

# CERCETĂRI EXPERIMENTALE PRIVIND UTILIZAREA LA ELECTROEROZIUNE A UNOR LICHIDE DIELECTRICE ECOLOGICE

POPESCU<sup>1</sup> Oana-Cornelia<sup>1</sup>, DRAGOMIR<sup>2</sup> Marian-Ionuț<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultatea:IMST, Specializarea:TCM, Anul de studii:III, e-mail:marian\_18y@yahoo.com

Conducător științific: Prof.dr.ing **Alexandra BANU**;Prof.dr.ing.**Daniel L.Ghiclescu**

*REZUMAT: Prelucrarea prin electroeroziune are loc ca urmare a unor descărcări electrice controlate între suprafața electrodului sculă și suprafața piesei prelucrate între care există un mediu de lucru izolator electric. Fluidele dielectrice folosite la EDM au un impact îngrijorător asupra mediului și operatorului uman din două perspective: regenerabilitatea sursei și emisia de compuși organici volatili (COV<sup>uri</sup>) care are loc în timpul prelucrării datorită efectelor termice rezultate. Lichidul dielectric clasic poate fi înlocuit cu uleiurile vegetale autohtone. În lucrarea de față se studiază posibilitatea înlocuirii acestuia cu ulei de floarea-soarelui sau de rapiță, cercetarea fiind orientată către studiul influenței acestora asupra calității prelucrării precum și asupra emisiilor compușilor organici volatili. Rezultatele preliminare arată că uleiul de floarea-soarelui poate fi un potențial lichid dielectric alternativ.*

*CUVINTE CHEIE: electroeroziune,dielectric,ulei vegetal,ecologie.*

## 1. Introducere

Prelucrarea prin electroeroziune (EDM) este cea mai utilizată tehnologie neconvențională care face parte din grupa prelucrărilor erozive termice pentru că utilizează energia termică pentru topirea,vaporizarea și chiar fierberea materialului piesei prelucrate. Aceasta are loc ca urmare a unor descărcări electrice controlate (cu formarea unor canale de plasmă) între suprafața electrodului scula și suprafața piesei prelucrate între care există un mediu de lucru izolator electric [1]. Cele mai importante aplicații ale acestui procedeu se întâlnesc în fabricarea matrițelor, a ștantelor, în industria de automobile, aerospațială precum și a echipamentelor chirurgicale. Are o putere specială de a folosi energia termică pentru a prelucra componente electrice conductive cu duritate ridicată.

Productivitatea și calitatea prelucrărilor prin EDM depinde în mare măsură atât de parametrii electrici utilizați (timpul de impuls, curentul maxim, interstițiul și lichidul dielectric) precum și de proprietățile mediului de prelucrare, având în vedere faptul că principalele prelucrări constau în realizarea unor descărcări electrice, calitatea fundamentală a mediului trebuie să fie rezistența electrică foarte mare (fluidul trebuie să fie dielectric).

Din punct de vedere al impactului asupra mediului fluidele dielectrice trebuie să fie privite din cel puțin două perspective: regenerabilitatea sursei și emisia de compuși organici volatili care au loc în timpul prelucrării datorită efectelor termice rezultate. Lichidul dielectric este imperativ să aibă anumite caracteristici care includ: rezistența dielectrică ridicată și recuperarea rapidă după descompunere, capacitatea eficientă de stingere și de spălare, să nu fie toxic și inflamabil la temperatura de utilizare, să fie pasiv chimic în raport cu materialul electrodului și piesei. În mod tradițional fluidele dielectrice utilizate sunt amestecuri de hidrocarburi care în timpul prelucrării suferă procese de cracare (rupere de molecule) cu formarea unor compuși organici volatili (COV<sup>uri</sup>) dintre care benzenul și compușii pirenici au un potențial cancerigen ridicat.

Având în vedere aceste aspecte în ultimii 50 de ani s-au elaborat la nivel internațional un număr foarte mare de studii pentru înlocuirea hidrocarburilor cu alte medii dielectrice ecologice care au surse regenerabile și produc emisii scăzute de compuși poluanți.

Inițial cercetările au fost efectuate folosind ca lichid dielectric apa, însă cu timpul sunt întâlnite studii realizate și cu alte lichide care pot înlocui hidrocarburile.

