

## CAP ULTRASONIC CU VIBRAȚIA SCULEI PENTRU MICROGĂURIRI PRIN ELECTROEROZIUNE

COJOCARU Dan<sup>1</sup>, DOROȘIN Alis<sup>2</sup>, DUMITRACHE Irina<sup>3</sup>, GHIȚĂ  
Alexandra<sup>4</sup>, MUȘAT Oana<sup>5</sup>

Conducător științific: Prof.dr.ing. Daniel GHICULESCU și Prof. dr.ing. N.I. Marinescu

**REZUMAT:** În această lucrare, se urmărește realizarea unei tehnologii ultraperformante și a unui echipament specializat pentru micro-electroeroziune prin copiere și micro-găurire care poate fi asamblat pe orice mașină clasică de electroeroziune, datorită concepției sale modulare. Lucrarea tratează aspecte privind marketing-ul produsului, managementul proiectului și obținerea finanțării prin instrumentul cecul de inovare, proiectarea conceptuală și detaliată.

**CUVINTE CHEIE:** cap ultrasonic, micro-electroeroziune, micro-găuri.

### 1 INTRODUCERE

Micro electroeroziunea (electrical discharge machining - EDM) reprezintă tendința actuală majoră de dezvoltare a EDM. Ea se bazează pe descărcările electrice succesive cu nivel energetic foarte redus amorsate între electrodul-sculă și piesa prelucrată într-un interstițiu de prelucrare foarte îngust de ordinul micrometrilor. Procesul tehnologic impune realizarea descărcărilor de 10-9 – 10-5 J pentru îndepărtarea unor volume de material de 0.05 – 500 μm<sup>3</sup>. Pot fi folosite chiar și descărcări singulare [1]. Mișcarea de avans se desfășoară cu incremenți axiali mai mici de 1 μm pentru evitarea scurt-circuitului și destabilizării procesului EDM. Asistarea cu ultrasunete a microEDM asigură stabilitate, evacuând materialul prelevat din piesa prin efectul cavitației ultrasonice. De asemenea, produce creșterea de câteva ori a productivității și reduce rugozitatea suprafeței prelucrate.

Segmentul de piață căruia i se adresează tehnologia și echipamentul este format din întreprinderi micro, mici și mijlocii (IMM-uri), care prelucrează suprafețe cu dimensiuni transversale de 100...999 μm în orice material conductiv electric.[2]

<sup>1</sup> Specializarea Ingineria Nanostructurilor și Proceselor Neconvenționale, Facultatea IMST;

E-mail: [dancristian\\_91@yahoo.com](mailto:dancristian_91@yahoo.com);

<sup>2</sup> Specializarea Inginerie Economică și Managementul Afacerilor, Facultatea IMST;

<sup>3</sup> Specializarea Calitate în Inginerie și Managementul Afacerilor, Facultatea IMST;

<sup>4</sup> Specializarea Inginerie Avansată Asistată De Calculator, Facultatea IMST;

<sup>5</sup> Specializarea Inginerie Avansată Asistată De Calculator, Facultatea IMST;

În mod obișnuit, aceste IMM-uri au resurse financiare reduse și nu își permit să achiziționeze mașini de electroeroziune la performanțele actuale, de sute de mii de EUR și care nu sunt în mod necesar specializate în micro-electroeroziune. [3]

### 2 STADIUL ACTUAL

Echipamentul rezultat din proiect va rezolva bine cunoscuta instabilitate a procesului de electroeroziune care se produce în cazul interstițiilor de prelucrare foarte înguste, specifice micro-prelucrărilor cu valori de 1...5 μm și care determină frecvențe fenomene de scurt-circuit între sculă și piesă. Acest inconvenient produce foarte multe retrageri ale sculei din interstițiul de prelucrare și în consecință, productivitatea prelucrării scade foarte mult, ca și calitatea suprafeței prelucrate și precizia dimensională ca urmare a degenerării procesului și afectarea formei, în special în cazul prelucrărilor suprafețelor complexe.

### 3 MARKETINGUL STRATEGIC AL PRODUSULUI

Strategia de marketing a produsului studiat are ca scop în prezenta lucrare de a identifica totalitatea segmentelor pieței de desfacere cu criteriile de segmentare care pot acționa pe cele prezente cât și prezentarea în ansamblu a existenței competitorilor poziționând astfel produsul în cadrul segmentului ales: tehnologii de lucrări neconvenționale - microgăurirea prin electroeroziune.

Pentru a satisface nevoile potențialilor clienți, în momentul actual s-a realizat un echipament pentru prelucrare simultană a microfantelor prin electroeroziune asistată de ultrasunete (fig 1.)

