

UNIVERSITATEA TEHNICA TIMISOARA

FACULTATEA DE MECANICA

MARINCEU DIMITRIE MARIUS GHEORGHE

CONTRIBUTII IN DOMENIUL PRELUCRARIII PRIN ERDZIUNE ELECTRICA  
CU ELECTROD MASIV MOBIL

TEZA

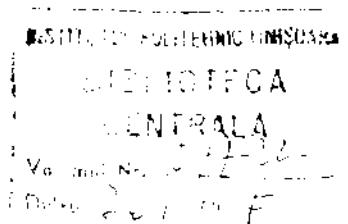
PENTRU OBTINEREA TITLULUI STIINTIFIC DE DOCTOR INGINER

CONDUCATOR STIINTIFIC:

PROF.DR.DOC.ING.AUREL NANU

BIBLIOTECA CENTRALĂ  
UNIVERSITATEA "POLITEHNICA"  
TIMIȘOARA

1993



## CUPRINS

CUVINT INAINTE.....	1
<b>CAPITOLUL 1.-STADIUL ACTUAL AL PRELUCRARIII PRIN EROZIUNE ELECTRICA CU ELECTROD MASIV MOBIL.</b>	
1. INTRODUCERE.....	5
2. CLASIFICAREA GENERALIZATA A MISCARILOR RELATIVE E-OF.....	6
3. UTILAJE, DISPOZITIVE UTILIZATE PENTRU REALIZAREA PRE- LUCRARIII PRIN EROZIUNE ELECTRICA CU ELECTROD MASIV MOBIL.	
3.1. Introducere.....	10
3.2. Dispozitive specifice existente pentru prelucrarea prin eroziune electrica cu E masiv mobil.....	11
3.3. Utilaje existente pentru prelucrarea prin eroziune electrica cu electrod masiv mobil.....	12
3.4. Concluzii.....	16
<b>CAPITOLUL 2.-CONTRIBUTII IN DOMENIUL PRELUCRARIII PRIN EROZIUNE ELECTRICA CU ELECTROD MASIV ROTITOR.</b>	
1. INTRODUCERE.....	16
2. CONTRIBUTII IN DOMENIUL REALIZARIII UNUI STAND PENTRU CERCETAREA EXPERIMENTALA A PRELUCRARIII PRIN EROZIUNE ELECTRICA CU ELECTROD MASIV ROTITOR.....	17
2.1. Introducere.....	17
2.2. Contributii in domeniul realizarii unor dispozitive pentru rotirea electrodului scula masiv.....	17
2.3. Contributii in domeniul realizarii unui stand pentru cercetarea experimentala a prelucrarii prin eroziune electrica cu electrod masiv rotitor.....	19
2.4. Concluzii.....	22
3. CONTRIBUTII IN DOMENIUL CERCETARII EXPERIMENTALE A PRELUCRARIII PRIN EROZIUNE ELECTRICA CU ELECTROD MA- SIV ROTITOR.....	22
3.1. Introducere.....	22
3.2. Rezultate ale unor experimente primare.....	23

3.2.1. Conditii de experimentare	23
3.2.2. Rezultate ale incercarilor experimentale	30
3.2.3. Concluzii	30
3.3. Rezultate ale unor experimente factoriale	31
3.3.1. Introducere	31
3.3.2. Modelarea matematica a experimentului factorial realizat	32
3.3.3. Concluzii	39
<b>CAPITOLUL 3.-CONTRIBUTII IN DOMENIUL PRELUCRARIII PRIN EROZIUNE ELECTRICA CU ELECTROD MASIV MOBIL MULTIDIRECTIONAL.</b>	
1. INTRODUCERE	50
2. MODALITATI DE REALIZARE A PRELUCRARIII PRIN EROZIUNE ELECTRICA CU ELECTROD MASIV MOBIL MULTIDIRECTIONAL	51
2.1. Introducere	51
2.2. Cinematica prelucrării de tip X1	52
2.3. Cinematica prelucrării de tip Y1	54
2.4. Cinematica prelucrării de tipul X2,Y2	56
2.5. Cinematica prelucrării de tipul Z1,Z2	57
2.6. Variante de prelucrări prin eroziune electrica cu translatia multidirectionala a electrodului scula pe suprafata cilindrica	57
2.7. Variante de prelucrări prin eroziune electrica cu translatia multidirectionala a electrodului scula pe suprafata conica	58
3. CONTRIBUTII IN DOMENIUL CREATIEI DE STANDURI EXPERI- MENTALE PENTRU STUDIUL PRELUCRARIII PRIN EROZIUNE E- LECTRICA CU TRANSLATIA MULTIDIRECTIONALA A ELECTRO- DULUI SCULA MASIV	60
3.1. Introducere	60
3.2. Contributii privind echiparea masinilor de pre- lucrat prin eroziune electrica cu electrod masiv cu dispozitive de lucru ce permit prelucrări cu translatia multidirectionala a electrodului scula	60

3.2.1. Analiza morfologica a dispozitivelor pentru prelucrarea prin eroziune electrica cu translatia multidirectionala a electrodului masiv	61
3.2.2. Dispozitive pentru translatia multidirectionala, unidirectionala a electrodului scula proiectate si realizate	65
3.2.3. Prezentarea dispozitivelor folosite la incercarile experimentale	66
3.3. Standul conceput si realizat	74
4. CONTRIBUTII IN DOMENIUL CERCETARII EXPERIMENTALE A PRELUCRARII PRIN EROZIUNE ELECTRICA CU ELECTROD MASIV MOBIL MULTIDIRECTIONAL	77
4.1. Introducere	77
4.2. Experimentul efectuat	78
4.3. Concluzii	88
5. CONTRIBUTII IN CERCETAREA TEORETICA CU APLICATII PRACTICE IMEDIATE IN IMBUNATATIREA PERFORMANTELOR DISPOZITIVELOR UTILIZATE LA PRELUCRAREA PRIN EROZIUNE ELECTRICA CU TRANSLATIA MULTIDIRECTIONALA A ELECTRODULUI SCULA MASIV	109
5.1. Introducere	109
5.2. Cazul translatiei multidirectionale pe suprafata cilindrica	110
5.3. Cazul translatiei multidirectionale pe suprafata conica	114
6. CONTRIBUTII IN DOMENIUL SIMULARII PE CALCULATOR A PRELUCRARII PRIN EROZIUNE ELECTRICA CU ELECTROD MASIV MOBIL MULTIDIRECTIONAL	116
6.1. Introducere	116
6.2. Programul realizat	116
6.3. Concluzii	119
<b>CAPITOLUL 4. - CONTRIBUTII IN DOMENIUL CREATIEI UNUI PROGRAM DE CALCULATOR, IN VEDEREA ALEGERII VARIANTEI OPTIME DE PRELUCRARE PRIN EROZIUNE ELECTRICA.</b>	
1. INTRODUCERE	119
2. PROGRAMUL REALIZAT	123

3. CONCLUZII	126
CONCLUZII FINALE	130
BIBLIOGRAFIE	134

## CUVÎNT ÎNAINTE

Ritmul actual de dezvoltare a producției de bunuri materiale este susținut prin depășirea limitelor temporare de prelucrabilitate, fie pe calea perfecționării și diversificării tehnologiilor clasice, fie pe calea inventării și aplicării altora noi, neconvenționale. Dacă la nivelul anului 1975 utilajele neconvenționale, reprezentau 0.12% din totalul celor în funcțiune, în anul 1983 au depășit 2%, iar în anul 1991 4%. Se prognozează menținerea acestui ritm ascendent în continuare [4]. Repartizarea ponderală pe procedee este în prezent: 70%-eroziune electrică, 18% eroziune electrochimică, 7% eroziune cu fascicul de radiații, restul-alte procedee.

Se remarcă faptul că eroziunea electrică are cea mai mare pondere, menținută de multă vreme și pe plan mondial [4], precum și cea mai dinamică evoluție. Dezvoltarea eroziunii electrice este susținută din cauza avantajelor sale cunoscute:

- prelucrabilitate ridicată și practic independentă de proprietățile mecanice ale unor materiale excesiv de dure, fragile, refractare;

- gama largă de gabarite ale suprafețelor prelucrate, cu dimensiuni cuprinse între 0.01 mm, până la cele de ordinul metrilor;

- complexitatea formelor și diversitatea mare a metodelor de generare a acestora;

- lipsa solicitărilor mecanice, fapt care permite folosirea unor obiecte de transfer (electrod sculă) a energiei, confecționate

din materiale relativ ieftine, usor prelucrabile, etc..

Eroziunea electrică poate deveni competitivă și la prelucrarea unor materiale care au o prelucrabilitate mijlocie, atunci când prezintă față de alte procedee, caracteristici tehnologice și tehnico-economice mai bune.

Aplicabilitatea prelucrării prin eroziune electrică este plafonată de consumul ridicat de energie specifică, de uzura electrodului sculă, de repartiția, des, neuniformă a uzurii.

În întreaga lume, și în țara noastră, procedeul este intens studiat; cu toate acestea, perfectibilitatea lui rămâne încă deschisă, făcând obiectul unor cercetări fundamentale și aplicative.

În lumina acestor considerații, prezenta lucrare de doctorat și-a propus să contribuie la lămurirea unor aspecte teoretice și practice ale prelucrării prin eroziune electrică cu electrod masiv mobil, varianta de prelucrare cu o pondere din ce în ce mai ridicată din totalul procedeelelor de prelucrare prin eroziune electrică [16].

Lucrarea a fost structurată în 5 capitole, desfășurate pe 137 pagini, 19 tabele, 77 figuri, 10 fotografii, 2 "listinguri" de programe originale de calculator, și 65 referințe bibliografice, dintre care 20 aparțin autorului. Lucrarea a fost realizată în proporție de 95% cu ajutorul calculatorului electronic, inclusiv tabele, grafice, toate obținute cu ajutorul altor programe realizate de către autor.

Capitolul I redă, pe scurt, stadiul actual și tendințele pe plan mondial, în domeniul prelucrărilor prin eroziune electrică cu electrod masiv mobil.

Capitolul 2 contine contributiile autorului, prezentate mult rezumativ, in domeniul prelucrării prin eroziune electrică cu electrod masiv rotitor. Sint prezentate eforturile facute in domeniul creației de standuri pentru studiul experimental al prelucrării, precum si rezultatele unor experimente clasice si factoriale, concluzii.

Capitolul 3 prezintă contributiile autorului in domeniul prelucrării cu electrod masiv mobil multidirecțional. Sint prezentate studii ale cinematicii relativ mai complicate, ale acestui tip de prelucrare, studii cu caracter inedit. Sint prezentate contributiile autorului in domeniul creației de standuri experimentale pentru studiul prelucrării, cu multe solutii brevetate sau în curs de brevetare, noutăți deci, pe plan mondial. Sint prezentate rezultatele unor încercări experimentale, concluzii de interes obtinute pe baza lor. Sint prezentate contributiile autorului in domeniul simulării pe calculator a prelucrării, in vederea vizualizării înainte de prelucrare, a viitoareii forme de suprafata uzinată.

Capitolul 4, prezinta contribuția autorului in elaborarea unui program de calculator, care să selecteze varianta "optimă" de prelucrare prin eroziune electrică, pentru un caz oarecare, concret, dat.

In capitolul de concluzii, se prezintă principalele contributii originale aduse de autor în domeniul prelucrării prin eroziune electrică cu electrod masiv mobil.

Autorul ține să exprime întreaga sa gratitudine, si pe această cale, față de conducătorul științific, d-l prof.dr.doc.st.ing.A.



Nanu, pentru competența cu care l-a îndrumat în toată perioada de creație a acestei lucrări. De asemenea mulțumește d-lui prof. dr. ing. A. Nichici pentru sprijinul acordat în elaborarea lucrării.

Autorul adresează mulțumiri tuturor colegilor care l-au ajutat.

Autorul precizează că a "îndrăznit" să facă următoarele simplificări în notatii, în vederea parcurgerii mai "ușoare" a lucrării: bibliografia consultată în vederea elaborării tezei, este, evident, prezentată la sfârșitul lucrării;

- în text, sînt menționate doar principalele lucrări, cărți, manuale, etc., care tratează cel mai bine, după părerea autorului

, problematica în discuție;

- numerotarea tabelelor, figurilor este cea obișnuită, numărul tabelului, figurii fiind precedat de un număr identificator al capitolului respectiv;

- în cazul relațiilor, pentru a nu complica numerotările, ele au fost numerotate "simplu", crescător (de la "1" la "n"), în cadrul fiecărui capitol.

## CAPITOLUL 1.

### STADIUL ACTUAL AL PRELUCRĂRII PRIN EROZIUNE ELECTRICĂ CU ELECTROD MASIV MOBIL

#### 1. INTRODUCERE

Prelucrarea prin eroziune electrică este definită [44] ca un procedeu de îndepărtare a adaosului de prelucrare prin acțiunea repetată a descărcărilor electrice în impuls, în mediul lichid dielectric, în spațiul limitat dintre un electrod sculă (E) conectat la un pol, și obiectul prelucrării (OP) conectat la celălalt pol al unui generator de impulsuri de tensiune.

Descărcările se amorsează succesiv și se localizează selectiv în diferite zone ale interstițiului, în funcție de realizarea locală a condițiilor disruptive.

Fiecare din aceste impulsuri, acționând în mod discontinuu, constituie un proces elementar de eroziune desfășurat într-un spațiu restrâns format de coloana descărcării înconjurată de lichidul dielectric, petele electrodeice de contact ale coloanei cu materialele metalice și straturile de material activate de acestea.

Introducerea directă a energiei primare electrice în spațiul de lucru al procesului elementar, dozarea ei temporală și transformarea ei în energie de efect, duce la formarea craterelor de eroziune la OP și uzură la E.

Migrarea proceselor elementare de eroziune în spațiul de lucru macroscopic, determină integrarea efectelor erozive ale acestora, având ca efect prelucrarea la OP și uzura la E.

Evacuarea produselor eroziunii din interstițiu și restabilirea permanentă a distanței disruptive prin avansul lui E (sau/și OP), asigură continuitatea macroscopică a procesului.

În principiu, la eroziunea electrică, pot fi aplicate toate metodele de generare a suprafețelor: copiere, rulare, metoda urmei, tangentei, etc. În consecință, rezultă și o mare diversitate de operații posibile cu mișcări relative E-OP corespunzătoare.

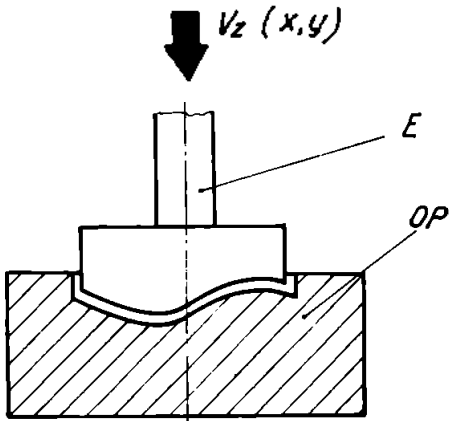
## 2. CLASIFICAREA GENERALIZATĂ A MIȘCĂRILOR RELATIVE E-OP.

O clasificare generalizată a unor procedee de prelucrare prin eroziune electrică (EE), des utilizată în practică, inspirată din [44], este prezentată în tabelul 2.1. La această clasificare s-au considerat unele simplificări și completări. De exemplu, translația "unidirecțională" prezentată în [44] la nr. crt. 2, a fost considerată ca o mișcare de avans automat liniar (lucru evident, de altfel), etc.

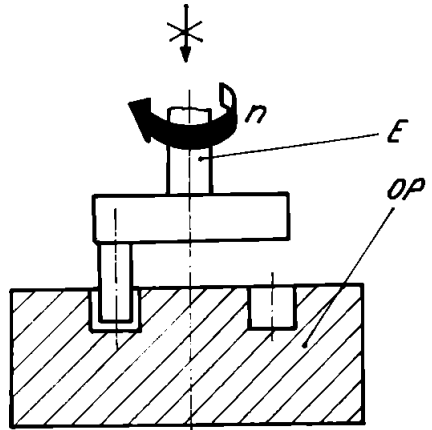
Trebuie menționat, de altfel, că în literatura de specialitate recentă, prelucrarea cu translația circulară (TC) a lui E (sau OP), este denumită prelucrare cu translație "multidirecțională pe suprafața cilindrică", dacă raza TC este constantă ( $r=ct.$ ), respectiv prelucrare cu translație "multidirecțională pe suprafață.."

[ 3 ].

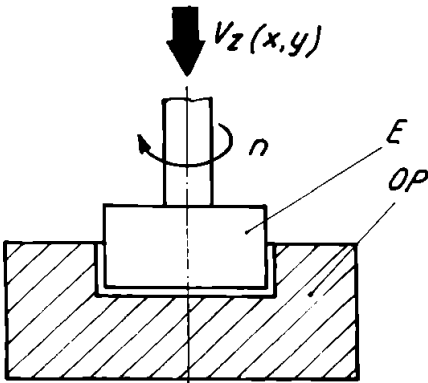
În figurile nr. 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 1.6, 1.7, 1.8, 1.9, 1.10, 1.11, 1.12, 1.13, 1.14, 1.15, 1.16 și 1.17 sunt prezentate cele mai des utilizate prelucrări prin EE cu E masiv mobil, încercându-se și o prezentare generalizată a acestora. Pentru înțelegerea acestor figuri, trebuie precizată următoarea "legendă":



A0  
Fig.1



D0  
Fig.2



A1  
Fig.3

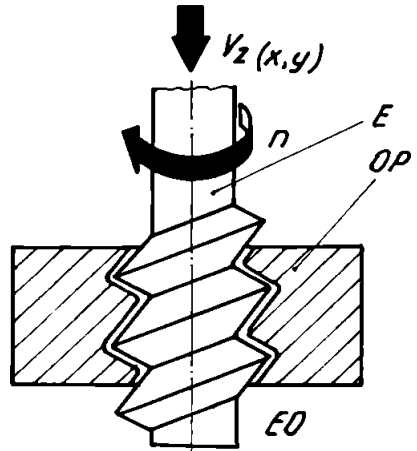
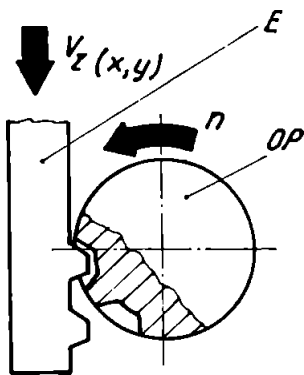
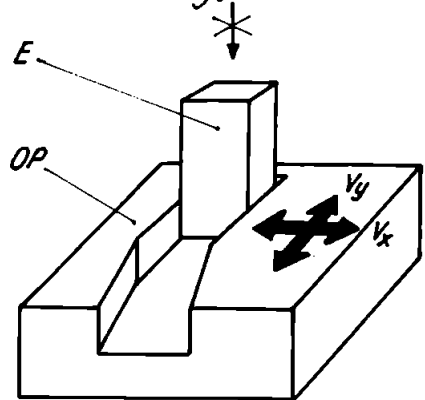


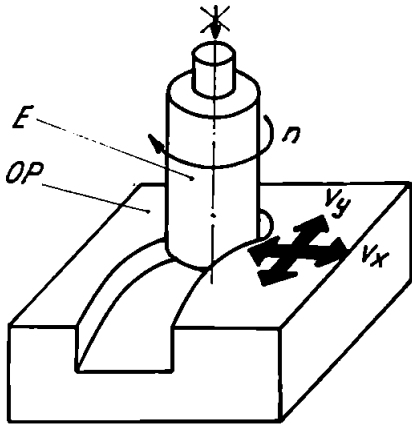
Fig.4



E0  
Fig.5

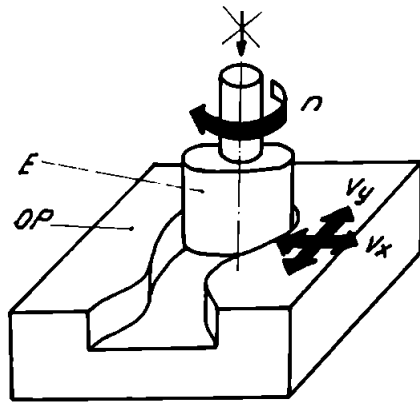


B0  
Fig.6



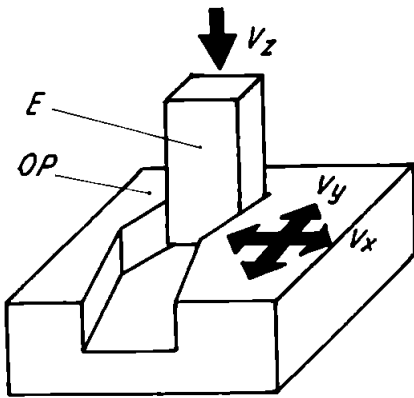
B1

Fig1.7



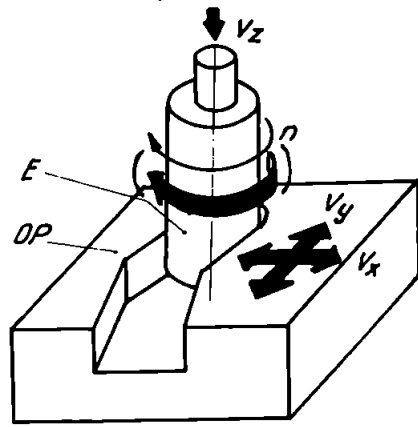
E0

Fig1.8



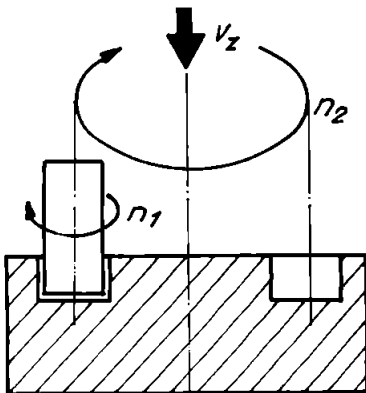
C0

Fig1.9



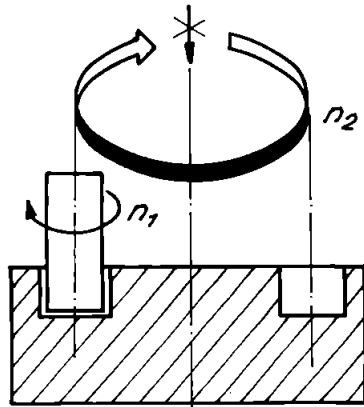
C1(E0)

Fig1.10



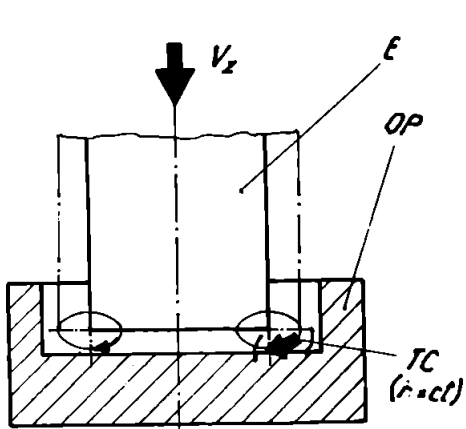
A4

Fig1.11

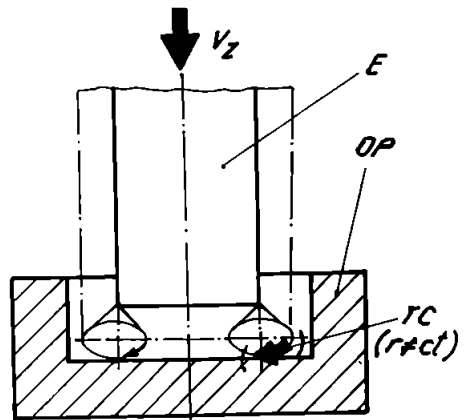


D1

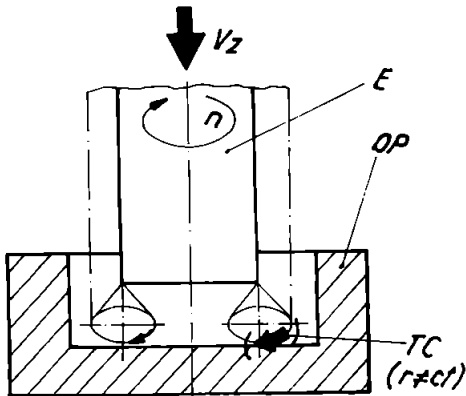
Fig1.12



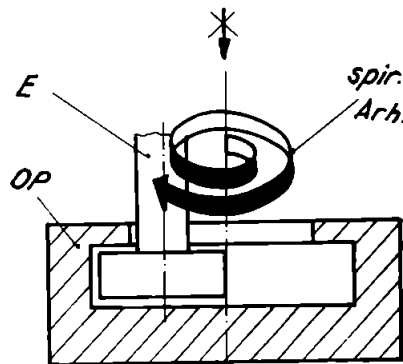
A2 : (E0)  
Fig.13



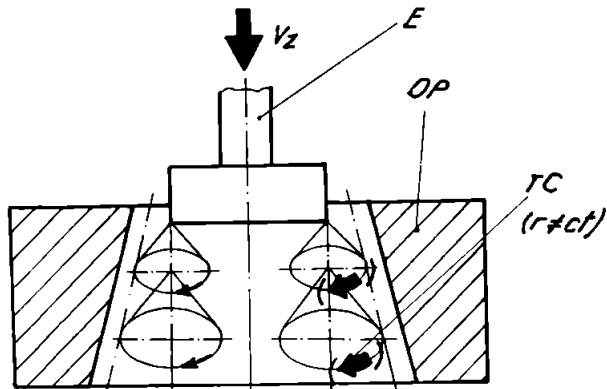
A3 : (E0)  
Fig.14



A3+1 : (E1)  
Fig.15



B0  
Fig.16



E3 : (E0)  
Fig.17

Legenda: -<-- (linie groasa)=mişcare de avans automat;

-<--(linie subțire)=mişc.independentă de mișc.de av.aut.

Tabelul 1.1

Nr. crt.	Criteriul de clasificare	Categoria	Cod
1.	Mișcarea de avans automat	1.1 liniară	A
		1.2 combinația a 2 mișcări liniare	B
		1.3 combinația a 3 mișcări liniare	C
		1.4 circulară	D
		1.5 compusă	E
2.	Mișcări relative necesare generării suprafețelor, independente de avansul automat	2.1 fără mișcare	0
		2.2 rotire în jurul unei axe	1
		2.3 translație circulară (r=ct.)	2
		2.4 translație circulară (r=var., r#ct.)	3
		2.5 rotiri orbitale	4

### 3.UTILAJE,DISPOZITIVE UTILIZATE PENTRU REALIZAREA PRELUCRĂRII PRIN EROZIUNE ELECTRICA CU ELECTROD MASIV MOBIL.

#### 3.1.Introducere.

Constructorii de utilaje pentru prelucrări prin eroziune electrică cu electrod masiv mobil s-au orientat in două direcții principale: a)-echiparea unor mașini de prelucrat prin eroziune electrica cu electrod masiv obișnuite (cu o sin-

gura mișcare de avans rectiliniu automat), cu dispozitive care să permită realizarea prelucrărilor cu electrod masiv mobil;

b)-realizarea unor mașini unelte complexe de prelucrat prin eroziune electrică cu electrod masiv, care să permită atât prelucrări "clasice" (cu copie-rea formei E scula), cât și prelucrări cu E masiv mobil.

În cele de mai sus, prin "mobilitatea" electrodului sculă (E) se înțelege faptul că acesta execută mai multe mișcări, față de prelucrarea "clasică". La mașinile "clasice", direcția de avans automat coincide cu direcția de mișcare a saniei capului de lucru (SCL) față de capul de lucru (CL). Nu constituie obiectul discuțiilor prelucrările cu E filiform.

### 3.2. Dispozitive specifice existente pentru prelucrări prin eroziune electrică cu electrod masiv mobil.

Dintre prelucrarile electroerozive cu electrod scula masiv mobil (E), care au stîrnit interesul deosebit al utilizatorilor, au fost cele ce permit prelucrări de genul celor din figurile: 1.2 (D0), 1.4 (E0), 1.13 (A2), 1.14 (A0), 1.15 (A3+1, E1), 1.16 (B0) și 1.17 (E3; E0). Corespunzător acestor interese deosebite, au fost construite următoarele principale tipuri de dispozitive:

- a)-dispozitive pentru rotirea E;
- b)-dispozitive pentru translații multidirecționale, unidirecționale a lui E;
- c)-dispozitive pentru filetare prin eroziune electrică;



-d)-dispozitive pentru alte genuri de mișcări.

Dispozitivele de tipul "a","b",vor fi tratate separat în cadrul tezei,iar cele de tipurile "c","d",au fost tratate de subsemnatul in [47].

### **3.3.Utilaje existente pentru prelucrarea prin eroziune electrica cu electrod masiv mobil.**

Aceste utilaje, la ora actuală, sint utilaje C.N.C. cu cel puțin trei axe comandate numeric,si în majoritatea cazurilor,adaptiv.Una din realizările reușite în domeniu,este utilajul "Charmilles" ROBIFORM-220 CNC-220 MCNC [63].

Fără a prezenta alte caracteristici,utilajul prezentat in foto nr.1,permite deplasări automate sau semiautomate după 1,2,3 sau 4 axe comandate numeric (a 4-a axă,v.foto nr.2),rezultind diferite prelucrări posibile,de la uzinajul "clasic" (vezi foto nr. 3),pînă la uzinaj cu E mobil multidirecțional pe suprafață oarecare (vezi foto nr.4),sau cu translații unidirecționale (vezi foto nr. 5).

Mașina permite dialog activ cu operatorul,stocări de programe si a regimurilor de lucru in memorie,șiguranță în funcționare,fiabilitate ridicată.In țara noastră,incepind cu anul 1989,in Timișoara,se fabrica utilajul ELER-3SEM,a carei performante sint prezentate detaliat in [44].Dezavantajele, pentru utilizatori români,ale acestor utilaje,sînt costurile deosebit de ridicate ale acestora.

### **3.4.Concluzii.**

Din cele prezentate,se pot trage următoarele concluzii:

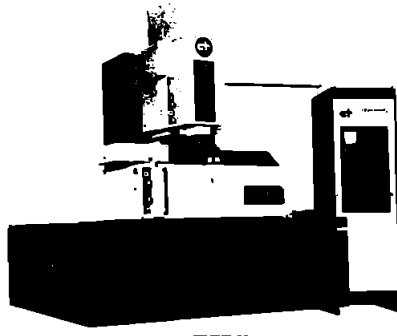


Foto 1.-Masina de prelucrat prin 3D cu 5 masiv Charnilles  
ROBOPORN 220 CNC.

Asse C (opzione)

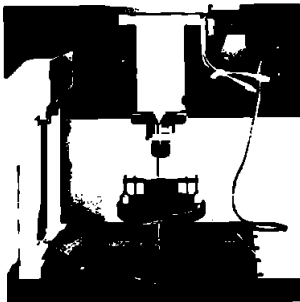


Foto 2.-A 4-a axă comandată numeric Masini Charnilles  
ROBOPORN 220 CNC.



Foto 3.-Găină "clasic" pe masină, cu corp scutit prin C&E cu  
Charilles R&S A E 220 CNC.

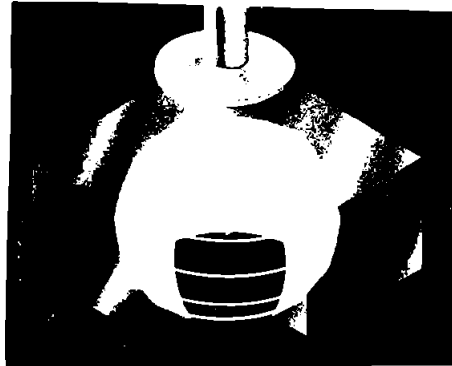


Foto 4.-Găină cu TH a E scutit masiv pe su rafată, corp scutit,  
cu Charilles R&S A E 220 CNC.



Foto 5.-Uzinaj cu TU pe utilajul Charnilles ROBOFORM 220 CNC, utilizat de regulă pentru corectarea muchii ascuțite, după TM.

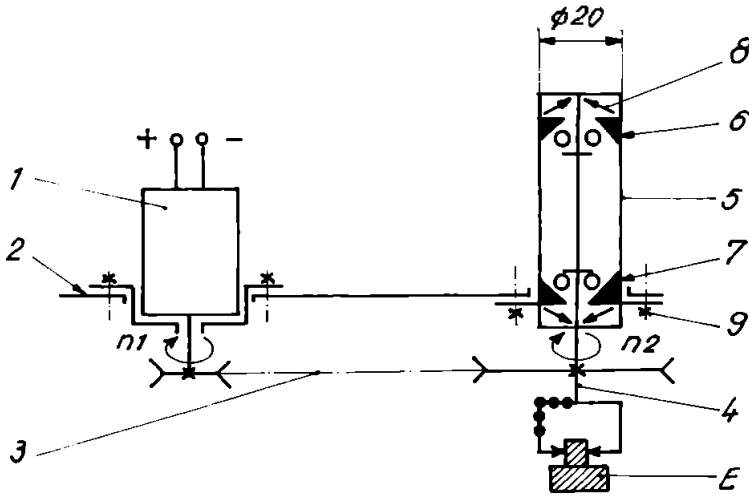


Fig.2.1-Schema cinematică simplificată a dispozitivului de rotire a E masiv, proiectat și realizat în cadrul catedrei "Tehnologie Mecanică", utilizat la încercările experimentale.

- a)-este actuală echiparea parcului de mașini "clasice" existente cu dispozitive care să permita prelucrări cu E masiv mobil;
- b)-este ideal ca aceste soluții să fie inedite, evitându-se astfel cumpărarea de licențe scumpe;
- c)-este necesară popularizarea soluțiilor de asemenea dispozitive, în rândul utilizatorilor potențiali. Aceștia, ar trebui să cunoască avantajele nete ale prelucrărilor cu acestea;
- d)-avantajele prelucrărilor prin EE cu E masiv mobil trebuie cunoscute, făcute "publice", și nu "păstrate" în "mare secret", cum s-a procedat pînă în prezent, fenomen ce explică lipsa de informații existentă (pînă în prezent).

## CAPITOLUL 2.

### CONTRIBUȚII ÎN DOMENIUL PRELUCRĂRII PRIN EROZIUNE ELECTRICĂ CU ELECTROD MASIV ROTITOR.

#### 1. INTRODUCERE.

Prelucrarea este de tipul A1 sau E0 [21]. Axa de rotație poate fi paralelă cu direcția de avans automat (cazul cel mai des întîlnit, datorită avantajelor cele mai generoase [44]), perpendiculară față de această direcție, sau înclinată cu un unghi diferit de 90 grade față de aceasta.

Cinematica prelucrării este simplă, nefiind cazul ca în prezenta teză, să detaliez cinematica unei mișcări de translație compusă cu o mișcare de rotație. Am cercetat, în cele ce urmează, cazul

prelucrării ce E masiv rotitor cu axa de rotație paralelă cu direcția de avans automat.

Cercetările au fost efectuate în mult mai diverse condiții de lucru, decât cele ce vor fi prezentate.

## **2. CONTRIBUTII IN DOMENIUL REALIZĂRII UNUI STAND PENTRU CERCETAREA EXPERIMENTALĂ A PRELUCRĂRII PRIN EROZIUNE ELECTRICĂ CU ELECTROD MASIV ROTITOR.**

### **2.1. Introducere.**

În vederea studiului procesului de prelucrare prin eroziune electrică cu E masiv rotitor, a apărut necesitatea creerii unui stand, care trebuia să îndeplinească următoarele principale cerințe :

- 1) - să utilizeze ca bază, o mașină de prelucrat prin EE cu E masiv de tip ELER-01, echipată cu generator GEP 50 F, existentă în dotarea catedrei "Tehnologie Mecanică";
- 2) - să fie realizabilă rotirea E cu turație variabilă;
- 3) - să permită determinarea numărului de impulsuri efective din procesul de prelucrare.

Pe baza acestor idei, în prima fază, am proiectat, realizat dispozitive pentru obținerea mișcării de rotație a lui E.

### **2.2. Contribuții în domeniul realizării unor dispozitive pentru rotirea electrozudului scula masiv.**

La baza activității de proiectare, a stat o analiză morfologică a soluțiilor existente pe plan mondial. Criteriile utilizate pentru analiză au fost:

**A)-tipul motorului de acționare:**

A1-motor de curent continuu;

A2-motor pas cu pas;

A3-fără motor (!);

A4-?

**B)-felul rotirii efectuate:**

B1-rotire efectuată în jurul unei axe paralele cu direcția de avans automat;

B2-rotire în jurul unei axe înclinate cu un unghi diferit de 90 grade, față de direcția de avans automat;

B3-rotire în jurul unei axe perpendiculare față de direcția de avans automat;

B4-?

**C)-reglajul turăției:**

C1-turăție nereglabilă;

C2-turăție prereglabilă;

C3-turăție reglabilă automat în funcție de viteza de avans;

C4-?

**D)-modul de transmitere a mișcării motorului la electrod:**

D1-angrenaj melc-roata melcată;

D2-angrenaj cilindric;

D3-transmisie cu curea;

D5-?

Utilizând metode de cercetare morfologică, a rezultat, ținând cont de funcții obiectiv: costul dispozitivului, costul amplasării sale, gabaritul axial (care reduce performanțele mașinii!), performanțe obținabile, etc., varianta de interes: A1B1C2D3.

Dispozitivul proiectat și realizat a avut ca sursă de

inspiratie solutia AGIE [62], el fiind certificat ca inovatie a subsemnatului [30]. Schema cinematica principiala a dispozitivului, este prezentata in fig.2.1. Sursa de miscare este un motor de c.c., poz. 1, cu turatie variabila prin schema electrica. Acesta se afla fixat in placa poz. 2, cu ajutorul flansei poz.2a.

El transmite miscarea de la arborele sau, cu ajutorul transmisiei cu curea dintata, formata din poz. 3, 10, 11. Arborele port-electrod, poz.7, este lagaruit si etansat in bucsa poz.7, fixata la rindul ei, in placa poz.2. Protectia la scurtcircuit este realizata de poz.12, pastila de grafit apasata de un arc pe roata poz.11, ce contine o zona inelara din cupru. Trebuie mentionat faptul ca arborele port-electrod poz.4, este tubular, putandu-se injecta, sau absorbi lichid dielectric prin interiorul sau.

Dispozitivul se monteaza pe capul de lucru al masinii, ca orice E, cu partea de prindere cilindrica (diam.=20 mm), lucru ce mareste gradul de universalitate a dispozitivului, pe langa alte numeroase avantaje (gabarit mic, robustețe, turatie variabila).

O imagine a dispozitivului realizat, este prezentata in foto nr.6.

### **2.3. Contributii in domeniul realizării unui stand pentru cercetarea experimentală a prelucrării prin eroziune electrică cu electrod masiv rotitor.**

Standul conceput si realizat, utilizeaza o masina de prelucrare prin eroziune electrica ELER-01, echipata cu un generator de impulsuri GEF-50 F. Schema bloc a standului de experimentare este prezentata in fig.2.2. Aprecierea diferitelor tipuri de impulsuri,



F.6

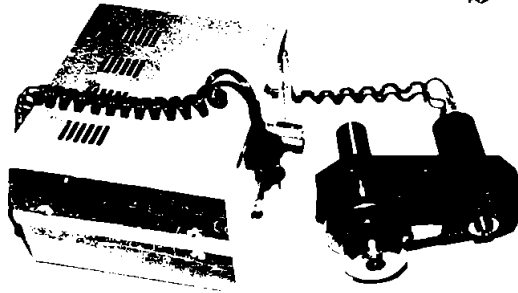


Foto 6.-Imagine a dispozitivului de rotire a E utilizat la încercările experimentale de prelucrare prin EE cu E masiv rotitor.

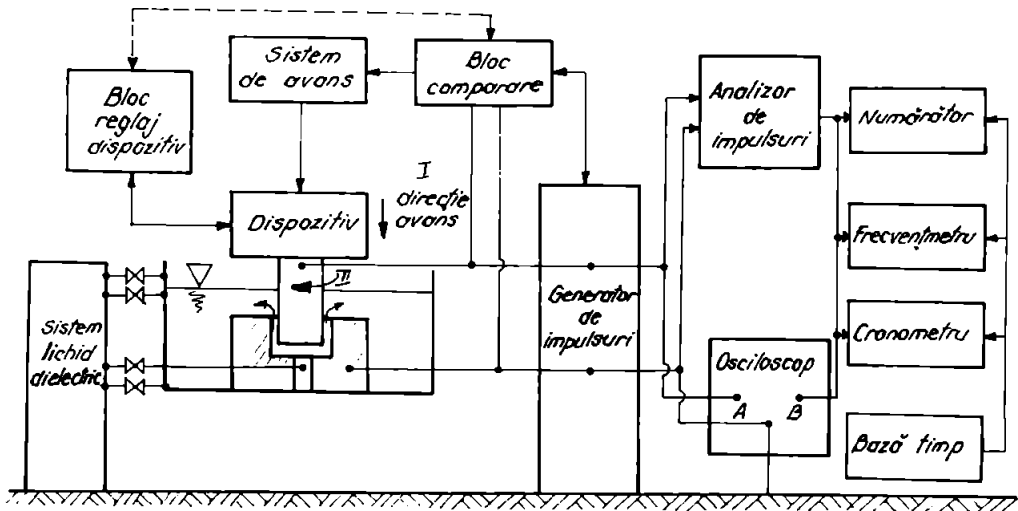


Fig.2.2.-Schema bloc simplificată a standului de experimentare conceput și realizat pentru prelucrările prin EE cu E masiv rotitor.

