

CAP ULTRASONIC VERSATIL ADIȚIONAL PENTRU CREȘTEREA PERFORMANȚELOR PROCESULUI DE ELECTROEROZIUNE

ANTON Mădălin Daniel¹, DRĂGUȘIN Tiberiu¹, NECHIFOR Luis², NIȘCOV Nicoleta³ și PĂDURARU Georgiana-Alexandra¹

Conducător științific: Prof.dr.ing. Daniel GHICULESCU și Prof. dr. ing. Nicolae Ion Marinescu

REZUMAT: Lucrarea urmărește aspecte ale procesului de electroeroziune și creșterea performanțelor procesului prin utilizarea capului ultrasonic versatil adițional. S-a început detalierea punctuală a aspecte legate de marketingul strategic al produsului, stabilirea specificațiilor, proiectarea conceptuală și cea detaliată și reciclarea produsului. Se va continua cercetarea.

CUVINTE CHEIE: ultrasonic, electroeroziune, performanțe

1 INTRODUCERE

Introducerea în sistemul tehnologic al vibrațiilor ultrasonore, se remarcă în ultima vreme ca o soluție adoptată din ce în ce mai des de pentru îmbinarea procedeelor clasice de prelucrare cu ultimele cuceriri ale științei secolului nostru.

2 STADIUL ACTUAL

Fenomenele fascinante care sunt asociate cu undele acustice au o plajă largă de aplicații în domenii precum ingineria, cercetarea, industria, medicina, chimia, biologia și prezintă o provocare în domeniul fundamental. Potrivit lui J.C. Hubbard, „Deși este o prelungire logică a principiilor bine cunoscute, creșterea a fost semnalată de descoperirea unor fenomene interesante specifice unor noi domenii de frecvență”.

3 MARKETING STRATEGIC AL PRODUSULUI

3.1 Generalități

Ultrasunetele reprezintă o ramură a acusticii care se ocupă cu generarea și utilizarea undelor acustice care nu se aud. În timp ce limita superioară a frecvențelor percepute de oameni variază odată cu vârsta, ocupația și alți factori, este în general considerată a fi în jur de 20kHz. Locul general de utilizare a ultrasunetelor în știința acustică este ilustrat în figura 1.

¹ Specializarea Inginerie Avansată Asistată de Calculator, Facultatea IMST;

E-mail: anton_madalin@yahoo.com;

² Specializarea Ingineria Nanostructurilor și Proceselor Neconvenționale, Facultatea IMST;

³ Specializarea Calitate în Inginerie și Managementul Afacerilor, Facultatea IMST.

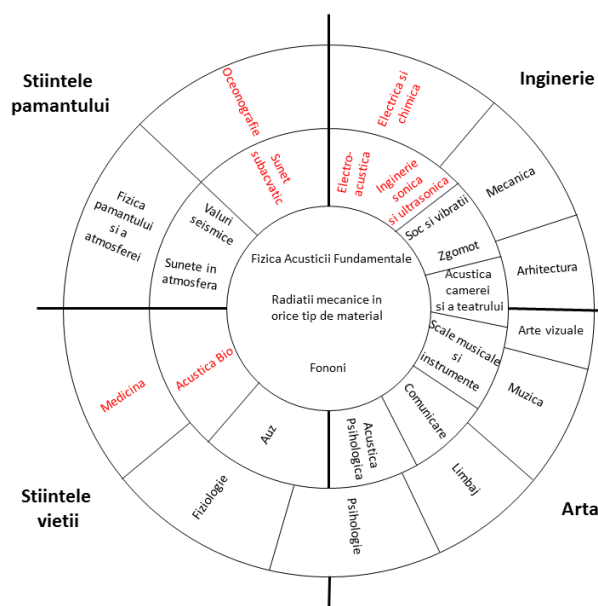


Fig. 1. Roata acustică Linday (Gallego-Juarez, J.A., 2015)

3.2 Interacțiunea dintre câmpul ultrasonor și materie

Studiul efectelor ultrasunetelor nu se limitează doar asupra metalelor, ci și asupra altor medii solide, cum sunt masele plastice, materialele pulverulente (metalice sau nemetalice), lemnul, rocile, precum și asupra mediilor lichide.

Undele ultrasonore de energii mari influențează nu numai structura și proprietățile mecanice ale materialului supus prelucrării, ci și proprietățile fizico-chimice și condițiile limită la suprafața de contact sculă-semifabricat.

Primele cercetări experimentale care au pus în evidență modificarea proprietăților mecanice ale metalelor în câmp ultrasonor au fost realizate pe monocristale de zinc supuse la încercări de tracțiune.

3.3 Electroeroziunea

Electroeroziunea este una dintre cele mai cunoscute metode neconvenționale de prelucrare a materialelor dure sau a profilelor dificile. Din acest motiv, electroeroziunea este folosită în special la prelucrarea sculelor sau a matrițelor de injecție. De asemenea, rugozitățile obținute în urma folosirii acestei metode sunt mult mai bune decât în cazul celor convenționale.