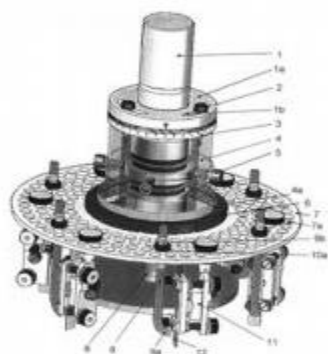


Figura 1 Echipament de prelucrare simultană microfante prin electroeroziune asistată de US [4]

Acest echipament are mai multe suporturi portsculă (11), în care se află montate scule de tip lamelă într-un punct nodal al unui șant ultrasonic (8) prins cu ajutorul unui cilindru, fiind poziționat pe un disc cu mărimi diferite, o extremitate constituind un punct antinodal, ce poate oscila cu o amplitudine maximă în apropierea sculei (12), spălarea acesteia din urmă fiind făcută cu ajutorul unor module de spălare poziționate pe un alt disc (7) rotitor, prevăzută cu niște alezaje (7a), reglarea sculei (12) fiind făcută cu ajutorul unei plăcuțe (17) care orientează scula (12) pe o camă (18), înclinarea plăcuței (17) fiind realizată cu ajutorul unor piulițe (27a și 27b) înfiletate pe niște șuruburi (24), și cu cel al unor arcuri (26) elicoidale de compresie.

Produsul poate fi comercializat într-o piață de desfacere cu potențial ridicat reușind să acopere o arie vastă de la institutele de cercetare, micro-întreprinderi până la întreprinderi mijlocii și mari.

Se prezintă mai jos (fig.2) suprafețe generate prin electroeroziune aplicabile și microprelucrărilor: a. Orificii simple; b. Orificii complexe; c. Orificii complexe profilate; d. Cavități de matrițe; e. Debitări; f. Gravări; g. Orificii multiple; h. Fante; i. Orificii curbilinii; j. Îndepărtarea sculelor rupte; k. Orificii adânci.

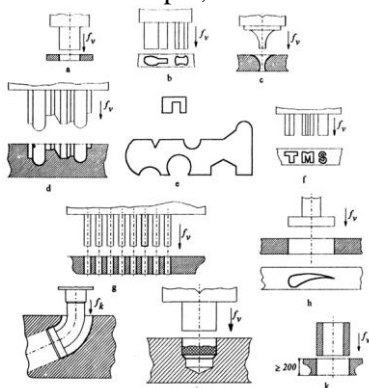


Figura 2 Operații de prelucrare prin electroeroziune [5]

Potențialii competitori pe această piață pot fi:



Figura 3 AG75L – Mașina EDM de productivitate mare [6]

Acest echipament (fig.3) se distinge prin viteza mare de prelucrare, asigurând conexiunea dintre sistemul de comanda și control pentru a asigura un răspuns servo instant și un interstițiu de lucru optim.



Figura 4 AF1100- Mașini de electroeroziune cu electrod masiv [7]

Acest echipament (fig.4) poate prelucra piese cu o masă de până la 1000 kg spre deosebire de echipamentul anterior care prelucra piese până la o masă de 2000 kg.

Dintre avantajele echipamentului de prelucrare microgăurilor prin electroeroziune asistată de ultrasunete enumerăm: creșterea productivității prin prelucrarea electroerozivă, inclusiv simultană a microgăurilor, cavitația ultrasonică produsă în zona de lucru permițând prelevarea suplimentară de material din semifabricat aflat în stare solidă sau lichidă; asigură o reglare a sculei atât pe normală la suprafață cât și o precizie mare de ghidare.[8]

## 4 CEC DE INOVARE

### 4.1 Cerere de finanțare [4]

#### A. Beneficiar

*Sediul social:* București

*Forma juridică:* Societate cu răspundere limitată

*Nr. Înregistrare la Oficiul Național Registrul*

*Comerțului:* J40/236/2013

*Cod Fiscal:* RO16457891

*Data finanțării:* 23.06.2013

*Adresa sediului social:* Splaiul Independenței 167, sector 6, București

*Nume / Prenume și poziția reprezentantului legal:*

Mușat Oana, manager de proiect

*Responsabil de Proiect în întreprindere ( Nume și*

*Funcție):* Mușat Oana, manager de proiect

*Tel:* 0726587965

*E-mail:* oana.musat91@yahoo.com

*Web site:* -

*Capital social:* 200

*Cifra de afaceri din ultimul an:* 7526

*Nr. Angajati:* 6

## **B. Furnizorul de servicii**

*Sediul social:* București

*Forma juridică:* SRL

*Nr. Înregistrare la Oficiul Național Registrul*

*Comerțului:* J40/2178/2010

*Cod Fiscal:* RO217930

*Data finanțării:* 2010

*Adresa sediului social:* str. Panselor, nr. 14, etj. 2, sector 4, București

*Nume / Prenume și poziția reprezentantului legal:*

Cristescu Mihai, manager general

*Responsabil de Proiect în organizația de cercetare (*

*Nume și Funcție):* Ion Alexandru, specialist în

proiectare

*Tel:* 0760902546

*E-mail:* alexandru.ion@gmail.com

*Web site:* -

*Activitate conform COD CAEN Principală:* Alte activități profesionale științifice și tehnice.

## **4.2 Proiectul [4]**

Denumire: cap ultrasonic cu vibrația sculei pentru microgăuri prin electroeroziune

Acronim: C.U.V.S.M.E

### **I. Calitatea tehnică:**

- **Descrierea proiectului.** A se evidenția aspecte legate de:

- **Necesitate:** Micro-prelucrările prin electroeroziune ( $\mu$ EDM), în cazul de față, realizarea micro-găurilor ridică probleme de instabilitate a procesului de prelucrare datorită intersițiului. Din acest motiv se produc fenomene frecvente de scurt-circuit, care conduc la reducerea drastică a productivității prelucrării și calității suprafeței prelucrate. De aceea asistarea  $\mu$ EDM cu ultrasunete – vibrația cu frecvență ultrasonică a sculei – rezolvă problemele menționate și crește spectaculos performanțele tehnologice;

- Descrierea serviciului;

- Obiective.

