

# ECHIPAMENT PENTRU MICROGĂURIREA EDM ASISTATĂ DE ULTRASUNETE

DRĂGAN<sup>1</sup> Nicușor-Bogdan<sup>1</sup>, STAICU<sup>2</sup> Alexandru-George<sup>2</sup>, ȘCHIOPU<sup>3</sup> Mădălin-Cosmin<sup>3</sup>,  
NEDELCU Corina Madalina<sup>4</sup>, STOIAN Anca<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Facultatea:IMST, Specializarea: INPN, Anul de studii:1, e-mail: nicusorbogdandragan@yahoo.ro

Conducător științific: Prof.dr.ing. **Liviu-Daniel Ghiculescu**, Prof.dr.ing **NICULAE Marinescu**

*REZUMAT: Prezenta lucrare de cercetare are rolul de a studia stadiul actual al echipamentelor de prelucrare a microgăurilor prin procedeul hibrid de microgăurire EDM asistată de ultrasunete. Se urmărește realizarea unui lanț ultrasonic, prin intermediul proiectării conceptuale, ce va duce la construirea unui echipament ultrasonic . Echipamentul ultrasonic va fi montat pe mașina de electroeroziune din laboratorul facultății IMST în vederea realizării experimentelor practice de microgăurire EDM asistată de ultrasunete.*

*CUVINTE CHEIE: microgăurire EDM, lanț ultrasonic, echipament ultrasonic, mașină de electroeroziune.*

## 1. Introducere

EDM (electrical discharge machining) sau electroeroziunea reprezintă acel procedeu neconvențional ce se bazează pe descărcări electrice succesive amorțate între electrodul sculă și semifabricat (scufundat într-un lichid dielectric), acestea două fiind din materiale electroconductive. EDM reprezintă una dintre cele mai răspândite prelucrări neconvenționale, aflată în faza de maturitate, utilizat în special în producția de matrițe.

Procedeul EDM este un procedeu de natură termică, ce ajută la prelevarea materialelor prin energia termică produsă. Datorită acestui fapt, pot fi prelucrate semifabricate din materiale cu o duritate foarte ridicată sau nefezabilă pentru procedeele de tip așchiere. Pot fi generate suprafețe de dimensiuni micrometrice ( de la 1...999 μm) prin procedeul de microgăurire EDM. Cu toate acestea, interstițiul de prelucrare având între 1 și 5 μm, evacuarea particulelor este dificilă și poate provoca o instabilitate a procesului. Acest lucru se manifestă prin fenomene frecvente de scurt circuit între sculă și piesă rezultând o reducere a performanțelor tehnologice.

Pentru a evita acest fenomen, se încearcă găsirea unei soluții prin asistarea procesului EDM cu un alt proces pentru a îmbunătăți evacuarea particulelor prelevate. O soluție, ce va fi prezentată și lucrarea actuală, ar fi adăugarea vibrațiilor ultrasonore pe direcție transversală electrocului sculă, rezultând un proces hibrid de microgăurire EDM asistată de ultrasunete ( μEDM+US). Fenomenologia pe care se bazează procesul este acela de modificare dimensională a interstițiului de prelucrare prin generarea unor vibrații de înaltă frecvență a presiunii alternative în așa fel încât ajută la evacuarea mult mai eficientă a particulelor, la creșterea productivității rezultând piese cu suprafețe prelucrate mult mai calitativ.[1]

Procedeul hibrid fiind încă în fază de cercetare, nu se comercializează mașini unelte pentru prelucrarea de electroeroziune asistată de ultrasunete. Mașina unealtă pentru o astfel de prelucrare constă dintr-un echipament ultrasonic montat pe o mașină normală de electroeroziune.

## 2. Stadiul actual

Efectele benefice aduse de vibrațiile ultrasonore în prelucrările prin electroeroziune sunt cunoscute de aproape un deceniu.

Masuzawa împreună cu colaboratorii săi au adăugat vibrația 2D (mișcarea sinusoidală a sculei) la procesul de prelucrare prin EDM pentru prelucrarea găurilor profunde, rezultând o mărire a efectului de spălare. Ghoreishi și Atkinson au demonstrat că în urma combinării mișcării de rotație cu vibrații are loc o îndepărtare mult mai mare de material.

Au fost realizate cercetări experimentale cu privire la asistarea cu vibrații ultrasonore a microgăuririi EDM. Astfel au fost realizate aplicații experimentale prin aplicarea de vibrații asupra piesei, sculei sau lichidului dielectric.[2].

Au fost efectuate o serie de experimente pe o mașină Panasonic MG-ED72W de micro EDM. Un sistem de vibrații ultrasonice, având o putere de 45 kW a fost utilizat în experiment.