În figura 2 se prezintă principiile prelucrării prin electroeroziune.

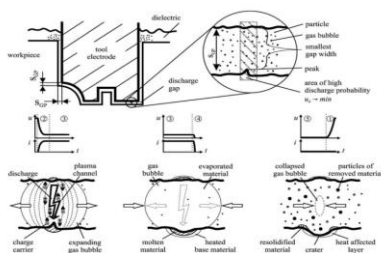


Fig. 2. Principii ale prelucrării prin electroeroziune (Schubert, A. ș.a., 2013)

3.4 Date despre produsele concurente

S-a realizat un studiu de piață referitor la produsele concurente existente, căutându-se acele produse care dezvoltă funcții sau grupuri de funcții similare cu ale produsului nostru. Caracterizarea produselor concurente se face pe baza următoarelor elemente:

- imagini de ansamblu ale acestora;
- funcții dezvoltate;
- caracteristici tehnice principale.

Produsele caracterizate, pe baza cărora s-au centralizat specificațiile tehnice (tabelul 1) sunt: AGIE CHARMILLES AGIECUT SPRINT 1994, AGIE CHARMILLES AGIECUT 220 1996, Sodick AP1L, Sodick AQ15L, NOVICK AF-30, NOVICK AF-4300.

Datele culese pentru fiecare produs găsit se prezintă în tabelul 1.

Tabelul 1. Specificațiile tehnice ale produselor concurente

Nr.	Mărimea/caracteristica	Unități	Produse concurente					
			AGIE CHARMILLES AGIECUT SPRINT 1994	AGIE CHARMILLES AGIECUT 220 1996	Sodick AP1L	Sodick AQ15L	NOVICK AF-30	NOVICK AF-4300
1	Lungimea maximă a pieselor (X)	mm	300	400	200	900	600	2.100
2	Greutatea maximă a pieselor (Z)	kg	200	250	25	10.000	2.000	8.000
3	Lățimea maximă a pieselor (Y)	mm	224	220	200	600	400	900
4	Greutatea mașinii	kg	1.900	1.900	1.300	3.000	3.500	18.000

4 STABILIREA SPECIFICAȚIILOR

4.1 Stabilirea caracteristicilor de calitate

Principalele caracteristici ale calității sunt :

C1. Performanța: acea caracteristică care exprimă funcția de bază a produsului și care acționează primar sau fundamental.

C2. Trăsăturile sau însușirile: caracteristici secundare care suplimentează funcția de bază a produsului.

C3. Fiabilitatea: caracteristică care reflectă probabilitatea ca un produs să nu se defecteze într-un interval de timp specificat sau probabilitatea ca timpul de funcționare fără defecțiuni să depășească timpul prescris.

C5. Durabilitatea: “o măsură a vieții produsului”.

C6. Serviceabilitatea: este definită de viteza de rezolvare a unei solicitări, de politețea și competența personalului, precum și de costul și ușurința reparării produsului.

C7. Estetica: o dimensiune subiectivă a calității care se exprimă prin atribute, precum „cum arată, cum se simte, cum sună, ce gust are sau cum miroase un produs”.

C8. Ergonomia: caracteristică importantă care afectează esteticul și care arată cât de bine se potrivește produsul pentru utilizatorul uman.

C9. Calitatea percepută sau reputația: calitatea înmagazinată în imagine, reclamă, nume de marcă, țară de fabricație etc.

4.2 Matricea cerințe-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;

În tabelul 2 este prezentată matricea nevoi-caracteristici de calitate în cazul prelucrării prin electroeroziune asistată de ultrasunete.




Tabelul 2. Matricea nevoi-cerințe de calitate

Nevoi	Caracteristici de calitate							
	Frecvența ultrasonică	Amplitudinea vibrației	Presiunea acustică	Diametrul concentratorului	⊥ între axa piesei și suprafața de lucru a mesei	∥ între suprafața frontală a piesei și suprafața de lucru a mesei	⊥ între suprafața frontală a piesei și axa sculei	Unghiul de înclinare al axei piesei în raport cu axa sculei
Productivitate	●	●	●	●	●	●	●	●
Precizia de prelucrare	●	●	●	●	●	●	●	●
Rugozitate suprafață	●	●	●					
Strat superficial	●	●	●					

4.3 Performanțe ale produselor concurente

Caracteristicile produselor concurente analizate sunt prezentate în tabelul 3.

Tabelul 3. Caracteristicile produselor concurente

SPECIFICAȚII	 SODIK ADL3	 ONA NX10	 AGIE-CHARM CNC ser.
Curse x/y/z [mm]	300 x 250 x 250	600 x 400 x 400	300 x 200 x 200
Dimensiune masă [mm]	600 x 400	1100 x 700	550 x 430
Dimensiune rezervor [mm]	925 x 555 x 300	1060 x 750 x 400	820 x 500 x 300
Nivel dielectric [mm]	250	1000 ~ 1500	800
Greutate max. piesă [kg]	550	1000	500
Greutate max. electrod	50	200	60

[kg]			
Distanță podea-masă [mm]	995	1450	250~550
Dimensiuni mașină [mm]	1895 x 2240 x 1960	2060 x 1700 x 1500	1400x1900x1970
Rugozitatea [μ m]	0,8	0,2	0,8

4.4 Matricea clientului

Matricea clientului este un instrument utilizat la elaborarea strategiei pentru obținerea avantajului competitiv.

