

INSTITUTUL POLITEHNIC TRAIAN VUIA

din

TIMIȘOARA

Facultatea de Mecanică

---

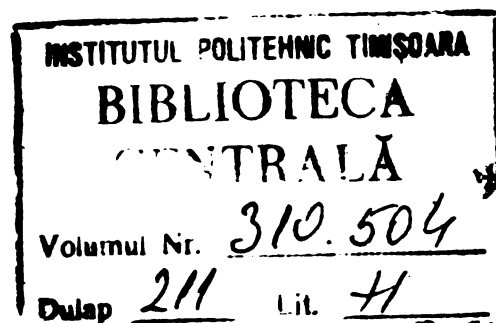
Ing. NICOLAE POPESCU

Studiul aplicării procesului de honuire  
electrochimică, la prelucrarea de netezi-  
re a suprafețelor cilindrice interioare.

BIBLIOTECA CENTRALĂ  
UNIVERSITATEA "POLITEHNICA"  
TIMIȘOARA

Conducător științific,

Prof.emerit dr.ing. GHEORGHE SAVII.



- 1976 -



## C U P R I N S

### CAP. I. CONSIDERAȚIUNI GENERALE CU PRIVIRE LA PRELUCRAREA ELECTROCHIMICĂ.

1.1. Introducere

1.2. Principiul de prelucrare electrochimică

1.2.1. Temperatura electrolitului

1.2.2. Condiții hidrodinamice

1.3. Electrolitul

1.3.1. Soluțiile apoase

1.3.2. Alți electroliți

1.4. Intensitatea și tensiunea curentului

1.5. Procedee electrochimice de prelucrare dimensionala.

### CAP. II. HONUIREA ELECTROCHIMICĂ.

2.1. Considerații generale

2.2. Principiul constructiv al mașinii de honuit electrochimic

2.2.1. Utilajul propriu zis de honuit electrochimic

2.2.1.1. Camera de lucru

2.2.1.2. Capul de honuit

2.2.2. Sursa de curent continuu

2.2.3. Agregatul pentru electrolit

2.2.3.1. Rezervorul de electrolit

2.2.3.2. Instalația de filtrare

2.2.3.3. Pompa de electrolit



## **CAP. III. ADAPTAȚIA MAȘINII DE MONUIT MECANIC PENTRU MONUIREA**

### **ELECTROCHIMICA.**

- 3.1. Scopul lucrării**
- 3.2. Realizarea utilajului pentru monuire electrochimică**
  - 3.2.1. Monuirea. Principiu. Utilajele folosite**
- 3.3. Prezentarea principalelor modificări și adaptări în vederea creerii posibilităților pentru experimentarea monuirii electrochimice**
  - 3.3.1. Mașina de monuit propriu-zisă**
    - 3.3.1.1. Realizarea mișcărilor de translație alternativă și de rotație a axului port-sculă**
    - 3.3.1.2. Mecanismul de ridicare-coborîre al mesei de lucru**
    - 3.3.1.3. Alimentarea cu curent a capului de monuit electrochimic**
  - 3.3.2. Alegerea și experimentarea sculei pentru monuit electrochimic**
    - 3.3.2.1. Considerațiuni de ordin general**
    - 3.3.2.2. Analiza și experimentarea unor tipuri constructive**
    - 3.3.2.3. Scula de monuit electrochimic**
    - 3.3.2.4. Scula de monuit electrochimic cu elementii catodului identici cu corpul monului**
    - 3.3.2.5. Scula de monuit electrochimic cu elementii de catod detașabili**
    - 3.3.2.6. Sistemul de acționare al barelor racloare**
    - 3.3.2.7. Calculul electromagnetului de acționare (retragere a barelor racloare)**
    - 3.3.2.8. Descrierea modului de funcționare al dispozitivului de acționarea raclețelor**

- 3.3.3. Camera de lucru
- 3.3.4. Dispozitivul de fixarea pieselor
- 3.3.5. Instalația pentru alimentare cu electrolit
  - 3.3.5.1. Pompele pentru electrolit
  - 3.3.5.2. Rezervoarele pentru electrolit
  - 3.3.5.3. Filtrul pentru electrolit
  - 3.3.5.4. Aparatura de măsură și control
- 3.3.6. Sursa de alimentare cu curent continuu
  - 3.3.6.1. Considerațiunile generale privind alegerea sursei de curent continuu
  - 3.3.6.2. Instalația complexă de redresare a curentului electric și de comandă centralizată a mașinii de honuit electrochimic
  - 3.3.6.3. Elementele de protecție și reglare
  - 3.3.6.4. Modul de funcționare a instalației de redresare

#### CAP. IV. CLRCETARI EXPERIMENTALE.

- 4.1. Metodica de lucru
  - 4.1.1. Materiale folosite
  - 4.1.2. Pregătirea probelor
  - 4.1.3. Parametrii de lucru
  - 4.1.4. Metode de măsurare folosite
- 4.2. Rezultate și interpretări
  - 4.2.1. Creșterea diametrului probei funcție de material și concentrație
  - 4.2.2. Creșterea diametrului probei funcție de intensitatea curentului și timp
  - 4.2.3. Rezultatele obținute cu privire la precizia de formă.

#### CAP. V. CONCLUZII.



## N O T A T I I

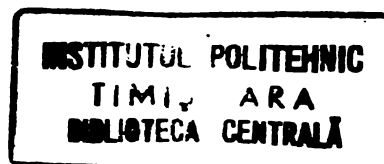
$A_1$	[cm <sup>2</sup> ]	suprafața activă a catodului
$A_2$	[cm <sup>2</sup> ]	suprafața anodului
$a$	[mm]	grosimea stratului îndepărtat
$b$	[mm]	interstițiul
$b_1; b_2$	[mm]	interstițiul de lucru
$b_0$	[mm]	interstițiul inițial
$b_{e0}$	[mm]	interstițiul de echilibru
$c$	[cal/g°C]	căldura specifică a electrolitului
$D$	[m]	diametrul mediu hidraulic
$d$	[mm]	diametrul alezajului
$E$	[g/C]	echivalent electrochimic
$F$	[C/echiv.g]	constanta lui Faraday
$\Delta f$	[mm]	defect de formă
$F_0$	[kg]	forța de tracțiune dezvoltată de electromagnet
$F_R$	[kg]	forța resortului
$F_e$	[kg]	forța dezvoltată de presiunea electrolitului
$I$	[A]	intensitatea curentului
$J$	[A./mm <sup>2</sup> ]	densitatea de curent
$L$	[m]	lungimea interstițiului
$l$	[mm]	lungimea alezajului
$H$	[u. a. m.]	greutatea atomică
$n$		valența

$p$	$[\text{kgf/cm}^2]$	presiunea
$R$		numărul lui Reynolds
$R_t$	$[\mu\text{L}]$	rugozitatea maximă
$r$	$[\text{kgf/cm}^2]$	presiunea de apăsare a racleților
$S$	$[\text{cm}^2]$	suprafața de apăsare a racleților
$S_p$	$[\text{cm}^2]$	suprafața periiilor colectoare
$S_{re}$	$[\text{cm}^2]$	suprafața interioară a racleților
$s$	$[\text{mm}]$	avansul sculei
$T, T_0$	$[\text{°C}]$	temperatura electrolitului
$U$	$[\text{V}]$	tensiunea
$V$	$[\text{cm}^3]$	volumul de material dizolvat
$V_{sp}$	$[\text{cm}^3]$	volumul specific de material dizolvat
$v_e$	$[\text{m/s}]$	viteza electrolitului
$v_{e0}$	$[\text{m/s}]$	viteza electrolitului la intrarea în interstițiu
$Q$	$[\text{C}]$	cantitatea de electricitate
$\alpha$	$[\text{grade}]$	unghiul de intersecție a traiectoriilor
$\beta$		constanta electrolitului
$\gamma$	$[\text{g/cm}^3]$	greutatea specifică
$\delta$		coeficient de pierdere pe conductă
$\eta$		randamentul
$\phi$	$[\text{mm}]$	diametrul capului de honuit
$\kappa$	$[\text{ohm}]^{-1}$	conductibilitatea specifică
$\mu$		coeficient de frecare
$\nu$	$[\text{m}^2/\text{s}]$	viscozitatea cinetică a electrolitului
$\rho$	$[\text{g/mm}^3]$	densitatea



CAP. I. CONSIDERATIUNI GENERALE CU PRIVIRE  
LA PRELUCRAREA ELECTROCHIMICA

1.1. Introducere



În ultimii ani, dezvoltarea vertiginoasă a tehnicii, reclamă din ce în ce mai mult folosirea metalelor superioare sau aliaje ale acestora, pe de o parte, iar pe de altă parte forme constructive dintre cele mai complicate, înobilate de dimensiuni cu cîmpuri de toleranță situate pe scara micronilor.

Fără a intra în amănunte, amintim performanțele deosebite obținute în industria construcțiilor de mașini și aparate, în industria aeronautică, tehnica rachetelor, și mai nou, construcția navelor spațiale, care au explorat Luna, sau a acelor care ne transmit "ultimele vești" din apropierea planetelor Marte și Venus:

Caracteristicile amintite mai sus: calitatea superioară, forme constructive deosebite și dimensiuni în cîmpuri de toleranță foarte strînse, nu pot fi realizate întotdeauna prin mijloacele clasice de prelucrare, motive principale care au condus la elaborarea și folosirea unor procedee noi de prelucrare, cunoscute

sub denumirea de procedee neconvenționale.

Aceste noi metode de prelucrare abandonează principiul detașării pur mecanice a particulelor metalice sau chiar nemetalice, apelând la acțiunea de detașare a particulelor din materialul de prelucrat prin concentrarea sub diferite forme a energiei fizice sau chimice.

Au fost și sînt studiate și experimentate mai multe procedee de prelucrare neconvențională, dintre care, pînă în prezent, numai cîteva au fost dezvoltate mai ales în ultima perioadă. Cele mai multe dintre acestea au rămas într-un stadiu experimental, iar altele nu și-au găsit decît un domeniu limitat de aplicare.

În mod deosebit, procedeul de prelucrare electrochimică a metalelor, alături de prelucrarea prin electroeroziune, constituie metode care s-au răspîndit în ultimii ani, ajungîndu-se în stadiul actual să se creieze în acest domeniu o ramură a industriei de mașini unelte.

Primele observații cu privire la acest nou procedeu de prelucrare, ne sînt transmise încă din anul 1770 de către englezul Priestley, prin descrierea efectului eroziv al descărcărilor electrice. [7.1.]

A. Volta în 1795 clasifică conductorii în uscați și umezi (electroliti). J. Berzelius în 1803 și H. Davy în 1807, fac primele experiențe cu soluții electrolitice, iar în 1834 Faraday elaborează legile cu privire la transformarea materiilor prin procese electrochimice. [6.1.]

Anul 1927 aduce, prin brevetul obținut de W. Gussov, procedeul dealezare și străpungere a metalelor pe calea dizolvării anodice.

Dat fiind însă faptul că, sursele de ener-

gie de atunci erau reduse, pe de o parte, iar pe de altă parte metodele de prelucrare convenționale asigurau în condiții corespunzătoare necesitățile tehnicii, rezultatele modeste obținute în domeniul prelucrărilor electroerozive, nu au covedit interes.

După anul 1950 statele puternic dezvoltate, în căutările întreprinse pentru depășirea granițelor principiilor prelucrărilor convenționale, reiau ideile cunoscute încă de la începutul secolului XIX și reușesc să transpună în practică aceste noi metode odată cu execuția utilajelor necesare prelucrărilor neconvenționale.

La început se părea că între procedeele de prelucrare neconvențională va apărea o concurență. Odată însă cu studiile și cercetările care se întreprind, se stabilește o ierarhizare a acestora și o clasificare din punct de vedere al eficienței, urmărindu-se bine înțeles în paralel cu aceasta și determinarea domeniilor de aplicare.

Comparând lucrul mecanic specific pentru prelucrare, adică lucrul mecanic necesar pentru detașarea unei unități de volum, pentru cazul prelucrării mecanice cu cea electrochimică, se desprinde clar că valorile acestuia sînt pentru primul caz mult mai mici. [P.9.] Cu toate acestea, avantajele oferite de prelucrarea electrochimică cu referire în mod deosebit la rezistența materialului, formele geometrice care pot fi prelucrate, netezimea suprafeței ș.a., fac ca noul procedeu să-și găsească un domeniu de aplicare din ce în ce mai mare.

Din diagrama prezentată în fig. 1.1. se desprinde în principal concluzia că, în timp ce prelucrarea prin aşchier este limitată prin rezistența materialului, procedeul de prelucrare electrochimică este independent de acest parametru. Dacă pe lângă material se ia în considerare și productivitatea, care

poate crește cu peste 200 %, avantajele unei astfel de prelucrări sînt evidente. [P.8.]

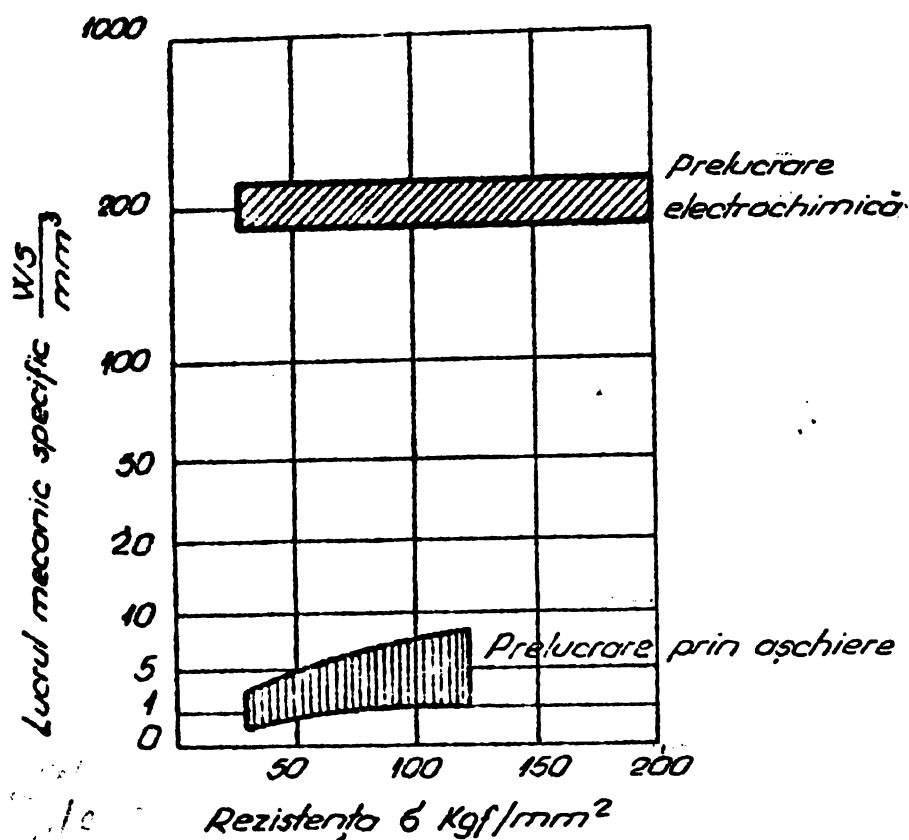


Fig.11 Lucrul mecanic specific de erodare la prelucrarea electrochimică și mecanică

Observațiile făcute, în mod deosebit cu privire la calitatea suprafețelor obținute, au atras atenția specialiștilor mai cu seamă la operațiile de finisare, constatată fiind faptul că, rugozitatea acestora este foarte mică chiar la o prelucrare obișnuită, iar în cazul măsurilor speciale se pot obține în timpi foarte mici, netezimi ale suprafețelor dintre cele mai bune.

La prelucrarea electrochimică calitatea suprafețelor obținute este influențată direct de viteza de erodare. Cu cât aceasta este mai mare, cu atât rugozitatea suprafețelor realizată este mai mică.

[D.2] Este, de aici evidentă concluzia că în acest caz, prelucrarea nu mai trebuie împărțită în mai multe operații (obșoare, finisare), procedul asigurînd obținerea în mod direct a unei suprafețe de netezime corespunzătoare. [3.10.]

## 1.2. Principiul de prelucrare electrochimică.

Prelucrarea electrochimică este bazată pe principiul de dizolvare anodică a metalelor, fiind cunoscută și sub denumirea de electroliză cu anod atacabil.

Se cunoaște că, dacă printr-un electrolit se închide un circuit alimentat cu curent continuu, la anodul sursei se produce o dizolvare a metalului conform legilor lui Faraday, cantitatea de metal îndepărtată fiind proporțională cu intensitatea curentului și cu echivalentul chimic al metalului [N.2.]

Procesul de dizolvare anodică se produce deoarece la conectarea a doi electrozi ce se găsesc într-un electrolit la o tensiune continuă ( $U$ ), prin circuitul astfel închis, se va scurge un curent ( $I$ ).

Ioni moleculelor dissociate ale electrolitului, sub influența câmpului electric, se mișcă spre polii electrodului opus încărcării lor.

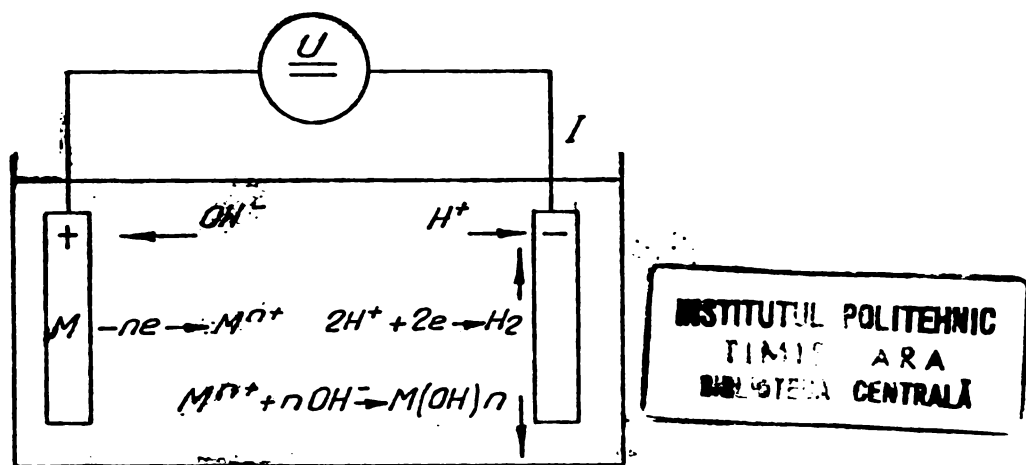


Fig. 1.2  
Principiul prelucrării electrochimice a metalelor

Anodul se dizolvă, întrucât atomii de metal, prin debitarea unei încărcături corespunzătoare valenței lor, se

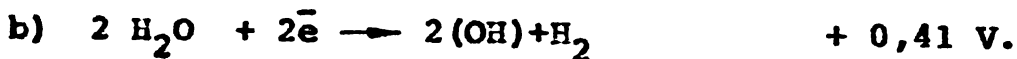
disociază ca ioni și se pot combina cu hidroxizii într-un compus insolubil sub forma hidroxizilor metalici. Ionii de hidrogen se descarcă la catod și se elimină din soluție  $[V_1]$ . In fig.1.2. se prezintă schema procesului de dizolvare anodică.

Luind în considerare exemplul anodului de fier, ceea ce interesează în problema care se tratează în lucrare considerind electrolitul o soluție de NaCl, și ținând seamă de potențialul de oxidare al fiecărui element în parte, reacțiile posibile la cei doi poli decurg în felul următor:  $[N.2.]$  ;  $[G.1.]$

- anod:



- catod:



Potențialele de oxidare ale elementelor sînt mărimea care determină puterea oxidantă sau reductoare a acestora. Pentru elementele care formează cationi (metale) cu cît potențialul de oxidare standard este de valoare pozitivă mai mare cu atît elementul este un agent reductoare mai puternic.

Cu cît potențialul de oxidare standard al unui ion este în valoare negativă mai mic, cu atît acest ion este un agent oxidant mai puternic.

În consecință, la anod, din toate reacțiile posibile se va produce reacția (a), careia îi corespunde cel mai mare potențial de oxidare, ionul de fier ( $\text{Fe}^{2+}$ ) trecînd în soluție. La catod trebuie să se producă reacțiile (a;b) cu potențialul de oxidare cel mai scăzut, ionul de sodiu rămînînd în soluție.

Reacția chimică globală care are loc este:



În soluția de electrolit rămînînd molecule de NaCl, ioni de Na și Fe.

Ionii de Fe se unesc cu ionii hidroxizi, dînd hidroxidul de fier, care este insolubil.



Hidroxidul de fier format este îndepărtat prin acțiunea de spălare pe care o efectuează electrolitul. Soluția astfel formată capătă culoarea brun-roșcată.

Ionii electrolitului disociază  $\text{Na}^+$  și  $\text{Cl}^-$ , nu participă la reacțiile chimice, lor revenindu-le sarcina de a da soluției o conductibilitate electrică sporită, asigurînd astfel direct proporțional dislocarea de material. [N.1.]

Trebuie subliniat faptul că, electrolitul nu suferă transformări în timpul desfășurării reacțiilor respective. Numai apa se consumă, prin participarea la formarea hidroxidului de fier.

Se observă, din cele prezentate mai sus, că materialul care este legat la anod se disociază, avînd loc o prelucrare a acestuia, particolele desprinse rămînînd în suspensie în electrolit.

Procedeul de prelucrare electrochimică prin dizolvare anodică se bazează deci pe dizolvarea electrochimică a metalelor prin procesul de schimburi de sarcină într-o soluție elec-

trolitică, în care unealta este legată la polul negativ, iar piesa de prelucrat la cel pozitiv, al unei surse de curent continuu.

Principiul în sine a fost studiat de M. Faraday care a enunțat legile acestui fenomen. Prima lege a lui Faraday se referă la masa materialului dizolvat ( $m$ ) și arată că aceasta este direct proporțională cu cantitatea de electricitate ce a trecut prin electrolit ( $Q$ ).

$$m = E \cdot Q \tag{3}$$

în care:

$E$  - echivalentul electrochimic.

A doua lege stabilește că echivalenții electrochimici ( $E$ ) ai elementelor sînt proporționali cu echivalenții chimici ( $N/n$ ) ai acestora:

$$E = \frac{1}{F} \cdot \frac{N}{n} \tag{4}$$

în care:

$F$  - numărul lui Faraday (96.500), constantă fizică universală - [coulomb/echiv.gr.]

$N$  - greutatea atomică a metalului supus prelucrării.

$n$  - valența metalului

Din (3) și (4) rezultă:

$$m = \frac{1}{F} \cdot \frac{N}{n} \cdot I \cdot t \tag{5}$$

în care:

$I$  - intensitatea curentului (A)

$t$  - timpul prelucrării (min)

Ținînd seama de densitatea materialului și de randamentul instalației, se poate exprima, raportînd totul la cantitatea de timp, volumul specific ( $V_{sp}$ ) de material prelevat:



$$V_{sp} = \frac{I}{F} \cdot \frac{N}{n} \cdot \frac{1}{\rho} \cdot \eta \quad (5)$$

în care:

$\rho$  - densitatea materialului ( $\text{g/mm}^3$ )

$\eta$  - randamentul instalației

Introducând noțiunea de densitate de curent  $J$ , ( $\text{A/mm}^2$ ) se facilitează exprimarea anumitor relații practice referitoare la prelucrarea electrochimică.

Se poate astfel determina din (6) grosimea stratului de metal îndepărtat ( $a$ ) în unitatea de timp, mărime ce se poate echivala cu avansul constant ( $s$ ) al sculei folosite

$$a = \frac{J}{F} \cdot \frac{N}{n} \cdot \frac{\eta}{\rho} \cdot [mm] \quad (7)$$

Se observă din relația (5) că proprietățile fizice și mecanice ale materialului anodului, ca: rezistența, duritatea, comportarea la uzură și altele, nu participă la determinarea masei de material dizolvat și prin urmare nu au influență în procesul de prelucrare electrochimică.

Pentru cazul prelucrării unei suprafețe cilindrice interioare, exprimând volumul materialului prelevat și ținând seama de relația (6), se obține expresia timpului necesar prelucrării, sub forma:

$$t = \frac{\Delta d \cdot d \cdot \pi \cdot L}{2 \cdot V_{sp} \cdot I} \quad [min] \quad (7 \text{ bis})$$

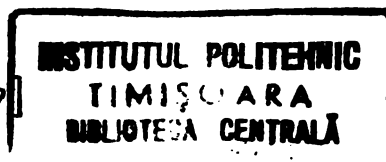
în care:

$\Delta d$  - adâncul de prelucrare referitor la diametru (mm)

$d$  - diametrul alezajului (mm)

$L$  - lungimea alezajului (mm)

În relațiile de mai sus nu au fost luate în considerare caracteristicile fizico-chimice ale electrolitului, în special conductibilitatea specifică ( $\kappa$ ); de asemenea nu s-au vi-



sau nici alți parametrii cum sînt:

$b$  - valoarea interstițiului (mm)

$U$  - diferența de potențial locală (V)

Cu ajutorul unei expresii simple, derivate din legea lui Ohm, se poate exprima valoarea interstițiului.

$$b = \frac{\kappa \cdot U}{J} \quad (8)$$

$\kappa$  - conductibilitatea specifică ( $\Omega\text{cm}$ )<sup>-1</sup>

Din (7) și (8), admițînd, așa cum am ară-

tat, că grosimea stratului îndepărtat ( $a$ ) este egală cu avansul ( $s$ ), punînd în evidență echivalentul electrochimic ( $E$ ) și echivalînd prin densitatea de curent, se poate obține relația dintre aceste și valoarea interstițiului ( $b$ ) [K.1.]

$$b = \frac{\kappa \cdot U \cdot E \cdot z}{s} \quad (9)$$

Se observă că, pentru un caz bine deter-  
minat, în (9) valoarea numărătorului este o constantă, de unde rezultă că pentru o valoare dată avansului ( $s$ ) corespunde o mărime bine determinată a interstițiului ( $b$ ).

Dacă viteza de îndepărtarea a metalului este superioară avansului, interstițiul crește, ceea ce conduce la micșorarea intensității curentului care îl străbate datorită creșterii rezistenței și astfel viteza de prelevare scade pînă la stabilirea unui echilibru.

În situația contrarie, dacă viteza de îndepărtare a metalului este inferioară avansului, interstițiul scade și prin creșterea în consecință a curentului, crește viteza de prelevare pînă se ajunge, în condiții normale la o situație de echilibru.

Scăderea raportului  $b/s$  sub limite admise conduce în mod evident la scurtcircuit.

Cunoscându-se deci posibilitatea variației interstițiului în timp, aceasta se poate exprima prin următoarea ecuație. [K.1.]

$$\frac{db}{dt} = \frac{E.U.\alpha.\eta}{b} \cdot S \quad (10)$$

și în continuare după Tipton:

$$b' = \frac{S \cdot b}{E.U.\alpha.\eta} \quad (11)$$

$$t' = \frac{S^2 t}{E.U.\alpha.\eta} \quad (12)$$

se obține astfel prin schimbarea variabilelor, ecuația diferențială:

$$\frac{dt'}{db'} = \frac{b'}{1-b'} \quad (13)$$

care are următoarea soluție:

$$t' = b_0 - b' + \ln \frac{b_0 - 1}{b' - 1} \quad (14)$$

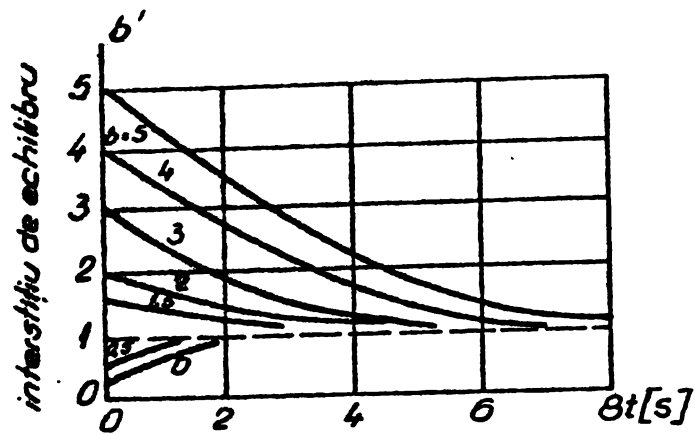
Această relație (14) scoate în evidență două aspecte deosebit de interesante:

- stabilirea timpului necesar pentru a se ajunge la condițiile de regim de prelucrare, când se pleacă de la reglaje date, care nu corespund cu valorile optime.

- se indică de asemenea timpul necesar pentru a se atinge condițiile de regim normal pentru suprafețele cu valori mari ale neregularităților.

În figura 1.3. este reprezentată grafic relația (14) indicându-se timpul necesar pentru atingerea interstițiului de echilibru cu plecarea de la diferite valori ale acestuia.

Valabilitatea celor de mai sus se păstrează atâta timp cât nu sînt luate în considerație posibilitățile de variație a conductibilității electrolitului. ( $\alpha$ ).



*Timpul exprimat in unități de timp necesare pt. uzinarea profundimii egale cu un interstițiu de echilibru*

*Fig. 1.3 Curbele Tipton*

In realitate, conductibilitatea ( $\kappa$ ) de-a lungul desfășurării procesului de prelucrare variază în funcție de numeroși factori dintre care cei mai importanți sînt:

- natura electrolitului
- concentrația electrolitului
- temperatura electrolitului
- proporția diferitelor substanțe în electrolit (bule de gaz, hidroxizi)

- condiții hidrodinamice

Punerea în ecuație a multitudinii de factori enumerați mai sus, ar conduce la complicații în ceea ce privește analiza influenței acestora și interdependența lor. Se poate analiza cu destulă aproximație comportarea și cunoașterea fenomenului luînd în considerare numai influența a doi dintre aceștia și anume:

- temperatura electrolitului
- condițiile hidrodinamice,

care de altfel sînt factorii care influențează cel mai mult asupra conductibilității electrolitului.

### 1.2.1. Temperatura electrolitului

Cunoscându-se că pentru majoritatea electroliților conductibilitatea variază liniar în funcție de temperatură, se poate scrie: [K.1] ; [P.1.]

$$\kappa = \kappa_0 [1 + \beta(T - T_0)] \tag{15}$$

în care:

$\kappa_0$  - conductibilitatea electrolitului la intrarea în interstițiu ( $\Omega \text{ cm}^{-1}$ )

$\beta$  - constanta caracteristică fiecărui electrolit

$T_0$  - temperatura electrolitului la intrarea în interstițiu ( $^{\circ}\text{C}$ )

$T$  - temperatura electrolitului la ieșirea din interstițiu ( $^{\circ}\text{C}$ )

Creșterea temperaturii în interstițiu, prin efectul Joule, este dată de relația:

$$\frac{dT}{dx} = \frac{U^2 \cdot \kappa_0}{V_{eo} \cdot \rho_e \cdot c \cdot b_0^2} [1 + \beta(T - T_0)] \tag{16}$$

în care:

$V_{eo}$  - viteza de intrare a electrolitului în interstițiu (m/s)

$\rho_e$  - masa specifică a electrolitului ( $\text{g/cm}^3$ )

$c$  - căldura specifică a electrolitului ( $\text{cal/g}^{\circ}\text{C}$ )

$b_0$  - interstițiul inițial (mm)

Dacă se înlocuiește în relația (16),

$$y = \frac{\beta \cdot U^2 \cdot \kappa_0 \cdot \kappa}{V_{eo} \cdot \rho_e \cdot c \cdot b_0}$$

și se rezolvă, se obține o soluție a ecuației (16) de următoarea formă:

$$T - T_0 = \frac{e^y - 1}{\beta} \quad (17)$$

Luind în considerare relațiile (8), (15) și (17), eliminind (  $T - T_0$  ), se obține distribuția densității de curent de-a lungul interstițiului.

$$J = \frac{U \cdot \kappa_0 \cdot e^y}{b_0} \quad (18)$$

Condiția care a stat la baza demonstrațiilor de mai sus și anume plan - paralelismul interstițiului este valabilă pînă în momentul amorșării prelucrării, cînd mai ales datorită variației conductibilității, fețele active ale electrozilor încetează de a mai fi plane și paralele.

Dar, deoarece raportul  $b/s$  este constant, se observă că pentru un avans ( $s$ ) dat, densitatea de curent este uniformă, ea putînd fi decusă din relația (7), considerîndu-se bine înțeles că valoarea avansului ( $s$ ) este identică cu grosimea stratului îndepărtat ( $a$ ), respectiv:

$$J = \frac{S}{E \cdot \eta} \quad (19)$$

Urmărind același raționament se poate trage concluzia că temperatura crește liniar de-a lungul interstițiului după relația:

$$\frac{dT}{dx} = \frac{UJ}{\kappa_0 \cdot \beta \cdot c \cdot b_0} \quad (20)$$

în care:

$b_0$  - interstițiul de echilibru

Se poate, de aici, trage concluzia că este suficient de exactă înlocuirea în expresie a variației conductibilității cu variația temperaturii. Astfel, cunoscînd și stăpînind factorii care influențează temperatura, se poate acționa pentru a influența direct în favoarea desfășurării corespunzătoare-

re a prelucrării electrochimice.

### 1.2.2. Condiții hidrodinamice

În scopul eliminării căldurii acumulate în procesul de disocieri anodică, precum și pentru îndepărtarea particulelor desprinse de la catod în timpul procesului de prelucrare, soluția electrolitică trebuie să circule sub o anumită presiune. Plecînd de la ecuația lui Blasius, care indică valoarea surplusului de presiune necesar pentru învingerea forțelor de vîscozitate, se poate scrie presiunea necesară curgerii electrolitului la o viteză dată ( $v_e$ ), [K.1.] ; [P.1.] ; [V.1.] :

$$\rho = \frac{v_e}{2} \zeta_e \left( 1 + \frac{0,3164 \cdot L}{D \cdot R^{0,25}} \right) \quad (21)$$

în care:

$v_e$  - viteza electrolitului (m/s)

$L$  - lungimea interstițiului (m)

$R$  - numărul lui Reynolds

$D$  - diametrul mediu hidraulic (m)

$\nu$  - vîscozitatea cinetică a electrolitului ( $m^2/s$ ).

Viteza electrolitului fiind necesară pentru evacuarea căldurii și gazelor rezultate, precum și pentru îndepărtarea particulelor dizlocate, se poate deduce funcție de mărimile care intervin în dizolvarea anodică.

$$v_e = \frac{j^2 \cdot L}{\kappa_0 \cdot \zeta_e \cdot C \cdot \left[ T - T_0 + \beta \frac{(T - T_0)^2}{2} \right]} \quad (22)$$

Din expresiile de mai sus ale presiunii și vitezei electrolitului am fi dispuși să considerăm că acestea sînt recomandate de a avea valori dintre cele mai mari.

Este adevărat că sînt indicate valori ridicate ale acestora, dar se impune păstrarea totuși la o anumită limită maximă, cunoscînd

că forțele care iau naștere datorită presiunii pe de o parte, iar pe de altă parte știind că procesul de prelucrare la anumite regimuri de curent, produc pe suprafața materialului ondulații transversale pe direcția de curgere a electrolitului [S.6.]. Acest fenomen poartă denumirea de "caneluri de scurgere", iar mărima acestora poate să ajungă pînă la cîteva zecimi de milimetru, influențînd, evident, în mod negativ calitatea prelucrării.

### 1.3. Electrolitul

Alegerea electrolitului la prelucrarea electrochimică se poate compara cu alegerea calității materialului sculei la tehnologiile convenționale, aceasta fiind strîns legată de proprietățile metalului care se prelucrează.

Rezultă de aici că între cele două părți există un cuplu "electrolit-metal", care, numai printr-o alegere judicioasă, poate conduce la rezultate bune. Se necesită deci, cunoașterea profundă a caracteristicilor electrolitelor, această cunoaștere fiind de ctul de plecare cheie în prelucrarea electrochimică.

În afara celor două proprietăți esențiale - conductivitate bună pentru vehicularea curentului electric prin deplasarea de ioni între anod și catod și facilitarea trecerii în soluție a metalului uzinat - electrolitul trebuie să mai posede cel puțin următoarele caracteristici:

- să nu conțină elemente care ar conduce la depuneri pe catod, putînd astfel aduce modificări în geometria sculei în timpul desfășurării procesului,

- să nu genereze reacții chimice care ar putea produce compuși insolubili, care la rîndul lor ar putea pro-



- să fie cît mai puțin corosivi,
- să aibe proprietăți hidrodinamice și termice bune,
- să prezinte o variație a conductivității cît mai redusă funcție de temperatură,
- să păstreze, chiar după saturare cu produsele electrolizei, o bună stabilitate electrochimică,
- să permită o anumită formă de filtrare,
- să nu prezinte pericol în exploatare,
- să fie ieftin,

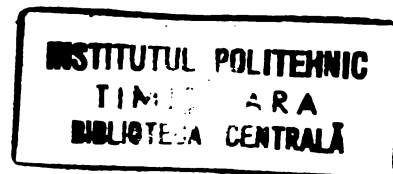
Pînă în prezent, cercetările întreprinse în acest domeniu nu au rezolvat problema electrolitului care să îndeplinească în totalitate cerințele de mai sus. S-au găsit însă anumite soluții care în practică dau rezultate satisfăcătoare.

După experiența cîștigată pînă în prezent s-au stabilit două grupe de electroliți. [F.1.] ; [K.1.]

1. Soluțiile apoase

2. Alți electroliți

1.3.1. Soluțiile apoase



Electroliții utilizați pînă în prezent sînt aproape în totalitate soluții apoase de săruri sau acizi. Explicația este dată de caracteristicile apei de bun solvent (fig.1.4.) și bun mediu ionizant, dar și de ușurința în manipulare și prețul redus.

a) Clorura de sodiu (NaCl)

Cel mai utilizat electrolit pînă în prezent este cel obținut prin dizolvarea clorurii de sodiu în apă (concentrația putînd ajunge pînă la 20 %). Acest electrolit este folosit la prelucrarea electrochimică în proporție de peste 66 %, deoarece-

ce permite să se prelucere satisfăcător majoritatea oțelurilor, precum și numeroase metale neferoase și aliajele acestora.

Pentru evitarea precipitării hidroxizilor în electrolit se introduc anumite substanțe aditive care mijlocesc menținerea metalelor dizolvate în acesta. Principalii aditivi sînt: acidul sulfuric, acidul clorhidric ș.a.

b) Azotatul de sodiu ( $\text{NaNO}_3$ )

Se folosește în soluții de mai mare concentrație ca a clorurei de sodiu (pînă la 60 %) sau în amestec cu clorura de sodiu în 3+6 părți ( $\text{NaNO}_3 + \text{NaCl}$ ).

Această soluție permite, de asemenea, folosirea unei game foarte mari de metale cu excepția titanului și zirconului.

c) Azotitul de sodiu ( $\text{NaNO}_2$ )

Acest electrolit, sensibil mai scump ca cele prezentate pînă în prezent își găsește utilizarea la ascuțirea electrochimică, datorită capacității sale de prelucrare a carburilor metalice. El permite să se prelucere de asemenea aliajele de nichel, cupru, aluminiu, etc.

Important este la acest electrolit faptul că acțiunea sa chimică față de părțile metalice ale mașinilor unelte este neglijabilă. Este foarte rar utilizat singur, fiind mai mult folosit în combinație cu alți electroliți.

d) Cloratul de sodiu ( $\text{NaClO}_3$ )

Pentru a reduce inconvenientele referitoare la fidelitatea reproducerii formei sculei, care sînt foarte accentuate la electroliții conveniți clasici, (clorura de sodiu, azotatul de sodiu) cercetări recente au scos în evidență particularitățile acestui. Soluția obținută asigură o prelucrare de mare precizie și un randament bun. Se folosește în concentrații de 350

la 700 g/l și contrar celor ce se întâmplă la electroliții clasici, unde zona de prelucrare efectivă depășește cu mult zona prevăzută, acesta prezintă o zonă de prelucrare mult mai bine definită și mai bine controlabilă datorită prezenței anionului de oxigen.

e) Hidroxidul de sodiu (NaOH)

Este foarte periculos de manipulat.

Prezintă interes în prelucrarea tungstenului și carburii de tungsten, a molibdenului și titanului.

f) Acizii ( $H_2SO_4$ , HCl,  $HNO_3$ , etc.)

Soluțiile acide permit să se prelucreze practic aceleași metale ca și în cazurile soluțiilor prezentate mai sus dar prezintă inconvenientele că sînt foarte corosive și foarte periculoase pentru manipulare.

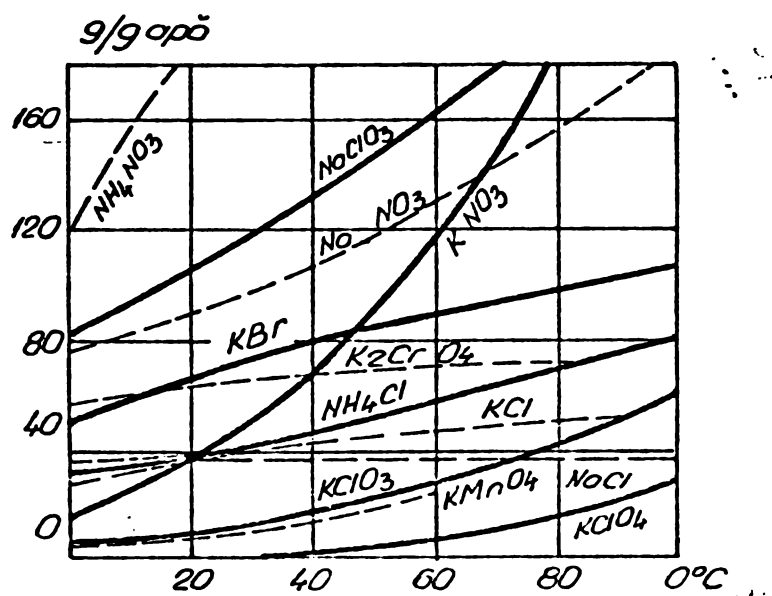


Fig. 1.4 Curbele de solubilitate în apă a citorva săruri

1.3.2. Alți electroliți

În scopul îmbunătățirii condițiilor de prelucrare (randament, precizie) s-au încercat o serie de alți electroliți.

Se fac experimentări în acest sens cu electroliti pe bază de solvenți organici sau anorganici și cu săruri topite.

Sînt, de asemenea, în curs de experimentare, electroliti gazeși. Rezultatele încercării acestora sînt însă prea puțin cunoscute pînă în prezent.

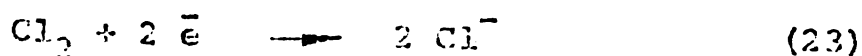
În final, despre electroliti "în general, se pot trage următoarele concluzii:

- în soluțiile apoase de acizi, baze și săruri precum și în cazurile electrolitelor neapoși, moleculele așutre din punct de vedere electric se disociază în ioni pozitivi și negativi.

- electroliti sînt conductori ionici (cls.II) curentul fiind transportat prin ioni. Conductivitatea electrolitului este determinată de ioni pe care-i conține numărul lor, valența și mobilitatea acestora. Numărul ionilor depinde de gradul de disociere și concentrație, iar mobilitatea depinde de valența și de rezistența Stoke care se opune mișcării ionilor. Creșterea conductivității se poate explica prin mărirea disocierii, scăderea forțelor ionice și forțelor de vîscozitate ale electrolitului. [K.1] ; [N.2.]

#### 1.4. Intensitatea și tensiunea curentului

Se cunoaște că în metale, curentul electric se transportă prin electroni iar în electroliti prin ioni. Dacă în același circuit se află conductori metalici și electroliti au loc schimburi de electroni.



Casa ce este important de cunoscut este proporția între cantitatea de electricitate folosită și cantita-

tea de metal detașat. Legele lui Faraday clasifică acest fenomen, exprimându-l matematic așa după cum s-a arătat în relația (5) și anume:

a) Masa de material ce rezultă din electroliză este proporțională cu cantitatea de electricitate.

b) Pentru diferite materiale, masa depusă de aceeași cantitate de electricitate, depinde de echivalentul electrochimic ( $E$ ).

Se poate astfel determina cantitatea de electricitate necesară pentru depunerea unui echivalent gram de material.

Relația (5) se poate scrie: [K.1.] ; [K.3.] ; [S.1.]

$$m_e = \frac{N \cdot I \cdot dt}{n \cdot F} \cdot \eta \quad (24)$$

sau,

$$m_{th} = \frac{N \cdot I \cdot dt}{n \cdot F} \quad (25)$$

în care:

$m_e$  - masa reală depusă

$m_{th}$  - masa teoretică depusă

Notînd cu  $v$ , volumul de material ce se dizolvă în timpul procesului de prelucrare electrochimică, cantitatea care determină creșterea volumului, față de mărimea de referință, rezultă:

$$m_e = \Delta v \cdot \rho = \int I dt \frac{1}{F} \cdot \frac{N}{n} \cdot \eta \quad (26)$$

sau,

$$\Delta v = V_{sp} \int I dt \quad (27)$$

Prin urmare, capacitatea de dizolvare anodică pentru un anumit material, depinde numai de intensitatea curentului.

Pe parcursul desfășurării procesului electrochimic iau naștere o seamă de fenomene ne dorite. Schimbările ce au loc la electrozi prin reacțiile chimice, degajarea de gaze, variația concentrației electrolitului, determină o tensiune electrototoare contrară tensiunii la borne.

Pentru eliminarea influenței negative asupra procesului de dizolvare electrochimică, trebuie creiată o contra tensiune electrototoare - potențial de polarizare - astfel ca intensitatea curentului să depindă numai de tensiunea la borne.

1.5. Procedee electrochimice de prelucrare dimensională.

Dezvoltarea prelucrării electrochimice cunoaște astăzi o diversificare tot mai largă ținând seama de avantajele pe care le prezintă. Pentru aplicarea practică sînt prezentate clasificări mai mult sau mai puțin complete. O clasificare schematică a procedeeleor de prelucrare electrochimică se prezintă în Fig.1.5.