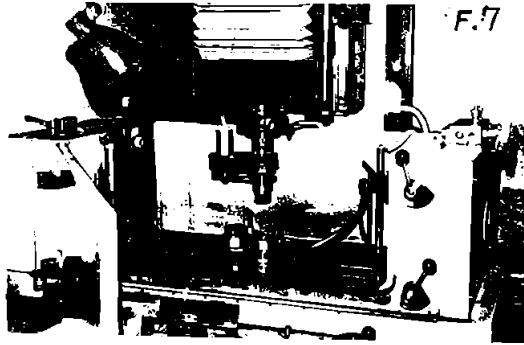


Foto 7.- imagine a standului utilizat pentru incercările experimentale de prelucrări prin EE cu E masiv rotitor.

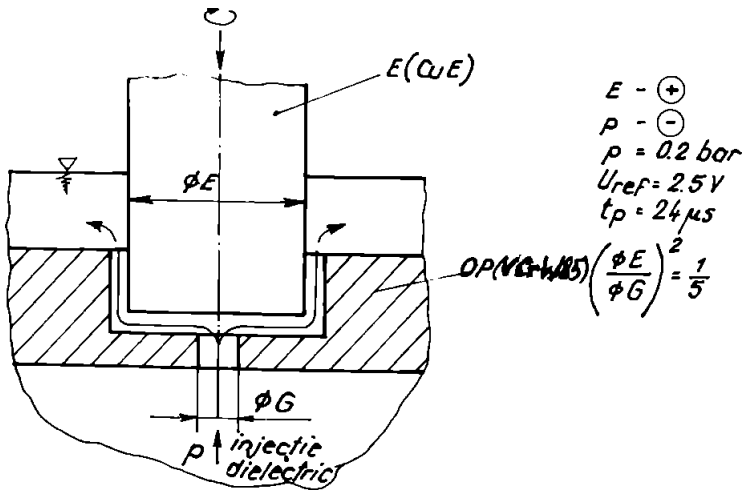


Fig.2.3.-Schema de principiu a prelucrării utilizate în incercările experimentale de uzinare prin EE cu E masiv rotitor.

numărarea impulsurilor de lucru, s-a realizat cu ajutorul unui analizor de impulsuri [51], realizat de colegul A.Reviczky în cadrul catedrei "Tehnologie Mecanică". Standul, conține, evident, și dispozitivul de rotire a E, prezentat în capitolul precedent.

O imagine a standului realizat este prezentată în foto nr.7.

#### **2.4. Concluzii.**

Cercetările ulterioare au dovedit utilitatea și funcționalitatea standului realizat. El a constituit baza materială pentru studiul, modelarea matematică cu ajutorul unor experimente statistice factoriale, a procesului de prelucrare prin eroziune electrică cu E masiv rotitor.

### **3. CONTRIBUTII ÎN DOMENIUL CERCETĂRII EXPERIMENTALE A PRELUCRĂRII PRIN EROZIUNE ELECTRICĂ CU ELECTROD MASIV ROTITOR.**

#### **3.1. Introducere.**

Cu ajutorul standului realizat, prezentat în capitolul precedent, au fost realizate cercetări experimentale asupra unei game largi de materiale (Cr120, VCrW85, P40, K20), în diverse "zone" ale spațiului multidimensional format de parametrii considerați semnificativi (treapta de curent, durata impulsului, aria activă, mod de spalare a interstitiului). În prima fază, am urmărit să scot în evidență influența parametrului inedit, caracteristic prelucrării, turatia electrodului asupra unor funcții de răspuns (productivitate, uzură, număr impulsuri utile, etc.), iar în faza a doua, am încercat să stabilesc, cu ajutorul unor modelări matematice, efectul rotirii E, vis-a-vis de efectele parametrilor semnificativi "cla-

sici" ai prelucrării prin EE cu E masiv, asupra aceluiași funcții de răspuns. În cele ce urmează, sint prezentate rezultate ale unor încercări experimentale, efectuate asupra unor probe confecționate din oțel VCrWBS, călit și revenit la 45-50 HRC.

### 3.2. Rezultate ale unor experimentări primare.

#### 3.2.1. Condiții de experimentare.

Încercările au fost realizate pe standul prezentat în capitolele precedente. Probele (OP), confecționate din oțel VCrWBS, călit și revenit la 45-50 HRC, conectate la polaritatea "-" a generatorului de impulsuri, au fost montate pe masa mașinii prin intermediul unui dispozitiv de fixare și injecție-absorbție a lichidului dielectric prin interiorul OP. Electrozii sculă (E), confecționați din CuE, evident conectați la polaritatea "+", au fost montați în dispozitivul de rotire conceput, realizat și prezentat în capitolul precedent. Spălarea interstițiului tehnologic în experimentul prezentat, a fost realizată forțat prin injecție de lichid dielectric prin interiorul OP, OP fiind prevăzut cu un orificiu tehnologic. În încercări a fost păstrată constant pătratul raportului dintre diametrul E (de formă circulară) și diametrul orificiului. Schema de principiu a prelucrării, este prezentată în fig. nr. 2.3. Rezultatele experimentale prezentate, au fost obținute cu regimul caracterizat prin: treapta de curent  $I=25$  A, durata impulsurilor  $t_i=900$  microsecunde, durata pauzei dintre impulsuri  $t_p=28$  microsecunde, aria suprafeței transversale active,  $A=8$  cm<sup>2</sup>, presiunea de injecție a lichidului dielectric  $p=0.2$  bari.

Parametrul, variabilă independentă, a fost turația E,  $n$  [rot/

Tabelul 2.1.-Rezultate ale experimentului "clasic".

n [r/min]	$Q_p$ [mm <sup>3</sup> /min]		$U_v$ [%]		$P_{il}$ [%]		$A_{bc}$ [μm]		$R_{af}$ [μm]	
	$Q_{pm}$	$sQ_p$	$U_{vm}$	$sU_v$	$P_{ilm}$	$sP_{il}$	$A_{bcm}$	$sA_{bc}$	$R_{afm}$	$sR_{af}$
0	116	4,8	2,5	0,4	80	2,0	19	3,8	8,2	1,4
25	137	8,2	2,4	0,38	82	1,5	6	2,2	7,8	0,9
50	140	4,7	2,4	0,28	83	0,8	7	1,8	8	1,5
75	132	8,8	2,5	0,2	84	1,7	5	1,4	7	1,48
100	128	11,2	2,6	0,38	87	2,1	6	1,8	7,5	1,9
125	120	3,8	2,7	0,25	81	0,8	6,5	1,1	7,0	1,4
150	110	3,2	2,8	0,25	80	0,7	6	1,1	7,8	1,1
200	98	5,7	2,9	0,24	78	1,0	5	1,0	8	0,9

Tabelul 2.2.-Variabile, intervale de variație ale acestora, coduri, utilizate la experimentul factorial de prelucrare prin EE cu E masiv rotitor.

Nivel variabilă	Simbol	$X_1$ [mm <sup>2</sup> ]	$X_2$ [A]	$X_3$ [μs]	$X_4$ [r/m]	Vol. codi- ficată
Niv. superior	$X_{i1}$	300	25	190	50	+1
Niv. de bază	$X_{i0}$	225	18,75	146,5	25	0
Niv. inferior	$X_{i2}$	150	12,5	95	0	-1
Interval de variație	$DX_i$	150	12,5	95	50	---

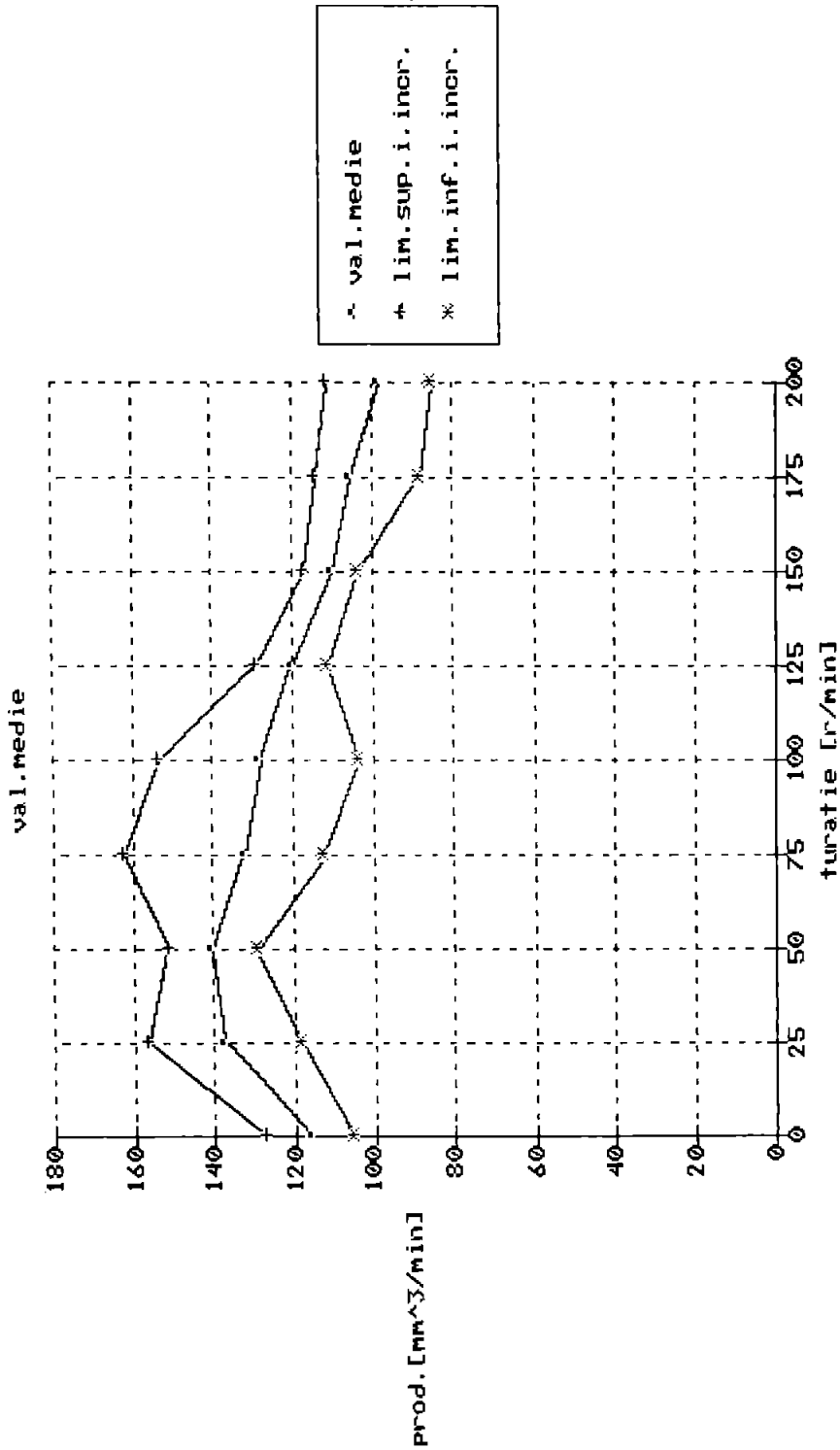


Fig.2.4.

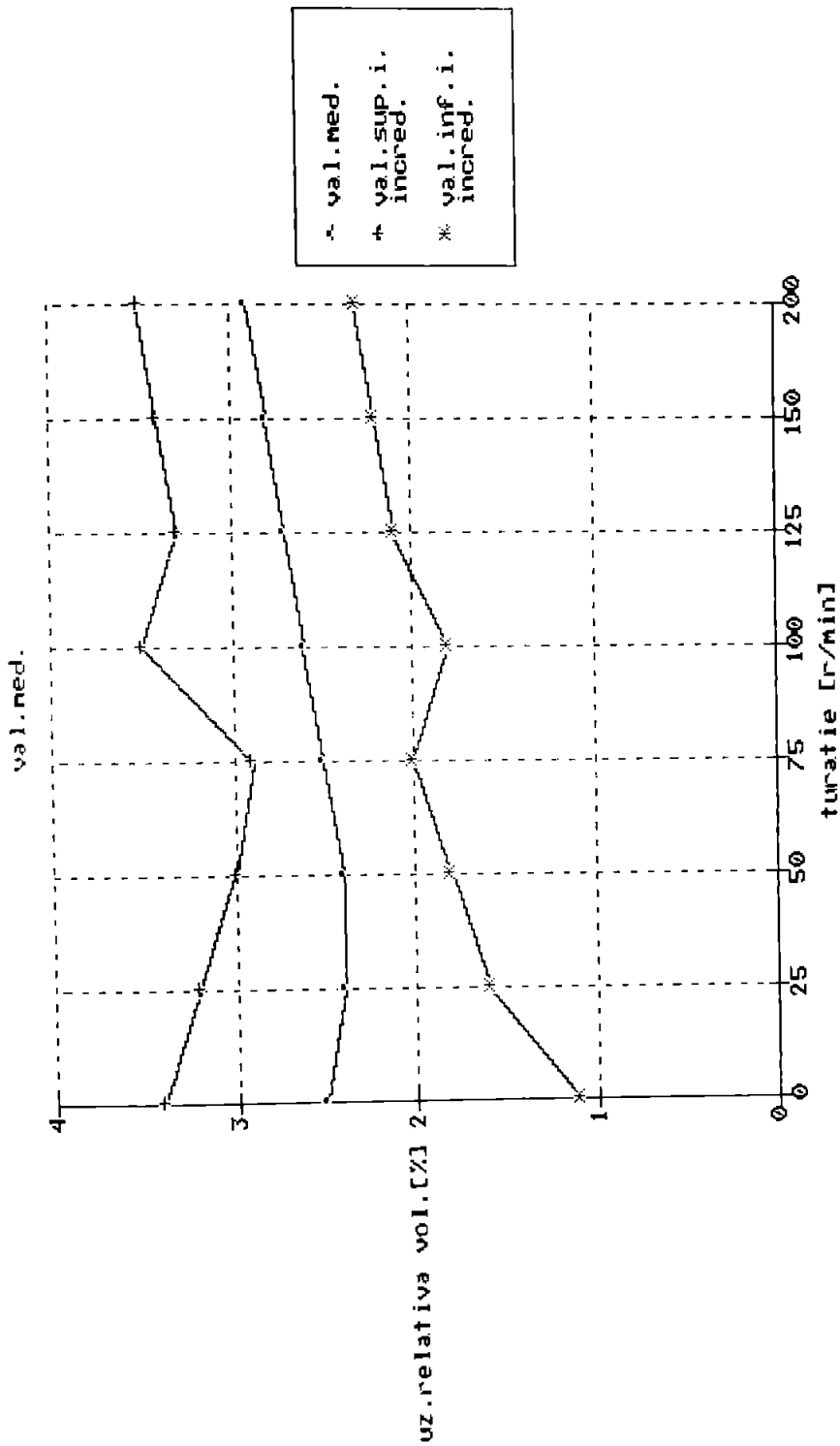


Fig. 2.5.

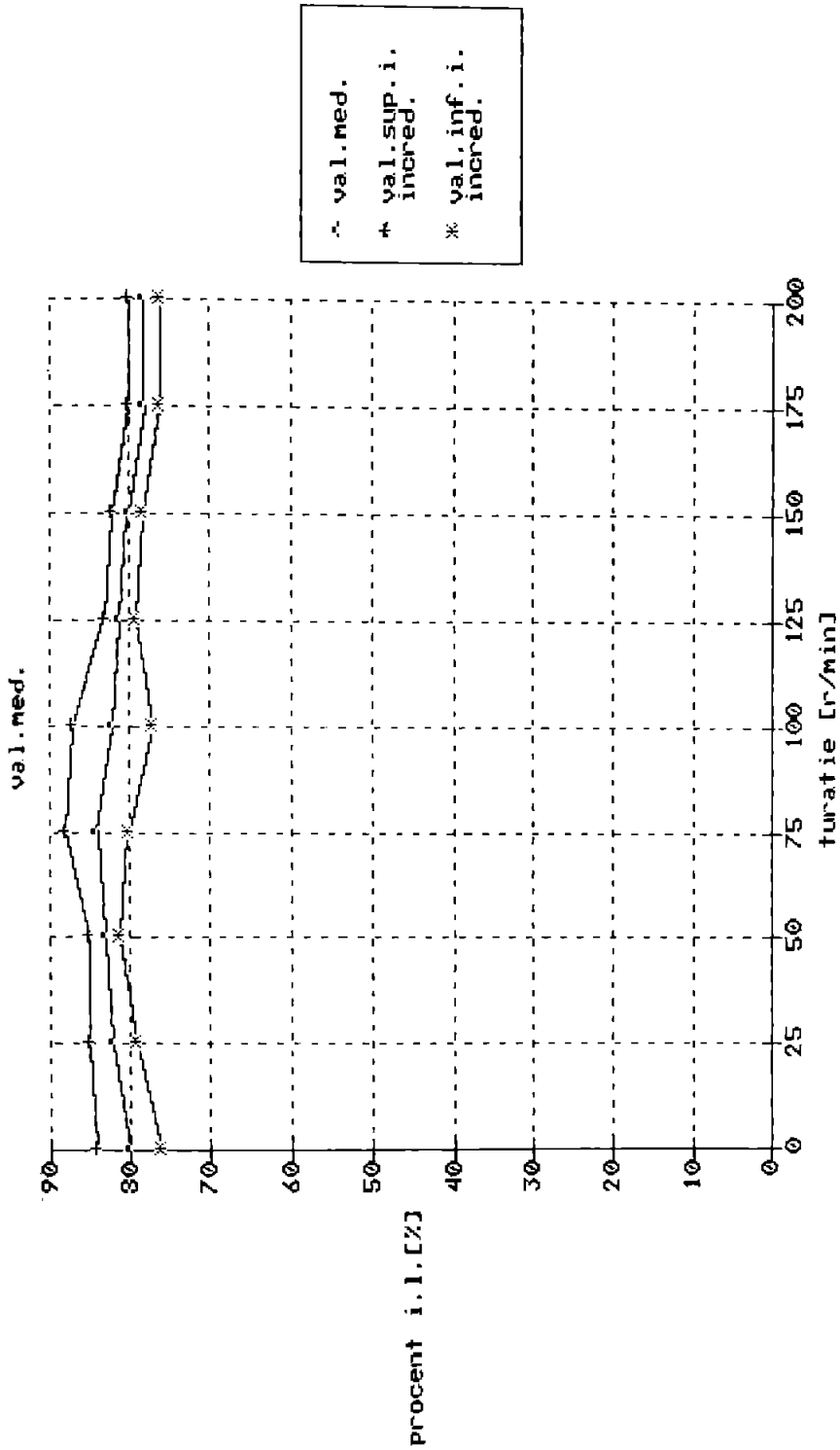
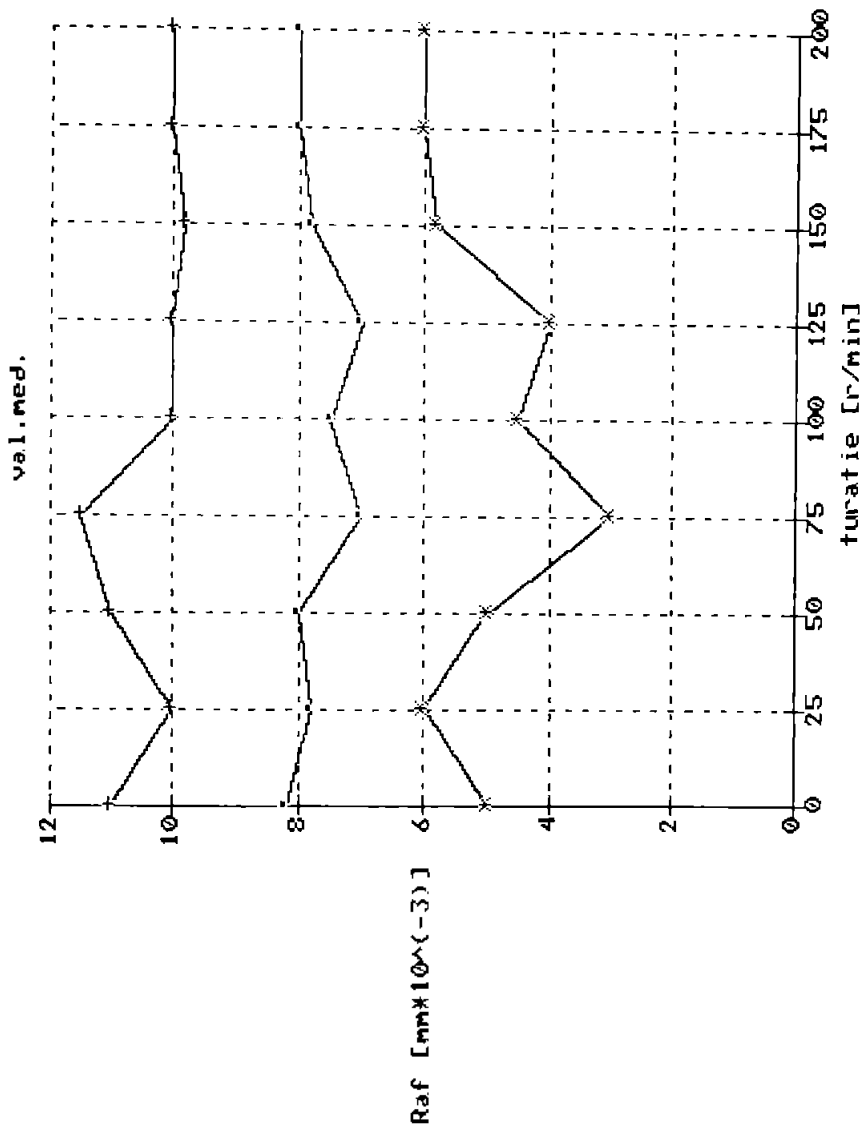


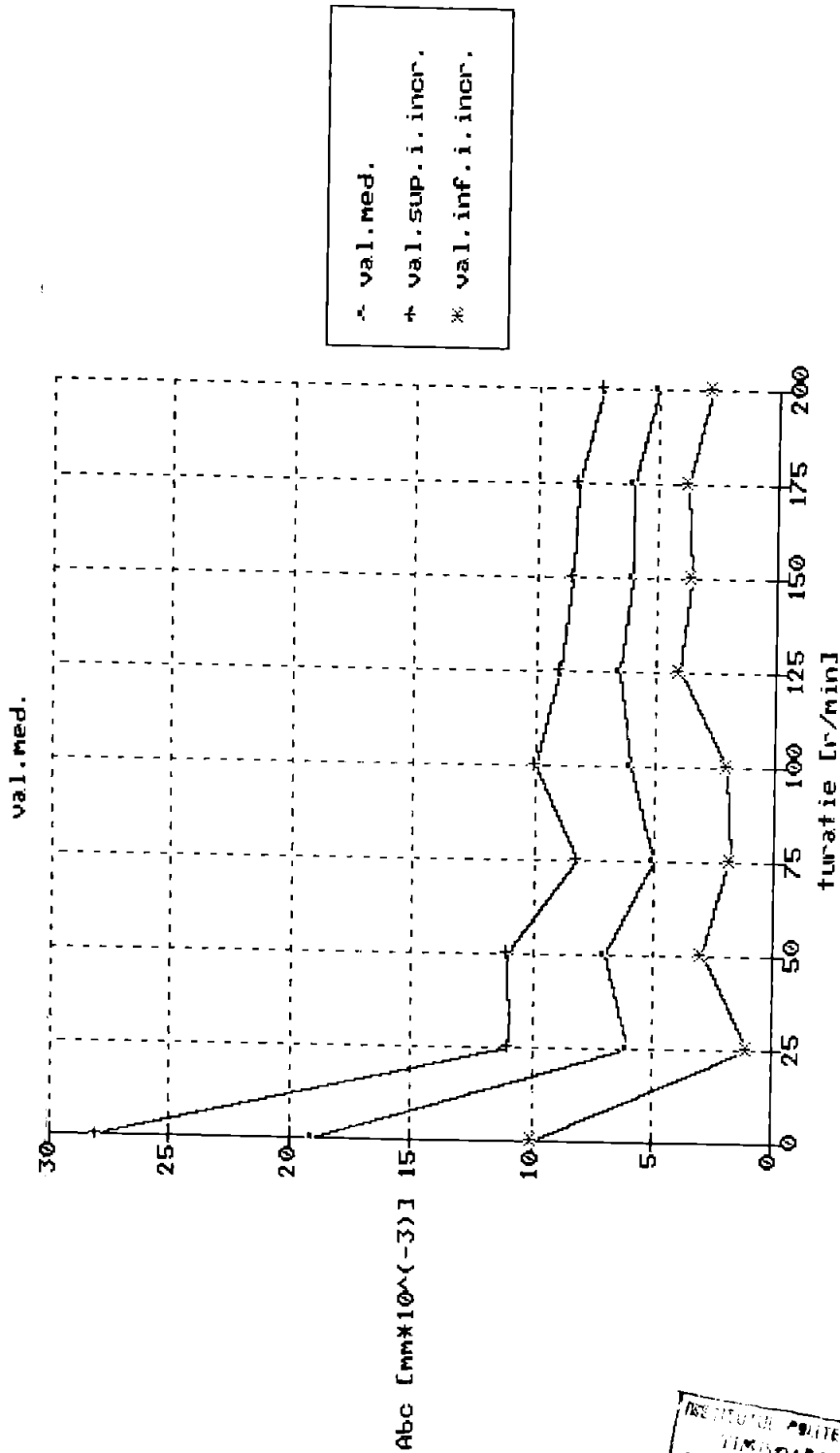
Fig. 2.6.





▲ val.med.  
 ◻ val.sup.i.incr.  
 \* val.inf.i.incr.

Fig. 2.7.



• val.med.  
▲ val.sup.i.incr.  
\* val.inf.i.incr.

Fig.2.8.

INSTITUTUL POLITENIC  
TIMISOARA  
MUNICIPIUL CENTRAL

min].

### 3.2.2. Rezultate ale încercărilor experimentale.

Funcțiile de răspuns analizate au fost:

- $Q_p$  [ $\text{mm}^3/\text{min}$ ]-productivitatea volumică a prelucrării;
- $U_v$  [%]-uzura relativă volumică a prelucrării;
- $P_{il}$  [%]-procentul de impulsuri de lucru din totalul impulsurilor generate;
- $A_{bc}$  [microni]-abaterea de la circularitate a profilului transversal erodat;
- $R_{af}$  [microni]-rugozitatea medie aritmetică a suprafeței frontale erodate.

Rezultatele experimentale obținute, sînt prezentate în tabelul nr.2.1. Funcțiile de răspuns urmărite, sînt exprimate prin valori medii (indice "m") și dispersii (s), numărul de replici a fiecărui experiment efectuat (repetări în ordine randomizată) a fost de 3. Reprezentanțele grafice ale rezultatelor experimentale din tab.2.1., sînt prezentate în figurile nr.2.4,2.5,2.6,2.7,2.8, figuri obținute cu ajutorul calculatorului, și la care, intenționat, s-au reprezentat curbe compuse din segmente liniare, pentru o vizualizare corectă a punctelor și a scoate în evidență caracterul aleator al dispersiilor. Intervalul de încredere considerat a fost corespunzător lui  $P=95\%$  [59].

### 3.2.3. Concluzii.

Din cele prezentate mai sus, rezultă:

- a) - în jurul valorii parametrului  $n=40..60$  [rot/min], se observă un maxim al funcțiilor de răspuns  $Q_p, P_{il}$ , suprapus cu un

minim al funcției de răspuns  $U_v$ . Explicația acestui fenomen constă în îmbunătățirea condițiilor de evacuare ale produselor eroziunii din interstițiu, cu scăderea corespunzătoare a impulsurilor neproductive;

b) - precizia de forma, apreciată prin abaterea de la circularitate a profilului transversal erodat, crește, motiv pentru care, de fapt, se utilizează acest gen de prelucrare. Cauza, evidentă, este faptul că nu se mai copiază erorile de formă ale lui E în DF, profilul uzinat fiind o înfășurătoare a pozițiilor succesive ale lui E, aflat în mișcare suplimentară de rotație în jurul unei axe;

c) - rugozitatea suprafeței frontale a DF erodate, nu este influențată practic, de rotirea E.

### 3.3. Rezultate ale unor experimente factoriale.

#### 3.3.1. Introducere.

Pentru descrierea unui procedeu de prelucrare, ar fi ideal să se poată stabili un model matematic, care să cuprindă influența tuturor factorilor analizați controlabili, precum și interacțiunea lor, asupra unor funcții "obiective" urmărite.

Este foarte dificil a găsi un model matematic real, care ar presupune, practic, o infinitate de experimentări. Din acest motiv, de obicei, se folosește un model matematic aproximativ, care poate fi elaborat, avînd la bază analiza statistică.

În scopul stabilirii legăturilor dintre mărimile de intrare, variabile independente, care pot constitui "regimul de prelucrare", și caracteristicile tehnologice urmărite, este necesar a găsi, avînd la bază analiza regresiiilor, o funcție matematică, care să

descrie felul, forma legăturilor, denumită "model matematic al procesului de prelucrare".

Modelul matematic respectiv, se exprima sub forma unei dependențe funcționale între funcția de răspuns (R), și o serie de variabile independente ( $X_k$ ), a căror valoare poate fi controlată:

$$R=f(X_1, X_2, \dots, X_k) \quad (1)$$

Această funcție poate fi transformată, prin dezvoltare în serie Taylor, și înlocuirea derivatelor parțiale, sub forma unui polinom, descris de relația:

$$R=B_0+\sum_{i=1}^k B_i \cdot X_i+\sum_{\substack{j=1 \\ j>i}}^k B_{ij} \cdot X_i \cdot X_j \quad (2)$$

Coeficienții  $B_0, \dots, B_1, \dots, B_k, \dots, B_{ij}, \dots$ , pot fi determinați pe cale experimentală, cu o aproximație oarecare, astfel încât rezultă un polinom de aproximare:

$$Y=B_0+\sum_{i=1}^k B_i \cdot X_i+\sum_{i=1}^{k-1} \sum_{j=i+1}^k B_{ij} \cdot X_i \cdot X_j \quad (3)$$

În relația de mai sus,  $B_0, \dots, B_1, \dots, B_{ij}, \dots$ , reprezintă estimări ale coeficienților  $B_0, \dots, B_1, \dots, B_{ij}, \dots$ .

### 3.3.2. Modelarea matematică a experimentului factorial efectuat.

În acest experiment, am urmărit să stabilesc, în principal, locul și ponderea rotirii E, comparativ cu ceilalți parametri considerați semnificativi [48], [49], [44], ai prelucrării prin EE.

Am făcut apel, în vederea obținerii celor dorite, la un experiment factorial de tipul  $2^{4-1}$ . Pe baza unor cercetări anterioare, [47], a fost stabilită ordinea de influență a parametrilor procesului de prelucrare prin EE, în domenii precizate anterior.

Parametrii rezultați ca ne semnificativi din [47], au fost

menținuti constanți; durata pauzei dintre impulsuri -  $t_p = 24 \mu s$ ; tensiunea de referință a SRAIT - 2.5 V; presiunea de injecție a lichidului dielectric  $p = 0.2$  bari; geometria E și OP.

Variabilele independente considerate au fost:

$X_1 = A$  [cm<sup>2</sup>] - aria activă dintre E și OP;

$X_2 = I$  [A] - treapta de curent (intensitatea sa);

$X_3 = t_i$  [ $\mu s$ ] - durata impulsului;

$X_4 = n$  [rot/min] - turația E.

Nivelul de bază al factorilor independenți, de fapt un punct multidimensional în spațiul multifactorial, a fost ales pe baza informației apriorice. Intervalele de variație, de fapt porțiuni limitate ale domeniului de existență a factorilor în zona definită de nivelul de bază, în care, neapărat, factorii trebuie să fie controlabili, au fost alese, cât mai rațional, tot pe baza informației apriorice. Intervalele de variație sunt limitate valoric inferior, de erorile cu care sunt controlați factorii independenți, funcțiile obiectiv, cât și de pericolul ca influența factorilor să fie ne semnificativă. Superior, limitarea este cauzată de posibila ieșire din domeniul de existență, de pericolul de a nu putea determina "optimul" unor funcții obiectiv.

Pentru fiecare variabilă, s-a considerat un interval semnificativ de variație, prezentat în tabelul nr. 2.2.

A fost formată astfel, matricea de experimentare cu valori naturale și codificate, prezentată în tabelul nr. 2.3.

Realizarea efectivă a experimentării, a fost efectuată într-o succesiune randomizată, cu ajutorul unui generator de numere aleatoare, fiecare experiment fiind replicat de  $n = 3$  ori.

Tab.2.3.-Matricea de experimentare cu valori naturale si codificate, ale experimentului factorial de prelucrare prin EE cu E masiv rotitor.

Nr. ord.	Nr. exp.	Var. indep. - val. naturale				Var. indep. - val. codif.			
		X1 [mm <sup>2</sup> ]	X2 [A]	X3 [μs]	X4 [r/m]	X1	X2	X3	X4
1	8	300	25	190	50	+1	+1	+1	+1
2	16	150	12,5	190	0	-1	-1	+1	-1
3	2	150	12,5	95	0	-1	-1	-1	-1
4	15	150	12,5	190	50	-1	-1	+1	+1
5	5	150	25	95	50	-1	-1	-1	+1
6	13	300	12,5	95	0	+1	-1	-1	-1
7	1	150	12,5	95	50	-1	-1	-1	+1
8	7	300	25	190	0	+1	+1	+1	-1
9	12	150	25	190	0	-1	+1	+1	-1
10	14	300	12,5	95	50	+1	-1	-1	+1
11	4	300	12,5	190	50	+1	-1	+1	+1
12	11	150	25	190	50	-1	+1	+1	+1
13	6	150	25	95	0	-1	+1	-1	-1
14	10	300	25	95	50	+1	+1	+1	+1
15	3	300	12,5	190	0	+1	-1	+1	-1
16	9	300	25	95	0	+1	+1	-1	-1

Codificarea valorilor naturale ale variabilelor independente, a fost efectuată astfel: +1-pt.nivelul superior;

-1-pt.nivelul inferior.

Funcțiile de răspuns urmărite au fost:

- 1)- $Q_p$ -[mm<sup>3</sup>/min]-productivitatea volumică a prelucrării;
- 2)- $Q_{pa}$ -[mm<sup>3</sup>/min\*AJ]-productivitatea volumică specifică;
- 3)- $Q_e$ -[mm<sup>3</sup>/min]-debitul volumic al uzării E;
- 4)- $U_v$ -[%]-uzura relativă volumică a E;
- 5)- $P_{il}$ -[%]-procent impulsuri efective de lucru din totalul de impulsuri generate;
- 6)- $R_{af}$ -[um]-rugozitatea medie aritmetică a suprafeței frontale prelucrate la OP;
- 7)- $Abc$ -[mm]-abaterea de la circularitate a profilului transversal erodat în OP.

Au fost determinate valorile medii ale funcțiilor de răspuns pentru fiecare experimentare, cu ajutorul relației:

$$Y_m = 1/n * \sum_{r=1}^n Y_r \quad (n=3) \quad (4)$$

Au fost calculate valorile dispersiilor acestor funcții, în ipoteza unei distribuții normale:

$$S_i^2 = 1/(n-1) * \sum_{r=1}^n (Y_r - Y_m)^2 \quad (5)$$

A fost verificată omogenitatea dispersiilor cu ajutorul testului Cochran:

$$G_c = \text{Max}(S_i^2) / \left( \sum_{i=1}^N S_i^2 \right) \quad (6)$$

unde: - $\text{Max}(S_i^2)$ -valoarea maximă din seriile de dispersii calculate pentru cele  $i=1, 2, 3, \dots, N$  experimentări.

Condiția necesară pentru a accepta ipoteza, este:  $G_c < G_T$ , unde  $G_T$  reprezintă valoarea critică extrasă din tabele, în funcție de numărul de selecții "k", numărul de grade de libertate "niu", și



de gradul de semnificație "alfa". Pentru cazul experimentării:  
 $k=N=16$ ;  $niu=n-1=3-1=2$ ;  $alfa=5\%$ . Din tabele rezultă:  $GT=0.3346$ .

Rezultatele experimentării și a calculelor menționate, sunt prezentate în tabelul nr.2.4.

Modelul de polinom adoptat, pentru funcțiile de răspuns considerate a avut forma:

$$Y=B_0+B_1*X_1+B_2*X_2+B_3*X_3+B_4*X_4+B_{12}*X_1*X_2+\dots \quad (7)$$

Pentru calculul coeficienților de regresie, s-a utilizat matricea de experimentare cu valori codificate, și relațiile:

$$B_i=1/N * \sum_{n=1}^N X_{in} * Y_{mn} \quad (8)$$

$$B_{ij}=1/N * \sum_{n=1}^N (X_i * X_j) * Y_{mn} \quad (9)$$

$$B_{ijk}=1/N * \sum_{n=1}^N (X_i * X_j * X_k) * Y_{mn} \quad (10)$$

În aceste relații "i", "j", "k", reprezintă numărul de ordine al variabilelor independente, introdus cu valoarea codificată.

Valorile calculate ale coeficienților de regresie direcți, sunt prezentate în tabelul nr.2.5.

Pragul de semnificație a fost calculat cu relația:

$$B_s = S_b * TT \quad (11), \text{ în care:}$$

$S_b$ -eroarea patratică normalizată;

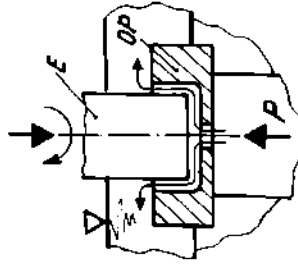
$TT$ -valoarea testului Student pentru condițiile de experimentare (pentru "alfa"=5% și "niu"= $N*(n-1)=30$ ,  $TT=2.131$ ).

Referitor la tabelul nr.2.5, ținând cont de coeficienții de regresie semnificativi, se pot scrie modelele matematice ale funcțiilor de răspuns analizate (în tabelul nr.2.5 coeficienții semnificativi sunt subliniați):

$$Q_p = Y_1 = 65.05 + 2.031 * X_1 + 30.55 * X_2 + 3.05 * X_3 + 1.11 * X_4 \quad (12)$$

$$Q_{pa} = Y_2 = 4.13 - 0.37 * X_1 + 0.498 * X_2 \quad (13)$$

No. ordi- ne	Qp [mm <sup>3</sup> /min]		Qpa [mm <sup>3</sup> /mm]		Q [mm <sup>3</sup> /min]		Uv [%]		PIL [%]		Kaf [μm]		Aoc [mm <sup>2</sup> ]		Conditii
	Qpm	sQp	Qpom	sQpa	Qem	sQem	Uvm	sUv	PIm	sPIL	Rofm	sRaf	Abcm	sAbc	
1	106,4	0,20	4,6	0,2	13	0,77	2,3	0,6	85	0,5	12,5	2,5	0,01	0,007	tp = 24 μs p = 0,2 bar Uref = 2,5V E - CuE - ⊕ OP - VCrW85 - ⊖
2	30	2,1	3,6	0,4	1,2	0,3	4	0,8	80	0,4	6,7	1,7	0,02	0,001	
3	33,2	3,18	3,6	0,4	3,38	0,23	10,3	0,5	78	0,6	5,5	1,7	0,07	0,007	
4	35	3,1	3,6	0,5	1,1	0,2	3,1	0,2	82	0,7	6,4	2,1	0,01	0,007	
5	89	1,5	5,5	0,4	18	0,4	20,2	0,5	80	1,0	7,3	2,1	0,01	0,007	
6	35,5	2,9	3,55	0,9	2,7	0,4	7,5	1,1	76	0,8	5,4	1,7	0,03	0,014	
7	33,3	2,33	3,71	0,5	3,11	0,11	9,35	0,7	80	0,7	9,1	1,1	0,005	0,004	
8	106,8	1,31	4,6	0,4	12,4	0,8	12	0,5	82	0,9	13	2,1	0,02	0,002	
9	95	5,8	5,4	0,2	13	0,5	13,8	0,4	75	1,1	12,5	1,1	0,03	0,007	
10	38	2	3,6	0,4	2,8	0,2	7,4	0,8	78	0,6	6,2	1,2	0,01	0,007	
11	37	1,9	3,7	0,4	0,9	0,7	2,4	0,7	79	0,5	6,1	0,8	0,01	0,007	
12	100,7	2,47	5,02	0,6	11,85	0,8	11,7	0,8	77	0,7	12,1	1,0	0,01	0,002	
13	88	5,01	5,6	0,6	22	1,48	23	0,8	78	0,8	7,5	1,8	0,03	0,007	
14	90	3,7	3,2	0,6	18	0,2	7,5	0,4	80	0,9	7,8	1,2	0,01	0,007	
15	34	2,1	3,7	0,3	1,2	0,2	3,54	0,2	77	1,0	7,2	1	0,003	0,002	
16	89	4,1	3,1	0,6	20	2	22,5	3,1	78	0,4	8	2	0,03	0,01	
Gc	0,134		0,121		0,215		0,256		0,095		0,099		0,150		



Tab.2.5.-Valori calculate ale coeficienților polinomului de regresie (directi), pragul de semnificație al acestora. Coeficienții semnificativi statistic sînt subliniați.