Etapa 1: Identificarea segmentelor pieței.

Clienții identificați sunt întreprinderile mici și mijlocii care utilizează prelucrarea prin electroeroziune la realizarea microgăurilor și microprelucrărilor.

Dezvoltarea unor ramuri industriale cum ar fi electronica, cibernetica, construcția de mașini etc., a impus utilizarea unor tehnologii noi, „neconvenționale”, în cadrul cărora un rol important îl are prelucrarea prin electroeroziune a materialelor electro-conductoare.

Etapa 2. Identificarea caracteristicilor de calitate (VUP)

Dimensiunile VUP se determină întrebând clienții (sondaje, anchete, alte mijloace de comunicare) ce caracteristici de calitate apreciază la un produs. Se recomandă evitarea chestionarelor gata făcute, care conduc de multe ori la confirmarea opțiunilor producătorului. Se mai poate folosi brainstorming-ul, folosind experiența colectivă din viața de client a analiștilor. Totuși, informațiile furnizate de această metodă sunt inferioare celor provenite direct de la clienți.

Etapa 3. Stabilirea ponderilor pentru dimensiunile VUP

Pentru cele patru modele de echipamente: ELER 01; Sodick AD L3; Ona NX10; Chmer CNC SERIES CM323C sunt specificate următoarele caracteristici:

Dimensiuni de gabarit:

- (1) lungimea mașinii (L);
- (2) lățimea mașinii (l)
- (3) înălțimea mașinii (H);

Dimensiunile mesei de lucru:

- (4) lungimea mesei (L_m);
- (5) lățimea mesei (l_m);

Dimensiunile rezervorului:

- (6) lungimea rezervorului (L_r);
- (7) lățimea rezervorului (l_r);
- (8) înălțimea rezervorului (h_r);

Cursele de lucru:

- (9) cursa pe axa X (X);
- (10) cursa pe axa Y (Y);
- (11) cursa pe axa Z (Z);
- (12) nivel dielectric (Nd);
- (13) greutate maximă piesă (Gp);
- (14) greutate maximă electrod (Ge);
- (15) distanță podea-masă (d);
- (16) rugozitatea suprafeței prelucrate (Ra).

Etapa 4: Evaluarea VUP a produselor
Se determină VUP cu relația:

$$VUP = \sum_{i=1}^n p_i \cdot x_{ir} \text{ unde,} \quad (1)$$

$$x_{ir} = \frac{x_i - x_{i \min}}{x_{i \max} - x_{i \min}} \quad (2)$$

În figura 3 este reprezentată matricea clientului.

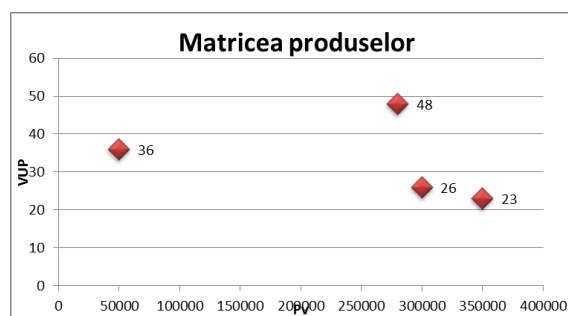


Fig. 3. Matricea produselor concurente

Din figura 3 se observă că ONA NX10 (VUP=48) are valoarea percepută de client mare, însă comparând prețul celor două mașini, ONA are un preț destul de ridicat. Așadar, clienții vor opta pentru achiziționarea mașinii ELER 01, întrucât valoarea percepută

de client este destul de mare, iar prețul este optim.

5 PROIECTAREA CONCEPTUALĂ

5.1 Funcția generală

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 aceea de a crea o presiune suplimentară în lichidul dielectric cu ajutorul unui cap ultrasonic versatil adițional, conducând la o creștere a performanței procesului de electroeroziune asistată de ultrasunete.

5.2 Descompunerea funcției generale în funcții componente

Funcția generală se supune unui proces de analiză din care vor 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.

O altă clasificare a funcțiilor ce rezultă din funcția generală poate fi:

- funcția de serviciu (de lucru) ce reprezintă funcția care exprimă modul în care un produs răspunde uneia din cerințele operaționale;
- funcția de vânzare ce influențează decizia unui potențial consumator în legătură cu eventuala achiziție a produsului (se referă mai mult la estetică, ergonomie etc.).

Funcțiile principale sunt prezentate în tabelul 4.