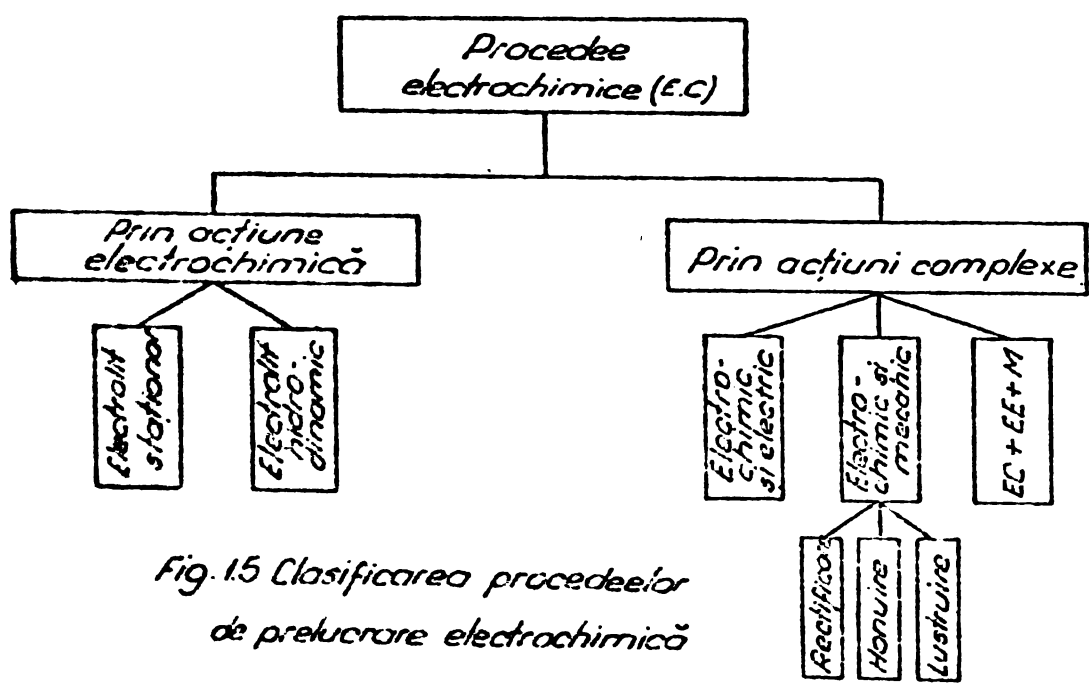


Fig.1.5 Clasificarea procedeeleor de prelucrare electrochimică

Pentru prelucrarea electrochimică se folosesc instalații complexe ținând seama de particularitățile pe care le prezintă procedeul. În fig. 1.6. se prezintă schematic principiul folosit la prelucrarea electrochimică hidrodinamică.

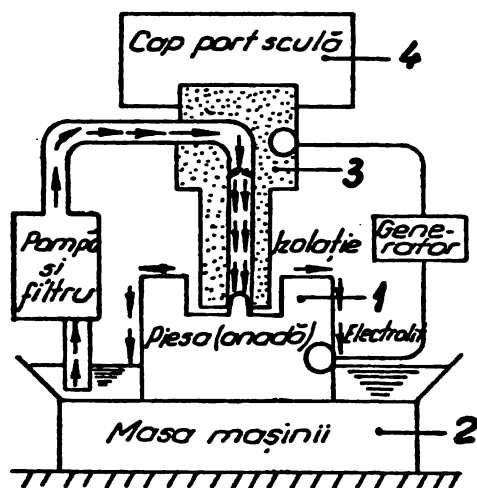


Fig. 1.6 Schema de principiu

După cum se cunoaște, prelucrarea se face fără contact între sculă și piesă, folosindu-se ca mediu activ un electrolit sub presiune care îndeplinește și funcția de depasivator hidrodinamic a suprafețelor anodului și catodului.

x

x

x

Datorită avantajelor pe care le prezintă, acest nou procedeu cunoaște o dezvoltare foarte rapidă, și prezintă următoarele caracteristici:

a) Proprietățile fizice și chimice ale materialului nu au nici un fel de influență asupra desfășurării procesului de prelucrare electrochimic.

b) Prelucrarea electrochimică se efectuează fără nici un fel de uzură a sculei.

c) Calitatea suprafețelor prelucrate din punct de vedere al rugozității este foarte bună, motiv pentru care prelucrarea se poate executa dintr-o singură operație nefiind nece -

sară operația de eboșare și finisare.

d) Suprafețele prelucrate nu sînt influențate din punct de vedere termic, datorită faptului că prelucrarea are loc la temperatură scăzută (sub  $100^{\circ}\text{C}$ ):

e) Obținerea unor cantități mari de material prelucrat în unitatea de timp, ceea ce caracterizează procedeul ca fiind unul dintre cele de mare productivitate.

Prin combinația mișcărilor de lucru, procedeul poate fi aplicat, similar cu prelucrările convenționale, la lucrările de găurire electrochimică, frezare electrochimică, strungire electrochimică, ș.a.

Pentru a completa această enumerare, amîn -  
tim ca importante prelucrările de ascuțire, rectificare și honuire electrochimică:

Procedeul de prelucrare electrochimică, care are caracteristicile sale cele mai importante enumerate mai sus, își găsește locul cel mai potrivit de aplicare în executarea paletelor turbinelor cu gaz, a pieselor pentru motoarele cu ardere internă, la prelucrarea pieselor confecționate din aliaje dure, la lucrările de serie mare și configurație complicată și mai ales, în ultimul timp, în construcția navelor spațiale.



## CAP. II. HONUAREA ELECTROCHIMICA

### 2.1. Considerații generale

Honuirea electrochimică este unul din procedeele care vine să completeze gama de prelucrări electrochimice. Apariția acestuia este, ca de altfel și principiul de bază, justificată de necesitatea utilizării în construcția de mașini a materialelor din ce în ce mai dure pentru fabricarea pieselor supuse la sollicitări deosebite, la uzuri mari, piese care datorită materialelor folosite se dovedesc foarte greu de prelucrat prin procedeele convenționale, uneori, chiar imposibil de prelucrat, precum și aceea a obținerii unei productivități ridicate în procesul de netezire a suprafețelor. Astfel, acest procedeu aplicat și la metalele obișnuite s-a dovedit a fi deosebit de avantajos prin rezultatele obținute. Reducerea duratei de execuție a pieselor, obținerea de forme geometrice în limite de toleranțe mult mai strânse decât în cazul prelucrării prin așchiere, și mai ales obținerea unei calități a suprafeței, din punct de vedere al rugozității, mult îmbunătățite, într-un timp relativ scurt, fac ca honuirea electrochimică să câștige teren.

Principiul electrochimic care stă la baza honuirii, este cel cunoscut și prezentat în capitolul I, ceea ce se impune însă, ținând seama de această dată de pretențiile unui astfel de procedeu de netezire, este gradul de finețe mai mare la alegerea parametrilor procedurii de prelucrare.

*progresul tehnicii* În condițiile progresului tehnic, de perfecționare continuă a procedurilor tehnologice pentru obținerea unor rezultate tehnico-economice tot mai superioare, se studiază astăzi tot mai mult posibilitatea de îndeplinire a acestor desiderate și prin aplicarea combinată a procedurilor tehnologice convenționale cu acelea neconvenționale. Unul din aceste procedee îl prezintă și honuirea electrochimică.

Noutatea acestui procedeu constă deci în faptul că se combină procedeul convențional de honuire cu procedeul bazat pe principiul de prelucrare electrochimică.

Prelucrarea prin honuirea electrochimică se semnalează a fi aplicată numai după anul 1960, adică după cca. 10 ani de la aplicarea pe scară industrială a procedurii electrochimic de prelucrare a metalelor.

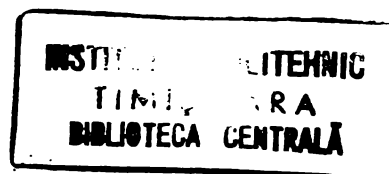
Prima descriere a unei mașini de honuit apare de abia în anul 1965, descriere făcută de Horgan. În anul 1967, M.L. Mc.Millan și M.A. Laboda, descriu primele rezultate obținute împreună cu unele detalii asupra modului de lucru. Se arată astfel că, prin procedeul de honuire electrochimică, folosind ca electrolit, soluție apoasă de clorură de sodiu (NaCl) și lucrându-se într-un regim de dizolvare anodică accentuată (creșterea diametrului cu 0,125 mm în 7,5 sec) se obțin următoarele rezultate privind precizia și rugozitatea suprafețelor prelucrate:

- ovalitate pînă la  $\pm 2,5 \mu m$
- conicitate pînă la  $\pm 2,5 \mu m$

- rugozitate  $R_t$  pînă la  $0,125 \mu m$

Aceste rezultate comunicate în lucrarea autorilor sus menționați sînt susținute în conținutul lucrării, pentru prima dată de altfel ca date privitoare la:

- concentrația electrolitului
- presiunea electrolitului
- intensitatea curentului ș.a.



Este de remarcă faptul că, în ceea ce privește principiul de lucru, sînt unele date în bibliografia de specialitate, dar se găsesc mai puține referiri asupra tehnologiei și asupra modului de alegere a parametrilor de lucru.

Principiul honuirii electrochimice realizează îndepărtarea de pe suprafața care se prelucurează a unui volum mare de material erodat prin acțiunea combinată de prelucrare electrochimică cu aceea a honuirii mecanice. Scula de honuit îndeplinește în acest caz un rol dublu: în timp ce execută operația mecanică de honuire cu bare abrazive, ea acționează și ca un catod într-un circuit de curent continuu, piesa de prelucrat fiind racordată ca anod la același circuit.

Dacă este vorba de metale obișnuite de honuit prin acțiunea celor două procedee combinate, cea mai mare cantitate de material îndepărtat se realizează prin procedeul electrochimic. Partea de material care se îndepărtează prin dizolvarea anodică prezintă 90 - 95 % din totalul materialului îndepărtat.

Pentru a ilustra marele avantaj din punct de vedere al productivității, în fig.2.1. se arată comparativ [I.3.] timpii de lucru pentru un alezaj de 40 mm și lung de 1000 m.

Procedeul de prelucrare prin honuire electrochimică conduce și la o precizie a formei mai bună. Reducerea abate -

rilor de formă se poate explica prin acțiunea de prelucrare mecanică, dar mai ales prin efectele prelucrării electrochimice.

Presupunând că scula de honuit este menținută centric în timpul lucrului, distanța dintre anod (piesă) și catod (sculă) variază în funcție de neregularitățile suprafeței. Intrucit densitatea liniilor de trecere a curentului este invers proporțională cu distanța, proeminențele vor fi mai repede dizolvate, fapt care face ca abaterile de formă să se reducă, piesa apropiindu-se de forma cilindrică.

Rezultatele experimentărilor făcute până în prezent au dat rezultate dintre cele mai bune privind: calitatea suprafețelor, precizia de formă, productivitate mare prin detașarea rapidă a materialului fără uzura catodului.

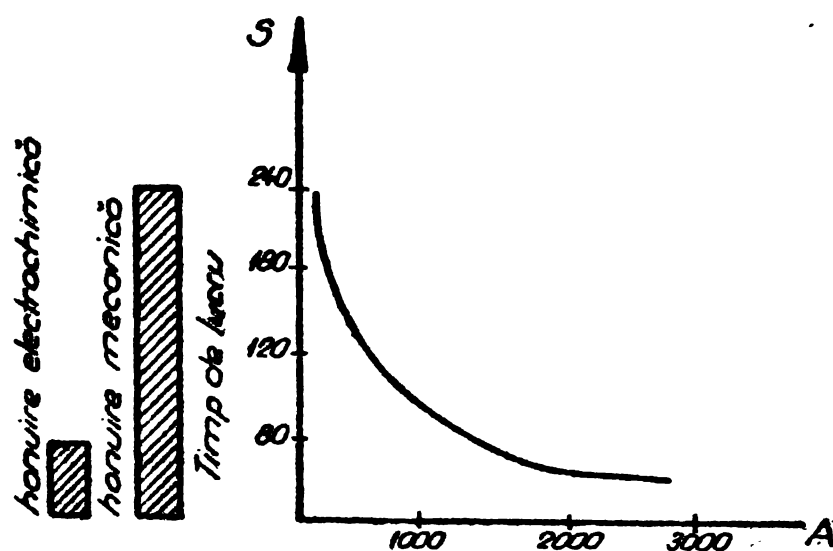


Fig 2.1 Timpii de lucru pentru honuirea  $\phi 40 \times 1000 \text{ mm}$

## 2.2. Principiul constructiv al mașinii de honuit electrochimic

Deoarece cercetările propuse în teză cuprind implicit și realizarea instalației de experimentare, aceasta și cu scopul pregătirii și experimentării în vederea construirii în perspectivă a unor mașini de acest gen în țară, s-a consi-

derat necesar a se prezenta în mod succint unele aspecte constructive și funcționale ale unei mașini pentru prelucrări de honuire electrochimică.

Aplicarea principiului de honuire electrochimică la honuirea alezajelor a impus construcția de mașini speciale, care, pe lângă fenomenul electrochimic care se produce, trebuie să respecte și principiul honuirii convenționale.

Pentru un astfel de utilaj, la care se combină, în scopul dislocării de material, fenomenele electrochimice cu cele convenționale este evident, că asigurarea parametrilor de funcționare depinde de mai mulți factori. Astfel, între factorii principali se amintesc:

- condițiile de reglare a utilajului
- forma, precizia și construcția sculei
- condițiile de reglaj ale piesei
- tensiunea curentului de lucru
- intensitatea curentului electric
- rezistența electrică în interstițiu
- concentrația electrolitului
- debitul de electrolit
- presiunea de lucru a electrolitului
- viteza de curgere a electrolitului în interstițiu.

În vederea asigurării posibilităților de satisfacere a acestor parametri, utilajul folosit pentru honuirea bazată pe principiul prelucrării electrochimice se compune din următoarele părți principale (fig.2.2.) :

- utilajul propriu zis
- sursa de curent continuu cu circuitul electric.

- agregatul pentru electrolit.

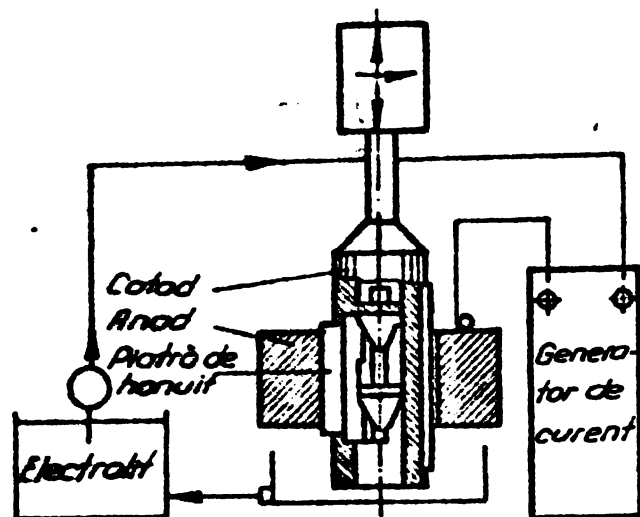


Fig.2.2 Principiul honurii electrochimice

### 2.2.1. Utilajul propriu zis de honuit electrochimic

In privința construcției, mașina de honuit corespunde in mare măsură cu o mașină de honuit convențională. In completare trebuie însă subliniat faptul că pentru aducțiunea curentului electric in spațiul de lucru, pe arborele principal al mașinii este montat colectorul pentru asigurarea alimentării cu curent, Mașina, ca și piesa de prelucrat, trebuie să fie izolate față de sculă.

Pentru a se da posibilitatea unei reglări mai largi a vitezelor de lucru, la cele mai moderne tipuri de astfel de mașini, sînt prevăzute dispozitive de reglare continuă a vitezei periferice și de transiație. [5.6]

Construcția mașinii diferă în funcție de dimensiunea alezajelor, dacă este vorba de honuirea alezajelor scurte sau lungi.

In general, se păstrează, pentru vitezele de lucru, caracteristicile constructive principale ale mașinii de honuit convenționale, ele fiind cuprinse între următoarele limite [2.6] ; [3.6]

- viteza de rotație 250 - 1000 rot/min.

- viteza axială pînă la 30 m/min.

Aceste viteze permit alegerea unghiului de aşchiere, funcție de calitatea materialului ce se prelucrează, prin combinarea celor două mișcări, care în mod obișnuit nu trebuie să depășească  $30^{\circ}$ .

O problemă importantă la construcția elementelor de mașină o formează alegerea materialelor, mai ales pentru piesele a căror suprafețe pot ajunge în contact cu electrolitul de lucru.

Intrucît electroliții folosiți la honuirea electrochimică au, în general, acțiune corosivă asupra diferitelor părți ale mașinii, materialele din care se confecționează trebuie să fie anticorosive, sau să fie protejate cu substanțe anticorosive (mase plastice, vopsele, etc.).

O reducere a acțiunii de corodare se poate realiza, după cercetări mai recente, prin folosirea în soluția electrolitică a inhibitorilor. Se pot utiliza, ca adaos la băile de electrolit, inhibitori anodici, catodici sau combinați.

Cei mai recomandați de literatura de specialitate sînt inhibitorii combinați din materiale cu acțiune anodică: fosfatul de potasiu primar și secundar ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ;  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ ) și picromatul de potasiu ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ), iar din materialele cu acțiune catodică: carbonatul de sodiu ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) [11.2]. Este de semnalat că adaosul de inhibitori nu trebuie să influențeze negativ proprietățile electrolitului.

Față de mașina de honuit folosită la prelucrarea prin procedeele convenționale, datorită specificului de lucru mașina pentru honuirea electrochimică mai conține în plus, sau principal modificat, camera de lucru și capul de honuit.

### 2.2.1.1. Camera de lucru

La honuirea electrochimică aducțiunea jetului de electrolit se face prin capul de honuit sub o presiune de 5 - 10 kgf/cm<sup>2</sup> ceea ce provoacă o puternică împrăștiere datorită riscurilor pe care le execută honul. Pentru evitarea împrăstierii electrolitului, operația se efectuează într-o cameră de lucru montată pe masa mașinii, îndeplinind funcția de colector al electrolitului, având totodată și rolul de a proteja operatorul și mașina de jetul de electrolit care circulă în interstițiu.

Camera de lucru se confecționează de obicei din material plastic transparent, pentru a da posibilitatea urmăririi procesului de prelucrare. La unele mașini de construcție modernă sînt prevăzute și instalații proprii de ventilație pentru îndepărtarea gazelor ce ar putea să se dezvolte în procesul de prelucrare, împiedicîndu-se astfel posibilitatea de formare a unor amestecuri explozive, în cazul formării anumitor electroliti.

### 2.2.1.2. Capul de honuit

Capul hon este partea mașinii unelte, care prin construcția sa, trebuie să asigure prelucrarea prin cele două procedee, mecanic și electrochimic. Pentru asigurarea acestui rol, construcția sa se deosebește de honul clasic prin faptul că pe lângă barele abrazive, este prevăzut cu elemente care constituie catodul și fonta pentru aducțiunea electrolitului, realizîndu-se astfel închiderea circuitului de curent continuu în vederea producerii dizolvării anodice.

Honuirea mecanică este asigurată prin barele abrazive care sînt montate în jurul capului de honuit și care sînt răchizițate radial, în timpul procesului de prelucrare prin rotația capului de honuit.



Catodul, prin forma și dimensiunea lui, asigură un joc radial (b) (fig.2.3.), față de piesa care trebuie prelucrată, denumit interstițiu și prin care circulă electrolitul.

După principiul de funcționare capetele de honuit pot fi realizate în următoarele variante constructive:

- cu catod variabil
- cu catod fix

Cele două moduri de construcție a capetelor de honuit electrochimic trebuie să asigure în tot decursul procesului de prelucrare valoarea interstițiului.

Capul de honuit cu catod variabil (fig.2.4. a) este compus din corp, conul de reglarea catodului și a barelor abrazive, resoarte de strângere.

Pentru o bună funcționare a capului de honuit cu catod variabil trebuie să asigure două sisteme de avans radial, unul pentru catod și altul pentru barele abrazive, avându-se în vedere faptul că dizolvarea anodică se produce mult mai intens decât uzura pietrei abrazive.

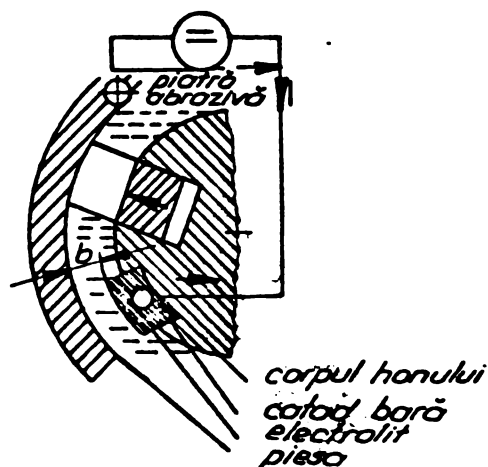


Fig. 2.3  
Principiul combinării prelucrării  
mecanice și electrochimice la  
honuirea electrochimică

Capetele de honuit cu catod variabil, după cum

se constată, sînt din punct de vedere constructiv mult mai complicate față de cele cu catod fix, construcție ce nu are în toate cazurile o justificare tehnico-economică.

Analizînd modul în care se realizează funcționarea în condiții optime a unui astfel de hon, se impune ca în timpul prelucrării, prin comul de reglare, interstițiul să fie menținut la aceeași valoare prin avansul radial comandat, al catodului variabil. Considerînd că, în unitatea de timp, prin honuirea electrochimică se realizează o creștere a diametrului piesei, este evident că pentru menținerea unei valori constante pentru interstițiul (b) în tot timpul prelucrării, avansul sculei (a) trebuie să fie:

$$a = \Delta d_2 \quad (28)$$

Pentru determinarea avansului catodului este deci necesar să se determine valoarea creșterii interstițiului în timpul lucrului.

Notînd cu (1) elementul catodului (sculei) și cu (2) elementele anodului (piesei) se obțin următoarele relații: [R. L.]

$$\frac{d_2 - d_1}{2} = b \quad t = 0 \quad (29)$$

Se poate determina volumul de material dizolvat în timpul  $t_1$  cu relația (27)

$$\Delta V_E = V_{sp} \int_0^{t_1} I dt \quad (30)$$

sau diferențînd:

$$d\Delta V_E = V_{sp} \cdot I dt \quad (31)$$

Considerînd rezistența electrolitului ( $R_e$ ) egală cu:

$$R_e = \frac{b}{R_2 \cdot x} \quad (32)$$

$A_2$  - suprafața medie activă a anodului ( $\text{cm}^2$ ),  
se poate scrie, după legea lui Ohm:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{A_2 \cdot \gamma}{b} \cdot U \quad (33)$$

Din relațiile (31) și (33) se obține:

$$\frac{dV_E}{dt} = \frac{V_{sp} \cdot \gamma \cdot A_2}{b} \cdot U \quad (34)$$

dar cum valoarea geometrică a creșterii volumului prelucrat este:

$$d\Delta V_E = A_2 \cdot d\Delta d_2 \quad (35)$$

se obține din (34)

$$\frac{d\Delta b}{dt} = \frac{V_{sp} \cdot \gamma \cdot U}{b} \quad (36)$$

Dacă  $V_{sp}$ ;  $\gamma$ ;  $U$ ;  $b$ , sînt constante este evident că avansul ( $a$ ) este funcție numai de timp și crește liniar cu acesta.

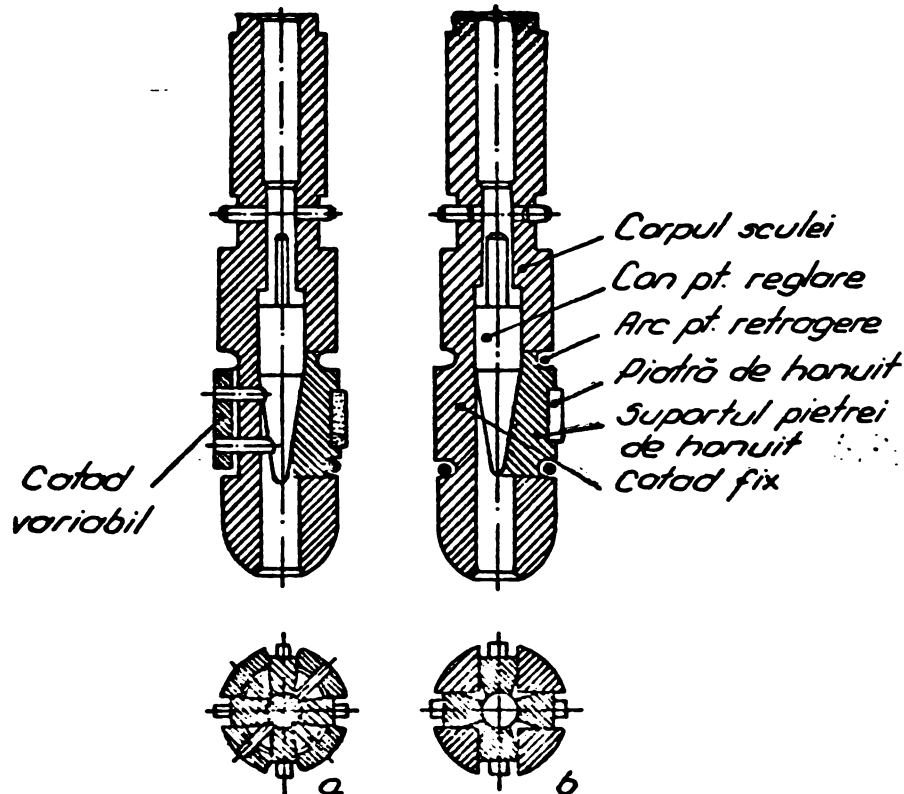


Fig. 2.4 Schița de principiu a celor două tipuri de capete de hăruit

Honuirea electrochimică cu catod variabil, impune prin urmare un mecanism aparte, care, pe toată durata procesului de prelucrare electrochimică, trebuie să asigure menținerea intersti -

țiului la o valoare constantă. Un astfel de mecanism, acționat de obicei hidraulic, complică foarte mult construcția capului de honuit și a întregului utilaj, sporindu-i în mod substanțial prețul de cost pentru minime avantaje aduse în principal timpului de prelucrare. Datorită adaosurilor relativ mici care sînt lăsate pentru honuirea electrochimică (0,2 - 1 mm pe diametru) timpii de prelucrare sînt și ei foarte reduși (de ordinul secundelor) și prin urmare, folosirea unui asemenea cap de honuit cu catod variabil este foarte rar justificată.

Capetele de honuit cu catod fix (fig. 2.4. b), au o utilizare mult mai largă, justificîndu-se prin aceeași precizie de prelucrare, obținută în timpii doar cu puțin mai mari ca în primul caz.

În graficul din figura 2.5. este reprezentată variația adaosului îndepărtat în funcție de timp în cazul folosirii celor două tipuri de capete de honuit, cu catod fix (b), respectiv cu catod variabil (a).

Intr-adevăr, reluînd relația (32), se vede că rezistența electrolitului crește odată cu mărimea interstițiului, și prin urmare valoarea curentului care circulă prin electrolit, conform legii lui Ohm, scade. Din relația 7 bis, care dă valoarea timpului de prelucrare electrochimică, se constată că în cazul scăderii intensității curentului, timpul de prelucrare crește.

În ambele construcții de capete de honuit rolul barelor abrazive este dublu:

a) acela de a asigura păstrarea în permanență a interstițiului pe toată circumferința, necesar producerii fenomenului de electroliză, prin presiunea pe care o dezvoltă radial pe suprafața anodului și

b) acela de a depasiviza suprafața piesei (anodului), în vederea asigurării în permanență a acțiunii unui curent constant. În același timp, barele abrazive realizează și honuirea mecanică, prin care se contribuie la mărirea productivității procesului, aceasta așa cum este cunoscut fiind în raport invers proporțional cu duritatea materialului de la anod.

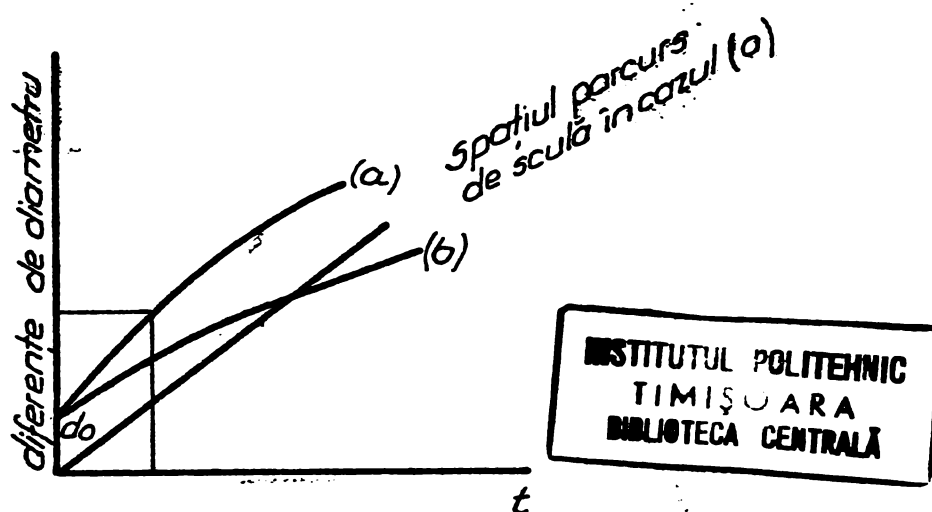
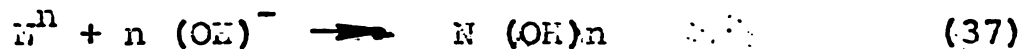


Fig. 2.5 Comparații între honuirea electrochimică cu catod variabil (a) și fix (b).

În interstițiul asigurat prin diferența de dimensiuni, a diametrului capului de honuit și alezajului, se introduce un electrolit sub presiune care facilitează circulația curentului electric și odată cu acesta se produce electroliza.



Datorită faptului că metalele supuse prelucrării prin honuire electrochimică se combină în soluție și dau hidroxizii metalici, aceștia precipită și nu influențează în nici un fel asupra catodului. Astfel, procesul de electroliză are loc numai prin dizolvare anodică, catodul (scula) nefiind în nici un fel afectat.

Rezultatul aici un alt mare avantaj al prelucrării electrochimice este că s-a mai arătat și mai este lăsa onidării

Pentru ca procesul de electroliză să decur-  
gă corespunzător și pentru a nu se producă scurtcircuite, intersti-  
țiul nu trebuie să fie mai mic de 0,1 mm. La mașinile moderne de  
prelucrat electrochimic, pentru evitarea scurtcircuitelor și pentru  
protecția sculei, sînt prevăzute circuite protectoare care întrerup  
alimentarea cu curent în cazul în care între anod și catod apar a-  
tingeri.

La honuirea electrochimică a alezajelor  
lungi, ca și în cazul honuirii electrochimice obișnuite, capetele  
pot fi cu catod fix sau cu catod variabil. [S.10.]. În acest caz  
însă, dat fiind faptul că prin prelucrarea convențională anterioară  
nu se poate asigura încadrarea în limite de abateri strînse, se re-  
comandă capete de honuit cu catod variabil pentru a asigura posibi-  
litatea de prelucrare în aceste condiții și în plus să se îndepăr-  
teze adaosul, care, de această dată, este mult mai mare și anume de  
1,5 ÷ 2 mm.-

- a. Tijă de reglare
- b. Con de prindere
- c. Rigla de ghidare
- d. Suprafața catod
- e. Piatră de honuit
- f. Con de reglare
- g. Izolație

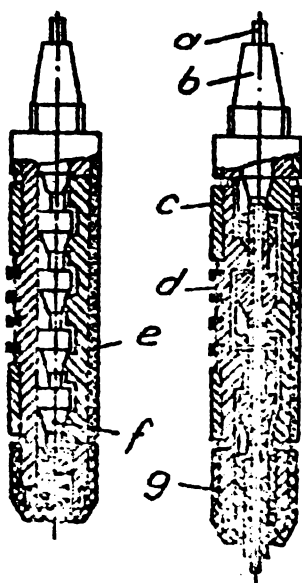


Fig. 2.6 Secțiune prin cele două tipuri de  
capete de honuit electrochimic

În fig.2.6. sînt schițate capete de honuit pentru alezaje lungi cu catod fix (fig.2.6.a) și cu catod variabil (fig.2.6.b). Particularitatea acestor capete constă în faptul că, pe lîngă barele abrazive de ghidare, există suplimentar, la fiecare capăt al honului, ghidaje confecționate din materiale ceramice rezistente la uzură, în vederea asigurării unei ghidări mai eficiente. [S.10.]

De asemenea, se mai pot prevedea plăcuțe de ghidare intermediare chiar pe suprafața catodului în vederea asigurării ghidajului și deci a evitării scurtcircuitului, chiar în cazul suprafețelor foarte denivelate.

Pietrele de honuit, în acest caz, sînt de două ori mai lungi ca elementul catod, în vederea asigurării unei prelucrări corespunzătoare a piesei și la punctele de inversare a cursei.

Pentru honuirea electrochimică a alezajelor cu diametre foarte mici și lungi, precum și pentru acelea cu diametre foarte mari și lungi, sculele sînt construite complet diferit de cele descrise pînă în prezent. Asemenea "bare de honuit electrochimic" sînt reprezentate în fig. 2.7. a și 2.7. b.

Datorită faptului că în aceste cazuri barele de honuit trebuie să asigure transmiterea de curenți de <sup>mărimi</sup> pînă la 10000 A și prelucrarea de forțe mari, ele se construiesc din aliaje de conductibilitate și rezistență ridicate. [S.6.] ; [S.10.]

Trebuie subliniat de asemenea că, forma capetelor de honuit electrochimic mai este dictată și de modul în care electrolitul este injectat în interstițiul dintre anod și catod.

Se cunoaște, astfel, capete de honuit electrochimic, în care electrolitul este introdus prin nișă foarte practică chiar în corpul sculei; construcția noilor scule asigură o bună circulație a electrolitului și, prin urmare, depășirea

vizarea hidrodinamică și deci procesul de honuire electrochimică. Construcțiile mai vechi rezolvă problema circulației electrolitului printr-un canal executat în mijlocul capului de honuit (fig. 2.4.) motiv pentru care, capul honului are formă rotunjită în scopul evitării loviturii de berbec care apare la mișcarea de coborâre a sculei. Modalitatea de introducere a electrolitului în interstițiu este în funcție de înălțimea de honuire. Se recomandă astfel [S.10.] ca electrolitul să fie introdus prin interiorul sculei pentru alezajele mai scurte de 25 mm și mai lungi de 35 mm.

La procesul de honuit convențional, începând cu anii 1952 - 54, încep să fie utilizate capete de honuit cu bare abrazive din granule de diamant. Barele de honuit sînt obținute prin aplicarea pe un suport rigid, de obicei bronz sau aliaje de oțel, a unui strat de granule de diamant într-un liant sinterizat:

Rugozitatea obținută este în funcție de mărimea granulelor de diamant utilizate [K.4.]

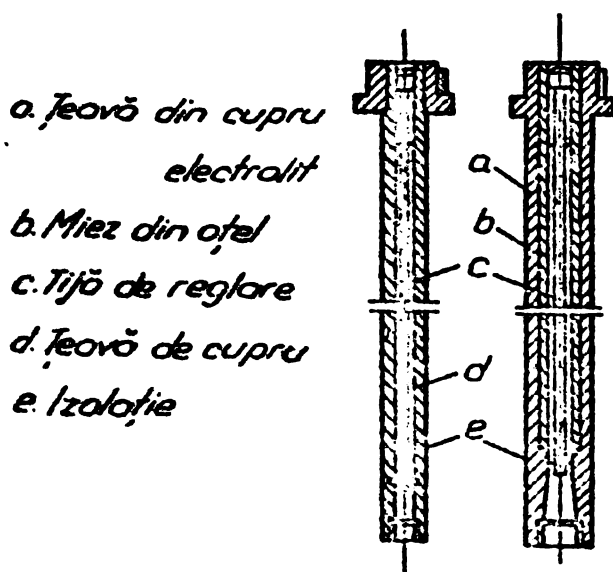


Fig. 2.7 Capete de honuit electrochimic speciale

Odată cu aplicarea pe scară mare a acestui procedeu este evident că, rezultatele obținute privind rugozitatea și precizia de formă sînt mult îmbunătățite.



Folosirea acestor bare cu granule de diamant, la honuirea electrochimică, s-a dovedit a fi foarte bună, deoarece datele obținute din cercetările de pînă acum, indică rezultate mult superioare. Honuirea electrochimică cu folosirea barelor cu diamant este un procedeu nou, care pe baza cercetărilor ce se desfășoară în continuare își va găsi domenii de utilizare din ce în ce mai largi. [U.1.]

### 2.2.2. Sursa de curent continuu

Ca sursă de curent pentru honuirea electrochimică, se pot utiliza generatoare de curent continuu sau instalații de redresare a curentului alternativ. În cazul folosirii generatoarelor de curent continuu, instalația are în principiu un circuit compus din următoarele părți: (fig.2.8.)

1. motorul electric de curent alternativ, alimentat de la o rețea trifazată de curent.
2. generatorul de curent continuu
3. tabloul de comandă și protecție

Generatorul de curent continuu furnizează în cazul mașinilor de honuit, curenți ajungînd la valori de pînă la 10000 A, la o tensiune cuprinsă între 5 - 20 V.

Deoarece, așa cum s-a arătat, pentru asigurarea unei honuiri de precizie este necesar ca tensiunea să rămînă constantă în tot timpul prelucrării, circuitul trebuie să fie prevăzut cu un sistem de reglaj pentru menținerea tensiunii constante [M.2] ; [W<sub>2</sub>]

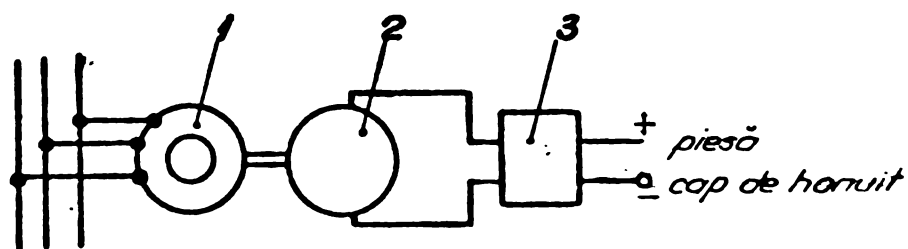


Fig. 2.8 Schema circuitului de curent continuu

De asemenea, întregul circuit este prevăzut cu un sistem de protecție, care, în cazul apariției scurtcircuitului, deconectează instalația. Cele mai moderne scheme de protecție pentru scurtcircuit, sînt realizate cu tiristori, asigurîndu-se în acest mod o deconectare aproape instantanee. [S.9.]

Cele mai uzuale generatoare de curent continuu sînt construite pentru a furniza un curent de 1500 A la tensiunea de max. 15 V. Pentru cazurile deosebite, în onuirea electrochimică sînt utilizate generatoare de curent continuu care pot furniza un curent de 5000, sau chiar 10000 A, valorile tensiunii fiind de maxim 20 V.

Valorile maxime ale densității de curent atinse pînă în prezent la mașinile de onuit electrochimic sînt cuprinse între 0,5 - 3 A/cm<sup>2</sup>. [S.9.]

După cum se poate constata din relația (31) volumul de material dizolvat la anod este direct proporțional cu intensitatea curentului absorbit. Rezultă deci, că la densități de curent ridicate, capacitatea de dizolvare anodică crește, motiv pentru care generatoarele de curent continuu folosite la onuirea electrochimică trebuie alese în concordanță cu caracteristicile suprafețelor de prelucrat.

Pentru obținerea curentului continuu se mai pot folosi și instalații de redresare a curentului alternativ, instalații cu caracteristici corespunzătoare regimului de lucru necesar onuirii electrochimice. Cele mai moderne instalații de redresare sînt acelea cu diode de siliciu cu conectare bilaterală.

Cunoscînd că, procesul de onuire prin dizolvare anodică, este funcție de timp, (relația 7 bis), și cunoscîndu-se dimensiunile de plecare și cele care trebuie reat

lizate, la o anumită valoare a curentului electric ampermetrul înseriat în circuitul acestuia comandă întreruperea alimentării cu curent, respectiv oprirea procesului de dizolvare anodică. Ampermetrul se poate conecta în circuitul primar al transformatorului sau în circuitul secundar al generatorului.

Este evident că, pentru oprirea prelucrării funcție de amperajul atins, se impune ca tensiunea curentului și conductibilitatea electrolitului să rămână constante. La capetele de honuit cu catozi extensibili, interstițiul rămâne constant (fig.2.5), deci și intensitatea curentului și prin urmare această metodă nu se poate aplica. De această dată controlul dimensiunilor atinse trebuie executat prin alte metode (palparea mecanică).

### 2.2.3. Agregatul pentru electrolit

Cunoscându-se importanța deosebită pe care o are electrolitul în prelucrarea electrochimică în general și la honuirea electrochimică în special, circuitului acestuia i se acordă o deosebită importanță. (fig.2.9.).

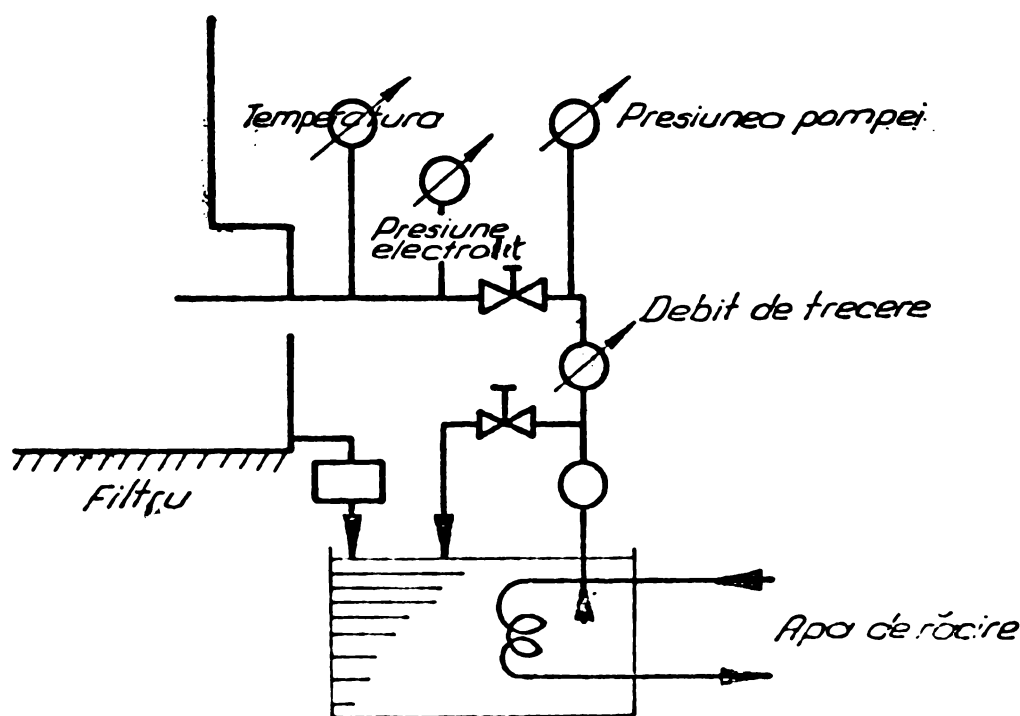


Fig. 2.9 Schema circuitului electrolitului

In componența agregatului pentru electrolit sînt cuprinse:

- rezervorul de electrolit
- instalația de filtrare
- pompa de electrolit
- drosel
- aparataje pentru măsurarea conductibilității, temperaturii și presiunii.

tății, temperaturii și presiunii.

### 22.3.1. Rezervorul de electrolit

Construcția rezervorului de electrolit se cere a fi realizată fie din materiale plastice fie din inoxidabile, cunoscîndu-se că electrolizii cei mai des utilizați în onuirea electrochimică sînt foarte corosivi.

Capacitatea acestora este impusă de caracteristicile mașinii de onuit, fiind determinată de volumul de electrolit ce se vehiculează în procesul de prelucrare. Practic, sînt întîlnite rezervoare de capacități foarte variate, cuprinse între 30 și 1000 l.

Deoarece, din studiile efectuate de mai mulți cercetători, s-a constatat că variații de temperatură de numai 1°C pot conduce la abateri de 0,01 mm și cunoscînd că preciziile de realizat sînt sub această limită, în scopul păstrării unei temperaturi constante, rezervoarele sînt prevăzute cu serpentine de răcire.

### 2.2.3.2. Instalația de filtrare

În timpul procesului de prelucrare electrochimică, datorită reacțiilor chimice așa după cum este cunoscut se dezvoltă gaze și hidroxid de fier. Gazele, ce devin libere în timpul procesului de dizolvare anodică, atît prin depunerea pe catod, precum și prin amestecarea cu soluția electrolitică, scad conductibilitatea acesteia. În cazul special al onuirii electrochi-

mice, datorită mișcării de rotație și translație pe care o are capul de honuit, cea mai mare parte a hidrogenului dezvoltat este ușor eliminată.

Reziduurile dizolvării anodice, hidroxidul de fier, împreună cu așchiile desprinse de pietrele de honuit, formează nămolul anodic, care în suspensie în soluție, micșorează conductibilitatea electrolitului, influențând direct asupra cantității de material dizolvat. În fig.2.10. se prezintă variația conductibilității specifice a soluției de NaCl în funcție de gradul de impuritate.

Pentru menținerea proprietăților electrolitului, se introduce în circuitul de lucru un sistem de filtrare. Primele instalații la care s-a folosit pentru filtrare celuloza nu au dat rezultate satisfăcătoare.

În prezent sînt folosite sisteme de filtrare bazate pe principiul gravitațional și mai ales filtrele centrifugale.

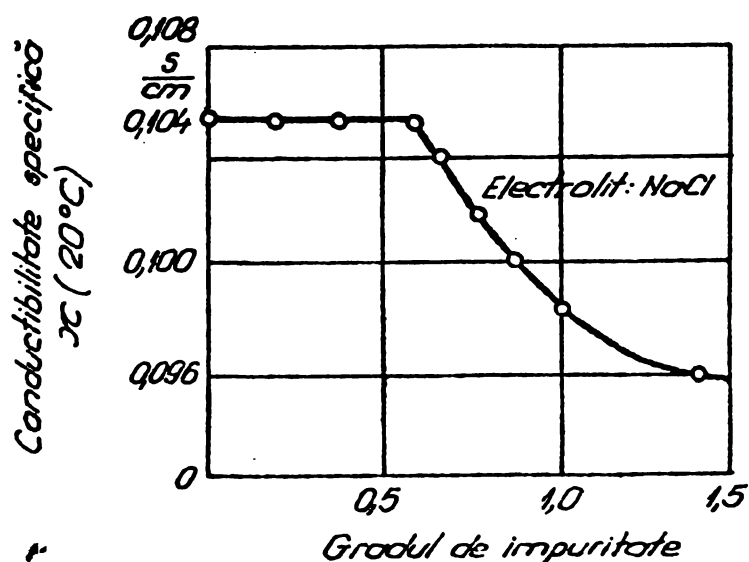


Fig. 2.10 Influența impurităților soluției electrolitice asupra conductibilității specifice

### 2.2.3.3. Pompa de electrolit

Elementul principal al agregatului pentru electrolit îl constituie pompa, care, prin caracteristicile sale constructive, trebuie să realizeze presiunea și debitul, respectiv viteza de scurgere a electrolitului, corespunzătoare unui regim de lucru potrivit, în vederea asigurării procesului continuu de dizolvare anodică.