Astfel în anul 1984 cercetătorii Tariq Jilani și Pandey, au determinat performanța apei ca lichid dielectric în EDM. Au folosit apă distilată, apă de la robinet și un amestec între cele două 25% apă de la robinet și 75% apă distilată. Cele mai bune rezultate de prelucrare au fost obținute cu apa de la robinet. Folosind acest lichid, prelucrarea a avut posibilitatea de a atinge valoarea zero la îndepărtarea unei cantități de metal atunci când au fost utilizate instrumente de cupru cu polarități negative. [2]

În 1987 Koenig și Joerres efectuează un experiment luând soluție apoasă de glicerină ca aditiv în apă. Aceștia au constatat că o soluție apoasă de glicerină concentrată are un avantaj în comparație cu dielectricii de hidrocarburi atunci când se lucrează cu lungimi lungi ale pulsului, factori de impuls de înaltă frecvență și curenți de descărcare, adică cu tensiuni ridicate de circuit deschis în domeniul de degroșare și polaritate pozitivă a electrodului sculei.[3]

În anul 2006 Ayadas și Prabhakaran au analizat și au comparat comportamentul de răcire, stabilitatea termică și oxidativă a uleiului de cocos cu ulei de susan, ulei de floarea-soarelui și ulei mineral. S-a constatat că uleiul de nucă de cocos îmbunătățește durata de viață a sculei cu o finisare superioară a suprafeței pentru prelucrarea la nivel scăzut.[4]

Dintre fluidele dielectrice ecologice o atenție deosebită s-a acordat uleiurilor vegetale. Uleiurile vegetale sunt trigliceride (esteri ai acizilor grași nesaturați cu glicerina). Dintre acizii grași nesaturați cei mai răspândiți sunt cei din grupa C18 (18 atomi de C în moleculă) cu una, două sau trei duble legături. Prezența legăturilor multiple în molecula (acid oleic, acid olenic în prezentare) scade rezistența mediului la oxidare la temperaturi mai mari de 100°C. Uleiurile vegetale cele mai stabile sunt cele care au în componență grăsimi vegetale saturate în proporție mai mare, apoi grăsimi pe baza de acid oleic și mai puțin olenic, și ceilalți acizi mai nesaturați. În alegerea tipului de ulei pentru utilizare în prelucrări prin EDM unul dintre criterii trebuie să fie un grad de nesaturare total cât mai mic.

Lucrarea de față își propune să studieze posibilitatea înlocuirii dielectricilor (mediului dielectric clasic) cu două tipuri de uleiuri vegetale autohtone: ulei de floarea-soarelui și ulei de rapiță. Cercetările au fost orientate către influența dielectricului propus asupra calității prelucrării precum și asupra emisiilor.

## 2. Detalii experimentale:

### 2.1 Materiale:

S-au utilizat trei tipuri de fluide dielectrice: un fluid tradițional P3, ulei de floarea-soarelui și ulei de rapiță de producție autohtonă. Materialul prelucrat prin EDM a fost oțelul C45.

### 2.2 Tehnici de caracterizare

#### 2.2.1 Caracterizarea uleiurilor vegetale

În vederea utilizării acestor uleiuri ca medii dielectrice în prelucrările electroerozive s-a măsurat vâscozitatea relativă ENGLER și conductibilitatea electrică, două proprietăți fundamentale utilizarea scontată.

Vâscozitatea relativă s-a determinat cu ajutorul unui vâscozimetru Engler la temperaturi de 40, 60 respectiv 80°C iar conductibilitatea electrică s-a determinat utilizând un conductometru MeterLab CDM210.

2.2.2 Prelucrabilitatea oțelului C45 utilizând cele două medii dielectrice s-a studiat cu ajutorul mașini ELER01 G50 de electroeroziune cu electrod masiv din cupru cu următorii parametri tehnologici de intrare și ieșire:

→Intrările sunt parametrii regimului de prelucrare: polaritate(Pol), tensiune(U), curent(I), timp de impuls ( $t_i$ ), timp de pauză( $t_o$ ), presiunea de spălare a interstițiului (psp), etc.