Tabelul 4. Funcțiile principale EDM+US

Funcția generală	Cap ultrasonic versatil adițional pentru creșterea performanțelor procesului de electroeroziune
Nr. crt.	Funcțiile principale
1	Prinderea piesei de prelucrat
2	Prinderea lanțului ultrasonic
3	Alimentarea cu lichid dielectric cu presiune ridicată
4	Crearea cavitației induse ultrasonic
5	Prelucrarea prin electroeroziune asistată de ultrasunete

6	Evacuarea particulelor prelevate
7	Desprinderea piesei prelucrate

5.3 Fenomene de bază la EDM+US

La procesele EDM+US se produc fenomene specifice datorate în principal inducerii cavitației ultrasonice în lichidul dielectric aflat în interstițiul de prelucrare. Perioada de oscilație ultrasonică TUS cuprinde două semiperioade în care se produc fenomene de capilaritate datorită interstițiului sF foarte mic.

În prima semiperioadă are loc compresiunea lichidului dielectric datorită creșterii presiunii din interstițiu (figura 4), iar în a doua, întinderea lichidului datorită presiunii negative.

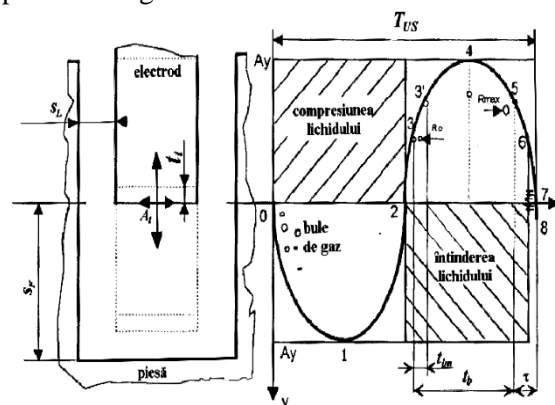


Fig. 4. Variația presiunii în interstițiu la procesul EDM+US

În semiperioada 0-2 interstițiul frontal scade până la valoarea minimă în punctul 1. Pentru a obține stabilitatea procesului EDM (evitarea scurt – circuitelor sculă – piesă), trebuie îndeplinită condiția:

$$Ay < sF \quad [\mu\text{m}],$$

unde Ay este amplitudinea oscilațiilor longitudinale, normale la suprafața de prelucrat.

Datorită compresiunii lichidului sunt dizolvate bulele de gaz formate în interstițiul de prelucrare ca urmare a descărcărilor anterioare și astfel crește eficiența descărcărilor EDM.

În a doua semiperioadă 2-7, datorită întinderii lichidului, se formează alte bule de gaz, care se dezvoltă în timpul t_b , de la raza inițială R_0 (punctul 3) până la raza finală R_{max} (punctul 5). În intervalul 3 – 3'(t_{lm}), când pereții bulelor sunt foarte apropiați, datorită sarcinilor electrice de semn opus

localizate pe pereți, în interiorul bulelor, se produc descărcări electrice.

Acestea favorizează apariția descărcărilor false (dintre suprafața sculei și sarcinile din interstițiu), diminuând energia descărcărilor EDM și reducând astfel Ra.

Ca urmare a creșterii presiunii în interstițiul sF, începând cu punctul 5, bulele de gaz nu se mai dezvoltă. La finalul perioadei de oscilație, are loc faza microjeturilor cumulative (6-8), când se produce implozia colectivă a bulelor aflate în interstițiu. În această fază, se dezvoltă presiuni foarte mari de ordinul 100 MPa, formând unde de șoc care sunt orientate paralel cu suprafața de prelucrat (datorită interstițiului frontal foarte redus). Se prelevează astfel microvârfurile suprafeței de prelucrat, care au o rezistență de forfecare redusă, ceea ce conduce la reducerea substanțială a rugozității suprafeței prelucrate.

Creșterea de productivitate spectaculoasă este în principal rezultatul reducerii duratei de viață a bulei de gaz formate în jurul canalului de plasmă al descărcării EDM. În condițiile finisării EDM clasice, bula de gaz implodează la peste 100 μ s de la încheierea timpului de impuls. După momentul imploziei, forțele hidraulice ale lichidului dielectric au acces la zona spotului descărcării EDM, dar găsesc cea mai mare parte a volumului de metal topit în timpul descărcării deja resolidificat și prin urmare nu îl mai pot preleva. La EDM+US, bula de gaz implodează la un timp relativ scurt de la încheierea descărcării, la cel mult 25 μ s, forțele hidraulice prelevând o mare cantitate de metal topit în timpul descărcării care nu este încă resolidificată.

Prin EDM+US se diminuează grosimea stratului alb și nivelul tensiunilor interne cu circa 50% (generate în procesul încălzire-răcire), crescând astfel rezistența la oboseală a pieselor prelucrate prin EDM de 2...6 ori.