După cum s-a arătat, circulația electrolitului în interstițiul de lucru are un rol deosebit în ceea ce privește eficiența prelucrării, calitatea suprafeței prelucrate și precizia dimensională, de aici necesitatea determinării vitezei de circulație a electrolitului în interstițiul de lucru.

Expresia vitezei de curgere a electrolitului, dedusă pe baza ecuației lui Bernoulli [D.2], are forma:

$$v_e = \delta \sqrt{\frac{2g}{\gamma} \cdot \Delta p}$$

în care:

$\delta$  - coeficient de pierderi pe conductă

(0,8 - 0,8)

$g$  - accelerația gravitațională

$\gamma$  - greutatea specifică

$\Delta p$  - diferența de presiune între intrarea și ieșirea electrolitului.

Știind că la o creștere a densității de curent, crește cantitatea de material dizolvat și că în același timp se produce o creștere a temperaturii electrolitului, este necesar ca debitul de electrolit să fie suficient, să circule cu o viteză mare cu scopul înlăturării materialului dizolvat, a gazelor și a căldurii dezvoltate în timpul procesului de electrochimie. Din această cauză, viteza de circulație a electrolitului trebuie să fie direct proporțională

onală cu densitatea curentului de lucru.

Pentru evitarea apariției neregularităților provocate de circulația turbulentă a electrolitului, viteza de curgere este limitată la maxim 50 m/s.

Dat fiind faptul că la honuirea electrochimică depasivizarea hidrodinamică joacă un rol mai puțin important, aceasta făcându-se în principal prin mișcarea complexă a sculei, viteza de circulație a electrolitului este studiată cu scopul de a asigura randamentul maxim al dizolvării anodice.

În vederea satisfacerii cerințelor procesului de prelucrare, pompele întrebuintate la honuirea electrochimică pot fi de tipul pompelor centrifuge sau cu role, dezvoltând o presiune de 5 - 10 kgf/cm<sup>2</sup> și un debit cuprins între 40 - 80 l/min. Se urmărește, de asemenea, ca acestea să aibă părțile care vin în contact cu electrolitul protejate, sau executate din materiale anti-corosive.

Celelalte părți componente ale instalației pentru electrolit nu joacă un rol funcțional deosebit. Acestea au diferite funcții, îndeplinind în toate cazurile condiția de a fi executate din materiale anticorosive (cauciuc, plastic) sau fiind protejate cu materiale anticorosive.





### CAP. III. ADAPTAREA MASINII DE HONUIT MECANIC PENTRU HONUAREA ELECTROCHIMICA

#### 3.1. Scopul lucrării

Honuirea electrochimică, puțin cercetată și mai puțin aplicată pe scară mondială, nu și-a găsit, pînă în prezent adepți pentru aplicarea în țara noastră a acestui modern și productiv procedeu.

După cîte cunoaștem, la noi în țară nu există încă în producție nici o mașină de honuit electrochimic. Fenomenul, cunoscut de altfel teoretic, nu cunoaște pînă în prezent nici preocupări de studii în laboratoare de cercetări, deși documentele de partid și de stat prevăd necesitatea dezvoltării și aplicării tehnologiilor noi.

Este adevărat că nici bibliografia de specialitate nu conține prea multe date privind atât construcția mașinilor de honuit cît și date tehnologice.

Lucrarea de față își propune să aducă unele contribuții teoretice și practice în scopul completării cunoștințelor cu privire la acest procedeu, contribuind astfel la introducerea

rea în viitorul apropiat și în industria noastră constructoare de mașini.

În vederea desfășurării cercetărilor s-a studiat posibilitatea realizării unui model experimental prin modificări ale unei mașini de hounit obișnuită, în scopul de a o transforma pentru hounire electrochimică. În acest fel s-a reușit să se realizeze practic prima mașină de hounit electrochimic din țară, prin adaptarea unei mașini de hounit mecanic. La baza adaptărilor efectuate stau cunoștințele teoretice descrise sumar în primele două capitole ale prezentei lucrări, precum și cunoștințele și experiența acumulată pe parcursul numeroaselor experimentări efectuate.

Se desprinde astfel, de aici, scopul dublu al lucrării și anume:

- realizarea utilajului pentru hounirea electrochimică.

- cercetarea procesului de hounire electrochimică în vederea stabilirii avantajelor acestuia și determinarea domeniilor de aplicare.

### 3.2. Realizarea utilajului pentru hounirea electrochimică

Numeroasele variante realizate până în prezent privind adaptarea unei mașini de hounit obișnuit în scopul hounirii electrochimice, au condus în final la realizarea unui assemblaj utilaj, care, din punct de vedere al posibilităților și performanțelor, poate să fie comparat cu oricare utilaj de hounit electrochimic, special construit.

Conținerea formei definitive a mașinii de hounit electrochimic, a fost îngreunată și de lipsa unor materiale necesare de fabricație indigenă cu care să se realizeze una-

puțină documentație existentă pe plan mondial cu privire la acest nou procedeu de prelucrare.

În cele ce urmează sînt prezentate principalele măsuri și contribuții privind adaptarea unei mașini de honuit clasică pentru a putea efectua honuirea electrochimică. Considerăm necesar de a sublinia în prealabil cîteva din caracteristicile constructive ale mașinii și ale honuirii propriu zise pentru a stabili condițiile și modalitățile de adaptare.

### 3.2.1. Honuirea, Principiu. Utilajele folosite.

După cum se cunoaște, prelucrarea de netezire a alezajelor prin honuire se execută la mașini și cu scule de construcție specială. Scula formată dintr-un cap special conține bare abrazive și execută o mișcare combinată de rotație și translație.

Construcția honului trebuie să asigure o extensiune uniformă a barelor abrazive, astfel ca să se asigure aceeași presiune pe toată suprafața care se prelucrează.

În funcție de mărimea alezajului care trebuie prelucrat, capetele de honuit au un anumit număr de bare abrazive.

La efectuarea netezirii prin honuire mecanică sînt necesare două operații și anume de eboș și de finisare. Necesitatea acestor faze de honuire este dictată de asigurarea unei productivități corespunzătoare și evident în raport direct cu granulația barelor abrazive folosite.

Pe lîngă avantajele pe care le prezintă honuirea mecanică, se pot scoate în evidență și unele dezavantaje, dintre care amintim:

- pătrunderea granulelor abrazive în suprafața prelucrată, ceea ce poate conduce la gripări ulterioare ale acestora;

- înbîcsirea rapidă a pietrelor în cazul honuirii materialelor moi;

- prelucrarea foarte grea sau imposibilitatea prelucrării materialelor foarte dure.

Datorită celor arătate mai sus, precum și faptului că în construcția de mașini se necesită folosirea de materiale din ce în ce mai dure și pentru acest procedeu se caută noi modalități de prelucrare care să depășească granițele posibilităților oferite de prelucrările convenționale.

Mașina de honuit aleasă pentru studiu, experimentare și adaptare este de tip vertical, de fabricație sovietică și a fost destinată pentru honuirea cilindrilor, manșoanelor și altor piese cu alezaje cilindrice, care se uzinează în serie sau în producție de masă.

În figura 3.1. este reprezentată schema generală a mașinii, subansamblele principale fiind următoarele:

- placa de bază (B), cu masa de lucru (L);
- coloana mașinii (batiul), (C) fixat în placa de bază, pe care se găsește montată în partea superioară cutia de viteze și motorul electric de acționare (R), care realizează mișcarea de rotație a arborelui port sculă;
- instalația hidraulică de forță (T), pentru asigurarea mișcării de translație alternativă a arborelui principal, compusă din motorul electric de antrenare, pompă de ulei, distribuitor, mecanism de conducere în cilindrul de acționare;
- capul de honuit;

Caracteristicile constructive, domeniul de lucru și caracteristicile tehnice ale acestei mașini de honuit sînt următoarele:

- diametrul alezajului ce se poate prelucra, maxim 160 mm, minim 60 mm;
- cursa maximă a arborelui principal, 450mm
- cursa minimă a arborelui principal, 60 mm

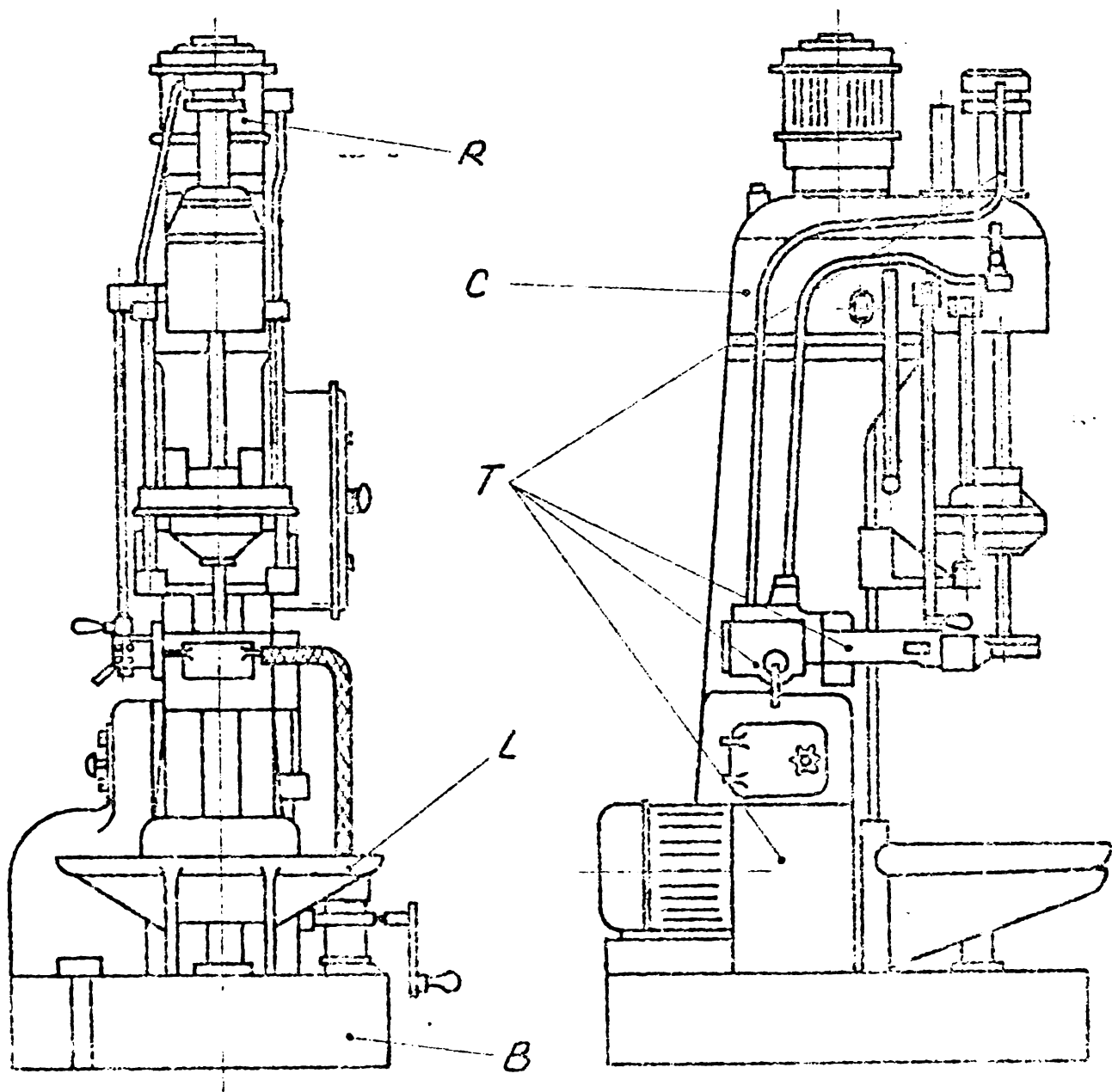


Fig. 31



- treptele de turație: 114 rot/min, 180 rot/min, 284 rot/min;

- viteza mișcării de translație alternativă (reglaj hidraulic continuu) cuprinsă între 0 - 22 m/min;

- instalația de răcire, compusă dintr-o pompă centrifugală  $H = 1,5$  m;  $Q = 22$  l/min și un motor electric de acționare (0,1 kw);

- instalația electrică; schema electrică de principiu fiind arătată în fig.3.2. Comanda mașinii se realizează de la un panou de comandă.

Pentru asigurarea unghiului de înclinare al traiectoriei mișcării, raportul dintre viteze se poate alege în funcție de calitatea materialului care se prelucurează, fiind, în cazul mașinii de mai sus, recomandat între limitele arătate în tabelul următor:

	UM	OTEL CALIT.	OTEL NECALIT.	FONTA, NEFEROASE
ROTATIE	m/min	20 ÷ 35	45 ÷ 65	60 ÷ 75
TRANSLATIE	m/min	5 ÷ 10	10 ÷ 15	15 ÷ 20
ADAOS DE PRELUCRARE	mm	0,01 ÷ 0,06	0,01 ÷ 0,06	0,02 ÷ 0,2

În același tabel sînt indicate adaosurile de prelucrare recomandate (mm)

Presiunea specifică a pietrelor de honuit se recomandă să fie de:  $1 \div 4$  kgf/cm<sup>2</sup> pentru honuirea de eboș și  $0,5 \div 2$  kgf/cm<sup>2</sup> pentru honuirea de finisare.

3.3. Prezentarea principalelor modificări și adaptări în vederea creerii posibilităților pentru experimentarea honuirii electrochimice.

Din prezentarea parametrilor caracteristici constructivi și funcționali ai mașinii de honuit mecanic, luată în considerare pentru a fi adaptată pentru prelucrări de netezire prin procedeul electrochimic, s-a constatat că se poate efectua o adaptare corespunzătoare pentru folosirea mașinii ca model experimental.

Ținând seama de particularitățile principiului de lucru la honuirea electrochimică a alezajelor, în comparație cu honuirea clasică, se constată necesitatea efectuării unor modificări și adaptări constructive a mașinii și completarea în ansamblu, cu instalațiile necesare pentru realizarea prelucrării respectiv asigurarea procesului de dizolvare anodică.

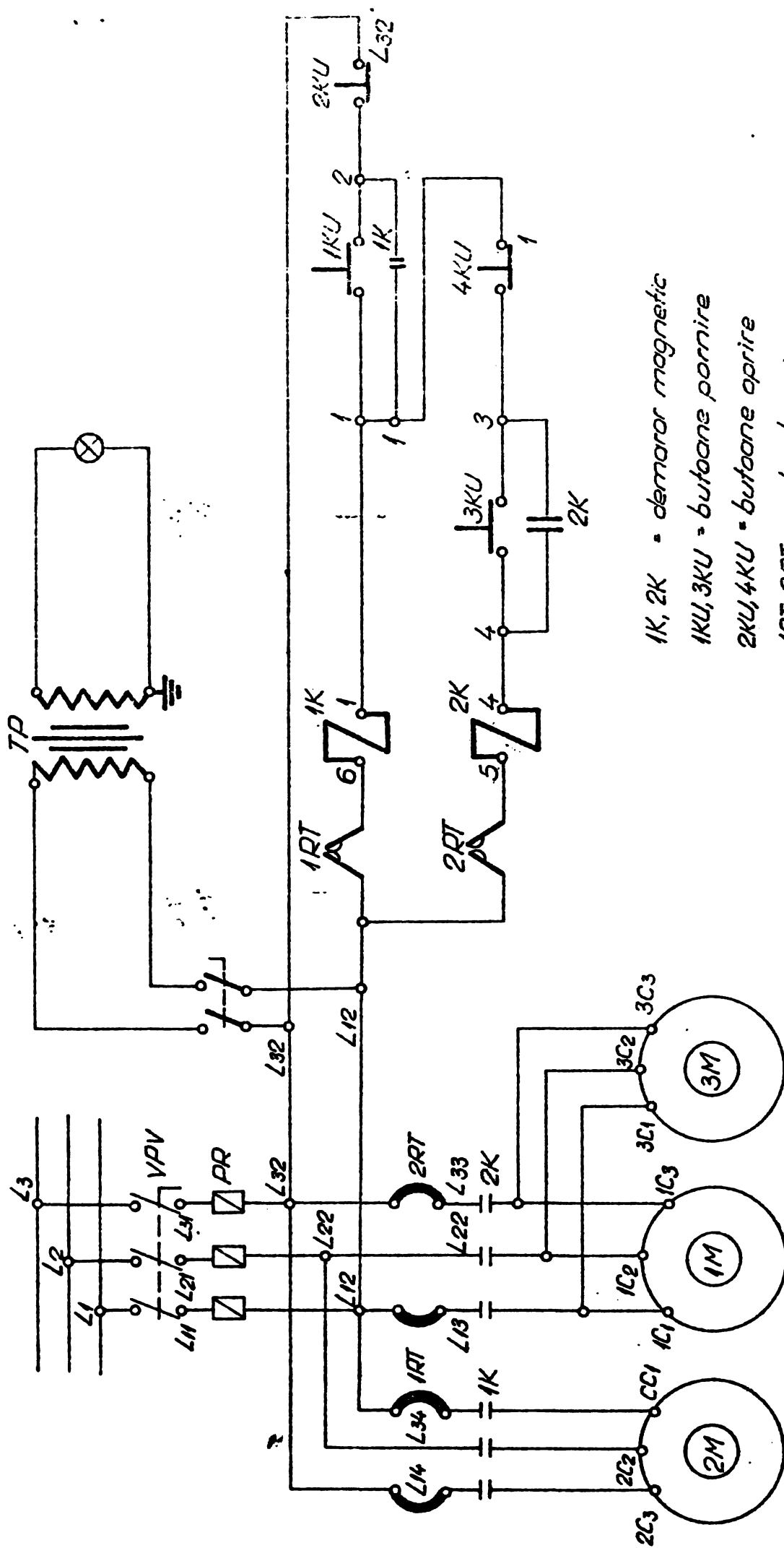
Din schema bloc, prezentată în fig.3.3., se poate vedea care sînt sistemele prin care s-a completat mașina de honuit, în afară de modificările și completările efectuate direct asupra mașinii.

În consecință, instalația specială, complexă pentru experimentarea procesului de honuire electrochimică, a fost concepută și se compune din următoarele părți principale:

1. Mașina de honuit propriu-zisă
2. Capul de honuit electrochimic
3. Camera de lucru
4. Instalația - agregat pentru electrolit
5. Sursa de curent continuu și instalația electrică de deservire a utilajului.

Ideea de bază care a stat în atenție la adaptările ce s-au efectuat în scopul urmărit, a fost tocmai respectarea definiției procesului urmărit a se realiza, adică asigurarea desfășurării unui proces de dizolvare electrochimică a materialului piesei de prelucrat, concomitent cu acțiunea de îndepărtare mecanică





1K, 2K - demaror magnetic  
 1KU, 3KU - butoane pornire  
 2KU, 4KU - butoane oprire  
 1PT, 2RT - releu termic  
 PR - siguranțe  
 VPV - întrerupător pachet  
 TP - transformator (coborâre)

Motor electric pentru acționarea instalației hidraulice (mecanismul de transferie sculei)  
 Motor electric pt. acționarea pompei de răcire  
 Motor electric pt. acționarea pompei de răcire

Fig. 3.2  
Schema electrică de principiu



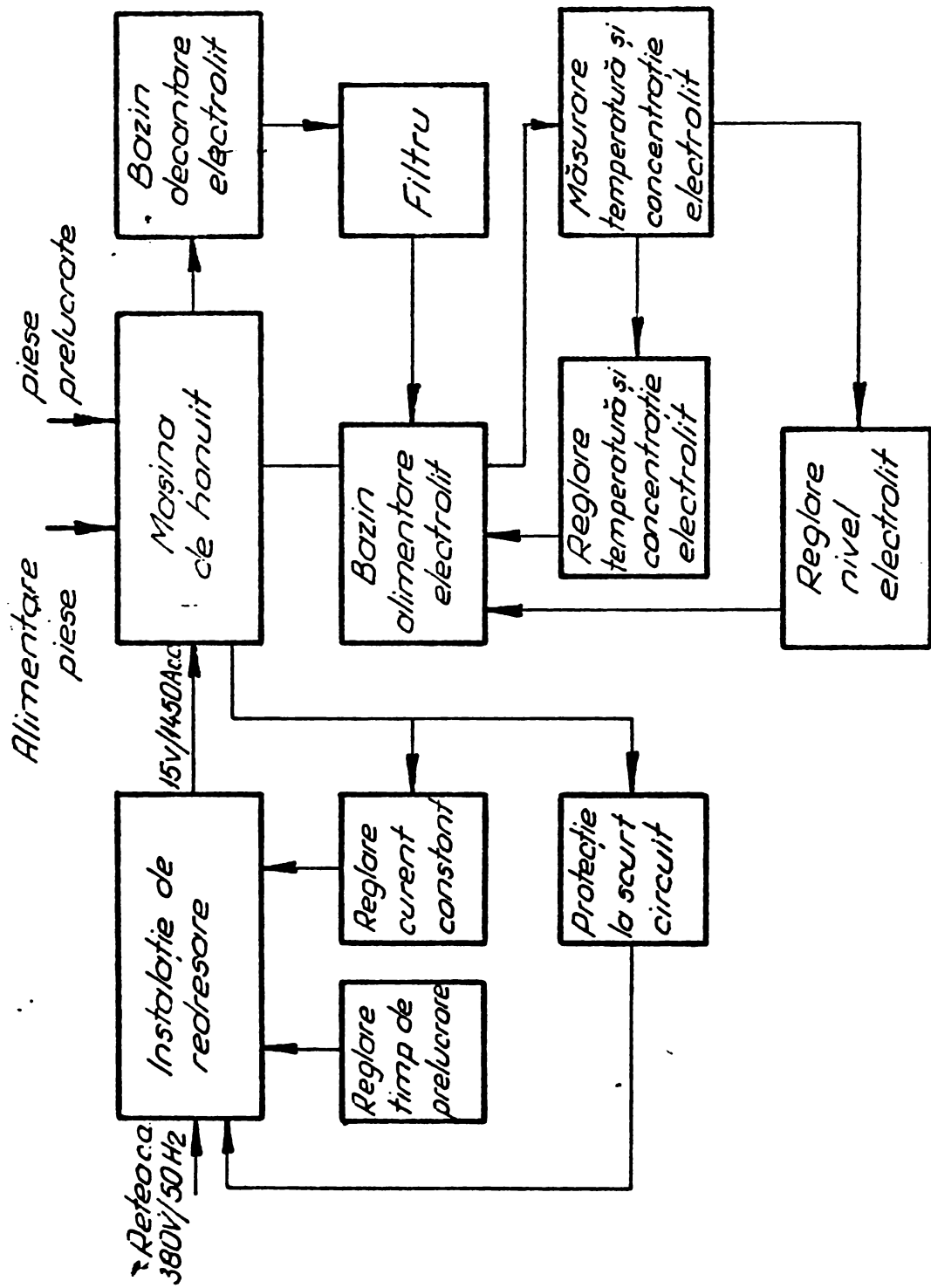


Fig. 3.3 Schema bloc a instalației de hanuire electrochimică



că a peliculei anodice.

Schematic, principiul de funcționare al instalației pentru honuit electrochimic este arătat în fig.3.4.

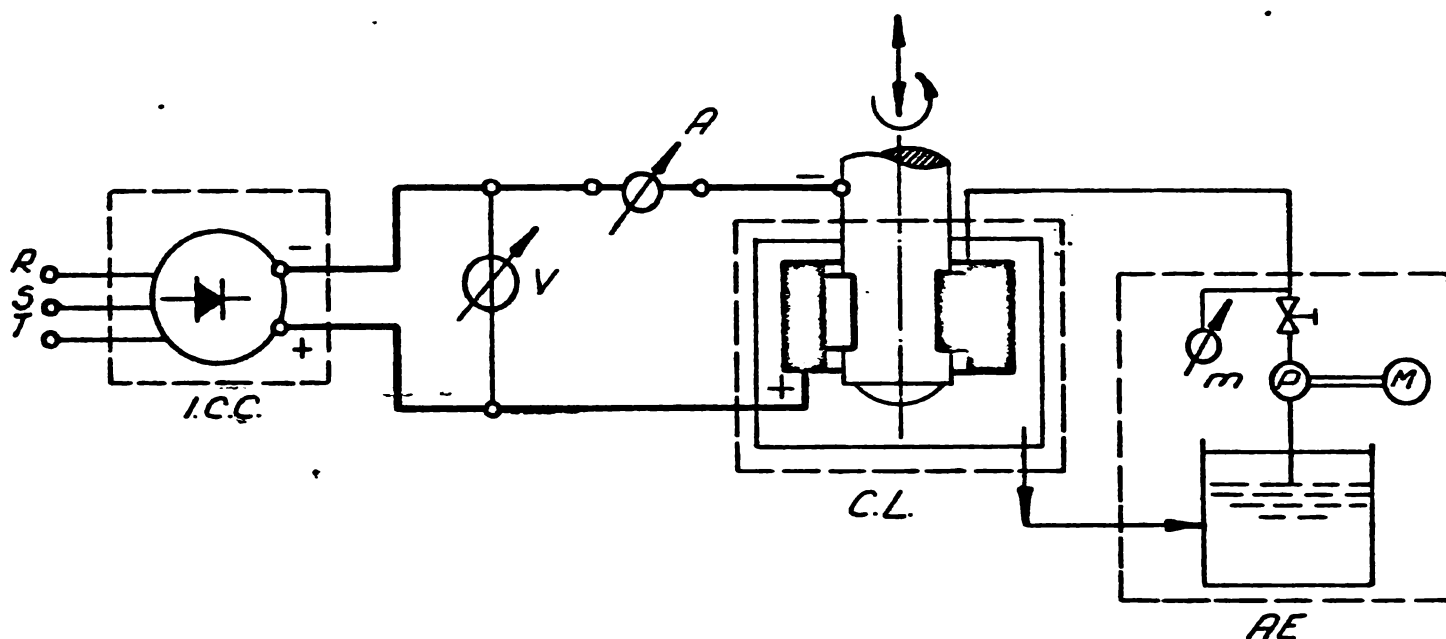


Fig. 3.4

Pentru a se produce dizolvarea anodică, principiu care stă la baza prelucrării electrochimice, trebuie să existe o sursă de curent continuu (I.C.C.), piesa de prelucrat fiind legată la polul pozitiv (anod) iar scula (honul), la polul negativ (catod).

Tot pentru formarea peliculei anodice, este necesară prezența unui agent de lucru, electrolitul, care să circule între cei doi electrozi. În acest scop este necesară o instalație agregat (A.E.), de construcție specială, care să asigure în mod continuu această circulație.

Deoarece, în procesul de prelucrare, fiecare din părțile componente ale mașinii și instalațiilor anexe au un rol important, în cele ce urmează se va face o prezentare detaliată a fiecăreia dintre subansamblurile componente, alegerea soluțiilor constructive și explicația modului de funcționare.

### 3.3.1. Mașina de honuit propriu-zisă

#### 3.3.1.1. Realizarea mișcărilor de translație alternativă și de rotație a axului portsculă.

În cazul folosirii procedeului de honuire electrochimică, la fel ca și în situația honuirii mecanice, arborele portsculă și implicit șcula, trebuie să execute o mișcare combinată, de rotație și translație alternativă.

Literatura de specialitate recomandă ca, în cazul honuirii electrochimice, cele două mișcări ale șculei să fie realizate prin acționare hidraulică, care prezintă mai multe avantaje și anume:

- posibilitatea reglării continue a vitezelor de lucru.
- posibilitatea de schimbare în mod simplu și rapid a cursei de lucru.
- asigurarea unei funcționări liniștite, fără trepidatii, a mașinii.
- obținerea unei înalte precizii a mișcărilor șculei.

Trebuie precizat că mașina verticală de honuit mecanic, transformată, pentru a fi folosită la experimentarea honuirii electrochimice, este dotată, prin construcția sa, cu instalația hidraulică pentru transmiterea mișcării alternative arborelui portsculă, asigurând o viteză continuu reglabilă a capului de honuit de la zero la 22 m/min.

Acest sistem de acționare s-a păstrat nemodificat și în cazul honuirii electrochimice, considerându-se că fiind corespunzător.

În ceea ce privește mișcarea de rotație a șculei, aceasta este asigurată de un sistem de acționare mecanic,

cu ajutorul unei cutii de viteze, ce poate realiza trei trepte de turație (114, 180 și 284 rot/min.), iar în cazul utilizării unor roți dințate de schimb se pot obține și alte valori de turație.

Intrucât în faza de experimentare a procedurii de honuire electrochimică, pentru a nu complica prea mult modificările ce trebuiesc aduse mașinii de honuit mecanic, se poate admite să se lucreze fără realizarea unei variații continue a turației, s-a păstrat sistemul existent. În aceste condiții trecerea de la o turație la alta se realizează prin maneta de schimbare a turațiilor, numai în situația în care mașina este oprită.

Se menționează însă că, în cazul trecerii la proiectarea și execuția unei variante de mașină de honuit prin procedeul electrochimic, pentru realizarea mișcării de rotație a sculei, se poate folosi fie un variator hidraulic, compus dintr-o pompă hidraulică și un motor hidraulic, fie utilizarea acționării cu motor asincron trifazat cu tiristoare.

Folosirea variatorului mecanic cu fricțiune nu este recomandată, având comandă greoaie și alunecări apreciabile, de asemenea nici a variatorului electric, care, deși prezintă avantajul unor comenzi simple, cu pretare la automatizare, este neeconomic, necesitând un grup motor c.a. - generator c.c. - motor c.c., prezentând în același timp dezavantajul că mărește foarte mult gabaritul instalației.

De altfel, mișcările de rotație și de translație obținute la mașina de honuit folosită se înscriu între limitele de viteze recomandate de literatura de specialitate. Astfel experimentările făcute de R. Rossenberger și publicate în lucrarea "Untersuchungen über die Arbeitsbedingungen und den Einsatz des Electrochemischen" pe o mașină Standard tip SH 6 a firmei Nagel, au condus la rezultate foarte bune în condițiile utilizării

următoarelor viteze: 120 - 600 rot/min. și 120 - 600 curse ștable/min.

Deasemenea, în lucrarea "Electrochemische Eonen von langen Bohrungen", W. Strauss recomandă ca viteza de translație alternativă să fie cuprinsă între 0 - 21 m/min., iar turația să fie cuprinsă între 20 - 300 rot/min.

Față de recomandările de mai sus și în urma experimentărilor proprii efectuate, s-a constatat că vitezele de rotație posibile a fi realizate din construcția mașinii nu asigură un regim de lucru corespunzător honuirii electrochimice. Fiind necesară o sporire a valorilor vitezelor, s-a înlocuit motorul electric existent care asigură mișcarea de rotație și care era de tipul A.0 - 62/A de 10 kw/1500 rot/min., cu un motor de putere mai mică, dar cu turație mai mare.

Noul motor de tipul A.S.I. 7,5 kw/3000rot/min., asigură astfel treptele de viteză la 228, 360 și 568 rot/min. Prin mărirea vitezelor de lucru s-au putut obține rezultate mult îmbunătățite. O justificare ar fi aceea că, prin dublarea vitezei de rotație, se realizează o depasivizare mult mai accentuată a suprafeței anodului și o mai bună distribuire a electrolitului în interstițiu.

### 3.3.1.2. Mecanismul de ridicare - coborire al mesei de lucru.

Înainte de cuplarea mișcărilor sculei (translație și rotație), aceasta trebuie reglată astfel încât axa sa de simetrie să coincidă cu axa alezajului, realizându-se în acest mod un interstițiu (fantă) de lucru corespunzător de 0,1... 0,5 mm, uniform pe toată circumferința. În lipsa altor posibilități, controlul preciziei de reglare se poate face cu calibre spi-or.

Pentru a evita complicarea construcției



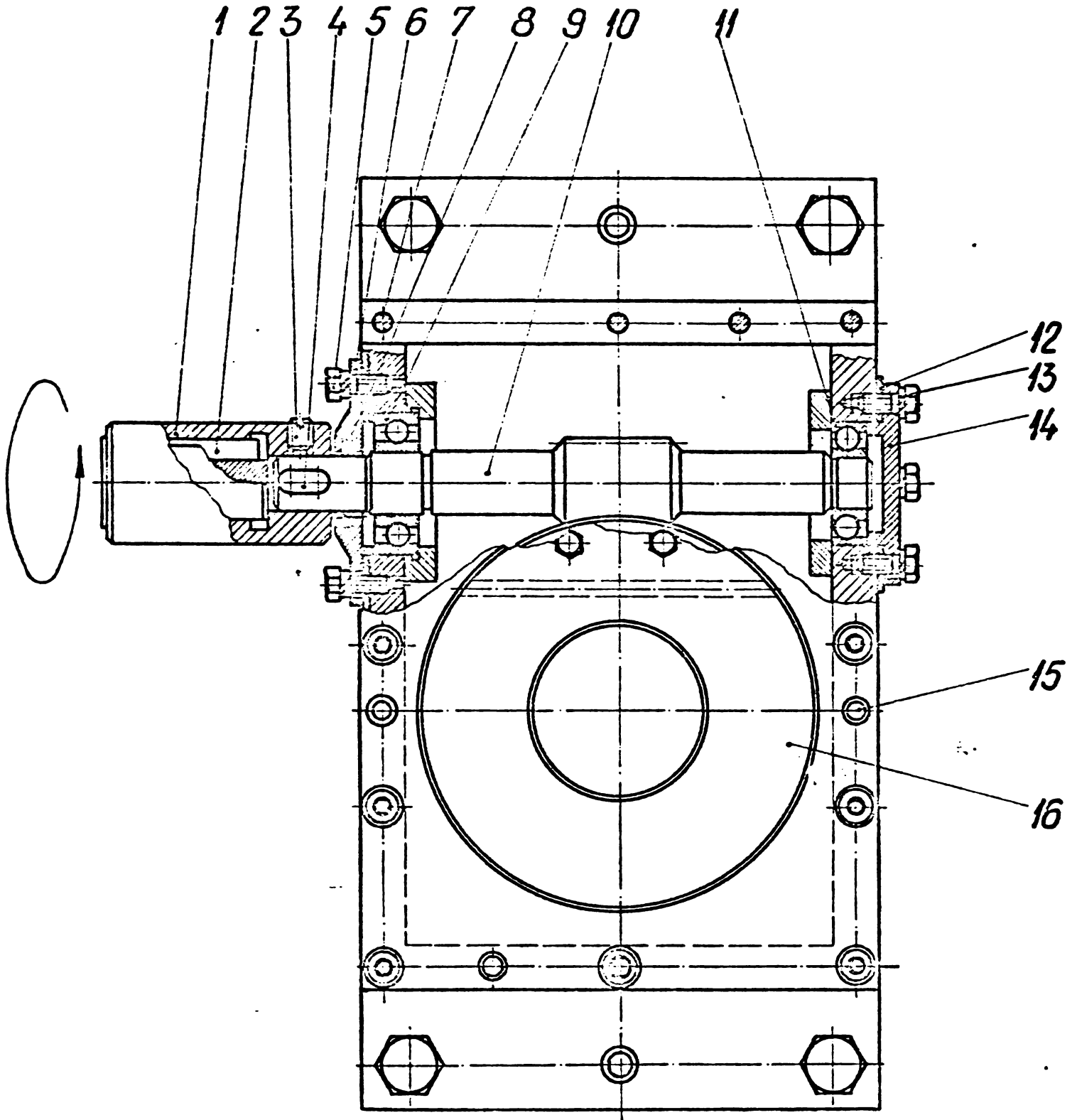


Fig.35 Reductorul dispozitivului de acționare a mesei

- |                        |                            |
|------------------------|----------------------------|
| 1. Bucșă antrenare     | 9. Rulment 204 (20×47×14)  |
| 2. Pană paralelă A8×45 | 10. Arbore melc            |
| 3. Știft filetat M8×12 | 11. Rulment 203 (17×40×12) |
| 4. Pană paralelă A5×15 | 12. Garnitură II           |
| 5. Șurub M6×16         | 13. Șaibă Grower N6        |
| 6. Capac I             | 14. Capac II               |
| 7. Garnitură I         | 15. Știft B II 8×30        |
| 8. Melc pistă 13       | 16. Roată melcori          |



acționării axului portsculă care să asigure reglarea capului de honuit în interiorul alezajului, această operație se realizează prin ridicarea mesei pe care se găsește fixată piesa.

Pentru ridicarea mesei, în vederea reglării mișcărilor de lucru, a fost conceput și realizat un dispozitiv compus din motor-reductor melcat (fig.3.5.), ce acționează surubul fără fine al mesei. Sistemul de antrenare al mesei, înlocuiește mecanismul de deplasare manual al mesei existent la mașină.

Prin schimbarea sensului de rotație al motorului de acționare se poate efectua ridicarea, respectiv coborîrea mesei, după dorință. Mecanismul de acționare este antrenat de un motor electric asincron de 0,75 kw/1000 rot/min.

Grupul de antrenare al mesei, astfel realizat, asigură o mișcare lentă de ridicare și coborîre a mesei, oferind posibilitatea reglării poziției acesteia în funcție de lungimea alezajelor care trebuie prelucrate.

Viteza de ridicare și coborîre a mesei obținută cu noul grup de antrenare este de 0,25 m/min.

Comanda mesei se face centralizat de la pupitrul de comandă al întregii instalații.

Izolarea din punct de vedere electric a mesei față de placa de bază și restul mașinii, este realizată printr-o placă de textolit montată între masa mașinii și camera de lucru în care se găsește și dispozitivul de fixare a piesei de prelucrat.

### 3.3.1.3. Alimentația cu curent a capului de honuit electrochimic.

Pentru efectuarea operației de honuire prin procedeul electrochimic, capul de honuit trebuie să fie conectat la polul negativ al sursei electrice de curent continuu.

Tinând seama de mișcările de translație alternativă și de rotație pe care le efectuează capul de honuit, pentru conectarea acestuia la catodul sursei de curent continuu, s-a adoptat un sistem de alimentare prin perii colectoare, dispuse pe un manșon colector din bronz, aplicat pe arborele mașinii de honuit (fig.3.6.).

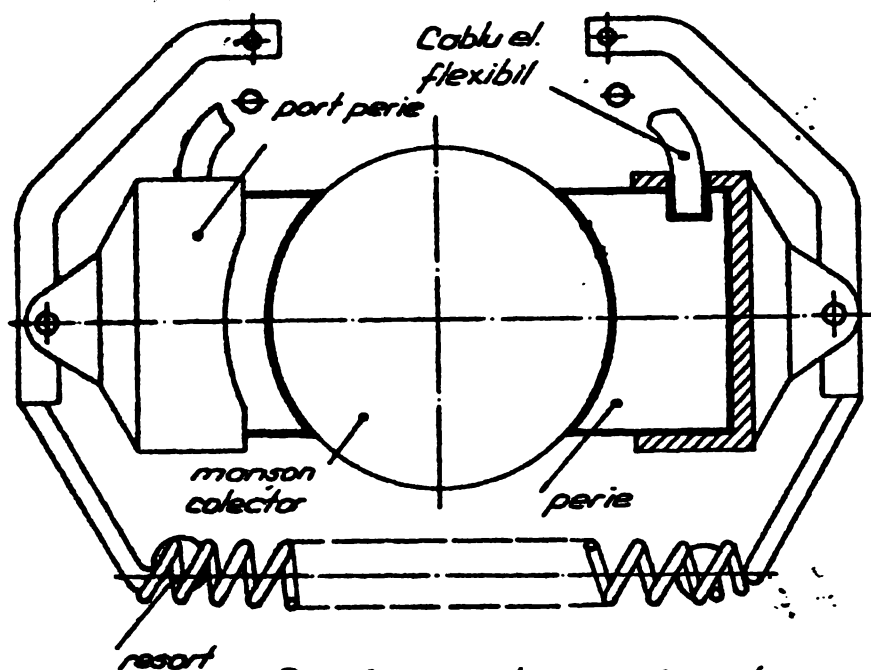


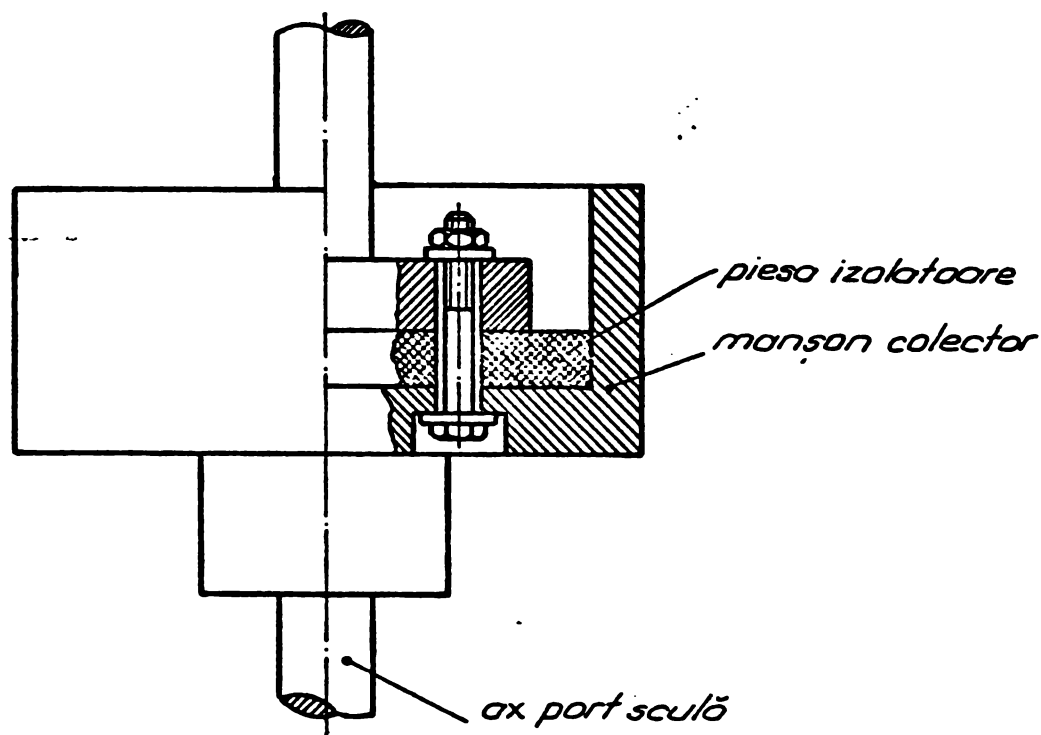
Fig. 3.6 Dispozitiv de alimentare cu curent a capului de honuit.

Dispozitivul de alimentare cu curent al capului de honuit a fost intercalat pe arborele portsculă al mașinii de honuit, astfel că execută, împreună cu acesta, mișcarea de rotație și cea alternativă de translație, legătura electrică cu sursa de curent fiind asigurată printr-un cablu electric flexibil.

Pentru evitarea pe cât posibil a căderilor de tensiune în circuitul de curent continuu și deci a pierderilor de energie, precum și în scopul asigurării unor măsuri corespunzătoare de tehnică securității muncii și a protecției muncii, arborele portsculă, legat la catodul sursei electrice de curent continuu, este izolat din punct de vedere electric de cer

lelalte părți componente ale mașinii, printr-o piesă izolatoare din textolit (fig.3.7).

Circuitul curentului electric de lucru se închide astfel de la capul de honuit prin electrolit și piesa de prelucrat conectată la anodul sursei de curent.



*Fig.3.7 Schema de modificare a axului port sculă în vederea honuirii electrochimice*

Pentru realizarea colectorului de curent la calculul de proiectare și de dimensionare a periilor colectoare s-a ținut seama de următorii factori: asigurarea unei uzuri cât mai reduse a periilor; realizarea unui coeficient mic de frecare; obținerea unor căderi de tensiune minime.

Materialul ales pentru confecționarea periilor este bronzul grafitat, pentru care principalii indici tehnici de calitate și exploatare au fost luați următorii,

- densitatea de curent maximă admisă:

$$J_{max.} = 25 A/cm^2$$

- căderea de tensiune pe o pereche de pe-

rii:

$$\Delta U_{max} = 0,5V$$

- presiunea specifică:  $0,15 \div 0,25 \text{ Kgf/cm}^2$

- coeficientul de frecare:  $\mu = 0,2$

Suprafața necesară a periiilor este:

$$S_p = \frac{I_{max}}{J_{max}} = \frac{1500}{25} = 60 \text{ cm}^2 \quad (39)$$

Admițind că se folosesc perii de dimensi -  
uni  $100 \times 32 \times 50 \text{ mm}$ , de suprafață unitară:  $S_{p_{ef}} = 32 \text{ cm}^2$ , numărul  
total de perii necesar va fi:

$$n_p = \frac{S_p}{S_{p_{ef}}} = \frac{60}{32} \approx 2 \quad (40)$$

In aceste condiții, de folosire a două perii din bronz grafitat  
de dimensiunile specificate, densitatea de curent pe suprafața pe-  
riilor va fi:

$$J_{ef} = \frac{I_{max}}{2 S_{p_{ef}}} = \frac{1500}{64} = 23 \text{ A/cm}^2$$

Se remarcă faptul că, la încercările efectuate pe mașina de ho-  
nuit transformată pentru honuire electrochimică, folosind sistemul  
de alimentare cu curent a capului de honuit astfel calculat, după  
cca 650 ore de funcționare s-a constatat că uzura periiilor este  
practic neglijabilă, iar dispozitivul realizat prezintă robustețe  
și siguranță în funcționare.

Căderea de tensiune măsurată pe cele două  
perii este  $U = 0,15 \text{ V}$ .

In fig.3.3. este arătat sistemul de ali-  
mentare cu curent continuu al capului de honuit electrochimic, im-  
preună cu elementele principale componente.