Cu acest proiect se dorește realizarea unui cap ultrasonic care integrează scula pentru micro-găurire prin electroeroziune, care urmărește

creșterea productivității cu cel puțin 100%, reducerea uzurii volumetrice relative și rugozității suprafeței prelucrate cu cel puțin 50% în raport cu prelucrarea clasică (neasistată de ultrasunete) desfășurată în aceleași condiții. Acestea sunt în principal, rezultatul cavitației ultrasonice induse în interstițiul de prelucrare. Cheltuielile suplimentare aferente realizării capului ultrasonic sunt justificate de creșterea spectaculoasă a performanțelor tehnologice cât și de aplicarea tehnologiei EDM+US pentru un volum mai mare de fabricație.

Livrabile acestui proiect sunt:

- Elaborarea modelului experimental C.U.V.S.M.E;
- Elaborarea tehnologiei pentru obținerea microgăurilor prin electroeroziune asistată de ultrasunete;
- Demonstrarea funcționalității și utilității modelului;
- Documentație de analiză tehnico-economică;
- Experimentarea tehnologiei la beneficiar;
- Depunerea la OSIM a cererii de brevet.
  - **Aspectul inovativ al proiectului.** A se evidenția aspecte legate de:
- Modalitatea de valorificare la sfârșitul proiectului: aplicarea tehnologiei la beneficiar;
- Riscul tehnologic: este în principal legat de asigurarea condiției de rezonanță în cadrul lanțului ultrasonic, egalitatea dintre frecvențele proprii ale transductorului și concentratorului ultrasonic care integrează scula; acest risc este minimizat prin răcirea forțată prin ventilație a transductorului și utilizarea unui generator ultrasonic autopilotat, care urmărește deplasarea frecvenței proprii a lanțului ultrasonic în marja de 600-700 Hz.
- Riscul comercial: Este redus prin prețul relativ mic al echipamentului care poate fi instalat pe mașini clasice de electroeroziune. Produsul (rezultatele proiectului) sunt adresate unui segment de piață format în principal din IMM-uri.

- **Starea inițială a ideii de proiect**

#### **a) Idee**

b) Dezvoltare brevet

c) Dosar OSIM

d) Brevet OSIM

e) Brevet European

f) Brevet Internațional

g) Model experimental / Prototip

h) Alta.....

### **II. Impactul socio-economic estimat**

- **Rezultate estimate ale proiectului.** A se evidenția aspecte legate de:

- exploatarea afacerii rezultată în urma dezvoltării proiectului;

- dezvoltarea cifrei de afaceri, creare locuri de muncă, creșterea eficienței muncii, noi piețe, creșterea calității produselor, serviciilor și tehnologiilor, creșterea competitivității instituției, întreprinderii, etc.

*Se va preciza sursa de informare în care se găsesc indicatorii de stare și de progres asociați fiecărui aspect.*

Implicând un cost redus pentru material și realizarea capului ultrasonic, comenzile pentru realizarea găurilor prin electroeroziune ar fi într-o continuă creștere. Întreprinderile ce folosesc prelucrarea neconvențională cât și convențională ar putea fi piețele de extindere a firmei, la creșterea eficienței muncii. Tehnologia de prelucrare se va îmbunătăți crescând calitatea produsului și reducerea prețului de fabricație.

Din cauza competiției reduse pe piață, amortizarea investițiilor o să dureze maxim șase luni de zile, urmând ca din următoarele șase luni să avem un profit de până la 20%.

**III. Rezultate anterioare.** Vor fi disponibile pentru evaluatori rapoartele finale ale cecurilor de inovare implementate (dacă este cazul)

Nu există rezultate anterioare.

**IV. Tipul de activitate pentru care se solicită finanțare:**

- Cercetare industrială;
- Dezvoltarea experimentală;
- Studii de fezabilitate tehnică;
- Protecția drepturilor de proprietate intelectuală conform specificațiilor proiectului;
- Inovare de proces și organizațională în servicii;

- Procurarea de servicii suport și de consultanță pentru inovare.

**V. Resursele umane.** Echipa de implementare a furnizorului:

- Cristescu Mihai - Manager general
- Ion Alexandru – Specialist în proiectare

**VI. Durata proiectului** (max. 6 luni).

Durata proiectului este de 6 luni.

**VII. Buget estimat.**

Categorii de cheltuieli:

1. Cheltuieli cu personalul: 31400 Lei
2. Cheltuieli cu logistică: 3400+560+1906=5866 Lei
  - a) Cheltuieli de capital;
  - b) Cheltuieli privind stocurile;
  - c) Cheltuieli cu serviciile executate de terți;
3. Cheltuieli de deplasare: 1000 Lei
4. Cheltuieli indirecte: 3811.2 Lei

**Total: 42077 Lei**

## 5 STABILIREA SPECIFICAȚIILOR

Pe baza nevoilor primare am stabilit mărimile măsurabile corespunzătoare fiecărei nevoi, ținând seama de indicațiile privind traducerea nevoilor clienților în mărimi măsurabile și de specificațiile produselor concurente analizate.