Undele ultrasonice dezvoltă în interstițiul de prelucrare o presiune acustică. Aceasta se poate regla cu ajutorul puterii de acționare a lanțului acustic, care este direct proporțional cu amplitudinile oscilațiilor A. Se menționează totuși că pentru reducerea rugozității suprafeței prelucrate trebuie să se urmărească minimizarea presiunii acustice, simultan cu obținerea condiției de cavitație, în caz contrar, producându-se deteriorarea calității suprafeței.

La diametre ale electrodului mai mari de $\lambda/4$, apar și oscilații transversale care reduc energia oscilațiilor longitudinale, esențiale în procesul EDM+US. De aceea, în acest caz, se recomandă creșterea puterii de acționare a lanțului acustic. Pentru stabilitatea procesului, amplitudinea vibrațiilor transversale trebuie să fie mai mică decât mărimea interstițiului lateral.

De asemenea, uzura liniară a electrodului produsă la EDM permite funcționarea în regim apropiat de rezonanță a lanțului acustic, asigurând amplitudinea de oscilație necesară producerii cavitației ultrasonice.

6 PROIECTAREA DETALIATĂ

Lanțul ultrasonic (vezi figura 5) care intră în componența capului adițional versatil (vezi figura 6, figura 7) funcționează independent de prelucrarea EDM propriu-zisă. Acesta permite să se lucreze cu puteri consumate pe lanțul ultrasonic de valori mari, ceea ce conduce la amplitudini de oscilații mari la capătul lanțului ultrasonic.