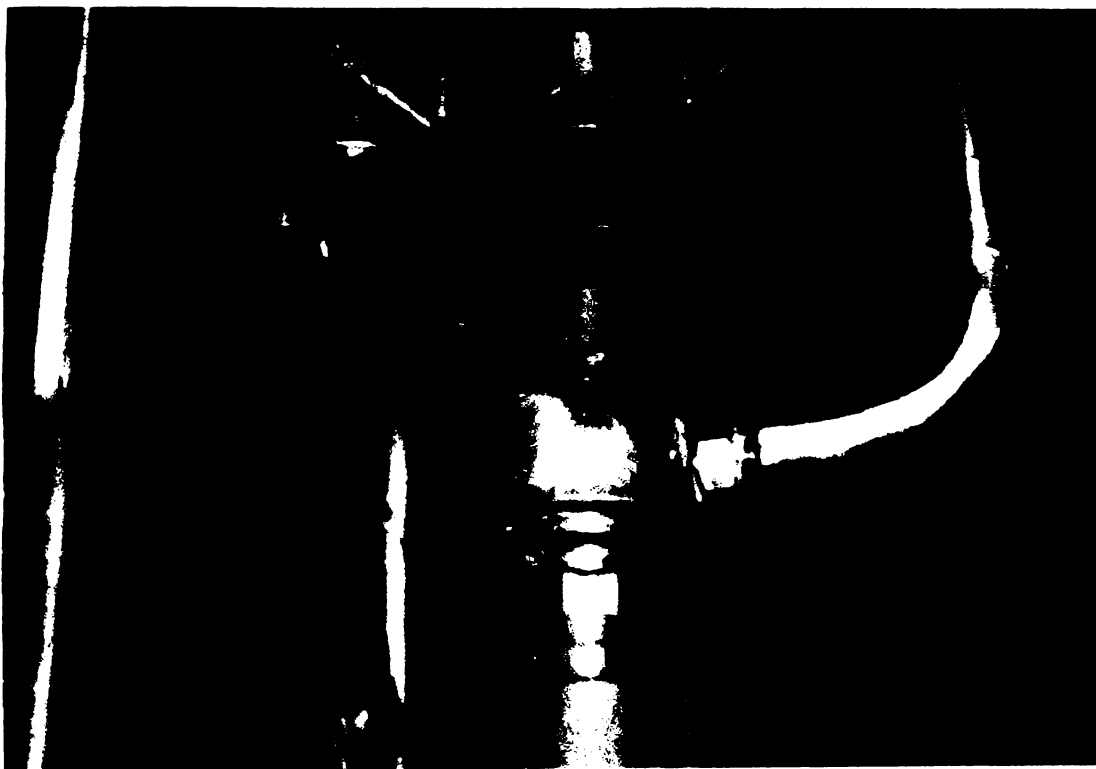


fig. 3.8.

### 3.3.2. Alegerea și experimentarea sculei pentru honuit electrochimic.

#### 3.3.2.1. Considerațiuni de ordin general.

La alegerea tipului constructiv de sculă pentru honuitul electrochimic, s-a ținut seama, în primul rând, de faptul că la prelucrarea prin acest procedeu, îndepărtarea materialului se face în cea mai mare parte datorită dizolvării anodice și numai într-o mică măsură pe cale mecanică, prin efectul aşchietor al barelor abrazive. Se cunoaște, așa cum s-a mai arătat, că la procedeul de honuire electrochimică, spre deosebire de honuitul mecanic, barele abrazive nu au un rol preponderent în ceea ce privește materialul îndepărtat. Trebuie totuși reținut că, în cazul procedeului de honuire electrochimică, aceste bare prezintă o mare importanță pentru depasivizarea suprafeței, în vederea asigurării continuității procesului de dizolvare anodică.

Este, de asemenea, de subliniat faptul că, precizia barelor abrazive pe pereții alezajului trebuie să fie mult

mai redusă în cazul honuirii electrochimice decât în cazul honuirii mecanice. În nici un caz, nu se admite depășirea presiunii peste  $2,5 \text{ kgf/cm}^2$ , deoarece creșteri peste această valoare nu contribuie la îmbunătățirea calității suprafețelor prelucrate, barele abrazive se uzează prematur, fără a se înregistra o creștere a volumului de material prelevat.

În concluzie la cele prezentate mai sus, rezultă că, scula de honuit electrochimic trebuie să fie de o construcție diferită celei utilizate la honuirea convențională.

O altă caracteristică constructivă se referă la faptul că, scula de honuit electrochimic, trebuie să fie prevăzută cu fante pentru trecerea electrolitului spre spațiul de lucru dintre sculă și piesa de prelucrat.

Ca o completare finală, înainte de a trece la prezentarea soluțiilor adoptate pentru realizarea sculei de honuit electrochimic, este și aceea că, dat fiind curenții mari cu care se lucrează, materialul din care se confecționează scula și elementii de catod trebuie să aibe o conductibilitate electrică foarte bună.

### 3.3.2.2. Analiza și experimentarea unor tipuri constructive.

Prin funcționalitatea sa, capul de honuit electrochimic este elementul principal al mașinii, element care, prin forma sa constructivă, trebuie să asigure precizia de prelucrare ca formă și dimensiuni, precum și rugozitatea suprafețelor.

Literatura de specialitate, destul de săracă în domeniul honuirii electrochimice, descrie numai la modul general concepția capetelor de honuit electrochimic.

De fapt, această parte a utilajului constituie secretul de fabricație al fiecărui constructor de astfel de mașini.



Pînă la definitivarea formelor constructive a capetelor de honuit folosite la cercetările întreprinse cu utilajul de honuit electrochimic descris în prezenta lucrare, s-au făcut foarte multe experimentări. De altfel, forma constructivă, "definitivă" și prezentă în această lucrare, poate suferi pe parcursul determinărilor ulterioare unele modificări, principiul rămînd însă același.

Din punct de vedere al concepției de realizare, scula este constituită din următoarele părți componente principale: corpul sculei, elementii de catod, barele abrazive, mecanismul de avans radial al barelor abrazive.

Funcțiile pe care aceste părți din sculă trebuie să le îndeplinească, sînt dictate de fenomenele complexe care apar în timpul procesului de honuire electrochimică în spațiul de lucru definit de scula de honuit, materialul piesei ce se prelucurează și agentul chimic de lucru, respectiv soluția electrolitului.

Din cele două tipuri de capete de honuit cunoscute, cu catod fix și cu catod variabil, am ales pentru încercările efectuate tipul de cap de honuit cu catod fix. Alegerea este dictată de avantajele evidente pe care le oferă un asemenea tip de sculă față de forma constructivă complicată a sculelor cu catod variabil.

Corpul sculei de honuit electrochimic cu catod fix, este de formă cilindrică, cu lăcașuri longitudinale pentru aplicarea barelor abrazive, prevăzut în partea superioară cu dispozitiv de fixare rapidă în axul sculei. Extensia barelor abrazive este asigurată de un arc elicoidal astfel dimensionat încît apăsarea barelor pe pereții alezajului să fie de  $1 \div 2,1 \text{ kgf/cm}^2$ , recomandată în cazul honuirii electrochimice.

Fixarea barelor în lăcașurile lor, se realizează prin strângerea capetelor acestora printr-un resort spiral circular.

### 3.3.2.3. Scula de honuit electrochimic.

Pentru realizarea unei scule experimentale pentru honuirea electrochimică s-a procedat în prima fază la adaptarea formei sculei originale pentru honuirea mecanică și care era prevăzută cu 6 bare de abraziv, extensibile. Extensia barelor este asigurată de două elemente conice, mobile pe o tijă filetată montată în axul corpului sculei. Acționarea tijei filetate se face de la o rozetă exterioară - prin intermediul unei bile - care asigură și poziția corespunzătoare de ghidare a sculei în alezaj.

Modificarea efectuată inițial, pentru a putea servi la experimentarea aplicării procesului de honuire electrochimică a constat în înlocuirea a trei din cele șase bare de abraziv cu alte trei bare de formă paralelipipedică executate din alamă, având lungimea activă de 60 mm (cca 3/4 din lungimea barei de abraziv a sculei).

Fixarea acestor piese în corpul sculei s-a făcut prin două șuruburi prevăzute la extremități. În acest fel, barele ce fac corp comun cu capul hon, fiind conectate la polul negativ al sursei de curent electric.

Aducerea electrolitului în dreptul sculei a fost asigurată de un inel cu orificii, plasat la capătul superior al alezajului, realizându-se astfel umplerea interstițiului (spațiului de lucru) prin cădere liberă din inelul de alimentare - în alezaj. Prin această construcție nu s-a putut asigura presiunea suficientă a electrolitului, respectiv curgerea lamelară în spațiul de lucru și nici filtrarea acestuia, ceea ce a făcut ca rezultatele să fie nesatisfăcătoare.

Trebuie totuși remarcat că, chiar în aceste condițiuni, fenomenul de honuire electrochimică s-a constatat în mod clar asupra suprafeței alezajelor astfel prelucrate, iar observațiile culese au fost de o reală utilitate pentru continuarea studiului.

#### 3.3.2.4. Scula de honuit electrochimic cu elementii catodului identici cu corpul honului.

După o serie de alte încercări cu scule de honuit de diferite forme constructive, cu care s-au făcut experimentări pentru continuarea studierii procesului de honuire electrochimică, s-a ajuns în final la conceperea și realizarea unei scule cu elementii de catod făcând corp comun cu corpul hon și cu bare racloare confecționate din materiale abrazive și neabrazive.

Prima variantă constructivă de sculă (fig. 3.9.) realizată în acest mod este destinată prelucrării unor alezaje de lungime mică (până la 30 mm) și diametre de 60-65 mm. Ea a fost prevăzută cu trei bare racloare și trei elementii de catod.

Cu toate că pentru honuirea convențională, scula de honuit cu trei bare abrazive nu constituie o soluție optimă, în cazul de față alegerea a fost dictată de următorul raționament:

- a) asigurarea unei conduceri static determinată și perfectă în alezaj,
- b) asigurarea unei suprafețe cât mai mari pentru elementii catodului,
- c) s-a urmărit în principal doar acțiunea procesului de honuire electrochimic, contribuția honuirii convenționale fiind practic neglijabilă indiferent de numărul barelor abrazive,
- d) în experimentările care urmau a fi efectuate barele să aibă ca funcționalitate, în exclusivitate, doar raclarea cu scopul depasivizării suprafeței anodului.

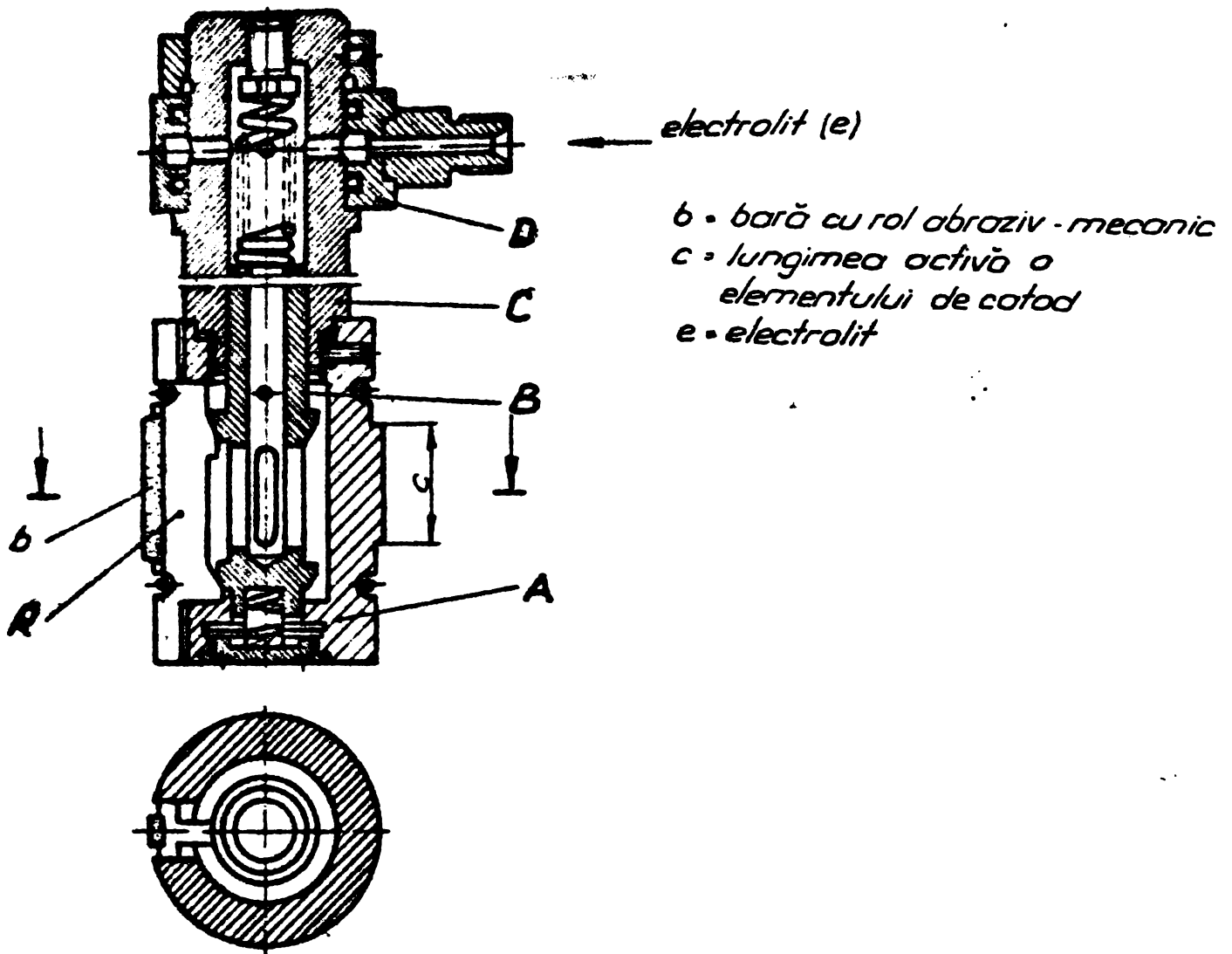


Fig. 3.9 Scula de honuit cu catod fix

Scula de honuit este concepută din următoarele elemente componente:

- Capul de honuit electrochimic propriu zis, de formă cilindrică, cu elementii de catod (c) și barele racloare (b) fig. 3.10. În corpul capului sînt practicate pe genera toare trei canale în care se montează barele racloare. Se constată că, în acest fel, cu excepția suprafeței corespunzătoare canalelor pentru montarea racleților, întreaga suprafață laterală a capului de honuit formează catodul.

Raportul între suprafețele anodului și catodului ( $S_2/S_1$ ) în cazul acestui sistem de sculă, este foarte aproape de unitate, prezentînd astfel avantajul asigurării unei pro-

ductivități sporite în desfășurarea procesului de eroziune electrochimică.



fig.3.10.

Prin filetul prevăzut la partea superioară se asigură fixarea la corpul intermediar (C) fixat pe arborele mașinii. După cum se poate constata, construcția permite folosirea de capete de honuit de diverse dimensiuni și concepții prin simpla schimbare a acestora fără a afecta restul sculei de honuit.

- Tija de acționare a barelor racloare (fig.3.11) îndeplinește și funcția de conducere a electrolitului în capul de honuit și de aici în interstițiu. Este acționată de un resort spiral la capătul superior, care împreună cu resortul de compensare de la partea inferioară asigură presiunea pe alezaj a barelor racloare, presiune cuprinsă între 0,5 și 2,5 kgf/cm<sup>2</sup>. Inițial, în încercările care au fost executate, variația forței de apăsare a barelor racloare s-a asigurat prin schimbarea corespunzătoare a resortului de compensare.

Forța de apăsare este transmisă de tije, barelor

racicere prin intermediul a două suprafețe inelare conice cu înclinația de  $45^{\circ}$ .



fig.3.11.

- Corpul intermediar, asigură transmiterea mișcării de rotație și translație alternativă fiind cuplat (fig.3.2.) la arborele principal al mașinii de hounit prin intermediul unui cuplaj izolant.

La partea superioară a corpului intermediar se găsesc montate inelele colectoare prin care se asigură, elementilor catodului capului de hounit, alimentarea cu curent continuu.

Tot la partea superioară, sub inelul de colectare, sînt practicate orificiile prin care se asigură accesul electrolitului în interiorul corpului intermediar. Tija de acționare a barelor racloare (2) culisează prin interiorul acestuia asigurînd și curgera electrolitului înspre locul de desfășurare a procesului de creștere electrochimică.

- Distribuitorul pentru electrolit, îmbracă corpul intermediar acolo unde sînt practicate orificiile pentru asigurarea alimentării cu electrolit, făcînd totodată legătura printr-o conductă flexibilă cu ieșirea de la pompa de alimentare. Etanșeitarea pe corpul intermediar se asigură prin inele din piele montate la partea superioară și inferioară a colectorului.

Distribuitorul asigură continuitatea alimentării cu electrolit în timpul mișcării de rotație, iar legătura flexibilă între acesta și pompa de alimentare, menține circuitul de electrolit în timpul mișcării de translație alternativă a sculei de honuit.

În felul acesta se asigură o curgere corespunzătoare a electrolitului pînă în interiorul capului de honuit, iar de aici prin fante de 1 mm de o parte și de alta a elementului raclor și pe toată lungimea acestuia, se asigură alimentarea interstițiului cu electrolit.

Elementul raclor (R), parte componentă a capului de honuit propriu zis îndeplinește următoarele funcțiuni:

a) Asigură centrajul capului de honuit în alezajul de prelucrat prin poziționarea lui centrică de către numărul facleților. De asemenea, asigură în timpul funcționării păstrarea interstițiului chiar dacă apar deranjamente cinematice.

Foarte importantă s-a constatat a fi funcționarea mecanismului de acționare a barelor, precum și a barelor în sine, în special la punctele moarte de sus și de jos ale mișcării de translație alternative, unde, datorită tendinței de răsturnare a sculei, se poate ajunge foarte ușor la scurtcircuit.

b) Element de depasivizare mecanică prin îndepărtarea stratului pasivizant care se formează pe anod (cap.I.). Cum în practică barele raclor sînt confecționate din materiale abra-

zive, acestea joacă un rol determinant în definitivarea rugozității, funcție, bine înțeles, de mărimea granulelor și de calitatea materialului abraziv folosit.

Elementul raclor (fig.3.12.) este construit dintr-un suport metalic pe care se aplică elementul izolant de raclare.

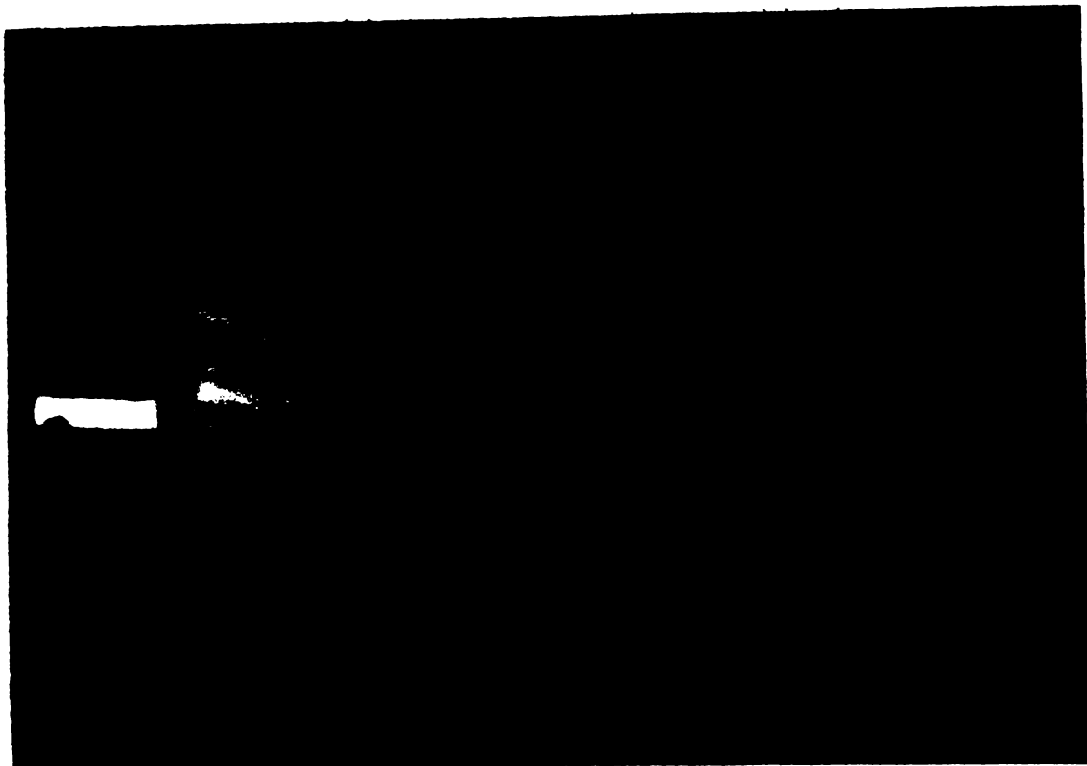


fig.3.12.

Au fost folosite, pentru primele încercări, în scopul observării comportării și influențelor, o serie întreagă de materiale dintre care s-au reținut ca având rezultate corespunzătoare în afara riglelor de abraziv și acelea din ferodou.

Este evident că încercările efectuate cu asemenea tipuri de bare, au avut drept scop urmărirea realizării unui interstițiu minim necesar pentru desfășurarea procesului electrochimic și reducerea posibilităților de scurtcircuit.

Păstrînd, în principiu, concepția de construcție a sculci și operînd modificări numai asupra numărului elementelor raclare, ceea ce a avut consecință asupra numărului ele-



menților de catod și asupra suprafeței și distribuției acesteia pe circumferința electrozului, s-au realizat capete de honuit cu patru, șase și respectiv opt elemente raclare (fig. 3.13 și 3.14) și bine înțeles cu același număr de elemente de catod. Schița acestora este asemănătoare cu cea arătată în fig. 3.9. Deosebirea constă în numărul elementelor de raclare.



fig. 3.13.

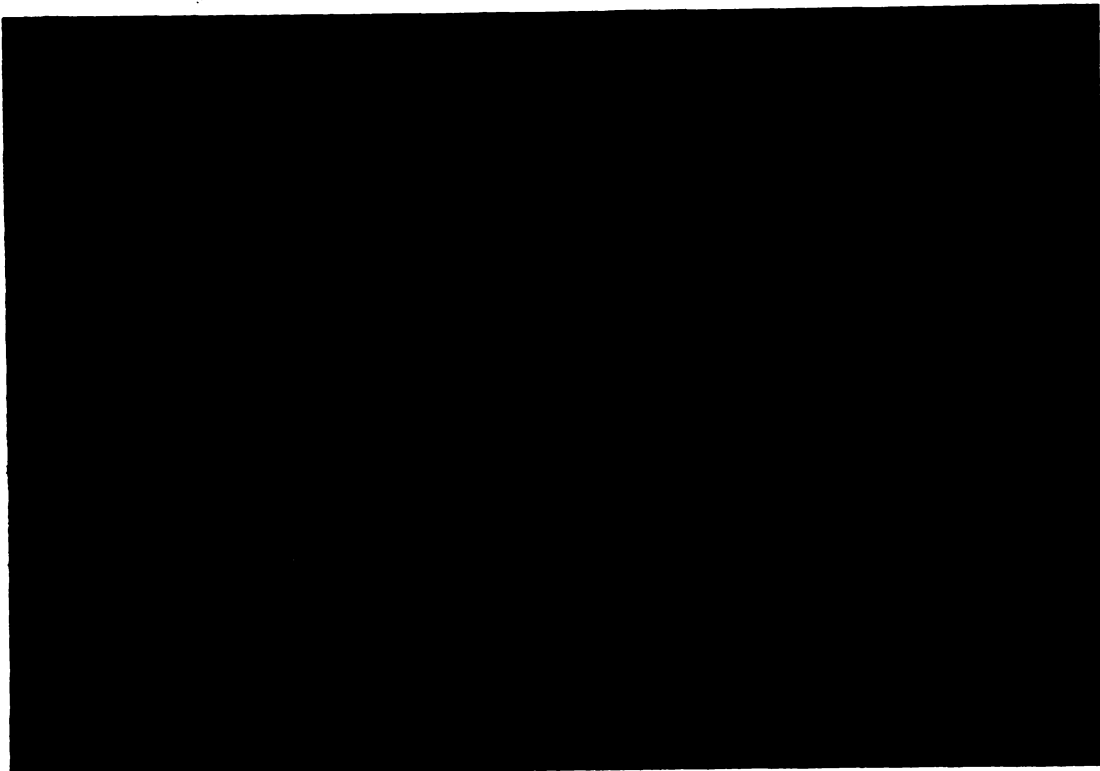


fig. 3.14.

In experimentările efectuate, capetele de honuit cu trei și patru elemente racloare s-au dovedit a fi cele mai corespunzătoare. In acest sens datele obținute și prezentate in această lucrare, au drept suport încercările cu aceste două tipuri de capete de honuit.

### 3.3.2.5. Scula de honuit electrochimic cu elemente de catod detașabili.

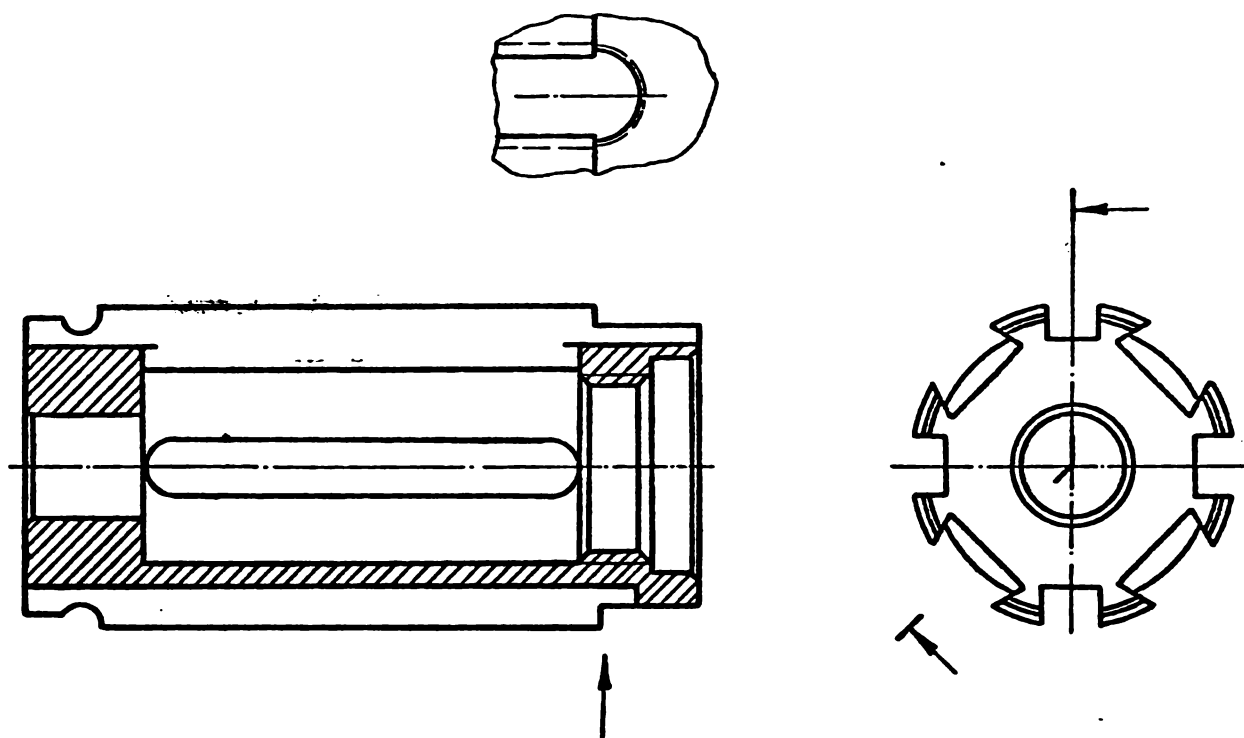
Intrucit scula prezentată la paragraful precedent, nu oferă posibilitatea studierii efectelor honuirii electrochimice asupra alezajelor - când se operează cu diferite mărimi inițiale ale spațiului de lucru - s-a considerat necesar a se construi un nou tip de sculă. Această nouă variantă constructivă de sculă de honuit, permite să se lucreze cu interstiții între sculă și alezaj variabile, in trepte de 0,05; 0,1; 0,15; 0,2; 0,3 mm. Posibilitatea unei astfel de utilizări este explicată prin folosirea unor seturi de elemente de catod interschimbabili pe același corp al sculei de honuit.

Operatia de trecere de la o mărime la alta a interstițiului se face rapid - in aproximativ 40 secunde - introducerea elementelor de catod, construiți la partea de fixare in corpul sculei in secțiune trapezoidală (coadă de rindunică), făcându-se axial, ușor forțat.

Acest tip constructiv de sculă permite totodată, prin fixarea unor elemente de catod de dimensiuni corespunzătoare, extinderea domeniului de lucru pentru alezaje cu diametru mai mare de 65 mm (au fost prelucrate și alezaje cu  $\varnothing=70$  mm) dar aici trebuie avute in vedere și posibilitățile limitate de acționare asupra barelor abrazive.

Un asemenea tip de cap de honuit realizat pentru honuirea electrochimică este prezentat in fig.3.15. Este evident că posibili -

tatea prelucrării unor alezaje cu un câmp mai larg de dimensiuni, prin simpla schimbare a elementelor catodului prezintă avantaje substanțiale.



*Fig. 3.15 Cap rotoar cu catodzi detașabili*

Este de semnalat faptul că fenomenele de turbulență în curgerea electrolitului prin interstițiu sînt favorizate de variațiile de secțiune liberă, datorite formei constructive a capului de honuit.

Se poate de asemenea menționa că o astfel de construcție a capului de honuit prezintă următoarele avantaje importante pentru experimentările întreprinse:

a) Posibilitatea prelucrării unor diametre mai mari decît cele pentru care este calculat capul de honuit, prin variația înălțimii elementului de catod.

b) Urmărirea influenței asupra prelucrării în cazul folosirii diferite materiale la catod.

În scopul urmării comportării și influenței asupra procesului de prelucrare s-au confecționat elemente de ca-

toad din alamă, bronz grafitat și grafit.

Materialele folosite pentru executarea corpului capetelor de honuit cu catod fix, au fost alama  $\text{AmX}_2$  și oțelul inoxidabil 20 C 130.

Atit în cazul capetelor de honuit electrochimic cu catozi ficși, cit și în cazul celor cu catozi detașabili, s-a dovedit, pe parcursul experimentărilor, că materialul din care aceștia sint confecționați nu influențează în nici un fel parametrii prelu-crării electrochimice.

Ceea ce poate influența necorespunzător prelucrarea este în mod deosebit precizia dimensională a capului de honuit, precum și gradul de finisare a suprafeței catodului. Funcția de precizia de execuție a capului de honuit se obține precizia, formele geometrice și calitatea suprafeței piesei de prelucrat. Din cercetările efectuate s-a constatat că pentru ca honuirea electrochimică să se realizeze în bune condițiuni se <sup>impun</sup> ~~ne-~~ ~~cesită~~ pentru capetele de honuit - indiferent de materialul din care acestea sint confecționate sau de forma constructivă - următoarele abateri limită admisibile:

- conicitate  $\pm 0,02$  mm
- ovalitate  $\pm 0,01$  mm
- finisarea suprafeței  $3,2 \mu\text{m}$

### 3.3.2.6. Sistemul de acționare al barelor racloare.

Pentru asigurarea posibilităților de manevrare ușoară a capului de honuit electrochimic, ținând seama în mod deosebit de timpii relativ mici necesari unei asemenea modalități de prelucrare, precum și de necesitatea existenței în permanență a forței de apăsare a racleților pe suprafața anodică, s-a conceput un sistem de acționare al racleților, ușor manevrabil și strict necesar în vederea reducerii la minimum a timpilor au-

xiliari.

Forța de apăsare a racleților pe suprafața alezajului ce se prelucerează prin honuire electrochimică, este determinată de însumarea efectelor a două forțe ce acționează concomitent asupra acestora, și anume (fig.3.16):

- forța dezvoltată de presiunea de lucru a electrolitului, care la tipul de sculă realizat, circulă din interiorul acesteia spre exterior prin canalul tijei pe care se găsesc montați racleții, respectiv prin fantele longitudinale prevăzute pe corpul sculei. ( $F_e$ ).

- forța de apăsare permanentă a resortului ce acționează asupra racleților ( $F_R$ ).

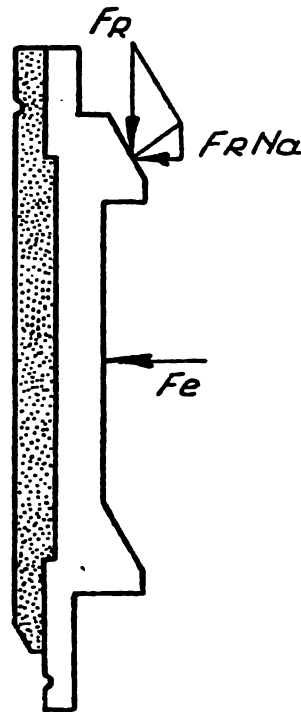


Fig. 3.16

Efectul cumulat al celor două forțe, respectiv  $F_e$  și componenta normală la suprafața alezajului  $F_{RNa}$  a forței dezvoltate de resort, trebuie să conducă la obținerea unei apăsări totale a racleților pe sculă ( $r$ ) cuprinsă între 0,5 și 2,1  $\text{kg/cm}^2$ , valoare recomandată pentru prelucrări prin honuire electrochimică.

Intrucît  $F_{RNA}$  este de valoare constantă, reglajul apăsării racleților se realizează prin alegerea unei valori corespunzătoare a presiunii de electrolit, care trebuie să poată fi variată în limite suficient de largi.

Pompa de alimentare cu electrolit folosită, poate dezvolta o presiune  $p_e$  cuprinsă între 1,5 și 10 kgf/cm<sup>2</sup>. Intrucît honul este prevăzut cu 3 racleți, rezultă o forță de apăsare:

$$F_e = p_e \cdot S_{re} = (1,5 + 10) \cdot 3 \cdot 0,3 \cdot 3 = 4,05 + 27 \text{ Kgf} \quad (42)$$

Forța normală la alezaj dezvoltată de resort este:

$$F_{RN0} = F_R \cos \alpha \cdot \cos \beta = 0,6 \left( \frac{\sqrt{2}}{2} \right)^2 = 4,3 \text{ Kgf} \quad (43)$$

Forța totală de apăsare cu care acționează asupra racleților va fi:

$$P = F_e + F_{RN0} = 8,35 + 31,3 \text{ Kgf} \quad (44)$$

Forța specifică de apăsare, respectiv presiunea cu care racleții acționează asupra piesei este:

$$r = \frac{P}{S}$$

mărimea  $S$  constituind suprafața de apăsare a racleților (suprafața activă), respectiv:

$$S = n \cdot l_r \cdot h = 15 \text{ cm}^2$$

în care:

$n$  - nr. de racleți

$l_r$  - lățimea racleților în contact cu piesa

$h$  - înălțimea piesei

Înlocuind, se obțin pentru  $r$  valorile:

$$r = \frac{8,35 + 31,3}{15} = 0,55 + 2,08 \text{ Kgf/cm}^2 \quad (45)$$

ceea ce corespunde cu scopul urmărit, acela de a putea realiza apăsările în limitele specificate la începutul paragrafului.

### 3.3.2.7. Calculul electromagnetului de acționare (retragere a barelor racloare).

Intrucît condițiile în care lucrează electromagnetul pentru acționarea racleților, respectiv retragerea lor, în vederea introducerii ușoare a sculei de honuit în alezajul ce se prelucrează, prezintă unele particularități, se utilizează o construcție adecvată, cu alimentare în curent continuu, armătura cu deplasare liniară fiind constituită din extremitatea corpului tijei pe care sînt montați racleții.

Tinînd seama de forța rezistentă  $F_R$ , dezvoltată de resortul spiral care asigură apăsarea racleților în alezaj, acesta fiind dimensionat pentru o forță de compresiune de  $8,6 \text{ kgf/cm}^2$ , electromagnetul trebuie dimensionat astfel încît să asigure o forță de tracțiune:

$$F_0 = K \cdot F_R = (1,1 \div 1,2) \cdot 8,6 \approx 10 \text{ kgf} \quad (46)$$

$k$  - coeficient de siguranță pentru condițiile cele mai nefavorabile de siguranță și care se recomandă a se lua  $1,1 \div 1,2$ , pentru tipul de electromagnet adoptat (respectiv pentru electromagneți de tracțiune și reținere).

Dat fiind scopul pentru care se folosește electromagnetul, s-a admis o formă constructivă intrucîtiva modificată față de tipul clasic, așa după cum se vede în fig.3.17.

Datele inițiale luate în considerare pentru calcul au fost următoarele:

- tensiunea nominală:  $U = 24 \text{ V c.c.}$
- regim de lucru: scurtă durată  
( $t_c = 10 \text{ s .}$ )
- forța critică:  $F_0 = 10 \text{ kgf}$
- întrefierul critic:  $\delta = 1 \text{ cm}$

Pentru calculul preliminar al electromagnetului

s-au ales coeficienții  $n$  și  $m = \beta n$ , care stabilesc dimensiunile înfășurării bobinei după dimensiunea determinantă a nucleului acestuia (electromagnetului)  $dm$ .

Din considerații de preț, respectiv de cost minim a electromagnetului, cele mai convenabile mărimi pentru coeficienții susmenționați, sînt:

$$n = \frac{R}{dm} = 0,4 \div 0,6 \quad (47)$$

$$m = \frac{H}{dm} = 30 \div 45 \quad (48)$$

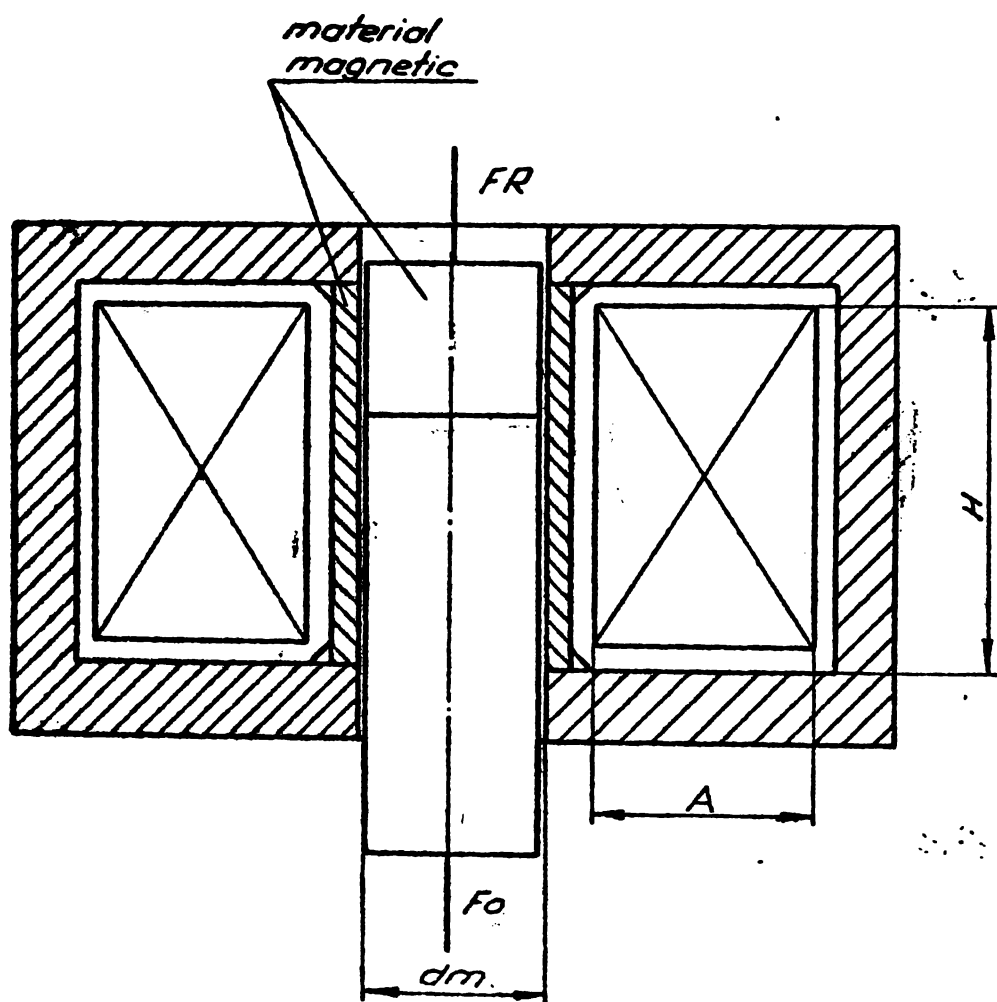


Fig. 3.17 Schema de principiu a electromagnetului de C.C. pentru acționarea rochetilor.

Tinînd seama de construcțiile de electromagneți realizate practic, sînt indicate valori ale raportului  $\beta = \frac{m}{n}$  în limite destul de largi și anume între 1 ÷ 8. - *față rețenunată* În cazul concret, realizat, intrucît valcarea forței  $F_0$  este rela-



tiv mică, se recomandă a se admite valori ridicate pentru  $\beta$ .

Luând în considerare cele arătate mai sus s-a admis  $\beta = 7$  și  $n = 0,5$  rezultând deci:

$$m = \beta \cdot n = 7 \cdot 0,5 = 3,5$$

Pentru construcția electromagnetului se cere stabilirea și a altor coeficienți, care se referă la:

- umplerea ferestrei bobinei cu metalul conductorului ( $f_u$ ). Pentru calcule practice se recomandă  $f_u = 0,4$

- scăderea posibilă a tensiunii aplicate înfășurării electromagnetului ( $\gamma$ ). Pentru condițiile cele mai grele și pentru cazul conductorilor suficient de puternic încălziți se admite  $\gamma = 0,85$

- calculul căderilor t.m.m. în fier și în întrefierurile parazite ( $\varphi$ ). În cazul considerat s-a ales  $\varphi = 0,7$  (valorile admise fiind  $0,7 \div 0,75$ ).

Cu valorile alese pentru coeficienții menționați mai sus s-a calculat:

Coeficientul constant  $C_3$ , folosind relația:

$$C_3 = \frac{0,14}{\varphi \cdot \gamma \cdot f_u \cdot m \cdot n} = 0,337 \quad (49)$$

Cunoscând acest coeficient, se poate calcula inducția în întrefierul de lucru:

$$B_0 = \frac{3,6 \cdot 10^{-5}}{\sqrt[3]{C_3}} \sqrt{\frac{F_0}{S_0 \cdot \sqrt{t_c}}} = 0,761 \cdot 10^{-4} \text{ Wb/cm}^2 \quad (50)$$

Valoarea obținută se încadrează în limitele recomandate de literatura de specialitate pentru  $B_0$ , respectiv  $(0,6 \div 0,8) \cdot 10^{-4} \text{ Wb/cm}^2$ .

Pentru determinarea dimensiunii  $d_m$  se utilizează, după cum se cunoaște, o metodă grafo-analitică. Astfel, notînd cu "X" raportul  $\frac{d_m}{S_0}$  și folosind relația:

$$\frac{\sqrt{F_0}}{S_0^2} = \frac{\varepsilon \cdot X^3}{C_3 \cdot \sqrt{t_c} \cdot \sqrt{1 + K_3}}$$

INSTITUTUL POLITEHNIC  
TIMIȘARA  
BIBLIOTECA CENTRALĂ

(51)

In care:

$\xi$  = coeficient ce ține seama de deformația fluxului in intrefier

$K_s$  = coeficient care ia in considerație forța solenoidală.

Se ridică diagrama (fig.3.18) pentru diferite valori ale lui X.

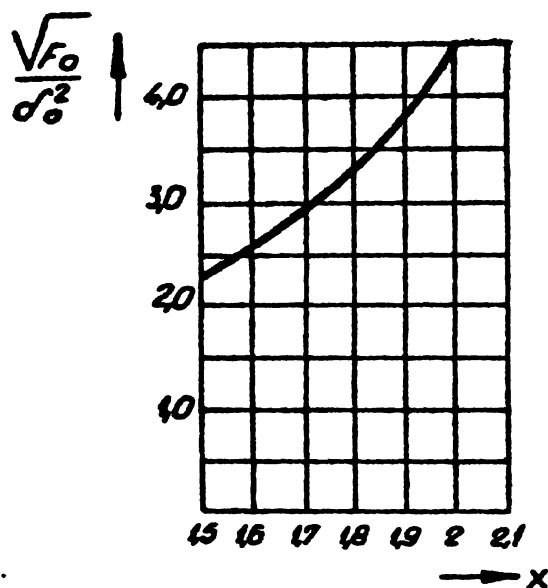


Fig. 3.18

Pe de altă parte, cunoscînd valorile lui  $F_0$  și  $\delta_0$  se calculează raportul

$$\frac{\sqrt{F_0}}{\delta_0^2} = 3,17$$

Pentru aceasta valoare, din diagrama trasată rezultă  $X = 1,8$

Din raportul  $X = \frac{dm}{d_0}$ , se calculează dm.

$$dm = X \cdot d_0 = 1,8 \text{ cm}$$

Din motive constructive și pentru a satisface și condițiile de alimentare cu electrolit a sculei, s-a adoptat:  $dm = 20 \text{ mm}$ .

Dimensiunile bobinei sînt următoarele:

$$A = n \cdot dm = 10 \text{ mm}$$

$$H = m \cdot d_m = 70 \text{ mm}$$

Calculul înfășurării electromagnetului s-a făcut ținând seama de secțiunea conductorului calculată cu relația:

$$S_c = \frac{\pi \cdot S \cdot (1+n) \cdot f_u \cdot m \cdot n \cdot d_m^3}{U \cdot \sqrt{t_c}} = 63,8 \cdot 10^{-4} \text{ cm}^2 \quad (52)$$

S-a presupus că:

$$S = S_{35} = 162(1 + 0,039 \cdot 35) = 1,84 \cdot 10^{-2} \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$$

Intrucît electromagnetul funcționează un timp foarte scurt și deci în momentul conectării temperatura înfășurării sale poate fi considerată egală cu temperatura mediului ambiant.