### 5.1 Matricea cerințe – caracteristici de calitate

S-au prezentat principalele caracteristici și clasificarea acestora pentru produsul „cap ultrasonic cu vibrația sculei cu microgăuri prin eroziune” în tabelul următor:

Tabel 1. Caracteristicile produsului

Nr.	Denumirea Caracteristicii [unitatea de măsură]	Criterii de clasificare și grupe de caracteristici asociate acestora									
		Criteriul 3 Influența asupra calității			Criteriul 4 Natura caracteristicilor				Criteriul 5 Importanța caracteristicilor		
		Optimiz	Mărit	Reduc	Tehn	Econom	Social	Psihos	Princip	Secund	Minor
1.	Dimensiuni exterioare ale echipamentului [cm]			•	•				•		
2.	Asistare cu ultrasunete	•			•				•		
3.	Precizie ghidare sculă [μm]		•		•				•		
4.	Dimensiune electrod [mm]	•			•				•		
5.	Greutate maximă electrod [kg]	•			•				•		
6.	Adâncime prelucrare [mm]		•		•				•		
7.	Dimensiuni maxime ale piesei de prelucrat [mm]		•		•				•		
8.	Viteza maximă de prelucrare [mm <sup>3</sup> /min]		•		•				•		
9.	Cea mai bună rugozitate a suprafeței prelucrate [μm]			•	•				•		
10.	Siguranță	•						•	•		
11.	Design-Ergonomie	•						•		•	
12.	PREȚ [LEI]			•				•	•		

## 5.2 Matricea nevoi – caracteristici de calitate

Pentru a determina specificațiile obiectiv trebuie să găsim o corespondență între fiecare nevoie primară și mărimea măsurabilă ce o caracterizează. În legătură cu alcătuirea listei mărimilor se vor lua în considerare următoarele recomandări:

- Mărimile trebuie să fie dependente și nu independente;
- Mărimile trebuie să fie practice;

- Mărimile cu caracter subiectiv se elimină atunci când este posibil;

- Mărimile trebuie să includă criteriile populare de comparare. [10]

În tabelul 2 este prezentată matricea nevoi-caracteristici de calitate în cazul prelucrării cu cap ultrasonic cu vibrația sculei a microgăurilor prin electroeroziune:

Tabel 2 Matricea cerințelor – caracteristici de calitate

Nevoi		Caracteristici											
		Dimensiuni exterioare ale echipamentului [cm]	Asistare cu ultrasunete	Precizie ghidare sculă [μm]	Dimensiune electrod [μm]	Greutatea maximă a electrodului [kg]	Adâncime de prelucrare [mm]	Dimensiunile maxime ale piesei de prelucrat [mm]	Viteza maximă de prelucrare [mm <sup>2</sup> /min]	Cea mai bună rugozitate a suprafețelor prelucrate [μm]	Siguranță	Design - Ergonomie	Preț [LEI]
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Uzură maxima sculă		•	•	•	•	•						
2	Rugozitatea minima a suprafeței prelucrate		•							•			
3	Îmbunătățirea evacuării produselor rezultate din procesul EDM		•										
4	Vibrațiile electrodului sculă cu frecvența ridicată		•										
5	Minimizarea energiei de descărcare		•										
6	Creșterea adâncimii de prelucrare		•	•			•						
7	Scurtcircuitele dintre suprafața laterală a sculei și piesa prelucrată sunt reduse		•										
8	Reducerea retragerilor repetate ale electrodului-sculă din interstițiul de prelucrare		•						•				
9	Trecerea electrodului-sculă prin ghidaj deasupra și dedesubtul piesei			•			•						
10	Nivelul redus de intruire al utilizatorului										•	•	
11	Preț scăzut												•

## 5.3 Performanțe ale produselor concurente

### 5.3.1 Mașini de electroeroziune pentru găurire Sodick

Mașina de electroeroziune pentru găurire Sodick - prelucrare de mare viteză în jumătate din timp cu până la 200% (K-SMC Sodick Motion

Controller)- eficiență economică maximă. Mașinile utilizează motoare liniare și mecanisme de control simplificate, sistem de programare automat. Acestea asigură conexiunea dintre sistemul de comandă și control pentru a asigura un răspuns servo instant și un interstițiu de lucru optim. Este echipată cu dispozitiv de rezervare a energiei, poate reduce consumul mediu de energie cu până la 60%. [11]





Figura 5. Mașini de electroeroziune de realizare a găurilor Sodick [11]

### 5.3.2 Mașini de electroeroziune pentru găurire Ona

Mașinile de electroeroziune Ona seria DR sunt mașini rapide de realizare a găurilor prin electroeroziune. Sunt ecologice, deoarece utilizează apă normal. Materialele prelucrate pot fi diverse, de exemplu: oțel călit, oțel inoxidabil, carburi, cupru, aluminiu. Aceste mașini asigură o precizie ridicată, durată mai îndelungată a electrodului și productivitate ridicată. [12]



Figura 6. Mașini de electroeroziune de realizare a găurilor Ona DR-2 [12]

### 5.3.3 Mașini de electroeroziune pentru găurire Agie Charmilles



Figura 7. Mașini de electroeroziune de realizare a găurilor Agie Charmilles Drill 300 [13]

Noul modul generator pentru microeroziune integrat în zona de lucru pentru o eficiență în eroziune, mașina Drill 300 prelucrează suprafețe chiar mai mici de 1 mm<sup>2</sup>, cu o rugozitate de până la

0,05 μm. Această mică mașină cu performanțe extraordinare deschide o nouă arie de posibilități și de aplicații în domeniul de realizare a ceasurilor, domeniul medical, domeniul microelectric, cu o mai mică uzură a electrodului pentru prelucrarea pieselor din cupru și grafit. Mașina Drill 300 este echipată cu o masă fixă. Rezervorul de lucru și nivelul de dielectric sunt ajustate automat în funcție de greutatea piesei, ceea ce permite accesul mai facil al operatorului în zonele de lucru.