Sistemul de vibrații ultrasonice a fost legat la piesă așa cum se vede în figura 1. Amplitudinea vibrației utilizate a fost de aproximativ 6  $\mu\text{m}$ . Condițiile experimentale au fost următoarele:

- Materialul piesei: oțel inoxidabil ( grosimea materialului este de 2 mm);
- Materialul electrodului-sculă: carbură de tungsten;
- Diametrul electrodului sculă: 90  $\mu\text{m}$ ;
- Capacitate: 1000...3300 (pF);
- Voltaj: 80, 100 V;
- Rata de alimentare programată: 5, 10,15 ( $\mu\text{m}/\text{sec}$ );
- Frecvența ultrasonică: 41.616 KHz;
- Amplitudinea vibrației: 0, 6 ( $\mu\text{m}$ );

Toate experiențele au fost conduse prin realizarea unor găuri de adâncime 3000  $\mu\text{m}$ . Alimentarea electrodului sculă a fost notată din 5 în 5 minute, începând cu prima scânteie. Timpul de găurire a fost și el înregistrat cu intervale uniforme pentru a cunoaște timpul de prelucrare în funcție de diametru și adâncime.

S-a observat că găurirea cu o adâncime de 2 mm ( gaură pătrunsă) a fost posibilă prin adăugarea de vibrații ultrasonice pieselor. Geometria găurii prelucrate a fost studiată cu un microscop optic. Rugozitatea este măsurată prin contact utilizând XP-2 profilometru de stil.

Avansul mediu (tabelul 1) obținut prin asistarea de vibrații ultrasonore asistat de ultrasunete a fost mult mai mare decât la EDM simplu. [2].

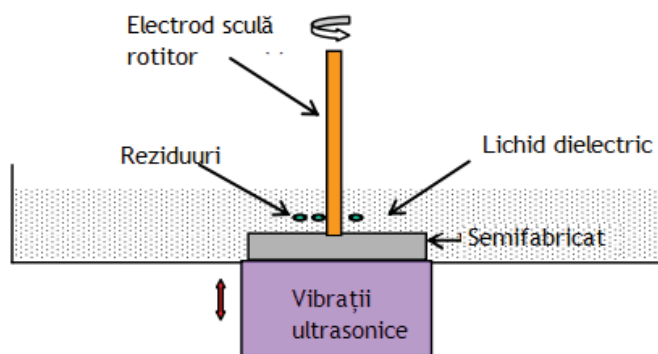


Fig. 1 Schema experimentală [2]

**Tabelul 1. Avansul mediu[2].**

Parametri de proce (Capacitate, Voltaj,avansul)	Avansul mediu obținut fără vibrații ultrasonore	Avansul mediu obținut cu vibrații ultrasonore
3300 PF, 110 V, 15 $\mu\text{m}$	2724.8 $\mu\text{m}$	3000 $\mu\text{m}$
3300 PF, 110 V,10 $\mu\text{m}$	2719.2 $\mu\text{m}$	3000 $\mu\text{m}$
3300 PF, 110V, 5 $\mu\text{m}$	2412.3 $\mu\text{m}$	3000 $\mu\text{m}$
1000 PF, 80 V, 15 $\mu\text{m}$	1784.1 $\mu\text{m}$	2678.9 $\mu\text{m}$
1000PF, 80V, 10 $\mu\text{m}$	1542.8 $\mu\text{m}$	2600 $\mu\text{m}$
1000 PF, 80 V, 5 $\mu\text{m}$	919.9 $\mu\text{m}$	3000 $\mu\text{m}$

Un alt beneficiu al microgăuririi EDM asitată de ultrasunete o reprezintă timpul mult mai mic de prelucrare.În cazul rugozității se poate vedea diferența între cele două procedee în tabelul 2.

**Tabelul 2. Rugozitatea[2].**

Parametri de proce (Capacitate, Voltaj,avansul)	Rugozitate obținută fără vibrații ultrasonore	Rugozitatea obținută cu vibrații ultrasonore
3300 PF, 110 V, 15 $\mu\text{m}$	0.03 $\mu\text{m}$	0.17 $\mu\text{m}$
3300 PF, 110 V,10 $\mu\text{m}$	0.06 $\mu\text{m}$	0.08 $\mu\text{m}$
3300 PF, 110V, 5 $\mu\text{m}$	0.08 $\mu\text{m}$	0.09 $\mu\text{m}$
1000 PF, 80 V, 15 $\mu\text{m}$	0.06 $\mu\text{m}$	0.07 $\mu\text{m}$
1000PF, 80V, 10 $\mu\text{m}$	0.13 $\mu\text{m}$	0.14 $\mu\text{m}$
1000 PF, 80 V, 5 $\mu\text{m}$	0.06 $\mu\text{m}$	0.11 $\mu\text{m}$

### 3. Proiectarea conceptuală

În acest capitol se urmărește realizarea arhitecturii produsului în vederea obținerii echipamentului ultrasonic prin identificarea funcției generale și a funcțiilor componente ale produsului, studierea echipamentelor brevetate și a produselor ce vor forma ansamblul final.

#### 3.1 Funcția generală și funcțiile componente

Pentru identificarea funcției generale și a funcțiilor componente, vor fi formulate cerințele de produs, în tabelul 3.

