microgeometriei suprafețelor pieselor metalice sub acțiunea descărcărilor electrice în impuls, au fost scoase în evidență următoarele concluzii generale:

1. Procesul de descărcare electrică în impuls poate fi aplicat pentru modificarea microgeometriei suprafețelor pieselor metalice.
2. În procesul cercetărilor experimentale au fost determinate condițiile minime și maxime la care pe suprafețele pieselor metalice pot apărea meniscuri de formă conică.
3. Suprapunerea câmpului magnetic în procesul modificării microgeometriei suprafețelor pieselor metalice joacă un rol deosebit.
4. Formarea completă a meniscurilor (conurilor Taylor) este posibilă la interstițiu valoarea căruia constituie $S = 0,2\text{mm}$.
5. Extragerea meniscurilor de pe suprafețele electrozilor are loc după modelul nou, care este prezentat în capitolul 3.
6. În baza instalației destinate pentru modificarea microgeometriei suprafețelor pieselor metalice, proiectate și elaborate de către autorul prezentei lucrări, pot fi construite echipamente tehnologice industriale.

6.2. Contribuții originale

1. A fost proiectată și executată o instalație ce permite efectuarea modificării microgeometriei suprafețelor pieselor metalice sub acțiunea descărcărilor electrice în impuls.
2. În procesul cercetărilor experimentale a fost elaborat un model fizic al proceselor de descărcare electrică în impuls cu formare de unde capilare, care ne permite să explicăm procesul de formare a meniscurilor conice.
3. La aplicarea câmpului magnetic, geometria meniscurilor (conurilor Taylor) extrase de pe suprafața anozilor depinde în mare măsură de orientarea vectorului inducției magnetice.
4. Creșterea energiei acumulate pe bateria de condensatoare conduce la mărirea înălțimii meniscurilor (conurilor Taylor) și micșorarea în același timp diametrelor bazei acestora.
5. Creșterea duratei impulsului de descărcare conduce la mărirea înălțimii și diametrelor bazei meniscurilor (conurilor Taylor).
6. În toate cazurile studiate, de pe suprafața anodului se extrag meniscuri cu înălțime mai

- mare în comparație cu înălțimea meniscurilor extrase de pe suprafața catodului.
7. A fost pus în evidență faptul că, dominante în procesul modificării microgeometriei suprafețelor pieselor metalice în condiții descărcărilor electrice în impuls, sunt petele electrolice calde.
 8. S-a realizat modificarea microgeometriei suprafețelor diferitor materiale așa cum sunt: W, W + 10% Re, oțel IIX 15 și Nb.
 9. S-a demonstrat că formarea meniscului singular pe suprafața anodului se datorește contopirii meniscurilor cu dimensiuni mai mici.
 10. S-a arătat că, în cazul menținerii meniscului sub acțiunea câmpului electric în starea inițială, acesta poate cristaliza sub această formă pe suprafața prelucrată, conferindu-i anumite proprietăți.
 11. S-a demonstrat faptul că parametri de bază ce influențează geometria meniscurilor (conurilor Taylor) în procesul modificării microgeometriei suprafețelor pieselor metalice sunt energia și durata impulsului de descărcare.
 12. Au fost determinate condițiile în care pot apărea meniscuri conice (conuri Taylor).
 13. A fost studiată variația dimensiunilor meniscurilor formate, în funcție de proprietățile termo-fizice ale materialului piesei.
 14. Un rol important în procesul extragerii meniscurilor (conurilor Taylor) îl joacă forța de greutate și forța tensiunii superficiale;
 15. Modificarea microgeometriei suprafețelor pieselor poate fi folosită cu scopul sporirii capacității acestora de absorbție, a radiațiilor și de emisie particulelor elementare.
 16. Rezultatele cercetărilor teoretice și experimentale ale autorului, în domeniul temei, au fost valorificate prin elaborarea și publicarea de lucrări științifice în revistele de specialitate din țară și din străinătate.

6.3. Direcții ulterioare de cercetare

Se prefigurează ca direcții de cercetare cu real interes tehnologic:

1. Determinarea capacităților de absorbție a suprafețelor cu microgeometrie modificată în rezultatul descărcărilor electrice în impuls.
2. Determinarea capacităților de emisie a suprafețelor cu microgeometrie modificată în rezultatul descărcărilor electrice în impuls.
3. Studiul posibilităților de mărire a productivității prelucrării în procesul modificării microgeometriei suprafețelor pieselor metalice.
4. Modificarea microgeometriei suprafețelor pieselor confecționate din semiconductori cu aplicarea descărcărilor electrice în impuls.