Figura 8. Modul de realizare a găurilor cu ajutorul Drill 300 [13]

Tabelul 3. Tabelul concurenței

Specificații		Model			
		Agie Charmilles Drill 300	Ona DR-2	Sodick K3HN	Dispozitiv
Cursa pe axele X-Y-Z (mm)		600 x 400 x 450	350 x 250 x 380	300 x 400 x 300	300 x 250 x 300
Dimensiunile mașinii	Lungime (mm)	300	1000	1 425	3000
	Lățime (mm)	1000	750	1 120	2000
	Înălțime (mm)	750	2000	2 080	3000
Dimensiuni masa de lucru	Lungime (mm)	2000	550	400	600
	Lățime (mm)	550	360	450	350
	Înălțime (mm)	350	300	400	400
Sarcina maximă pe masă (Kg)		1000	350	200	300
Intensitate generator (A)		30	30	30	50
Nivele voltaj		9	9	9	9
Diametru electrod (mm)		0.3 - 3	0.2 - 3	0.2 - 3	0.3 - 3
Greutatea mașinii (Kg)		3140	750	850	2500

## 5.4 Matricea clientului

**Etapa 1.** Utilizatorii cărora li se adresează această evaluare sunt persoane ce reprezintă interesele unor companii ce au nevoie de asemenea de echipamente, companii care indiferent de mărimea lor caută un produs bun d.p.d.v calitate/preț. [5]

**Etapa 2.** Identificarea caracteristicilor de calitate (VUP). Cele mai apreciate caracteristici ale unui echipament de prelucrat prin electroeroziune sunt:

- Precizie ghidare sculă;
- Dimensiuni exterioare ale echipamentului;
- Viteza maximă de prelucrare;
- Adâncime prelucrare.

**Etapa 3.** Stabilirea ponderilor pentru dimensiunile VUP. Ponderile caracteristicilor sunt centralizate într-un tabel.

**Etapa 4.** Evaluarea VUP a produselor

În figura de mai jos este reprezentată matricea clientului, folosind rezultatele din tabelul de la etapa a treia:

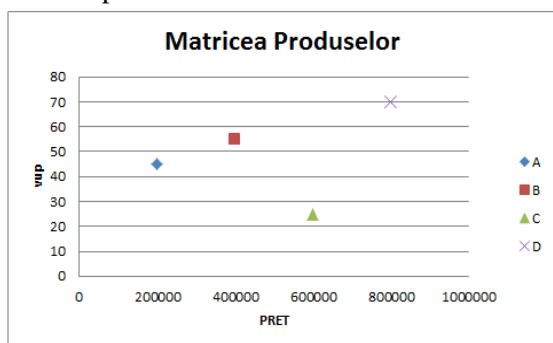


Figura 9. Matricea produselor concurente

**Etapa 5:** Determinarea pozițiilor pe matrice. În această etapă, se poziționează produsele în matricea clientului pe baza celor două variabile – prețul perceput și VUP

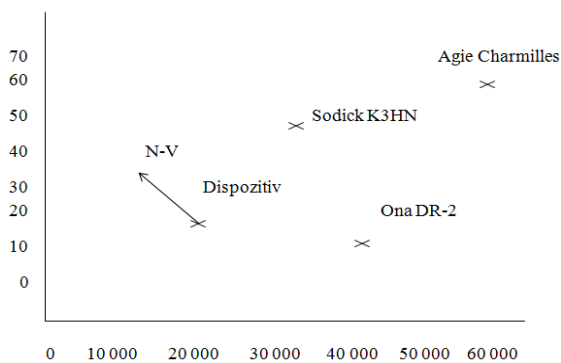


Figura 10. Matricea clientului

Concluzie: Prețul fiind printre cele mai mici, trebuie să se încerce mărirea valorii VUP, urmărindu-se

orientarea N-V a dispozitivului cap ultrasonic cu vibrația sculei pentru microgăuriri prin electroeroziune.

## 6 PROIECTARE CONCEPTUALĂ

### 6.1 Funcția generală și funcțiile componente

#### 6.1.1 Definierea funcției generale

Funcția generală este definită ca ansamblul însușirilor produsului prin care satisface nevoia pentru care se proiectează.

Pornind de la nevoia identificată, s-a stabilit că funcția generală a produsului dezvoltat este Cap ultrasonic cu vibrația sculei pentru microgăuriri prin electroeroziune

#### 6.1.2 Descompunerea funcției generale în funcții componente

Funcția generală se supune unui proces de analiză din care va rezulta în primul rând funcțiile principale și apoi cele secundare.