→Ieșirile sunt parametrii tehnologici: productivitatea( $V_w$ ), uzura volumetrică relativă ( $\theta$ ), rugozitatea ( $R_a$ ) și calitatea suprafeței prelucrate [5]

Procesul EDM poate fi reprezentat ca o schemă bloc cu intrări și ieșiri (Fig. 1):

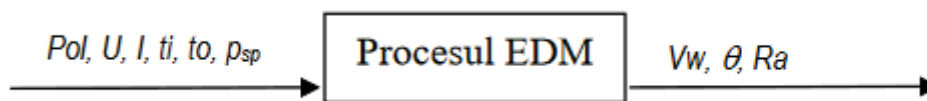


Fig 1 Schema de bloc (generica) a procesului EDM

Productivitatea (volum de material prelevat în unitatea de timp) prelucrării s-a determinat gravimetric prin cântărirea inițială și finală a masei piesei cu o balanță analitică cu precizia de  $10^{-4}$  de tip OHAUS.

### 2.3 Măsurarea noxelor emise

Cantitatea de noxe emise pentru fiecare tip de prelucrare s-a determinat cu ajutorul dispozitivului Cub Ion iar prelucrarea de date achiziționate a fost făcută cu software de care echipamentul dispunea.

## 3. Rezultate experimentale și discuții :

### 3.1 Caracterizarea uleiurilor vegetale

Compoziția chimică a câtorva uleiuri vegetale utilizate este prezentată în Tabelul 1 conform datelor din literatură [6].

Tabel 1 Compoziția chimică a uleiurilor vegetale

Ulei	Acizi grași saturați, total %	Acizi mono nesaturați %	Acizi poli nesaturați total %	Acizi linoleic %	Acid linolenic %	Vitamine	
						B-caroten mg	E mg
Floarea soarelui	1,4	22,5	51-58	51-58	0,4	0,04	56
Rapiță	1,0	64,3	34	15-29	1,7	NC	50
Arahide	18,0	48	34	34	-	0,1-0,5	34
Măslina	18,0	71	4-12	-	-	NC	NC

Din analiza datelor prezentate în Tabelul 1 se observă că uleiurile de măsline și arahide au cel mai mare conținut în grăsimi nesaturate, adică sunt cele mai stabile la oxidare. Din motive de eficiență economică s-au ales două uleiuri autohtone: uleiul de floarea-soarelui și uleiul de rapiță. Se observă că în ciuda faptului că uleiul de rapiță are doar 1% conținut în acizi grași saturați el conține până la aproape 65% acid oleic (mono nesaturați), comparativ cu uleiul de floarea-soarelui care are un procent mult mai mic de acid oleic și în consecință un conținut ridicat de acizi polinesaturați.

### 3.2 Vâscozitatea celor două uleiuri

Pentru o bună prelucrabilitate fluidul dielectric trebuie să aibă o vâscozitate suficient de mică care să îi permită circulația în interstițiu, astfel încât să realizeze eliminarea materialului prelevat. Vâscozitatea unui fluid este rezistența opusă de aceasta la deplasarea unuia din straturile lui în raport cu un alt strat. Valorile vâscozității relative ENGLER a uleiurilor au fost determinate la trei valori de temperatură 40, 60 respectiv 80 °C. Acestea sunt prezentate în Tabelul 2.

**Tabel 2 Vâscozitatea relativă ENGLER**

Uleiuri	Temperatura °C	Timp (s)	<sup>0</sup> E
Ulei de rapiță	40	94	1,87
	60	68	1,37
	80	56	1,07
Ulei de floarea-soarelui	40	78	1,5
	60	60	1,15
	80	49	0,94

Se constată că vâscozitatea relativă la temperatura de 40 °C este de 1,87, adică uleiul de rapiță este de aproape două ori mai vâscos decât apa, în timp ce uleiul de floarea-soarelui ((utilizat de noi) este de 1,5 ori mai vâscos. De remarcat că prin creșterea temperaturii scade vâscozitatea ajungând în cazul uleiului de floarea-soarelui practic egală cu cea a apei. Uleiul de rapiță rămâne chiar și la temperatura de 80°C ceva mai vâscos decât apa. Acest lucru ne conduce la concluzia că uleiul de floarea-soarelui este mai potrivit pentru prelucrare. Din acest punct de vedere se asigură curgerea prin interstițiu și permiterea evacuării materialului prelevat. Acest lucru s-a verificat și în timpul prelucrării.

Conductivitatea electrică

Valorile conductivității electrice măsurate în laborator sunt prezentate în Tabelul 3.