Coeficient	Funcția de răspuns						
	$Q_p$	$Q_{pa}$	$Q_e$	$U_v$	$P_{ii}$	$R_{of}$	$Abc$
B0	65,05	4,13	9,04	10,66	79,06	8,33	0,0161
B1	<u>2,031</u>	<u>-0,376</u>	<u>-0,165</u>	<u>-1,27</u>	0,31	-0,06	-0,0007
B2	<u>30,55</u>	<u>0,498</u>	<u>6,991</u>	<u>4,71</u>	0,31	<u>1,76</u>	0,002
B3	<u>3,05</u>	0,148	<u>-2,209</u>	<u>-2,81</u>	<u>0,56</u>	<u>1,23</u>	0,002
B4	<u>1,11</u>	-0,014	<u>-0,445</u>	<u>-1,42</u>	<u>1,06</u>	0,11	<u>-0,0067</u>
Prag semnif. Bs	0,878	0,362	0,406	0,46	0,45	0,66	0,004

Tab.2.6.-Valori calculate ale testului Fischer (Fc), valorile tabelate ale testului (FT), rezultate in urma verificării adecvantei modelului matematic.

Teste	Funcția de răspuns						
	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7
Fc	1,79	0,85	2,68	0,59	0,34	1,29	0,01
FT	2,82	2,82	2,82	2,82	2,82	2,82	2,82

$$Qe=Y3=9.04+6.991*X2-2.209*X3-0.445*X4 \quad (14)$$

$$Uv=Y4=10.66-1.27*X1+4.71*X2-2.81*X3-1.42*X4 \quad (15)$$

$$Pii=Y5=79.06+0.56*X3+1.06*X4 \quad (16)$$

$$Raf=Y6=8.33+1.76*X2+1.23*X3 \quad (17)$$

$$Abc=Y7=0.017-0.007*X4 \quad (18)$$

Verificarea corectitudinii modelului matematic a fost efectuată cu ajutorul testului Fischer. Valoarea calculată a testului Fischer, este dată de relația:

$$F_c = (S_{ad}^2) / (S^2) \quad (19), \text{ în care:}$$

$$S_{ad}^2 = (n * \sum_{h=1}^N (Y_{model_h} - Y_{mexp_h})^2) / N_{iu2} \quad (20) - \text{ reprezintă}$$

dispersia erorii modelului față de valoarea medie a funcției de răspuns;

$Y_{model_h}$  = valoarea funcției de răspuns dată de model;

$Y_{mexp_h}$  = valoarea funcției de răspuns obținută experimental;

$N_{iu2}$  = numărul de grade de libertate =  $N - k$  ( $k = nr. coef. semn.$ );

$S^2$  = dispersia erorii experimentale.

Modelul matematic este considerat adecvat dacă este îndeplinită condiția:  $F_c < F_T$ , în care  $F_T$  = valoarea tabelată a testului Fischer (admisă pt.  $N_{iu2} = N - k$  și  $N_{iu3} = N * (n - 1)$ ).

În tabelul nr. 2.6 sînt prezentate valorile  $F_c$  și  $F_T$  ale funcțiilor de răspuns analizate. Se observă că toate cele 7 modele matematice sînt adecvate, ele îndeplinind condiția:  $F_c < F_T$ .

### 3.3.3. Concluzii.

Din analiza tabelului nr. 2.5, se pot remarca următoarele:

- 1) - O influență predominantă asupra funcțiilor de răspuns  $Q_p$ ,  $Q_{pa}$ ,  $Q_e$ ,  $U_v$ ,  $R_{af}$ , o are treapta de curent  $X_2$ , a cărei creștere provoacă mărirea tuturor indicatorilor de performanță menționați. Acest

lucru era de așteptat, mărirea treptei de curent ducând la creșterea energiei impulsului electric, cu creșterea corespunzătoare a efectelor erozive asupra lui OP și E;

2) - Creșterea duratei impulsului de curent X3 provoacă creșterea semnificativă a indicatorilor Qp, Pil, Raf, respectiv scăderea semnificativă a Qe, Uv, lucru datorat fenomenelor de creștere a energiei medii a descărcării, de polaritate și peliculizare;

3) - Rotirea E X4 îmbunătățește indicatorii de performanță Qp, Pil, Qe, Uv scad în prezența rotirii, lucru explicat prin îmbunătățirea condițiilor de evacuare a produselor eroziunii din interstiiu, cu scăderea corespunzătoare a procentului de descărcări neproductive din interstiiu (Pil crește). De asemenea, X4 este singurul factor ce influențează semnificativ indicatorul Abc, motiv pentru care se și utilizează, de altfel, această prelucrare, Abc scăzând în prezența rotirii E;

4) - Analizând în ansamblu tabelul nr. 2.5, se poate remarca ordinea de influență a parametrilor independenți asupra funcțiilor de răspuns analizate:

Qp - este influențată semnificativ de X2, X3, X1, X4;

Qpa - este influențată semnificativ de X2, X3;

Qe - este influențată semnificativ de X2, X3, X4;

Uv - este influențată semnificativ de X2, X3, X4, X1;

Pil - este influențată semnificativ de X4, X3;

Raf - este influențată semnificativ de X2, X3;

Abc - este influențată semnificativ de X4.

Cele de mai sus, ne permit să tragem concluzia că rotirea E are un efect favorabil asupra funcțiilor de răspuns analizate,

Qp [mm<sup>3</sup>/min]

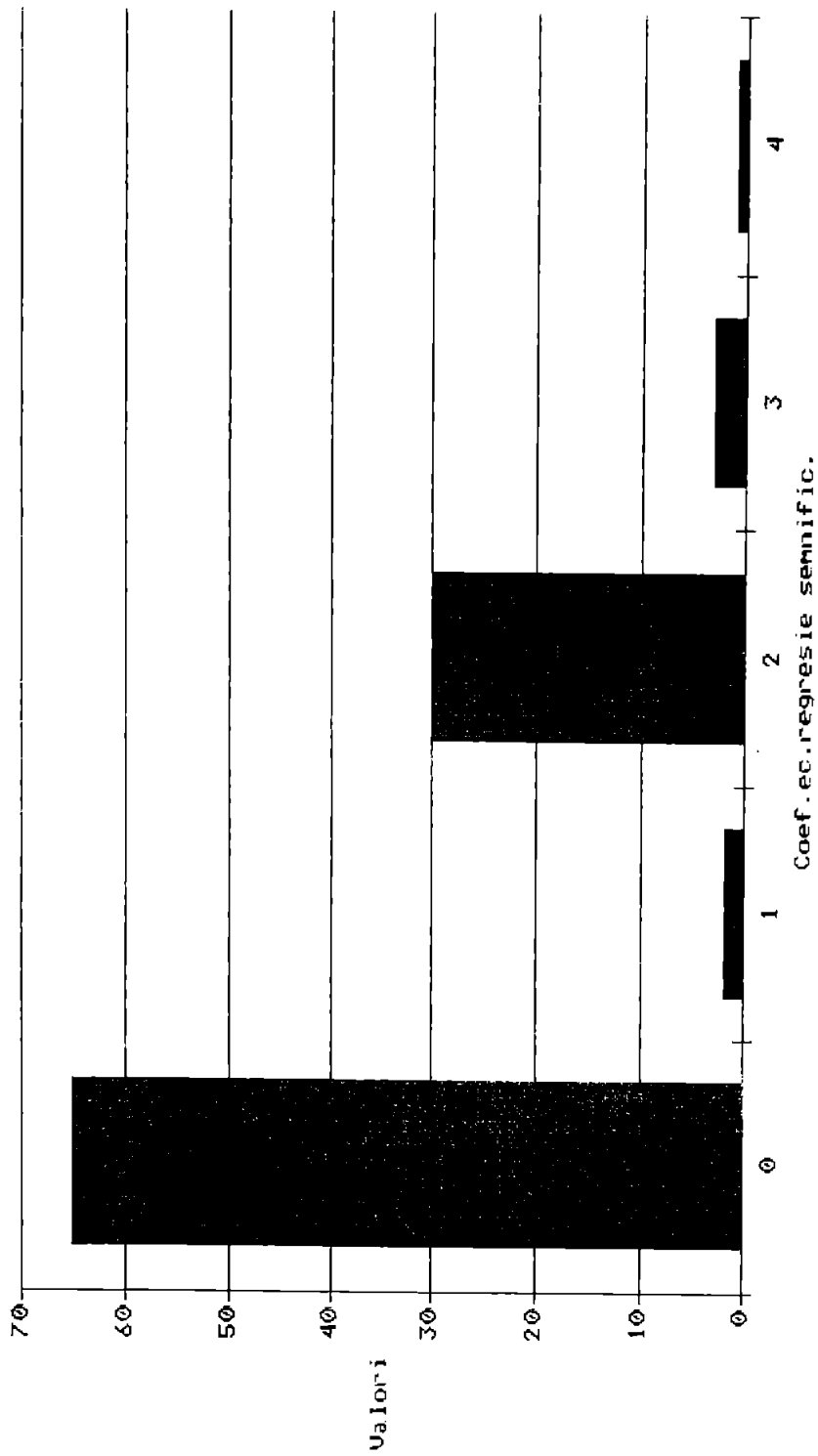


Fig. 2.9.



Fig. 2.10.

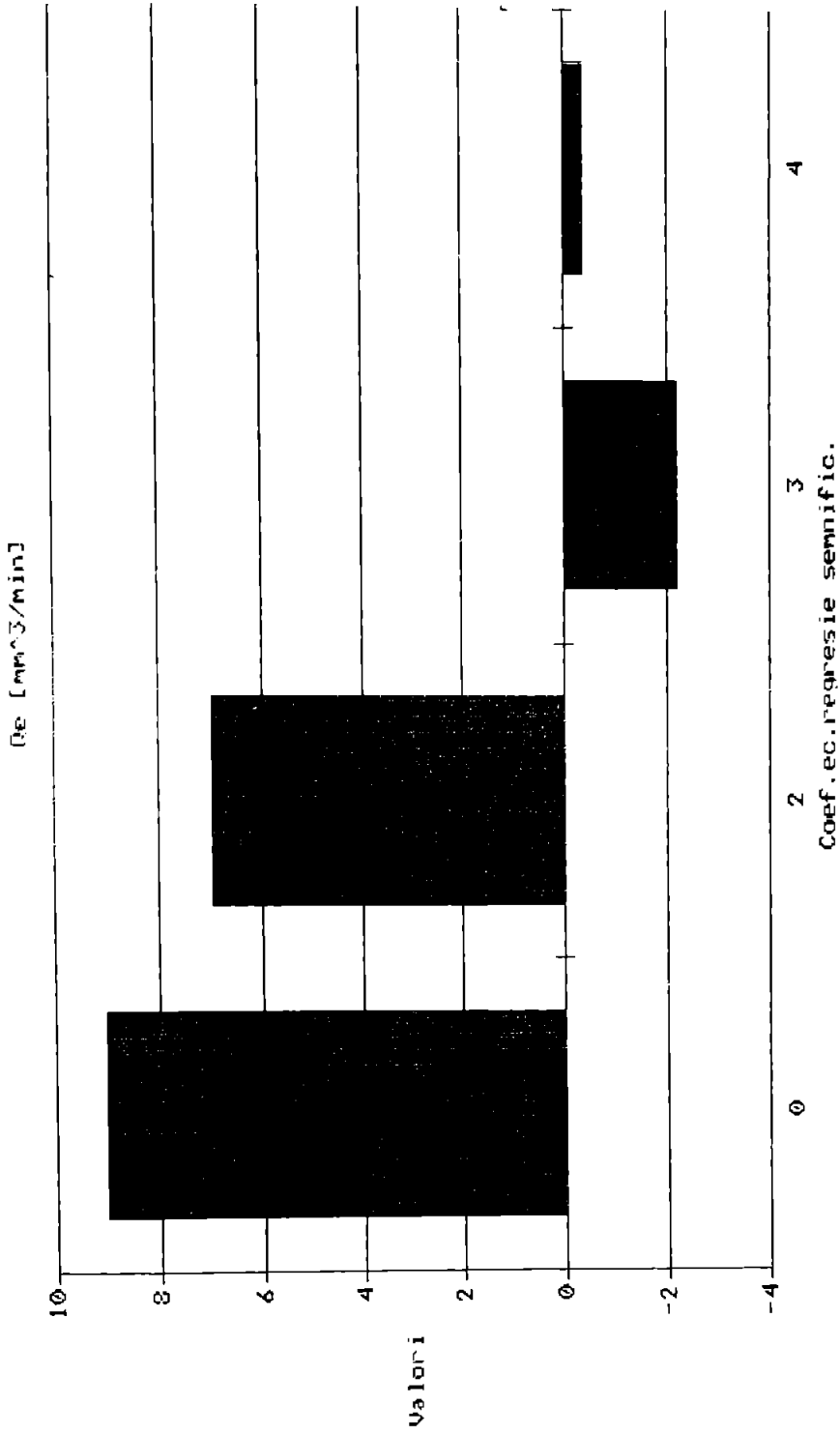


Fig. 2.11.



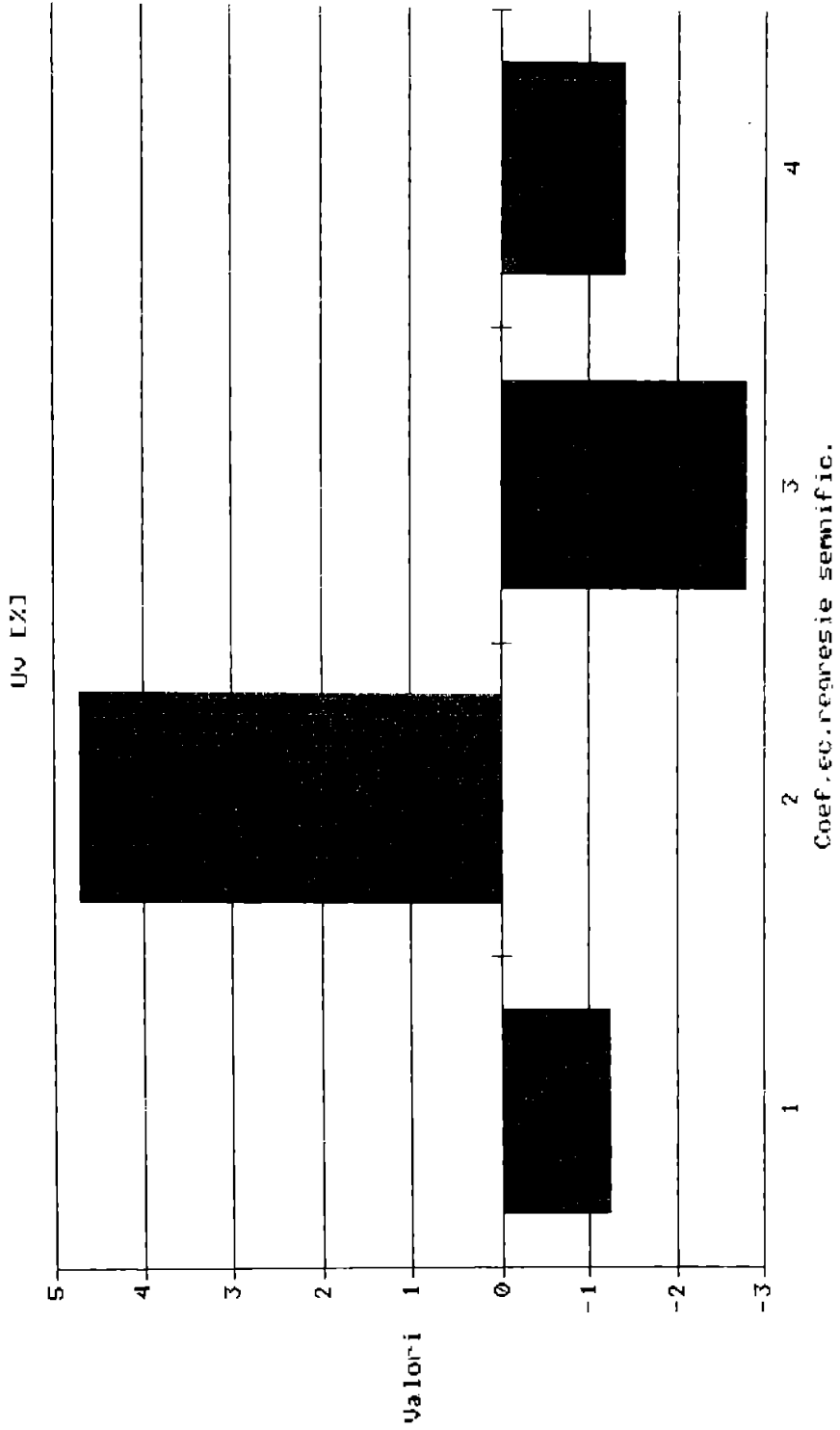


Fig. 2.12.

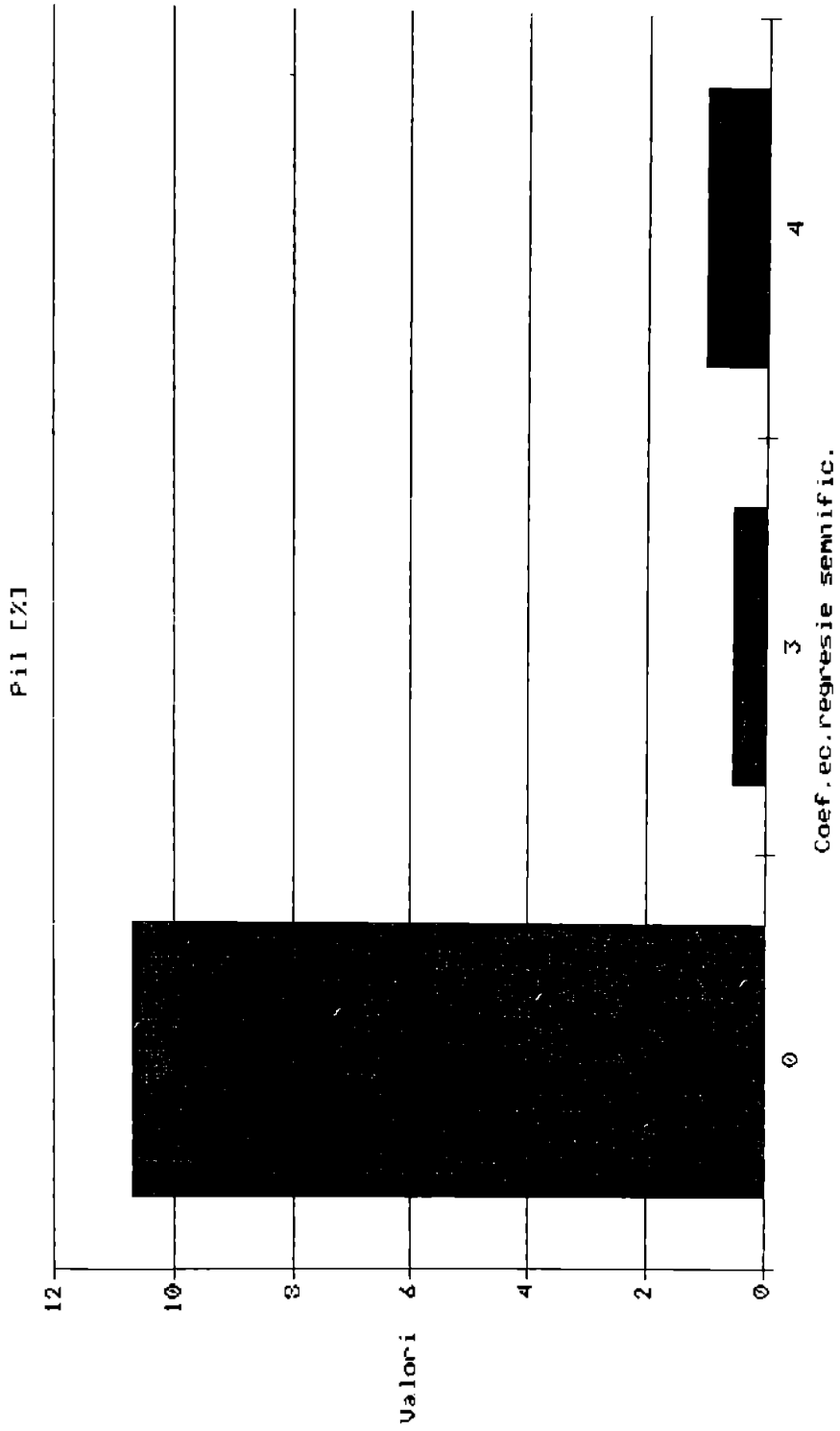


Fig. 213

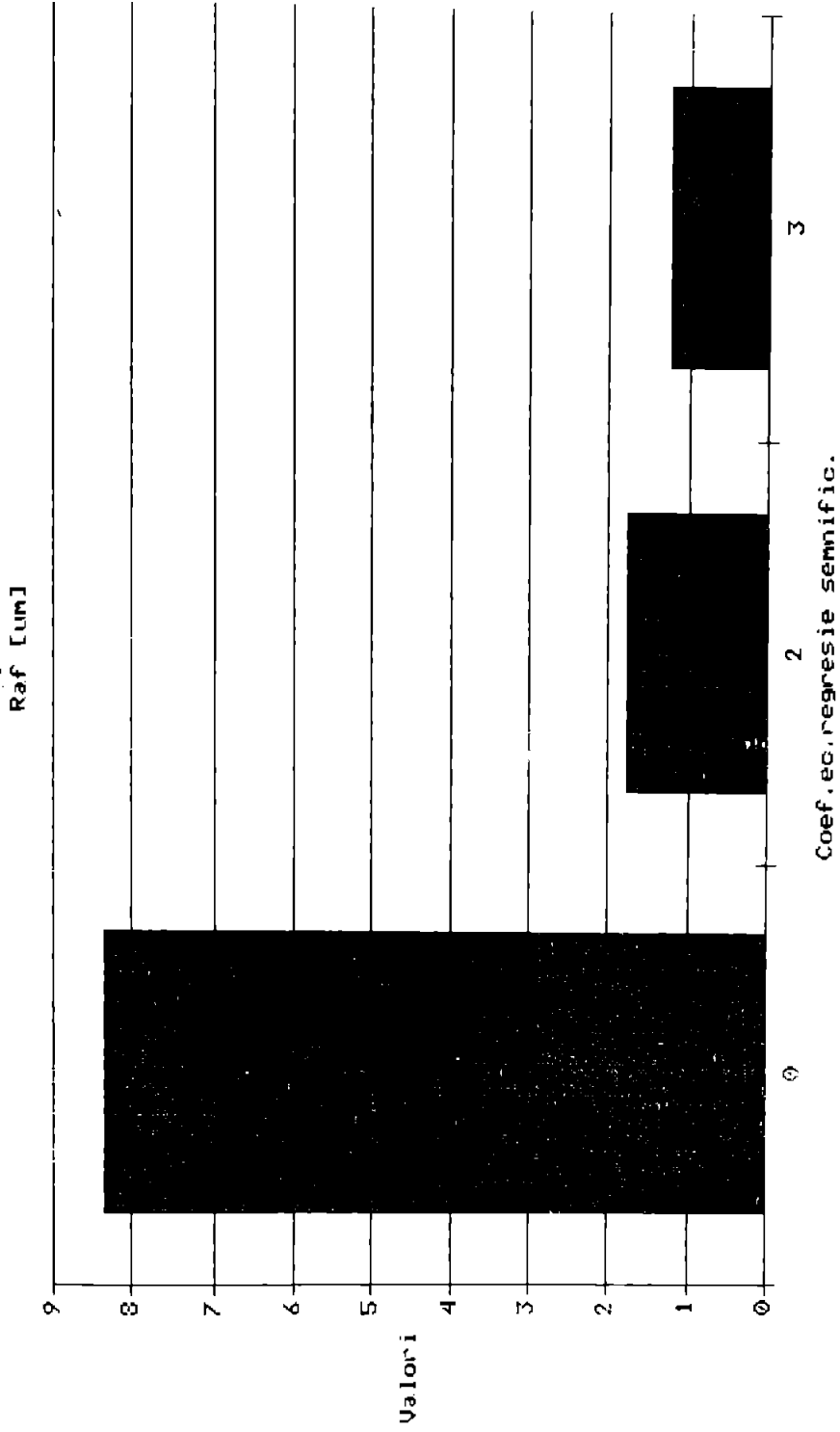


Fig. 2.14.

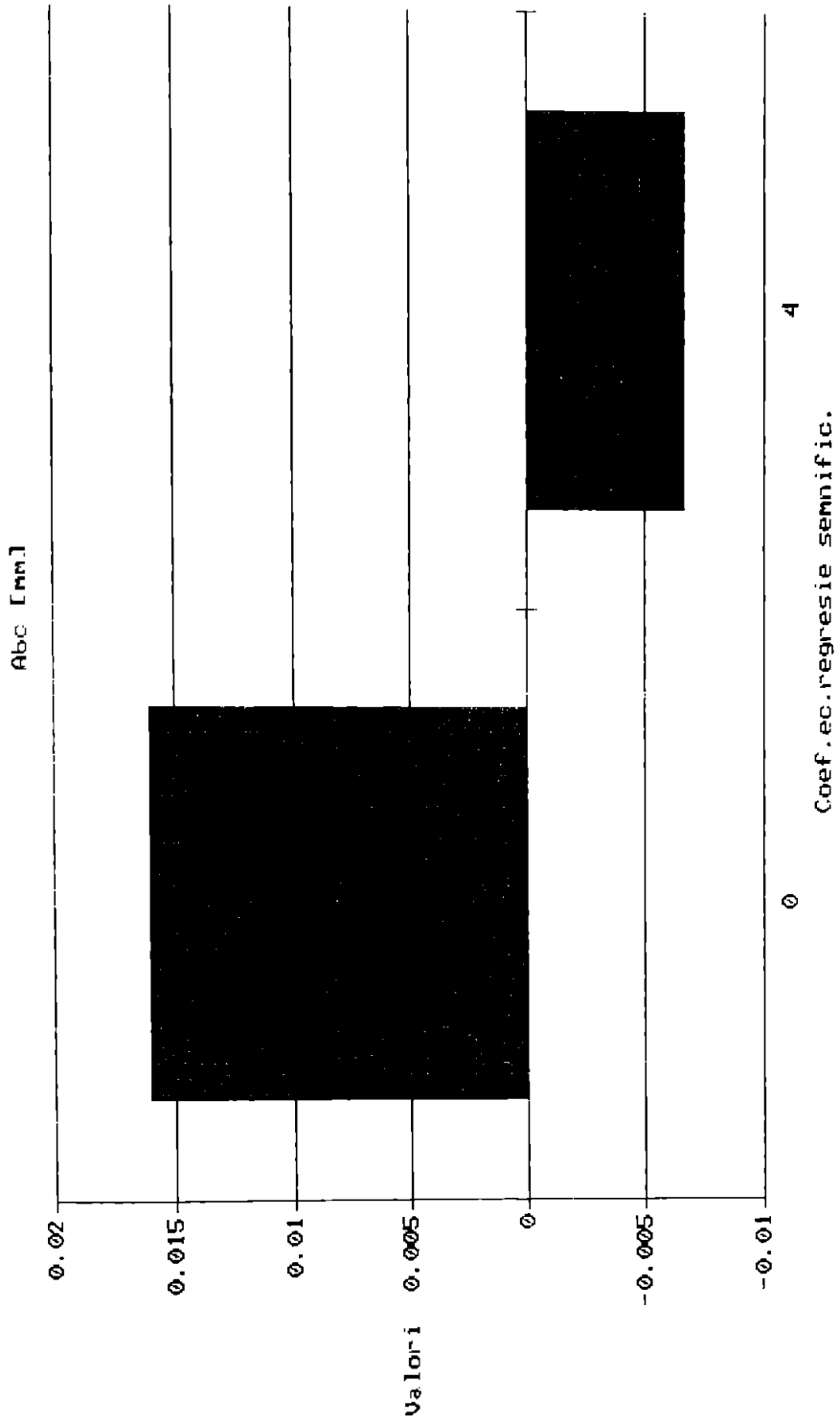
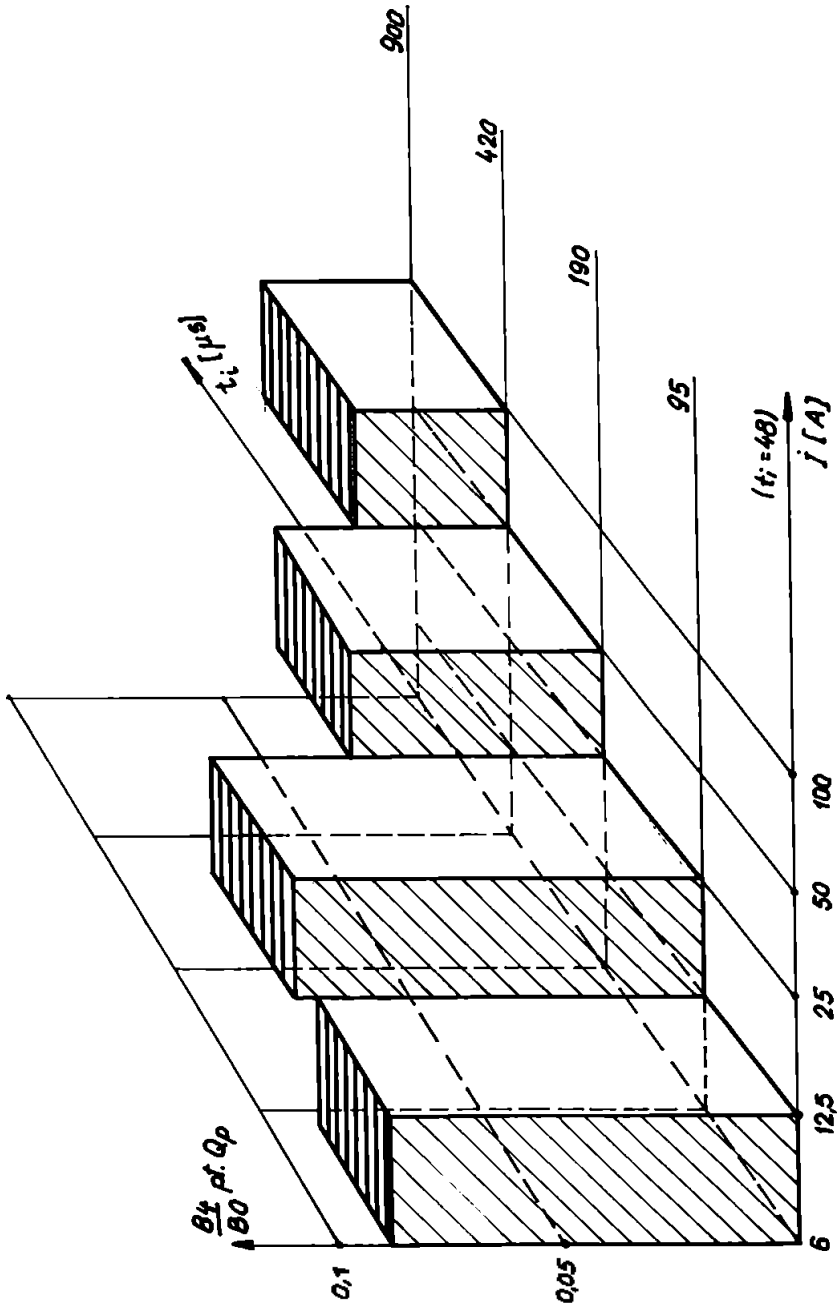


Fig. 2.15.



comparabil cu efectele celorlalti parametri independenți, în dome-  
niul de variație considerat. In figurile nr.2.9,2.10,2.11,2.12,  
2.13,2.14 si 2.15, realizate, bineînțeles, pe calculator, sint pre-  
zentate, poate mai sugestiv, influențele menționate anterior, indi-  
cate cu ajutorul coeficientilor ecuatiilor de regresie semnifi-  
cativi.

Experimente factoriale asemanătoare, păstrînd condițiile de  
lucru identice (arie activa, presiune injectie dielectric, etc.),  
au mai fost efectuate in numeroase "zone" ale spatiului multi-  
dimensional al factorilor independenți, rezultatele fiind apro-  
ximativ similare. In figura nr.2.16, este prezentată, doar pentru  
funcția de raspuns  $Q_p$ , o imagine de ansamblu al influenței pozi-  
tive pe care o are prezența rotirii E asupra  $Q_p$ , influență apre-  
ciată prin raportul  $B_4/B_0$ . Se observă că, pentru condițiile de luc-  
ru precizate, influența preponderent pozitivă este maximă in do-  
meniul experimentului factorial prezentat anterior detaliat, motiv  
pentru care acesta a și fost ales pentru prezentare în cadrul  
tezei de doctorat. In încercări experimentale, in care nu s-a mai  
efectuat spălarea forțată a interstitiului tehnologic, influența  
rotirii E este cu circa 10%-20% mai "benefică", decît in încercă-  
rile cu spălarea forțată a acestuia (productivitatea volumică  
crește, uzura scade, etc. - fata de prelucrările fără rotire a E).

### CAPITOLUL 3.

## CONTRIBUȚII ÎN DOMENIUL PRELUCRĂRII PRIN EROZIUNE ELECTRICĂ CU ELECTROD MASIV MOBIL MULTIDIRECȚIONAL.

### 1. INTRODUCERE.

În etapa actuală a prelucrărilor prin eroziune electrică cu E masiv mobil multidirecțional, un loc important îl ocupă, [44;62;63] următoarele genuri de uzinări:

- a) -prelucrarea cu E mobil multidirecțional pe suprafața cilindrică-A2 [62;63];
- b) -prelucrarea cu E mobil multidirecțional pe suprafața conică, de tip A3 sau E0 [62;63];
- c) -prelucrarea cu E mobil multidirecțional pe suprafețele unor conuri succesive de rază constantă sau variabilă, de tip E3 sau E0 [62,63];
- d) -prelucrarea cu E mobil multidirecțional (de-a lungul unor genera toare ale suprafeței pe care se efectuează translația multidirecțională), de tip A0, A2, A3, E0 sau E3, [62;63], după sau în timpul translațiilor multidirecționale.

În cele ce urmează, se presupun cunoscute aspectele prezentate în [27;44], încercându-se în continuare o aprofundare a aspectelor legate de prelucrarea prin eroziune electrică (EE) cu E masiv mobil multidirecțional. Pentru început, vor fi tratate modalități cinematice utilizate în vederea realizării prelucrărilor menționate, "tematica" fiind dezvoltată pe parcursul lucrării, inclusiv prezentarea unor cercetări originale, proprii.

## 2. MODALITATI DE REALIZARE A PRELUCRĂRII PRIN EROZIUNE ELECTRICA CU E MASIV MOBIL MULTIDIRECTIONAL.

### 2.1. Introducere.

Translația multidirecțională (TM) a electrodului sculă (E), poate fi efectuată, în principal, pe următoarele genuri de suprafețe:

- suprafață cilindrică;
- suprafață conică;
- suprafață oarecare.

Ea constă din suprapunerea peste mișcarea de avans liniară "obișnuită", de pătrundere a lui E în obiectul prelucrării (OP) de la prelucrarea "clasică" prin EE cu E masiv, cu copierea formei E în OP, a unei mișcări suplimentare de translație circulară (TC), efectuată într-un plan perpendicular pe direcția de avans liniar.

Această TC, poate fi corelată cinematic sau nu, cu mișcarea de avans automat. Sintetizând cele de mai sus, se poate prezenta o posibilă schemă de clasificare, ca cea din tabelul nr.3.1.

Tabelul nr.3.1.

Nr. crt.	Criteriul de clasificare	Varianta de TM	Cod
1.	Tipul suprafeței pe care se efectuează TM.	1.1. Suprafață cilindrică;	X
		1.2. Suprafață conică;	Y
		1.3. Suprafață oarecare.	Z
2.	Corelarea dintre TC și mișcarea de avans automat.	2.1. Fără corelare;	1
		2.2. Cu corelare cinematică.	2

Evident, cea mai simplă prelucrare prin EE cu E masiv mobil multidirecțional, este cea de tipul X1, care este și prima



prelucrare apărută în timp [18]. În cele ce urmează, vor fi tratate pe scurt, câteva aspecte legate de cinematica propriu-zisă a prelucrărilor menționate în tabelul nr.3.1.

## 2.2. Cinematica prelucrării de tip XI.

Această prelucrare este prezentată schematic în fig.nr.3.1.

Electrodul scula E execută mișcarea de avans automat în  $O_p$ , în același timp lui E, i se imprimă și mișcarea de translație circulară (TC) cu viteza tangențială de mărime constantă.

Considerînd cele de mai sus, traiectoriile tuturor punctelor lui E vor fi traiectorii amplasate pe suprafața cilindrică de rază "r". Din figura nr.3.1 și 3.2, rezultă faptul evident că permanent, viteza tangențială la traiectoria oarecare amplasată pe cilindru, este compusă permanent, din vectorul viteză de avans "clasic"  $\vec{V}_{av}$ , și vectorul viteză tangențială a mișcării de TC,  $\vec{V}_t$ . Expresiile modulelor acestor doi vectori, sînt date de expresiile:

$$(1) \quad |\vec{V}_{av}| = f(\text{condiții de lucru concrete});$$

$$(2) \quad |\vec{V}_t| = \vec{\omega} * \vec{R}, \text{ în care: } \vec{\omega} = \text{viteza unghiulară a TC};$$

$\vec{R}$  = raza curentă a punctului considerat pe cilindru.

Considerînd proiecțiile acestor vectori, precum și al celui de poziție pe axele de coordonate din figura nr.3.2, se pot obține relațiile:

$$(3) \quad X = \vec{R} * \cos(\text{teta}); \text{ în care: "teta" = unghiul de "poziție" al punctului considerat.}$$

$$(4) \quad Y = \vec{R} * \sin(\text{teta});$$

$$(5) \quad Z = f(\text{condiții de lucru concrete}).$$

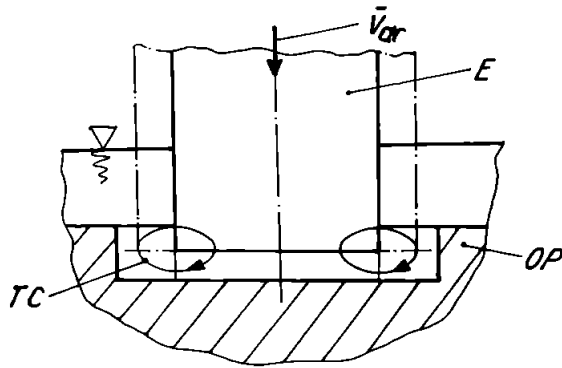


Fig. 3.1. - Schema principală de prelucrare prin EE cu TM a E sculă masiv pe suprafață cilindrică.

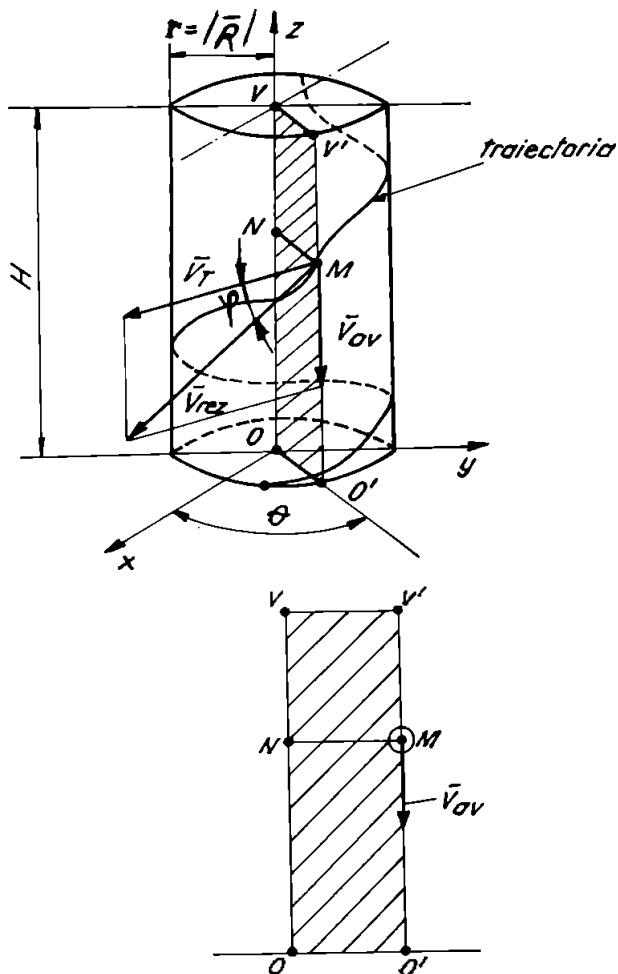


Fig. 3.2. - Figură explicativă pentru studiul cinematicii prelucrării prin EE cu TM a E sculă masiv pe suprafață cilindrică.