Funcțiile principale reprezintă însușiri ale produsului care determină funcția generală. Funcțiile secundare rezultă din interacțiunea funcțiilor principale între ele, și poartă denumirea de interacțiuni interne, și din interacțiuni dintre funcțiile principale și mediul în care acestea se dezvoltă și reprezintă interacțiuni externe. Funcțiile echipamentului sunt prezentate listat în tab. 4.

Tabelul 4. Funcțiile generale ale echipamentului de microgăuriri prin electroeroziune

Funcția generală	Prelucrarea microgăurilor prin electroeroziune în condițiile creșterii productivității și calității suprafeței prelucrate.
Nr crt	Funcțiile microgăuririi prin electroeroziune
1	Prinderea și reglarea echipamentului pe capul mașinii de lucru <i>Funcții secundare:</i> orientare, fixare, reglare
2	Ghidarea electrodului-sculă. <i>Funcții secundare:</i> -reglarea poziției suprafețelor de ghidare; -introducerea electrodului filiform în subasamblul de ghidare -reglarea presiunii ghidajelor prismatice pe suprafața electrodului-sculă
3	Alimentarea cu lichid dielectric prin interiorul ghidajului: <i>Funcții secundare:</i> - orientarea orificiului de spălare cu dielectric către zona de lucru;
4	Crearea cavității induse ultrasonic
5	Desprinderea piesei prelucrate.

### 6.1.3 Evidențierea problemelor critice

Funcțiile critice determină succesul comercial al produsului, și fac referire la nevoile cu importanță maximă.

La echipamentul de microgăuriri prin electroeroziune sunt reprezentate prin 2, 3, 4:

Tabelul 5. Lista funcțiilor critice

Nr. funcții	Funcția critică a produsului de microgăurire prin EDM
2	Reglarea perpendicularității piesei de prelucrat integrată
3	Alimentarea cu lichid dielectric cu presiune ridicată
4	Crearea cavității induse ultrasonic

### 6.1.4 Evidențierea fenomenelor naturale aplicabile

Fenomene cavitaționale induse ultrasonic: condiții pentru producerea cavitației la asistarea cu ultrasunete a procesului electroeroziv.

Formarea și dezvoltarea cavităților are loc în a doua semiperioadă (fig. 11) în care presiunea acustică creată ( $p_{ac}$ ) are valoare negativă ca și presiunea hidrostatică totală ( $p_{ht}$ ).

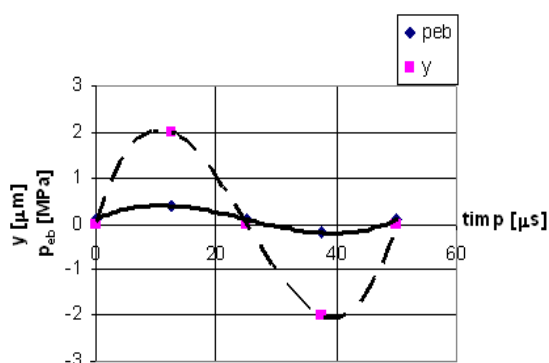


Figura 11. Variația elongației și presiunii în interstițiu la EDM+US

Presiunea  $p_{ht}$  este egală cu presiunea din exteriorul bulei ( $p_{eb}$ ), și se calculează conform formulei:

$$p_{eb} = p_{ac} \sin t + p_h \quad [\text{MPa}] \quad (1)$$

$$\text{unde: } \omega = 2\pi f_{us} \quad [\text{s}^{-1}] \quad (2)$$

și  $p_h$  este presiunea hidrostatică în interstițiul de prelucrare [MPa].

## 6.2 Cercetare externă pentru identificarea de soluții constructive noi

### Patente

#### Mașina de prelucrare a microgăurilor prin EDM

Pe aceasta mașină se poate face cel puțin o prelucrare mecanică convențională și încă o prelucrare ce ține de domeniul nanotehnologiei: ECM, EDM, microfrezare sau microgăurire.

Utilajul include și un braț ce ține piesa stransă în timpul desfășurării tuturor operațiilor de prelucrare, fără a fi necesar ca piesa să fie mutată. Astfel, se crește precizia dimensională.

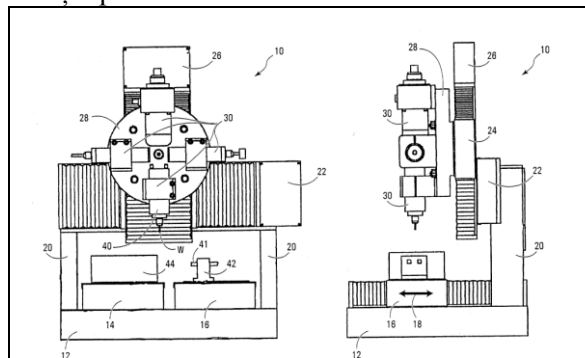


Figura 12 [Brevet US 20040168288 A1]

## 7 PROIECTAREA DETALIATĂ

Sistemele ultrasonice sunt instalații în care se produc și se transmit oscilațiile ultrasonice. În prezent, pentru aplicații industriale se folosește o gamă variată de instalații pentru producerea ultrasunetelor.