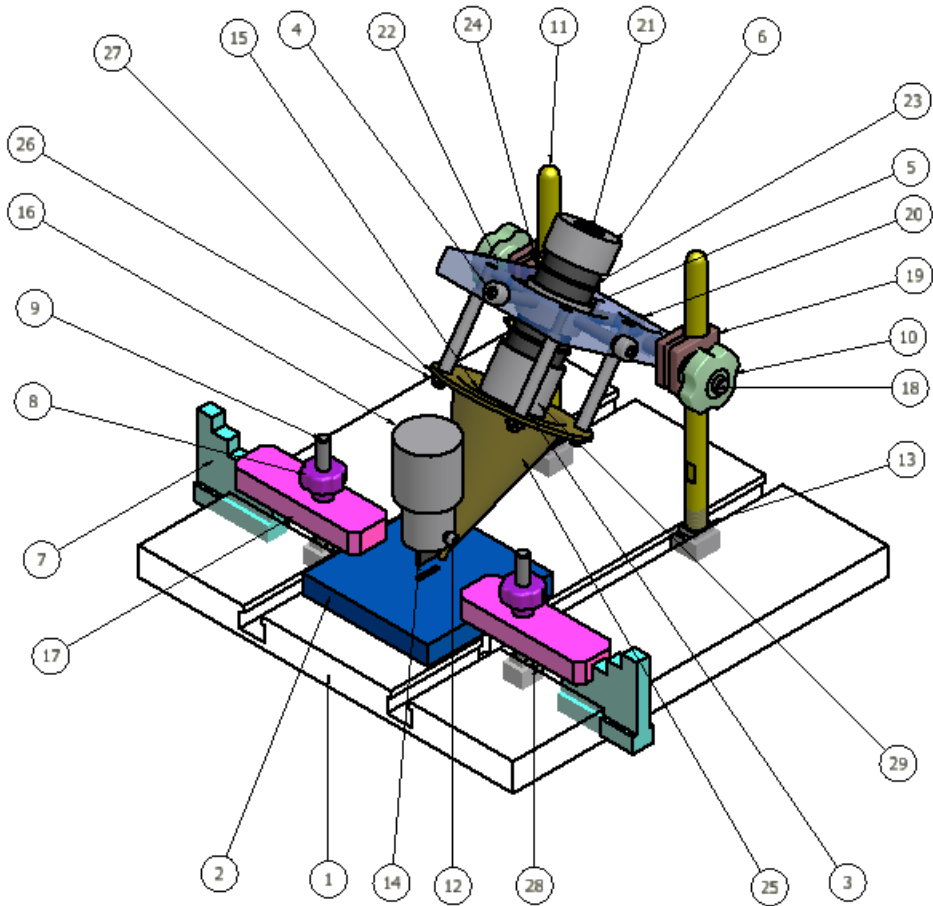


Fig. 5. Lanț ultrasonic

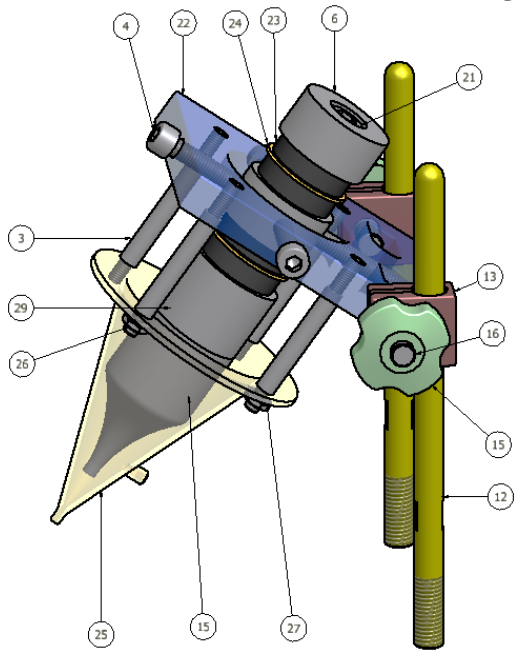


Fig. 6. Cap ultrasonic versatil

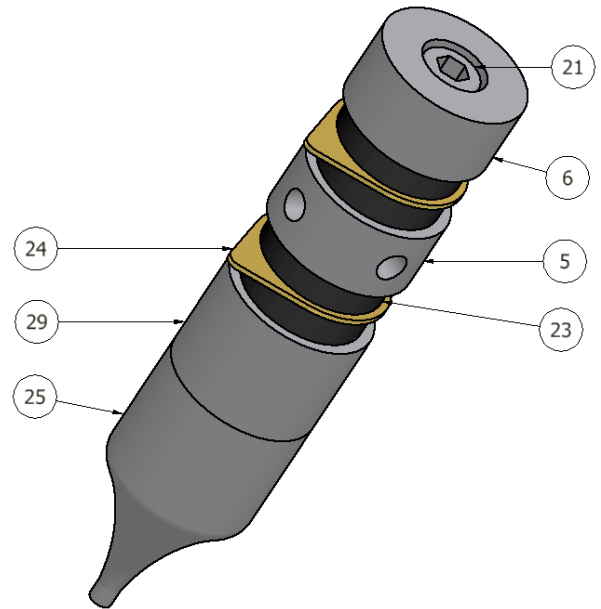


Fig. 7. Cap ultrasonic

La variantele la care lanțul ultrasonic integrează scula sau piesa prelucrată, puterea consumată pe lanțul ultrasonic este limitată de mărimea interstițiului de prelucrare. Dacă se depășește acest interstițiu, atunci se produce scurt-circuit între sculă și piesă și procesul EDM degenează.

Acest avantaj major al variantei constructive, care face obiectul lucrării de față, permite crearea unei presiuni ridicate a lichidului dielectric, cu care se alimentează interstițiul de prelucrare la EDM.

Tansductorul ultrasonic, realizat cu ajutorul unor plăcuțe PZT (24) este alimentat de la generatorul ultrasonic, care transformă tensiunea de la rețea $U=220V$ și frecvența $F=50Hz$ într-o tensiune de $U_{us}=1.200V$ și frecvența $F_{us}=20kHz$. Oscilațiile produse în materialul piezo-ceramic PZT se transmit în lungul lanțului ultrasonic, respectiv, prin bucșa radiantă (29) și concentratorul (15).

Se alimentează cu lichid dielectric provenit de la agregatul mașinii de electroeroziune pâlnia (25) prin orificiul radial al acesteia. Datorită cavității ultrasonice produsă în interiorul pâlniei, se creează o presiune de ordinal 100MPa. Lichidul dielectric este trimis spre interstițiul de lucru prin orificiul axial al pâlniei.

Se pot regla atât lanțul ultrasonic, cât și direcția de curgere la ieșirea din pâlnia (25) din punct de vedere al unghiului format cu suprafața prelucrată în acest scop. Se acționează rozetele filetate (10), care permit rotația flanșei nodale (22) și, implicit, modificarea unghiului de înclinare al lanțului ultrasonic.

De asemenea, dispozitivul permite reglarea poziției verticale a flanșei nodale (22) și, implicit, a distanței de la orificiul de ieșire al pâlniei (25) până la interstițiul de prelucrare (zonă de lucru). Prin rotirea rozetelor filetate (10) se desfac plăcuțele de strângere (19) și, astfel, aceasta poate culisa vertical pe tijele verticale de susținere (11).

Capul versatil poate fi montat cu ușurință pe masa mașinii de electroeroziune, folosind prismele (plăcuțele) pentru canale T (13), care au formă conjugate canalelor T de pe masa mașinii.

În figura 8 se observă o piesă prelucrată, în care s-a generat o microfantă, care este prinsă pe masa mașinii utilizând canalele T ale acesteia și dispozitive de fixare cu bride (17), susținute de tijele (9) și prismele (7), fixate cu rozetele filetate (8).

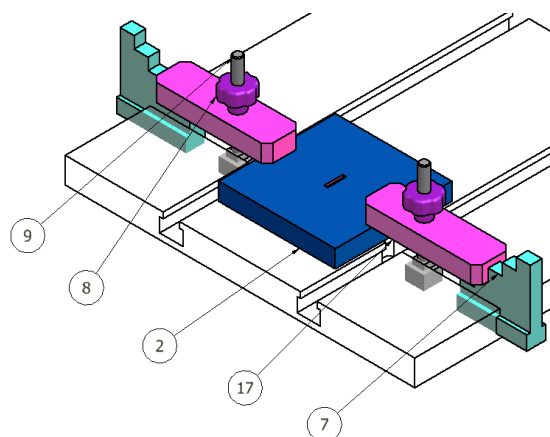


Fig. 8. Prelucrare piesă

În figura 9 este prezentat electrodul sculă (14) sub formă de lamelă, fixat cu șurubul (12) în port-electrodul (16), cu ajutorul căruia se realizează prelucrarea microfantei.