Diametrul conductorului de cupru va fi:

$$d = \sqrt{\frac{S_c \cdot 4}{\pi}} \approx 9 \cdot 10^{-2} \text{ cm} \quad (53)$$

S-a utilizat conductor de cupru emailat, avînd diametrul nominal,

$$d_n = 0,9 \text{ mm}$$

pentru care:

$$S_c = 0,636 \text{ mm}^2$$

și diametrul exterior (cu izolația) conform NI 732-60

$$d_e = 0,96 \text{ mm}$$

Numărul de spire al bobinei se obține din:

$$W = \frac{f_r \cdot A \cdot H}{S_c} \quad (54)$$

în care  $f_r$  este factorul real de umplere:

$$f_r = \frac{0,9 \cdot \pi \cdot d_n^2}{4 d_e^2} = 0,623$$

Deci,

$$W = 685 \text{ spire}$$

În acest fel electromagnetul dimensionat și realizat efectiv, satisface condiția principală pentru care a fost adoptată această construcție, respectiv retragerea radiațiilor scurte de la omul pentru introducerea acestuia în aparatul ce se pro-

lucrează.

### 3.3.2.6: Descrierea modului de funcționare al dispozitivului de acționarea racleților.

Elementul esențial al dispozitivului de acționare a racleților îl constituie electromagnetul de curent continuu prezentat mai sus.

Pentru a crea posibilitatea introducerii sculei în alezajul de prelucrat, evitând în același timp o eventuală deteriorare a racleților abrazivi, este necesar să se procedeze la retragerea acestora înspre interiorul sculei, operație ce se realizează în mod simplu și eficient prin acționarea electromagnetului care se comandă de la un buton cu acționare manuală amplasat lateral pe batiul mașinii.

Prin acționarea electromagnetului, tija pe care sînt montați racleții este atrasă în interiorul acestuia și resoartele spirale care fixează racleții pe corpul sculei determină deplasarea radială a acestora înspre interiorul sculei.

În momentul în care scula s-a introdus în alezaj, datorită forței de apăsare a resortului R, racleții sînt extinși, exercitînd o apăsare asupra suprafeței alezajului piesei de prelucrat.

Pentru o operație de prelucrare prin honuire electrochimică, timpul de acționare al electromagnetului este cuprins între 5 și 10 secunde.

Schema de principiu a dispozitivului de acționare a racleților este prezentată în fig.3.19.

Electromagnetul de acționare a barelor racloare este amplasat sub distribuitorul de electrolit și solidar fixat de acesta, executînd deci mișcarea de translație alternativă împreună cu scula de honuit electrochimic (fig.3.20).

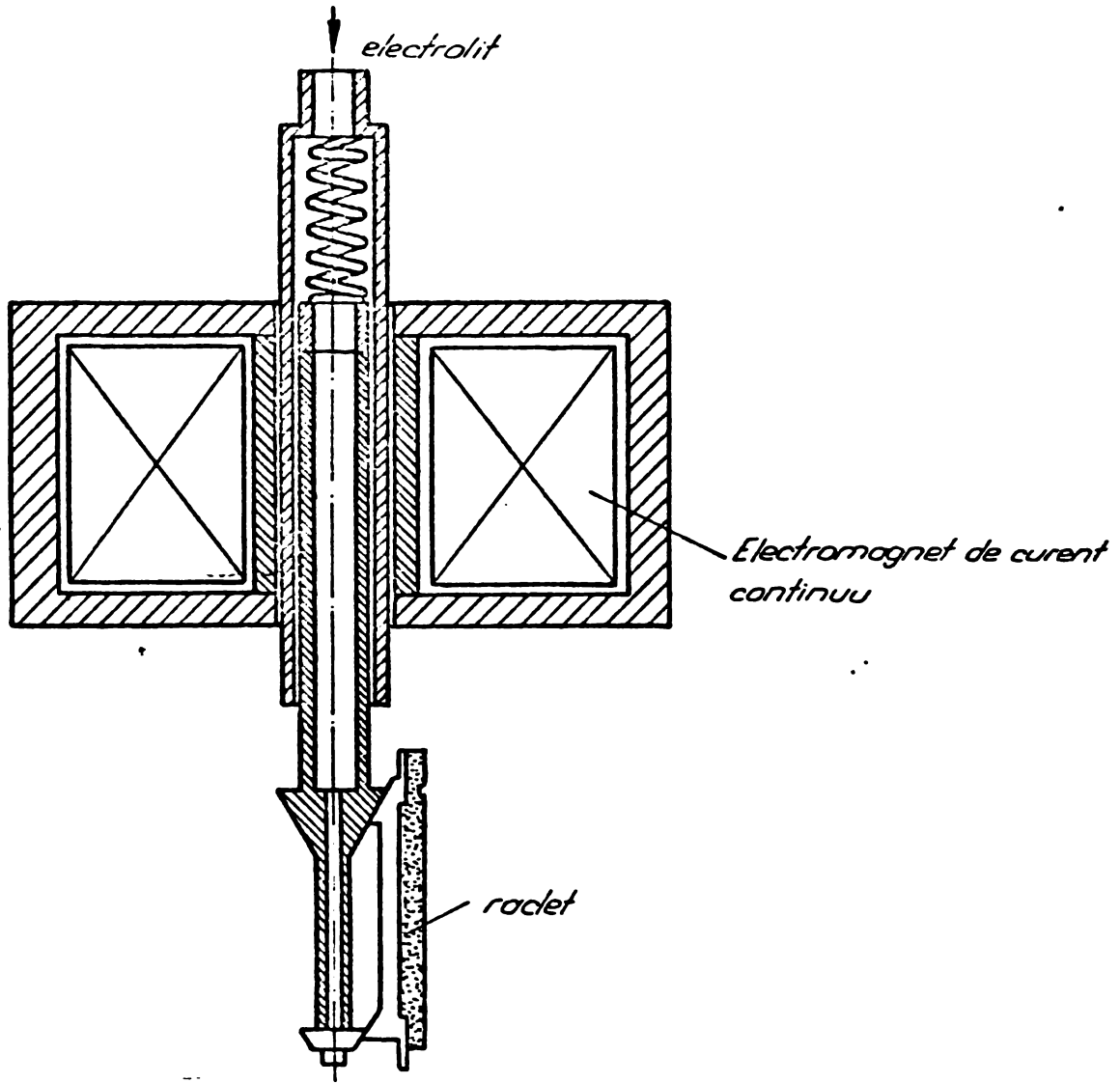


Fig. 3.19 Schema de principiu a dispozitivului de acționare a racleților



Fig. 3.20.

Am optat pentru conceperea unui asemenea sistem de acționare a racleților, în scopul obținerii unei mașini de honuit electrochimic pe cât posibil mai simplă, având siguranță în exploatare și cât mai ieftină.

Sistemele utilizate pentru această funcțiune și arătate în literatura de specialitate sînt hidraulice cu piston cu dublă comandă, mult mai complicate ca și concepție și care, pe lîngă un preț de cost ridicat, prezintă dificultățile cunoscute în exploatare.

Sistemul electromagnetic de acționare al barelor racloare astfel conceput și realizat s-a dovedit a da rezultate foarte bune în experimentările care s-au efectuat.

### 3.3.3. Camera de lucru

Pentru asigurarea unui circuit obligatoriu pentru electrolitul necesar honuirii electrochimice este necesară existența unei camere de lucru care să asigure; pe de o parte, "baia" de electrolit necesară honuirii electrochimice, iar pe de altă parte, colectarea electrolitului utilizat și retrimiterii lui, după recondiționare, în circuitul de lucru.

Camera de lucru (fig.3.21.) este montată pe masa mașinii de honuit, fiind izolată de aceasta prin intermediul unei plăci de textolit de 10 mm grosime. Partea superioară este confecționată din material transparent (stiplex) de 5 mm grosime, oferind astfel posibilitatea urmării procesului de honuire electrochimică, iar partea inferioară, pe o înălțime de 100 mm, din tablă inoxidabilă. Înălțimea totală a camerei de lucru este de 400 mm.

Camera este executată etanș, electrolitul colectat avînd posibilitatea de scurgere pe la partea inferioară

spre bazinul de decantare.



fig.3.21.

În interiorul camerei de lucru se află montat dispozitivul de fixare a pieselor care trebuiesc prelucrate. Deosebit de important am considerat aici necesitatea asigurării unei prinderi elastice a piesei și aceasta pentru a micșora posibilitatea de scurtcircuit avându-se în vedere interstițiile relativ mici cu care se execută honuirea electrochimică.

#### 3.3.4. Dispozitivul de fixarea pieselor

Interstițiile mici care se impun pentru a se putea efectua honuirea electrochimică, în vederea realizării unei densități de curent corespunzătoare, precum și condiția de asigurare a preciziei de formă geometrică și a calității suprafeței cerută a se obține, reclamează, în cazul unei fixări rigide a piesei de prelucrat, ca abaterile de perpendicularitate și paralelism să fie foarte mici și anume de ordinul micronilor. Aceste precizii, în marea majoritate a cazurilor, sînt greu de obținut și foarte dificil de menținut pe perioada unei prelucrări de serie.

În vederea înlăturării acestor impedimente s-a conceput un dispozitiv pneumatic de fixarea probelor cu o oarecare elasticitate (fig.3.22.), dispozitiv care asigură astfel o poziționare corectă după suprafețele exterioare și care permite și o manevrare ușoară, fiind comandat printr-un electroventil.

Printr-o asemenea modalitate de fixare a pieselor se elimină consecințele unor abateri importante de paralelism și perpendicularitate care pot să apară între capul de honuit și piesă, existând astfel posibilitatea de a se lucra cu interstiții relativ mici fără pericolul producerii scurtcircuitului. Se remarcă faptul că încercările de prelucrare cu interstiții de numai 0,1 mm s-au putut realiza fără să apară scurtcircuite între piesă și sculă. Folosirea unui sistem de fixare care să permită o poziționare mai elastică a piesei în vederea honuirii electrochimice are în acest caz o deosebită importanță, mai ales datorită faptului că în construcția capului de honuit, în prima parte a experimentărilor a fost abandonat sistemul oscilant de prindere al sculei, iar posibilitatea unei centrări perfecte ar necesita un timp foarte mare de pregătire, în total dezacord cu timpii foarte mici de prelucrare efectivă.

Presiunea de lucru este cuprinsă între 3 și 3,5 kgf/cm<sup>2</sup>; o presiune mai mică nu asigură o fixare corespunzătoare și sub acțiunea forței dezvoltate de barele abrazive se zmulge piesa din dispozitiv, iar o presiune mai mare nu asigură elasticitatea necesară dispozitivului și deci ar mări pericolul apariției de scurtcircuite.

Dispozitivul astfel realizat este fixat în camera de lucru pe trei suporturi, la cca 150 mm distanță de baza acesteia. Legătura de alimentare cu curent continuu se face prin iretul superior și lamelele de alimentare, care sînt în contact cu



piesa de prelucrat.

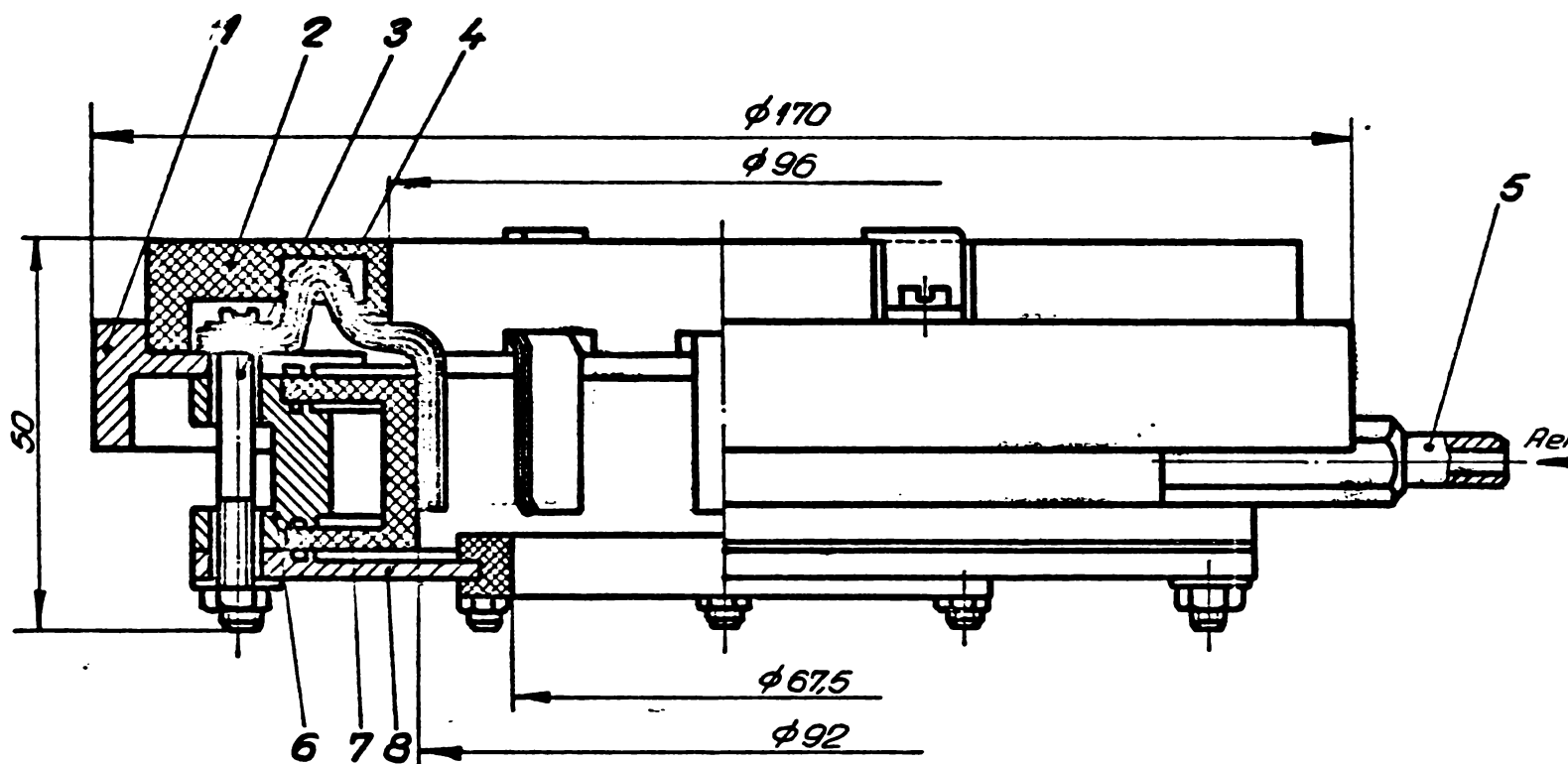


Fig. 3.22 Dispozitiv de fixare a pieselor la hanuirea electrochimică

1. Inel superior
2. Copac textolit.
3. Șurub de strângere
4. Lamele alimentare c.c.
5. Racord alimentare aer comprimat
6. Piesă intermediară
7. Diafragmă de fixare
8. Inel inferior

Aerul comprimat este introdus prin racordul (5) în spațiul creat de piesa intermediară (6) și diafragma (7), care sub acțiunea acestuia fixează elastic piesa.

Dispozitivul conceput și realizat pentru prinderea pieselor admite abateri de la perpendicularitate și paralelism de cca 2,5 mm, asigurând, în cazul unui interstițiu de 0,1 mm, condiții de lucru în perfectă siguranță.

Schema electrică de principiu pentru acționarea dispozitivului de fixare a pieselor este redată în fig. 3.23., din care se deduce cu ușurință modalitatea de lucru a acestuia.

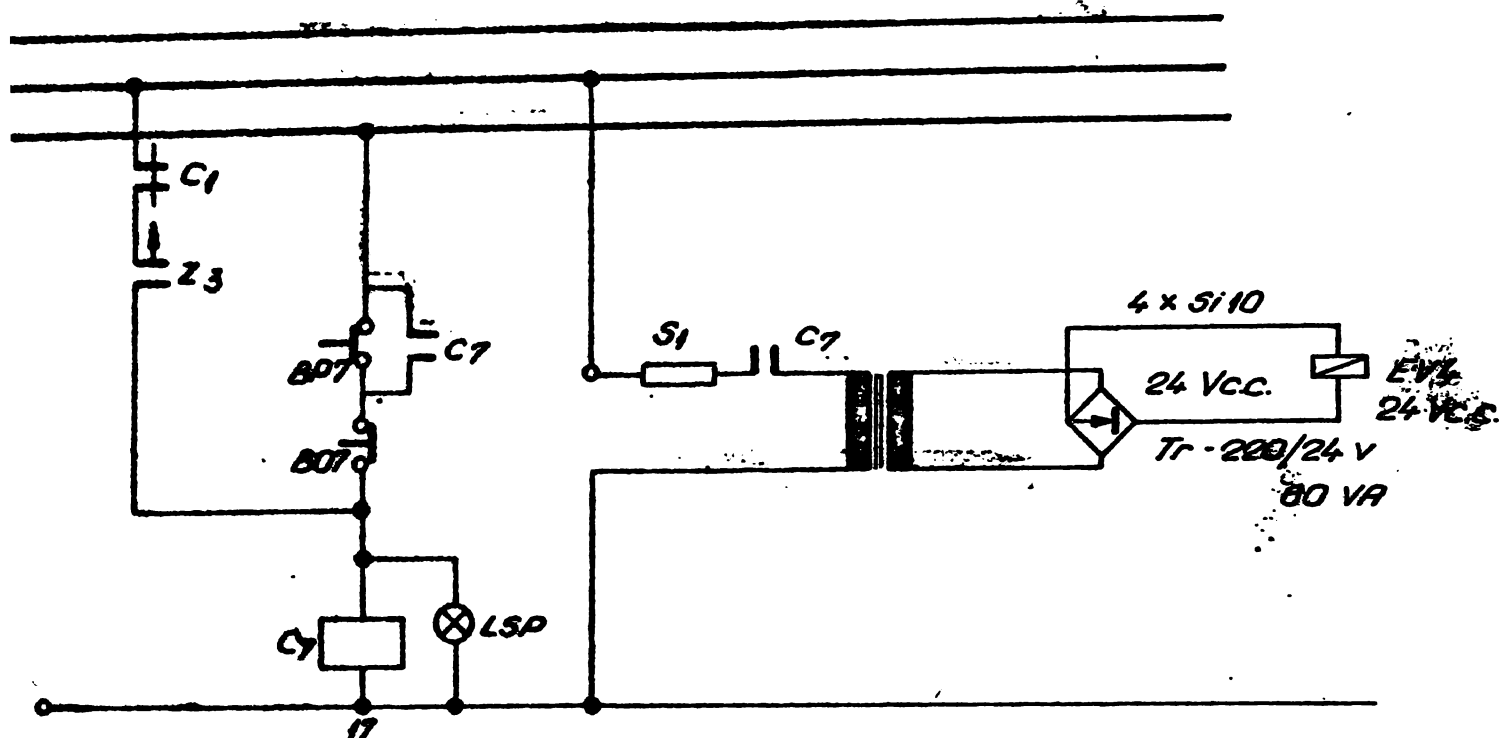


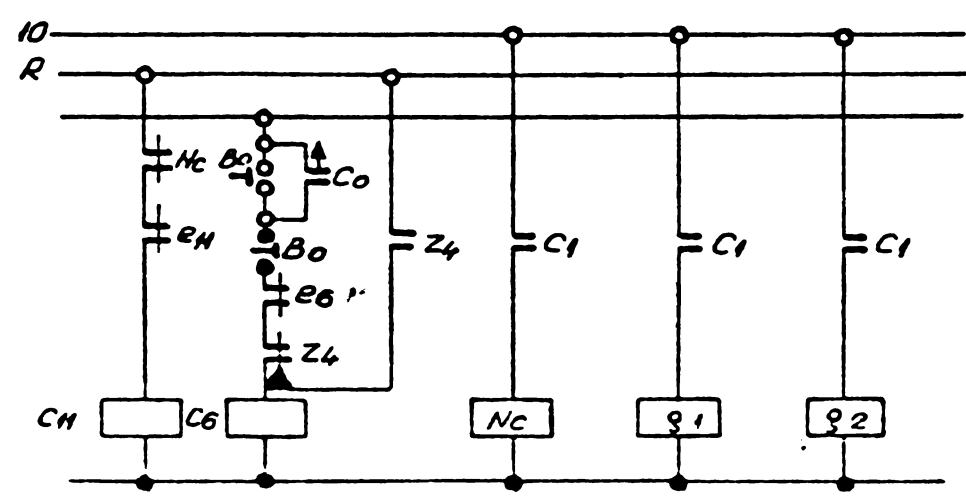
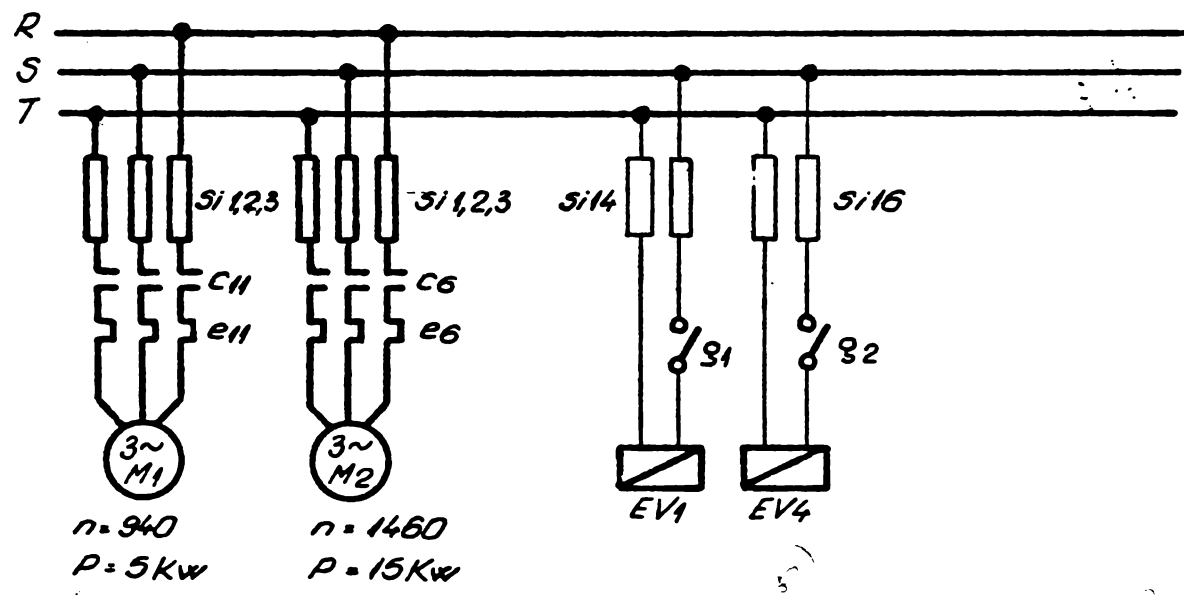
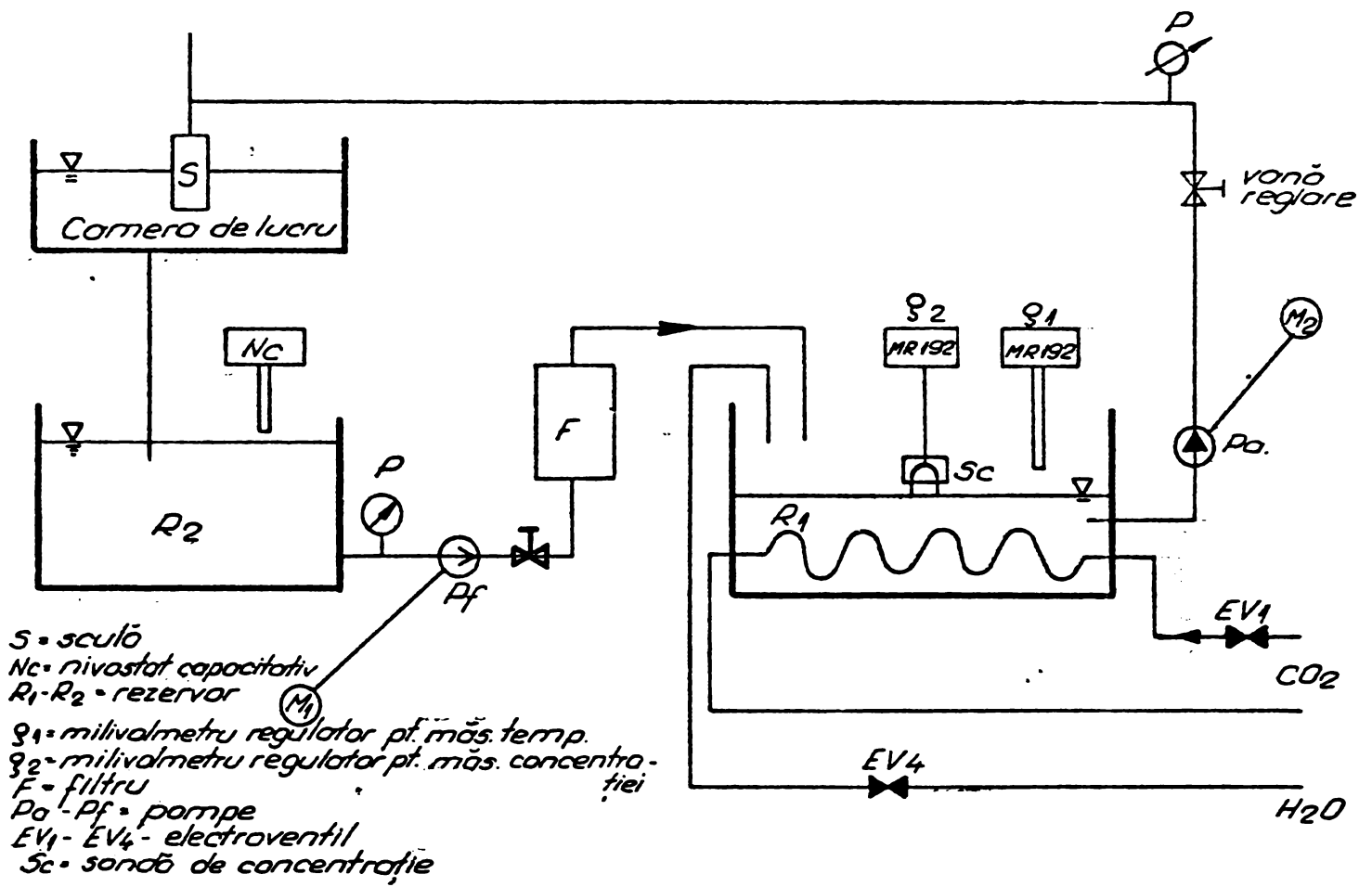
Fig. 3.23 Schema electrică de acționare a dispozitivului de prins piese

### 3.3.5. Instalația pentru alimentare cu electrolit

Desfășurarea în condiții optime a procesului de honuire electrochimică este în mare măsură direct influențată, în afară de compoziția chimică a electrolitului, de modul în care se face alimentarea, de puritatea acestuia precum și de temperatură. Cunoscând importanța pe care o are în desfășurarea procesului de honuire electrochimică, s-a acordat o deosebită atenție concepției și construcției instalației pentru alimentare cu electrolit.

Construcția finală a acestei instalații este rezultatul a o serie de calcule și încercări efectuate pe parcursul a mai multor ore de funcționare a utilajului folosit pentru experimentări.

S-a căutat ca, indiferent de natura electro-



- a. Schema hidraulică
- b. Schema circuitului electric de forță
- c. Schema circuitului de comandă

Fig. 3.24 Schema instalației pentru electrolit



litului folosit, instalația să îndeplinească următoarele caracteristici:

- asigurarea în interstițiu a unei presiuni cuprinse între 5 - 8 kgf/cm<sup>2</sup>.
- asigurarea unei temperaturi constante de cca. 20°C.
- asigurarea posibilității de filtrare pentru reținerea hidroxizilor și a particulelor metalice.
- urmărirea parametrilor de lucru fixați, folosind aparatură corespunzătoare.

În acest sens, instalația pentru alimentare cu electrolit este compusă din următoarele elemente: pompe, rezervoare, filtru, manometre, termometre, punte pentru verificarea concentrației, circuit de răcire, conducte și robinete.

Schema de funcționare realizată este redată în fig.3.24., descrierea constructivă și caracteristicile elementelor componente fiind prezentate în cele ce urmează.

#### 3.3.5.1. Pompele pentru electrolit.

Pentru asigurarea unor mai largi posibilități de manevrare a sistemului de recirculare a electrolitului s-au inclus în circuitul acestuia două pompe cu role, care în funcție de tipurile motoarelor care le acționează, dezvoltă presiuni diferite - corespunzătoare scopului pe care-l îndeplinesc. Astfel: Pompa - P<sub>a</sub> - de alimentare cu electrolit, acționată de un motor tip A.S.I. 15 KW/1500 rot/min, are posibilitatea să dezvolte o presiune de 14 kgf/cm<sup>2</sup> și un debit de 200 l/min. Caracteristicile acesteia au fost determinate în baza relației (33) pentru care s-a impus o viteză de curgere de 35 m/s.

Pompa - P<sub>f</sub> - de filtrare, acționată de un motor tip A.S.I. 5 KW/1000

rot/min, dezvoltă o presiune de numai  $5 \text{ kgf/cm}^2$ , suficientă pentru împingerea electrolitului prin cartuşul filtrant.

Cele două pompe sînt acţionate independent de la pupitrul de comandă, pompa de alimentare avînd, faţă de pompe de filtrare, un timp de funcţionare mult mai mic şi bine înţeles numai pe perioada desfăşurării procesului de honuire electrochimică.

Intregul ansamblu al pompelor este realizat din materiale anticorozive în scopul asigurării funcţionării corespunzătoare şi pentru cazul utilizării electrolitilor corosivi.

### 3.3.5.2. Rezervoarele pentru electrolit.

În cadrul instalaţiei, sînt folosite două rezervoare de electrolit,  $R_1$  şi  $R_2$ , confecţionate din oţel inoxidabil.

Rezervorul -  $R_1$  - conţine electrolitul pregătit pentru procesul de honuire electrochimică. Din acest rezervor se face alimentarea spaţiului de lucru prin pompa  $P_a$ . În rezervor se găseşte montat circuitul de răcire al electrolitului.

Rezervorul -  $R_2$  - în care se scurge electrolitul din camera de lucru, este prevăzut pentru decantare. Datorită compartimentării interioare în trepte se realizează o decantare eficientă a impurităţilor din electrolit. Din ultimul compartiment, cel cu nivelul cel mai scăzut, se face alimentarea pompei de filtrare.

### 3.3.5.3. Filtrul pentru electrolit.

Pentru asigurarea purităţii electrolitului în vederea păstrării intacte a calităţii acestuia este necesară o bună filtrare în vederea reţinerii hidroxidului de fier rezultat în urma procesului de dizolvare electrochimică, precum şi pentru reţinerea particulelor şi aşchiilor metalice care nu s-au depus prin

decantare.

Cartușul filtrant realizat, s-a dovedit a fi deosebit de eficient și comparativ cu alte sisteme de filtrare, a dat rezultatele cele mai bune. Acesta se compune dintr-o carcasă metalică anticorozivă în care sînt dispuse straturi filtrante de cocs de diferite granulatii, vată minerală și hîrtie filtrantă (fig.3.25.).

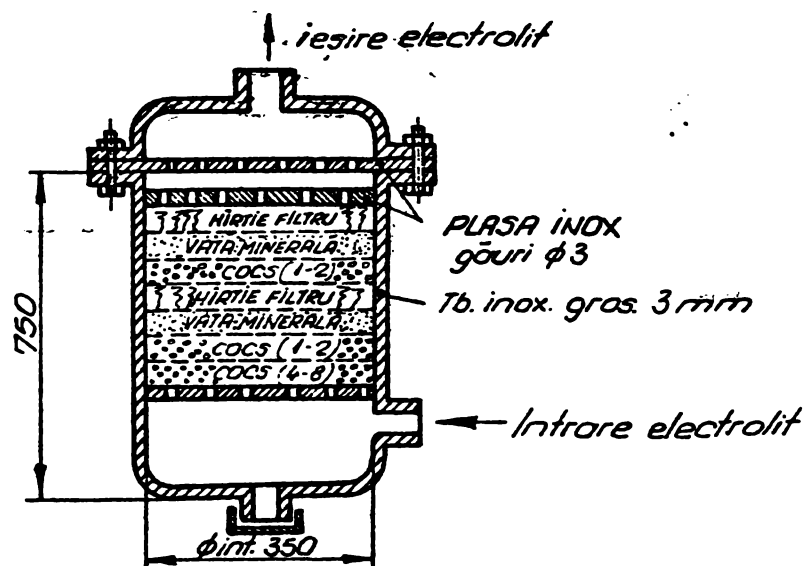


Fig.3.25 Cartuș filtrant

În urma experimentărilor efectuate cu acest filtru s-a constatat că pentru presiuni de 2-2,5 kgf/cm<sup>2</sup> filtrarea se face în condițiuni foarte bune, asigurîndu-se puritatea electrolitului pentru desfășurarea în condițiuni corespunzătoare a procesului de honuire electrochimică.

Durata de funcționare a unui asemenea cartuș filtrant este de 200 ore, după care se necesită schimbarea încărcăturii sau a cartușului cu unul de rezervă.

Este important de subliniat faptul că puritatea ridicată a electrolitului face să crească cu cca 10 % productivitatea procesului de honuire, ne mai luînd în considerare eliminarea oricărei posibilități de apariție a scurtcircuitelor cauzate de particulele metalice detașate în timpul prelucrării, sau de alte impurități.

Experimentările efectuate și care au urmărit în-

fluența gradului de impuritate, sînt reprezentate grafic în fig. 3.26.

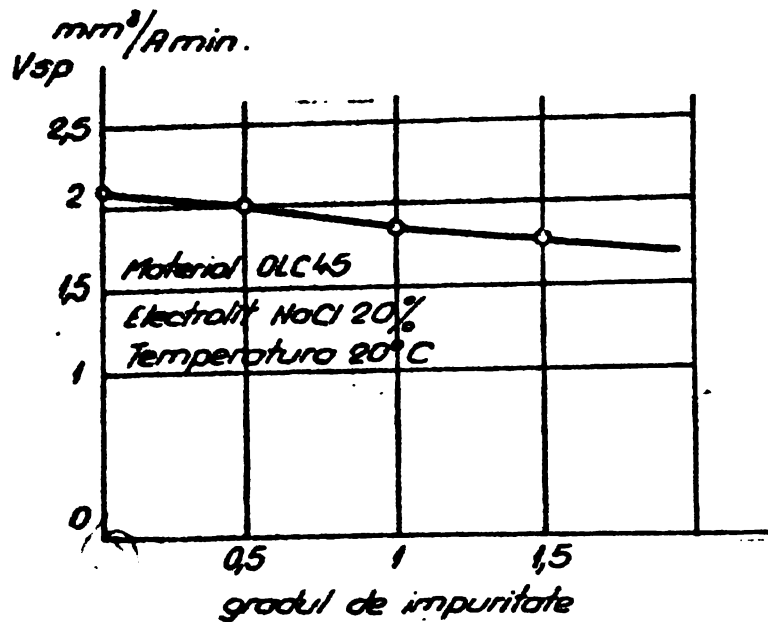


Fig. 3.26 Influența gradului de impuritate asupra volumului specific

Deasemeni, s-a constatat că puritatea electrolitului are influență și pentru asigurarea obținerii preciziei de formă. Incercările efectuate la diferite grade de impurități au condus la abateri de formă, ovalitate și conicitate, mult peste limitele admise, fără a fi posibilă stabilirea vreunei anume reguli.

Din experimentările făcute, s-a constatat că ovalitatea este aceea care este cel mai mult influențată de gradul de impuritate.

În vederea ilustrării întregului sistem de acționare a utilajului de honuit electrochimic, am redat în fig. 3.27. schema circuitului de forță al instalației.

#### 3.3.5.4. Aparatura de măsură și control.

Aceasta este compusă din debitmetru, manometru, termometru, sondă de concentrație, montate pe circuitul instalației pentru electrolit cu scopul de a urmări și menține condițiile impuse pentru procesul de honuire electrochimică (fig. 3.27 a).



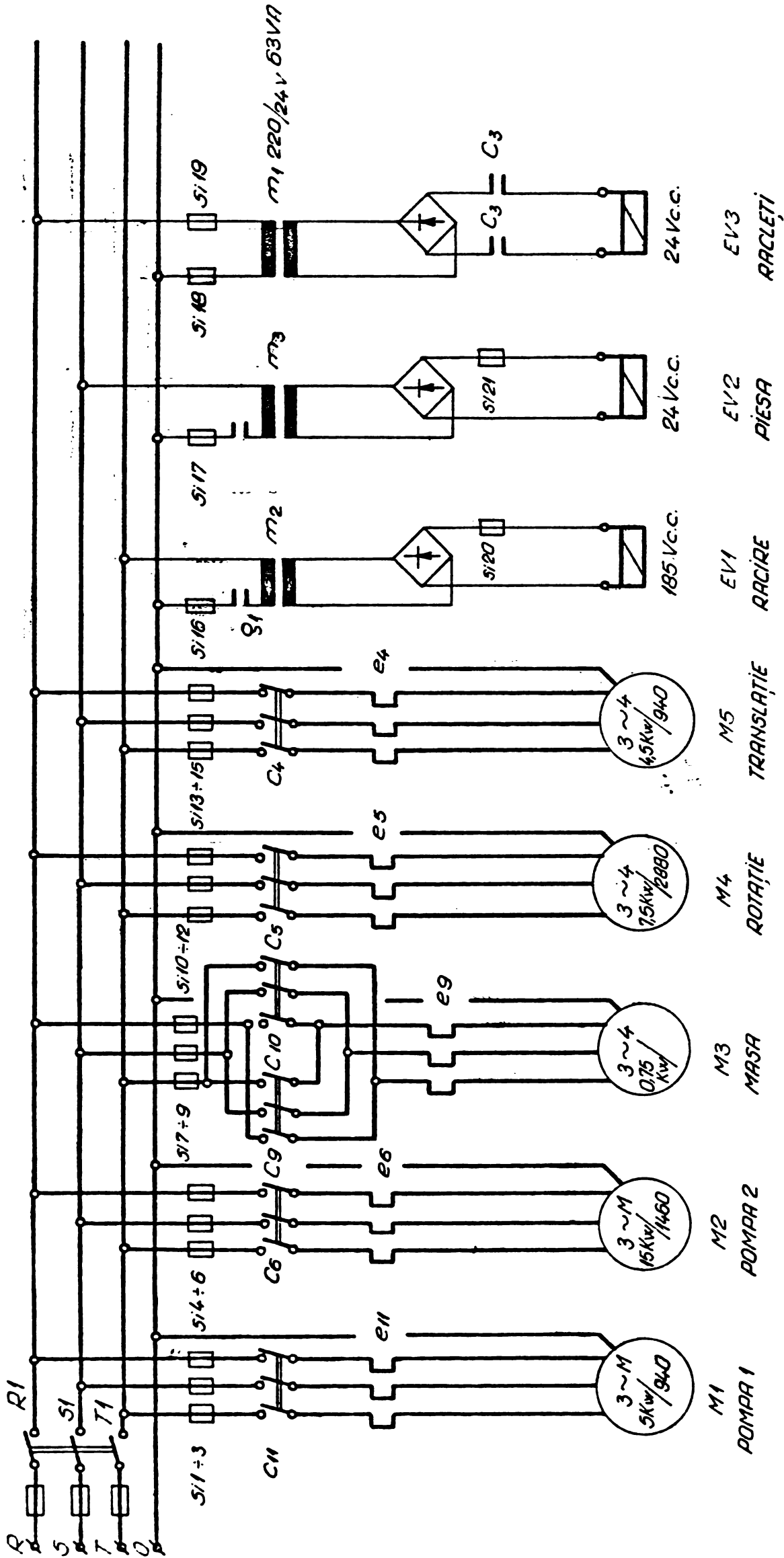


Fig. 3.27 Schema circuitului de forță a instalației



Deschiderea circuitului de alimentare cu electrolit al instalației de honuit electrochimic se comandă de la pupitrul central și aceasta nu este posibil decât în situația în care camera de lucru este închisă.

Pentru ca electrolitul din camera de lucru care se scurge liber în rezervorul de decantare  $R_2$  să nu depășească un nivel maxim stabilit, rezervorul este prevăzut cu un nivostat capacitiv care, fiind introdus în circuitul de alimentare cu curent al motorului pompei  $P_f$ , comandă pornire sau oprirea pompei de filtrare ( fig. 3.24. c).

Instalațiile de control și aparatele de reglare a circuitului electrolitului sînt incluse în sistemul de comandă al mașinii, acestea fiind următoarele:

a. Reglarea concentrației electrolitului.

Măsurarea concentrației electrolitului de clorură de sodiu, utilizat la honuirea electrochimică, se realizează prin măsurarea conductanței acestuia, în condițiile menținerii unei temperaturi constante. În această situație, valoarea conductanței este funcție directă de mărimea concentrației electrolitului.

Pentru realizarea măsurărilor se folosește un miliampermetru adaptat corespunzător în acest scop, fiind prevăzut cu releu electronic și sesizor inductiv.

Pe timpul desfășurării procesului de honuire electrochimică, datorită evaporării apei din electrolit, concentrația acestuia tinde să înregistreze o creștere. Pentru readucerea concentrației la valoarea dorită, soluției de electrolit i se adaugă apă prin intrarea în funcție a unui electroventil comandat de acest regulator de concentrație (fig.3.28.).

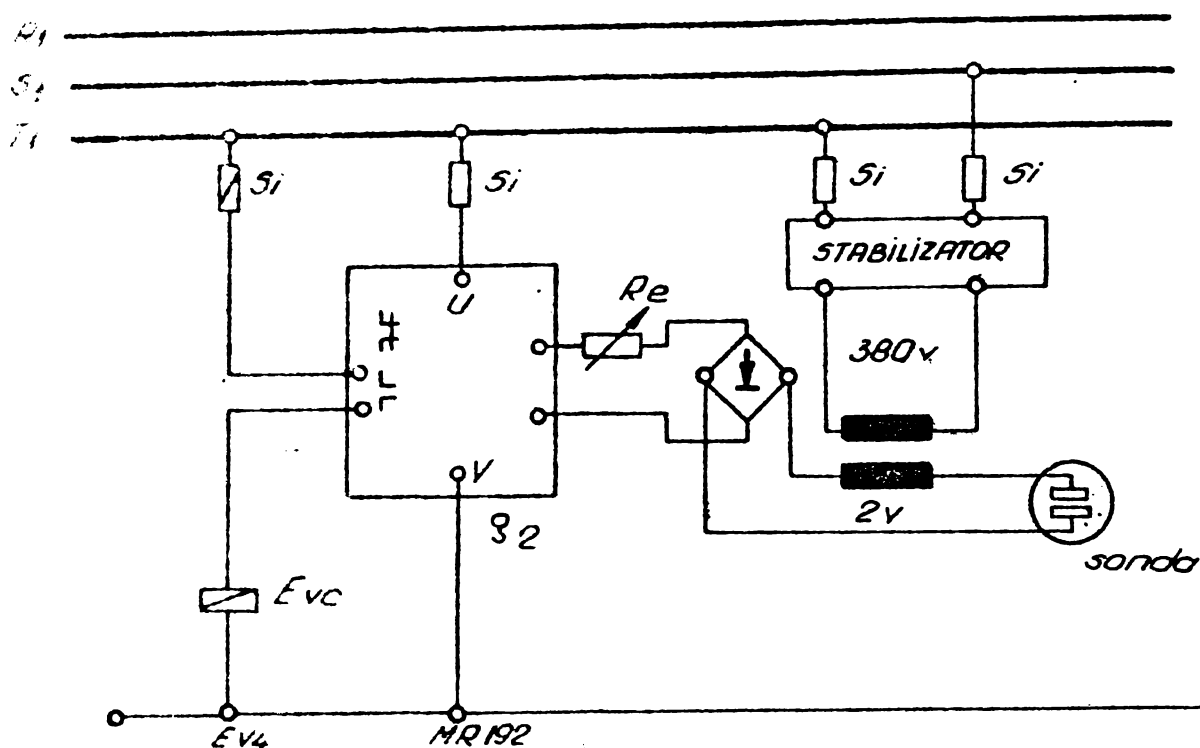


Fig. 328 Reglarea concentrației electrolitului

b. Reglarea temperaturii electrolitului

În scopul desfășurării corespunzătoare a procesului de ionizare electrochimică, se necesită ca pe parcursul prelucrării, temperatura electrolitului folosit să fie menținută la o valoare practic constantă.

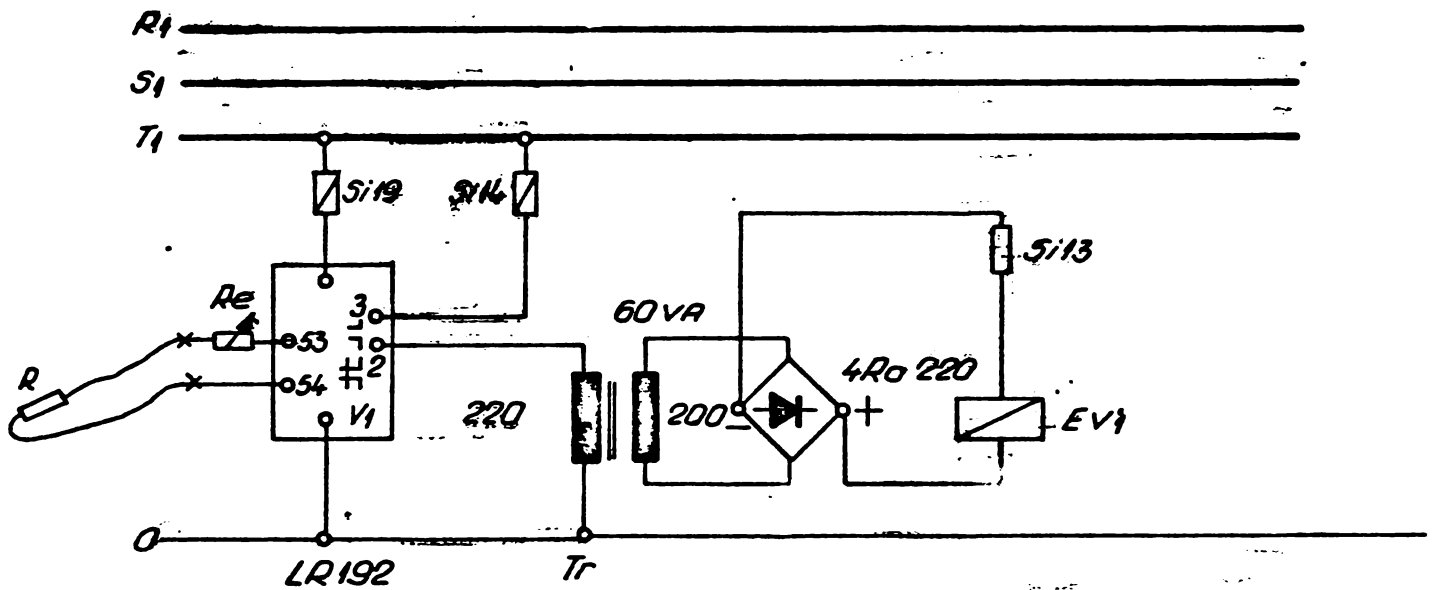
Valoarea temperaturii electrolitului se măsoară cu ajutorul unei termorezistențe R de  $100\ \Omega$ , cuplată cu un logometru regulator LR 192.