### 7.1 Cerințe privind funcționarea lanțurilor ultrasonice

Schematizarea cea mai generală acceptată pentru un sistem tehnologic cu ultrasunete este redată în fig. 13 și cuprinde:

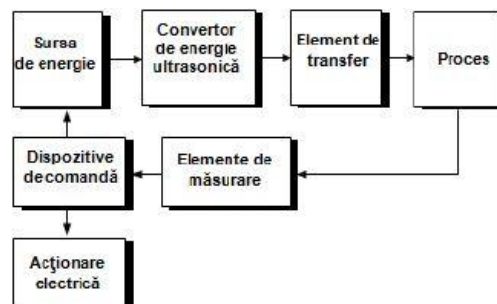


Figura 13. Schema de principiu a unui sistem ultrasonic

### 7.2 Lanț ultrasonic care include electrodul sculă pentru microgăurire la electroeroziune

Realizarea lanțului acustic constă în realizarea pieselor componente ale transductorului, asamblarea lor și cuplarea cu concentratorul. Realizarea transductorului constă în realizarea pieselor componente: un element de capăt, o pereche de discuri piezoceramice, un element activ, un șurub central, electrozi pentru conectarea la generatorul electronic, sub forma unor plăcuțe de tablă. Structura unui lanț ultrasonic se prezintă în fig. 14.



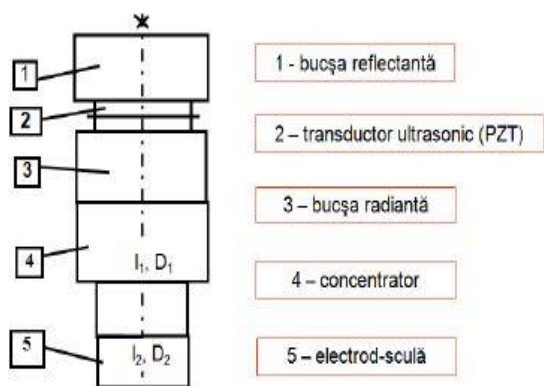


Figura 14. Structura lanțului ultrasonic la EDM+US [14]

### 7.3 Descriere

Partea superioară a echipamentului se assemblează pe capul de lucru (2) al mașinii folosind șuruburi pentru canale T (1). Perpendicularitatea axului ultrasonic și implicit a electrodului sculă în raport cu masa mașinii se reglează cu ajutorul ansamblului superior (3). Acesta conține două suprafețe sferice conjugate aparținând flanșelor. Perpendicularitatea se reglează rotind cele patru șuruburi verticale (4), arcurile (5) având rolul de a menține contactul dintre ele.

Lanțul ultrasonic este prins de flanșa superioară cu ajutorul a patru tiranți (tije filetate) (6). Aceștia se fixează pe flanșa nodală (7) poziționată într-un punct nodal – are amplitudinea de oscilație, în lanțul ultrasonic formându-se unde staționare – punctele situate pe axa longitudinală vibrează cu amplitudine constantă. Transductorul piezoceramic (8) este alimentat de la

generatorul de ultrasunete cu o tensiune de 1200 V cu frecare ultrasonică (40000 Hz).

Materialele piezoceramice, în cazul de față titanat zirconat de plumb, au proprietatea de a-și modifica dimensiunea atunci când se afla într-un câmp electric variabil. Oscilațiile transductorului PZT sunt transmise în lungul lanțului ultrasonic prin bucușă radiantă (9) și concentratorul ultrasonic (10) și în final la electrodul sculă (11) sub forma de fir poziționat într-un ventru.

Electrodul sculă este prins pe concentratorul ultrasonic cu ajutorul a două prisme (12) care au pe exterior o suprafață înclinată (două semi-pene) iar în interior la contactul dintre ele există două suprafețe prismatice.

La partea inferioară a echipamentului se găsește subansamblul de ghidare a electrodului sculă (13). Acesta este necesar deoarece electrodul sculă sub forma filiformă are rigiditate foarte redusă. Ghidarea se realizează folosind trei elemente, două la partea superioară și inferioară (14) și unul intermediar, realizat din material izolator electric și coeficient de frecare mic (ex.: textolit).

Ghidajul inferior prezintă niște microfante care asigură spălarea laterală a electrodului sculă (lichid dielectric). Ghidajul intermediar prezintă două suprafețe prismatice care fac contrast cu electrodul sculă. Presiunea de contact dintre ghidaj și electrodul sculă se reglează cu ajutorul unor arcuri. Subansamblul de ghidare inferior se prinde pe masa mașinii folosind tije (șuruburi) pentru canale T (15). Ghidajele sunt prinse pe o traversă a cărei poziție poate fi reglată folosind niște suprafețe sferice.