**Tabelul 3. Identificarea funcțiilor de produs**

Formularea Cerinței	Implicația Funcțională identificată
Realizarea de microgăuri în materiale electroconductive	Prelucrarea de microgăuri
Prelevarea materialului prin interstițiul de prelucrare fără a produce scurt circuit	Prelevarea corectă a materialului
Prelucrarea microgăurilor într-un timp cât mai scurt	Timp redus de prelucrare
Transformarea frecvenței industriale a curentului alternativ de la rețea în curent cu frecvență ultrasonică	Transformă frecvența curentului
Transformă energia electrică cu frecvență ultrasonică primită în energie mecanică de oscilație cu frecvență ultrasonoră.	Transformă tip de energie
Produsele vor fi asamblate în vederea obținerii echipamentului de electroeroziune asistată de ultrasunete	Permite asamblarea
Echipamentul ultrasonic va fi montat pe o mașină EDM	Permite montarea
Materialele din care sunt construite produsele să îndeplinească condițiile impuse de procedeul de prelucrare	Materiale specifice

Prelucrarea de microgăuri reprezintă funcția generală a produsului finit, restul funcțiilor componente însoțind funcția generală pentru obținerea produsului final.

Astfel:

- Prelucrarea de microgăuri reprezintă operația de EDM+US ce are drept rezultat obținerea de microgăuri în piese din materiale electroconductive. Au loc descărcări electrice succesive între electrodul sculă și piesa. În acest timp electrodul este supus unor oscilații transversale cu ajutorul lanțului ultrasonic;
- Prelevarea corectă a materialului se realizează cu ajutorul concentratorului ultrasonic. Datorită mișcării oscilatorii a electrodului sculă materialul este evacuat cu ușurință prin interstițiul de prelucrare foarte mic dintre electrodul sculă și piesă;
- Timpul redus de prelucrare este realizat tot cu ajutorul lanțului ultrasonic care sporește viteza de prelucrare;
- Transformă frecvența curentului - generatorul de ultrasunete are rolul de a transforma frecvențele industriale ale curentului alternativ de la rețea în curent cu frecvență ultrasonică ce este aplicat transductorului;
- Transformă tip de energie - Acest lucru se realizează cu ajutorul transductorului piezoceramic care transformă energia primită de la generatorul de ultrasunete în energie mecanică de oscilație cu frecvență ultrasonoră.

#### 3.2 Cercetare externă

Acest domeniu de prelucrare neconvențională fiind încă în stadiul de cercetare experimentală, se vor prezenta modele de echipamente de microgăurire EDM asistată de ultrasunete patentate, aflate în stadiul de concepte (tabelul 4). Acestea constau în echipamente de generare a vibrațiilor ultrasonore adaptate pe mașini de electroeroziune.

**Tabelul 4. Echipamente de prelucrare a microgăurilor prin EDM+US**

Poza	Caracteristici	Valoare
	Curentul de descărcare, $i_e$	4 A
	Timpul de descărcare, $t_e$	4 $\mu$ s
	Tensiunea, $U_i$	150 V
	Frecvența ultrasonică	59 HZ
	Amplitudinea	2.7, 3.5, 4.9 și 6.2 mm
	Rotații	100 rot/min
	Tensiunea, U	200 V
	Intervalul de timp dintre impulsuri, $T_0$	6.4 $\mu$ s
	Amplitudinea vibrațiilor	0,15 $\mu$ s
	Intensitatea curentului, I	4,8 A
	Durata de descărcare	6.4 ,12.5,25,50 $\mu$ s
		Intensitatea curentului, I
Tensiunea, U		200 V
Timpul de impuls, $t_i$		6,5 $\mu$ s
Timpul de repaus, $t_0$		10
Frecvența ultrasonică		40 kHz
<p>Fig. 2. Schema Instalației experimentale prezentată în documentul de cercetare „ Effects of the Edm Combined Ultrasonic Vibration on the Machining Properties of Si3N4”[4]</p> <p>Fig. 3 Schema echipamentului de prelucrare prezentat în lucrarea „ The Effect of Ultrasonic Vibration of workpiece in Electrical Discharge Machining of AISIH13 Tool Steel” [4]</p> <p>Fig. 4 Diagrama schematică a echipamentului de EDM+US utilizat în lucrarea „Ultrasonic assisted electrical discharge machining for high aspect ratio blind holes “ [5]</p>		

### 3.3 Arhitectura echipamentului

În figura 4 este prezentată arhitectura echipamentului de microgăurire EDM asistată de ultrasunete. Lanțul ultrasonic format din bușca reflectantă, transductorul piezoceramic, bușca radiantă și concentratorul ultrasonic, pe care este asamblat prin lipitură cu argint electrodul sculă din cupru, va fi prins în mașina de electroeroziune cu un dispozitiv special. Generatorul de ultrasunete, care transformă frecvența industrială a curentului alternativ de la rețea în curent cu frecvență ultrasonică va fi conectat la transductorul piezoceramic, care transformă energia electrică cu frecvență ultrasonică primită în energie mecanică de oscilație cu frecvență ultrasonoară. Astfel, se vor obține oscilațiile longitudinale dorite în procesul de microgăurire EDM asistată de ultrasunete. Va fi realizat și un dispozitiv de ghidare al electrodului sculă pentru a evita ruperea acestuia în timpul prelucrării.