Expresiile proiecțiilor vitezei vor fi date de relațiile:

$$(6) \dot{X} = -\bar{R} \cdot \sin(\text{teta}) \cdot d(\text{teta})/dt;$$

$$(7) \dot{Y} = \bar{R} \cdot \cos(\text{teta}) \cdot d(\text{teta})/dt;$$

$$(8) \dot{Z} = \bar{V}_{av} = df/dt.$$

Expresiile proiecțiilor accelerației mișcării, se pot obține din relațiile (6), (7), (8):

$$(9) \ddot{X} = -\bar{R} \cdot \cos(\text{teta}) \cdot (d(\text{teta})/dt)^2 - \bar{R} \cdot \sin(\text{teta}) \cdot d^2(\text{teta})/d^2t;$$

$$(10) \ddot{Y} = -\bar{R} \cdot \sin(\text{teta}) \cdot (d(\text{teta})/dt)^2 + \bar{R} \cdot \cos(\text{teta}) \cdot d^2(\text{teta})/d^2t;$$

$$(11) \ddot{Z} = d(\bar{V}_{av})/dt = d^2f/d^2t.$$

Dacă viteza unghiulară este constantă ca mărime în timp, relațiile (9), (10), devin:

$$(12) \ddot{X} = -\bar{R} \cdot \cos(\text{teta}) \cdot (d(\text{teta})/dt)^2;$$

$$(13) \ddot{Y} = -\bar{R} \cdot \sin(\text{teta}) \cdot (d(\text{teta})/dt)^2.$$

### 2.3. Cinematica prelucrării de tipul Y1.

Prelucrarea de acest tip este considerată de specialiști, ca fiind procedeul la care avantajele utilizării sale sînt maxime, egalitatea condițiilor de erodare pe suprafețele frontale și laterale ale cavității (de ex.) uzinate fiind evidente.

Vectorul viteză rezultantă de prelucrare  $\bar{V}_{rez}$ , este "compus" din vectorul viteză tangentială  $\bar{V}_t$ , și vectorul viteză  $\bar{V}_c$ , orientat în direcția unei generatoare a conului. Vectorul  $\bar{V}_c$ , este în același timp rezultanta vectorială a compunerii vectorilor:  $\bar{V}_r$  - viteză radială, și  $\bar{V}_{av}$  - viteză obișnuită, clasică, de pătrundere a lui E în OP, vectori reprezentați grafic în figura nr. 3.3.

Expresiile modulelor acestor vectori sînt:

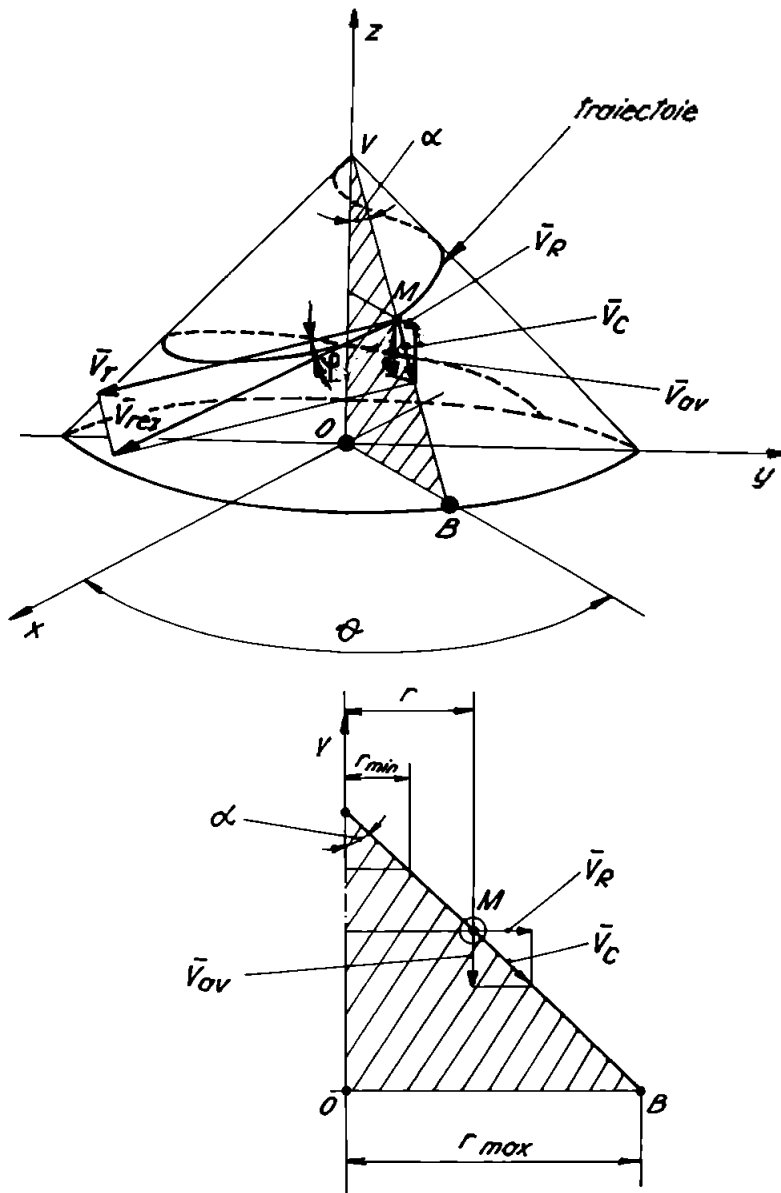


Fig.3.3.-Figură explicativă pentru studiul cinematicii prelucrării prin EE cu TM a E sculă masiv pe suprafață conică.

$$(14) \quad \overline{V_{av}} = f(\text{condiții de lucru}) = k_1 * (dr/dt);$$

$$(15) \quad \overline{V_r} = dr/dt;$$

$$(16) \quad \overline{V_t} = \overline{\omega} * \overline{r} \quad \text{- în care: } \overline{\omega} = \text{vectorul viteză unghiulară a}$$

TC.

Expresiile coordonatelor unui punct M de pe suprafața conică sînt: (17)  $X = \overline{r} * \cos(\text{teta});$

$$(18) \quad Y = \overline{r} * \sin(\text{teta});$$

$$(19) \quad Z = k_2 * \overline{r} = g(\text{condiții de lucru}).$$

Pentru a simplifica viitoarele relații, considerăm notația:  $r = \overline{r}$ . Proiecțiile vectorului  $\overline{V_{rez}}$  pe același sistem de axe sînt:

$$(20) \quad \dot{X} = -r * \sin(\text{teta}) * (d(\text{teta})/dt) + dr/dt * \cos(\text{teta});$$

$$(21) \quad \dot{Y} = r * \cos(\text{teta}) * (d(\text{teta})/dt) + dr/dt * \sin(\text{teta});$$

$$(23) \quad \dot{Z} = k_2 * dr/dt.$$

Efectuînd calcule simple, modulul lui  $\overline{V_{rez}}$ , este:

$$(24) \quad \overline{V_{rez}} = \sqrt{(\overline{\omega})^2 * r^2 + (1+k_2) * (dr/dt)^2}.$$

Evident, derivînd în raport cu timpul "t" relațiile (21), (22) și (23), se pot obține expresiile proiecțiilor accelerației.

#### 2.4. Cinematica prelucrărilor de tipul X2, Y2.

Cinematica acestor prelucrări este similară cu cinematica cazurilor X1, Y1, elementul caracteristic fiind faptul că vectorul  $\overline{\omega}$  este variabil ca mărime în timp, mărimea sa depinzînd de condițiile concrete de lucru, ca și  $\overline{V_{av}}$ . Corelarea cinematică este astfel făcută între  $\overline{V_{av}}$  și  $\overline{\omega}$ , încît traiectoriile să fie cele dorite de utilizator (de ex., așa cum voi demonstra, elici cilindrice sau conice).

## 2.5. Cinematica prelucrarilor de tip Z1, Z2.

Studiul cinematic este similar ca in cazurile precedente, legătura dintre mărimile vectorilor viteză fiind corelate in funcție de suprafețele pe care se efectuează prelucrarea si/sau funcție de mărimea pătrunderii lui E in OP.

## 2.6. Variante de prelucrări prin eroziune electrica cu translata multidirecțională a electrodului sculă pe suprafață cilindrică.

In cele ce urmează sint prezentate, pe scurt, principalele tipuri de prelucrări cu TM a E sculă pe suprafață cilindrică.

Acestea sint:

-a) prelucrare cu TC a E sculă suprapusă "simplu" peste mișcarea sa de avans in OP.

Aceasta prelucrare este prezentată schematic in figura nr.

3.4. Permanent, peste mișcarea de avans, se suprapune o mișcare de TC a E scula. Viteza unghiulară a TC poate fi corelată sau nu cu viteza de avans a lui E.

-b) prelucrare la care TC se efectuează fără prezenta unei mișcări liniare suprapuse, cu o singură TC de rază finală.

Aceasta prelucrare este prezentată in figura nr. 3.5. In faza 1 se execută o "pătrundere" clasică a lui E in OP. In faza 2, se execută o deplasare (de regula de prelucrare) "radială" pînă la atingerea razei "r" a viitoare TC. In faza 3, se face o prelucrare pe traiectoria circulară TC (de raza "r"), prelucrarea considerîndu-se incheiată după parcurgerea unei circumferințe complete.

Se utilizează pe mașini cu comandă numerică.

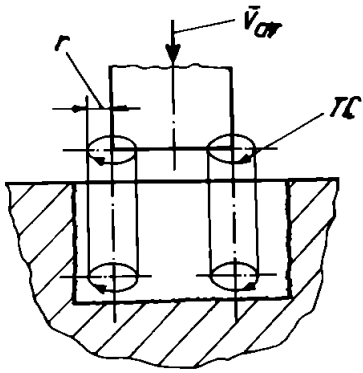


Fig.3.4

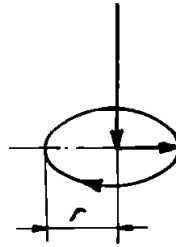


Fig.3.5

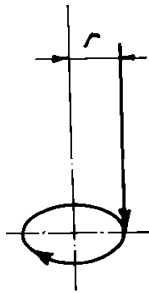


Fig.3.6

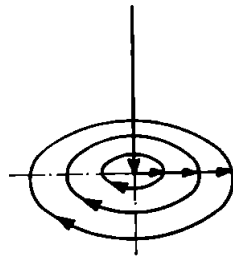


Fig.3.7

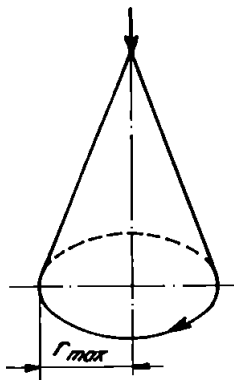


Fig.3.8

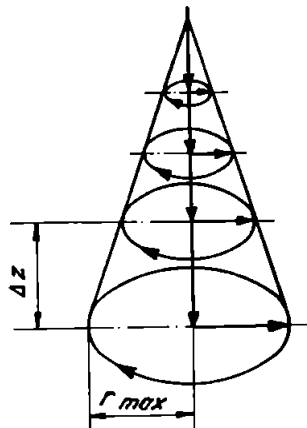


Fig.3.9

O variantă similară, posibil de aplicat și pe mașini fără comandă numerică, este cea din figura nr.3.6. La această variantă, faza 1 este tot o pătrundere "clasică", dar realizată în lungul unei generatoare a cilindrului de rază "r". Faza 2 este chiar TC, comandată adaptiv, ea fiind și ultima fază a prelucrării.

-c) prelucrări la care TC se efectuează pe cercuri de rază variabilă discret, fără prezența unei translații liniare și simultane.

Această prelucrare este prezentată în figura nr.3.7.

În faza 1, se execută o prelucrare "clasică". În faza 2, se execută o deplasare radială până la atingerea razei "r1". Faza 3 constă în TC propriu-zisă. Fazele 2,3 se repetă, până la atingerea razei finale "rf" dorite și efectuarea TC (un cerc "complet") la această rază. Prelucrarea este utilizată în special pe mașini cu comandă numerică.

## 2.7. Variante de prelucrări cu TM a E scula pe suprafețe conice.

În cele ce urmează sunt prezentate principalele variante de prelucrări cu TM ale E pe suprafețe conice. Acestea sunt:

-a) prelucrări la care se suprapune permanent TC de rază variabilă cu translația liniară ("avansul") E în OP.

Schema de prelucrare este prezentată în figura nr.3.8.

Prelucrarea demarează fie de la o rază "r"=0, fie de la o rază "r"≠0, și permanent la o TC de rază proporțională cu "pătrunderea" E în OP, se suprapune "avansul" (clasic, de "pătrundere") tot a lui E în OP.



-b) prelucrări cu generarea "discreta" a suprafeței conice.

Schema de prelucrare este prezentată în figura nr.3.9.

Prelucrarea constă în repetări succesive ale fazelor:1-deplasare pe verticală cu "avans" normal, vertical a lui E;2-deplasare liniară radială (adaptivă, deci în regim de avans automat) până la atingerea razei curente necesare;3-TC (adaptivă) la raza curentă (un cerc complet). Se utilizează pe mașini cu comandă numerică în special. Menționez că cele prezentate mai sus, sînt contribuții originale ale subsemnatului, în literatura de specialitate neexistînd studii sistematizate și analize cinematice de acest gen. Rezultatele acestor analize au fost folosite, după cum se va vedea, în proiectarea constructivă a unor dispozitive de TM a E perfecționate, cu corelări cinematice automate.

### 3. CONTRIBUTII ÎN DOMENIUL CREATIEI DE STANDURI EXPERIMENTALE PENTRU STUDIUL PRELUCRĂRII PRIN EE CU TM A ELECTRODULUI SCULĂ MASIV.

#### 3.1. Introducere.

În cele ce urmează sînt prezentate preocupări ale autorului în domeniul creației de echipamente și standuri experimentale pentru studiul fenomenelor ce apar la prelucrare prin EE cu TM a E sculă.

#### 3.2. Contribuții privind echiparea mașinilor de prelucrat prin EE cu E masiv cu dispozitive de lucru ce permit prelucrări cu TM a E scula.

La începutul abordării temei precizate în titlu, am efectuat

o analiză morfologică a soluțiilor existente pe plan mondial ,[  
21 ].

### **3.2.1. Analiza morfologică a dispozitivelor pentru prelucra- rea prin EE cu TM a E masiv.**

Am hotărît ordonarea soluțiilor existente după criteriile:

#### **A-tipul motorului electric de acționare:**

- A1-motor de c.c.;
- A2-motor pas cu pas;
- A3-motor c.a.;
- A4-?

#### **B-felul prelucrărilor posibil de executat:**

- B1-TM pe suprafață cilindrică;
- B2-TM pe suprafață conică;
- B3-TM pe suprafață conică și TU;
- B4-TM pe suprafețe cilindrică și conică;
- B5-TM pe suprafețe cilindrice, conice și TU;
- B6-?

#### **C-mecanismul de reglare a amplitudinii mișcării:**

- C1-mecanism șurub-piuliță;
- C2-mecanism cu came;
- C3-mecanism cu pârghii;
- C5-mecanism cu ghidaje înclinate;
- C6-mecanism pinion-cremaliera;
- C7-?

#### **D-mecanismul de realizare a profilării longitudinale:**

- D1-cu came amplasate pe batiul mașinii;
- D2-cu comandă numerică;

Tab.3.2.-"Punctajele" analizei submorfologiei A-B.

B \ A	A1	A2	A3
B1	0,7	0,3	0
B2	0,6	0,4	0
B3	0,6	0,4	0
B4	0,5	0,4	0,1
B5	0,5	0,3	0,2

Tab.3.3.-"Punctajele" analizei submorfologiei B-C.

C \ B	B1	B2	B3	B4	B5
C1	0,5	0,2	0,1	0,1	0,1
C2	0	0	0,2	0,2	0,6
C3	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3
C4	0,1	0,2	0,2	0,3	0,2
C5	0	0	0,1	0,3	0,6
C6	0	0	0,2	0,3	0,5

Tab.3.4.-"Punctajele" analizei submorfologiei C-D.

D \ C	C1	C2	C3	C4	C5	C6
D1	0,1	0,3	0,1	0,1	0,4	0,1
D2	0	0,3	0,2	0,1	0,3	0,1
D3	0	0,4	0,2	0,1	0,3	0
D4	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1

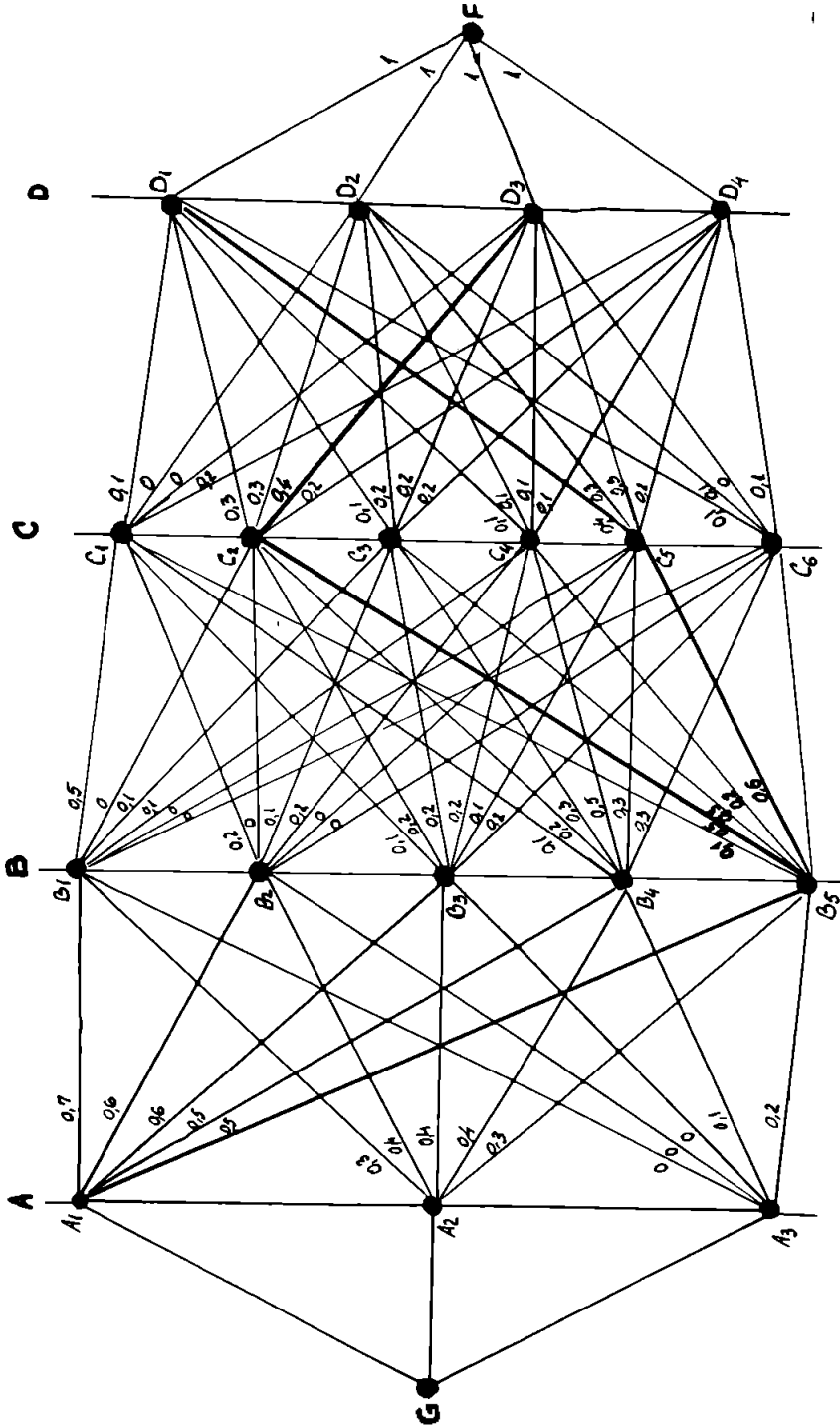


Fig. 3.10 - Graficul realizat pe baza tab. 3.2., 3.3., 3.4.

D3-cu dispozitive de automatizare mecano-electrice;

D4-fără mecanism de profilare longitudinală;

D5-?

Submorfologiile AB,BC,CD au fost analizate cît mai obiectiv, cu ajutorul unor specialiști și studenți, la care am făcut apel, pe baza criteriilor:

-complexitatea modificărilor sau adaptărilor necesare la mașina, costul acestora;

-costul estimativ al dispozitivelor;

-performanțe tehnologice posibile, avantaje economice posibil de realizat;

-limitări posibile ale performanțelor mașinii.

"Punctajele" acestor analize sînt prezentate în tabelele nr. 3.2,3.3,3.4. Pe baza metodicii prezentate în [8; 18], s-a construit graful din figura nr.3.10. Pe baza metodicii din [8], s-au determinat ponderile diferitelor trasee posibile, cele de valoare maximă, fiind prezentate mai jos:

$$P(A1B5C5D1)=0.12 \text{ (25) și } P(A1B5C2D3)=0.12 \text{ (26)}.$$

Pe baza analizei morfologice de mai sus, s-au stabilit temele de creație tehnică, pe baza cărora s-au proiectat și executat dispozitive competitive pe plan mondial. Multe variante au fost supuse brevetării. Metodica utilizată este utilă proiectantului creativ, ea permițînd acestuia evidențierea soluțiilor interesante pentru creația sa.

### **3.2.2. Dispozitive pentru TM, TU a E scula proiectate si realizate.**

Fara a intra in prea multe amanunte, au fost proiectate, realizate, urmatoarele dispozitive care au fost considerate de catre forurile competente, ca solutii inedite (OSIM, MIS):

**a)-dispozitive noutati in tehnica mondiala (inventii brevetate, sau in curs de brevetare, cu sanse mari de a fi brevetate):**

- 1-Dispozitiv pentru miscarea circulara a E scula-Brevet RO 90503/85-Autor:Marinceu D.;
- 2-Dispozitiv pentru TM a E scula-BDS 20.04.1989/IFTV-aviz favorabil OSIM-Autor:Marinceu D.;
- 3-Dispozitiv pentru TM a E scula-BDS 21.06.1991/UT-Autor:Marinceu D. (nr.60/21.06.1991);
- 4-Dispozitiv pentru prelucrare prin EE,Brevet RO 93655/1989, Autor:Marinceu D., S. A.

**b)-dispozitive ce au constituit noutati pe plan national (inovatii):**

- 1-Dispozitiv de prelucrare prin EE-Certificat inovatie(CI)- 505/25.01.1986-Autor:Marinceu D., Vendlinger A.;
- 2-Sistem de variatie a amplitudinii la TM (var.1)-CI-700/ 21.12.1987-Autor:Marinceu D., Biris D.;
- 3-Sistem de variatie a amplitudinii la TM (var.2)-CI-719/ 21.12.1989-Autor:Marinceu D., Craciunescu C.;
- 4-Dispozitiv pentru TM a E scula-BDS 71.07.03.1987-Autor:Marinceu D.;
- 5-Idem- BDS 6.11.1989-Autor:Marinceu D., Vaduva R.

### 3.2.3. Prezentarea dispozitivelor folosite la încercările experimentale.

În cele ce urmează sînt prezentate părțile "inedite" ale dispozitivelor utilizate, părți ce au fost brevetate. Se vor utiliza notațiile și numerotarea reperelor din cererile de brevet.

Partea prezentată în continuare, este sistemul de reglare a amplitudinii a mișcării de TC varianta nr.1, TC care suprapune peste mișcarea de avans liniară "clasic" al E în OP, generează TM.

Sistemul de reglare prezentat conferă avantajele prelucrărilor cu TM a lui E pe suprafețe cilindrice, conice cu unghi la vîrf variabil discret, pe suprafețe oarecare, acestea putînd fi realizate ușor. De asemenea este posibilă translația unidirecțională (TU) a E după diferite direcții. Acest sistem de reglare este primul pe plan mondial, care permite prelucrări cu TM pe suprafețe conice cu unghi la vîrf variabil discret și pe suprafață oarecare și TU după generatoarele acestor conuri sau suprafețe.

În figura nr.3.11, este prezentată o secțiune principală prin sistemul de reglare. El este compus din placa poz.34, fixată pe capul de lucru al mașinii de prelucrat prin EE cu E masiv, față de care placa poz.70 se poate deplasa după două direcții perpendiculare, prin intermediul a două perechi de ghidaje cu bile nereprezentate în figură.

Elementul esențial al dispozitivului este tija filetată poz. 4, în care prin intermediul rulmenților axiali poz.62 și 62', în care este lăgăruită bucușa poz.32, care conține canalele cu rol de camă "c". Bucușa poz.32 se poate deplasa în direcția verticală datorită bucușei cu bile poz.29. Piulița poz.60 pretensionează lăga-

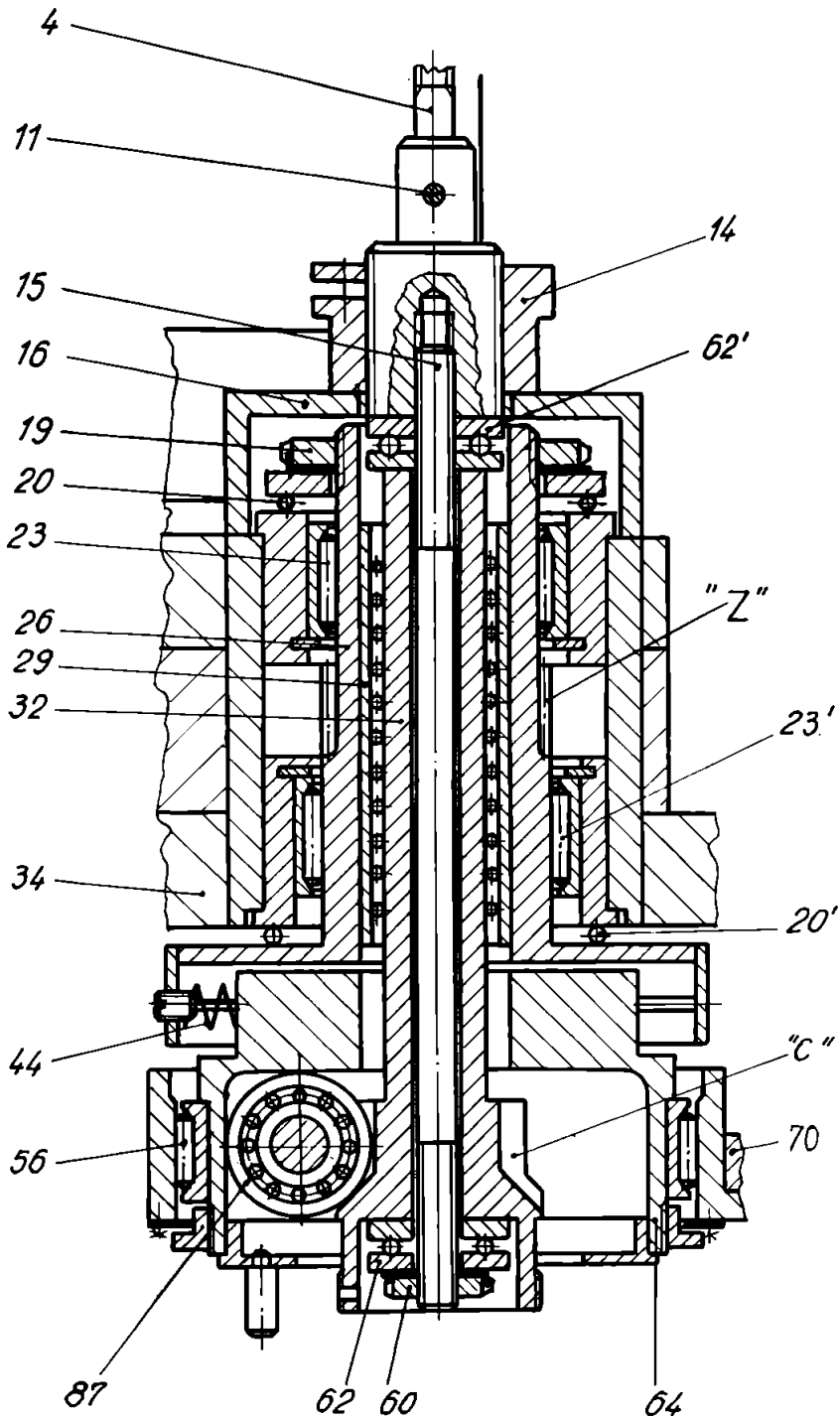


Fig.3.11.-Sistemul de variatie a amplitudinii TM (var.1) brevetat.



ruirea axială prin prezonul poz.15. Poz.29 este montată în volan-  
tul poz.26, lăgăruit în placa poz.34 cu ajutorul rulmenților cu a-  
ce poz.23 și 23', a lăgărelor speciale poz.20 și 20', pretensionate  
cu piulița poz.19. Pe suprafața frontală a poz.26, există ghidaje cu  
role, în care se poate deplasa excentricul poz.64. Arcul poz.44 are  
rol de menținere a contactului pe camă și de "aducere la zero".

Excentricul poz.64 este lăgăruit radial prin intermediul rul-  
mentului poz.54, în placa mobilă poz.70. Piulița poz.14 este folosi-  
tă în cazul prelucrărilor cu amplitudine a TC constantă, când placa  
poz.1 și piulița poz.7 nu sînt în contact una cu cealaltă. Piulița  
poz.14, prin sprijinirea pe capacul poz.16, atrage (reglaj anterior  
inceperii prelucrării) tija poz.15 în direcție verticală, astfel  
încît cu ajutorul rolei poz.87, se deplasează radial excentricul  
poz.64, realizîndu-se amplitudinea dorită. Tija poz.11 este  
acționată de arcuri de tracțiune nereprezentate în figură, astfel  
încît să fie asigurat contactul dintre poz.14 și poz.16, sau un  
contact dintre o piuliță nereprezentată în desen, și un element fix  
solidar cu batiul mașinii. Mișcarea de rotație a poz.26, se trans-  
mite prin dantura "z", de la un motor electric pas cu pas (sau de  
c.c., în alta variantă).

Funcționarea este următoarea:

a) - funcționare în regim de TU.

Mișcarea de rotație nu este existentă la TU. Prelucrarea se  
realizează prin deplasarea capului de lucru, împreună cu plăcile  
poz.34 și 70. Tija poz.4 este împiedicată în această deplasare, îm-  
preună cu poz.15, 32. Poz.32, prin canalul "c", produce o deplasare  
radială a rolei 87 și a saniei 64, corelată cu deplasarea "clasi-  
că" a lui E în OP.

b)-funcționarea cu TM pe suprafață cilindrică.

În acest caz, poz.14 este în contact cu capacul poz.16,reglajul făcându-se la începutul prelucrării.La reglaj,se realizează practic,o deplasare axială a tijeii poz.15,32,respectiv radială a poz.87,64.Tija,în timpul prelucrării,nu este împiedicată la deplasare,ea fiind solidară în mișcarea verticală cu dispozitivul și capul de lucru.Mișcarea de rotație primită de la motorul pas cu pas,este prezentă.

c)-funcționare cu TM pe suprafață conică sau oarecare.

Toate funcționarea este identică ca în cazul "a",dar în plus se transmite o mișcare de rotație de la motor,prin "z".

Principalele avantaje ale dispozitivului sînt:

- soluție compactă,robustă,de gabarit mic;
- permite (noutate mondială!) prelucrări cu TM pe suprafețe cilindrice,conice cu unghi la vîrf variabil discret,sau pe orice alte genuri de suprafețe;
- este utilizabil pe orice mașină de prelucrat prin EE cu E masiv[34].

Un dispozitiv similar,noutate mondială,proiectat și realizat de subsemnatul,este prezentat în figura nr.3.12 -ce reprezintă o secțiune principală prin mecanismul de variație a amplitudinii, respectiv în figura nr.3.13-ce reprezintă o secțiune după planul Y-Y din fig.3.12,[33].

Dispozitivul este compus în principal,ca majoritatea celor existente,dintr-o parte fixa poz.1 (amplasata pe capul de lucru al mașinii de prelucrat prin EE cu E masiv),și o parte poz.2 mobilă față de poz.1 datorită a doua perechi de ghidaje cu bile,perpendicularreciproc,nereprezentate în desene.Deplasările res-

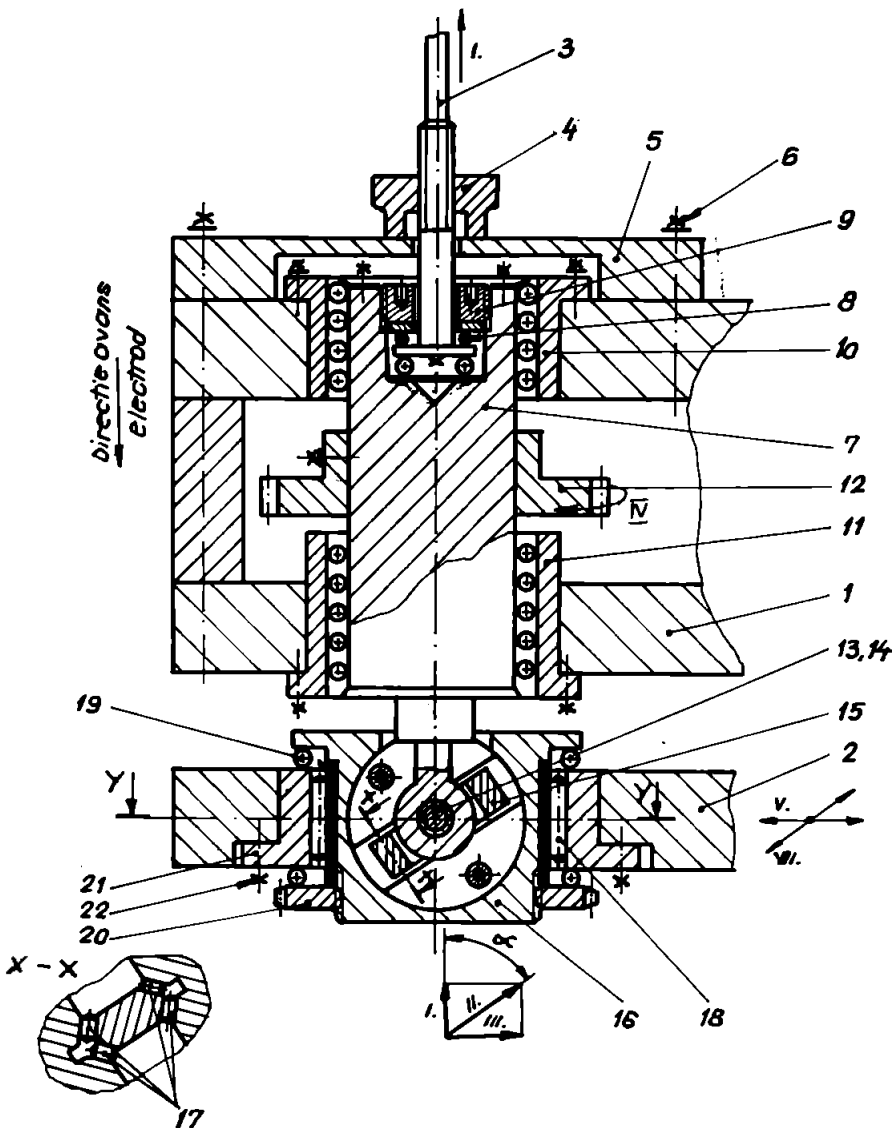


Fig.3.12.-Sistemul de variatie a amplitudinii TM (var.2) supus si el brevetării.

Y - Y  
(marită)

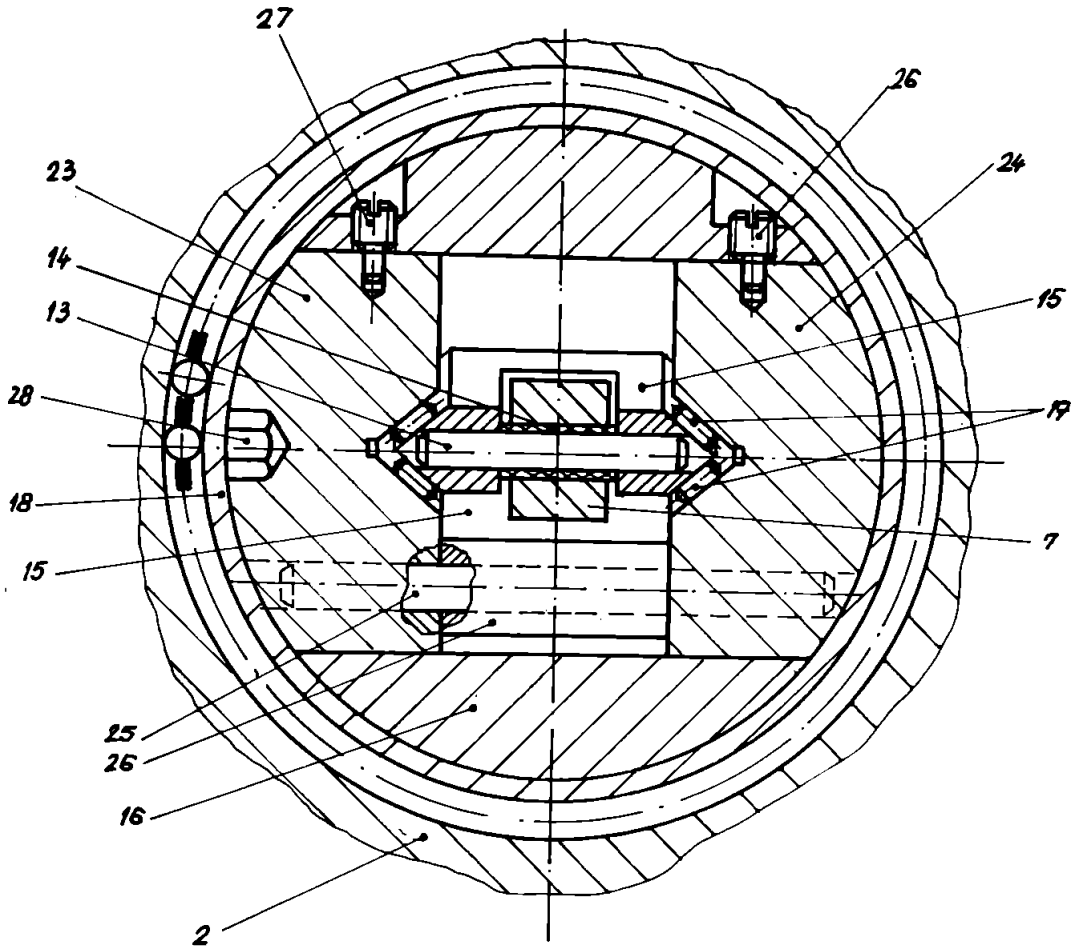


Fig. 3.13. - Secțiunea Y-Y din fig. 3.12.

pective, sînt efectuate într-un plan perpendicular față de direcția de pătrundere a E în OP, cu ajutorul celor două ghidaje cu bile nereprezentate, care nu prezintă practic elemente de noutate.

Mișcarea de TC este generată de sistemul de variație a amplitudinii prezentat în fig. 3.12 și 3.13.

Elementul esențial al sistemului este tija poz. 3, care poate fi reținută în <sup>poziție</sup> fixă față de un sistem de referință fix, prin intermediul unor elemente nereprezentate, care imprimă mișcarea (I) față de poz. 1, deoarece poz. 1 se deplasează împreună cu capul de lucru. Tija poz. 3 poate fi blocată, nedeplasabilă deci față de poz. 1 (deci mișcarea (I) anulată), cu ajutorul piuliței poz. 4, activă în acest caz (în contact cu poz. 5), iar sistemul de reținere a tijeii poz. 3 ce asigură mișcarea (I) inactiv. Capacul poz. 5 este fixat cu suruburile poz. 6 de poz. 1.

Tija poz. 3 este lăgăruiată axial față de corpul poz. 7, cu ajutorul rulmentului poz. 8, prestrîns cu piulița poz. 9.

Corpul poz. 7 are posibilitatea de a se roti și să se deplaseze axial față de poz. 1, datorită bușelor cu bile poz. 10, 11.

Acestea sînt fixate în poz. 1. Mișcarea de translație a corpului poz. 7 (axială) este dată de tija poz. 3 (dacă este cazul), iar cea de rotație de roata dințată poz. 12, fixată pe corpul poz. 7 (dacă este cazul). Corpul poz. 7 conține în partea sa inferioară o articulație realizată cu bolțul poz. 13 și bușa poz. 14, articulație ce constituie legătura cu sania poz. 15 a acestuia. Sania poz. 15 se poate deplasa față de poz. 16 datorită unor ghidaje înclinate cu elemente de rostogolire (ace) poz. 17. Poz. 16, este lăgăruiată radial față de placă poz. 2, cu ajutorul rulmentului cu ace poz. 18, și axial față de aceeași placă cu ajutorul rulmenților speciali cu

bile poz.19,pretensionați cu piulița poz.20.Bucșa poz.21 este fixată față de placa poz.2 cu șuruburile poz.22.

In secțiunea Y-Y se pot remarca elementele componente poz.2, 13,14,15,16,17 si 18, prezentate deja. In interiorul poz.16, este practicat un alezaj, in care sînt introduse semighidajele poz.23 si poz.24. Acestea sînt distanțate si poziționate reciproc, cu ajutorul știfturilor poz.25 si a bușelor poz.26. Semighidajele sînt blocate în interiorul poz.16, cu ajutorul știfturilor filetate poz.27.