La depășirea unei valori stabilite a temperaturii electrolitului, se cuplează un releu care acționând asupra unui electrovanții, permite prin deschiderea acestuia, circuitului fluidului de răcire, respectiv  $\text{CO}_2$  sau  $\text{NH}_4$ .

După ce temperatura electrolitului scade din nou reglat, acesta se închide și răcirea se oprește.

Întreg procesul se repetă în mod automat,

ori de câte ori se înregistrează o creștere a temperaturii electrolitului peste valoarea inițial fixată (fig.3.29.).



*R - termorezistență Pt. 100 r/250°C*  
*EV1 - electroventil 185V/40W - 10 atm de CO<sub>2</sub>*

Fig. 3.29 Reglarea temperaturii electrolitului

### c. Reglarea nivelului electrolitului

Din considerente de prefiltrare a electrolitului, volumul bazinului de colectare a electrolitului după prelucrare, este substanțial mai mare decât volumul bazinului de electrolit propriu-zis. Din această cauză, pentru a evita deversarea unui nivel maximal constant al acestuia, se folosește un nivostat capacitiv care acționează direct asupra pompei de filtrare. La scăderea nivelului de electrolit sub nivelul nominal, pompa de filtrare intră în funcțiune și transferă - prin filtrul de curățire - electrolit din bazinul de prefiltrare în bazinul principal. Când se atinge nivelul maxim admis (nivelul nominal), prin nivostatul capacitiv menționat se comandă oprirea pompei de filtrare. În acest fel pompa de filtrare are un regim de lucru cu porniri și opriri intermitente, funcție de modul în care este consumat electrolitul din bazinul principal în procesul de prelucrare electrolitului.

chimică.

### 3.3.6. Sursa de alimentare cu curent continuu.

#### 3.3.6.1. Considerațiuni generale privind alegerea sursei de curent continuu.

Pentru asigurarea desfășurării corespunzătoare a fenomenelor ce au loc în timpul prelucrării prin procedeul de honuire electrochimică, la alegerea sursei de curent continuu trebuie să se țină seama de îndeplinirea următoarelor cerințe:

1. Condiția de tensiune electrică. Furnizarea energiei electrice să se facă sub o anumită diferență de potențial între cei doi electrozi - anodul materializat prin piesa ce se prelucrează și catodul constituit efectiv din elementii metalici ai sculei de honuit - reglabilă între 5 și 25 volți.

2. Condiția asigurării curentului electric. Alegerea și dimensiunea corespunzătoare a sursei de curent, se va face astfel încât puterea instalată să corespundă unui regim de lucru la intensități ridicate de curent, în funcție de suprafața de prelucrat și a densității curentului, știut fiind faptul că volumul de metal îndepărtat prin dizolvare anodică este direct proporțional cu intensitatea curentului cu care se lucrează.

3. Asigurarea parametrilor de lucru. La alegerea sursei se va urmări îndeplinirea posibilității urmării simple și continue a parametrilor urmăriți în desfășurarea procesului de honuire electrochimică, precum și o maneabilitate generală simplă și ușoară.

4. Condiția de robustețe și funcționare sigură. Sursa de curent continuu aleasă trebuie să prezinte siguranță în exploatare prin dotări cu instalații de protecție corespunzătoare împotriva scurtcircuitului de alimentare, precum și asigurarea unei rezistențe ridicate la acțiunea agenților corosivi.

La alegerea sursei de curent continuu pentru mașina de honuit electrochimic ce face obiectul tezei de doctorat, dintre tipurile recomandate de literatura de specialitate, au fost încercate următoarele două variante:

- a) Generatorul de curent continuu homopolar
- b) Instalația de redresare a curentului alternativ.

Comparând între ele avantajele și dezavantajele practice oferite de către fiecare sistem în parte, pentru studiile efectuate a fost preferat tipul "b" de sursă, mai simplu de realizat și mai sigur în exploatare, fiind de altfel și cel mai frecvent recomandat pentru acest scop.

### 3.3.6.2. Instalația complexă de redresare a curentului electric și de comandă centralizată a mașinii de honuit electrochimic.

Elementele care au stat la baza calculului de dimensionare a sursei de curent, ținând seama de caracterul special al prelucrării prin honuire electrochimică, au fost următoarele:

1. Sursa să aibă o rezistență interioară mică de ordinul 0,001 - 0,005 ohm, astfel încât căderea de tensiune să fie practic neglijabilă față de tensiunea de lucru scăzută (5 - 25 V),

2. Din condiția tehnologică de a se asigura densități de curent de ordinul de mărime 0,5 - 3 A/cm<sup>2</sup>, rezultă necesitatea de a se lucra cu curenți de valori ridicate.

În cazul concret, al caracteristicilor constructive ale mașinii de honuit folosite, se pot prelucra piese având un diametru interior maxim  $D_{i \max} = 60$  mm și o lungime  $L = 250$  mm, ceea ce echivalează cu o suprafață maximă de prelucrare.

$$A_{\max} = \pi \cdot D_{\max} \cdot L = 471 \text{ cm}^2 \quad (55)$$

Fuind în calcul valorile maxime pentru densitatea de curent și suprafața interioară prelucrată, rezultă că redresorul de curent tre-

buie să asigure un curent de valoare  $I = j \cdot A_{\max}$ , respectiv  $I = 471 \cdot 3 = 1413$  A. Practic, ~~apara~~ realizată poate lucra cu un curent maxim redresat de 1450 A.

3. Dat fiind faptul că spațiul de lucru dintre sculă și piesă, respectiv interstițiul anod - catod, este foarte mic (0,1 - 0,3 mm), lucrându-se cu curenți de valoare ridicată, pentru a se evita orice posibilitate de străpungere tensiunea de lucru trebuie menținută la o valoare constantă. Sursa de curent este dimensionată pentru o tensiune maximă redresată  $U_{\max} = 25$  V; în mod practic lucrările de honuire electrochimică desfășurându-se sub o diferență de potențial între sculă și piesă de 5 - 25 V.

Constructiv, instalația de redresare (fig.3.30) este realizată cu un transformator trifazat coborîtor de tensiune, alimentat la 380 V, prin intermediul unor amplificatoare magnetice de tip AMSV 6 a și un redresor trifazat de putere PR realizat cu diode de siliciu de tip T 31, montate câte patru în paralel pe brațele punții, acest lucru fiind impus de faptul că intensitatea maximă de curent pe o diodă este de 300 A.

Pentru o funcționare corespunzătoare a redresorului, diodele semiconductoare ce intră în componența acestuia sînt montate pe radiatoare din profile de aluminiu tip KU și răcite forțat cu un ventilator  $V_e$ , montat deasupra radiatoarelor.

Comanda instalației de redresare conține un releu de vînt  $V_1$ , care asigură conectarea circuitului de forță numai după apariția curentului de aer necesar răcirii diodelor redresoare. La o turație scăzută a ventilatorului (de pildă funcționare în lipsa unei faze) releul de vînt comandă declanșarea contactorului principal și instalația se oprește.



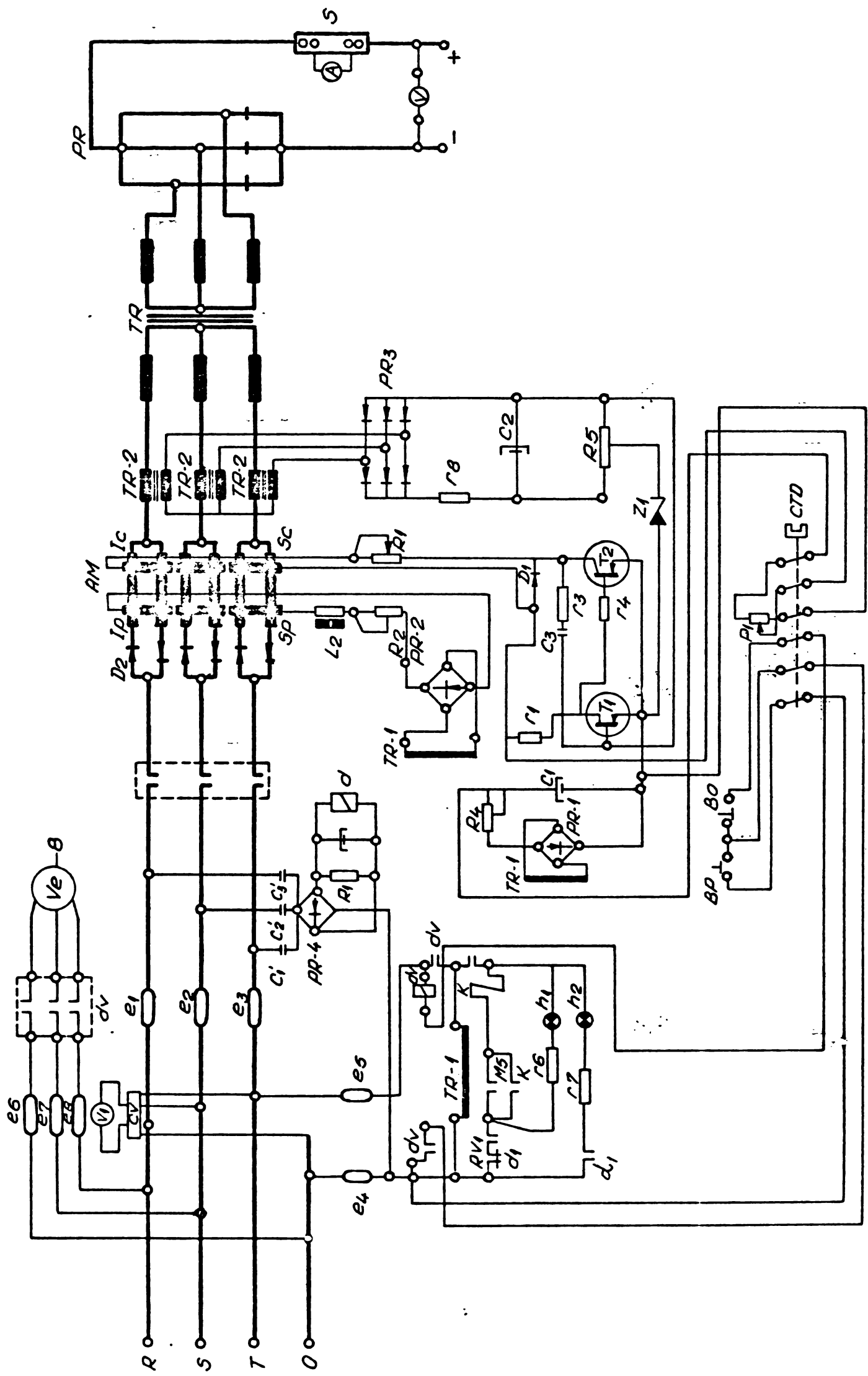


Fig. 3.30 Schema electrică de principiu



Protecția la scurtcircuit a diodelor este realizată prin siguranțe ultrarapide, montate în circuitul de alimentare al transformatorului. În același timp, pentru a se evita deteriorarea piesei în cazul apariției de scurtcircuite între sculă și piesă, protecția prin siguranțe ultrarapide fiind totuși relativ lentă, a fost realizat un sistem de protecție tiristorizat, cu acționare într-un interval de timp de ordinul  $(1-2) \cdot 10^{-3}$  s de la apariția scurtcircuitului.

Intrucât procesul tehnologic de prelucrare prin honuire electrochimică necesită un reglaj continuu și în limite largi a curentului de lucru, pe fiecare fază a circuitului de alimentare - între transformator și rețea - s-a interconectat câte un amplificator magnetic tip AMSV 6 a, care realizează pe înfășurările principale  $I_A S_A$  și  $S_B I_B$ , prin diodele de saturație  $D_2$  de tip KS 1160, o cădere de tensiune cuprinsă între 3 și 220 V, funcție de curentul de comandă a acestuia. În acest fel căderea de tensiune pe înfășurările primare ale transformatorului principal TR, conectat în stea, este de ordinul 220 - 3 V; în secundarul acestuia obținându-se tensiuni de mărime variabilă, respectiv o reglare continuă a curentului în limite largi.

Amplificatorul magnetic este comandat prin înfășurarea de comandă  $I_C S_C$  în curent continuu cu o tensiune de comandă de 24 V, realizată cu un transformator de comandă  $TR_1$  și o punte redresoare  $PR_1$ .

Reglarea curentului de comandă a amplificatorului magnetic se face prin blocarea sau deblocarea mai mult sau mai puțin a tranzistorului de comandă T 2 - prin polarizarea bazei acestuia cu potențiometrul P 1.

În scopul asigurării unei funcționări stabile a instalației de redresare, se aplică o reacție negativă de curent

la transformările de reacție ale amplificatorului magnetic prin transformatorul TR 1 și puntea redresoare PR 3, fixată la o valoare constantă prin rezistența semireglabilă R 2.

Intreaga instalație, de redresare este amplasată într-un dulap din tablă prevăzută cu un pupitru centralizat de comandă pe care sînt montate elementele de comandă, control și semnalizare; imaginea de ansamblu a instalației cît și detaliile fiind redată în fig. 3.31; 3.32.

### 3.3.6.3. Elementele de protecție și reglare

#### 1. Protecția de supracurent

În cazul în care în circuitul de curent continuu se depășește valoarea maximă admisibilă a curentului redresat de 1450 A, traductorul de curent TR - 2, puntea redresoare PR 3, filtrajul  $r_3C_2$  și rezistența  $R_5$ , dau la ieșire o tensiune care depășește valoarea nominală a diodei Zenner  $Z_1$ . În acest fel se aplică o tensiune negativă pe baza tranzistorului  $T_1$ , care începe să conducă și produce blocarea rapidă a tranzistorului  $T_2$ , respectiv are loc limitarea curentului de comandă a amplificatoarelor magnetice, ceea ce duce la limitarea curentului redresat.

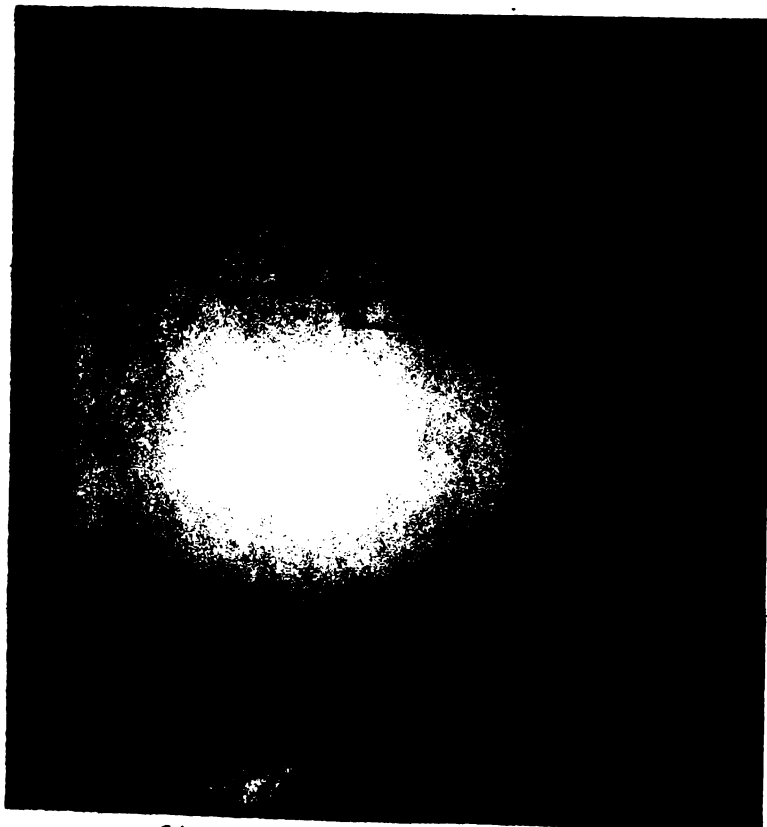


fig. 3.31.

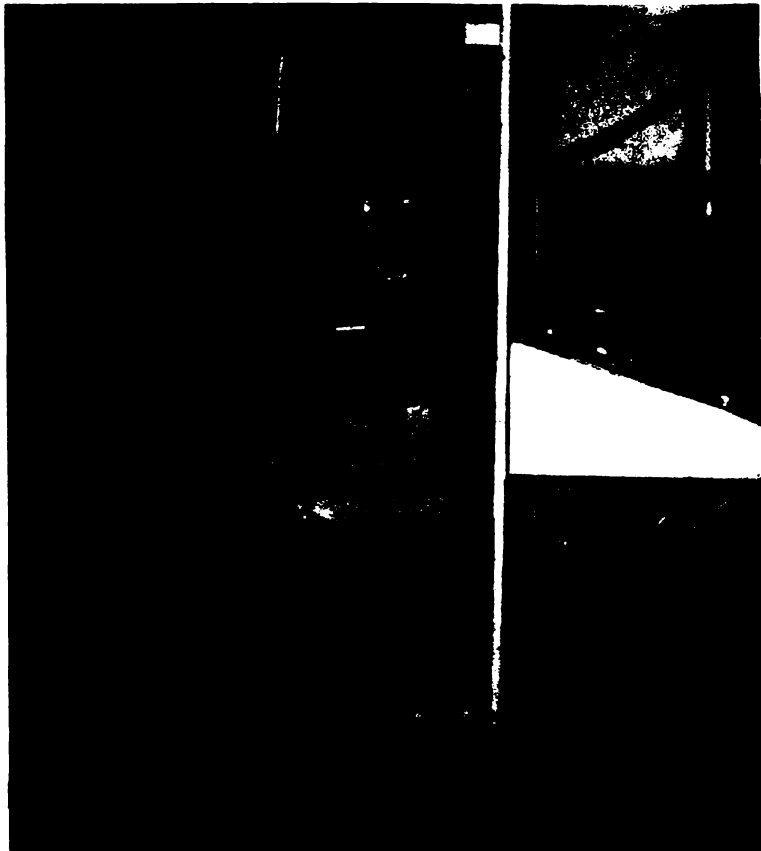


fig. 3.32.

Schema instalației de protecție la supracurent este prezentată în fig. 3.33.

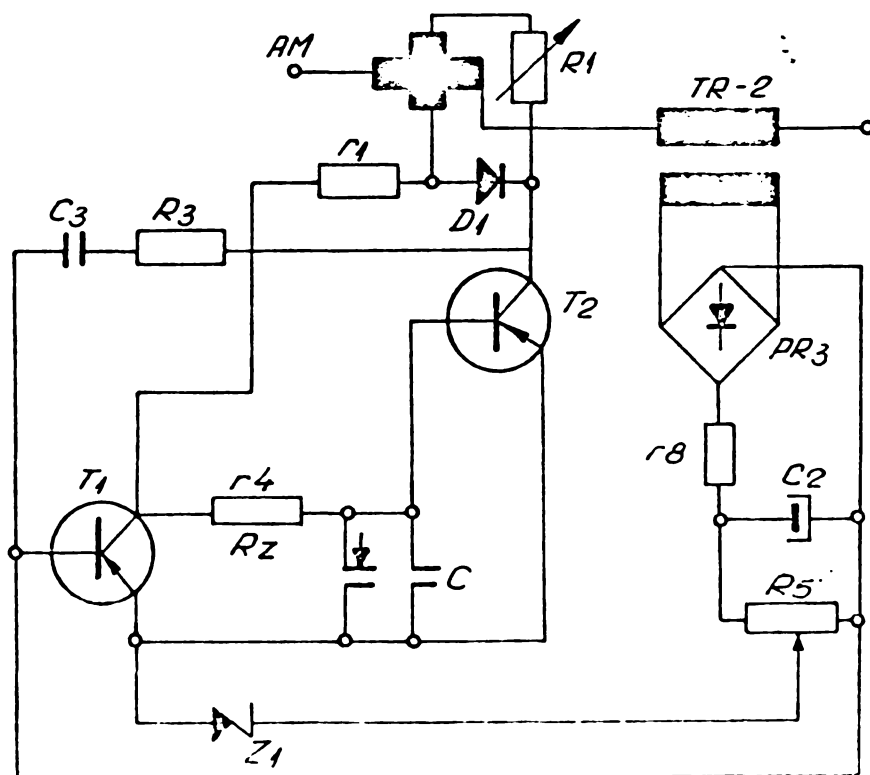


Fig. 3.33 Schema de protecție la supracurent

2. Protecția instalației la scurtcircuit

2.1. Protecția la scurtcircuit la bornele de alimentare

electrochimică, datorită spațiului mic de lucru impus (0,1 - 0,3 mm) pot să apară scurtcircuite în circuitul de curent continuu în cazul în care elementii de catod ai sculei vin în atingere cu suprafața alezajului, conectat la anodul instalației de redresare. Aceste scurtcircuite, chiar de durată foarte scurtă, influențează negativ asupra calității suprafețelor prelucrate, producând în același timp, deteriorări sesizabile ale elementilor de catod ai sculei. Pentru a elimina efectele nedorite ale scurtcircuitelor posibile în spațiul de lucru, a fost concepută și realizată o schemă de protecție la scurtcircuit și oprire aproape instantanee a prelucrării electrochimice.

În principiu, protecția la scurtcircuit este realizată cu ajutorul unui tiristor comandat printr-un circuit logic "și", care are două semnale de intrare, respectiv de pe o diodă zenner cu o valoare a tensiunii mai ridicată (10 V) decât a celei de reglare curent constant (9 V) și de pe o diodă cu germaniu; cu o tensiune de deschidere de 0,7 V, care constituie transductorul de tensiune nulă, tensiunea fiind furnizată de o sursă de referință de 0,7 V.

Cele două condiții de deschidere a tiristorului sînt deci următoarele:

- creșterea bruscă a curentului
- scăderea rapidă a tensiunii,

ori aceste două condiții sînt îndeplinite în cazul producerii scurtcircuitului.

În circuitul anodic al tiristorului se găsește un releu de comandă care acționează decuplarea redresorului.

Schema protecției de scurtcircuit este redată în fig. 3.24, modul detaliat de funcționare a acesteia fiind prezentat în cele ce urmează.

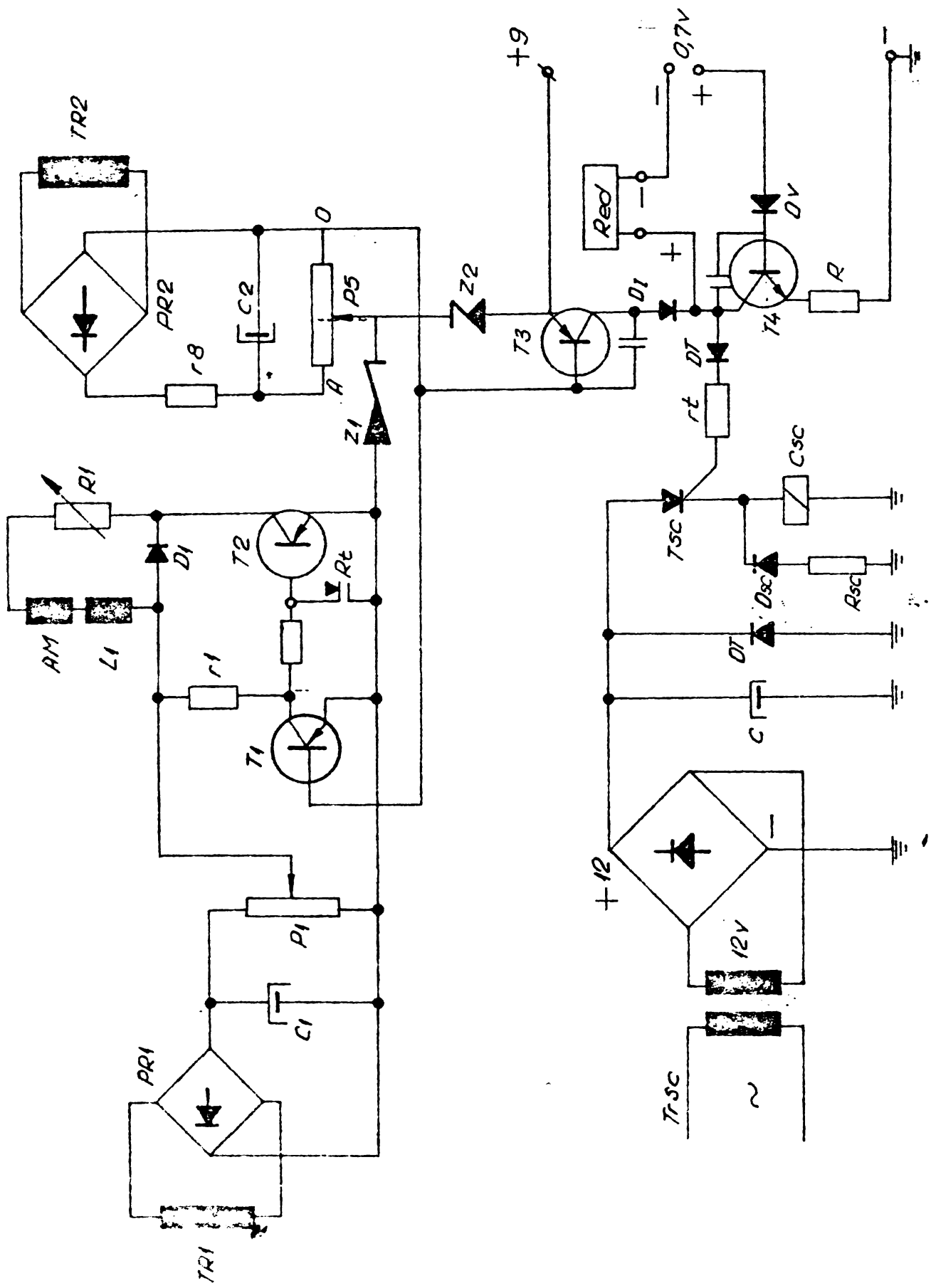


Fig. 3.34 Schema de principiu a protecției la scurt circuit





În cazul apariției scurtcircuitului, așa după cum s-a precizat, valoarea curentului crește brusc, depășind valoarea curentului reglat de potențiometrul P.5.

La atingerea valorii tensiunii zenner  $U_{z_2} = 10V$ , care se realizează în cazul scurtcircuitului - prin creșterea curentului, sesizată de transformatorul de curent  $TR_2$ , la baza tranzistorului  $T_3$  apare o tensiune negativă.

Această tensiune asigură deblocarea tranzistorului  $T_3$ , care însă nu poate conduce pînă cînd nu are tensiune de colector de la sursa de 9 V c.c. Apariția tensiunii necesare, de 9 V, are loc numai în momentul cînd tranzistorul  $T_4$ , de tip npn conduce.

În circuitul de bază al tranzistorului  $T_4$  sînt legate două surse electrice în opoziție una față de alta și anume o sursă de 0,7 - 1 V și cea de a doua constituită din redresorul principal.

Dioda  $D_u$  asigură separarea tensiunii redresorului de baza tranzistorului în momentul în care se produce atingerea elementului de catod de piesa ce se prelucrează, deci în momentul apariției scurtcircuitului.

Prin tensiunea de 0,7 V se deblochează tranzistorul  $T_4$ . Tranzistorii  $T_3$  și  $T_4$  fiind deschiși, tensiunea de 9 V ajunge prin dioda  $D_T$  și rezistența de limitare a curentului  $r_T$  la grila tiristorului  $T_{sc}$  care începe să conducă.

Se cuplează releul  $C_{sc}$  și tiristorul este menținut în stare de conducție pînă la anularea tensiunii anodice, deci pînă la oprirea redresorului.

În cazul în care scurtcircuitul nu se elimină, iar instalația este recuplată, sistemul de protecție la scurtcircuit asigură decuplarea odată cu pornirea, astfel încît se elimi-

nă orice posibilitate de a se realiza preluorarea electrochimică atit timp cit între piesă și elementii de catod ai sculei există atingeri.

### 3. Protecția la mers în două faze

În scopul evitării funcționării instalației în două faze, ceea ce ar putea duce la suprasolicitarea și distrugerea redresorului de putere PR, se folosește o schemă de protecție care asigură deconectarea instalației.

Protecția la mers în două faze este realizată cu ajutorul a trei condensatoare de  $0,47\mu\text{F}/630\text{V} - C'_1, C'_2, C'_3$  legate la fazele rețelei R, S, T, care prin redresorul PR 4 (fig. 3.30) alimentează releul  $\bar{C}$ . Acesta, la dispariția unei faze, cuplează și prin contactul său normal închis  $d_1$  - intrerupe alimentarea contactorului K, producând deconectarea de la rețea a instalației de redresare. Se aprinde lampa de semnalizare  $M_2$ , indicând lipsa unei faze la rețea.

### 4. Reglarea curentului electric

Reglarea curentului la o valoare constantă, dorită, se realizează printr-o reacție inversă negativă pe baza tranzistorului de comandă  $T_2$  care acționează asupra circuitului de forță prin intermediul amplificatorului magnetic AM montat în serie cu redresorul de putere PR (fig. 3.34).

#### 3.3.6.4. Modul de funcționare a instalației de redresare

Prin modul în care este concepută și construită, instalația de redresare dispune de posibilitatea funcționării în două regimuri de lucru și anume:

- regim de lucru manual ( revizie)
- regim de lucru automat (tehnologic)

Alegerea unuia sau altuia din cele două posibilități de lucru se face prin comutarea unei chei de contact

În poziția dorită "M" - manual sau "A" - automat. De reținut că în poziția intermediară - poziția de "zero" - instalația nu funcționează, aceasta constituind și o măsură de protecție a instalației. Pe poziția "M" - manual, fiecare parte componentă a agregatului este acționată individual de la pupitrul centralizat de comandă, prin apăsarea unui buton de pornire.

Oprirea sau scoaterea din funcțiune a unor părți sau subansamble ale agregatului de honuire electrochimic se realizează fie prin acționarea butoanelor corespunzătoare de oprire, fie de la butonul de "stop general" (avarie), care întrerupe funcționarea întregii instalații.

De menționat că pornirile și opririle anumitor părți ale agregatului se pot efectua într-o ordine oarecare dorită, cu precizarea că mișcarea de rotație a sculei poate fi realizată numai cu condiția fixării prealabile a piesei.

Pe poziția "A" - automat, pornirea tuturor elementelor agregatului se realizează în mod automat, prin acționarea numai a butonului de pornire automată, asigurându-se în acest fel întreaga desfășurare a procesului complex de honuire electrochimică, după cum urmează:

- timpul 1 - prinderea piesei de prelucrat
- timpul 2 - pornirea pompei principale de alimentare cu electrolit a sculei.
- timpul 3 - acționarea mecanismelor de rotație și translație a sculei.
- timpul 4 - conectarea, pentru un timp  $t$  dinainte fixat, la o intensitate de curent stabilită, a instalației de redresare a curentului.
- timpul 5 - după scurgerea timpului  $t$ , echivalent cu timpul de prelucrare electrochimică a piesei, se deconectează instalația de redresare.

- timpul 6 - are loc oprirea mișcărilor de rotație și translație a sculei,

- timpul 7 - oprirea pompei principale de electrolit.

- timpul 8 - eliberarea piesei prelucrate.

Acționarea cronologică a diverselor subansamble, respectiv temporizările care sînt ca valoare de ordinul de mărime 5 - 10". - se justifică prin natura procesului tehnologic urmărit, respectiv existența unor elemente inerțiale cum sînt mecanismele mașinii de hounit, pompele de electrolit, etc.

Modul de lucru al instalației în cele două regimuri este redat detaliat în cele ce urmează.

#### 1. Descrierea funcționării instalației în regimul manual

Pentru funcționarea instalației în regimul de lucru manual se procedează în felul următor:

Se aduce cheia "C" de la pupitrul centralizat de comandă în poziția "M" (fig.3.35).

În această poziție, prin contactul normal închis  $c_2$ , contactorul  $C_1$  este alimentat; în același timp aprinzîndu-se lampa de semnalizare  $LS_1$  care indică funcționarea instalației în regimul manual de lucru.

Operația următoare este fixarea piesei în dispozitivul pneumatic de prindere, operație ce se realizează prin acționarea butonului  $EP_0$  care, prin intermediul contactorului  $C_7$ , respectiv contactele normal deschise ale acestuia, pun în funcțiune electroventilul  $EV_2$  care realizează alimentarea cu aer comprimat a dispozitivului pneumatic de prindere.

Automenținerea contactorului  $C_7$  este asigurată prin contactul său normal deschis  $c_{71}$ , lampa de semnalizare

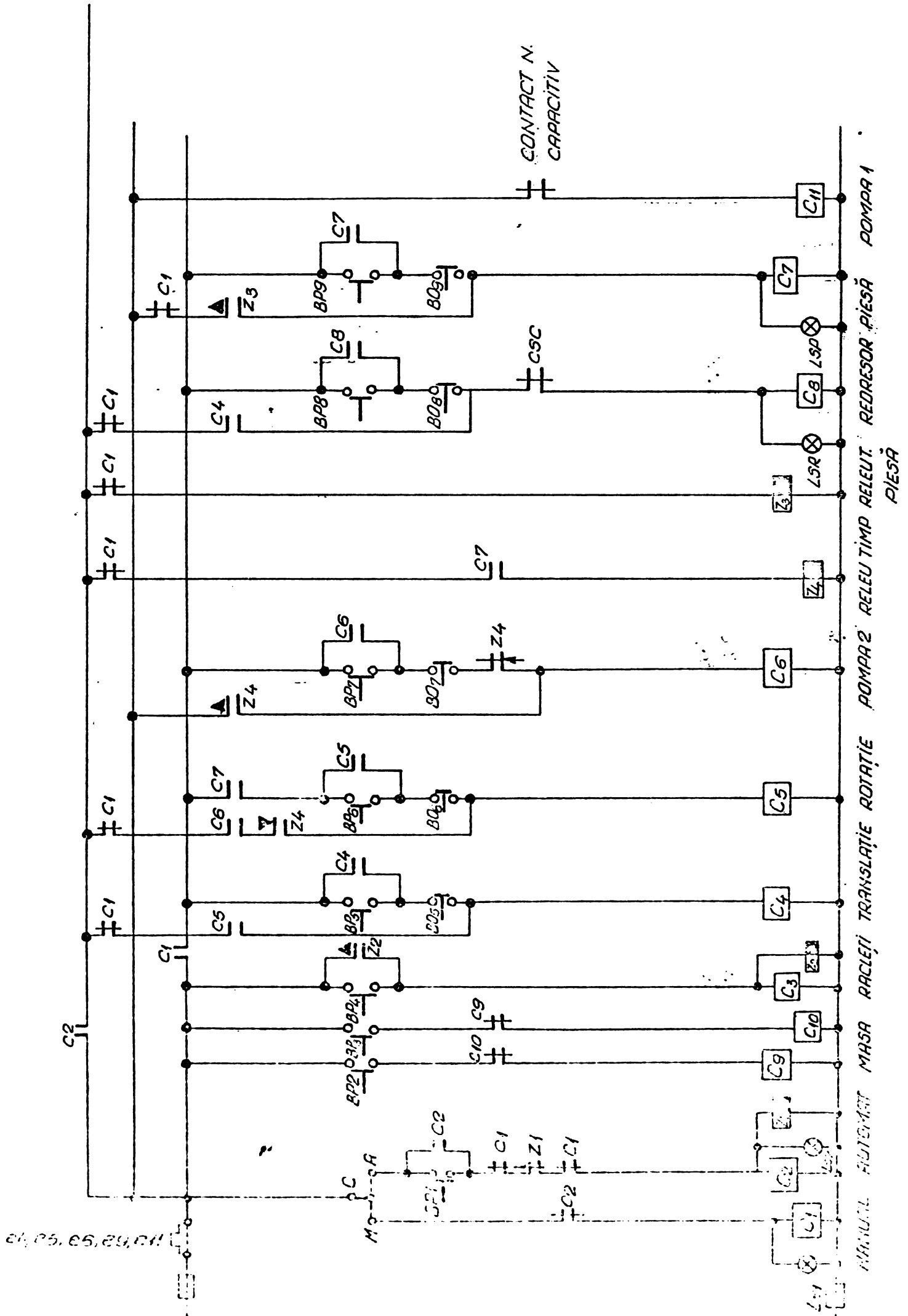


Fig. 3.35 Schema circuitului de comană a instalației



LSP se aprinde indicînd că piesa este fixată in dispozitiv.

Odată fixată piesa, se acționează butonul BR in scopul retragerii racleților sculei pentru operația de introducere a sculei in interiorul piesei de prelucrat.

Prin apăsarea pe butonul BP<sub>4</sub> releul de timp Z<sub>2</sub>  i contactorul C<sub>3</sub> sînt alimenta i pentru un timp fixat t<sub>2</sub>, calculat de a a manieră inc t să permită efectuarea mișcării de introducere a sculei.

Electroventilul ce asigură retragerea racleților este ac ionat, timpul t<sub>2</sub> prin intermediul contactelor normale deschise c<sub>3</sub>.

Transla ia sculei pentru introducerea in interiorul piesei se realizează prin apăsare pe butonul BP<sub>5</sub> care asigură alimentarea releului C<sub>4</sub>, automenținerea acestuia prin contactul normal deschis c<sub>4</sub>  i pornirea motorului de translație M<sub>5</sub>, alimentat la r ndul său prin intermediul contactelor normale deschise c<sub>4</sub>, intercalate in circuitul său.

In continuare se acționează butonul BP<sub>7</sub>,  i prin alimentarea releului c<sub>6</sub>, a cărui automenținere se asigură prin contactul normal deschis c<sub>6</sub>, se porne te motorul M<sub>2</sub>, care antrenează pompa principală de alimentare cu electrolit. In cazul in care nivelul electrolitului in bazinul principal scade sub nivelul nominal cuplează releul C<sub>11</sub>, care prin contactele sale normale deschise c<sub>11</sub> conectează motorul M<sub>1</sub>  i pompa de electrolit incepe să lucreze  mping nd electrolitul din bazinul de prefiltrare in bazinul principal prin filtrul de cur tire.

Circula ia electrolitului prin spațiul de lucru fiind asigurată, se realizează in continuare mi c rile de rotație  i translație a sculei, caracteristice procesului de prelucrare prin homiere.

Pentru realizarea mișcării de rotație se apasă butonul  $BP_6$ , prin care, numai dacă piesa este fixată în dispozitiv (contactul  $c_7$  inseriat trebuind să fie închis), contactorul  $C_5$  cuplează, se automenține prin contactul normal deschis  $c_5$  și motorul  $M_4$  primește tensiune și începe să acționeze mecanismul de rotație.

Translația sculei se obține prin acționarea butonului  $BP_5$ ; în acest fel cuplându-se contactorul  $C_4$ , care la rândul său prin contactele sale  $c_4$  asigură alimentarea cu tensiune a motorului  $M_5$  de acționare a pompei hidraulice de translație a sculei de honuit.

Punerea sub tensiune a circuitului de lucru, respectiv cuplarea redresorului principal PR, se face prin apăsarea pe butonul  $BP_8$  care acționează contactorul  $C_8$  prin contactele cărui se asigură prezența tensiunii între piesă anod și scula - catod. Vizual, existența tensiunii, respectiv a alimentării circuitului de lucru, este redată la lampa de semnalizare LSR, care se aprinde.

După scurgerea timpului stabilit pentru efectuarea prelucrării electrochimice a piesei ce se prelucrează, se trece la oprirea instalației prin acționarea butoanelor corespunzătoare de comandă a opririi.

Acționările acestor butoane se fac în ordine inversă față de cele descrise anterior, respectiv se oprește mai întâi alimentarea cu tensiune, apoi mișcările sculei, circulația electrolitului, scoaterea sculei și eliberarea piesei.

La apariția oricărei nereguli în funcționare se va apăsa pe butonul de avarie "STOP", care acționează asupra contactorului principal al instalației întrerupând alimentarea cu tensiune a întregii instalații, respectiv realizează o-



prirea automată a acesteia.

Se menționează că sistemul de temporizare automată a prelucrării nu este în funcție, astfel că trecerea de la acționarea unui circuit la altul, respectiv între operații, se face la intervale de timp alese de persoana care deserveste procesul de lucru.

Reglajul de curent constant, temperatură constantă, nivelul și concentrația electrolitului, precum și protecția la scurtcircuit și la funcționarea instalației la lipsa unei faze, sînt în funcțiune și în acest caz.

## 2. Descrierea funcționării instalației în regimul automat

Operațiile premergătoare ciclului automat, respectiv prinderea piesei în dispozitiv, retragerea racleților și introducerea sculei se realizează în același mod ca și la funcționarea în regim manual.

Pentru funcționarea instalației în regimul de lucru automat, se aduce cheia "C" de la pupitrul centralizat de comandă în poziția "A".

În această situație, prin apăsarea pe butonul  $EP_1$ , contactorul  $C_2$  și releul de timp  $Z_1$  sînt alimentate prin contactul de întreblocaj a celor două regimuri  $c_1$  normal deschis și  $Z_1$  normal închis, temporizat la deschidere.

Contactorul  $C_2$  se automenține un timp  $t$  de temporizare, reglat inițial, care corespunde timpului de prelucrare electrochimică a piesei, respectiv pînă la deschiderea contactului normal închis  $z_1$ .

Indicarea funcționării instalației pe ciclul automat este sesizată vizual prin aprinderea lămpii de semnalizare  $IS_2$ .

Contactorul  $C_2$  pregătește cuplarea în regim automat prin închiderea contactului între punctele R și 10.

În acest fel se cuplează releul de timp  $Z_3$  (circuitul 13) care, prin contactul lui normal deschis  $z_3$  temporizat la deschidere (circuitul 16) alimentează contactorul  $C_7$ , iar acesta la rândul său, prin contactul  $c_7$ , acționează asupra ventilului  $EV_2$  asigurând prinderea piesei.

În același timp se aprinde lampa de semnalizare LSP.

Releul de timp  $Z_3$  este reglat la un timp  $t_3 > t$ , asigurându-se în acest fel eliberarea piesei din dispozitivul pneumatic de prindere, numai după oprirea totală a prelucrării, ținând seama că, datorită inerției mecanismului de rotație oprirea nu este instantanee.

În continuare, contactorul  $C_7$ , alimentat prin contactul  $z_3$  normal deschis, temporizat la deschidere (circuitul 16) asigură prin contactul său  $c_7$  (circuitul 12) alimentarea releului de timp  $Z_4$ .

Aceasta comandă închiderea contactului  $z_4$  normal deschis temporizat la deschidere (circuitul 11) și în acest mod contactorul  $C_6$  este acționat, motorul  $M_2$  care antrenează pompa de electrolit intrînd în funcțiune.

Releul de timp  $Z_4$  este reglat la un timp  $t_4$ , care asigură după decuplarea prelucrării, spălarea cu electrolit a piesei, înainte de a fi scoasă din dispozitivul de fixare.

După scurgerea timpului  $t_4$ , prin contactul  $z_4$  normal deschis temporizat la închidere (circuitul 8), intră în acțiune contactorul  $C_5$ , care prin închiderea contactelor sale normale deschise  $c_5$ , asigură alimentarea de la rețea a motorului  $M_1$  de antrenare a mecanismului de rotație a sculei.

Contactorul  $C_5$  fiind acționat, se asigură și alimentarea contactorului  $C_4$  prin închiderea contactului  $c_5$  normal deschis (circuitul 6), astfel că se închid contactele  $c_5$  din circuitul motorului  $M_5$  și mecanismul de translație hidraulic intră în funcțiune asigurând mișcarea de translație alternativă a sculei de honuit.

Prin închiderea contactului  $c_4$  (circuitul 14) se cuplează contactorul  $C_6$  și astfel pornește redresorul PR, asigurând tensiunea de lucru necesară. Lampa de semnalizare LSR se aprinde indicând intrarea în funcțiune a redresorului.

Durata de funcționare a redresorului este fixată pentru un timp  $t$  reglat pe releul de timp R, după care tranzistorul de comandă se blochează prin contactul normal deschis temporizat la închidere  $P_t$  (fig. 3.34.) și prelucrarea continuă la un curent de cca. 0,5 - 1 A.

După scurgerea timpului  $t_1$  se decuplează contactorul  $C_2$ , care la rîndul său comandă deconectarea contactoarelor  $C_4$  și  $C_5$ , a releelor de timp  $Z_4$  și  $Z_3$  și respectiv a contactorului  $C_6$ ; în acest fel oprindu-se mișcările de rotație și translație a sculei, respectiv se produce deconectarea redresorului.

După timpul  $t_4$ , se oprește pompa de electrolit, iar după un timp  $t_3$ , se eliberează piesa.

Pentru scoaterea piesei prelucrate, după oprirea completă a instalației cheia "C" se aduce în poziția "M" - manual și se acționează butonul care comandă ridicarea sculei.

Ca o remarcă la ciclul de lucru automat, trebuie subliniat că succesiunea operațiilor nu poate fi inversată, așa cum a fost posibil în cazul regimului manual.



## CAP. IV. CERCETARI EXPERIMENTALE

### 4.1. Metodica de lucru

Utilajul de honuit electrochimic realizat și descris în capitolul precedent, prezintă posibilitatea de a realiza regimuri de lucru dintre cele mai diferite, prin combinarea parametrilor mecanici și electrici. Din aceste motive, a fost necesar a se stabili de la bun început condițiile și modalitatea de lucru, în vederea obținerii unor parametri mășurați care să permită a se urmări compararea și aprecierea rezultatelor experimentale.

De fapt, o parte din aceste aspecte au fost determinate pe parcursul încercărilor efectuate, atât în ceea ce privește definitivarea formei constructive a mașinii de honuit electrochimic, cât și posibilitățile de prelucrare și în mod deosebit interdependența dintre aceștia și regimul de lucru care trebuie menținut pe tot parcursul prelucrării pentru obținerea rezultatelor urmărite.