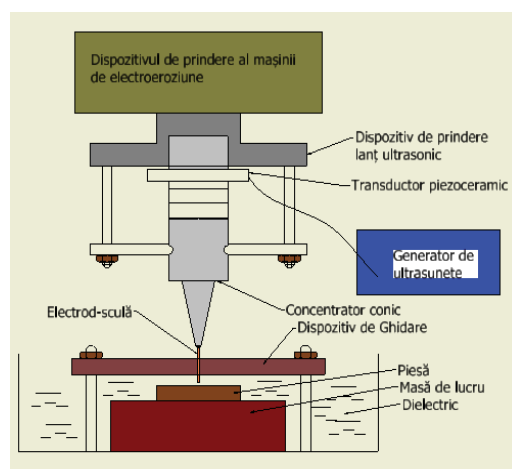


Fig 4. Schema arhitecturală a echipamentului EDM+US

## 4. STABILIREA SPECIFICAȚIILOR

În acest capitol a fost indicat clar segmentul de piață pe care îl vizează fabricarea acestui produs. Este vorba despre segmentul utilizatorilor de mașini de microelectroeroziune la care potențialii clienți urmăresc obținerea caracteristicilor de precizie și calitate superioară a suprafețelor obținute, posibilitatea obținerii de alezaje cu diametre cât mai mici din domeniul micro, productivitate ridicată, gabarit redus al mașinii și desigur un preț de achiziție minim.

Având în vedere faptul că produsul prezentat este reprezentat de îmbunătățirea caracteristicilor unui produs existent, acesta trebuie să se ridice la nivelul produselor existente la acest moment în piață. Un studiu succint asupra produselor din piață poate oferi o imagine a caracteristicilor de îndeplinit pentru produsul studiat.

### 4.1. Matricea cerințe-caracteristici de calitate

Pentru determinarea caracteristicilor de referință ale produselor din piață s-au selectat patru produse pentru a fi analizate în matricea clientului. Acestea au fost selectate aleatoriu în funcție de relevanța căutărilor în mediul online. Este vorba despre următoarele produse, fig.5:

- A. KINGRED Small Hole EDM KD703A, [6];
- B. SARIX SX-100-HMP, [7];
- C. Mikrottools DT-110 Hybrid  $\mu$ EDM, [8];
- D. Sanxing SXD720C, [9].



Fig.5 Mașini de microelectroeroziune selectate din piață pentru stabilirea specificațiilor de referință pentru produsul ales [6], [7], [8], [9]

Pentru aceste mașini de microelectroeroziune au fost extrase caracteristicile considerate importante de către client. Este vorba despre unsprezece caracteristici ce cumulează un total de 100% pe scara importanței. S-a acordat un procent din acest total pentru fiecare caracteristică, în funcție de importanța individuală considerată de către client. Simultan, pentru fiecare caracteristică, s-a analizat care sunt

valorile maxime, minime și intermediare, acordându-se valoarea 1 pentru valoarea maximă, 0 pentru valoarea minimă și valori calculate între 0 și 1 pentru cele intermediare. Aceste valori conduc la stabilirea valorii de utilizare percepute, fapt evidențiat în tabelul 5, tabelul 6.

**Tabelul 5. Obținere valoare percepută de utilizare VUP**

Nr crt	Caracteristica	A KINGRED		B SARIX		C MIKROTOOLS		D SANXING		pondere importanță [%]
		Xi	Xir	Xi	Xir	Xi	Xir	Xi	Xir	
1	L mașină [mm]	1000	0.71	800	1.00	1500	0.00	950	0.79	8
2	l mașină [mm]	1000	0.25	700	1.00	1100	0.00	750	0.88	8
3	h mașină [mm]	1900	0.00	1200	1.00	1900	0.00	1700	0.29	8
5	Lungime masă lucru [mm]	440	0.56	510	1.00	350	0.00	430	0.50	6
6	Lățime masă lucru [mm]	320	1.00	270	0.58	200	0.00	320	1.00	6
7	Toleranță de poziționare [μm]	4	0.00	2	1.00	4	0.00	4	0.00	15
8	Diametru minim alezaje realizate [mm]	0.2	0.36	0.045	0.91	0.019	1.00	0.3	0.00	15
9	Viteza de avans maximă pe axa Z [mm/min]	2200	1.00	600	0.20	2000	0.88	200	0.00	10
10	Turație maximă cap [rpm]	500	0.08	600	0.10	5000	1.00	120	0.00	7
17	Masa maximă a piesei prelucrate [kg]	300	0.85	20	0.00	350	1.00	250	0.70	7
18	Preț [euro]	30000	0.69	66000	0.14	75000	0.00	9500	1.00	10
TOTAL VUP		38.91		64.80		37.75		39.45		100

Xi – valoarea caracteristicii; Xir – valoarea relativă a caracteristicii;