**Tabel 3 Conductivitatea electrică**

Mediu	Conductivitate (μS/cm)
Apa distilată	183,3
Ulei de floarea-soarelui	142,2
Ulei de rapiță	148,4

Se constată că ambele uleiuri au o conductivitate electrică apropiată de cea a apei distilate. De precizat că s-a determinat conductivitatea electrică a apei distilate din recipient deschis în contact cu aerul. Studiile efectuate cu apă de alții cercetători au evidențiat faptul că apa distilată a fost utilizată ca lichid dielectric, deci din acest punct de vedere ambele uleiuri sunt materiale dielectrice și pot fi utilizate în prelucrările EDM.

### 3.2 Prelucrabilitatea:

#### 3.2.1 Prelucrabilitatea oțelului C45

Prelucrarea prin EDM s-a realizat cu electrod masiv de cupru care a fost legat la polul negativ al sursei de curent constituind catodul, iar piesa la polul pozitiv constituind anodul.

Pentru prelucrabilitate s-a programat mașina cu urmatorul set de valori: intensitatea 24A, timp de impuls 2s, timp de pauză 1s, presiune de spălare a interstițiului 1bar.

Operația de prelucrare s-a efectuat în cele trei lichide dielectrice: uleiurile vegetale și lichidul utilizat curent. Având în vedere faptul că uleiul de rapiță este practic de două ori mai vâscos decât apa la temperatura de 40 °C pentru realizarea prelucrării a fost necesară creșterea presiunii lichidului în interstițiu cu o pompa hidraulică.

Productivitatea prelucrării s-a determinat gravimetric prin cântărirea piesei înainte și după prelucrare. Rezultatele gravimetrice pe baza cărora s-a calculat productivitatea sunt prezentate în Tabelul 4.

**Tabel 4 Prelucrabilitatea uleiurilor**

Mediu	Masa initiala $m_i$ (g)	Masa finala $m_f$ (g)	Timpul de prelucrare (min)	Volumul de material prelevat $V_p$ ( $m^3$ )	Prelucrabilitatea $V_w$ ( $m^3/min$ )
P3	249,68	247,71	8	0,229	$286 \cdot 10^{-4}$
Ulei de floarea- soarelui	246,77	244,83	8	0,225	$281 \cdot 10^{-4}$
Ulei de rapita	225,84	223,93	8	0,222	$277 \cdot 10^{-4}$

Analizând datele din tabelul 4 s-a constatat că cea mai bună prelucrabilitate o întâlnim la lichidul dielectric utilizat în laborator urmat de uleiul de floarea-soarelui și apoi cel de rapiță. De remarcat faptul că nu sunt diferențe foarte mari din punct de vedere al prelucrabilității, deci există premisele înlocuirii dielectricului clasic cu un ulei, alegerea finală fiind făcută pe baza compușilor organici volatili.

### 3.3 Determinarea compușilor organici volatili emiși în timpul prelucrării EDM cu electrod masiv a oțelului C45

În timpul prelucrărilor EDM cu ambele uleiuri s-au înregistrat valorile concentrațiilor compușilor organici volatili emiși. Prelucrarea acestor valori cu softul aparatului Ion Cub s-a concretizat în diagramele prezentate în Fig 2.