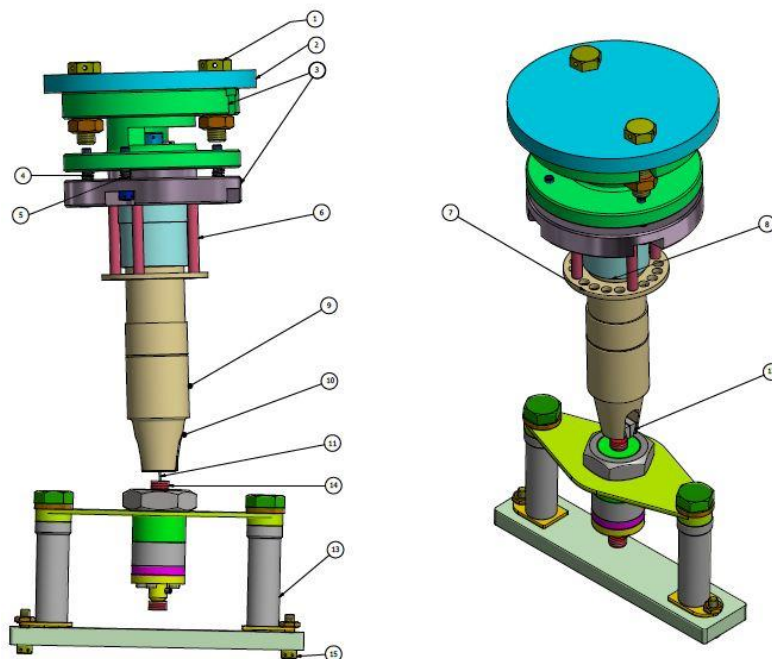


Figura 15. Lanț ultrasonic care include electrodul sculă pentru microgăurire la electroeroziune

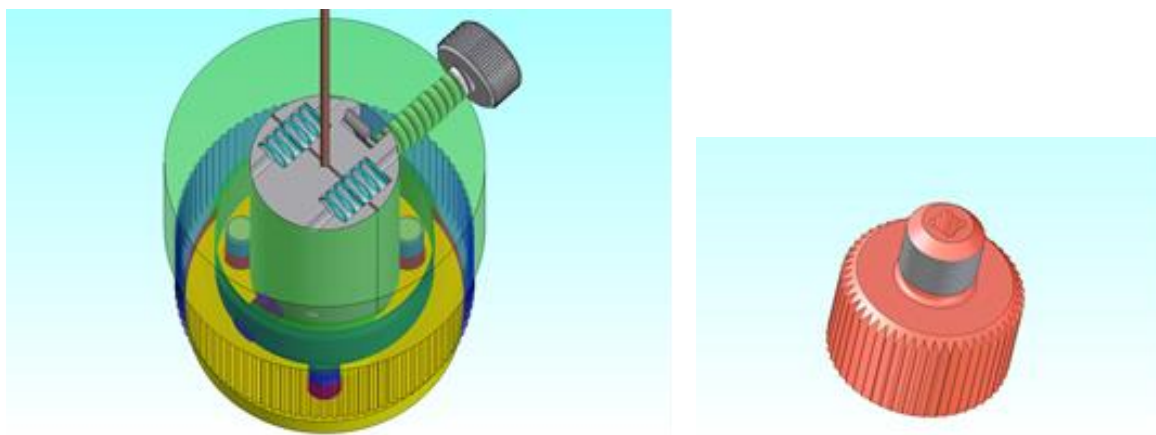


Figura 16. Detalii ghidare electrod filiform pentru microgăurire

## 8 CONCLUZII

Tehnologia rezultată din proiect, de asistare cu ultrasunete a micro-electroeroziunii (micro-Electrical Discharge Machining -  $\mu$ EDM+US) constă în oscilații longitudinale ale sculei cu frecvență de 40 kHz, ceea ce asigură mai multe îmbunătățiri ale procesului electroeroziv de prelevare a materialului: evacuare eficientă a particulelor prelevate din interstițiu, creșterea spectaculoasă a productivității prelucrării datorită mecanismului ultrasonic suplimentar de prelevare a materialului, creșterea calității suprafeței prelucrate (reducerea rugozității și a stratului alb de material topit și topit prelevat și îndepărtarea microvârfurilor suprafeței prelucrate la nivel microgeometric datorită undelor de șoc ultrasonice, orientate paralel cu suprafața prelucrată.

## 9 BIBLIOGRAFIE

[1] Marinescu, N.I., Ghiculescu, D., Nanu, S. Ghiculescu, Daniela, Kakarelidis, G., (2011) Technological parameters comparatively studied by fem at classic and ultrasonic aided microelectrodischarge machining, Nonconventional Technology Review, nr. 3, p. 51-56, ISSN 1454-3087;

[2] Murali, M. & Yeo, SH, Biocompatibilitatea rapidă a fabricării microdispozitivului de prelucrare prin electroeroziune;

[3] Ghiculescu, D., (2014), Tehnologie și echipament de înaltă productivitate și precizie pentru micro-electroeroziune asistată de ultrasunete;

[4] <http://premiileinovatiei.ro> , Accesat la data: 12.05.2015;

[5] Băilă, N., (1996), Tendințe actuale ale cercetării tehnologice din construcția de mașini în Construcția de mașini, vol. 48;

[6] <http://sodick-edm.ro> , Accesat la data: 12.05.2015;

[7] <http://www.alfamm.ro/> , Accesat la data: 12.05.2015;

[8] Marinescu, N., Ghiculescu, D., Titu, A., Nanu, A. S., (2011), Cerere Brevet de Incentie – Echipament pentru prelucrarea simultana prin electroeroziune asitata de ultrasunete a microgaurilor;

[9] <http://uefiscdi-direct.ro> ;

[10] Ghiculescu, D., Tehnici și instrumente de îmbunătățire a managementului (curs);

[11] <http://www.sodick.com>;

[12] <http://www.ona-electroerosion.com/> ;

[13] <http://www.gfms.com/> ;

[14] Ghiculescu, D., (2004), Prelucrări neconventionale, Printech.