**Tabelul 6**

Produs de valoare relativă și pondere importanță, pentru calculul VUP	A	5.714	2	0	3.375	6	0	5.338	10	0.545	5.939	6.87	38.91
	B	8	8	8	6	3.5	15	13.61	2	0.689	0	1.374	64.8
	C	0	0	0	0	0	0	15	8.75	7	7	0	37.75
	D	6.286	7	2.286	3	6	0	0	0	0	4.879	10	39.45

## 4.2 Performanțe ale produselor concurente

Din analiza datelor rezultate în tabelele anterioare s-a remarcat faptul că produsul cu o valoare percepută de utilizare maximă, din comparația respectivă, este mașina de microelectroeroziune SARIX SX-100-HMP, cu o valoare VUP de 64,8%. Acest fapt îi asigură primul loc în piață la momentul actual. În ciuda faptului că se bucură de această poziție în piață, produsul are și un preț ridicat. Acest lucru este vizibil și în dependența VUP-preț evidențiată în figura 6.

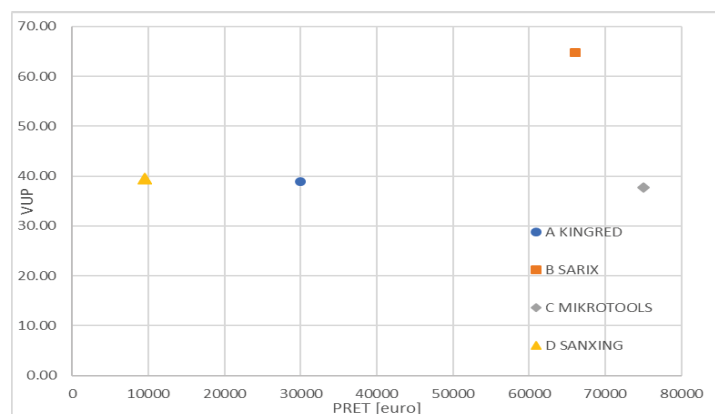


Fig.6. Dependența VUP-preț pentru produsele studiate

Cu toate acestea, valoarea crescută a VUP îi asigură caracterul de produs referință pentru elaborarea caracteristicilor pe care trebuie să le includă un viitor produs care va intra pe piață, în același segment.

#### 4.3 Valorile obiectiv și limită – acceptabile pentru caracteristici de calitate

Strategia de obținere a avantajului competitiv durabil este de a crea un produs care încorporează valori maxime ale caracteristicilor cerute de către clienți și care să fie comercializat la un preț egal sau sub prețul unui produs din piață ce are caracteristici asemănătoare.

Astfel, se va concentra atenția asupra caracteristicilor produsului cu cea mai mare valoare de utilizare percepută, respectiv asupra valorilor caracteristicilor produsului SARIX SX-100-HMP. Pot fi vizate și caracteristici ale altor produse studiate, dar care sunt superioare produsului SARIX SX-100-HMP în ceea ce privește valorile unor caracteristici.

S-a realizat, considerând ideile enunțate anterior, un tabel cu caracteristicile cu valori maxime, ale celor patru produse prezente pe piața studiată, tabel 7. Acestea vor servi drept obiectiv pentru produsul realizat.

**Tabel 7. Valori maxime ale caracteristicilor**

Caracteristica	Valoarea maximă	Caracteristica	Valoarea maximă
L mașină [mm]	800	Diametru minim alezaje realizate [mm]	0,019
l mașină [mm]	700	Viteza de avans maximă pe axa Z [mm/min]	2200
h mașină [mm]	1200	Turație maximă cap [rpm]	5000
Lungime masă lucru [mm]	510	Masa maximă a piesei prelucrate [kg]	350
Lățime masă lucru [mm]	320	Preț [euro]	9500
Toleranță de poziționare [ $\mu$ m]	2		

#### 5. Fabricarea – testarea prototipului produsului

În ceea ce privește fabricarea și testarea prototipului, se va încerca realizarea acestora conform tendințelor actuale, care implică un pas premergător testării, respectiv modelarea cu ajutorul unor programe CAD (Computer Aided Design). Aceste pachete de programe permit realizarea modelelor virtuale ale prototipului și calcularea estimativă, cu o eroare minimă, a valorilor caracteristicilor viitorului prototip fabricat.

Având în vedere faptul că, la acest moment, pentru produsul studiat, putem discuta doar despre o formă virtuală a prototipului, se vor aplica diverse analize asupra modelului virtual, pentru a stabili atât anumite caracteristici și interdependențe ale acestora, cât și viitorul comportament al prototipului în funcție de variabilele de utilizare.

Un exemplu concret de utilizare al proiectării modelului virtual al prototipului este reprezentat de obiectul de studiu al cercetării realizate în cadrul studiilor de licență. Discuția se face pe baza lucrării “Modelarea și experimentarea unui lanț ultrasonic pentru microgăurirea prin EDM asistată de ultrasunete”, lucrare elaborată în colaborare cu ing. Nicușor Bogdan DRĂGAN, sub îndrumarea domnului profesor Daniel GHICULESCU, [1].