Unghiul de înclinare a ghidajelor poz.17 din poz.23,24, poate fi modificat prin rotirea la montaj, a poz.23,24 in poz.16, existînd pentru blocarea acestora, mai multe locașuri pentru știfturile filetate poz.27, dispuse radial, la unghiuri egale. Rotirea poz.23,24 este posibilă cu ajutorul locașului hexagonal poz. 28, evident-știfturile poz.23,24 fiind extrase. Rotirea este posibilă, deoarece poz.23,24 sînt prevăzute la capete cu suprafețe sferice, de rază egală cu raza alezajului interior al inelului poz.18. Cînd ghidajele sînt in poziție dorită, se poate realiza blocarea acestora cu ajutorul poz.27. Pentru a permite demontare usoară, placa poz.2 este, practic, constituită din mai multe elemente demontabile nereprezentate in figuri.

Funcționarea este următoarea:

a)-funcționarea cu TM pe suprafață cilindrică.

Se regleaza raza cilindrului cu ajutorul piuliței poz.4, care deplaseaza tija poz.3, ce comandă împreuna cu poz.7, poz.15, producîndu-se o deplasare radiala a poz.16 (descentrare). Excentricitatea in timpul prelucrării rămîne aceeași, si poate fi controlată simplu, cu ajutorul unui comparator. Prin poz.12 se transmite miș-

careea de rotație (IV) necesară, de la un motor nereprezentat.

**b)-prelucrarea cu TM pe suprafață conică.**

Piulița poz.4 este inactivă, nefiind în contact cu capacul poz.5. Capul de lucru se deplasează împreună cu poz.1,2, iar tija poz.3 este reținută, astfel încât aceasta se deplasează (I) relativ față de dispozitiv. Deplasarea (I) a tijei poz.3, produce o deplasare (II) a saniei poz.15, care imprimă o deplasare (II) a saniei poz.15, care imprimă o deplasare (III) a poz.16.

Pe măsura ce mărimea deplasării (I) crește (capul de lucru se deplasează în direcția de avans), va crește și mărimea deplasării (III), mărindu-se amplitudinea mișcării. În funcție de unghiul de înclinare (reglat în prealabil) al ghidajelor poz.17 față de direcția de avans, se produc diferite corelații între mișcările (I) și (III), rezultând prelucrări cu TM pe suprafețe conice cu unghiuri la vîrf diferite. Simultan, bineînțeles, se imprimă și mișcarea de rotație (IV).

**c)-prelucrarea cu TU.**

Este similară ca în cazul "b", dar nu se mai imprimă mișcarea de rotație (IV).

Dispozitivul prezintă aceleași avantaje ca cel precedent.

**3.3. Standul conceput și realizat.**

Standul pentru studiul experimental al prelucrării prin EE cu TM a E masiv, trebuie să îndeplinească aceleași condiții, ca și standul utilizat pentru studiul experimental al prelucrării prin EE cu E masiv rotitor (să utilizeze o mașină de prelucrat prin EE de tip ELER, să permită selectarea numărului de impulsuri de lucru din totalul celor generate, dispozitivare ușoară, etc.).

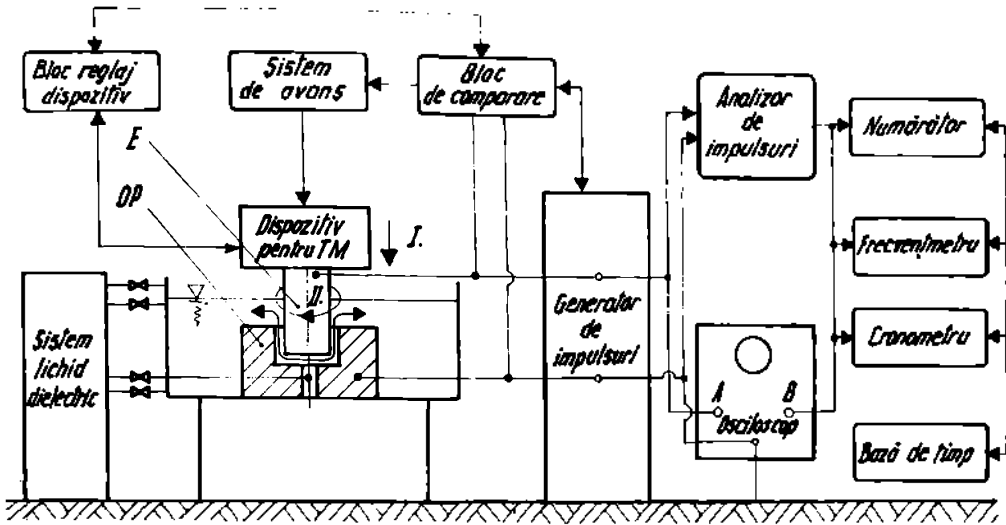


Fig.3.14.-Schema bloc simplificată a standului folosit la încercările experimentale de prelucrări prin EIE cu TM a E sculă masiv.

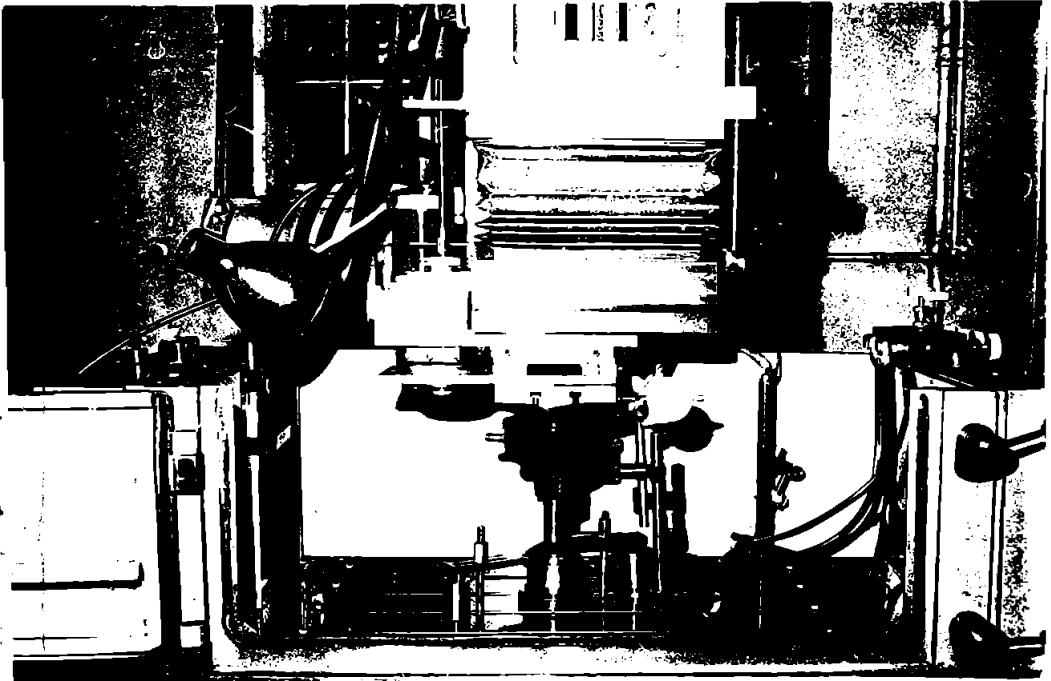


Foto 8.-Imagine a dispozitivului folosit (brevetat), conceput și realizat de subsemnatul, în încercările experimentale.



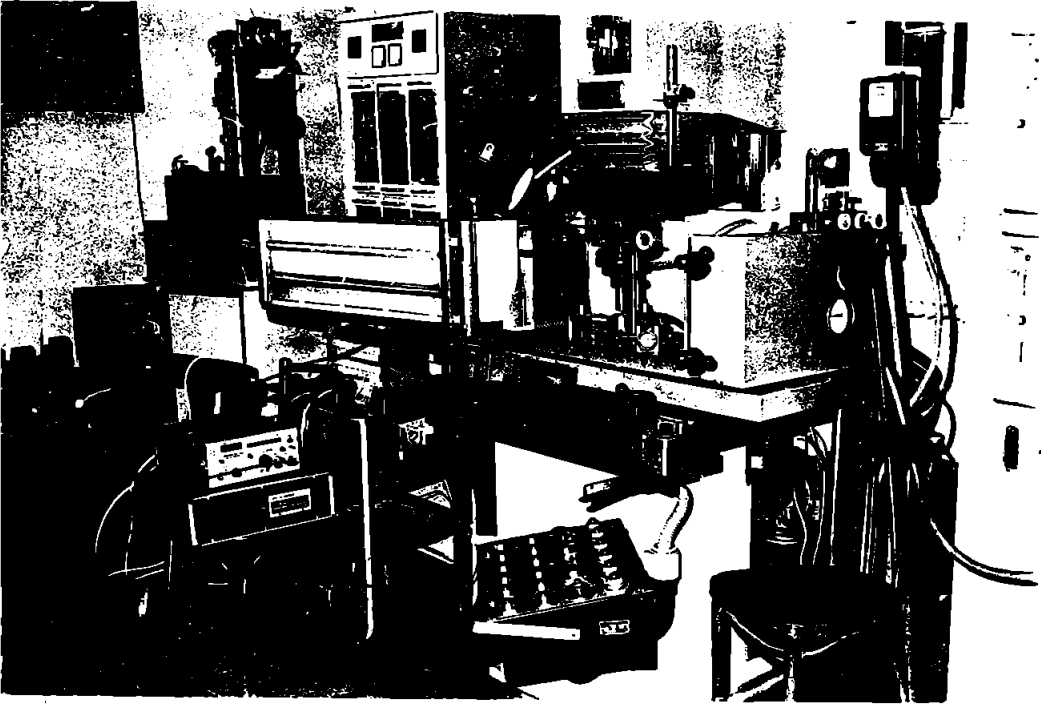


Foto 9.-Imagine a standului experimental, conceput și realizat pentru studiul prelucrărilor prin EE cu T<sub>h</sub> a E scula masiv.

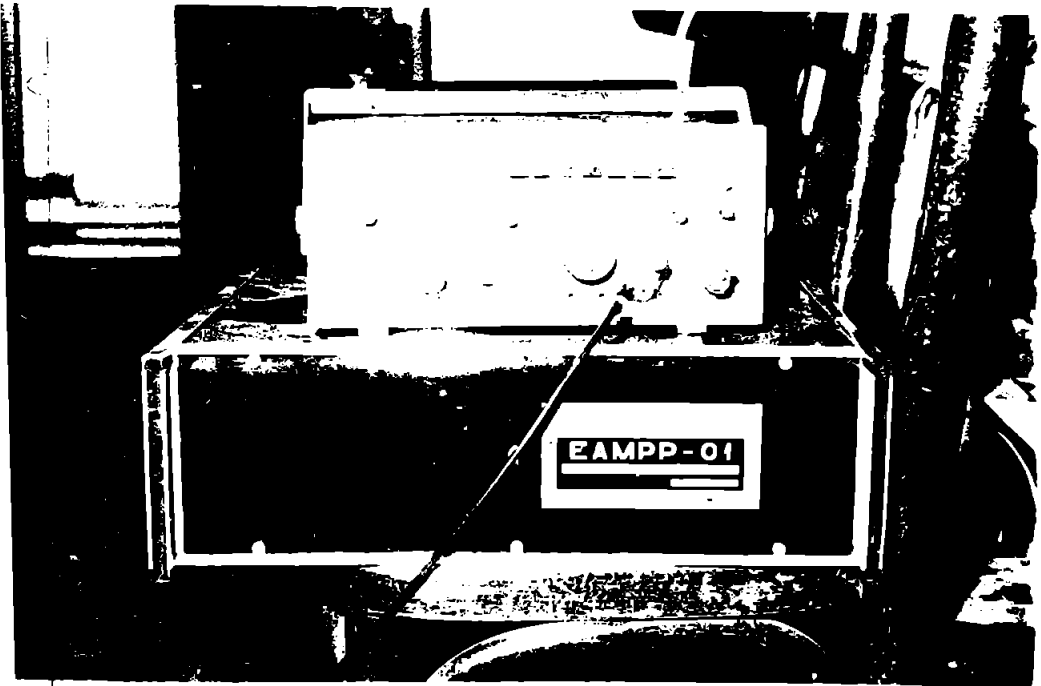


Foto 10.-Imagine, detaliu, a aceluși stand, cu blocul de reglare electronic a turății m.l.m.

Astfel, standul conceput și realizat, utilizează o mașină de prelucrat prin EE cu E masiv de tip ELER-01, echipată cu un generator de impulsuri GEP-50F. Precizarea tipurilor de impulsuri, numărarea lor, s-a efectuat cu ajutorul unui analizor de impulsuri realizat în cadrul catedrei "Tehnologie Mecanică" [51]. TM, respectiv TU, au fost realizate cu ajutorul dispozitivelor prezentate mai sus.

Schema bloc a standului utilizat este prezentată în fig.3.14, iar imagini ale dispozitivului folosit, ale standului utilizat, sînt prezentate în fotografiile 8,9,10.

#### 4. CONTRIBUTII ÎN DOMENIUL CERCETĂRII EXPERIMENTALE A PRELUCRĂRILOR PRIN EROZIUNE ELECTRICA CU ELECTROD MASIV MOBIL MULTIDIRECTIONAL.

##### 4.1. Introducere.

Scopurile experimentărilor realizate, au fost acelea de a obține, cu ajutorul unui număr minim de experimente, răspunsuri la următoarele "probleme":

- 1)-care este efectul TM pe diferite suprafețe, comparativ cu prelucrarea "clasică", asupra unor indicatori de performanță cantitativi și calitativi (la diferite regimuri de lucru);
- 2)-care este diferența dintre efectele produse de TM pe suprafață cilindrică, comparativ cu TM pe suprafață conică, asupra acestorasi indicatori de performanță (la diferite regimuri de lucru);
- 3)-stabilirea unui model matematic al influenței parametrilor ca-

racteristici prelucrărilor cu TM, asupra unor indicatori de performanță cantitativi și calitivi (la diferite regimuri de lucru).

#### 4.2. Experimentul efectuat.

În acest experiment am urmărit obținerea unor răspunsuri la problemele amintite mai sus. Pentru acest lucru, programul experimental este o combinație a patru programe factoriale de tipul  $2^2$  cu experimente "clasice". În cele două "zone" distincte ale matricii de experimentare, au fost menținuți constanți următorii parametri:

##### a) - regiă de degroșare:

- 1) - aria activă între E și OP:  $6.25 \text{ cm}^2$ ;
- 2) - treapta de curent utilizată: 8 (curent = aprox. 25A);
- 3) - durata impulsului:  $t_i = 190 \mu\text{s}$ ;
- 4) - durata pauzei dintre impulsuri:  $t_p = 24 \mu\text{s}$ ;
- 5) - presiunea de injecție a lichidului dielectric:  $p = 0.2 \text{ bar}$ ;
- 6) - materialul și polaritatea E (CuE, "+");
- 7) - materialul și polaritatea OP (VCrW85 calit+rev.55-60HRC, "-");
- 8) - geometria E și OP.

##### b) - regiă de finisare:

- 1) - aria activă dintre E și OP:  $6.25 \text{ cm}^2$ ;
- 2) - treapta de curent utilizată: 2 (aprox. 6 A);
- 3) - durata impulsului:  $t_i = 12 \mu\text{s}$ ;
- 4) - durata pauzei dintre impulsuri:  $t_p = 4 \mu\text{s}$ ;
- 5) - presiunea de injecție a lichidului dielectric:  $p = 0.2 \text{ bar}$ ;
- 6) - materialul și polaritatea E (CuE, "+");
- 7) - materialul și polaritatea OP (VCrW85 calit+rev.55-60HRC, "-");

B)-geometria E si OP.

In "minizonele" de experimentări factoriale, au fost considerate următoarele variabile (factori) independente:

$X_1 = n$  [rot/min]-turația motorului pas cu pas ce acționează dispozitivul de TM;

$X_2 = r$  [mm]-raza maximă a TC, componenta a TM.

Nivelul de bază al acestor factori, a fost ales pe baza informației apriorice, iar intervalele de variație-porțiuni limitate ale domeniului de existență a factorilor, au fost alese astfel încât factorii să fie controlabili. Amplitudinea intervalelor a fost aleasă pe baza informațiilor apriorice [      ].

Un element variabil important, a fost felul suprafeței pe care se efectuează TM: cilindrică, conică. Pentru fiecare tip de TM au fost realizate "miniexperimente" factoriale.

Un alt element important in programul de experimentare, a fost experimentul "martor", efectuat fără TM, in toate fazele distincte ale experimentărilor.

In tabelul nr.3.5 sint prezentate intervalele de variație amintite, precum si alte informații de interes legate de "miniexperimentările" factoriale.

Matricea de experimentare principală, este prezentată in tabelul nr.3.6. După cum se poate observa, din acest ultim tabel, spălarea interstițiului de lucru este făcuta forțat, prin injecție de dielectric prin interiorul OP. Pentru a scoate in evidenta influența diferiților factori și în cazul unor prelucrări fără spălarea forțata a interstițiului, am efectuat un experiment suplimentar, pe baza matricii de programare din tabelul nr.3.7.

Tab.3.5.-Elementele caracteristice ale "miniexperimentelor" factoriale.

Nivel variabilă	Simbol	X1 [r/min]	X2 [mm]	Valoare cod
Nivel superior	X11	60	1	+1
Nivel de bază	X10	45	0,75	0
Nivel inferior	Xi2	30	0,50	-1
Interval de var.	DX1	30	0,50	---

Tab.3.6.-Matricea de experimentare principală.

DEGROȘARE						
Nr. exp.	Fel TM	Par. - valori naturale		Par. - valori cod.		Obs.
		n [r/min]	r [mm]	n	r	
D1	-	0	0	0	0	A = 6,25 cm <sup>2</sup>
D2	Pe	30	0,5	-1	-1	
D3	supr.	30	1,0	-1	+1	I=25A
D4	cil.	60	0,5	+1	-1	
D5		60	1,0	+1	+1	t <sub>i</sub> = 190 μs
D6	Pe	30	0,5	-1	-1	t <sub>p</sub> = 24 μs
D7	supr.	30	1,0	-1	+1	
D8	con.	60	0,5	+1	-1	p=0,2 bar
D9		60	1,0	+1	+1	

Tab. 3.6. - continuare.

FINISARE						
Nr. exp.	Fel TM	Par. - valori naturale		Par. - valori cod.		Obs.
		n [r/min]	r [mm]	n	r	
F1	-	0	0	0	0	A = 6,25 cm <sup>2</sup>
F2	Pe	30	0,5	-1	-1	
F3	supr.	30	1,0	-1	+1	I = 6A
F4	cil.	60	0,5	+1	-1	
F5		60	1,0	+1	+1	t <sub>i</sub> = 12 μs
F6	Pe	30	0,5	-1	-1	t <sub>p</sub> = 4 μs
F7	supr.	30	1,0	-1	+1	
F8	con.	60	0,5	+1	-1	p = 0,2 bar
F9		60	1,0	+1	+1	

Tab. 3.7. - Matricea de experimentare a experimentului suplimentar.

Cod exp.	Parametri variabili					
	n [rot/min]	r [mm]	I [A]	t <sub>i</sub> [μs]	t <sub>p</sub> [μs]	Tip TM
DX1	0	0	25	190	24	Fără TM
DX2	45	0,75	25	190	24	TM s. cil.
DX3	45	0,75	25	190	24	TM s. conică
FX1	0	0	6	12	4	Fără TM
FX2	45	0,75	6	12	4	TM s. cil.
FX3	45	0,75	6	12	4	TM s. conică

Parametrii principali invariabili au fost:

- 1)-materialul și polaritatea E (CuE, "+");
- 2)-materialul și polaritatea OP (VCrWB5 cal.-rev-55..60HRC, "-");
- 3)-aria activă între E și OP (6.25 cm<sup>2</sup>);
- 4)-geometria E și OP;
- 5)-spălarea "naturală" (p=0 bar).

După cum se poate remarca, pentru a putea compara rezultatele obținute în cele două cazuri (cu și fără spălare forțată a interstițiului), în experimentele efectuate fără spălare forțată, valorile parametrilor "n" și "r", au fost alese ca valori medii ale valorilor existente în experimentele efectuate cu spălări forțate ale interstițiului.

În toate aceste experimente, funcțiile de răspuns urmărite au fost:

- 1)-Qp [mm<sup>3</sup>/min]-productivitatea volumică a prelucrării;
- 2)-Qpa [mm<sup>3</sup>/min\*A]-productivitatea volumică/amper (specifică);
- 3)-Qe [mm<sup>3</sup>/min]-debitul uzării volumice la E;
- 4)-Uv [%]-uzura relativă volumică;
- 5)-Pil [%]-procentul de impulsuri de "lucru" din totalul celor generate;
- 6)-delta l [mm]-interstițiul lateral;
- 7)-delta f [mm]-interstițiul frontal;
- 8)-Ral [μm]-rugozitatea medie aritmetică laterală a OP prelucrat;
- 9)-Raf [μm]-rugozitatea medie aritmetică frontală a OP prelucrat;

Au fost determinate valorile medii ale funcțiilor de răspuns, cu ajutorul relației:

$$(27) Y_m = (1/n) * \sum_{r=1}^n Y_r \quad (n=3) ;$$

După cum se poate observa, fiecare experiment a fost replicat

Tab. 3.8.

N <sub>r</sub> exp.	Q <sub>p</sub> [mm <sup>3</sup> /min]		Q <sub>po</sub> [mm <sup>3</sup> /Amin]		Q <sub>E</sub> [mm <sup>3</sup> /min]		U <sub>v</sub> [%]		P <sub>ij</sub> [%]		δ <sub>i</sub> [mm]		δ <sub>f</sub> [mm]		R <sub>oi</sub> [μm]		R <sub>af</sub> [μm]	
	SQp	Q <sub>pm</sub>	SQpo	Q <sub>pm</sub>	SQE	Q <sub>Em</sub>	SU <sub>v</sub>	P <sub>i/m</sub>	SPI <sub>i</sub>	δ <sub>i/m</sub>	Sδ <sub>i</sub>	δ <sub>f/m</sub>	Sδ <sub>f</sub>	R <sub>o/m</sub>	SRA <sub>i</sub>	RA <sub>f/m</sub>	SR <sub>af</sub>	RA <sub>f</sub>
D1	102	3,4	4,7	0,4	0,8	11,2	10,4	1,0	80	4,2	0,21	0,02	0,18	0,02	8,6	0,5	9,3	0,8
D2	122	3,2	4,8	0,1	0,2	10,2	8,3	0,1	86	1,0	0,20	0,02	0,17	0,02	8,8	0,6	9,7	0,4
D3	128	2,0	4,9	0,2	0,1	10,0	7,8	0,2	89	1,5	0,19	0,01	0,16	0,01	8,9	0,5	9,4	0,8
D4	124	2,1	4,9	0,2	0,2	10,8	8,7	0,3	88	1,2	0,21	0,03	0,18	0,03	9,0	0,6	9,0	0,6
D5	130	3,4	5,0	0,1	0,3	10,1	7,7	0,2	90	1,1	0,20	0,01	0,17	0,02	8,9	0,7	9,2	0,5
D6	145	2,0	4,8	0,2	0,2	9,2	6,3	0,2	90	1,0	0,18	0,02	0,18	0,02	9,1	0,4	9,5	0,8
D7	152	3,2	4,9	0,1	0,4	8,7	5,7	0,3	92	1,4	0,19	0,03	0,17	0,03	9,8	0,5	9,9	0,2
D8	148	2,2	4,9	0,2	0,3	9,0	6,08	0,1	93	1,2	0,17	0,02	0,18	0,01	9,5	0,6	9,7	0,8
D9	154	3,8	5,1	0,1	0,2	8,2	5,3	0,4	94	2,0	0,18	0,02	0,19	0,03	9,4	0,4	9,4	0,4
F1	0,3	0,02	0,04	0,01	0,06	0,02	17	2	72	4	0,14	0,02	0,11	0,02	-	-	3,2	0,3
F2	0,52	0,03	0,04	0,02	0,062	0,01	11,5	0,5	75	1,1	0,13	0,02	0,11	0,03	-	-	3,0	0,2
F3	0,58	0,04	0,04	0,02	0,06	0,02	10,3	0,5	79	0,3	0,14	0,02	0,12	0,01	-	-	3,4	0,3
F4	0,54	0,02	0,04	0,02	0,06	0,01	11,1	0,4	78	0,8	0,15	0,01	0,10	0,02	-	-	3,2	0,2
F5	0,62	0,05	0,04	0,03	0,058	0,01	9,5	0,2	80	0,7	0,13	0,02	0,11	0,02	-	-	3,1	0,4
F6	0,64	0,02	0,04	0,02	0,052	0,02	7,8	0,1	80	0,3	0,12	0,02	0,12	0,02	-	-	3,2	0,6
F7	0,70	0,03	0,04	0,01	0,05	0,01	7,1	0,5	86	0,4	0,13	0,03	0,12	0,01	-	-	3,2	0,6
F8	0,66	0,01	0,04	0,01	0,05	0,01	7,5	0,3	82	1,0	0,12	0,01	0,13	0,03	-	-	3,1	0,2
F9	0,74	0,02	0,042	0,02	0,05	0,02	6,7	0,2	88	0,8	0,11	0,02	0,11	0,02	-	-	3,2	0,2



Tab. 3.9.

Cod. exp.	$Q_p$ [mm <sup>3</sup> /min]			$Q_{po}$ [mm <sup>3</sup> /A.min]			$Q_E$ [mm <sup>3</sup> /min]			$U_v$ [%]			PI [%]			$d_l$ [mm]			$\delta_f$ [mm]			$R_{ol}$ [ $\mu$ m]			$R_{of}$ [ $\mu$ m]		
	$Q_{pm}$	$SQ_p$	$Q_{pom}$	$SQ_{po}$	$Q_{Em}$	$SQ_E$	$U_{vm}$	$SU_v$	Film	SPH	$d_{lm}$	$Sd_l$	$\delta_{fm}$	$S\delta_f$	$R_{olm}$	$S_{R_{ol}}$	$R_{ofm}$	$S_{R_{of}}$									
DX1	75	5,2	2,8	0,2	15	2	20	1,5	50	2	0,21	0,02	0,17	0,02	8,6	1,5	9,2	1,0									
DX2	105	1,7	4,0	0,3	13	2,1	12,4	0,8	63	3,2	0,20	0,03	0,18	0,02	8,7	0,8	9,4	0,4									
DX3	140	3,2	4,7	0,1	10,8	1,8	8,0	1,7	80	1,7	0,18	0,01	0,18	0,01	9,0	0,7	9,0	0,9									
FX1	0,15	0,05	0,02	0,01	0,05	0,01	33	2	40	2,0	0,14	0,01	0,11	0,02	-	-	3,2	0,8									
FX2	0,35	0,07	0,04	0,01	0,04	0,02	11,4	1,7	62	3,5	0,14	0,01	0,10	0,01	-	-	3,1	0,7									
FX3	0,42	0,06	0,04	0,01	0,04	0,01	9,5	1,2	72	2,8	0,12	0,01	0,11	0,01	-	-	3,2	0,8									

FUNCIÓN DE RESPUNDO

Exp.	Coef. sume. vol. test	Qp	Qpo	Qe	Uv	Pij	δi	δf	Raf #	Raf
D2	b0	126	4,9	10,275	8,125	88,25	0,2	0,17	8,89	9,325
	b1	1	0,049	0,175	0,074	0,75	0,005	0,005	0,049	-0,224
:	b2	3	0,049	-0,225	-0,375	1,25	0,0043	-0,005	-2,38·10 <sup>-1</sup>	-0,025
	bs	3,02	0,173	0,233	0,233	1,33	0,021	0,0233	0,664	0,653
D5	ΣSi	10,7	0,6	0,8	0,80	4,8	0,07	0,08	2,4	2,3
	ΣSj <sup>2</sup>	30,21	0,099	0,18	0,18	5,9	0,0015	0,0018	1,46	1,41
	Gc	0,382	0,404	0,50	0,50	0,38	0,6	0,5	0,33	0,45
	Gf	0,767	0,767	0,767	0,767	0,767	0,767	0,767	0,767	0,767
	b0	149,75	4,925	8,775	5,845	92,25	0,18	0,18	9,57	9,625
D6	b1	1,25	0,074	-0,175	-0,155	1,25	-0,0049	0,0049	-0,125	-0,075
	b2	3,25	0,074	-0,325	-0,345	0,75	0,0049	-3,7·10 <sup>-9</sup>	0,024	0,0249
:	bs	3,18	0,173	0,31	0,301	1,52	0,025	0,0263	0,53	0,669
	ΣSi	11,2	0,6	1,1	1,0	5,3	0,09	0,089	1,9	2,2
	ΣSj <sup>2</sup>	33,52	0,099	0,33	0,3	7,65	0,0021	0,0023	0,9299	1,48
D9	Gc	0,430	0,404	0,48	0,53	0,52	0,428	0,39	0,38	0,432
	Gf	0,767	0,767	0,767	0,767	0,767	0,767	0,767	0,767	0,767
	b0	0,565	0,04	0,06	0,6	78	0,1375	0,11	-	3,175
F2	b1	0,015	0	0,0009	0,29	1,0	0,0025	0,0049	-	-0,025
	b2	0,035	0	0,001	-0,70	1,5	0,0025	0,0049	-	0,0749
:	bs	0,04	0,025	0,014	0,46	0,857	0,019	0,0233	-	0,315
	ΣSi	0,14	0,089	0,05	1,6	2,9	0,07	0,08	-	1,1
	ΣSj <sup>2</sup>	0,0054	0,0021	0,0007	0,7	2,43	0,0013	0,0018	-	0,33
F5	Gc	0,46	0,428	0,571	0,357	0,497	0,307	0,5	-	0,5
	Gf	0,767	0,767	0,767	0,767	0,767	0,767	0,767	-	0,767
	b0	0,685	0,0405	0,0505	7,275	84	0,12	0,12	-	3,175
F6	b1	0,015	0,0005	0,00049	0,175	1	-0,0049	0	-	-0,025
	b2	0,035	0,0005	-0,0005	-0,375	3	0	-0,0049	-	0,025
:	bs	0,023	0,0173	0,0172	0,342	0,756	0,023	0,0233	-	0,4919
	ΣSi	0,08	0,06	0,06	1,1	2,5	0,08	0,08	-	1,6
	ΣSj <sup>2</sup>	0,0018	0,0009	0,0009	0,39	1,89	0,0018	0,0018	-	0,80
F9	Gc	0,5	0,44	0,44	0,641	0,529	0,5	0,5	-	0,45
	Gf	0,767	0,767	0,767	0,767	0,767	0,767	0,767	-	0,767

de n=3 ori. Au fost calculate valorile dispersiilor funcțiilor de răspuns, cu ajutorul relației:

$$(28) \quad S_i^2 = (1/(n-1)) * \sum_{r=1}^{n'} (Y_r - Y_m)^2 ;$$

A fost verificată omogenitatea dispersiilor, pentru "miniexperimentele" factoriale, cu ajutorul testului Cochran:

$$(29) \quad G_c = \text{Max}(S_i^2) * (\sum_{i=1}^N S_i^2)^{-(1)} , (N=2^2=4);$$

Valorile calculate G<sub>c</sub> sînt prezentate în tabelul nr.3.10.

Condiția necesară a fi îndeplinită: G<sub>c</sub> < G<sub>T</sub>, unde G<sub>T</sub> reprezintă valoarea critică extrasă din tabele, în funcție de numărul de selecții "k", numărul de grade de libertate "niu" și de gradul de semnificație "alf". Pentru cazul experimentării: k=N=4; niu=n-1=2; alf=5% (pt. P=95%). Din tabele rezulta: G<sub>T</sub>=0.767.

Rezultatele experimentelor efectuate pe baza matricei de programare din tabelul nr.3.6 sînt prezentate în tabelul nr.3.8, iar rezultatele experimentelor efectuate pe baza matricei de programare din tabelul nr.3.7, sînt prezentate în tabelul nr.3.9. Pentru "miniexperimentele" factoriale a fost adoptat un model matematic polinomial, de forma:

$$(30) \quad Y = B_0 + B_1 * X_1 + B_2 * X_2 + B_{12} * X_1 * X_2 ;$$

Pentru calculul coeficienților polinomului de regresie, s-a utilizat matricea de experimentare cu valori codificate, și relațiile:

$$(31) \quad B_i = (1/N) * \sum_{n=1}^N X_{in} * Y_{mn} , (i=0,1,2 \text{ pt. exp. fact. de tip } 2^2);$$

$$(32) \quad B_{ik} = (1/N) * \sum_{n=1}^N (X_i * X_k) * Y_{mn} ;$$

Valorile calculate ale coeficienților polinomului de regresie, sînt prezentate în tabelul nr.3.10. Pragul de semnificație a fost calculat cu relația:

(33)  $B_s = S_b \cdot TT$ , în care:  $S_b$  = eroarea patratică normalizată a estimării coeficienților de regresie;  
 $TT$  = valoarea unei variabile aleatoare a unei distribuții cunoscute (Student).

Pentru " $\alpha$ " = 5% și " $n$ " =  $N \cdot (n-1) = 8$ ,  $TT = 2.306$ .

În tabelul nr. 3.10, coeficienții semnificativi sînt subliniați. Tot referitor la tabelul nr. 3.10, ținînd cont de coeficienții semnificativi, se pot scrie modelele matematice ale funcțiilor de răspuns analizate:

a) - pentru "miniexperimentul" D2..D5:

$$(34) \quad Q_e = 10.275 - 0.225 \cdot X_2;$$

$$(35) \quad U_v = 8.125 - 0.375 \cdot X_2;$$

b) - pentru "miniexperimentul" D6..D9:

$$(36) \quad Q_p = 149.75 + 3.25 \cdot X_2;$$

$$(37) \quad Q_e = 8.775 - 0.325 \cdot X_2;$$

$$(38) \quad U_v = 5.845 - 0.345 \cdot X_2;$$

c) - pentru "miniexperimentul" F2..F5:

$$(39) \quad U_v = 10.6 - 0.7 \cdot X_2;$$

$$(40) \quad P_{il} = 78 + 1.0 \cdot X_1 + 1.5 \cdot X_2;$$

d) - pentru "miniexperimentul" F6..F9:

$$(41) \quad Q_p = 0.685 + 0.035 \cdot X_2;$$

$$(42) \quad U_v = 7.275 - 0.375 \cdot X_2;$$

$$(43) \quad P_{il} = 84 + 1.0 \cdot X_1 + 3.0 \cdot X_2.$$

Verificarea corectitudinii modelelor matematice, a fost efectuată cu ajutorul testului Fischer. Valoarea calculată a acestui test, este dată de relația:

$$(44) \quad F_c = (S_{ad}^2) / (S^2), \text{ în care: } S_{ad}^2 = \text{dispersia erorii modelului matematic, față de cel exper-}$$

rimental;

$S^2$ =dispersia erorilor experimentale.

Modelele matematice obținute sînt considerate adecvate, dac̃a este indeplinită condiția:  $F_c < F_T$ , în care  $F_T$ =valoarea tabelată a testului Fischer (admisă pt. " $n_{iu2}$ "= $N-k$  și " $n_{iu3}$ "= $N*(n-1)$ ). Toate modelele matematice considerate sînt adecvate, fiind îndeplinite condițiile:  $F_c < F_T$ .

#### 4.3. Concluzii.

Din analiza tabelului nr.3.10, referitor la "miniexperimentele factoriale, se pot trage următoarele concluzii:

##### a)-degrosare:

a1)-TM pe suprafață cilindrică-doar funcțiile de răspuns  $Q_e$ ,  $U_v$ , sînt influențate semnificativ în sensul descreșterii acestora, pe măsura creșterii parametrului  $X_2$ =raza TC. Acest fenomen este cauzat de îmbunătățirea condițiilor de evacuare, cu scăderea corespunzătoare a numărului de impulsuri de "măruntire" din totalul celor de "lucru";

a2)-TM pe suprafață conică-doar funcțiile de răspuns  $Q_p$ ,  $Q_e$  și  $U_v$  sînt influențate semnificativ de parametrul  $X_2$ , care produce creșterea lui  $Q_p$ , scăderea lui  $Q_e$ ,  $U_v$ , (dac̃a acest parametru crește ca valoare), fenomen favorabil. Explicația este aceeași ca în cazul a1.

##### b)-finisare:

b1)-TM pe suprafață cilindrică-funcțiile de raspuns  $U_v$ ,  $P_{il}$ , sînt influențate semnificativ de parametrul  $X_2$ , iar  $P_{il}$  și

de parametrul  $X_1$  = turația TC. Cauza este îmbunătățirea condițiilor de evacuare a produselor eroziunii, lucru ce explică creșterea lui  $P_{il}$  și concomitent scăderea lui  $U_v$ . Scade numărul impulsurilor neproductive;

b2) - TM pe suprafață conică - funcțiile  $Q_p, U_v, P_{il}$  sunt influențate favorabil de  $X_2$ , creșterea valorii acestui parametru producând creșterea lui  $Q_p$  și  $P_{il}$ , respectiv scăderea lui  $U_v$ . Explicația este similară ca la b1.

Dacă comparăm rezultatele experimentale astfel:

#### a) - degroșare

Am considerat rezultatele de la experimentul D1 (marțor), media (de fapt coeficientul  $B_0$ ) "miniexperimentului" D2..D5 (TM pe suprafață cilindrică), media ( $B_0$ ) "miniexperimentului" D6..D9 (TM pe suprafață conică), obținute cu spălare forțată a interstițiului (injecție dielectric prin OP), precum și rezultatele experimentale suplimentare DX1..DX3, obținute fără spălare forțată a interstițiului. Rezultatele au fost comparate grafic în figurile 3.15, 3.16, 3.17, 3.18, 3.19, 3.20, 3.21, 3.22, 3.23. S-au constatat următoarele:

1) -  $Q_p$  - spălare forțată: crește cu 25% în cazul TM s.cil., respectiv cu aprox. 50% în cazul TM s.conică față de cazul prelucrării clasice D1;

- fără spălare forțată: crește cu aprox. 70% în cazul TM s.cil., cu aprox. 90% în cazul TM s.conică, față de cazul DX1;

2) -  $Q_{pa}$  - spălare forțată: diferențe neesențiale;

- fără spălare forțată: crește cu aprox. 50% la TM s.cil., cu aprox. 70% la TM s.conică, față de DX1;

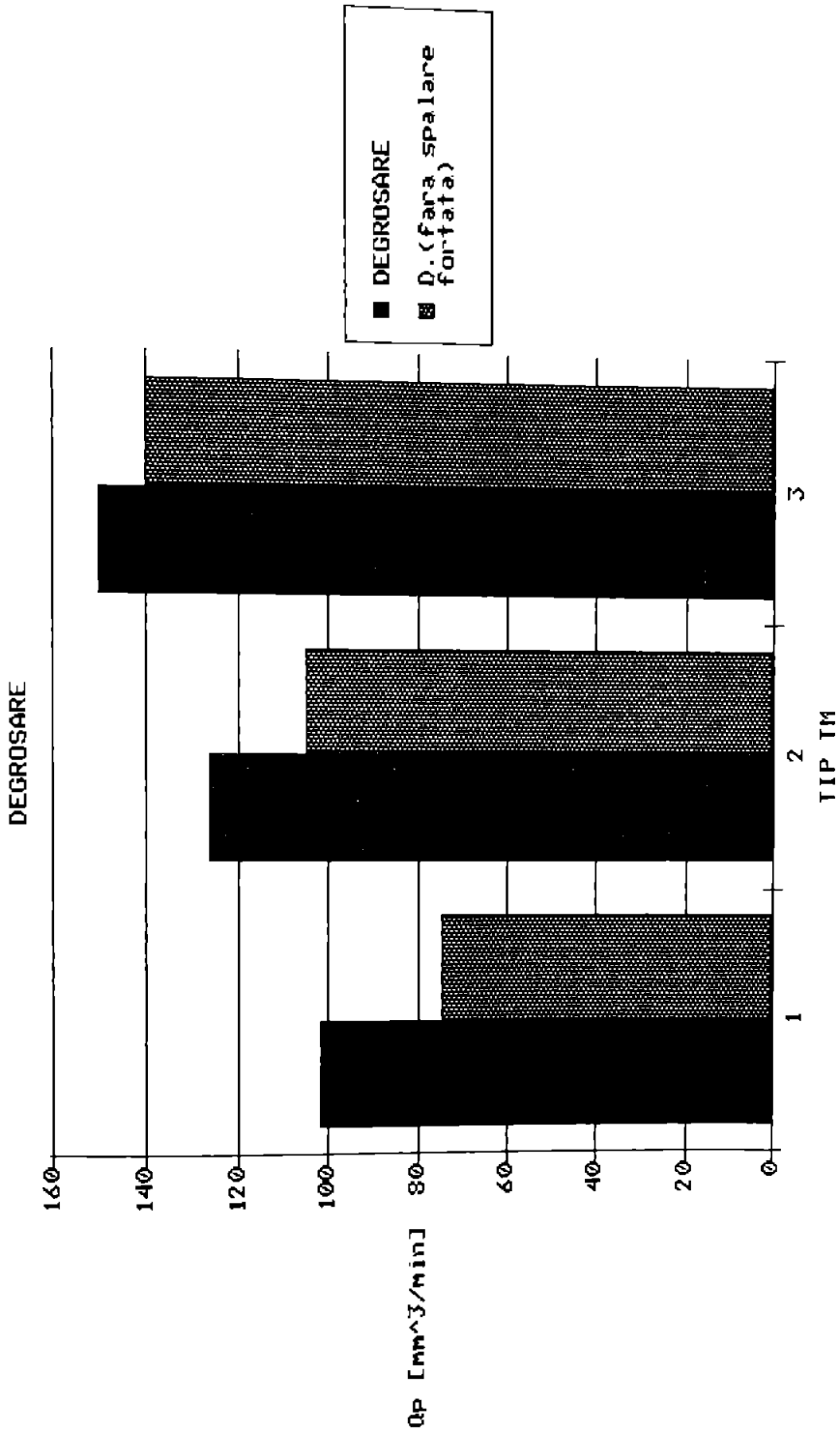


Fig. 3.15.