#### 4.1.1. Materiale folosite

În vederea desfășurării încercărilor, au fost alese cinci categorii de oțeluri care se folosesc mai frecvent în construcția de mașini, la piese care conțin suprafețe a căror pre-

cizie și calitate cer a fi prelucrate prin procedeul de honuire.

Caracteristicile mecanice și compoziția chimică a oțelurilor folosite la încercări se prezintă în tabela 4.1.

Oțelurile alese pentru experimentările efectuate la mașina de honuit electrochimic și a căror principale proprietăți au fost arătate mai sus, se caracterizează prin rezistența mecanică superioară cuprinsă între 50 - 110 kgf/mm<sup>2</sup> ceea ce le face utilizabile la piese supuse la solicitări mari.

Conținutul mediu de carbon (OLC 45) și a elementelor de aliere - molibden, crom, mangan - (41 MoC11, 40C10 21 MoC 12) conduc la o sensibilitate sporită la tratamente termice, contribuind ca după normalizare, îmbunătățire și durificare superficială, (40 C 10, 41 MoC 11, OLC 45) sau cementare - după ultimele cercetări și călire CIF - (21 MoMC 12), oțelurile să se comporte foarte bine la solicitări sporite de încovoiere, oboseală și uzură, fiind recomandate pentru gama de piese: axe, arbori, roți dințate, pinioane, arbori cotiți, supape de admisie, rotori, etc.

Conținutul elementelor de aliere le diferențează totuși din punct de vedere al funcționalității și comportării la diferite solicitări mecanice complexe. Grupa oțelurilor - 40 C 10, 41 MoC 11 și 21 MoMe 12 - sînt recomandate mai ales pentru solicitări la oboseală, încovoiere, uzură, chiar în regiile de temperatură ridicată, cu rezistențe la rupere ce depășesc 90 kg/mm<sup>2</sup>. Oțelul carbon de calitate (OLC 45) cu un tratament termic modern se poate comporta foarte bine la solicitări combinate - oboseală, încovoiere, uzură - fiind competitiv la anumite piese cu grupa oțelurilor slab aliate (pentru roți dințate, pinioane) în regiile normale de lucru.

Tabela 4.1

Marca oțelului după STAS	Compoziția chimică											Caracteristici mecanice				Domeniu de utilizare
	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	As	Mo	$\sigma_r$	$\sigma_c$	KCU 30/2	HB		
OL 50 STAS 500-68	0,30	0,50 0,80	0,40	0,055	0,055	—	—	—	—	—	50 62	274	—	—	Organe de asamblare fuse, arbori, bucușe.	
OLC 45 STAS 880-66	0,42 0,50	0,50 0,80	0,17 0,37	0,04	0,04	0,30	0,30	0,30	0,05	—	62 66	36	6	197	Fuse, arbori, roți dintate, bucușe, biețe.	
40 C 10 STAS 791-66	0,36 0,44	0,50 0,80	0,17 0,37	—	—	0,80 1,10	—	—	—	—	90	70	7	217	Roți dintate, bucușe, cilindri de motoare came, axe cardanice.	
41 MoC 11 STAS 791-66	0,38 0,45	0,40 0,80	0,17 0,37	—	—	0,90 1,30	—	—	—	0,15 0,30	95	75	8	217	Roți dintate, bucușe, cilindri de motoare came, axe cardanice.	
21 MoMC 12 STAS 791-66	0,18 0,24	0,80 1,20	0,17 0,37	—	—	1,00 1,40	—	—	—	0,20 0,30	110	85	7	207	Roți dintate, bucușe, cilindri de motoare, came, axe cardanice.	





Oțelul 50 - 1 K, face o grupă aparte, comportarea lui la solici -  
tări mecanice diverse putând fi luată în considerație numai în li -  
mita unor sollicitări medii, limitate de rezistență la rupere.

#### 4.1.2. Pregătirea probelor

Pentru efectuarea experimentărilor, din oțeluri -  
le prezentate mai sus au fost pregătite probe sub formă de buce  
având dimensiunile indicate în fig.4.1.

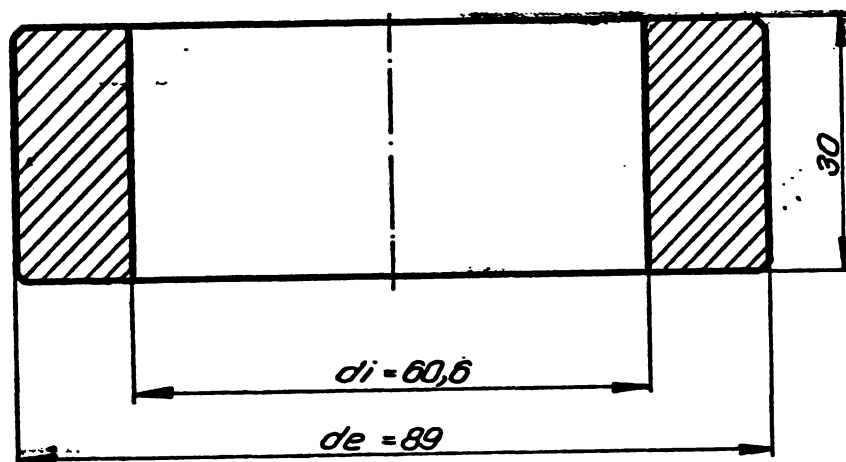


Fig. 4.1  
Secțiune prin bucașă de prelucrat

Aceste dimensiuni au fost stabilite ținând seama în primul rând  
de valoarea interstițiului inițial ales (0,3 mm) și apoi de posi -  
bilitățile admise de dispozitivul de fixare a pieselor în camera  
de lucru.

Suprafețele pregătite pentru honuire au fost prelucrate prin  
strungire având rugozitatea cuprinsă între  $3,2 \mu\text{m}$  și  $16,5 \mu\text{m}$ , iar  
o parte din suprafețe au fost rectificat având rugozitate de  
 $0,8 \div 3,2 \mu\text{m}$ .

Abaterile de formă inițiale, la piesele supuse honuirii electro -  
chimice s-au urmărit să nu depășească  $\pm 0,1$  mm atât la ovalitate  
cât și la conicitate și acestea în scopul reducerii pericolului  
de scurtcircuit.

#### 4.1.3. Parametrii de lucru

Dintre multiplele posibilități de combinare a

diferențelor parametrilor pe care mașina de honuit electrochimic îi oferă, în vederea efectuării experimentărilor, după mai multe ta-  
tonări, s-au stabilit următorii parametrii.

Pentru viteze s-au ales:

viteza de rotație 228 rot/min

- viteza de translație 120 curse duble/min

Plecând de la condiția de asigurare a unei  
productivități ridicate (36), se observă că viteza de erozare este  
în funcție de volumul specific de erozare, de conductibilitatea  
specifică a electrolitului, mărimea interstițiului, tensiune și  
timpul de acționare.

a) În ceea ce privește volumul specific de material erodat, așa după cum se cunoaște și din literatura de spe-  
cialitate, nu este o mărime constantă, deoarece dacă se ajunge sub  
o anumită valoare a densității de curent, acesta scade. Este evi-  
dent deci, că pentru menținerea volumului specific constant, se  
urmărește ca densitatea de curent să nu depășească limita inferi-  
oară de  $0,01 \text{ A/mm}^2$  [R.1.] [S.6.] Cum și în cazul honuirii electro-  
chimice se urmărește printre altele și obținerea unei productivi-  
tăți ridicate, rezultă că valoarea volumului specific trebuie să  
constituie un parametru care, dacă sub nici o formă nu poate fi ma-  
jorat, în nici un caz să nu se ajungă la micșorarea lui.

b) Cu referire la conductibilitatea speci-  
fică a electrolitului, după cum s-a arătat, valoarea acestui para-  
metru este determinată de trei factori: natura electrolitului, con-  
centrația acestuia și temperatura.

Concentrația electrolitului nu poate să  
fie influențată decât în limite neînsemnate pe parcursul aceleiași  
operații de prelucrare, datorită timpilor foarte mici.

Variațiile mici ale concentrației electrolitului care survin pe parcursul prelucrării, în corelare cu variația temperaturii acestuia, nu vor influența asupra desfășurării procesului de prelevare a materialului. Trebuie totuși subliniat că se impune ca să fie menținută concentrația electrolitului la o valoare constantă pe toată durata honuirii, în scopul unei dirijări precise a procesului electrochimic. Valorile acesteia trebuie stabilite la început și păstrate pe toată perioada desfășurării lucrărilor.

c) După cum am arătat de la bun început, interstițiul, în cazul cercetărilor prezentate în lucrarea de față, este variabil, datorită faptului că scula (cathodul) este cu suprafața activă fixă. Pentru influențarea procesului de eroziune electrochimică în aceste condiții nu se poate interveni prin acest parametru.

La timpul potrivit, am menționat faptul că, pentru obținerea unei productivități sporite, capetele de honuit cu catozi variabili sunt recomandate, dar datorită complexității construcției (precizie, dinamică) nu-și justifică execuția pentru avantajele minime aduse prin sporul de volum prelevat.

d) Tensiunea este parametrul care poate fi modificat ușor în domeniul 5 V - 20 V, modificare care este permisă de instalația de redresare folosită.

Între interstițiul de lucru și tensiune există o legătură strânsă, așa după cum s-a văzut și în relația (36). Practic, pentru fiecare valoare a interstițiului corespunde în condiții date o valoare a tensiunii. Luând în considerație și valorile limită, relația mai sus amintită devine:

$$V_{sp} = \frac{2C}{b} \cdot f(b; \frac{1}{b})$$

(56)

Interdependența între interstițiu și tensiune este reprezentată grafic în fig. 4.2. ca urmare a interpretării ecuației de mai sus. *— cum a fost interpretată și a dat*  
 între interstițiu și tensiune, pe lângă relația tensiune constantă (curba a) mai există relația progresivă (curba b), relația liniară (curba c) și relația descrescătoare (curba d).

Este evident că, numai la creșteri importante de interstițiu se poate face o asemenea interpretare, pentru că la creșteri mici ale acestuia interpretarea se confundă cu aceea de la tensiunea constantă.

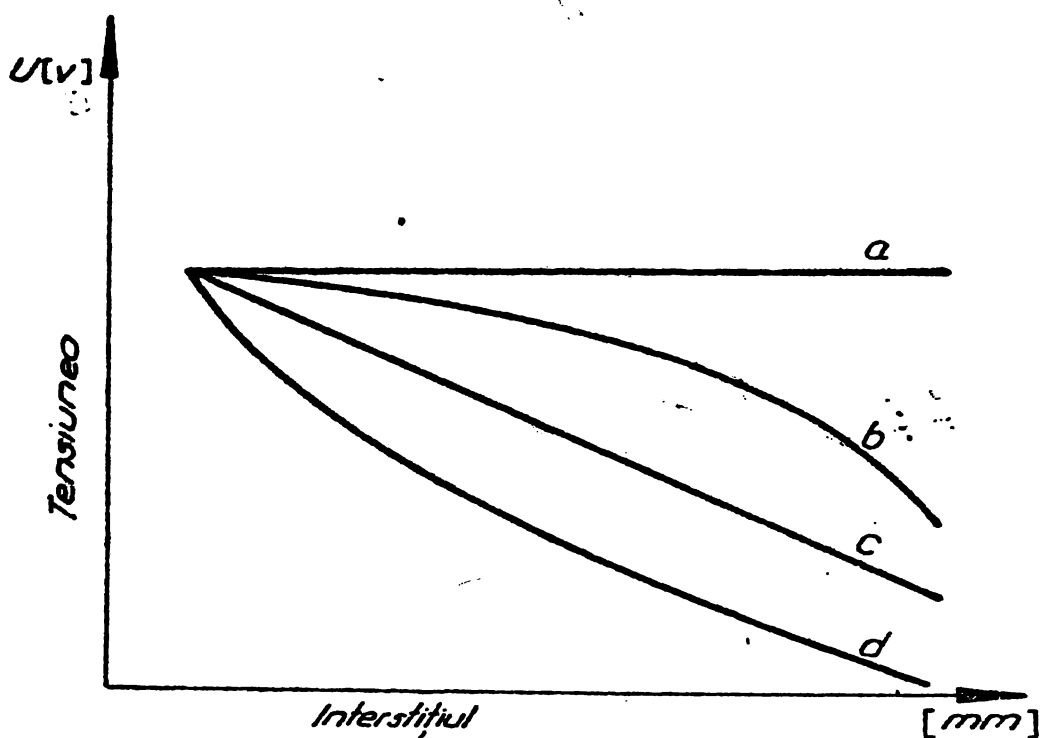


Fig. 4.2 Interdependența între tensiune și interstițiu

e) Alegerea timpului de lucru se impune să fie astfel încât fiecare element al suprafeței anodice să fie expus aceeași durată de timp procesului de eroziune electrochimică. Această se obține în condițiile honuirii electrochimice dacă catodul are o viteză constantă de rotație și de ridicare - coborâre.

*— astfel încât să se obțină*  
 Ținând seama de cele arătate mai sus și de condițiile de tatonare, s-au ales pentru experimentările efectuate următorii parametri:

Pentru parametrii electrici:

- Intensitatea curentului  $200 \div 950$  A, ceea ce corespunde unor densități de curent de  $3,3 \dots 10$  A/cm<sup>2</sup>.

- Tensiunea de lucru cuprinsă între  $5 \div 20$  V.

Pentru electrolit:

- Electrolitul, soluție apoasă de NaCl cu concentrația de 10 %; 15 %; 20 %.

- Presiunea de lucru a electrolitului,  $p=5$  kgf/cm<sup>2</sup>

- Temperatura electrolitului,  $T = 20^{\circ}$  C.

Corpul capului de honuit s-a folosit constructiv cu partea care constituie suprafața catodului fixă, deci fără posibilitatea de a se modifica poziția în timpul procesului de honuire electrochimică. Ca diametru s-a admis diametrul de 60 mm. Capul de hon folosit a fost prevăzut cu trei bare racloare. Ca material pentru barele racloare s-a folosit feroșoul sau bară abrazivă cu liant organic.

*de la capul de hon*  
Utilizarea celor două tipuri de materiale a fost determinată de scopul care s-a urmărit. Astfel, dacă se urmărește numai aspectul procesului de dizolvare anodică, se folosește feroșoul, iar dacă se urmărește obținerea unor suprafețe de calitate rai bună se folosesc bare abrazive.

#### 4.1.4. Metode de măsurare folosite.

În vederea asigurării unor măsurători cât mai precise a probelor, atât înainte de prelucrarea electrochimică, cât și după aceasta, s-a utilizat pentru măsurarea preciziei dimensionale și de formă (ovalitate și conicitate) mașina universală de lungiri (fig.4.3) care asigură o precizie de 0,0001 mm. Pentru determinarea ovalității și conicității s-au efectuat măsurători pe toată lungimea probei cu citire din 5 în 5 mm pe două diametre perpendiculare.

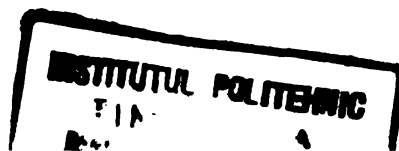




Fig.4.3

Măsurătorile s-au făcut în intervale de timp total de două minute, cu mențiunea că pentru primul minut măsurătorile au fost efectuate din 20 în 20 secunde, pentru aceeași probă și aceleași condiții de lucru.

Pentru determinarea rugozității s-a folosit rugozimetrul Brüel-Kjaer; Roughness Meter Type 6102 (Fig.4.4).

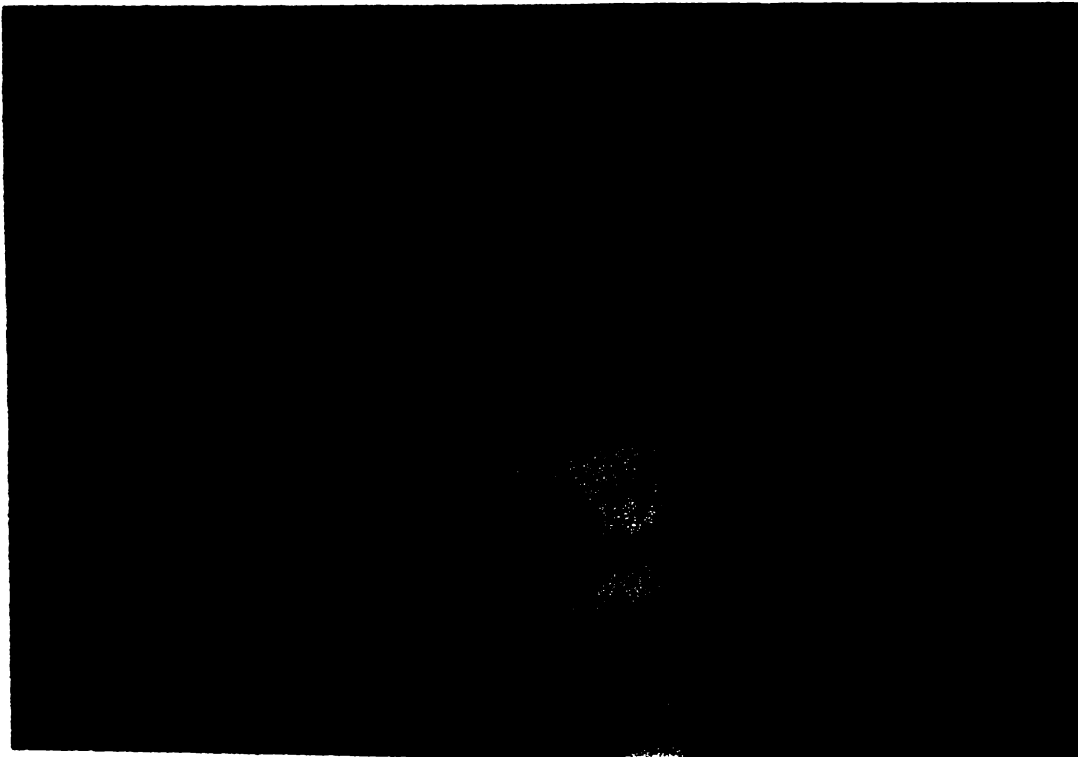


Fig.4.4

#### 4.2. Rezultate și interpretări

În vederea redării cât mai fidele a rezultatelor obținute, valorile măsurărilor au fost sistematizate în tabele ce măsoarători, iar apoi datele respective au fost trecute în diagrame.

Considerându-se insuficient rezultatul unei singure experimentări pentru interpretarea cât mai corectă a datelor obținute, pentru fiecare caz s-au executat câte patru probe, luându-se în considerare media rezultatelor obținute.

Datorită faptului că parametri de lucru pot fi modificați de la o probă la alta, precum și faptului că există posibilitatea combinării acestora, s-a impus, de la început, cercetarea procesului de eroziune electrochimică în următoarele alternative:

1. Creșterea diametrului probei funcție de material și concentrație.

2. Creșterea diametrului probei funcție de intensitatea curentului și timp.

Urmărindu-se în ambele cazuri, creșterea diametrului probei, în timpul procesului de eroziune electrochimică, funcție de două variabile, din tabelele în care s-au trecut datele măsurărilor au fost construite diagrame spațiale care oferă posibilitatea unor interpretări mai largi.

##### 4.2.1. Creșterea diametrului probei funcție de material și concentrație.

Valorile  $\Delta d$  sînt obținute în condițiile executării prelucrării de eroziune electrochimică într-un timp  $t = 120\text{s}$  și intensități ale curentului de 200; 300; 400; 500; 600 și 900 A. În tabelele 4,2 ÷ 4,7, sînt redată rezultatele măsurărilor pentru intensitățile de curent indicate mai sus și pe baza cărora s-au

Tabela 4.2

Materialul probei	Intensitatea curentului [A]	Cresterea diametrului $\Delta d$ [mm]		
		Concentrația electrolitului %		
		10	15	20
21MoMC12	200	0,2489	0,2541	0,2475
41MoC12		0,2506	0,2803	0,2812
40C10		0,2443	0,2523	0,2553
OLC 45		0,2402	0,2427	0,2470
OL50		0,2846	0,3120	0,3310

Intocrit diagramele din fig.4.5 + 4.10.

Datorită faptului că rezultatele obținute și prezentate în figurile mai sus amintite sînt asemănătoare, am considerat necesară interpretarea celor mai reprezentative, restul diagramelor fiind anexate la prezenta lucrare.

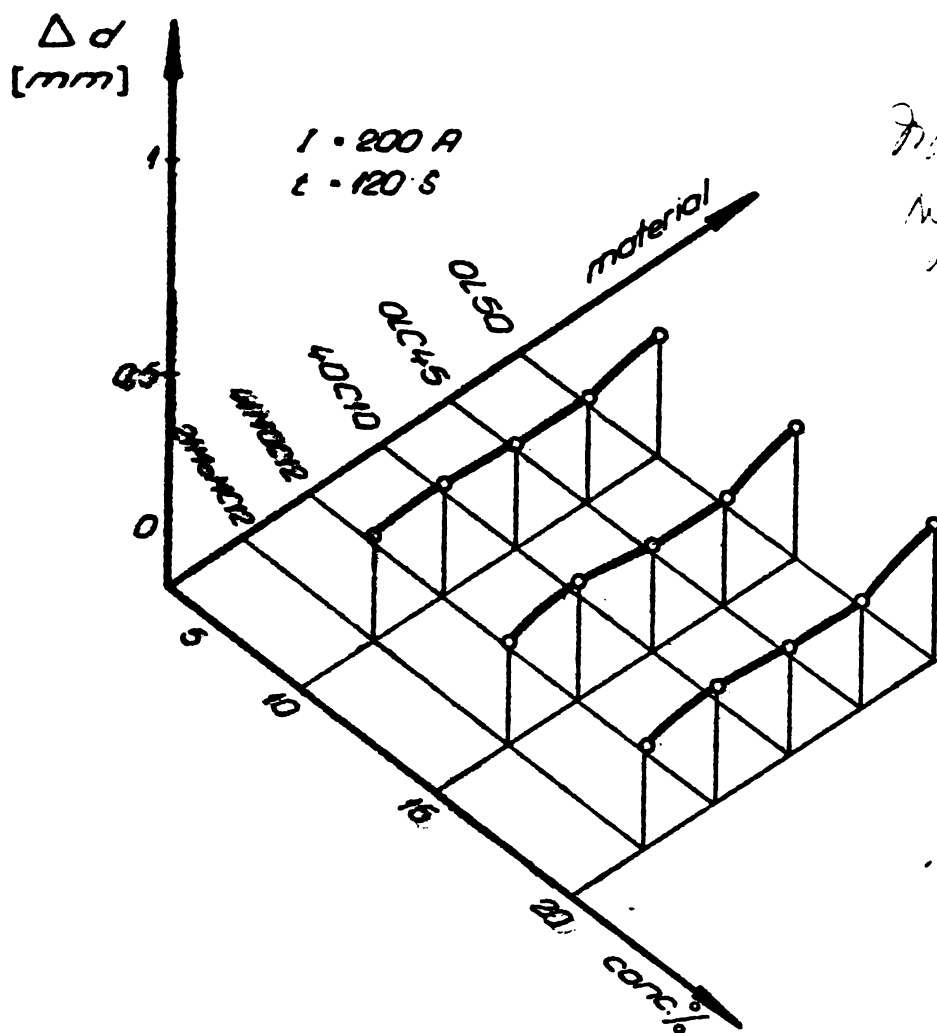


Diagrama  
suf. curatului  
imp. diametrului

Fig 4.5 Cresterea diametrului functie de concentrația electrolitului. N de material



Pentru ca posibilitatea de comparare și interpretare a rezultatelor obținute să fie mai evidentă s-a considerat necesar ca timpul de prelucrare să fie în toate cazurile egal ( $t = 120s$ ).

Din tabela 4.2 și fig.4.5 rezultă că productivitatea prelucrării electrochimice în toate cazurile alese ale concentrației este foarte puțin influențată de calitatea materialelor probelor. Din acest punct de vedere, la oțelul OL 50, odată cu creșterea concentrației electrolitului și anume cu cca 10 % pentru concentrația de 15 % față de aceea de 10 %, iar de la 15 % la 20 % concentrație, volumul prelevat crește mai puțin și anume cu numai cca 6 %.

Tabela 4.5

Materialul probei	Intensitatea curentului [A]	Creșterea diametrului $\Delta d$ [mm]		
		Concentrația electrolitului %		
		10	15	20
21 MoMC12	500	0,5980	0,6960	0,7048
41 MoC12		0,6119	0,6215	0,6226
40 C10		0,5702	0,6140	0,6179
OLC 45		0,6009	0,6123	0,6218
OL50		0,6618	0,6808	0,8106

În comparație cu cele de mai sus (tabela 4.2 și fig.4.5) în tabela 4.5 și fig.4.8 sînt redată rezultatele măsurătorilor pentru aceleași condiții de lucru, cu excepția intensității curentului, care, în acest caz, a fost de 500 A.

Din compararea valorilor măsurate se observă că există unele diferențe privind volumul de material prelevat atât în ceea ce privește calitatea materialului cît și concentrația electrolitului.

Pentru concentrația electrolitului de 10 % s-a obținut productivitatea <sup>(cea)</sup> mai mare pentru oțelul OL 50 și cea mai mică pentru 40C10. La concentrația de 15 % se constată la toată grupa de oțeluri o

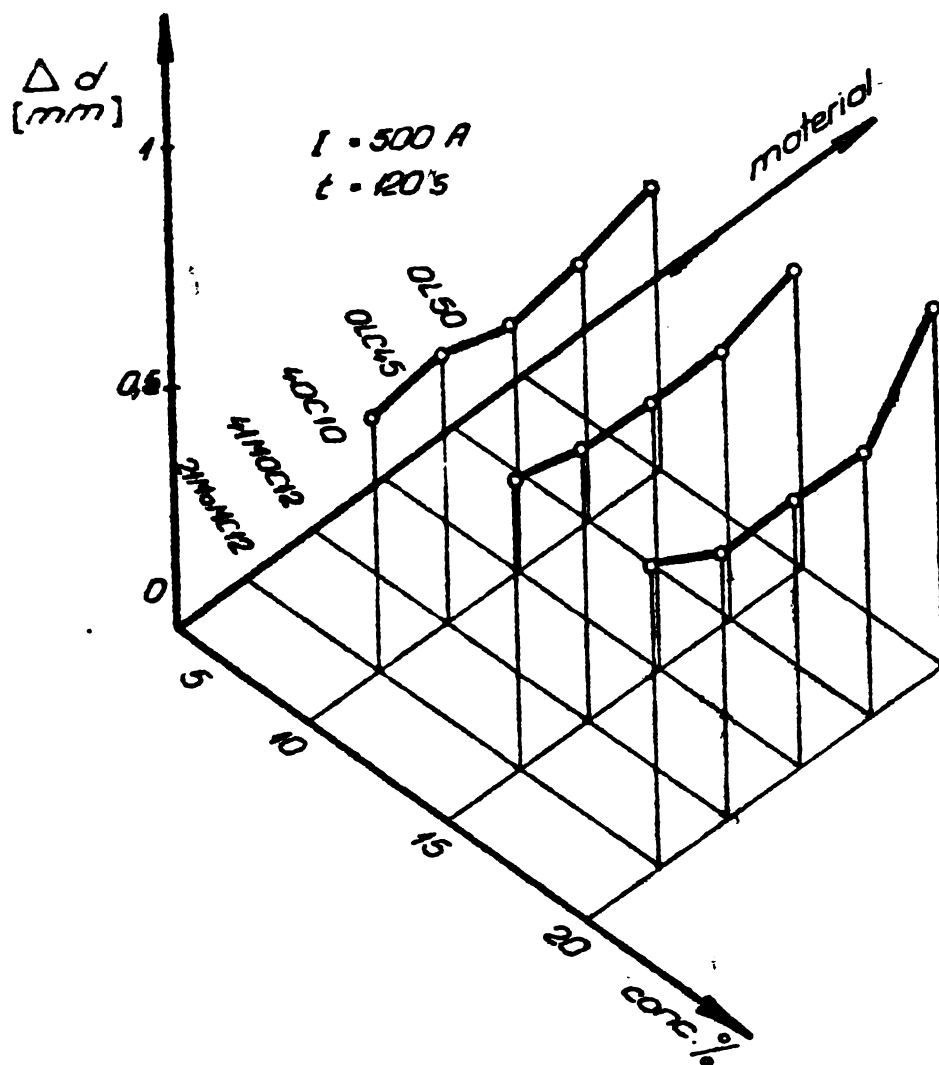


Fig. 4.8. Creșterea diametrului funcție de concentrația electrolitului.

prelevare mai accentuată față de prelucrarea cu concentrația de 10 %. Valoarea maximă a creșterii volumului prelevat s-a obținut la oțelul 21 MoCr 12 cca 17 % și minimă la oțelul 41 MoCr 12 și OLC 45, la care creșterea este mai puțin de 2 %.

Prin folosirea concentrației de 20 %, se constată o creștere neînsemnată a volumului de material prelevat, mai mică de 1 %, cu excepția oțelului OL 50 la care creșterea este de aproape 20 % față de concentrația de 15 % și a oțelului OLC 45 la care se constată o scădere.

Făcând aceleași comparații, privind influența concentrației electrolitului asupra volumului de material prelevat pentru cazul folosirii unui curent de 900 A, tabela 4.7 și Fig. 4.10, se constată că, în general, odată cu creșterea concentrației electrolitului, crește și volumul de material prelevat.

Tabela 4.7

Materialul probei	Intensitatea curentului [A]	Creșterea diametrului $\Delta d$ [mm]		
		Concentrația electrolitului %		
		10	15	20
21 MoMC12	900	0,9278	0,9387	1,0930
41 MoC12		0,9238	1,0153	1,0200
40 C10		0,8596	0,9289	0,9820
OLC45		0,8712	0,9953	0,9942
OL50		1,0842	1,1046	1,1425

Sînt totuși de semnalat diferențe, uneori destul de sensibile în ceea ce privește productivitatea. Astfel s-a obținut o creștere minimă la oțelul 41 MoC 12, iar în cazul oțelului OLC 45 chiar o scădere a volumului de material prelevat la concentrația electrolitului de 20 % față de 15 %.

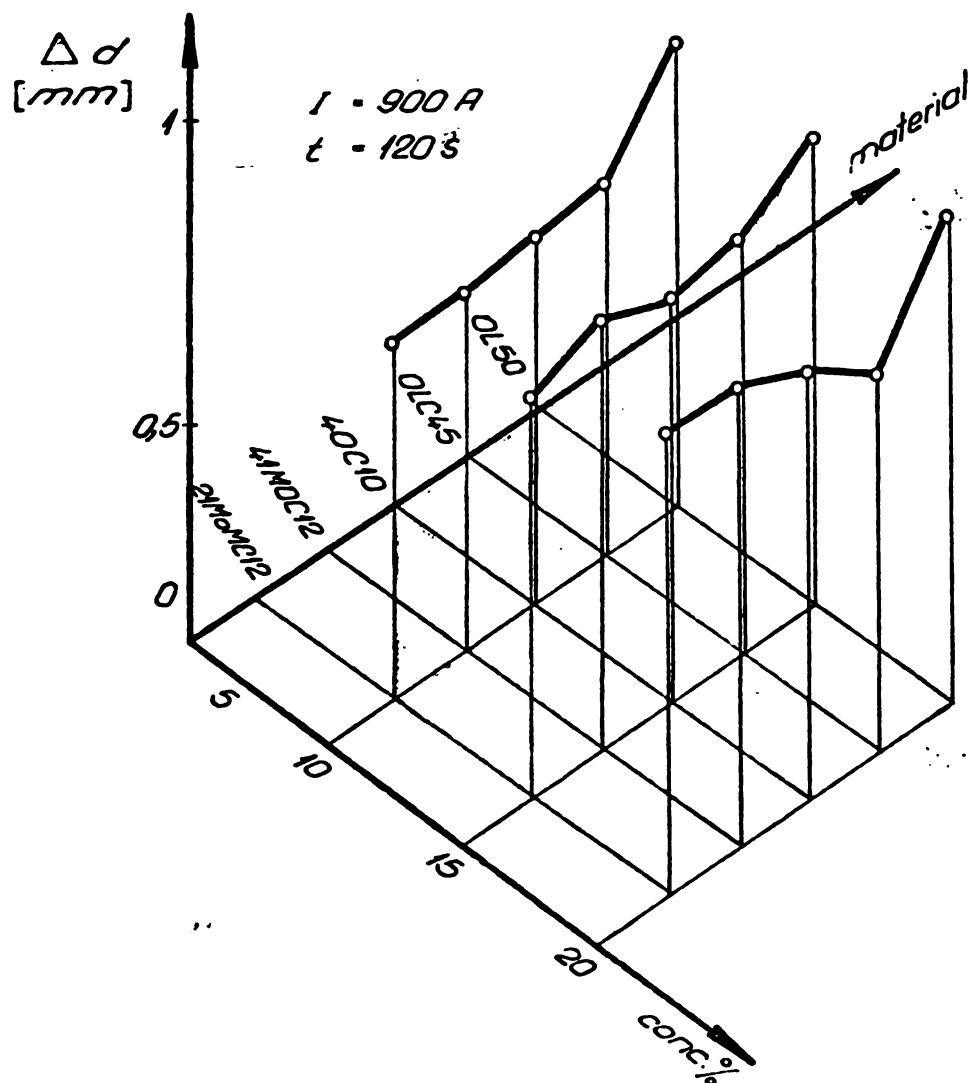


Fig. 4.10 Creșterea diametrului funcție de concentrația electrolitului

creșterea și accelerată a productivității, apare la oțelul 21 30C 12 și altele cu con. 13 % la concentrația de 20 % față de cea de 15 %.

Rezultatele obținute pentru intensitatea curentului de 300, 400 și 500 A sînt prezentate în tabelele 4.3, 4.4 și 4.5 precum și figurile 4.6; 4.7 și 4.9.

#### 4.2.2. Creșterea diametrului probei funcție de intensitatea curentului și timp.

Deși prin operația de honuire în general se urmărește obținerea preciziei de prelucrare și calitatea suprafeței prin rugozitatea acesteia, pentru a cunoaște care sînt influențele intensității curentului și timpului de prelucrare, s-au efectuat încercări prin care s-a urmărit creșterea diametrului aluzajului, ceea ce indică, de fapt, volumul de material prelevat.

Experimentările efectuate cu privire la productivitatea procesului de honuire electrochimică, luînd în considerare, ca variabile, intensitatea curentului și timpul de prelucrare, vin să confirme recomandările literaturii de specialitate care indică acești doi parametri ca esențiali în desfășurarea prelucrării prin procedeul menționat.

Tabela 4.8

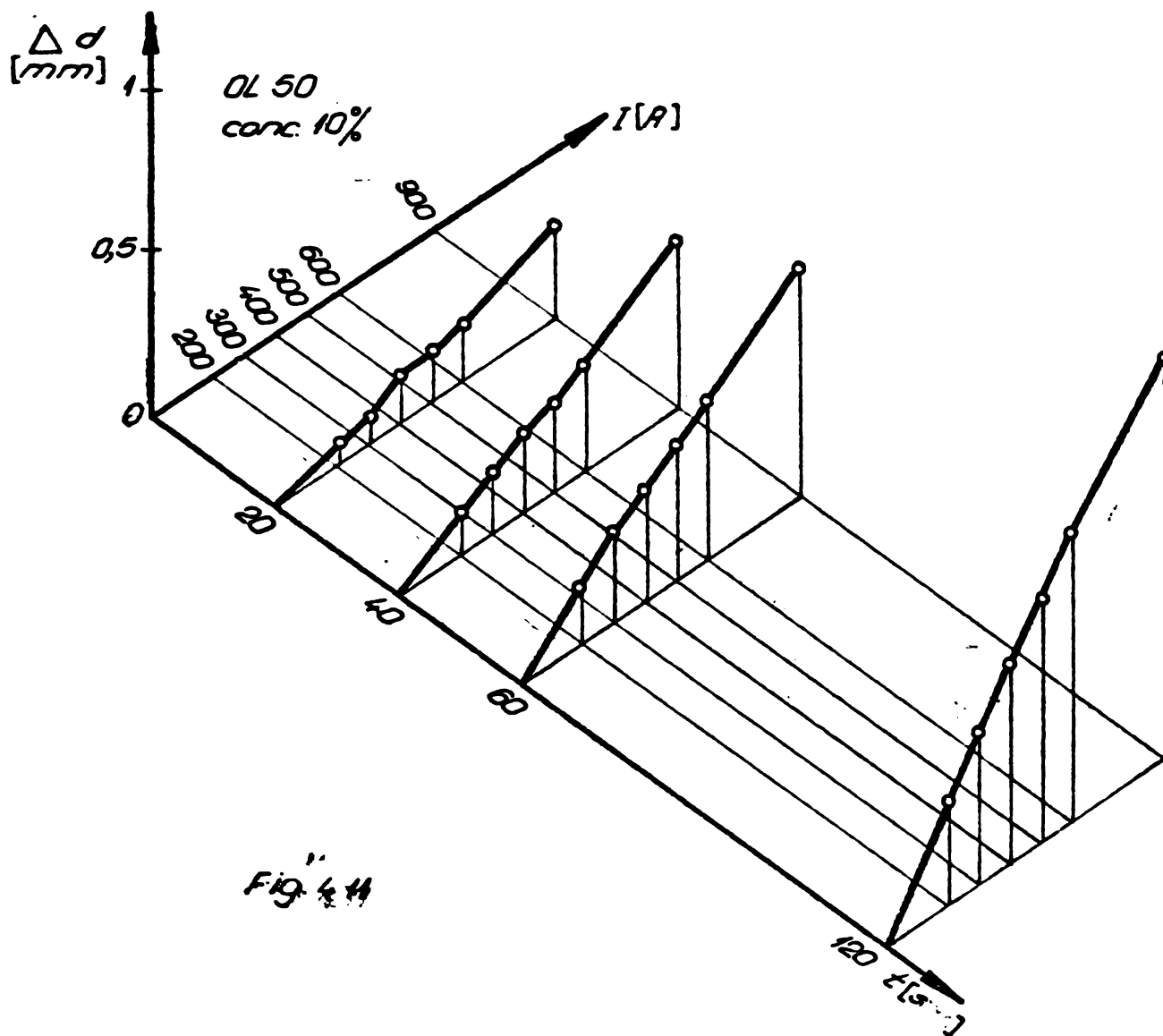
Materialul probei	Concentrația electrolitului %	Intensitatea curentului [A]	Creșterea diametrului $\Delta d$ [mm]			
			Timpul de prelucrare $t$ [s]			
			20	40	60	120
O1.50	10	200	0,0468	0,1016	0,1501	0,2646
		300	0,0579	0,1367	0,2267	0,4162
		400	0,1228	0,2097	0,2920	0,5453
		500	0,1355	0,2370	0,3505	0,6618
		600	0,1550	0,2757	0,4135	0,7760
		900	0,2710	0,4560	0,6105	1,0242

Pentru urmărirea influenței celor doi parametri, au fost făcute măsurători din 20 în 20 de secunde pentru primul minut și apoi după cel de al doilea minut de prelucrare.

Aparatura de comandă a utilajului de honuit descrisă în capitolul precedent, permite, prin releul de timp  $Z_1$  (fig. 3.35) ca timpul efectiv de lucru să fie riguros stabilit.

Decarece în cadrul acestei cercetări ne-am propus să urmărim în principal procesul de eroziune electrochimică, experimentările care vizează acest capitol au fost făcute cu bare racloare din ferodou, care nu au acțiune mecanică ci numai de depasivizare a suprafeței prelucrate.

Rezultatele experimentărilor cu privire la creșterea diametrului



probei au fost trecute în tabelele 4.8 ÷ 4.22. Corespunzător fiecărei tabele s-au construit diagramele din figurile 4.11 ÷ 4.25.

Creșterea diametrului probei pentru datele din tabela 4.8 sînt reprezentate grafic în diagramele din fig. 4.11.

Datorită faptului că experimentările au fost efectuate cu un cap de honuit cu catod fix și cum în timpul desfășurării procesului de erodare interstițiul crește, apare, ca o consecință imediată, scăderea densității de curent prin creșterea rezistenței electrice a interstițiului și drept urmare volumul de material prelevat scade în timp. Pentru a se evita acest fenomen, în cadrul experimentărilor efectuate s-a urmărit ca prin releele de tensiune (fig.3.34) cu care a fost înzestrat utilajul de honuit, să se mențină constantă pe tot timpul prelucrării intensitatea curentului, urmărindu-se în acest fel ca influența variației mărimii interstițiului asupra volumului de material prelevat în funcție de timp, să fie cât mai mică.

Cu toate aceste măsuri se constată totuși o scădere a volumului de material prelevat.

Tabela 4.13

Materialul probei	Concentrația electrolitului %	Intensitatea curentului [A]	Creșterea diametrului $\Delta d$ [mm]			
			Timpul de prelucrare $t$ [s]			
			20	40	60	120
OL 50	15	200	0,0894	0,1307	0,1779	0,3120
		300	0,0946	0,1820	0,2470	0,4407
		400	0,1073	0,1910	0,2791	0,5510
		500	0,1190	0,2230	0,3350	0,6208
		600	0,1638	0,3028	0,4335	0,7985
		900	0,2255	0,4860	0,6227	1,1045

Din analiza rezultatelor obținute la prelucra -  
rea în aceste condițiuni a oțelurilor OL 50 și 21 MoHC 12 se cons-  
tată următoarele:

Pentru oțelul OL 50 tabelul 4.3; 4.13 și 4.18  
și fig.4.11; 4.16 și 4.21.

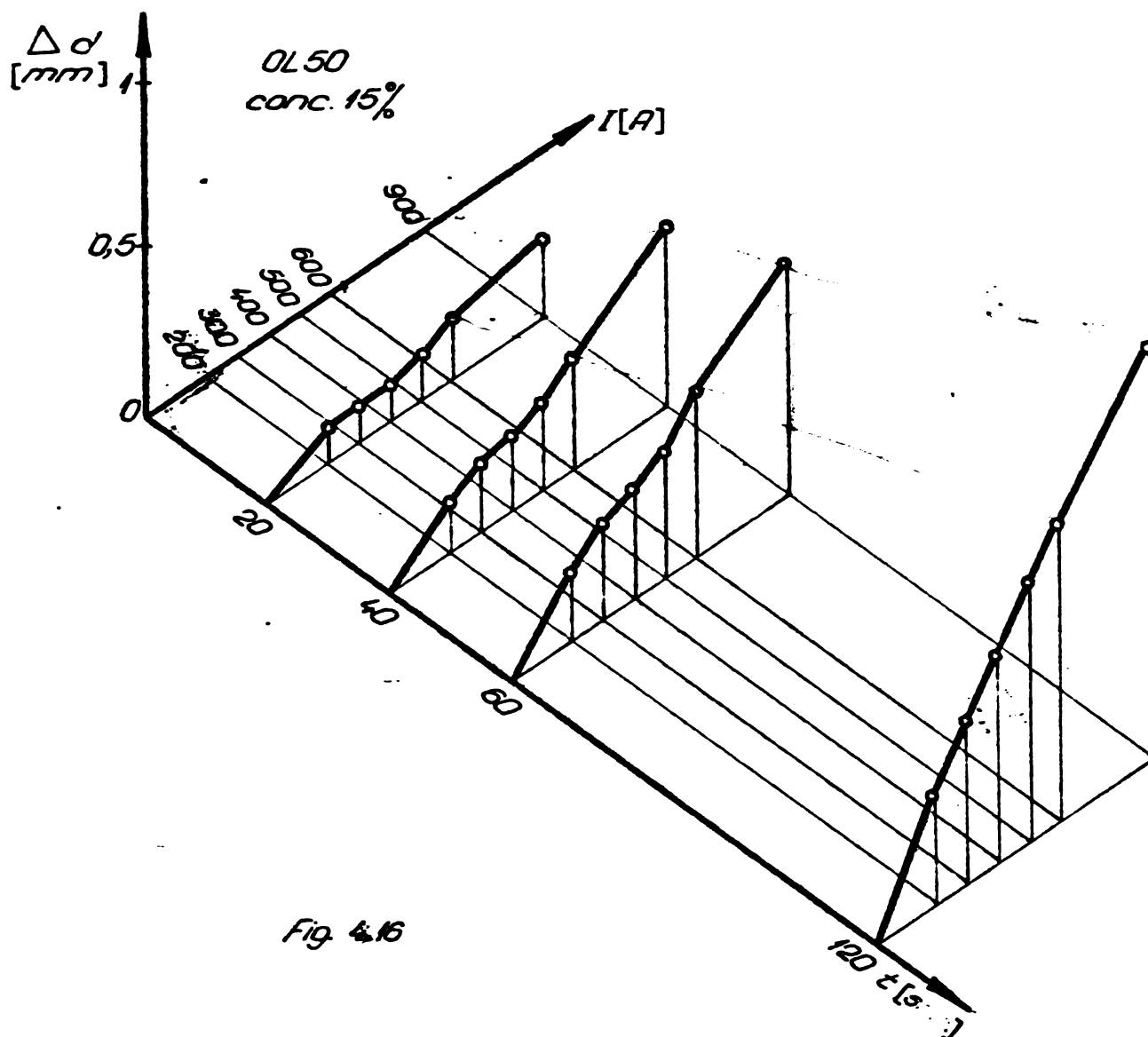


Fig. 4.16

În ceea ce privește intensitatea curentului, așa  
cum s-a mai arătat, aceasta are o influență asupra volumului de  
material prelevat, influență determinată de mai mulți factori pre-  
zenți în procesul de prelucrare.

În general se constată o creștere a diametrului,  
adică a volumului de material prelevat, în primele 20" mai rare de-  
cît în etapele următoare. La intensități mici de curent de 200,  
300 A și concentrații de 10 % și 15 %, această scădere este apor-

pe proporțională cu timpul. Diferențe mai mari se constată la curenți mai mari și concentrația electrolitului de 20 %.

Făcînd comparație între volumul prelevat în primul minut și cel de al doilea minut, se constată pentru concentrația electrolitului de 10 % o prelevare mai mică în al doilea minut cu cca. 10 %, față de primul minut, la 900 A aceasta este de cca 20 %.

Tabela 4.18

Materialul probei	Concentrația electrolitului %	Intensitatea curentului [A]	Creșterea diametrului, $\Delta d$ [mm]			
			Timpul de prelucrare $t$ [s]			
			20	40	60	120
OL50	20	200	0,0996	0,1610	0,1909	0,3310
		300	0,1092	0,2020	0,2607	0,4606
		400	0,1401	0,2430	0,3006	0,7006
		500	0,1604	0,2690	0,3651	0,8106
		600	0,1820	0,3322	0,4628	0,8421
		900	0,2515	0,5005	0,6325	1,1425

Pentru concentrația electrolitului de 15% diminuarea volumului prelevat pentru cel de al doilea minut, variază între 16 și 25 %.