În această lucrare s-a pornit de la concepția unui concentrator cilindric în două trepte, cu limitarea diametrului treptei superioare la valoarea de 35 mm. S-a dorit obținerea unui concentrator ultrasonic cu o frecvență proprie de 40 kHz. Prin intermediul proiectării, a fost construit modelul virtual al concentratorului, realizat în două trepte, una cilindrică și una conică.

Întegrarea acestui concentrator în lanțul ultraacustic avea să fie realizată prin intermediul unui șurub. Continuarea lanțului prin integrarea electrodului sculă a introdus un concept nou, de lipire a electrodului sculă cu argint pe suprafața frontală a porțiunii conice a concentratorului, concept ușor de realizat în mediul virtual, fig.3.

După obținerea frecvenței țintă în mediul virtual, s-a trecut la obținerea fizică a prototipului, folosind material OLC45 pentru concentrator și cupru pentru electrodul sculă. După realizarea fizică a prototipului, la testarea acestuia s-a obținut o frecvență de 40.263 kHz, valoare apropiată de valoarea țintă, fig.7.

Această cercetare confirmă ideea că pot fi preconizate anumite rezultate în faza de modelare, înainte de a investi în execuția efectivă.

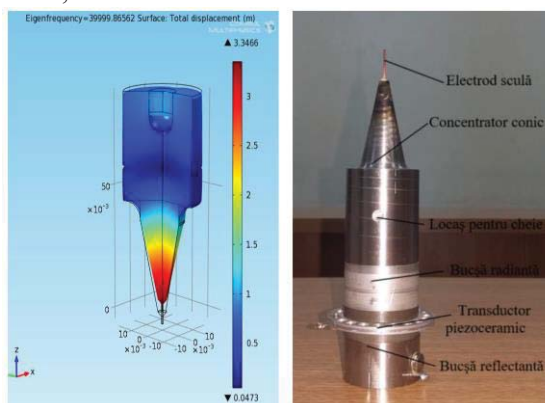


Fig.7 Modelarea concentratorului cu ajutorul programului Comsol Multiphysics și produsul fizic realizat pe baza dimensiunilor stabilite prin modelare [1]

## 6. Proiectarea detaliată

Lucrarea se referă la un echipament de microgăurire prin electroeroziune asistată de ultrasunete cu vibrarea electrodului-sculă tubular sau netubular cu frecvență ultrasonică pe direcția axei microgăurii.

Electrodul-sculă este ghidat multiplu pentru asigurarea unor deformații minime cu ajutorul unui dispozitiv care cuprinde două bucși de ghidare și două prisme mobile în “V” la 120° din materiale electroizolante și coeficient de frecare redus, care realizează un ajustaj alunecător cu electrodul-sculă, prin deplasarea pe o suprafață conică a celor două prisme.

Bucșa inferioară prezintă niște fante longitudinale prin care circulă lichidul dielectric în vederea spălării laterale a electrodului-sculă în timpul prelucrării.

Dispozitivul port sculă se poate roti în jurul axelor conținute în plan orizontal cu ajutorul unei suprafețe sferice în vederea asigurării coaxialității axelor lanțului ultrasonic și a suprafețelor de ghidare ale electrodului-sculă.

De asemenea, dispozitivul de ghidare poate fi poziționat la distanță minimă față de suprafața frontală a piesei prelucrate în vederea ghidării optime, cu ajutorul unor ghidaje laterale în suportul acestuia. Alimentarea cu lichid dielectric se realizează în piulița inferioară printr-un ștuț filetat.

Principala necesitate a acestor dispozitive o constituie înlăturarea jocurilor și a erorilor de coaxialitate a electrodului sculă tubular și axa găurii, dar și asigurarea montării dispozitivelor pe o mașină clasică de electroeroziune prin intermediul placilor cu canale T.

Dispozitivele asigură următoarele avantaje: asigură prelucrarea unor piese cu o gamă dimensională largă, asigură precizie ridicată prin ghidarea electrodului sculă pe lungime mare și cât mai aproape de piesa prelucrată.

În figura 8 sunt prezentate elementele constructive generale a dispozitivelor port sculă și de ghidare după cum urmează: dispozitivele se montează pe plăcile cu canale T ale mașinii clasice poziția (1) și (18).