BIBLIOGRAFIE

- [9]. Topală Pavel, Olaru Ion, **Rusnac Vladislav**, Noi secvențe la tabloul fizic al electroeroziunii, Culegere de lucrări științifice, Tehnologii Moderne, Calitate restructurare, Chișinău, 2005, p. 239-242.
- [10]. Ayushina E.D. Levin E.S., Gel'd P.V. - Russ J.Phys. Chem., 1969, 43, (11).
- [11]. Pavel Topală, Cercetări privind obținerea straturilor din pulberi metalice prin descărcări electrice în impuls, Rezumatul tezei de doctorat, București, 1993, p. 32.
- [12]. Topala Pavel, Stoicev Petru, Tehnologii de prelucrare a materialelor conductibile cu aplicarea descărcărilor electrice în impuls., Chișinău, Tehnica Info, 2008, p.265.
- [28]. M. Kunieda, A. Hayasaka, X. D. Yang, S. Sano, and I. Araie, Study on Nano EDM Using Capacity Coupled Pulse Generator, Annals of the CIRP Vol.56, 1, 2007.
- [52]. Stavițchii B. I., Electroisrovaia prețizionaia obrabotka materialov. Naucnife osnovi osobo tocnih metodov formoobrazovania poverhnosti., Electronaia obrabotka materialov,2002, 1, s. 5 – 32.
- [56]. Pavel Topală, Ion Olaru, Nicolae Bălcănuță, **Vladislav Rusnac**, Ala Cazacu, Raport științific „Cercetări privind modificarea microgeometriei suprafețelor pieselor prin dezvoltarea undelor capilare pe suprafața metalului lichid în condițiile descărcărilor electrice în impuls”, Nr. înreg. 0104MD. 02523, Bălți, 2005, p. 72.
- [66]. Stavițkii B.I., Stavițcaia N. B., Osnovnife osobenosti electroisrovvoi prețizionoi obrabotci materialov, Electronaia obrabotka materialov, 1979, 4, s. 5-9.
- [69]. Galinov I., Luban R., Peker L., O fiziceskih proțesah v mejelectrodnom promejutke pri ălectroisrovom legirovanii metallov, Kișinev, ălectronaia obrabotka materiallov, 1990.
- [77]. Topală Pavel. Electrical charge as mesure for removed metal mass the electrical discharge machining, Iași, Editura PIM, Nonconventional tehnologies reviev, 2007, Nr.4, p. 103 – 108.
- [79]. Topală Pavel, Aplicări ale electroeroziunii în dezvoltarea tehnologiilor fine de prelucrare superficială a pieselor, Analele Științifice, Serie Nouă, Fascicolul A., Tomul XX, Bălți, 2004, p. 66 – 69.
- [105]. A. I. Grigoriev, S. O. Șireeva, D. F. Belonojko, A. V. Klimov, O forme „ conusa Teilora „ i haracternom vremeni ego rosta, Electronaia obrabotka materialov, 2004, 4, s. 34 - 40.
- [108]. Topala Pavel, **Rusnac Vladislav**, Experimental investigations concerning the extraction of cone meniscus on metal surfaces with electrical discharge machining (EDM) adhibition, Buletin of the Polytechnic Institute of Iassy, T. Liv, 2008, p.

- [111]. **Vladislav Rusnac**, Cercetări experimentale privind modificarea microgeometriei suprafețelor pieselor metalice prin metoda electroeroziunii, Fizica și Tehnica: Procese, modele, experimente, nr.1, 2008.
- [115]. **Vladislav Rusnac**, Conducerea optimă a proceselor de modificare a microgeometriei stratului superficial în condiții impuse, Referat în cadrul stagiului de doctorat, Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați, 2008.
- [116]. **Vladislav Rusnac**, Microgeometry modification of the metal surface using impulse electric discharges, The annals of „Dunărea de Jos” University of Galați, Fascicle V, Technologies in machine building, Vol. 1, YEAR XXIV (XXIX), 2008, ISSN - 1221-4566, p. 17- 23.