Capul versatil are o construcție modulară, care permite adaptarea acestuia pentru diverse suprafețe prelucrate prin electroeroziune. De asemenea, reglarea înălțimii și înclinării acestuia va facilita testarea prototipului în diverse condiții de prelucrare.

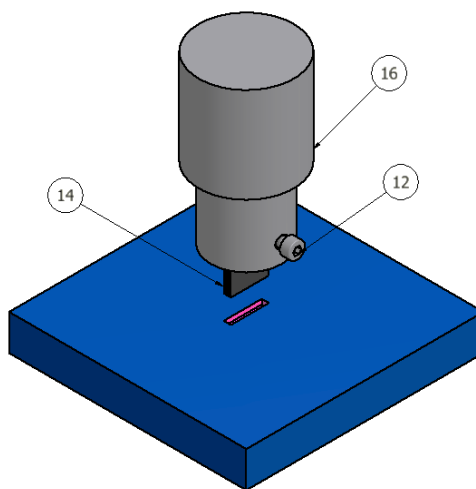


Fig. 9. Electrodul sculă

7 REICLAREA PRODUSULUI

7.1 Alumiuniul în reciclare

Capetele ultasonice conțin 40% alumiuniu și este o resursă importantă care este extrem de valoroasă. Din acest motiv, alumiuniul folosit este rareori pierdut. Industria de alumiuniu are tot interesul de a promova reciclarea de alumiuniu ca parte din strategia industrială.

Alumiuniul are calități de reciclare unice: calitatea alumiuniului nu este scăzută prin reciclare - poate fi reciclat în mod repetat.

Aluminiul reciclat salvează energie: retopirea aluminiului folosit economisește până la 95% din energia inițială necesară producerii de materie primă.

Reciclarea aluminiului este economică: folosește mai puțină energie și reciclarea este auto-susținută datorită valorii ridicate a aluminiului folosit.

7.2 Metode de sortare și reciclare

Există diferite metode de colectare: -colectarea în centre speciale de colectare, eficiente din punct de vedere al costurilor, dar cu o slabă predictibilitate în privința cantității; -buy-back unde se platesc în bani obiectele ieșite din uz sau stricate și unde este nevoie de subvenții de la stat.

7.3 Beneficiile reciclării

Pe lângă beneficiile pe care le are reciclarea asupra mediului înconjurător, există și beneficii de natură economică:

-Programele de reciclare bine puse la punct sunt mai ieftine decât colectarea, depozitarea sau incinerarea deșeurilor. Cu cât se reciclează mai mult, cu atât scad și costurile.

-Reciclarea ajută la scăderea costurilor în locurile unde rulează programe de colectare a deșeurilor plătite în funcție de cantitatea și tipul lor.

Beneficiile reciclării asupra mediului înconjurător:

-Reciclarea reduce cantitatea de deșeuri ce trebuie depozitate în gropi de gunoi sau incinerată.

-Reciclarea reduce numărul de agenți poluanți din aer și apă.

-Se folosește cu 95% mai puțină energie pentru reciclarea aluminiului față de cea necesară producerii din materii prime (60% în cazul oțelului, 40% în cazul hârtiei, 70% pentru plastic și 40% pentru sticlă).

7.4 Pași generali în reciclarea aluminiului folosit la capetele ultrasonice versatile adiționale

Capul ultrasonic este compus din aluminiu, oțel și cupru.

PASUL 1 - COLECTAREA

- ▶ în unitățile ce folosesc capete ultrasonice;
- ▶ la locul de depozitare a deșeurilor;
- ▶ la centrele de colectare a deșeurilor din aluminiu.

Odată colectate, capetele ultrasonice sunt transportate la centrele de colectare unde sunt separate de resturile de material cupru și oțel. După cântărire pleacă spre fabricile de reciclare a aluminiului, a cuprului și a oțelului.

PASUL 2 - RECICLAREA

Reciclarea propriu-zisă are patru etape:

- ▶ Distrugere (sau mărunțire) în bucăți foarte mici, de mărimea unei monede.
- ▶ Înlăturarea design-ului (imagini, înscrisuri), care se face cu aer cald de până la 500°C.
- ▶ Topirea într-un cuptor la 750°C.
- ▶ Turnarea în formă de bară. Fiecare bară cântărește 100 kg și măsoară 15 m lungime.

PASUL 3 - PRODUCEREA CAPULUI ULTRASONIC

Din bara propriu-zisă se delimitează o anumită dimensiune din care se realizează execuția unei părți.