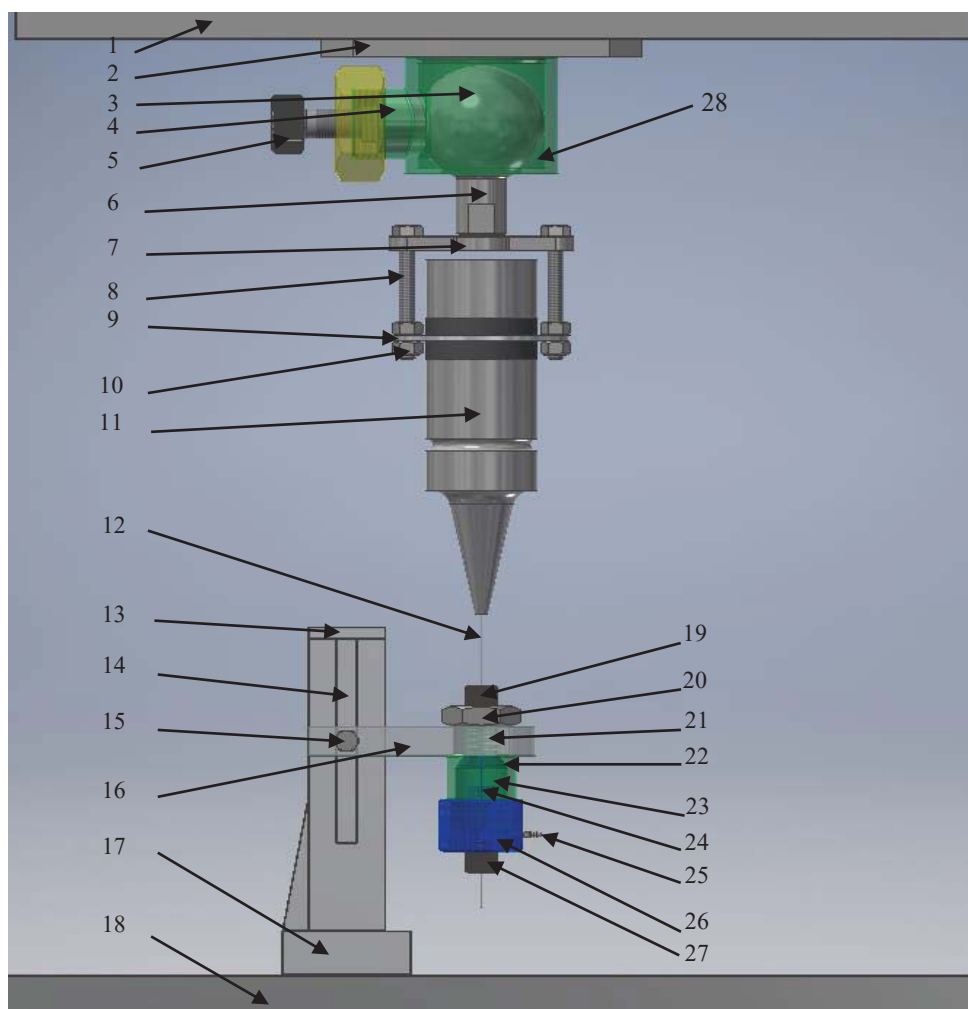


Fig. 8 Componența dispozitivelor port sculă și a dispozitivului de ghidare

Lanțul ultrasonic (11) este fixat de flanșa (9) care este un punct nodal, cu ajutorul șuruburilor (8) și a piulițelor (10). Șuruburile sunt montate în flanșa filetată (7) care este susținută de brațul (6) a sferei (3), poziționarea axială a lanțului ultrasonic se face prin contactul sferă-cilindru dintre sfera (3) și corpul (28), blocarea pe poziție a sferei se execută prin înfiletarea mânerului (5) care împinge corpul (4) care are o suprafeță sferică conjugată a sferei (3), rotația în jurul axei găurii este facilitată de flanșa (2).

Electrodul sculă este apoi direcționat de bucușa de ghidare superioară (19) care are și fante paralele cu cele de ghidare pentru permiterea spălării laterale a găurii. Piulița (21) asigură fixarea dispozitivului în flanșa de susținere (16) care este montată folosind capacul (13), flanșa (16) este ghidată și se poate deplasa pe axa verticală a ghidajelor (14), fixarea pe poziții fiind posibilă folosind șuruburile (15), fixarea dispozitivului pe masa mașinii se face prin intermediul corpului (17).

Prismele (23) asigură centrarea și ghidarea firului (12) folosind suprafețe plane dispuse la un unghi de 120°, deplasarea prismelor este posibilă datorită suprafeței conice (22), prismele sunt asamblate și susținute folosind piulița inferioară (26), în care se afla montat ștuțul de alimentare pentru lichidul dielectric (25) și bucușa de ghidare inferioară (27). Centrarea prismelor se face folosind arcurile (24) iar poziționarea acestora se execută folosind arcul (21). Când piulița (26) se desface, prismele (23) sunt împinse pe suprafața conică (22) de arcul (21) iar centrarea lor se face de către arcurile (24).

În figura 9 se pot observa mai în detaliu componentele dispozitivului de ghidare.

În figura 10 se pot observa mai în detaliu componentele dispozitivului port sculă.