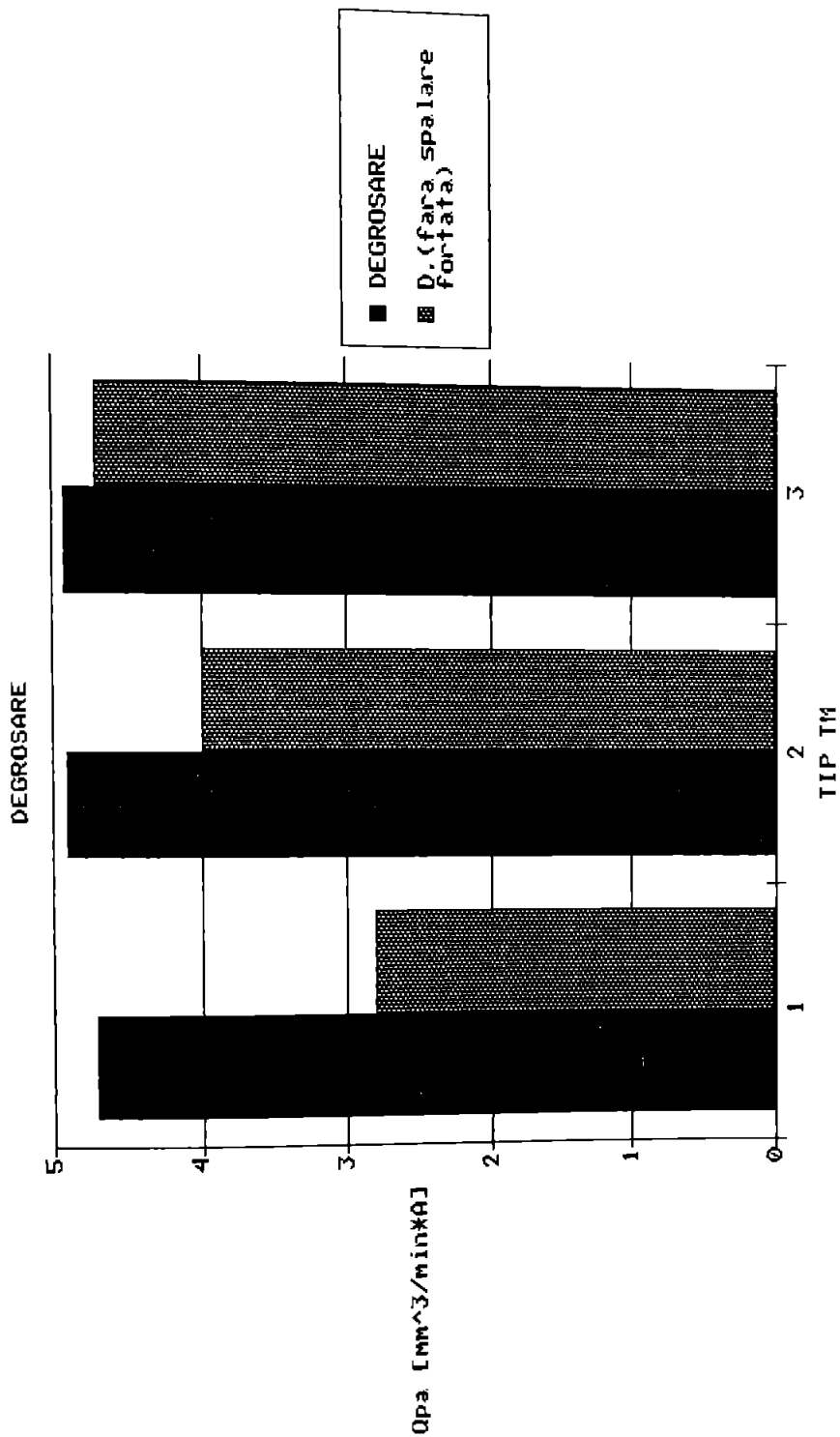


Fig. 3.16.



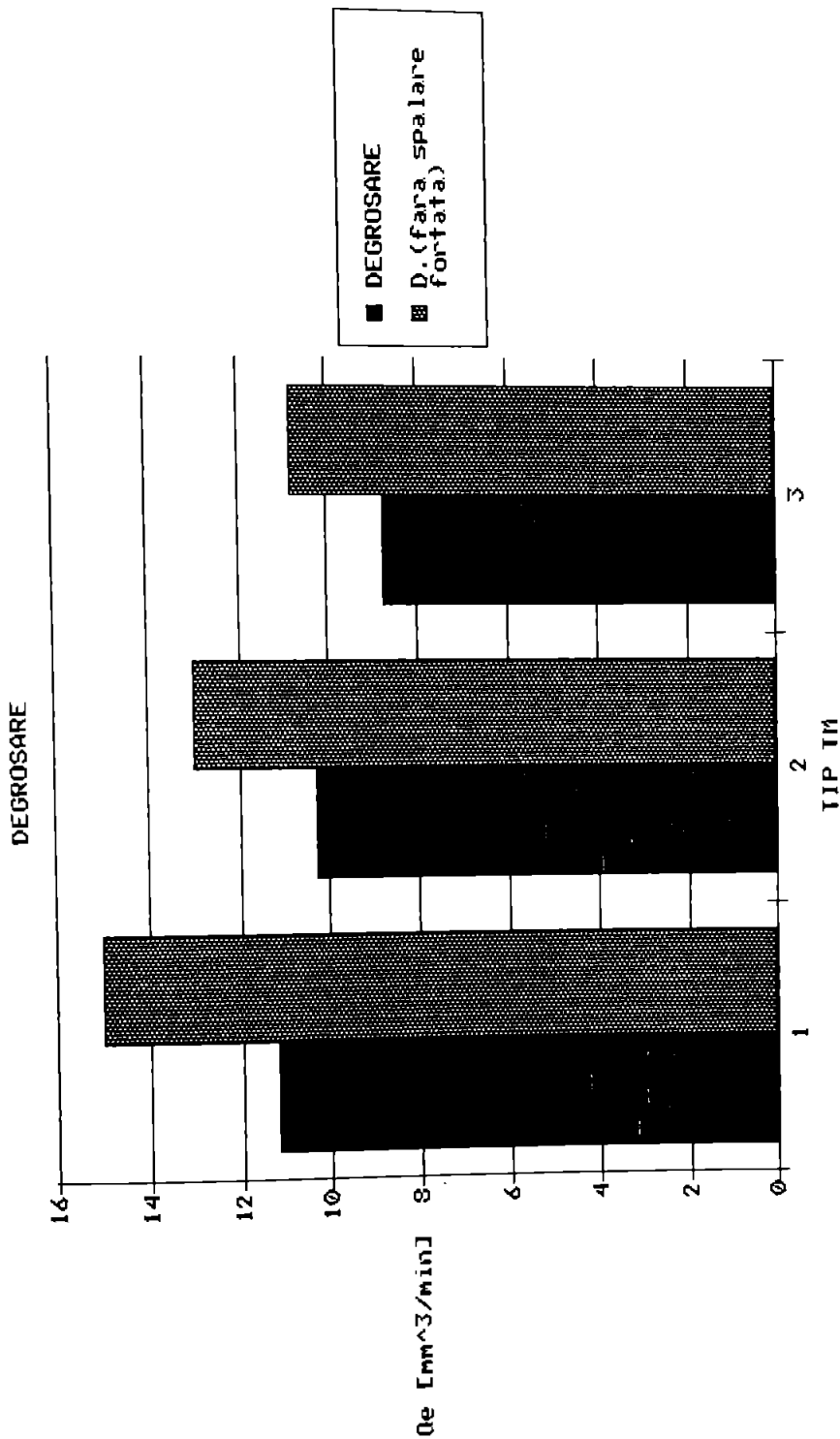


Fig. 3.17.

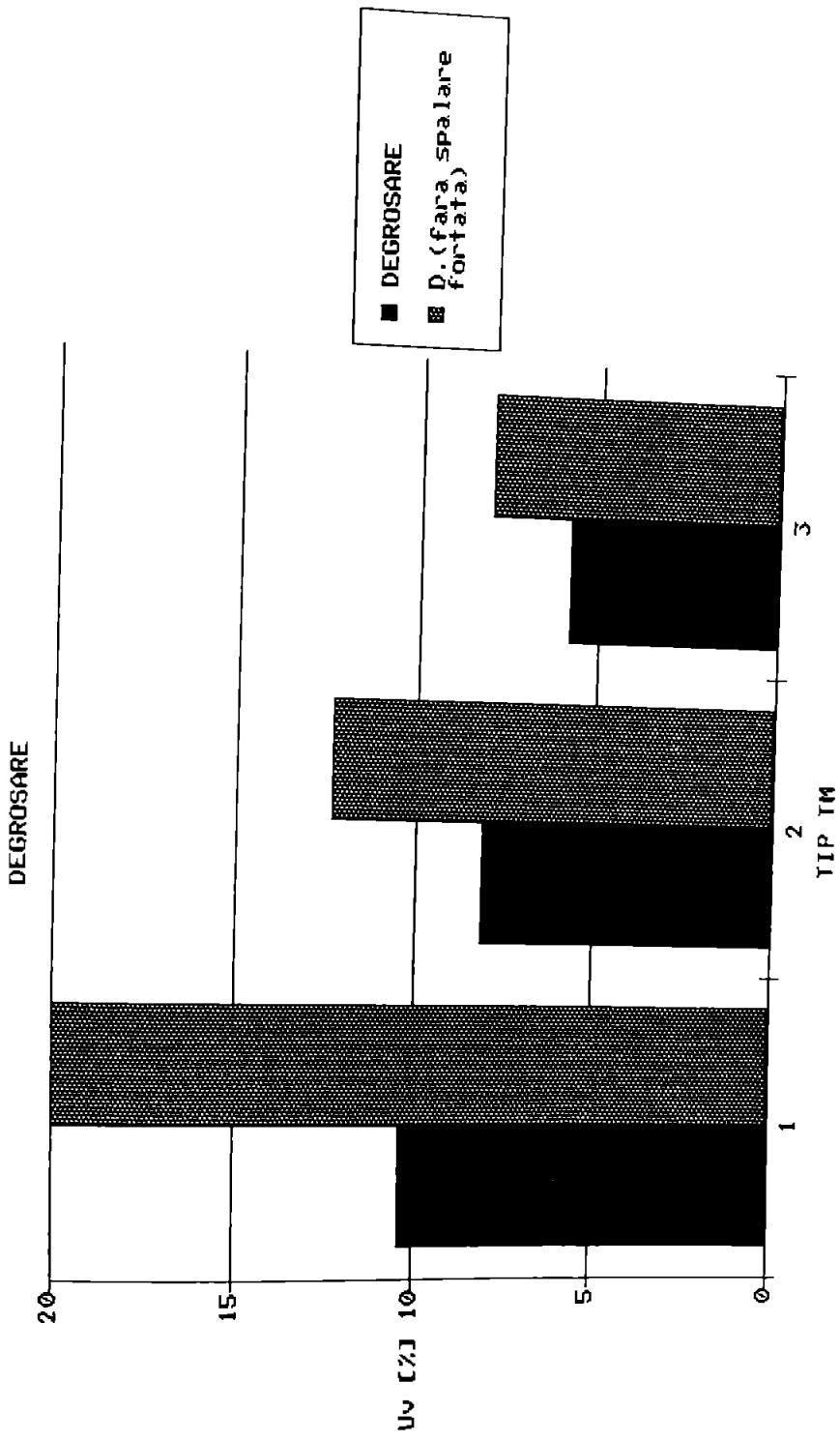


Fig. 3.18.

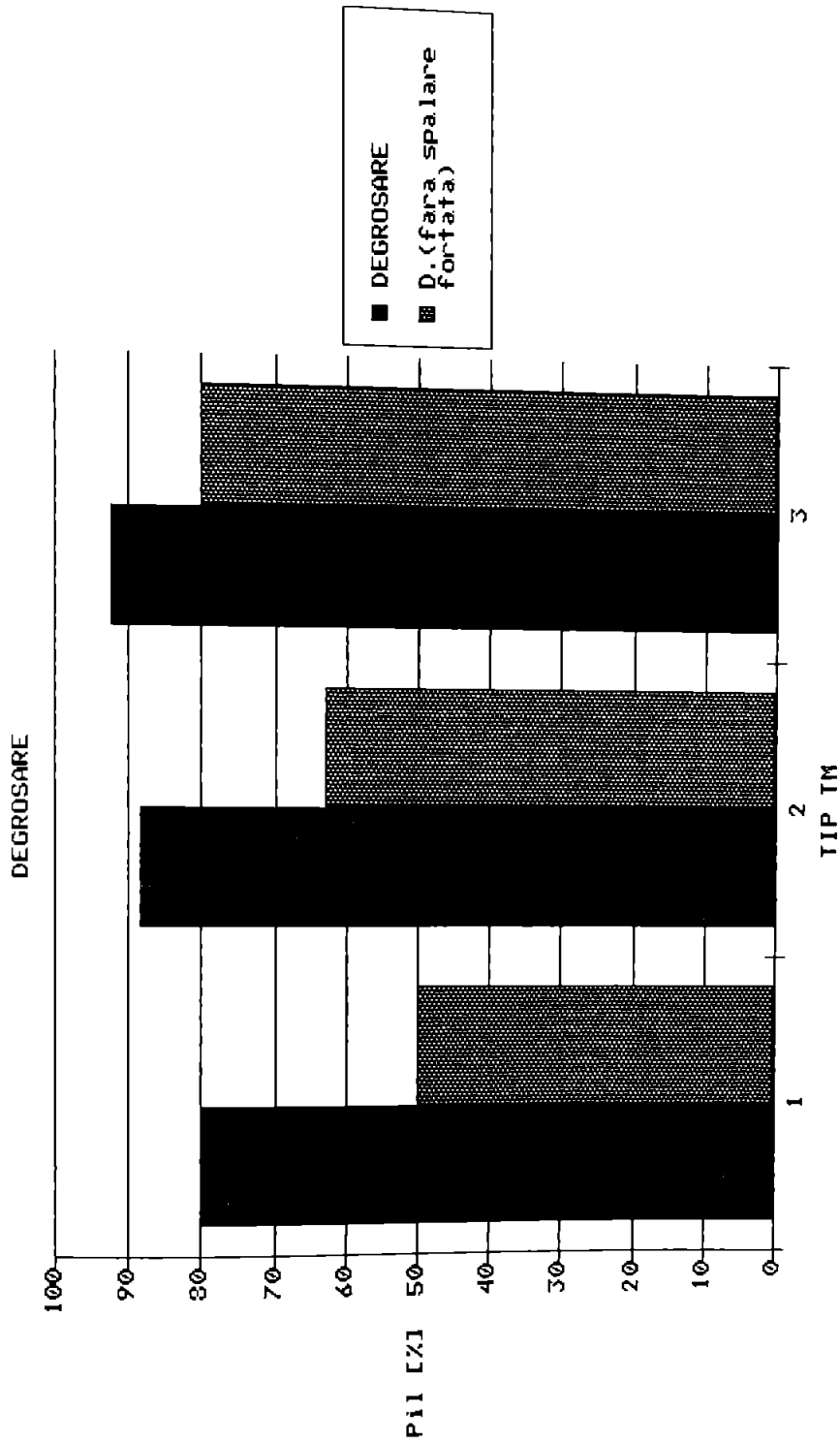


Fig. 3.19.

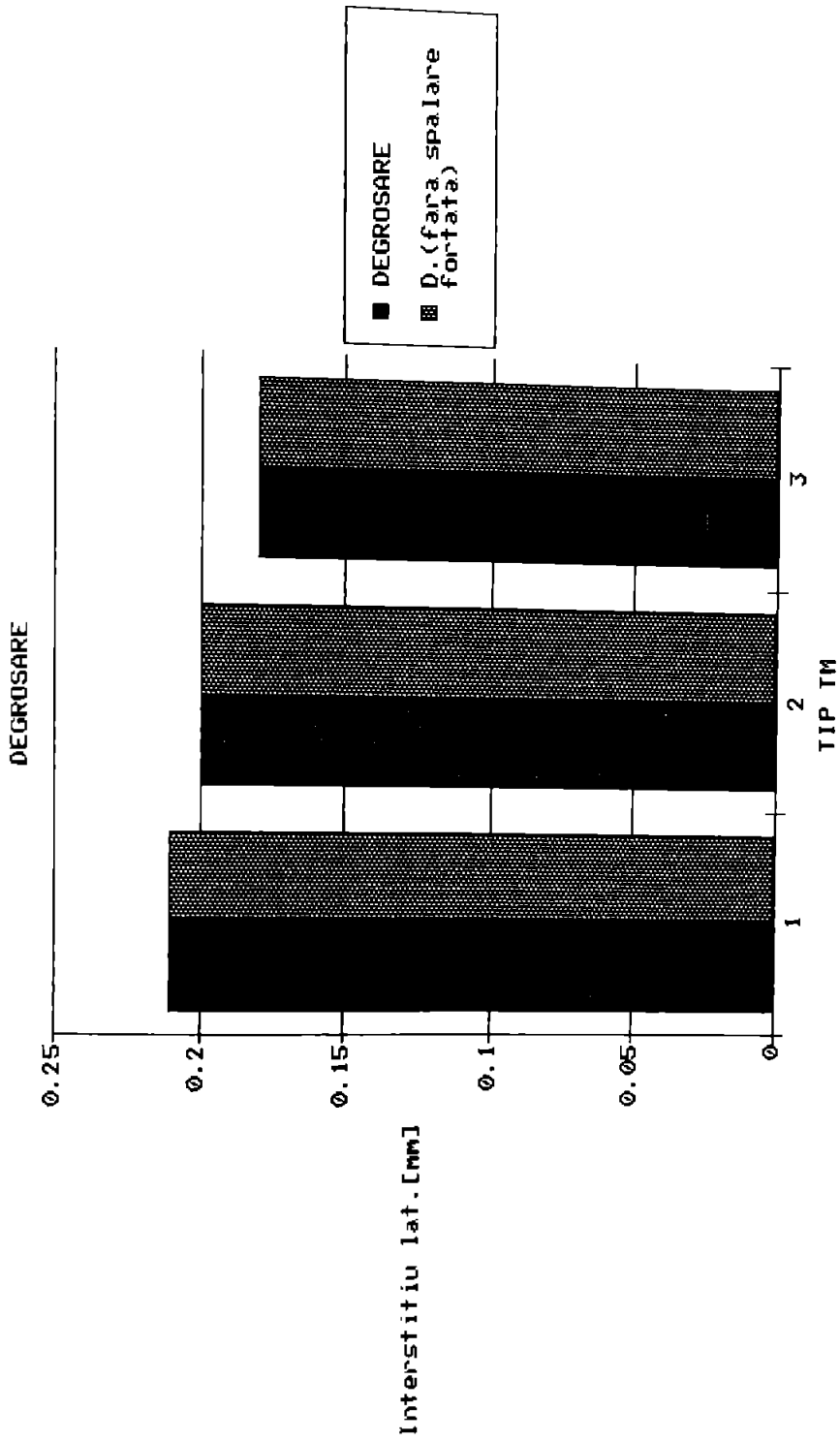


Fig. 3.20.

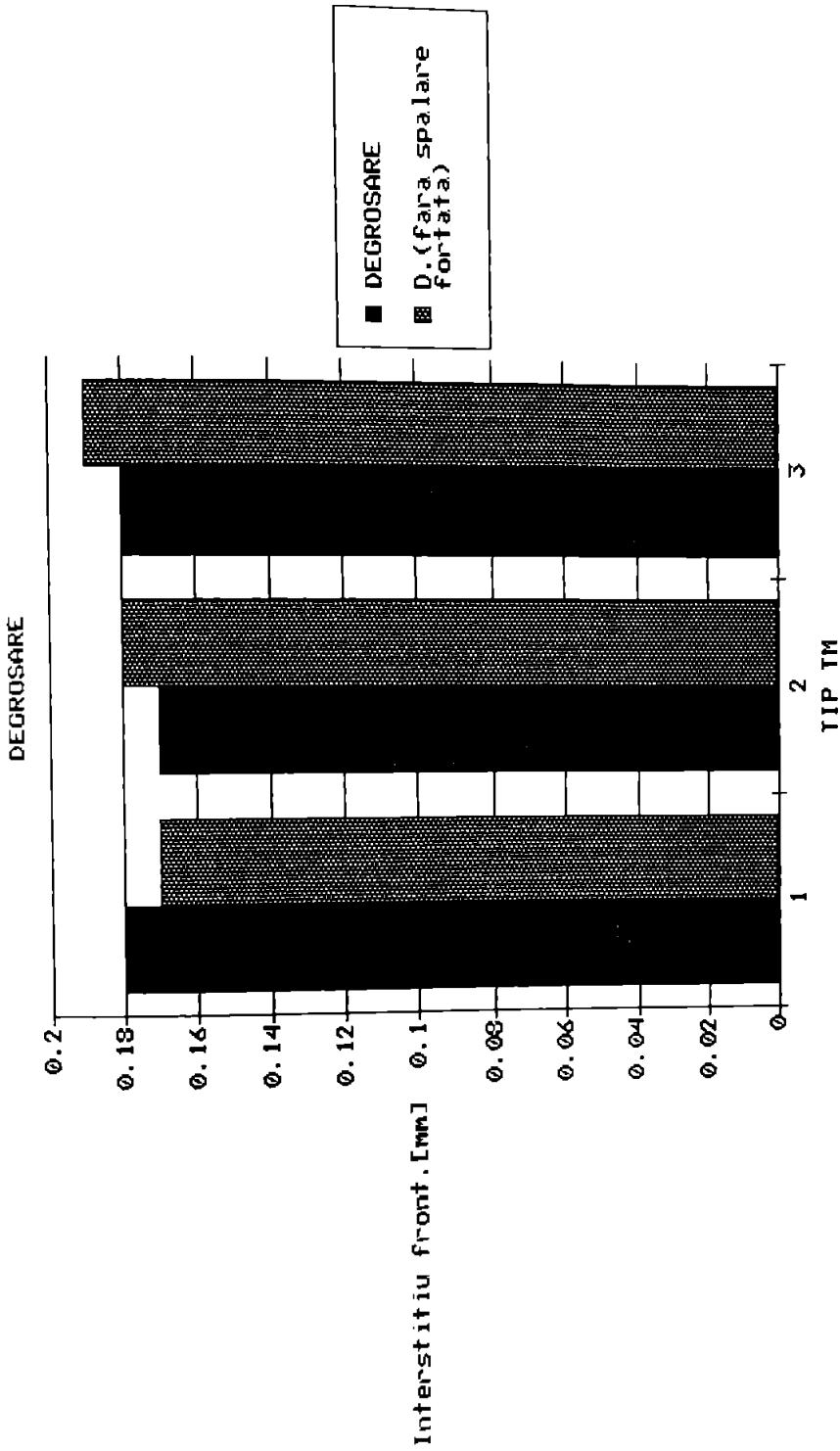


Fig.3.21.

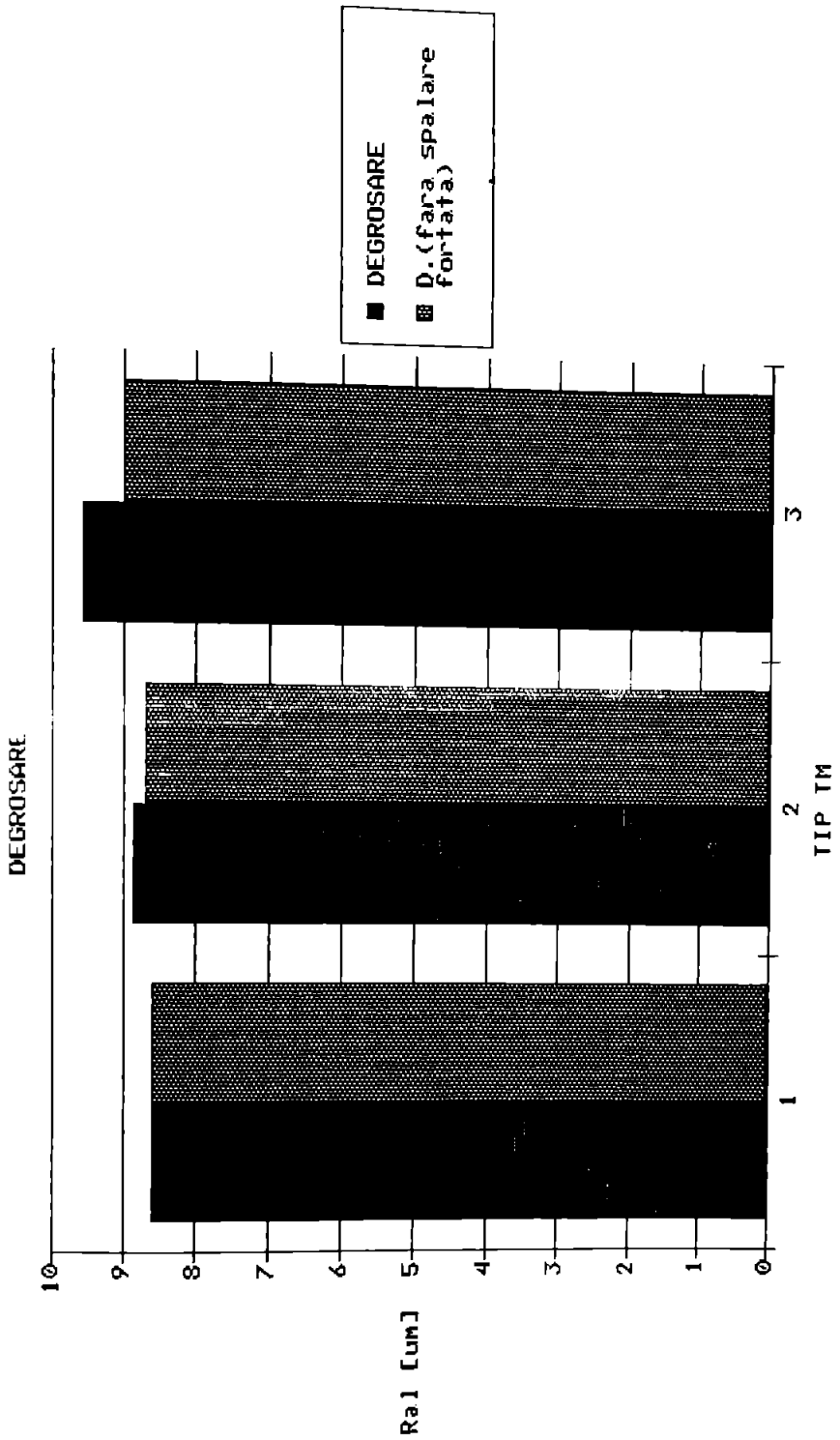


Fig. 3.22.

# DEGRUSARE

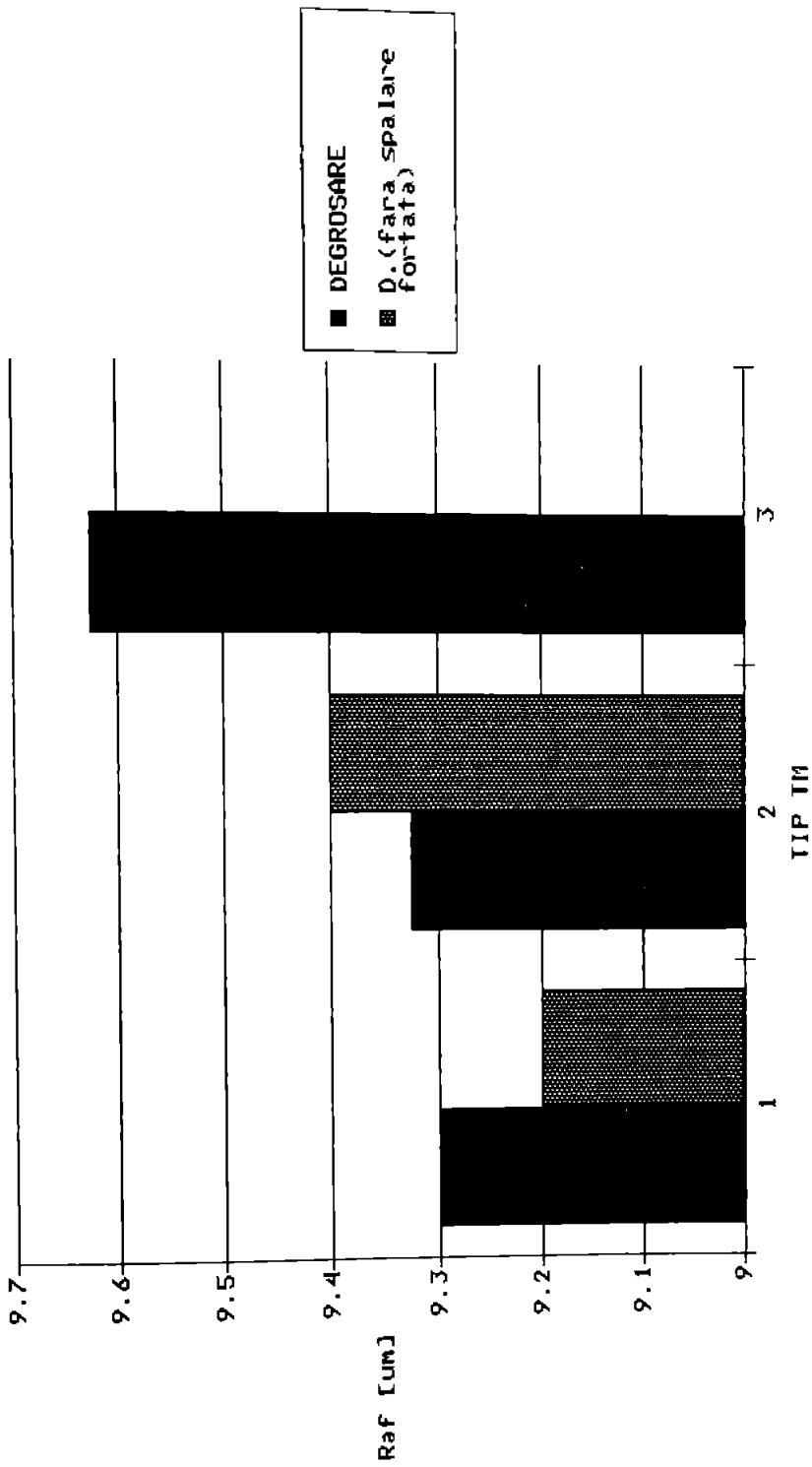


Fig. 3.23.

- 3) - De-spălărire forțată: scade cu aprox. 10% la TM s.cil., scade cu aprox. 25% la TM s.conică, față de D1;  
- fără spălărire forțată: scade cu aprox. 15% la TM s.cil., scade cu aprox. 25% la TM s.con., față de DX1;
- 4) - Uv-spălărire forțată: scade cu aprox. 25% la TM s.cil., scade cu aprox. 45% la TM s.con., față de D1;  
- fără spălărire forțată: scade cu aprox. 35% la TM s.cil., scade cu aprox. 60% la TM s.con., față de DX1;
- 5) - Pil-spălărire forțată: crește cu aprox. 10% la TM s.cil., crește cu aprox. 15% la TM s.con., față de D1;  
- fără spălărire forțată: crește cu aprox. 25% la TM s.cil., crește cu aprox. 60% la TM s.con., față de experimentul DX1;
- 6) - Deltal. - în ambele cazuri: scăderi în cazul TM s.con. față de D1, DX1;
- 7) - Deltaf. - în ambele cazuri nu s-au constatat variații deosebite;
- 8) - Ral - crește la TM s.con. în ambele cazuri;
- 9) - Raf - variații ne semnificative în ambele cazuri.

b) - finisare

Am considerat experimentul F1, media aritmetică a "miniexperimentelor" F2..F5 (TM pe suprafață cilindrică), F6..F9 (TM pe suprafață conică, toate obținute cu spălărire forțată (prin injecție de dielectric prin DF) a interstițiului, respectiv FX1..FX3, obținute fără spălărire forțată a acestuia. Rezultatele au fost comparate grafic în figurile nr. 3.24, 3.25, 3.26, 3.27, 3.28, 3.29, 3.30, 3.31, ~~XXXX~~ S-au constatat următoarele:



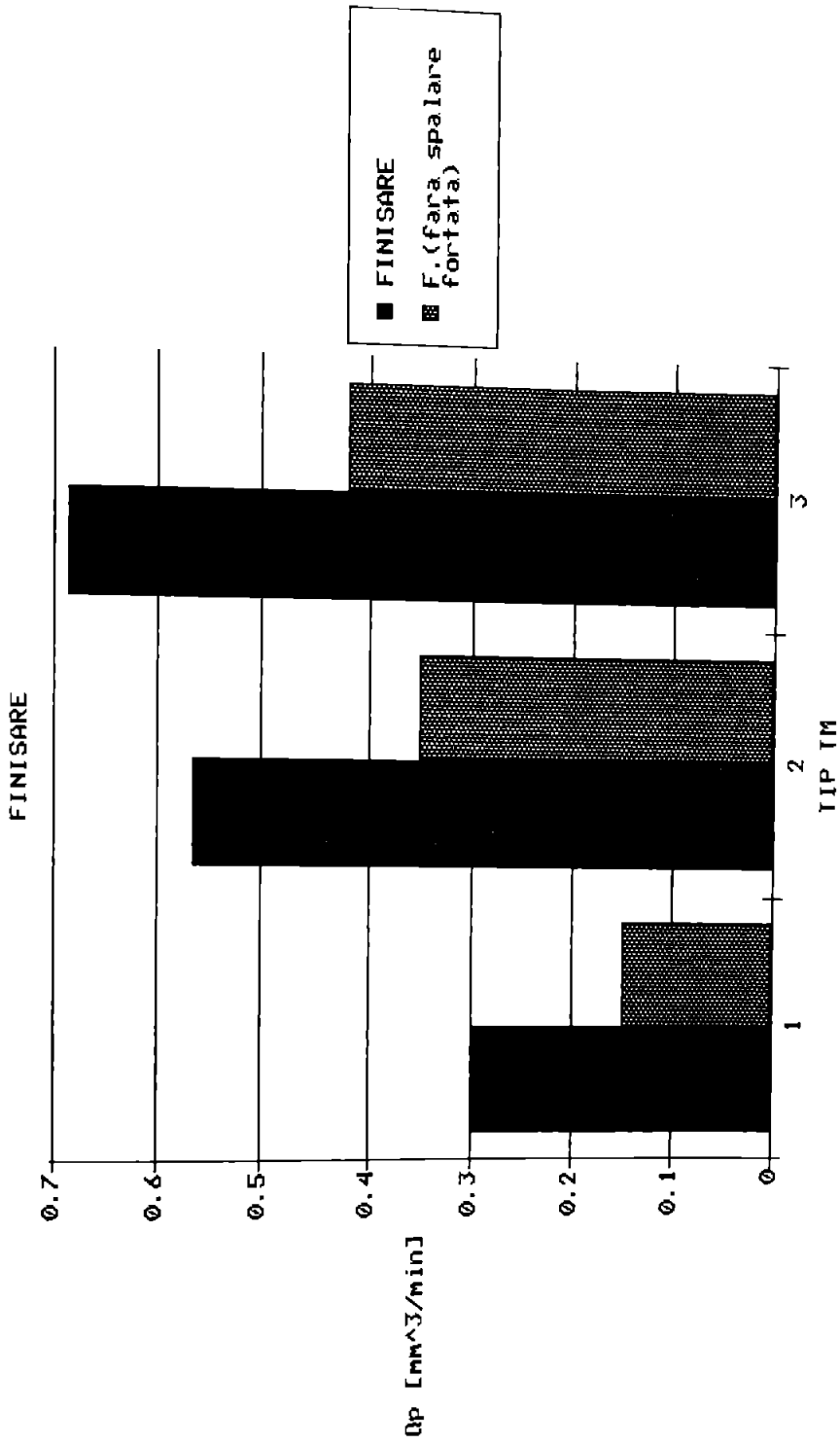


Fig 3.24.

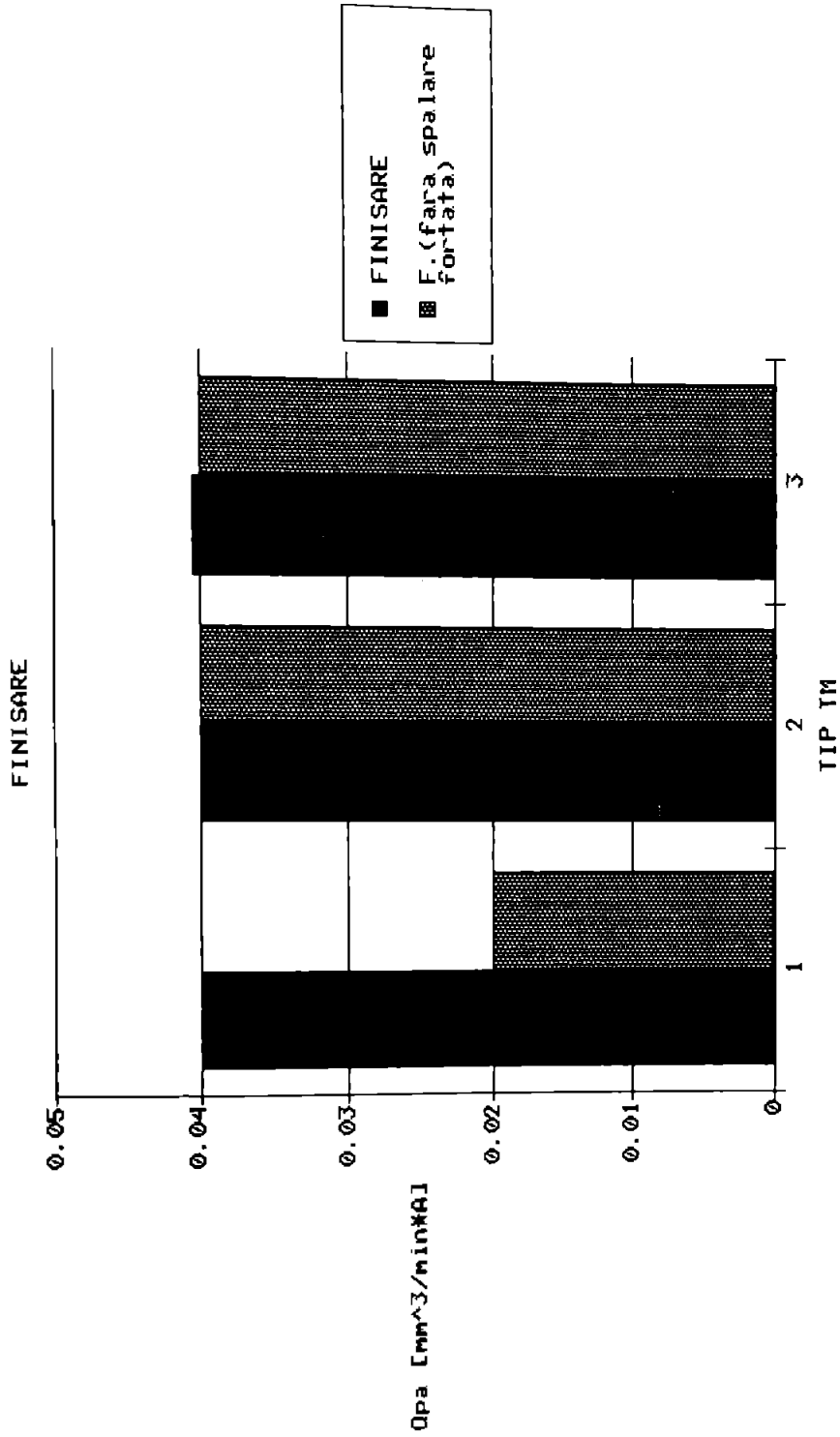


Fig. 3.25.