PASUL 4 – VÂNZAREA

Ultimul pas este livrarea către firmele care folosesc acest procedeu.

7.5 Reciclați aluminiul, cuprul și alte metale neferoase

Producerea aluminiului din minereu necesită cantități mari de energie. Procesul de extragere a aluminiului din alumină, care este minereul brut, este destul de complex. Reciclarea aluminiului folosește doar 5% din energia necesară pentru producerea de metal nou, din minereu, și 5% din emisiile de dioxid de carbon.

Reciclarea unui kilogram de aluminiu economisește până la 6 kg de bauxită, 4 kg de produse chimice și 14 kWh de energie electrică.

În afară de aluminiu, mai sunt și alte metale neferoase care pot fi reciclate: cupru, nichel, zinc (sau alama, în aliaj cu cuprul), plumb, aur, argint. Deoarece aceste metale sunt destul de scumpe, doar o cantitate mică este în circulație.

7.6 Bune practici în reciclarea aluminiului, cuprului și altor metale neferoase

Metalul este de obicei colectat selectiv în două grupe: metale neferoase (aluminiu, cupru, zinc etc.) și metale feroase (oțel/inox/fier). Puteți testa deșeurile metalice ca să vedeți din ce categorie fac

parte prin utilizarea unui magnet. Metalele neferoase nu sunt magnetice, deci nu se va lipi magnetul de ele, în timp ce metalele feroase sunt magnetice.

7.6.1 Reciclarea aluminiului

Aluminiul este adesea vopsit cu vopsea albă, în mod natural are o culoare albicioasă, argintie și poate fi îndoit ușor dacă este subțire (figura 21).

Pentru a primi cea mai mare valoare posibilă, toate obiectele din oțel sau componentele străine trebuie să fie eliminate din aluminiu. Scoateți șuruburile, nituri și orice alt material care atrage un magnet. Cele mai scumpe deșeuri din aluminiu sunt cele nevopsite și nepătate. Diferite aliaje de aluminiu au valori diferite. De exemplu, roțile auto din aluminiu și ramele din aluminiu ale ferestrelor garantează un preț mai mare decât pentru aluminiul turnat.



Fig. 10. Produse din aluminiu pentru reciclat (12)

7.6.2 Reciclarea cuprului

Cuprul are culoare roșiatică dacă este în stare bună, iar dacă este un pic învechit poate avea o culoare mai închisă maro, cu unele zone ruginite verzi (figura 22).

Cuprul este unul dintre metalele cele mai valoroase. Pentru a primi cea mai mare valoare posibilă, cuprul trebuie, de asemenea, să nu fie excesiv plumbuit, cositorit sau sudat. să nu conțină componente din alamă sau bronz, conținut excesiv de ulei, fier și alte obiecte nemetalice.



Fig. 11. Produse pentru reciclat (13)

8 CONCLUZII

Capul ultrasonic versatil adițional are, prin construcția propusă pe baza specificațiilor elaborate, elementelor de proiectare conceptuală și detaliată, capacitatea de creștere a performanțelor tehnologice - productivitate, uzură volumetrică relativă și rugozitate a suprafeței prelucrate – fiind adaptabil unei game diverse de tipuri de suprafețe prelucrate prin EDM. Activitățile de marketing abordate relevă că există un anumit segment de piață, cărui i se adresează produsul, format din întreprinderi cu resurse reduse, de dimensiuni mici și mijlocii, care activează în domeniul EDM.

9 BIBLIOGRAFIE

- [1]. Asociația Română de Standardizare, SR EN ISO 9000:2006, Sisteme de management al calității.
- [2]. Florescu, C. (1992), *Marketing*, Editura Marketer, București.
- [3]. Gallego-Juarez, J.A. (2015), „Introduction to power ultrasonics, Applications of High-Intensity Ultrasound”.
- [4]. Ghiculescu D. (2015), *Tehnici și instrumente de îmbunătățire a managementului calității - curs, UPB*.
- [5]. Ghiculescu D. (2004), *Prelucrări neconvenționale*, Editura Printrech, București.
- [5]. Miclăuș, I.M. (2006), *Managementul producției industriale*, Editura Cibernetică, București.
- [6]. Short, M., Graff, K.F. (2015), „Using power ultrasonics in machine tools, Applications of High-Intensity Ultrasound”.
- [7]. Schubert, A., Zeidler, H., Hackert-Oschätzchen, M., Schneider, J., Hahn, M. (2013), „Enhancing Micro-EDM using Ultrasonic Vibration and Approaches for Machining of Nonconducting Ceramics, Journal of Mechanical Engineering 59”.
- [8]. Vișan A., Ionescu N., (2006), *Managementul calității - Pentru uzul studenților*, Editura Bren, București.
- [9]. www.ona-electroerosion.com/
- [10]. <http://www.charmilles.ro/>
- [11]. www.sodick.com/
- [12]. <http://www.alucro.ro/reciclare.php>
- [13]. <http://www.colectaredeseuri.ro/reciclare-metale-neferoase/>