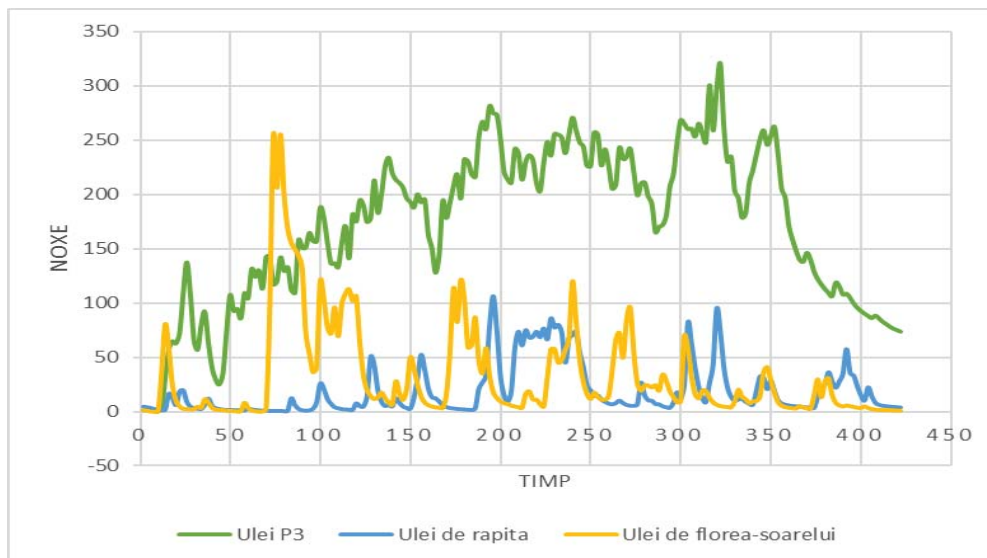


Fig 2 Emisia compusilor organici volatili

Interpretând valorile oscilante reprezentate în graficul de mai sus se constată că din cele două uleiuri vegetale folosite, cel de rapiță a avut un grad de emisie relativ scăzut față de uleiul de floarea-soarelui. Lichidul dielectric clasic P3 prezintă valori foarte ridicate de emisii de compuși organici volatili, acest aspect fiind sesizat și în timpul prelucrării.

## 4. Concluzii

4.1 Selectarea fluidului dielectric pentru EDM este o sarcină importantă, deoarece are un efect deosebit asupra performanței prelucrărilor, economiei și impactul procesului asupra mediului.

4.2 De mai bine de 50 de ani, diferiți cercetători lucrează pentru înlocuirea lichidului dielectric pe baza amestecurilor de hidrocarburi. Acestea prezintă o acțiune periculoasă, mai ales că formează compuși organici volatili cu un potențial cancerigen ridicat.

4.3 Lucrarea de față și-a propus să studieze posibilitatea înlocuirii dielectricului cu două uleiuri vegetale autohtone, uleiul de floarea-soarelui și uleiul de rapiță orientând cercetările către influența dielectricului propus asupra calității prelucrării precum și asupra emisiilor compușilor organici volatili. Pentru a putea fi folosite în cadrul procesului de prelucrare EDM cele două uleiuri vegetale au fost supuse încercării de determinare a vâscozității relative ENGLER, rezultând ca uleiul de floarea-soarelui este mai potrivit pentru prelucrare, asigurând curgerea prin interstițiu și permiterea evacuării materialului prelevat, lucru verificat și în timpul prelucrării. Din punct de vedere al conductivității electrice, uleiul de floarea-soarelui și cel de rapiță au valori apropiate de cele ale apei distilate, apa distilată fiind folosită în anumite cercetări ca lichid dielectric, fapt care întărește folosirea acestor două tipuri de uleiuri ca lichide dielectrice.

4.4 Operația de prelucrare a fost efectuată cu aceași parametrii pentru cele două tipuri de uleiuri dar și pentru lichidul folosit în laborator, productivitatea având valori distincte însă nu sunt diferențe foarte mari astfel încât lichidul dielectric clasic poate fi înlocuit cu unul din cele două uleiuri.

4.5 Emisiile compușilor organici volatili înregistrate prezintă valori distincte, astfel încât uleiul de rapiță degajă mai puține noxe decât uleiul de floarea-soarelui.

## 5. Bibliografie

- [1]. Ghiculescu, D. 2006, "Prelucrări prin electroeroziune", Vol 1, 11-13 pagini, ISSN.
- [2]. Koenig, W., Joerres, L., 1987, "Aqueous solutions of organic compounds as dielectric for EDM sinking." CIRP Annals—Manufacturing Technology, Vol. 36, pp. 105–109.
- [3]. Konig, W., Siebers, F. J., 1993, "Influence of the working medium on the removal process in EDM sinking, American Society of Mechanical Engineers." Production Engineering Division (Publication) PED, Vol. 64, pp. 649–658.
- [4]. Sodavadia K.P. și Makwana, A.H. 2014, "Experimental Investigation on the Performance of Coconut oil Based Nano Fluid as Lubricants during Turning of AISI 304 Austenitic Stainless Steel", J. Adv. Mech. Eng. 4
- [5]. Ghiculescu, D. 2006, "Prelucrări prin electroeroziune", Vol 1, 11-13 pagini, ISSN.
- [6]. Dorobanțu, P. Lucrări Științifice – Vol 51, seria Agronomie, 391-396, ISSN.