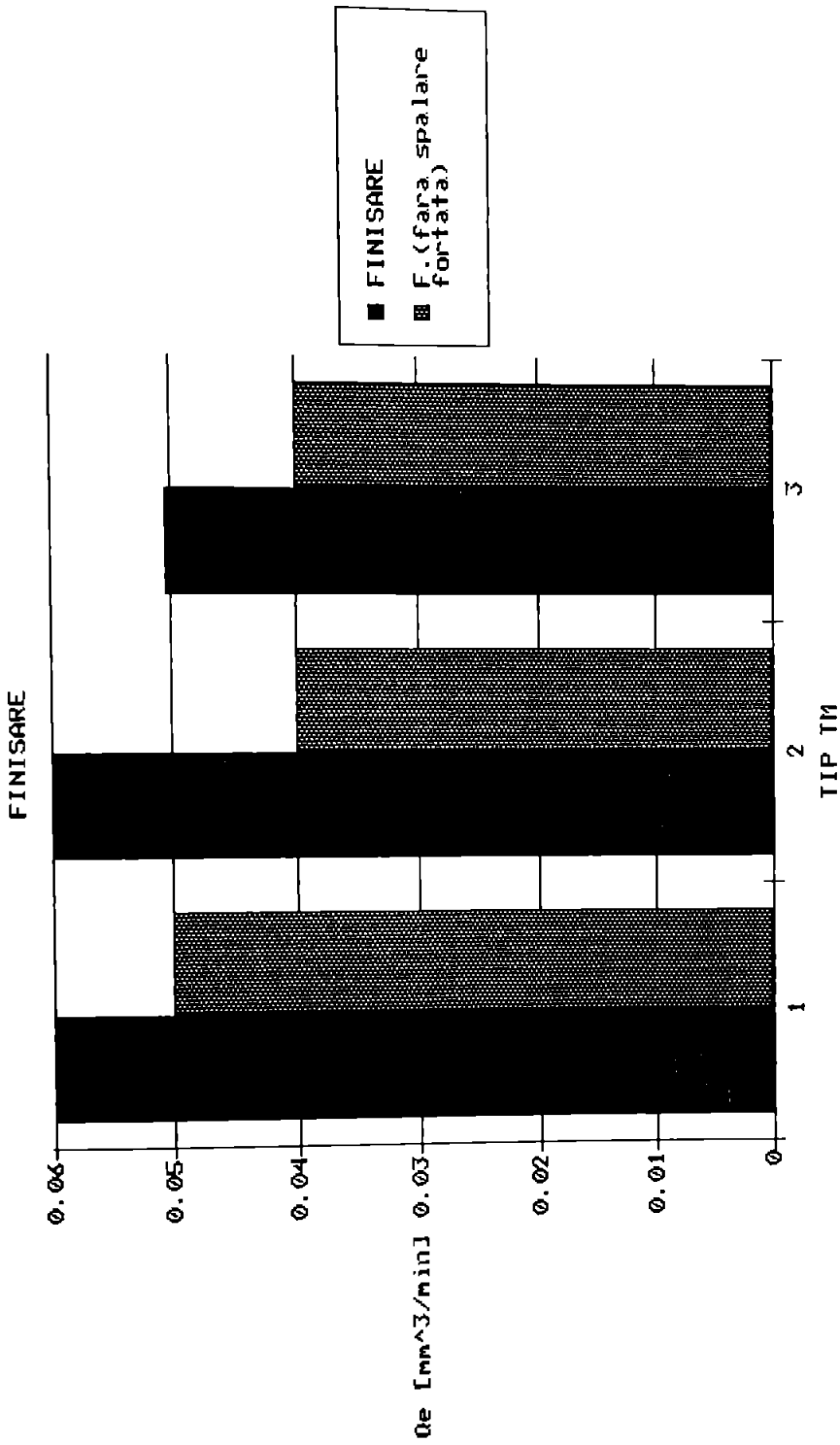


Fig. 3.26.

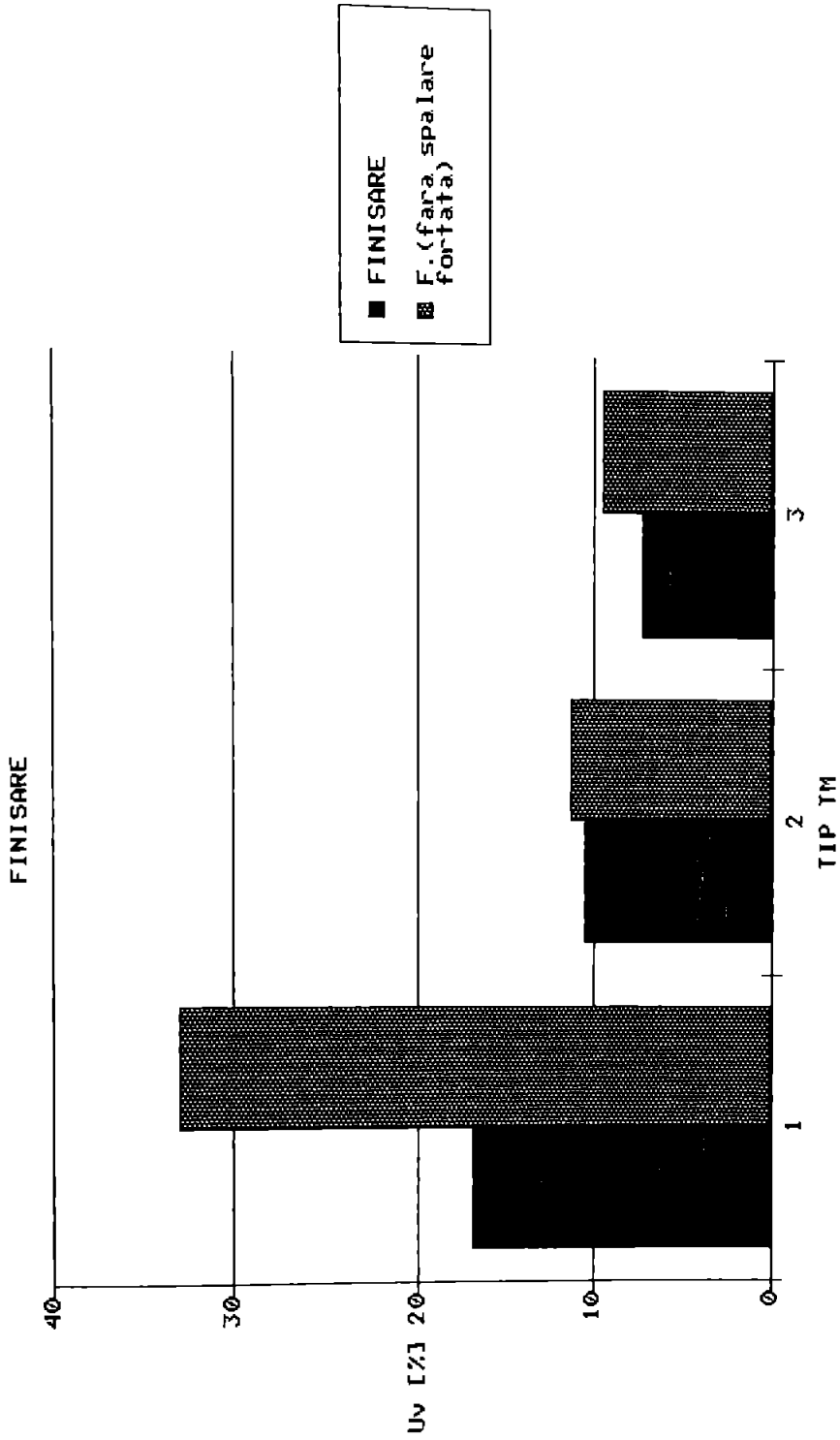


Fig. 3.27.

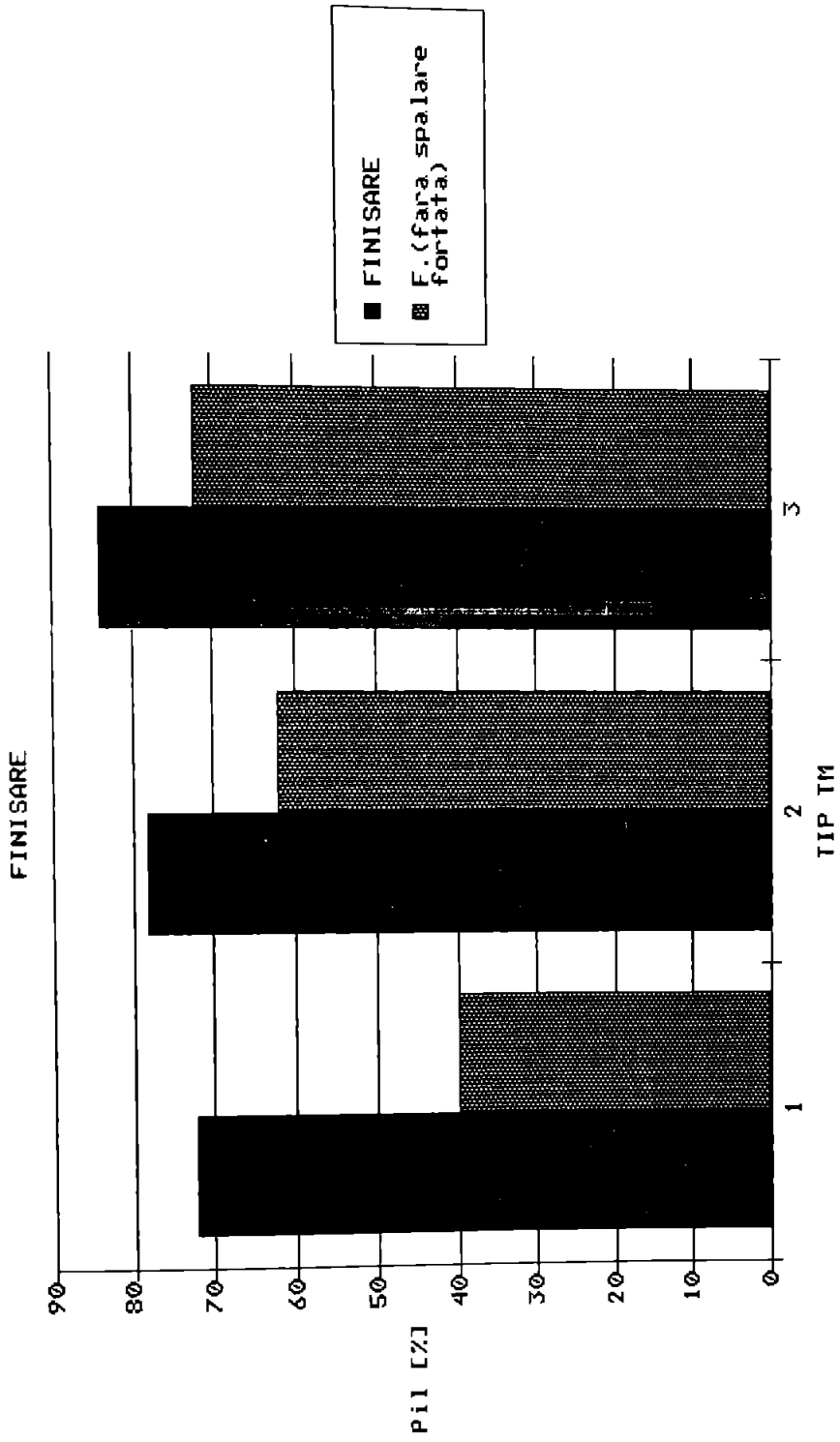


Fig. 3.28.

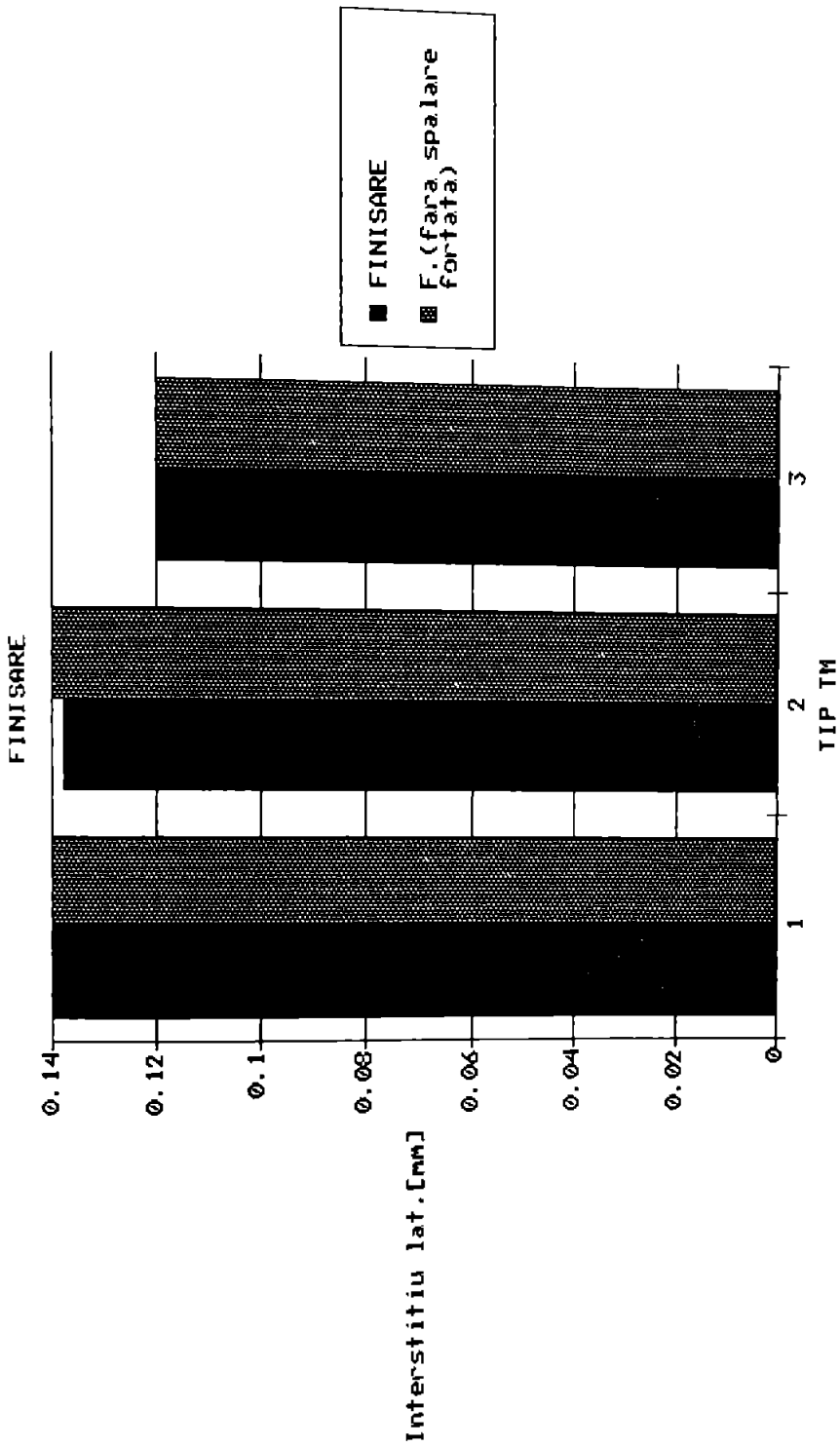


Fig. 3.29.

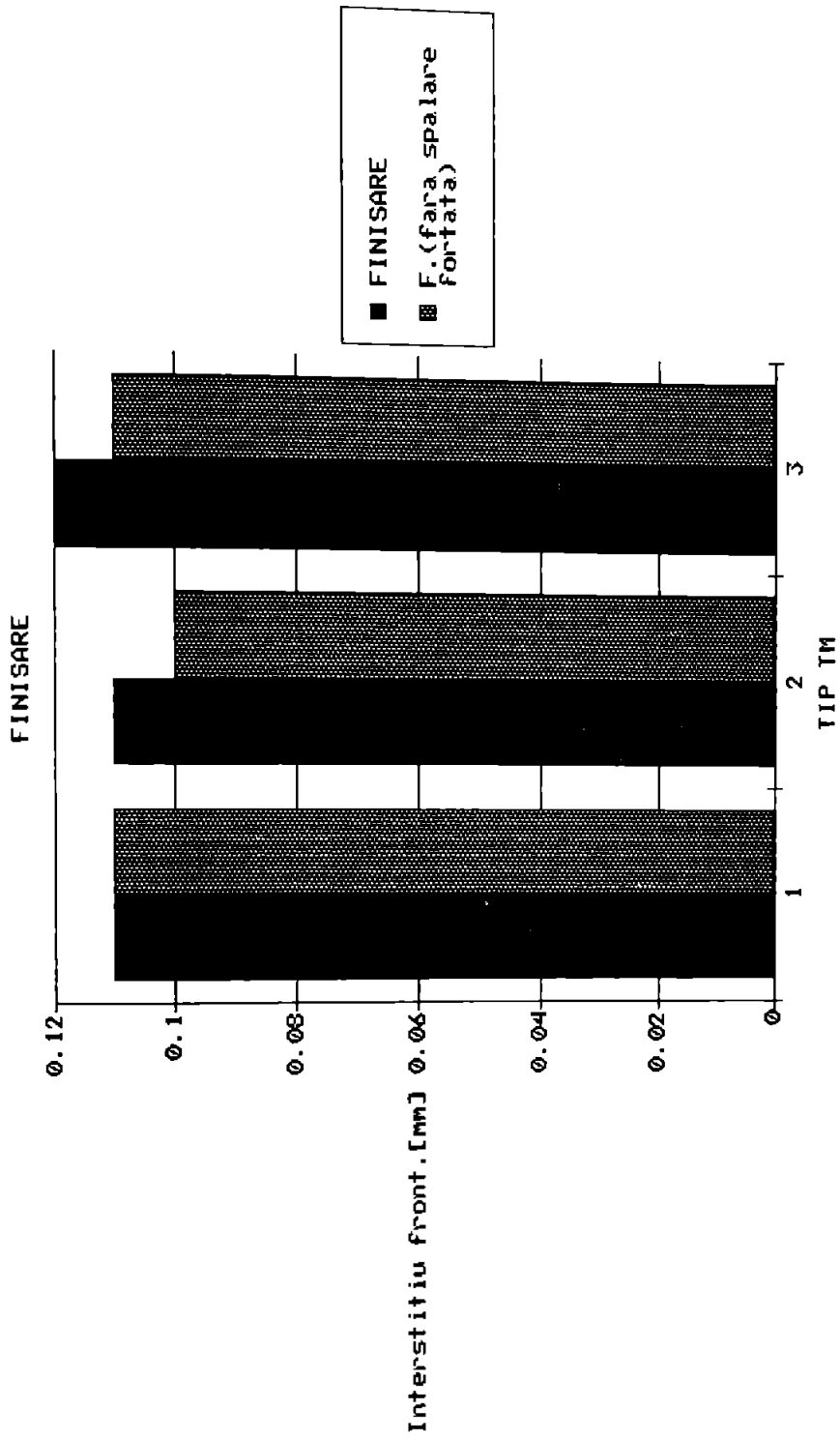


Fig. 3.30.

FINISARE

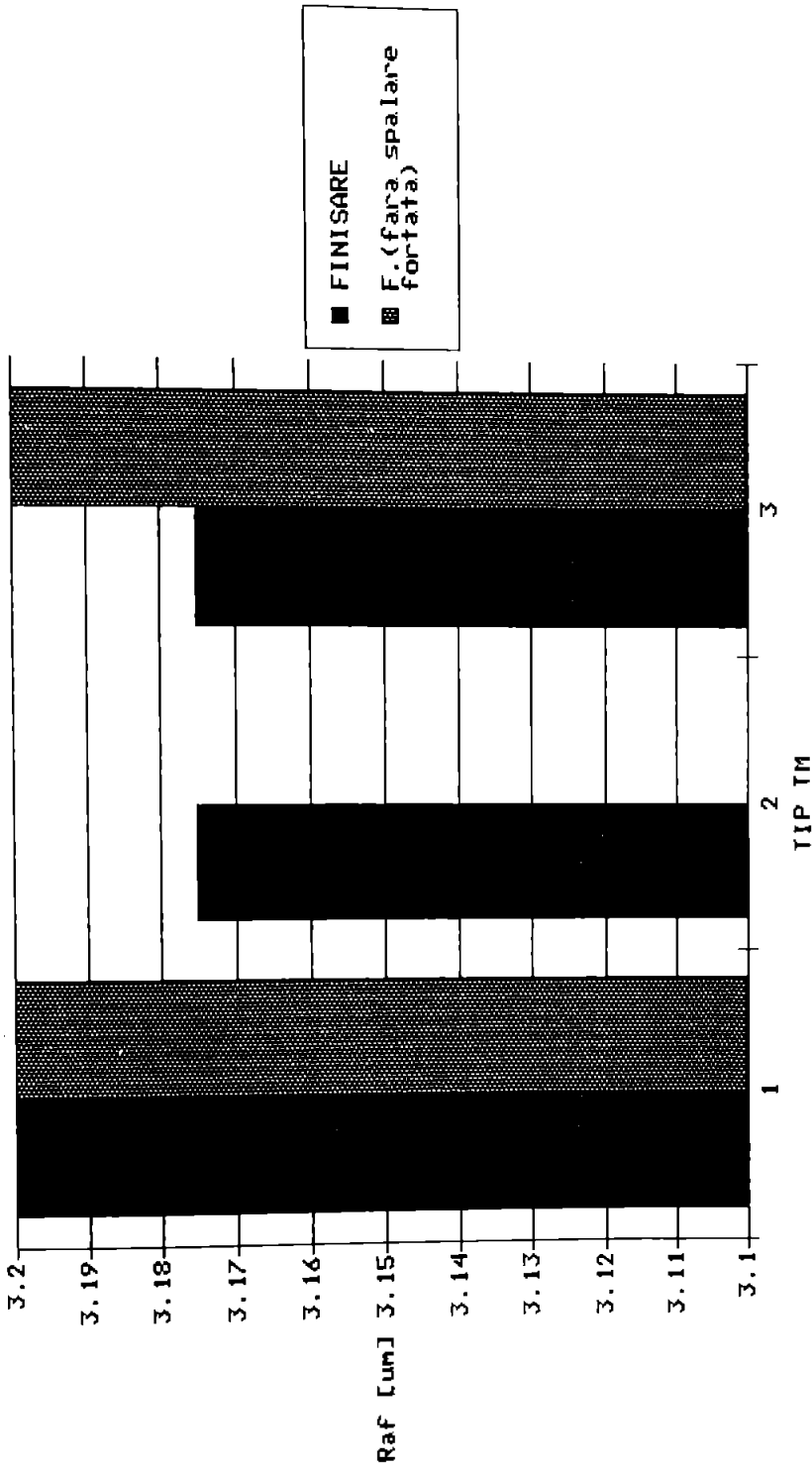


Fig. 3.31.



- 1) - $Q_p$ -spălare forțată: crește cu aprox. 85% la TM pe s.cil.,  
crește cu aprox. 130% la TM pe s.conică, față  
de F1;  
-fără spălare forțată: crește cu aprox. 130% la TM pe s.cil.,  
crește cu aprox. 180% la TM s.conică,  
față de FX1;
- 2) - $Q_{pa}$ -spălare forțată: variații ne semnificative;  
-fără spălare forțată: crește în ambele cazuri (TM s.cil.,  
TM s.con.) cu aprox. 100% față de FX1;
- 3) - $Q_e$ -spălare forțată: scade cu 20% doar în cazul TM pe s.con.,  
față de F1;  
-fără spălare forțată: scade în ambele cazuri, cu aprox. 20%  
față de FX1;
- 4) - $U_v$ -spălare forțată: scade cu 35% la TM s.cil., scade cu 60%  
la TM s.con., față de F1;  
-fără spălare forțată: scade cu 66% la TM s.cil., scade cu 80%  
la TM s.con., față de cazul FX1;
- 5) - $P_{il}$ -spălare forțată: crește cu 10% la TM s.cil., crește cu  
15% la TM s.con., față de F1;  
-fără spălare forțată: crește 35% la TM s.cil., crește cu ap-  
rox. 80% la TM s.con., față de FX1;
- 6) - $\Delta_{tal}$ - în ambele cazuri scade la TM s.con. față de F1 și  
cazul TM s.cil.;
- 7) - $\Delta_{taf}$ - în ambele cazuri variații ne semnificative;
- 8) - $R_{al}$ - crește în ambele cazuri la TM s.con. față de restul pre-  
lucrărilor;
- 9) - $R_{af}$ - variații ne semnificative în ambele cazuri.  
Din analiza celor prezentate mai sus, rezultă:

- o influență favorabilă a TM, indiferent de felul suprafeței pe care se efectuează, față de prelucrarea clasică, atât la degroșare, cât și la finisare (crește  $Q_p$ ,  $P_{il}$ , scade  $Q_e$ ,  $U_v$ , etc.), indiferent de modul de "spălare" a interstițiului;
- această influență este mult mai favorabilă în cazul TM pe suprafață conică, la care s-au constatat în plus și egalități ale interstițiului lateral cu cel frontal, a rugozității pe suprafețele "laterale" cu cea de pe suprafața "frontală" la DP uzinat;
- la finisări, influența TM este mult mai pregnantă, în sens pozitiv comparativ cu degroșarea;
- în cazul în care se lucrează în condiții "grele" de spălare a interstițiului, influența TM este mult mai benefică decât în cazul spălării "fortate" a acestuia.

## 5. CONTRIBUTII ÎN CERCETAREA TEORETICĂ, CU APLICATII PRACTICE IMEDIATE ÎN ÎMBUNĂTĂȚIREA PERFORMANTELOR DISPOZITIVELOR UTILIZATE LA PRELUCRĂRILE PRIN EROZIUNE ELECTRICA CU TRANS- LATIA MULTIDIRECTIONALĂ A ELECTRODULUI SCULĂ MASIV.

### 5.1. Introducere.

În timpul cercetărilor efectuate, prezentate în capitolul precedent, au fost remarcate devieri de la traiectoriile cvasicirculare (de fapt elici cilindrice cu pas fin), la prelucrarea unor alezaje de formă necirculară în secțiune transversală pe direcția de avans a lui E "clasică" în OP, sau în cazul unor poziționări excentrice relative a lui E față de OP. Aceste devieri devin din ce în ce mai pronunțate, pe măsura scurgerii timpului cumulat de prelucrare în poziția "teta", "teta" fiind unghiul care caracteri-

zeaza poziția relativă E-OF, într-un plan perpendicular pe direcția "clasică" de avans a lui E în OF (vezi figurile nr.3.2,3.3).

În cele ce urmează sînt prezentate mici considerații teoretice, care au stat la baza îmbunătățirilor evidente aduse dispozițiilor considerate.

## 5.2. Cazul TM pe suprafață cilindrică.

### a) - considerații teoretice.

Cauza fenomenelor "neplăcute" semnalate mai sus, este variația ariei active instantanee la unghiul de poziție "teta". Pentru eliminarea acestor fenomene, este necesară o variație a vitezei unghiulare a TC din cadrul TM, invers proporțională cu această arie, notată A. Pentru a dovedi acest lucru, considerăm cazul prelucrării neperturbate (1), la care A = ct., respectiv cazul prelucrării perturbate (2), la care A ≠ ct.

De asemenea, considerăm ipoteza "teoretică", că productivitatea volumică a prelucrării,  $Q_p$ , este invariabilă cu A.

1) - cinematic, la această prelucrare, traiectoriile tuturor punctelor lui E, sînt elice cilindrice de pas constant, de mărime mică (de aprox. 0.1 mm). Referirile în continuare, se fac la figura nr.3.2. Modulul vitezei  $\vec{V}_{av}$ , este dat de relația:

$$(45) \quad |\vec{V}_{av}| = Q_p / A ;$$

Modulul vitezei  $\vec{V}_T$  a TC, este dat de relația:

$$(46) \quad |\vec{V}_T| = \omega * r, \text{ în care: } \omega = \text{modulul vitezei unghiulare a TC;} \\ r = \text{valoarea razei cilindrului de TM.}$$

Din compunerea vectorială a lui  $\vec{V}_T$  cu  $\vec{V}_{av}$ , rezultă  $\vec{V}_{rez}$  - viteza rezultantă de deplasare a unui punct de pe E, în raport cu OF

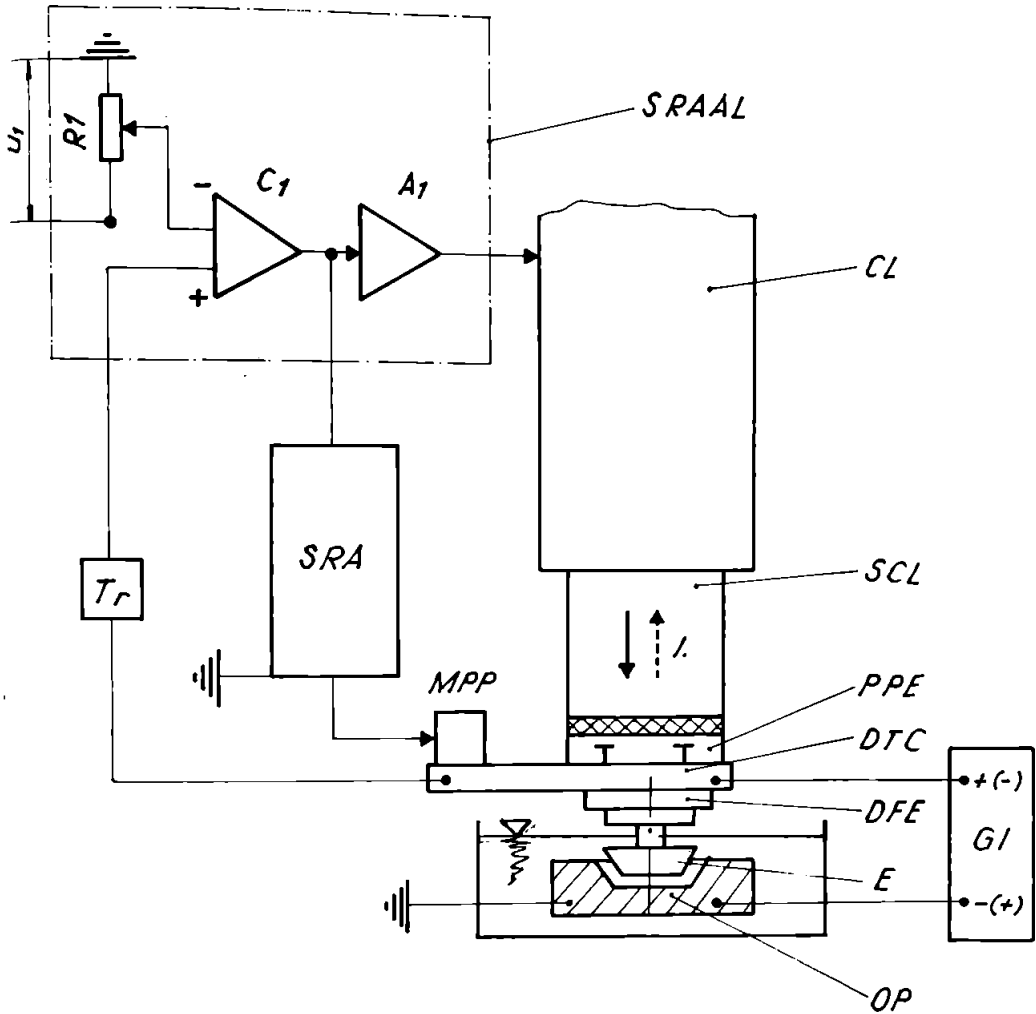


Fig.3.32.-Schema (principială) de automatizare concepută și supusă brevetării.

considerat imobil.  $\bar{V}_{rez}$  formează cu  $\bar{V}_T$  un unghi "fi" ( $\varphi$ ) constant, dat de relația:

$$(47) \varphi = \arctg((\bar{V}_{av})/(\bar{V}_T)) = ct.$$

2) - în cazul prelucrării "perturbate" ( $A_{\oplus} = ct.$ ), dacă  $\bar{V}_T = ct.$ , datorită variației lui  $\bar{V}_{av}$ , apar deviațiile remarcate de la forma de elice cilindrică ideală. Pentru păstrarea traiectoriei de elice cilindrică ideală (deci, a prelucrării stabile, neperturbate), este necesară păstrarea unghiului "fi" ( $\varphi$ ) constant, chiar dacă  $A$  este variabilă. Din relațiile (45), (46), (47), rezultă modul necesar de variație a  $\bar{V}_T$ :

$$(48) \bar{V}_T = (\bar{V}_{av}) / \text{tg}(\varphi) = Q_p / (A \cdot \text{tg}(\varphi)) = w/v \cdot r \quad (r = ct.; w/v = \text{var.});$$

Deci  $\bar{V}_T$ , conform relației (48), este necesar să ia valori invers proporționale cu aria activă instantanee  $A$ , lucru posibil de realizat, prin imprimarea lui  $E$ , a unei viteze unghiulare de TC de modul dat de relația:

$$(49) w/v = Q_p / (A \cdot \text{tg}(\varphi));$$

Din cele de mai sus, rezultă pregnant necesitatea prelucrării prin EE cu E masiv mobil multidirecțional pe suprafață cilindrică cu  $\bar{V}_T$  de valori invers proporționale cu mărimea ariei active instantanee, lucru care ar permite realizarea unei uzinări stabile și productive [20]

#### b) - aplicații ale studiului teoretic.

Ținând cont de metoda utilizată pentru realizarea TM, aceea a utilizării unui dispozitiv (DTC) adecvat, montat pe sania capului de lucru (SCL) a unei mașini de prelucrat prin EE cu E masiv "clasică", problema corelării  $\bar{V}_T$  cu  $\bar{V}_{av}$ , se poate rezolva prin co-

manda corespunzătoare a motorului electric (MPP) utilizat, în sensul variației turăției acestuia. A fost concepută schema de automatizare din figura nr. 3.30. Funcționarea, cu semnificația notațiilor obișnuite, este următoarea:

- tensiunea medie existentă între E și OP este măsurată de Tr, comparată de C1 cu tensiunea prescrisă de R1. Rezultatul comparației este amplificat de A1, și transmis capului de lucru (CL), la servovalva acestuia (la ELER-01, acționarea este hidraulică). Același rezultat al comparației, se aplică blocului de prelucrare a datelor (BPD), care în funcție de sensul și mărimea diferenței, dă semnale de comandă corespunzătoare MPP. În BPD se compară semnalul primit de la R2, care stabilește turăția "nominală", cu semnalul primit de la C1, semnalul diferență fiind prelucrat logic, amplificat, aplicat unor module specifice comenzilor MPP, module care la rândul lor, modifică turăția MPP.

În acest fel, semnalul primar de comandă a servovalvei, este utilizat și pentru variația turăției MPP (sau MCC) al DTC, rezultând o variație a turăției a MPP corespunzătoare cu sensul și viteza de deplasare a SCL, limitându-se abaterile de la traiectoriile stabilite ca ideale. Funcțiile realizate de BPD, sînt în principiu, prezentate în tabelul nr. 3.11.

Tabelul nr. 3.11 - Funcții realizate de BPD.

! Tip prelucrare	! Turăția la MPP	!
! normală (A = ct. = N)	! turăție normală prescrisă de	!
! $\emptyset$	! R2 (n = nn);	!
! A < N	! turăție mărită față de cea da-	!
! $\emptyset$	! tă de R2, a. i. $\emptyset = ct., n > nn;$	!
! A > N	! turăție micșorată față de cea	!
! $\emptyset$	! dată de R2, a. i. $\emptyset = ct., n < nn;$	!

Tabelul nr.3.11 (continuare)

! scurtcircuit	! STOP (n=0);
! mers rapid de apropiere	! STOP (n=0);

Soluția concretă a BPD, a fost supusa brevetării.

Prin utilizarea BPD, stabilitatea prelucrării crește, îmbunătățindu-se indicatorii de performanță analizați în cercetările experimentale, cu circa 10-20% [20].

### 5.3. Cazul TM pe suprafața conică.

#### a) - consideratii teoretice.

În cele ce urmează, se consideră figura nr.3.3. În vederea studiului teoretic, am considerat următoarele ipoteze simplificatoare: 1) -  $A'$  este considerată ca o arie activă instantanee echivalentă, egală cu aria totală a OP pe care au loc descărcări electrice, proiectată pe un plan perpendicular pe generatoarea conului considerat;

2) -  $A'$  depinde doar de unghiul de poziție "teta" ( $\theta$ ), și nu depinde de valoarea razei curente "r" a punctului de pe suprafața conică;

3) -  $Q_p$  - productivitatea volumică a prelucrării este invariabilă cu  $A'$ .

Evident, variația lui  $A'$  produce deviații deranjante, perturbării în proces, care se soldează cu traiectorii amplasate pe suprafața conică, diferite de cele normale, elică conice cu pas constant.

Prelucrarea începe la o valoare de rază "r<sub>min</sub>", și se finali-

zează la o valoare "r<sub>max</sub>", poziția punctului considerat pe suprafața conică fiind determinată de unghiul de poziție "teta" (θ) și raza "r" a acestuia. Condiția de prelucrare "neperturbată", poate fi, similar ca în subcapitolul precedent, condiția ca unghiul "fi" (φ) dintre  $\overline{VT}$  și  $\overline{Vrez}$ , să fie constant:

$$(50) \quad \varphi = \arctg((\overline{Vc})/(\overline{VT})) = ct.;$$

Dar:

$$(51) \quad \overline{Vc} = Qp/A' ;$$

$$(52) \quad \overline{VT} = \omega_v * r = \overline{Vc} / \text{tg}(\varphi) = Qp / (A' * \text{tg}(\varphi)) = K1/A' ;$$

$$(53) \quad \overline{Vav} = \overline{Vc} / \cos(\theta) ;$$

Ținând cont de acestea, modul necesar de variație a modului vitezei unghiulare " $\omega_v$ " a TC, va fi:

$$(54) \quad \omega_v = K1 / (A' * r) = (\overline{Vav} * \cos(\theta)) / (A' * r) ;$$

#### b) - aplicații ale studiului teoretic.

Din analiza relației (54), se poate observa că, pentru a avea o traiectorie "neperturbată", e necesar ca modulul vectorului viteza unghiulară a TC,  $\omega_v$ , să ia valori invers proporționale cu produsul dintre " $A'$ " și " $r$ ".

Aceasta, s-ar putea realiza, cu ajutorul unui sesizor al razei curente de prelucrare, și un sesizor al " $A'$ ", similar ca la TM pe suprafață cilindrică. BFD-ul, în acest caz, va avea o structură mai complicată, și va prelucra corespunzător informațiile primite de la cei doi sesizori. O soluție de asemenea BFD, este în faza de concepție. Rezultate bune au fost obținute utilizând BFD-ul din figura nr. 3.30, și la TM pe suprafață conică, deși el a fost conceput pentru TM pe suprafață cilindrică [23].



## 6. CONTRIBUTII IN DOMENIUL SIMULARII PE CALCULATOR A PRELUCRĂRII PRIN EROZIUNE ELECTRICA CU ELECTROD MASIV MOBIL MULTIDIRECTIONAL.

### 6.1. Introducere.

Profilul suprafeței prelucrate în OP, considerat în secțiune transversală, perpendiculară pe direcția de avans "obișnuită" a lui E în OP, diferă (din păcate!), de profilul în aceeași secțiune a lui E.

Este important a se cunoaște, înainte de prelucrare, profilul care se va obține, în secțiunea menționată, în urma uzinării OP, cunoscând profilul E.

De asemenea, pentru corectarea profilului realizat, se utilizează prelucrări cu translații unidirectionale (TU) a lui E, profilul final rezultat, fiind și mai deosebit, sau mai apropiat (!), de profilul inițial al E.

În cele ce urmează, va fi prezentat un program activ, care permite vizualizarea profilului obținut în OP, evoluția în timp a acestuia, în timpul prelucrării.

### 6.2. Programul realizat.

Programul realizat utilizează posibilitățile unui computer standard (PC-XT, PC-AT, chiar și TIM-S!), el fiind conceput în "limbajul" GW-BASIC, (cu mici modificări, "merge" și în D-BASIC, TURBO-BASIC!). Modulul video al computerului, necesită, cel puțin, prezența plăcii grafice CGA (ideal VGA!). Dacă se dispune doar de o placă Hercules, trebuie rulat înainte de lansarea GW-BASIC (de ex.!),

utilitarul SIMCGA.

Ordinograma programului realizat, este prezentată în figura nr. 3.33. Programul este conversational, prietenos. Programatorul trebuie să întocmească "desenul" lui E în secțiune transversală pe direcția de avans a lui E în DP, acest "desen" constituind o subrutină importantă. Apoi, el trebuie să răspundă la "întrebările" programului, dând datele solicitate de acesta. Datele importante sînt: -RMIN-raza minimă a TM;

-RMAX-raza maximă a TM;

-H-pasul iterației dorit, între RMIN și RMAX.

TM este simulată cu ajutorul a două cicluri "DO". Expresiile (1) și (2) din figura nr. 3.31, realizează "mutarea" punctului de start al subrutinei de desenare, pe diferite cercuri.

TU este simulată cu un singur ciclu "DO". Date solicitate:

-TMAX-distanța maximă pe care se dorește TU;

-ALFA-unghiul făcut de direcția TU cu orizontala ecranului, măsurat în sens antiorar.

Relațiile (3) și (4) din figura nr. 3.31, "mută" punctul de start al subrutinei de desenare pe o un segment de dreaptă, de lungime "TMAX", și înclinat cu unghiul "ALFA".

A fost realizată o interesantă subrutină de calcul și desenare a profilului realizat în DP.

Trebuie precizat că, la realizarea subrutinei de "desenare" a profilului E, este necesar ca desenul E, "să pornească" de la un punct de start S(A,B), conturul acestuia să fie "închis", iar dimensiunile lui E trebuie modificate corespunzător, astfel încât acesta "să încapă" în "spațiul ecran" [26].