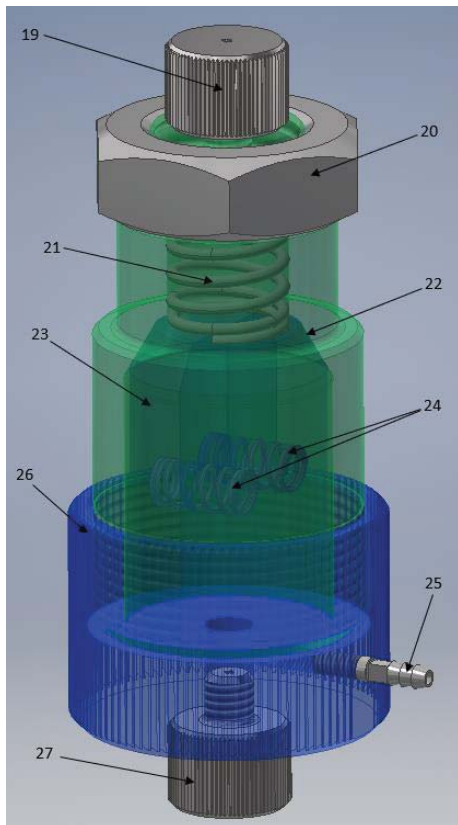


Fig. 9 Dispozitivul de ghidare

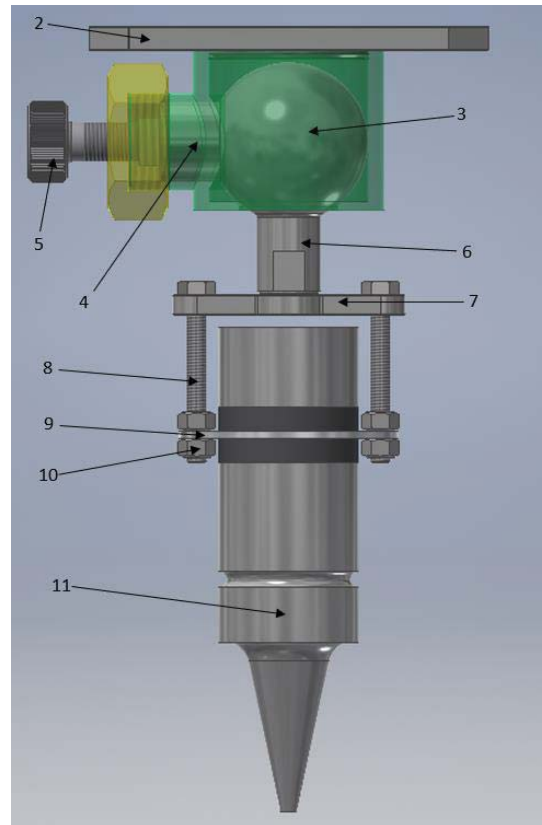


Fig. 10 Dispozitivul port sculă

## 6. Bibliografie

[1] Alexandru George STAIKU, Nicușor Bogdan DRĂGAN, Prof. dr.ing. Daniel GHICULESCU, „Modelarea și experimentarea unui lanț ultrasonic pentru microgăurirea prin edm asistată de ultrasunete”, Martie 2017;

[2]. Sridevi Billa, Murali M. Sundaram and Kamlakar P. Rajurkar, Center for Nontraditional Manufacturing Research, University of NebraskaLincoln, Lincoln, Nebraska, „USA A STUDY ON THE HIGH ASPECT RATIO MICRO HOLE DRILLING USING ULTRASONIC ASSISTED MICRO-ELECTRO DISCHARGE MACHINING”, disponibil pe [http://aspe.pointinspace.com/publications/Spring\\_2007/Spr07Ab/2154-Sundaram%201.pdf](http://aspe.pointinspace.com/publications/Spring_2007/Spr07Ab/2154-Sundaram%201.pdf), accesat la data de 17.12.2017 .

[3]. Chaiya Praneetpongung\*, Yasushi Fukuzawa, Shigeru Nagasawa și Ken Yamashita, „ Effects of the Edm Combined Ultrasonic Vibration on the Machining Properties of Si3N4”, disponibil pe <https://www.jim.or.jp/journal/e/pdf3/51/11/2113.pdf>, accesat la data 1.05.2018.

[4]. M. R. Shabgard, B. Sadizadeh, H. Kakoulvand, „ The Effect of Ultrasonic Vibration of Workpiece in Electrical Discharge Machining of AISIH13 Tool Steel” disponibil pe <https://waset.org/publications/3380/the-effect-of-ultrasonic-vibration-of-workpiece-in-electrical-discharge-machining-of-aisih13-tool-steel> accesat la data de 02.05.2018.

[5]. M. Goigana\*, J.A. Sarasua, J.M. Ramos, „ Ultrasonic assisted electrical discharge machining for high aspect ratio blind holes” disponibil pe <https://www.sciencedirect.com/science/> la data de 20.04.2018.

[6].<http://www.kingedms.com/small-hole-edm/kd703a/> accesat la data 14.04.2018

[7].[http://sarix.com/wp-content/uploads/2015/06/SX-100\\_flyer\\_e-11.pdf](http://sarix.com/wp-content/uploads/2015/06/SX-100_flyer_e-11.pdf) accesat la data 14.04.2018

[8].<http://mikrotools.com/hybriduedm/hybrid-uedm-introduction/> accesat la data 14.04.2018

[9].[https://www.alibaba.com/product-detail/MICRO-EDM-MACHINE-JIANGSU\\_60297421421.html](https://www.alibaba.com/product-detail/MICRO-EDM-MACHINE-JIANGSU_60297421421.html) accesat la data 14.04.2018