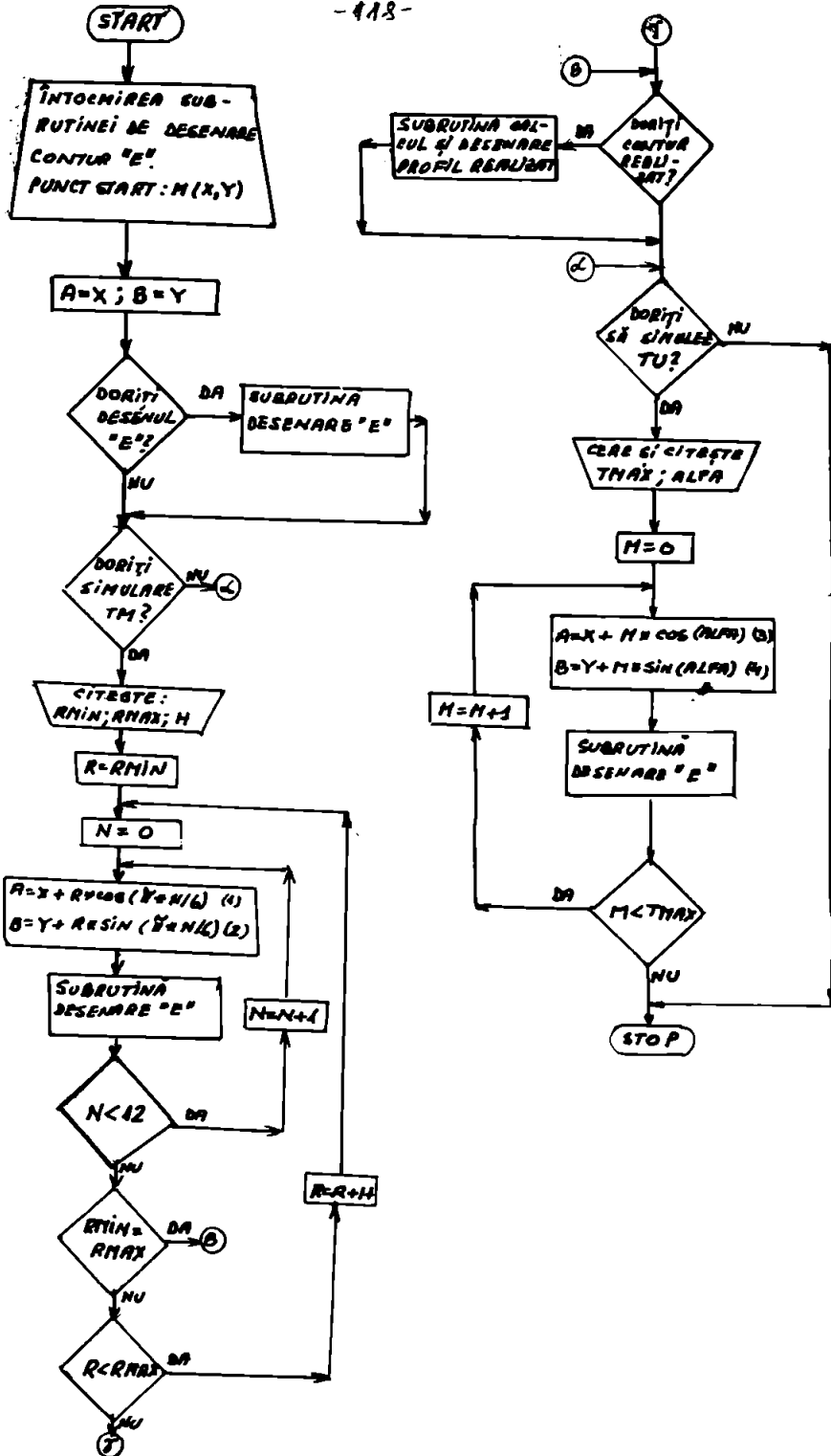


Fig. 3.33.-Ordinograma simplificată a programului realizat.

### 6.3. Concluzii.

Aplicind acest program, se vizualizează practic profilul realizat în OP, putindu-se aduce corecțiile necesare formei lui E, astfel încât profilul realizat să fie cel dorit. De asemenea, se poate urmări în timp, "evoluția" profilului realizat în urma TM și TU.

Celor interesați, o dată cu programul, se pot livra și seturi de desene cu forme de E des utilizate în practică.

Programul este extrem de util în proiectarea E și a tehnologiei de prelucrare cu TM și/sau TU a E masiv sculă. "Listingul" acestui program, este prezentat în următoarele trei pagini.

## CAPITOLUL 4.

### CONTRIBUTII ÎN DOMENIUL CREATIEI UNUI PROGRAM DE CALCULATOR, ÎN VEDEREA ALEGERII VARIANTEI OPTIME DE PRELUCRARE PRIN EROZIUNE ELECTRICĂ.

#### 1. INTRODUCERE.

În practica industrială, este dificil a se compara, a selecta varianta de prelucrare prin eroziune electrică "optimă", pentru un caz concret de OP. Selecția menționată este dificilă, bazându-se pe elemente tehnologice și economice.

Iată de ce, o metodă de preselecție rapidă, bazată pe utilizarea facilităților unui calculator, prezintă un deosebit interes, chiar dacă "previziunile" acestuia sunt de natură informativă, neavând un caracter decisiv.

Programul realizat, este bazat pe elemente prezentate în [49],

```
10 cls:screen 1
20 print"PROGRAM SPECIAL 1":print:print
30 print"Program realizat de dipl.ing.MRINCEU DIMITRIE M.GH.":print
40 print"*****MENIU*****":print
50 print"1-Desenare electrod"
60 print"2-Simulare translatie multidirectionala"
70 print"3-Simulare translatie unidirectionala"
80 print"4-Sfirsit"
85 print"*****":print
90 input"Alegerea Dvs.:";n%
100 if n%<1 or n%>4 then goto 90
110 if n%=4 then end
120 print"Punctul de start (x,y),(60,160)!"
130 input"x=";x
140 input"y=";y
150 a=x:b=y:cls
160 on n% gosub 2000,180,500,170
170 end
180 cls
190 input"Doriti desenul electrodului (d/n)";a$
200 if a$="D" or a$="d" then gosub 2000
210 input"Doriti sa simulez TC (d/n)";b$
220 if b$="N" or b$="n" then goto 450
230 cls
240 print"Precizati rmin,rmax si pasul intre ele,h!"
250 input"rmin=";rmin
260 input"rmax=";rmax
270 input"h=";h
280 cls
290 if rmin<>rmax then gosub 4000
300 if rmin=rmax then r=rmax
310 if rmin=rmax then gosub 5000
320 if rmin=rmax then goto 340
330 for r=rmin to rmax step h
340 cls
350 for n=0 to rmax step .5
360 a=x+cos(3.1415*n/6)*r
370 b=y+sin(3.1415*n/6)*r
380 gosub 2000
390 next n
400 if rmin=rmax then goto 420
410 next r
420 input"Doriti sa va desenez profilul realizat(d/n)";c$
430 a=x:b=y
440 if c$="D" or c$="d" then gosub 800
450 input"Doriti sa execut TU";d$
460 if d$="N" or d$="n" then end
470 rem
500 input"Directia TU (rad-sens trig.)";alf1
510 input"Distanta maxima a TU(mm)";tmax
520 rem
530 for m=0 to tmax step .5
540 a=x+m*cos(alf1)
550 b=y+m*sin(alf1)
560 gosub 2000
```

```
570 next m
580 end
2000 pset (a,b)
2010 draw"r50;u50;r50;d50;r50;u50;m-40,-50;120"
2020 c=a+60:d=b-100
2030 circle(c,d),30,,3.1415,6.283
2040 e=a+30
2050 f=b-100
2060 pset (e,f)
2070 draw"l30;d100"
2080 return
4000 cls
4010 print"Avem TM pe suprafata conica!"
4020 cx11=160-5*rmax
4030 cx22=160+5*rmax
4040 by1=100-5*(rmax-rmin)
4050 ay1=100-5*rmax
4060 rm1=5*rmax
4070 rm2=5*rmin
4080 circle(160,100),rm1,,,,5/18
4090 circle(160,by1),rm2,,,,5/18
4100 line(160,ay1)-(cx11,100)
4110 line(160,ay1)-(cx22,100)
4120 play"abc"
4130 return
5000 print"Avem TM pe suprafata cilindrica!"
5010 circle(100,100),20,,,,5/18
5020 circle(100,50),20,,,,5/18
5030 line(80,50)-(80,100)
5040 line(120,50)-(120,100)
5050 play"abc"
5060 return
800 rem subrutina de calcul profil realizat
810 dim axz(4,1000):dim byz(4,1000):dim k(4)
815 k=0
820 for i=0 to 320
830 for j=20 to 180
840 if point(i,j)=3 then k=k+1
841 if point(i,j)=3 then axz(1,k)=i
842 if point(i,j)=3 then byz(1,k)=j
843 if point(i,j)=3 then goto 860
850 next j
860 next i
870 k(1)=k
880 k=0
890 for i=0 to 320
900 for j=180 to 20 step -1
910 if point(i,j)=3 then k=k+1
911 if point(i,j)=3 then axz(2,k)=i
912 if point(i,j)=3 then byz(2,k)=j
913 if point(i,j)=3 then goto 930
920 next j
930 next i
940 k(2)=k
950 k=0
```

```
960 for j=20 to 180
970 for i=0 to 320
980 if point(i,j)=3 then k=k+1
981 if point(i,j)=3 then axz(3,k)=i
982 if point(i,j)=3 then byz(3,k)=j
983 if point(i,j)=3 then goto 1000
990 next i
1000 next j
1010 k(3)=k
1020 k=0
1030 for j=20 to 180
1040 for i=320 to 0 step -1
1050 if point(i,j)=3 then k=k+1
1051 if point(i,j)=3 then axz(4,i)=i
1052 if point(i,j)=3 then byz(4,j)=j
1053 if point(i,j)=3 then goto 1070
1060 next i
1070 next j
1080 k(4)=k
1090 k=0
1095 cls
1100 for i=1 to 4
1110 for j=1 to k(i)
1115 if point(i,j)=3 then goto 1130
1120 pset(axz(i,j),byz(i,j))
1130 next j
1140 next i
1150 return
```

preluate și modificate, adaptate corespunzător.

## 2. PROGRAMUL REALIZAT.

Pe baza informațiilor acumulate pînă în prezent [49], pot fi luate drept criterii de preselecție a aplicării procedeelor de prelucrare prin EE, următoarele caracteristici ale OP:

- tipul geometric al suprafeței de prelucrat;
- rezistența la rupere SIGM [daN/mm<sup>2</sup>] și/sau duritatea HR [HRC], a OP;
- gradul de dificultate KFINAL a uzinării dimensionale a OP;
- înălțimea HP [mm] a suprafeței prelucrate în OP;
- aria AP [cm<sup>2</sup>] a proiecției într-un plan orizontal sau perpendiculară pe direcția de pătrundere a E în OP, definite de conturul suprafeței prelucrate în OP;
- perimetrul LCP [cm] al conturului suprafeței prelucrate, considerat în planul menționat anterior;
- rugozitatea Ra [ $\mu$ m] impusă pe suprafața prelucrată;
- toleranțele dimensionale, de formă și poziție a suprafeței prelucrate în OP, TD [mm], TF [mm], TP [mm];
- conicitatea K impusă suprafeței prelucrate;
- unghiul ALF [rad], între normala la suprafața de prelucrat și direcția de "avans";
- numărul de suprafețe "elementare" componente "n";
- numărul de muchii ale suprafețelor ( $r < 0.2$ ), "m";
- numărul de colțuri ale suprafețelor ( $r < 0.2$ ), "c";
- deplasarea elastică Y [mm] produsă de forța F [daN], cu care se estimează că vor fi solicitate E și OP.



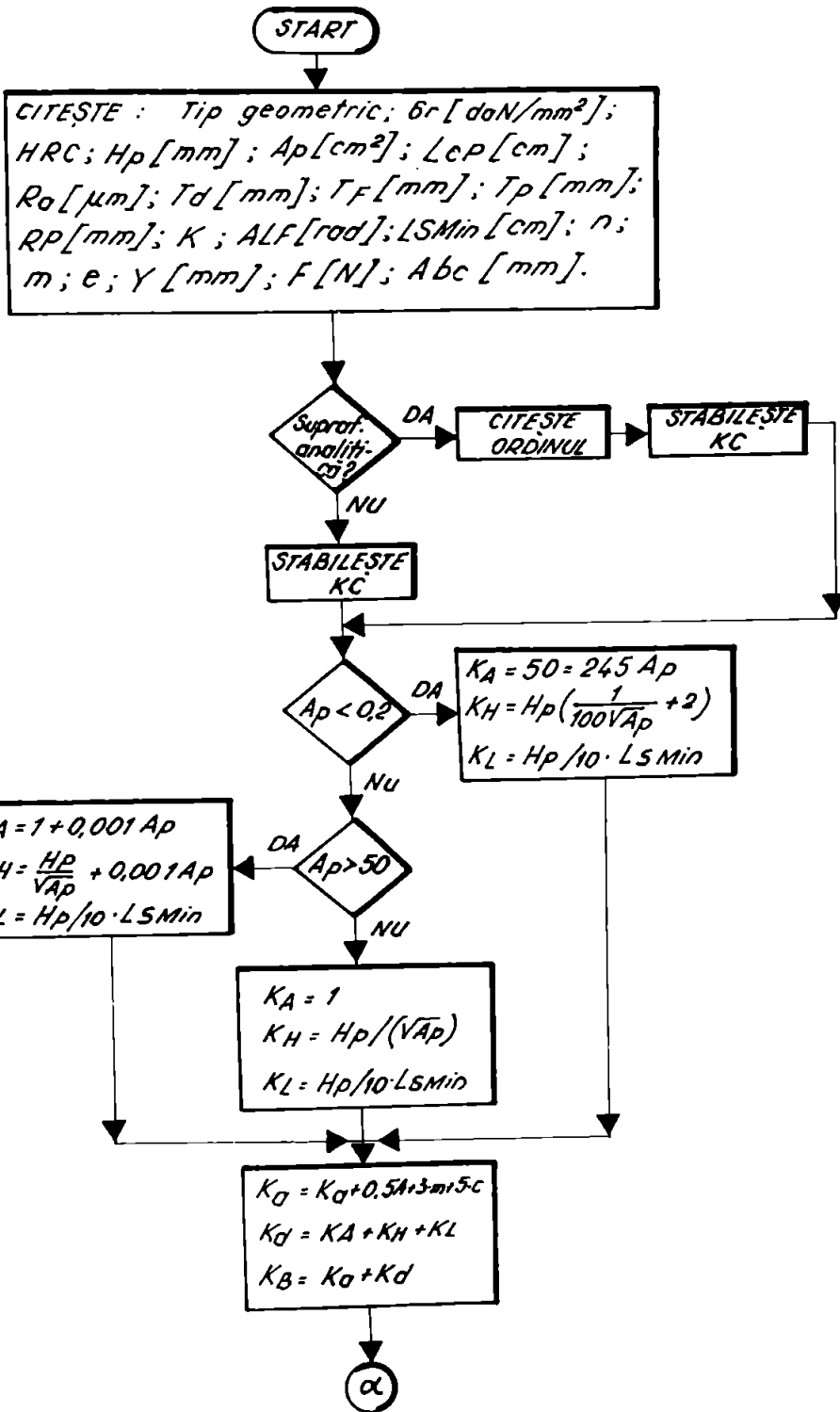


Fig. 4.1

$\alpha$

$$KR1 = \max(\delta r / 4 ; HRC)$$

$$KFP = \frac{Y}{F}$$

$$KM = KR1 + KFP$$

$$KR2 = \frac{1}{\sqrt{R\sigma}}$$

$$KT = \frac{1}{\sqrt{Td}} + \frac{1}{\sqrt{Tf}} + \frac{1}{\sqrt{Tp}}$$

$$KG = KR2 + KT$$

$$KFinal = KG + KS$$

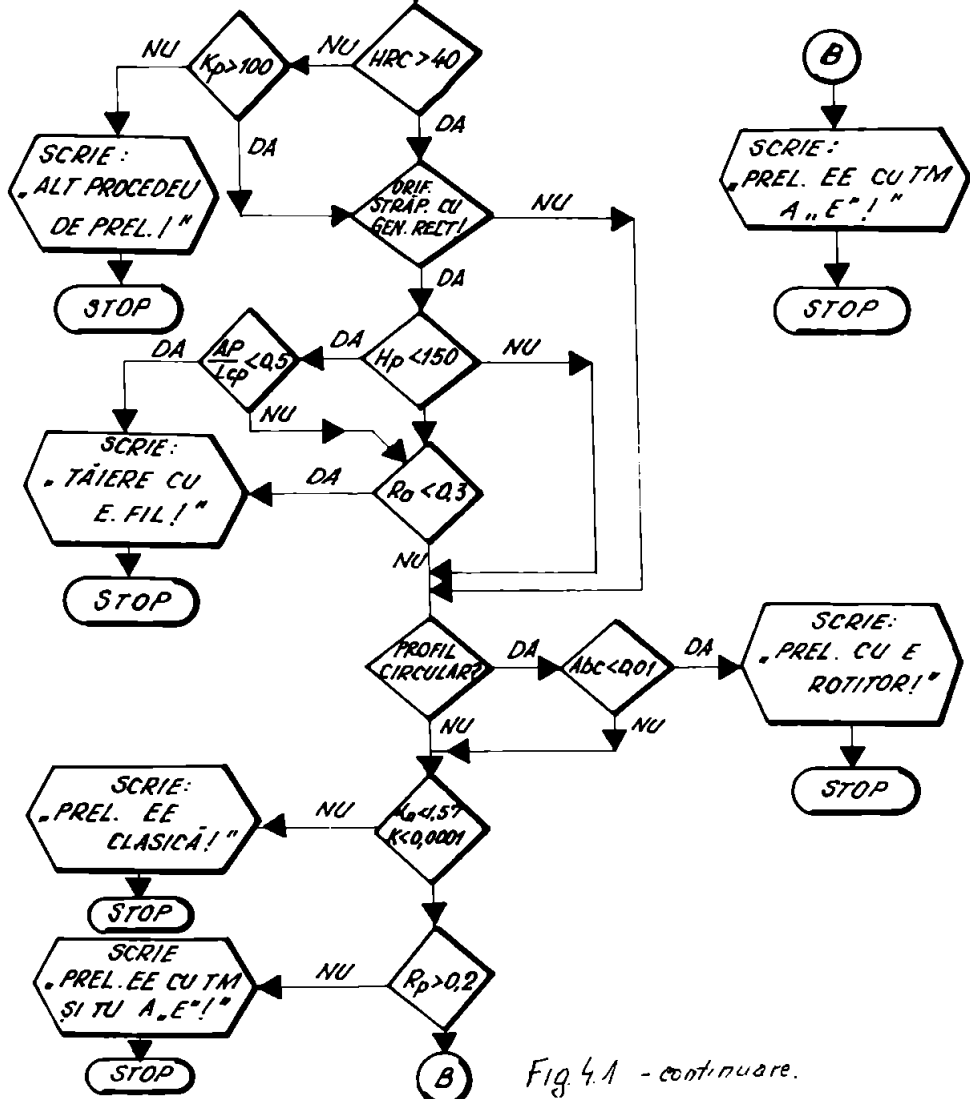


Fig. 4.1 - continuare.

Toate datele de mai sus, se citesc sau se determină din desenul de execuție al OP, cu excepția gradului de dificultate KFINAL.

Aceasta se calculează, pe baza metodicii din [49], cu ajutorul relației:

(1)  $KFINAL = KG + KT = (KA + KD) + (KM + KS)$ , în care:

KG = gr. de dificultate a generării suprafeței geometrice;

KT = gr. de dificultate a obținerii unor caracteristici tehnologice;

KA = coeficient de complexitate analitică a suprafeței geometrice;

KD = coeficient de dificultate generat de gabaritul OP;

KM = coeficient dat de caracteristici de material și rigiditate;

KS = coeficient rezultat din caracteristicile tehnologice ale suprafeței prelucrate;

Ordinograma programului realizat, este prezentată în figura nr. 4.1. Programul a fost scris în "limbajul" GW-BASIC, și este aplicabil pe computere standard IBM-PC (cu mici modificări, "merge" și pe TIM-S, etc.).

Ca elemente inițiale, se solicită la începutul programului, datele menționate mai sus, iar rezultatele "rulării" programului sînt indicații tehnologice utile operatorului-tehnolog, indicîndu-se tipul de prelucrare prin EE adecvată cazului respectiv.

### 3. CONCLUZII.

Programul realizat asigură livrarea către utilizator a unor date tehnologice importante, pe baza unor algoritme de calcul relativ simple. Rulat, acesta a furnizat soluții corecte în circa 90%

din cazuri (soluții "optime" determinate prin calcule riguroase și pe baza unor încercări experimentale efectuate în cazurile concrete de OP). Erorile au apărut, atunci când cazul OP analizat a fost situat în cazuri "limită", referitor la datele inițiale introduse în program, față de cele aflate în punctele de "comparație" a ordinogramei. "Listingul" programului este prezentat în paginile următoare.

```
LS:PRINT:PRINT
PRINT"PROGRAM ALEGERE TIP DE PRELUCRARE PRIN EE":PRINT
PRINT"Program elaborat de dipl.ing.Marinceu Dimitrie M.Gh.":PRINT
PRINT"Cititi de pe desenul de executie:"
PRINT"    -tipul geometric al suprafetei de prelucrat;"
PRINT"    -rezistenta la rupere a materialului de prelucrat(Sigm[Dan/mm^2])
PRINT"    -duritatea in unitati HRC;"
PRINT"    -inaltimea orificiului strapuns in piesa(Hp[mm]);"
PRINT"    -aria proiectiei orizontale a suprafetei delimitate de conturul"
PRINT"    strapuns in piesa(Ap[mm^2]);"
PRINT"    -perimetrul conturului strapuns in piesa(Lcp[cm]);"
PRINT"    -rugozitatea impusa la piesa(Ra[microni]);"
PRINT"    -tolerantele dimensionale,de forma,de pozitie(Td,Tf,Tp[mm]);"
PRINT"    -raza minima impusa la muchiile sau colturile suprafetei de pre"
PRINT"    lucrat(Rp[mm]);"
PRINT"    -conicitatea impusa la suprafata de prelucrat(K);"
PRINT"    -unghiul intre suprafata de prelucrat si directia de avans(Alf[

PRINT"    -nr. suprafete elementare componente(n);"
PRINT"    -nr. muchii ale suprafetelor cu Rp<0.2 mm;"
PRINT"    -nr. de colturi ale suprafetelor Rp<0.2 mm;"
PRINT"    -abaterea de la circularitatea(Abc[mm])."
INPUT"Rezistenta la rupere [dan/mm^2]:";SIGM
INPUT"Duritatea in unitati HRC:";HRC
INPUT"inaltimea orificiului strapuns:";HP
INPUT"Aria proiectiei orizontale [cm^2]:";AP
INPUT"Perimetrul contur [cm]:";LCF
INPUT"Toleranta dimensionala minima [mm]:";TD
INPUT"Toleranta de forma minima [mm]:";TF
INPUT"Toleranta de pozitie minima [mm]:";TF
INPUT"Rugozitatea Ra minima impusa [microni]:";RA
INPUT"Raza minima impusa la muchii sau colturi [mm]:";RF
INPUT"Conicitatea impusa:";K
INPUT"Unghiul intre supraf. si dir. de avans:";ALF
INPUT"Latimea minima a vol.inchis de supraf. pt.Hpmax [cm]:";LSMIN
INPUT"Nr. suprafete elementare componente:";N
INPUT"Nr. de muchii ale suprafetelor:";M
INPUT"Nr. de colturi ale suprafetelor:";C
INPUT"Apreciati depl.elastica a suprafetei la prelucrare:";Y
INPUT"Apreciati forta aplicata de E pe F:";F
LS
INPUT"SUPRAFATA ANALITICA ? (D/N)";A$
IF A$="D" OR A$="d" THEN GOSUB 10000;GOTO 450
INPUT"O SINGURA SUPRAFATA NEANALITICA ? (D/N)";B$
IF B$="D" OR B$="d" THEN KAPC=7 ELSE KAPC=22
REM
IF AP<.2 THEN GOTO 600
IF AP>50 THEN GOTO 700
A=1
H=HP/(SQR(AP))
L=HP/10*LSMIN
GOTO 800
A=50-245*AP
H=HP*(1/(100*SQR(AP)+2))
L=HP/10*LSMIN
GOTO 800
A=1+.001*AP
H=HP/(SQR(AP))+.001*AP
L=HP/10*LSMIN
REM
AP=KC+.5*N+3*M+5*C
```

```
J=KA+KH+KL
G=KAP+KD
R11=SIGM/4
R22=HRC
F KR11<KR22 THEN KR=KR22
F KR11>=KR22 THEN KR=KR11
FP=Y/F
M=KR1+KFP
R2=1/(SQR(RA))
T=1/(SQR(TD))+1/(SQR(TF))+1/(SQR(TP))
S=KR2+KT
FINAL=KM+KS
F HRC<40 AND KFINAL<100 THEN PRINT"VA RECOMAND ALT PROCEDEU DE PRELUCRARI
F HRC<40 AND KFINAL>=100 THEN GOTO 1000
F HRC>=40 THEN GOTO 1000
INPUT"ORICIU STRAPUNS CU GENERATOARE RECTILINIE? (D/N)";C$
IF C$="N" OR C$="n" THEN GOTO 2000
IF HP>=150 THEN GOTO 2000
IF AP/LCP<.5 THEN PRINT"VA RECOMAND TAIERE CU ELECTROD FILIFORM!"
IF AP/LCP>=.5 AND RAK<.3 THEN PRINT"VA RECOMAND TAIERE CU FIR!"
IF HRC<40 AND KFINAL<100 THEN END
INPUT"PROFIL CIRCULAR? (D/N)";D$
IF D$="n" OR D$="N" THEN GOTO 2050
IF ABC<.01 THEN PRINT "VA RECOMAND PRELUCRARE CU E ROTITOR!";END
IF ALF>1.57 AND K<.001 THEN PRINT"VA RECOMAND PREL.CLASICA PRIN EE!";END
IF RP<=.2 THEN PRINT"VA RECOMAND EE CU T.M. URMATE DE T.UNIDIRECTIONALE!"
IF RP<=.2 THEN END
PRINT"VA RECOMAND PRELUCRARE PRIN EE CU TRANSLATII MULTIDIRECTIONALE!"
END
REM SUBRUINA KAPC
PRINT"TIPI SI DENUMIRE SUPRAFATA:"
PRINT" -1) suprafata de ordinul 1;"
PRINT" -2) suprafata circulara de ord.2 cu gen. dreapta;"
PRINT" -3) suprafata oarecare de ord.2;"
PRINT" -4) suprafata de ordin superior;"
PRINT" -5) suprafata transcendentă;"
PRINT" -6) q suprafete algebrice de ordin superior;"
PRINT" -7) u suprafete analitice de orice tip;"
INPUT"Alegerea Dvs.?" ;E
IF E<1 OR E>7 THEN GOTO 10010
IF E<=5 THEN KAPC=E
IF E=6 THEN KAPC=10
IF E=7 THEN KAPC=15
RETURN
```

## CONCLUZII FINALE

Perfecționarea prelucrărilor prin eroziune electrică cu electrod masiv mobil, poate fi realizată în prezent în următoarele principale direcții:

- îmbunătățirea caracteristicilor funcționale ale utilajelor utilizate la aceste prelucrări, în sensul creșterii performanțelor acestora, a gradului de automatizare a acestora;
- cunoașterea și aplicarea corectă a tehnologiilor de prelucrare prin eroziune electrică cu electrod masiv mobil;
- reducerea costurilor prelucrării prin eroziune electrică cu electrod masiv, prin aplicarea curajoasă a prelucrărilor prin eroziune electrică cu electrod masiv mobil, care produc scăderi spectaculoase ale costului cu electrozi la prelucrare, influențe pozitive semnificative asupra indicatorilor de performanță utilizați;
- utilizarea calculatorului pentru "simularea" prelucrării, înainte de efectuarea ei, în alegerea variantei optime de prelucrare, în calculul indicatorilor de performanță obținabili, în stabilirea tehnologiei de uzinare și a numărului, dimensiunilor de electrozi necesari.

Încercările autorului de a participa la rezolvarea acestor probleme, s-au concretizat în prezenta lucrare de doctorat, prin următoarele contribuții originale:

a)-contribuții în domeniul creației de dispozitive, standuri experimentale, pentru studiul prelucrărilor prin eroziune electrică cu electrod masiv mobil.

a1)-analiza morfologică a dispozitivelor existente pe plan

mondial pentru rotirea electrodului masiv, cu stabilirea variantei optime de asemenea dispozitiv;

a2-realizarea unui dispozitiv de rotire a electrodului scula masiv performant, nouitate pe plan national (inovatie 28/1982-MEI);

a3-realizarea unui stand experimental pentru studiul experimental al prelucrării prin eroziune electrica cu electrod masiv rotitor, care permite, pe lângă altele, determinarea procentului de impulsuri de lucru din totalul celor generate de generatorul de impulsuri, si utilizează o mașină de prelucrat prin eroziune electrică cu electrod masiv obișnuită;

a4-realizarea unei analize morfologice a dispozitivelor existente pe plan mondial pentru translația multidirecțională (TM), a electrodului scula masiv (E) la prelucrarea prin eroziune electrică (EE), cu stabilirea variantei optime, tema de creație pentru proiectantul creativ;

a5- realizarea unei largi game de dispozitive pentru TM si translația unidirecțională (TU) a E scula masiv, nouități pe plan mondial (brevete: 90533/1986-premiu la Salonul Național de Invenții-Rm.-Vilcea, 98656/1989, soluție aviz favorabil OSIM-BDS/20.04.1989, soluție BDS 60/21.06.1991), sau national (inovațiile nr.: 305/25.01.1986, 720/21.12.1987, 719/21.12.1987, etc.);

a6-realizarea unui stand pentru studiul experimental al prelucrării prin EE cu TM a E masiv scula, stand care permite determinarea procentului de impulsuri de lucru din totalul celor generate de generatorul de impulsuri, si care utilizează o mașina obișnuită de prelucrat prin EE cu E masiv;

a7-realizarea unei scheme de automatizare care permite im-



bunătățirea performanțelor dispozitivelor utilizate la TM a E sculă masiv.

**b)-contribuții în domeniul cercetării experimentale și teoretice.**

**b1-**realizarea unor încercări experimentale credibile, cu parametru variabil turația E masiv [rot/min], care au scos în evidență influența acestui parametru asupra unor funcții de răspuns de interes ( $Q_p, U_v, P_{il}, A_{bc}, R_{af}$ ), în diverse domenii ale spațiului multifactorial ce caracterizează prelucrarea prin EE.

Din aceste cercetări a rezultat o influență favorabilă a rotirii E asupra funcțiilor de răspuns analizate;

**b2-**realizarea unor experimente factoriale de prelucrare prin EE cu E masiv rotitor, care au scos în evidență: locul pe care îl ocupă rotirea E față de ceilalți factori semnificativi ce influențează funcțiile de răspuns analizate ( $Q_p, Q_{pa}, Q_e, U_v, P_{il}, R_{af}, A_{bc}$ ); sensul acestor influențe.

**b3-**pe baza experimentelor menționate, au fost stabilite modele matematice ale influențelor acestor factori asupra funcțiilor de răspuns, modele ce permit optimizarea în continuare a prelucrării;

**b4-**realizarea unor analize cinematice de interes ale prelucrărilor prin EE cu TM a E sculă masiv;

**b5-**realizarea unor experimente complexe, care au scos în evidență: efectul TM pe diverse genuri de suprafețe, comparativ cu prelucrarea "clasică", asupra unor indicatori de performanță ( $Q_p, Q_{pa}, Q_e, U_v, P_{il}, \Delta_{tal}, \Delta_{taf}, R_{al}, R_{af}$ ), la diferite regimuri de lucru și la diverse condiții de "spălare" a interstițiului activ;

diferența dintre TM pe suprafață cilindrică și TM pe suprafață conică în influențarea funcțiilor de răspuns;

b6-pe baza experimentelor menționate, au fost stabilite modele matematice ce redau influența unor parametri caracteristici ai prelucrării asupra indicatorilor de performanță. Au rezultat concluzii interesante, prezentate detaliat în cap. 4.3. al tezei;

b7-contribuții în cercetarea teoretică a prelucrării prin EE cu TM a E masiv sculă, cu aplicabilitate practică în îmbunătățirea performanțelor dispozitivelor de TM utilizate. Au fost stabilite condițiile de prelucrare "neperturbată", care au stat la baza creației de dispozitive performante de TM;

b8-contribuții în domeniul simulării pe calculator a prelucrării prin EE cu TM și TU a E masiv sculă, materializate prin elaborarea unui program relativ complex, care permite "vizualizarea" viitoarei suprafețe uzinate în piesă, evoluția în timp al acesteia, cu reale avantaje în stabilirea cinematicii și tehnologiei de prelucrare;

b9-contribuții în domeniul creației unui program de calculator, materializat prin realizarea sa, care permite, pentru un caz concret, dat, alegerea variantei "optime" tehnice -economice de prelucrare prin EE.

## BIBLIOGRAFIE

1. Achimescu N. Studiul procesului de generare a formelor spațiale la prelucrarea prin eroziune electrică-țeză de doctorat, Timișoara, 1983.
2. ABIE (col.) Device for EDM-Brevet 860184, Elvetia, 1977.
3. Afanasiev N.V. Unele legi ale fenomenelor eroziunii electrice, CNTNI, Timișoara, 1981.
4. Albu A., s.a. Programarea asistată de calculator a masinilor unelte, ET, București, 1980.
5. Balleys F., s.a. Étude de la distribution spatiale des décharges en électroérosion, CIRP1, Paris, 1973.
6. Baloui Said Profi-Tools Quick BASIC 4.0/4.5, Markt&Technik, München, 1988.
7. Barach M. Quelques propriétés des surfaces produites par électro-érosion, Microtechnique, Paris, 1988.
8. Belous V. Inventica, Lito-IP, Iasi, 1984.
9. Bent R., s.a. BASIC-An introduction to computer programming, Brooks/C, Monterey, 1987.
10. Charmilles (col) Device for EDM, Brevet 4224495 SUA/Elvetia, 1980.
11. Chincolle J.D. Metal removal and adaptive control in EDM, ISEM 5, Wolfsburg, 1977.
12. Conrad G., s.a. Optimierung des EDM-Prozesses, ISEM4, Bratislava, 1974.
13. Dragu D., s.a. Toleranțe și măsurări tehnice, EDP, București, 1982.
14. Dreucean A., s.a. Mașini unelte și control dimensional (pII), Lito UT, Timișoara, 1991.
15. Hukoyama Y. The mechanism of EDM, Bul, Jap. Sc., Tokio, 1968.
16. Kaldos F. Az orbalas sullyesto szikracsolas, manuscris, Budapesta, 1991.
17. Kuo B.C. Sisteme de comandă și reglare incrementală, ET, București, 1981.
18. Languépin S.A. Dispositif d'usinage par EE avec électrode phantome-Brevet, Franta, 1976.

19. Levinson E.M. Spravocincoe posobie po elektrotehnologii, Masinostr., Leningrad, 1979.
20. Marinceu D. Aspecte teoretice si aplicatii ale acestora la prelucrarea prin EE cu E mobil multidirectional pe suprafata cilindrica, CNTN, Timisoara, 1989.
21. Marinceu D. Analiza morfologica a dispozitivelor de prelucrare prin EE cu E masiv mobil multidirectional, CNTN, Timisoara, 1989.
22. Marinceu D. Modelarea statistica a principalilor indicatori de performanta cantitativi la prelucrarea prin EE cu E rotitor, LitoUCr., Craiova, 1987.
23. Marinceu D. Unele aspecte ale prelucrării prin EE cu E masiv mobil multidirectional pe suprafata conica, CNTN, Timisoara, 1989.
24. Marinceu D. Rezultate ale incercărilor experimentale de prelucrare prin EE cu E rotativ a otelului VCV BS, SACPSP, Arad, 1985.
25. Marinceu D., s.a. Modelarea statistica a principalilor indicatori de performanta calitativi la prelucrarea prin EE cu E rotitor, LitoUCr., Craiova, 1987.
26. Marinceu D., s.a. La simulation par ordinateur du processus d'usinage par EE avec E mobile multidirectionel, Bul. UT37, Timisoara, 1992.
27. Marinceu D. Referat doctorat nr.1-Stadiul actual si tendinte pe plan mondial in prelucrarea prin EE cu E masiv mobil, UT, Timisoara, 1991.
28. Marinceu D. Referat doctorat nr.2-Prelucrarea prin EE cu E rotitor, UT, Timisoara, 1991.
29. Marinceu D. Referat doctorat nr.3-Prelucrarea prin EE cu TM a E scula, UT, Timisoara, 1992.
30. Marinceu D. Inovatie 28/1982-Dispozitiv de rotire a E, Bucuresti, MEI, 1982.
31. Marinceu D. Brevet 90533/1986-Dispozitiv pt. TM a E scula, OSIM, Bucuresti, 1986.
32. Marinceu D., s.a. Brevet 98656/1989-Dispozitiv pt. prel. prin EE, OSIM, Bucuresti, 1989.
33. Marinceu D. Dispozitiv pt. TM a E scula, BDS/20.04.1989, aviz favorabil OSIM, 1989.
34. Marinceu D. Dispozitiv pt. TM a E scula, BDS/21.06.1991.

35. Marinceu D.      Inovație 305/1986, Dispozitiv de prelucrare prin EE, MEI, 1986.
36. Marinceu D., s.a. Inovație 720/1987, Sistem de variație a amplitudinii (var. I), MEI, 1987.
37. Marinceu D., s.a. Inovație 719/1987, Sistem de variație a amplitudinii (var. II), MEI, 1987.
38. Microsoft Co. Microsoft Works, Microsoft Corp. Ed., Redmond, 1991.
39. Mihail R.      Introducere în strategia experimentării, cu aplicații în T.Ch., ESE, București, 1974.
40. Nanu A.      Tehnologia materialelor, EDP, București, 1983.
41. Nanu A.      Tehnologiile neconventionale, prezent și perspectivă, CNTN, Sibiu, 1982.
42. Nanu A., Ma-      Brevet 97978/1989 - Dispozitiv de avans, OSIM, 1989.  
rinceu D., s.a.
43. Nanu A., Nanu D. Prelucrarea dimensională prin EE în câmp magnetic, Facla, Timișoara, 1981.
44. Nichici A., s.a. Prelucrarea prin eroziune în construcția de mașini, Facla, Timișoara, 1983.
45. Nichici A., s.a. Indici de performanță ai prelucrării prin EE, Lito IPI, Iași, 1985.
46. Nichici A., s.a. Aspecte energetice ale prelevării de material la prelucrarea prin EE, STNMRETEMC, Timișoara, 1986.
47. Nichici A., Ma- Modelarea statistică a indicatorilor de performanță cantitativi la prelucrarea prin EE pe mașini de tip ELER, Lito UMUA, Arad, 1985.
48. Nichici A., Ma- Modèles statistiques des processus technologiques d'usinage par érosion électrique, Bul. IPTV36, Timișoara, 1987.
49. Fopa H.      Aplicarea rațională a procedeelor de prelucrare prin EE, Bul. IPTV29, Timișoara, 1984.
50. Reiss Levi      Instructor's manual and transparency masters to accompany computer literacy, FWS, Boston, 1987.
51. Reviczky A.,      Analizor de impulsuri pentru prelucrarea prin  
Nanu A.      EE, TNMRETE, Timișoara, 1986.
52. Rhyner H.      Betrachtung der einige der neuesten Entwicklun-

gen dem Gebiet der Entladungsgeneratoren, ISEM, Viena, 1970.

53. Schumacher B. Modern EDM Cutting, IPE/2, München, 1987.
54. Shelly G., s.a. Introduction to BASIC Programming, Anaheim FC, Brea, 1987.
55. Snoeys R., Diijck Plasma chanel diameter growth effects stoker-removal in EDM, CIRP, Stockholm, 1972.
56. Stetiu C., s.a. Măsurări geometrice în construcția de mașini, ES și Enc., București, 1988.
57. Tache V., s.a. Dispozitive pentru mașini unelte, ET, București, 1978.
58. Taloi D. Optimizarea proceselor tehnologice, Ed. Acad., București, 1987.
59. Tiron M. Prelucrarea statistică și informațională a datelor de măsurare, ET, București, 1977.
60. Wertheim R. Untersuchung der energetischen Vorgängen bei der Bearbeitung als Grundlage für eine Verbesserung, teza doct., Aachen, 1975.
61. Yankee H. Engineering graphics, PWS Eng., Boston, 1985.
62. \*\*\*\* Prospecta ale firmei AGIE, Elvetia, 1980-1992.
63. \*\*\*\* Prospekte ale firmei Charmilles, Elvetia, 1980-1992.
64. \*\*\*\* Manual de utilizare a sistemului de operare MS-DOS, Commodore, SUA, 1988.
65. \*\*\*\* Manual de programare în GW-BASIC, Commodore, SUA, 1988.