Pentru concentrația electrolitului de 20%, scăderea prelevării în cel de al doilea minut este de cca 20-26 %. Este de semnalat în ambele cazuri constatarea unor rezultate diferite pentru intensitatea de 500 A, cînd nu s-a produs o scădere a prelevării, ci dimpotrivă, la concentrația de 20 % s-a realizat o creștere. Deși s-au repetat aceste încercări, s-au obținut aceleași rezultate.

Urmărind același aspect la oțelul 21 MoNC 12, tabelele 4.12; 4.17; 4.22 și figurile 4.15; 4.20; 4.25 se constată că diferențele sînt și mai mari, ajungîndu-se la scăderea materialului prelevat în cel de al doilea minut în medie cu pînă la 30 - 45 %.



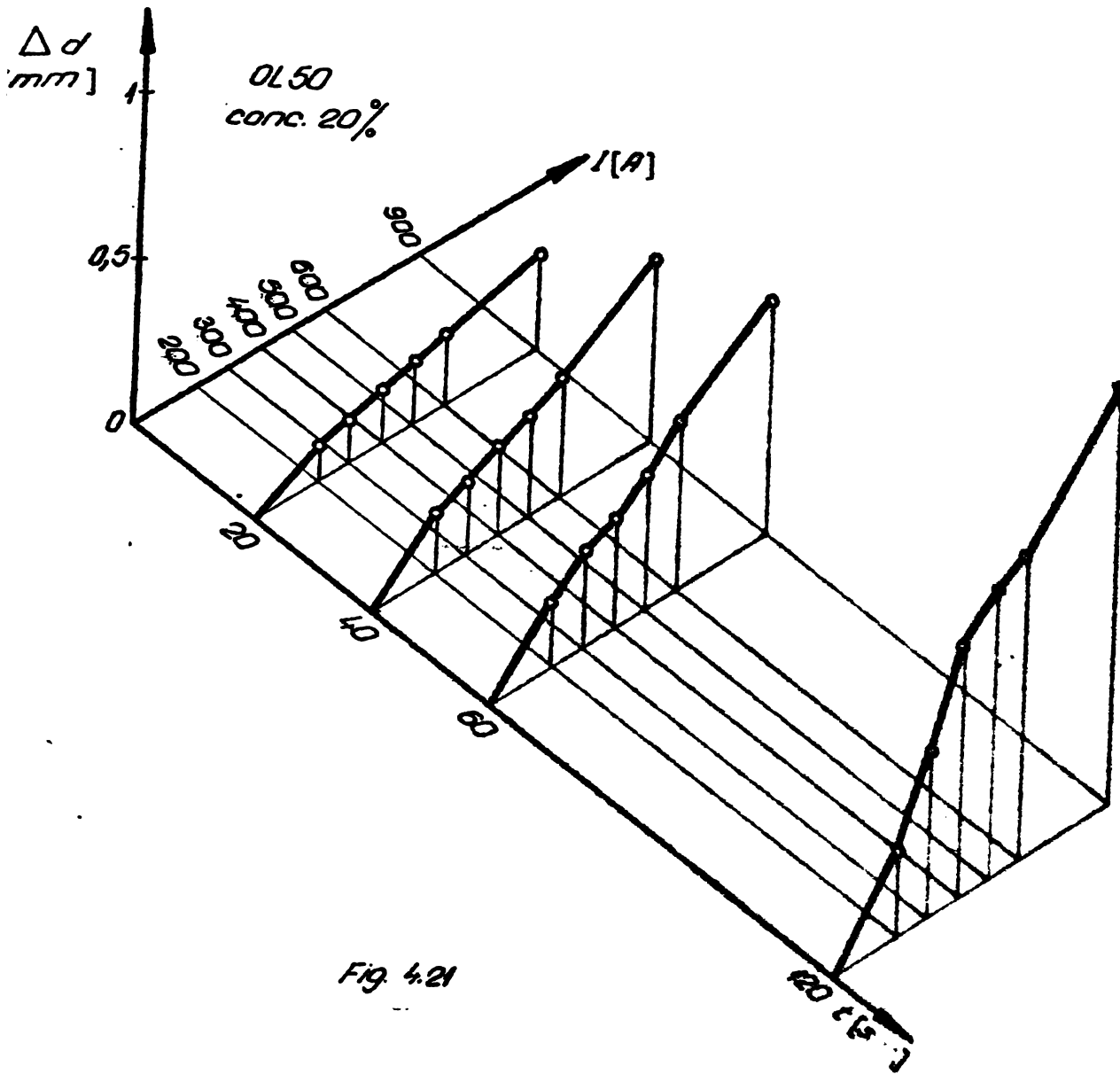


Fig. 4.21

Tabela 4.12

Materialul probei	Concentratia electrolitului %	Intensitatea curentului [A]	Cresterea diametrului $\Delta d$ [mm]			
			Timpul de prelucrare $t$ [s]			
			20	40	60	120
21 MoMC12	10	200	0,0542	0,1028	0,1492	0,2889
		300	0,0703	0,1476	0,2135	0,3400
		400	0,0925	0,1860	0,2745	0,3570
		500	0,1255	0,2338	0,3533	0,4980
		600	0,1596	0,2932	0,4245	0,6370
		900	0,2203	0,4177	0,6006	0,8779

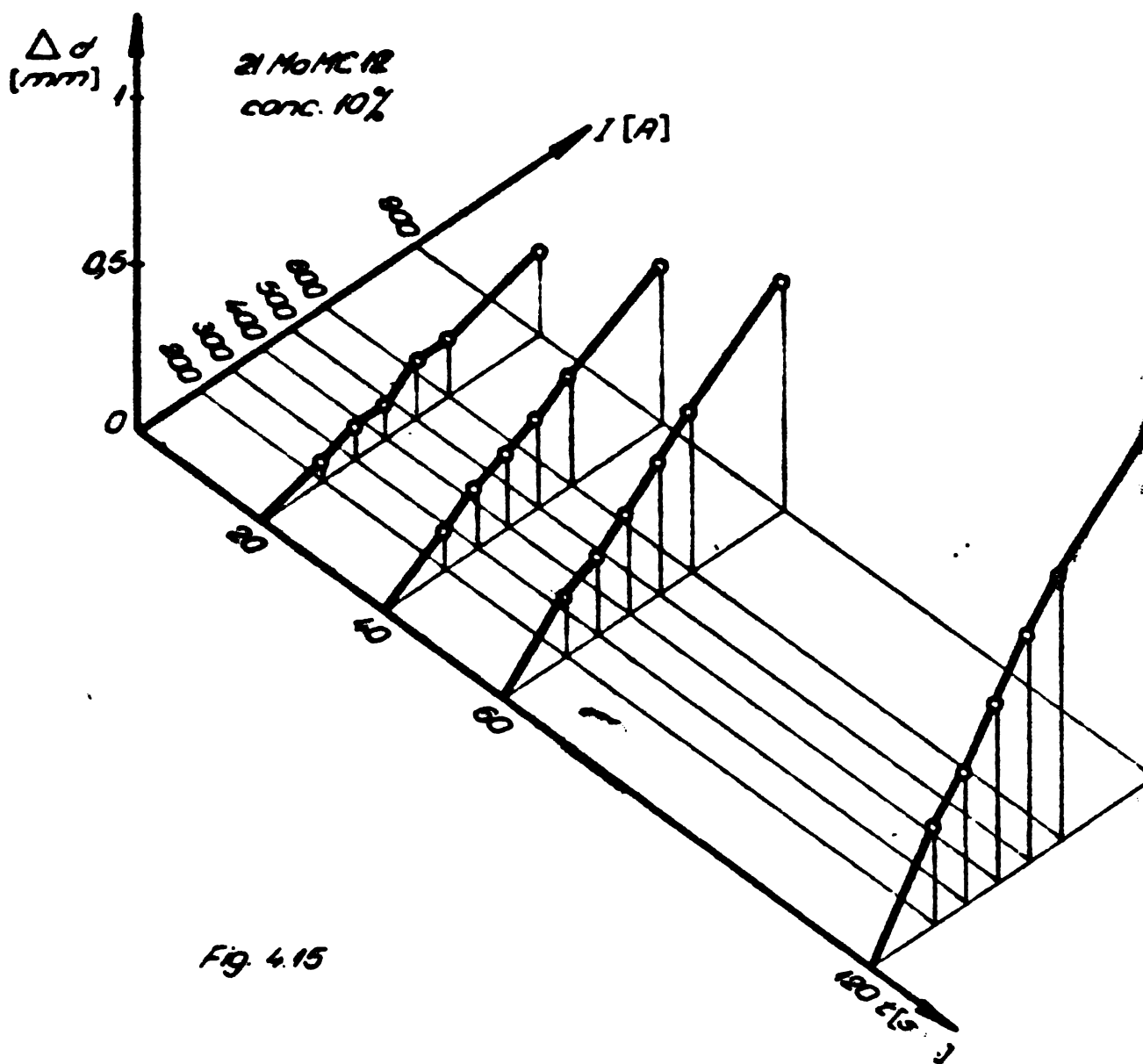


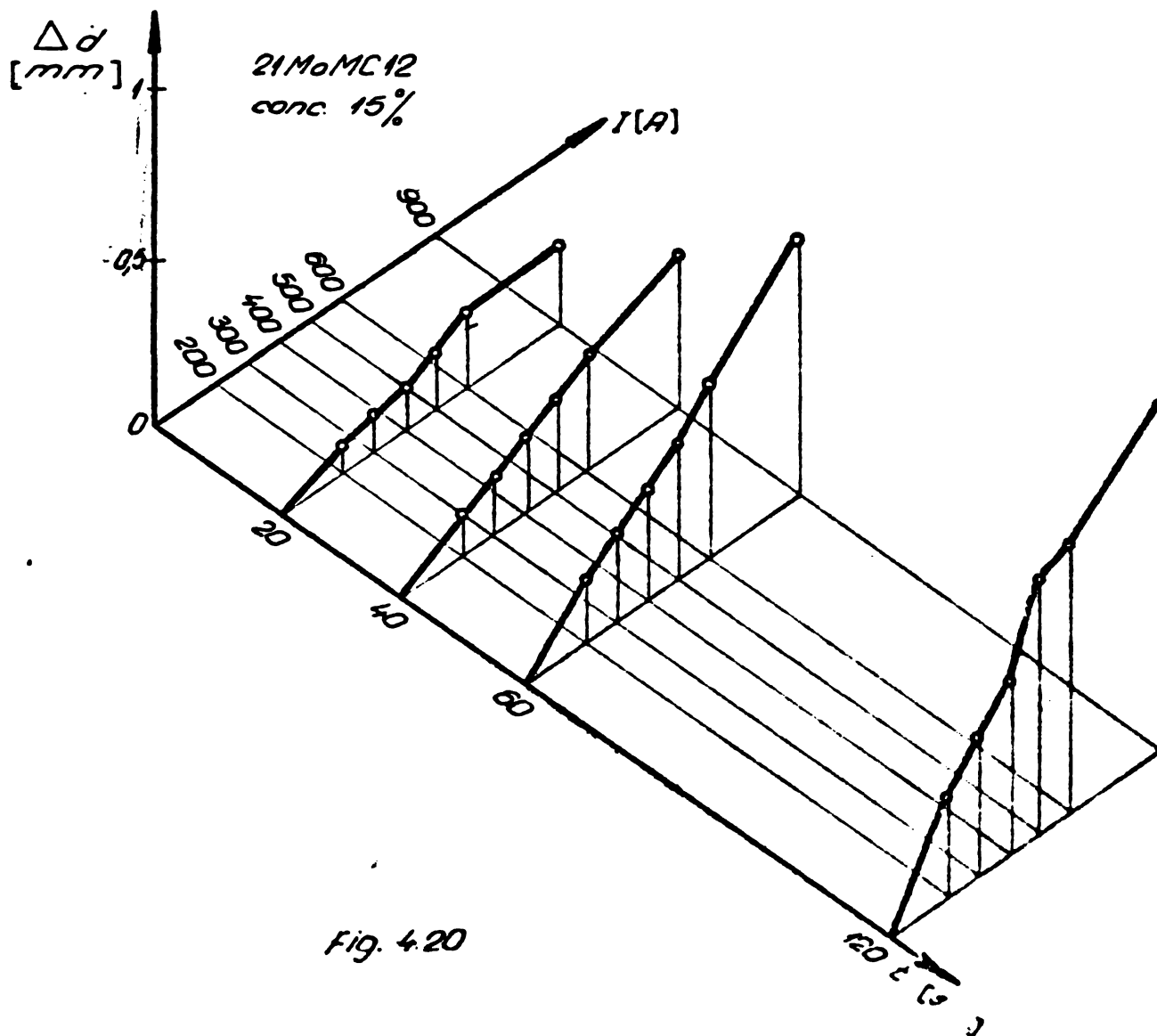
Fig. 4.15

Se consideră că pentru elucidarea acestor aspecte sînt necesare cercetări pentru determinarea fenomenelor care nu au putut fi sesizate în condițiile în care s-au efectuat încercările și care, vor trebui să fie studiate pentru condiții concrete atît în ceea ce privește utilajul, parametrii de lucru cît și materialele care se prelucresc.

Este de reținut faptul că o influență determinantă au proprietățile fizico - chimice ale materialului prelucrat.

Tabela 4.17

Materialul pröbei	Concentratia electrolitului %	Intensitatea curentului [A]	Creşterea diametrului $\Delta d$ [mm]			
			Timpul de prelucrare $t$ [s]			
			20	40	60	120
21MoMC12	15	200	0,0589	0,1098	0,1537	0,2541
		300	0,0855	0,1573	0,2298	0,3646
		400	0,1017	0,1999	0,2842	0,4625
		500	0,1305	0,2430	0,3638	0,6960
		600	0,2002	0,3082	0,4700	0,7159
		900	0,1945	0,4175	0,6989	0,9387



In anexa I sînt prezentate tabelele și curbele pentru celelalte oțeluri încercate.

Tabela 4.22

Materiialul probei	Concentrația electrolitului %	Intensitatea curentului [A]	Cresterea diametrului $\Delta d$ [mm]			
			Timpul de prelucrare $t$ [s]			
			20	40	60	120
21 MoMC 12	20	200	0,0521	0,0792	0,1496	0,2475
		300	0,0851	0,1570	0,2297	0,3671
		400	0,1216	0,2000	0,3140	0,4918
		500	0,1405	0,2532	0,3782	0,5789
		600	0,2100	0,3002	0,4205	0,6985
		900	0,2430	0,3980	0,5230	0,9280

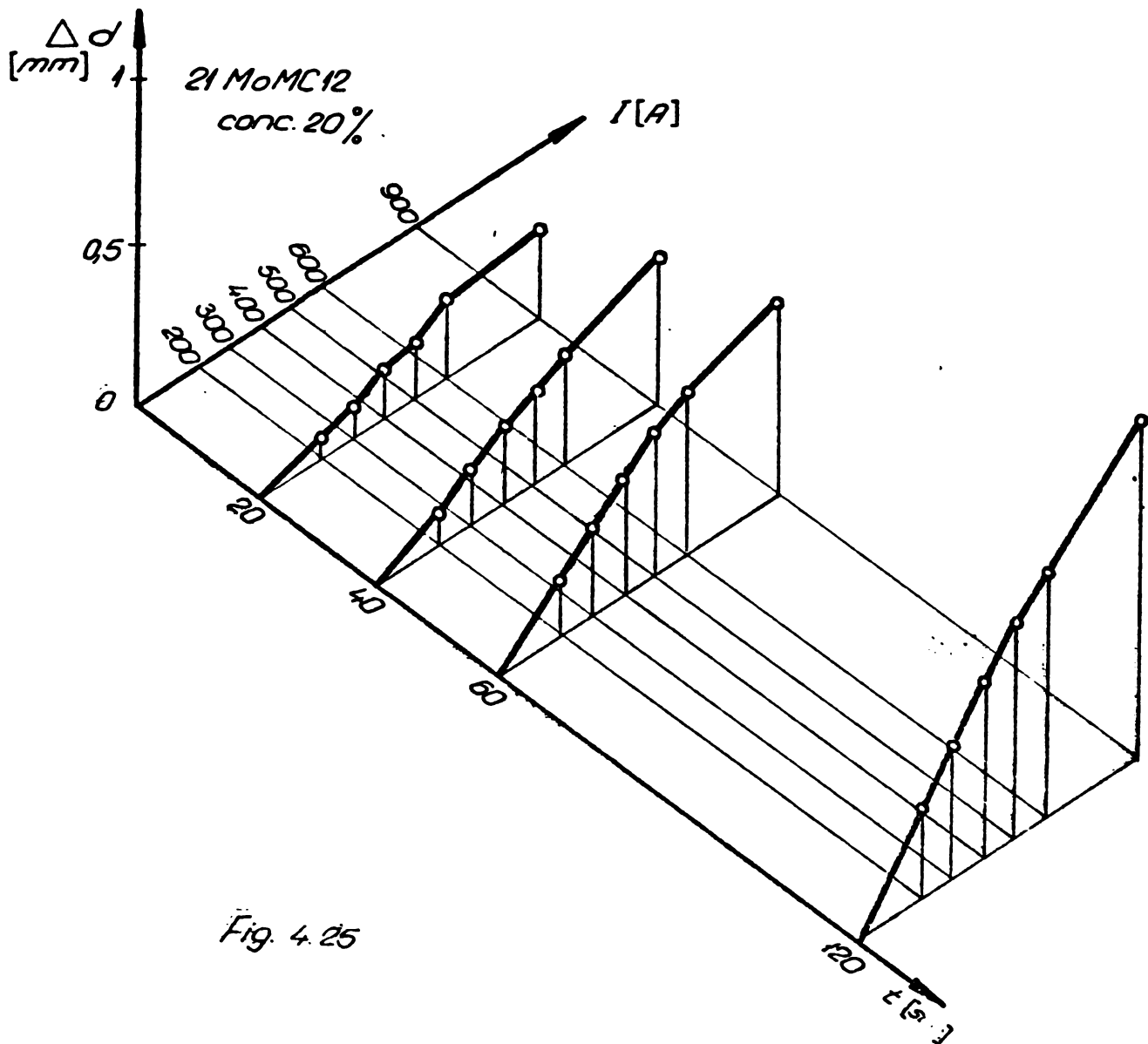


Fig. 4.25

Cum însă timpii de prelucrare sînt relativ mici în cazul honuirii electrochimice, și luîndu-se în considerare și dezavantajele pe care le prezintă intensitățile mari de curent, (creșterea temperaturii electrolitului, dezvoltarea unor cantități mari de gaze și alte fenomene auxiliare), experimentările efectuate au dus la concluzia că nu se recomandă densități mari de curent. Asupra acestui aspect se va mai reveni în subcapitolele următoare.

#### 4.2.3. Rezultatele obținute cu privire la precizia de formă.

Respectarea toleranțelor admise, privind forma geometrică, în cazul honuirii convenționale, obligă ca defectele inițiale să fie relativ mici, ca o consecință a încălzirii în așosurile de prelucrare în care honuirea convențională își găsește rentabilitatea. Mărirea așosurilor de prelucrare, în vederea eliminării defectelor de formă ar conduce la timpii foarte mari de prelucrare.

Honuirea electrochimică nu ridică probleme deosebite cu privire la așosul de prelucrare, acesta putînd fi de 5 ori mai mare față de cel de la honuirea convențională. În felul acesta operațiile premergătoare honuirii electrochimice permit cimpuri de toleranță mult mai largi prezentînd și aici nete avantaje față de prelucrarea convențională.

Scopul honuirii electrochimice este ca în afara limitelor impuse de honuirea convențională să se obțină alezaje precise din punct de vedere dimensional, cu toleranțe de formă încadrate în cimpuri restrinse și într-un timp cit mai scurt.

Condiția care se impune din cele de mai sus este ca viteza de scădere a defectelor de formă să poată fi condusă în

anurite luate fără a influența în aceeași măsură și mărirea totală a diametrului alezajului. (fig.4.26).

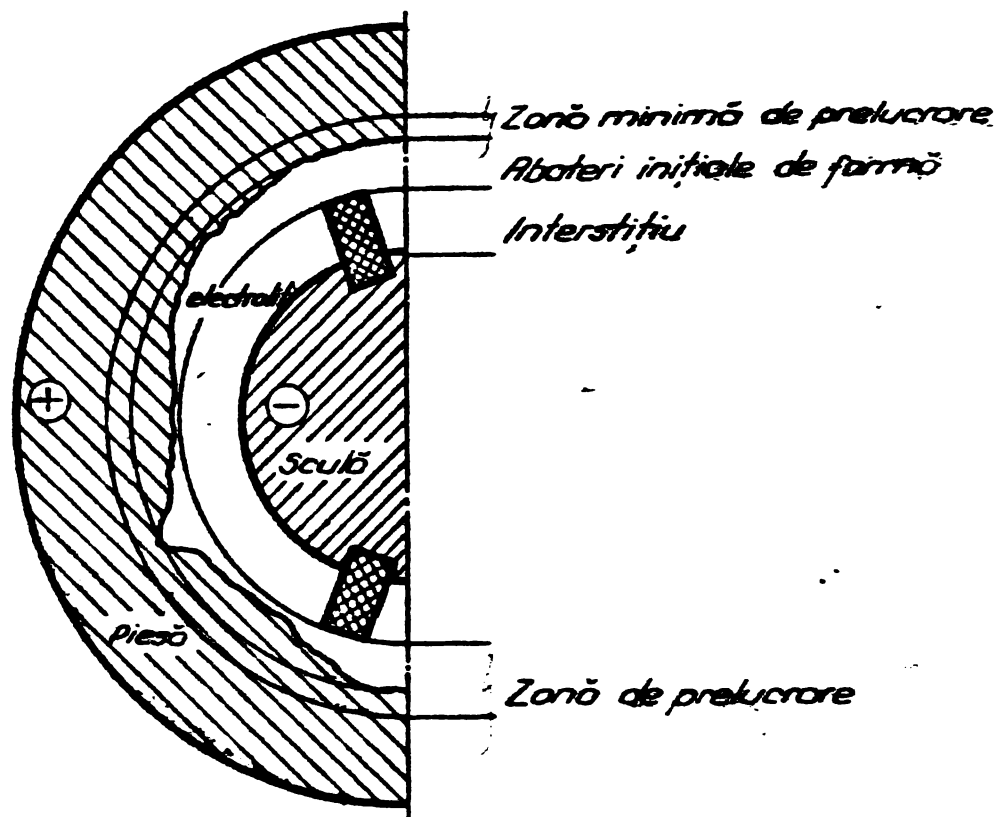


Fig 4.26 Îmbunătățirea de formă la honuirea electrochimică

Viteza de scădere a defectelor, la honuirea electrochimică depinde de diferența dintre vitezele de lărgire la "zonele înguste" și "zonele largi" ale interstițiului. Zonele înguste, datorită rezistenței electrice mai mici, prezintă o densitate de curent mai mare și prin urmare și o viteză de lărgire a diametrului, mai mare în comparație cu zonele largi.

Schematic, cele de mai sus se prezintă ca în fig.4.27.

Pentru exprimarea matematică a acestora trebuie făcute anumite precizări:

- toți parametrii de lucru a căror influență nu este posibil de cuprins matematic, se vor considera constanți și astfel nu vor influența rezultatele.

- volumul specific se va menține constant

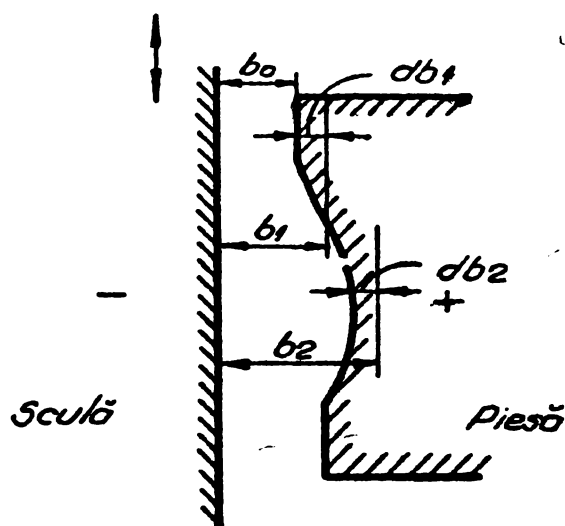


Fig. 4.27 Corectarea obaterilor de formă la honuirea electrochimică

prin păstrarea regimului de lucru care să asigure o densitate minimă de curent de  $0,01 \text{ A/mm}^2$ .

- conductibilitatea electrolitului se va menține constantă lucrându-se în limitele de temperatură stabilite anterior ( $18 - 21^\circ\text{C}$ ). Astfel, defectul de formă  $\Delta f$ , corespunde la un moment dat diferenței dintre mărimile interstițiului:

$$\Delta f(t) = b_2(t) - b_1(t) \quad (57)$$

Dar cum evoluția în timp a interstițiului a fost exprimată prin relația (36) pentru care impunând condițiile inițiale,  $t = 0$ ;  $b = b_0$ , există soluția:

$$b(t) = (2V_{sp} \cdot \kappa \cdot U t + b_0^2)^{\frac{1}{2}} \quad (58)$$

se poate exprima evoluția în timp a defectului de formă

$$\Delta f = (2V_{sp} \cdot \kappa \cdot U t + b_2^2)^{\frac{1}{2}} - (2V_{sp} \cdot \kappa \cdot U t + b_1^2)^{\frac{1}{2}} \quad (59)$$

Este evident deci, că defectele de formă încă - cuate în toleranțele impuse se obțin, atunci când valorile termenilor din relația de mai sus sînt cît mai apropiate.

Experimentînd, în cadrul încercărilor care au fost efectuate, pe mai multe piese și transpunînd grafic viteza

de scădere a defectelor (fig.4.28) s-a constatat că timpul minim de scădere a defectelor corespunde unei tensiuni optime avându-se în vedere și încadrarea în cotele impuse.

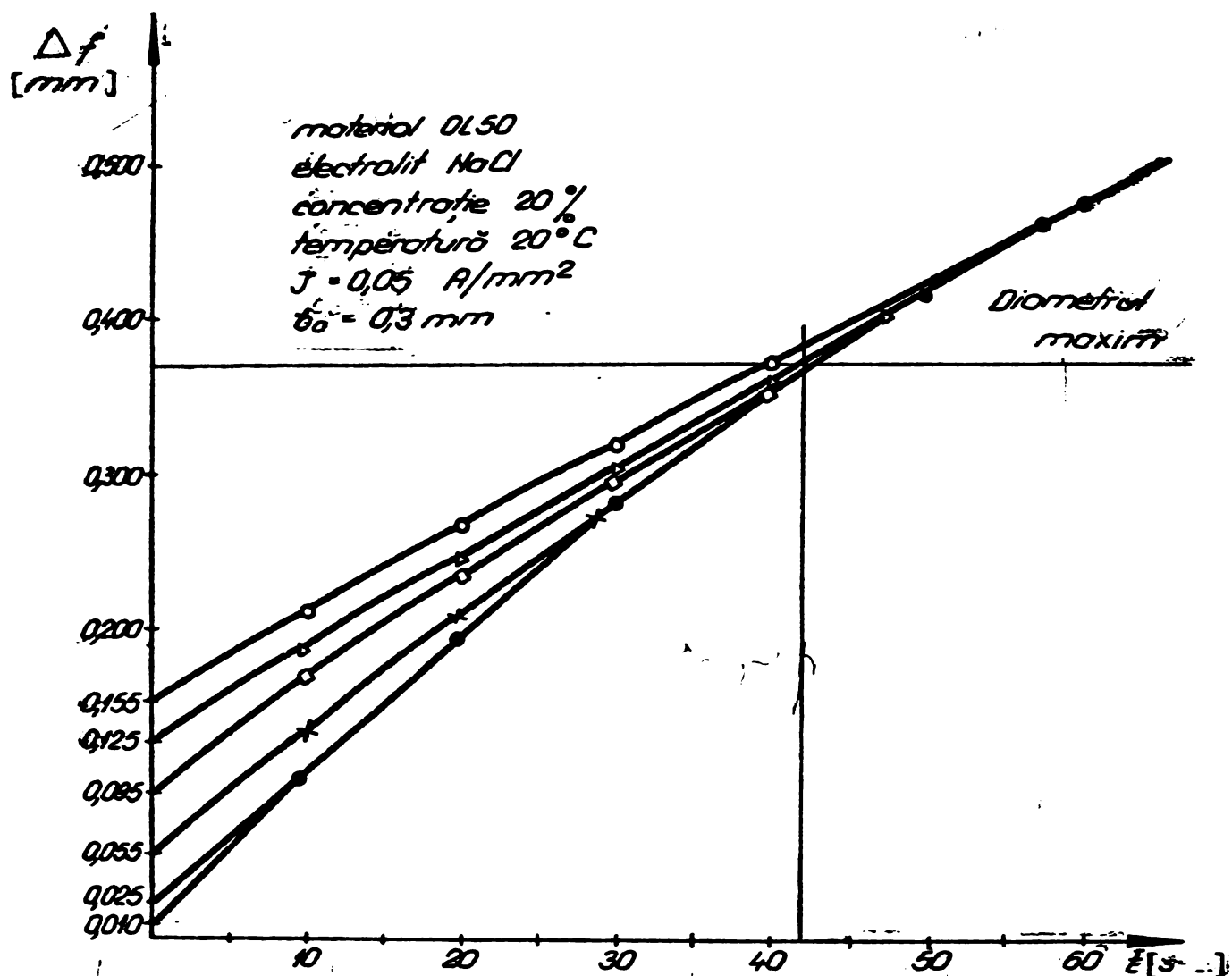


Fig. 4.28 Relația timp - defect de forță

Timpul optim ( $t$ ) din figura 4.28 este condiționat în principal de densitatea de curent, pentru care experimentările efectuate au demonstrat că trebuie să aibă valorile cuprinse între  $0,03 - 0,1 \text{ A/mm}^2$ .

Iesirea din cadrul acestei limite a condus, în cadrul experimentărilor efectuate, la următoarele situații:

a) majorarea cu pînă la de trei ori a timpilor de prelucrare, în cazul scăderii sub limita inferioară a densității de curent, ca o consecință imediată a scăderii sub limita inferioară a acestuia pentru care volumul specific este o constantă.



b) neîncadrarea în toleranțele admise la atingerea diametrului impus, ca urmare a vitezei mari de erodare și în zonele largi.

La determinarea variației defectelor de formă trebuie să se țină seama că este foarte importantă influența interstițiului inițial  $h_0$ . Determinările prezentate mai sus s-au efectuat cu un interstițiu de 0,3 mm. Valoarea acestuia a fost constatată experimental că fiind cea mai potrivită și cu care s-au obținut rezultatele cele mai bune. Rezultate corespunzătoare se obțin și pentru un interstițiu care are valorile cuprinse între 0,25 - 0,4 mm.

În cazul în care interstițiul de lucru este mai mic ca cel arătat mai sus, pericolul de scurtcircuitare crește foarte mult iar în cazul depășirii valorii maxime, timpii de prelucrare cresc influențând deci direct asupra productivității procedeului.

De asemenea, executarea lucrărilor cu interstiții mai mari conduce la nestăpînirea procesului, de honuire electrochimică, ca urmare, în mod deosebit, a curgerii electrolitului în interstițiu, aspect care nu poate fi urmărit și dirijat.

În procesul de honuire electrochimică s-a constatat că după depășirea valorii interstițiului de 0,75 mm defectele de formă se accentuează și nu urmează nici o regulă posibilă de stabilit.

Un fenomen auxiliar care are loc în interstițiul de lucru și care acționează favorabil în sensul mării vitezei de scădere a defectelor de formă este pasivizarea suprafeței anodului.

În timpul acțiunii de depasivizare, operație

executată de barele racloare, este evident că locurile largi nu vor fi curățite în aceeași măsură ca și locurile înguste. Astfel dizolvarea anodică se produce diferențiat și în acest fel apare fenomenul care favorizează viteza de reducere a defectelor de formă.

Deși literatura de specialitate recomandă pentru honuirea electrochimică, soluții electrolitice puțin pasivizante sau utilizarea depasivizanților chimici, experimentările cu utilajul conceput și realizat a demonstrat că acestea favorizează obținerea formelor geometrice mai precise.

#### 4.2.4. Influența regimurilor de lucru asupra rugozității suprafețelor.

Operația de honuire are ca scop, după cum se cunoaște, asigurarea unei calități determinate, în mod deosebit a microgeometriei suprafeței prelucrate, precum și asigurarea preciziei de formă. Și în cazul honuirii electrochimice, procesul de prelucrare trebuie să asigure aceste cerințe.

În cadrul studiului efectuat s-a urmărit a se stabili care sînt influențele parametrilor de lucru specifici honuirii electrochimice asupra rugozității suprafeței prelucrate, ținînd seama de calitatea materialului probelor. În acest sens au fost urmărite influențele concentrației electrolitului, intensitatea curentului de lucru, natura racleților sculei și timpul de lucru.

Din analiza rezultatelor obținute, cu privire la rugozitatea suprafeței, s-a constatat că pentru obținerea în final a aceleiași rugozități, între timpul de prelucrare și mărimea rugozității inițiale există o corelație și anume, pornind de la o rugozitate inițială mai mare, timpul necesar de prelucrare finală va fi mai

nare. Variația timpului în funcție de rugozitatea inițială se prezintă în fig.4.29 și 4.30.

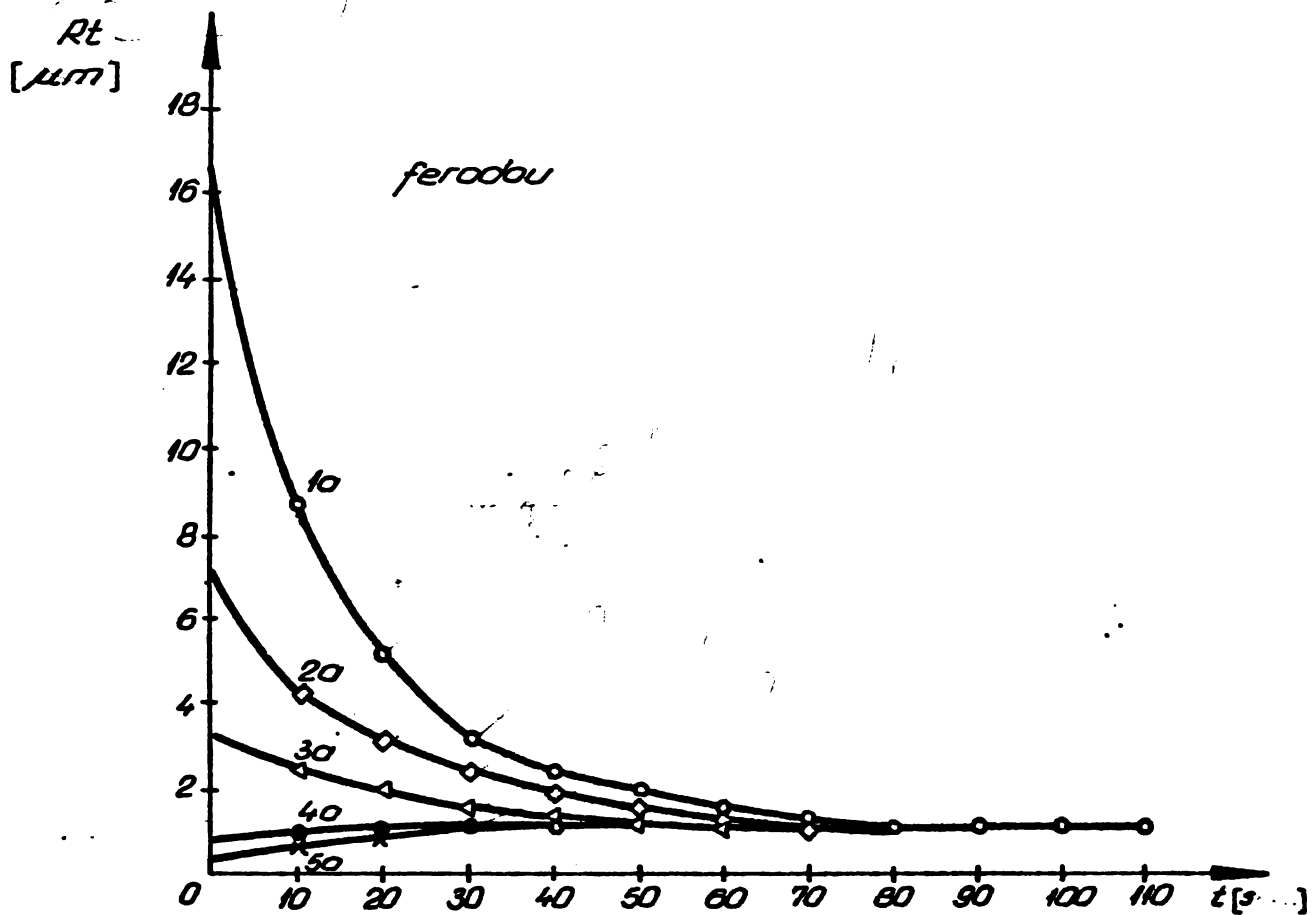


Fig.4.29 Influența rugozității inițiale

În ceea ce privește valoarea rugozității inițiale, s-a constatat că aceasta nu are influență asupra rezultatelor finale și numai o influență asupra duratei de lucru.

S-a constatat că timpul de lucru este mult influențat de calitatea materialului din care sînt confecționate elementele rașoare.

Comparînd diagramele din fig.4.29 corespunzătoare rașoarelor confecționați din ferodou, cu cele din fig.4.30, corespunzătoare rașoarelor confecționați din material abraziv, rezultă că pentru cel de al doilea caz timpii necesari pentru obținerea rugozităților minime scad cu 25 %.

De asemenea s-a constatat că o valoare mare a rugozității inițiale are o influență nefavorabilă asupra comportării rașoarelor și anume, lucrînd cu o rugozitate inițială mare,

uzura acestora este mult mai accentuată.

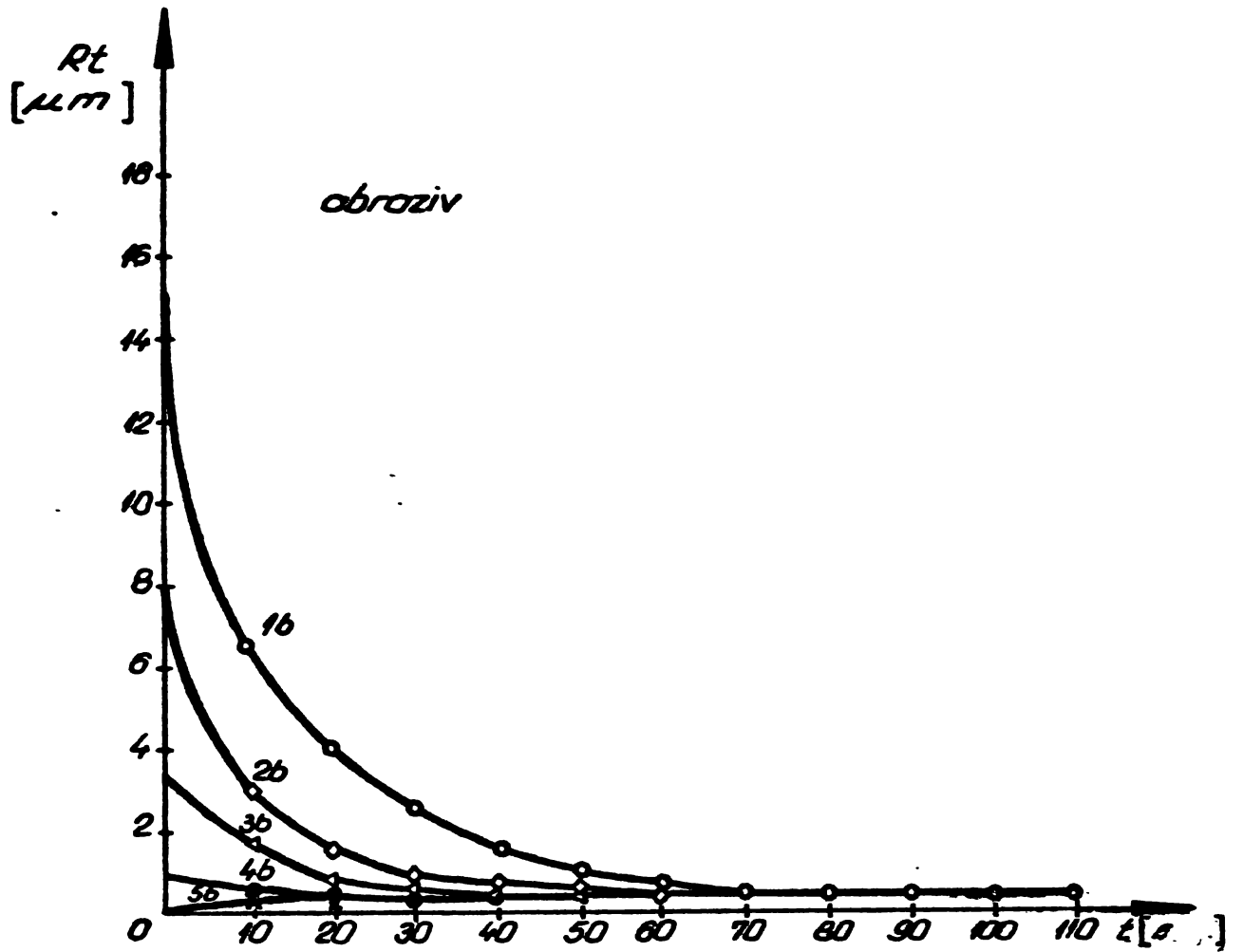


Fig. 4.30 Influența rugozității inițiale

Din experimentările efectuate a rezultat că se obțin rezultate corespunzătoare, dacă rugozitatea inițială este sub  $12,5 \mu m$ .

Analiza calității suprafeței prelucrate sub aspectul valoric al rugozității s-a efectuat prin măsurări cu un rugozimetru Brüel - Kjaer, iar pentru a cunoaște mai bine starea microgeometriei suprafeței s-au efectuat înregistrări profilografice.

Pentru a putea efectua o analiză comparativă a profilogramelor înregistrate, în timpul efectuării măsurătorilor, s-a înregistrat și profilograma plăcuței etalon prezentată în fig. 4.31.

Se menționează că pentru obținerea unor înregistrări prin care să se poată face interpretări mai corecte, s-au folosit două scări: 1:1 și 10:1, cu observația că scara se referă

numai la amplitudinea semnalului, nu și la frecvență.



Fig.4.31

Cu aceste precizări se prezintă în cele ce urmează o parte din multitudinea încercărilor și măsurărilor efectuate și în mod deosebit acelea care au fost considerate mai semnificative.

#### 4.2.4.1. Influența concentrației electrolitului.

Pentru studiul influenței concentrației electrolitului asupra calității suprafețelor s-au urmărit probele prelucrate cu cele trei valori de concentrații și anume 10 ‰, 15 ‰ și 20 ‰ NaCl:

Rezultatele obținute la prelucrarea probelor din oțelul OLC 45 cu rețeleți din bare abrazive sînt prezentate în fig. 4.32, și 4.33 corespunzător unei intensități a curentului de 200 A și respectiv 600 A.

Se observă că rugozitatea rinilor corespunde la

probele prelucrate cu concentrații ale electrolitului de 15 % (fig. 4.32 b și fig. 4.33 b) având ordinul de mărime al rugozității de  $0,35 - 0,4 \mu\text{m}$ . pentru curenți de lucru de 200 A și de  $0,7 - 0,75 \mu\text{m}$  pentru 600 A.

Așa cum reiese și din fig. 4.32 a și 4.33 a, la concentrația de 10 %, respectiv la concentrația de 20 % fig. 4.32 c și 4.33 c, pentru aceleași condiții de prelucrare, rugozitățile obținute sînt mai mari atîngînd valori de  $1,5 - 1,6 \mu\text{m}$ .

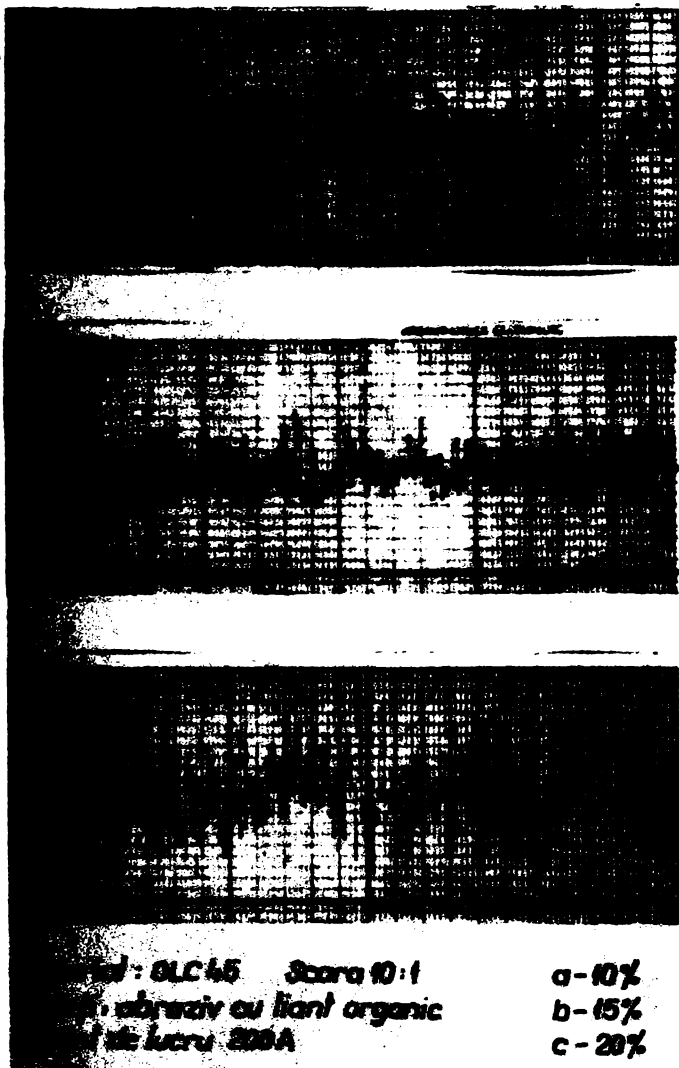


Fig. 4.32

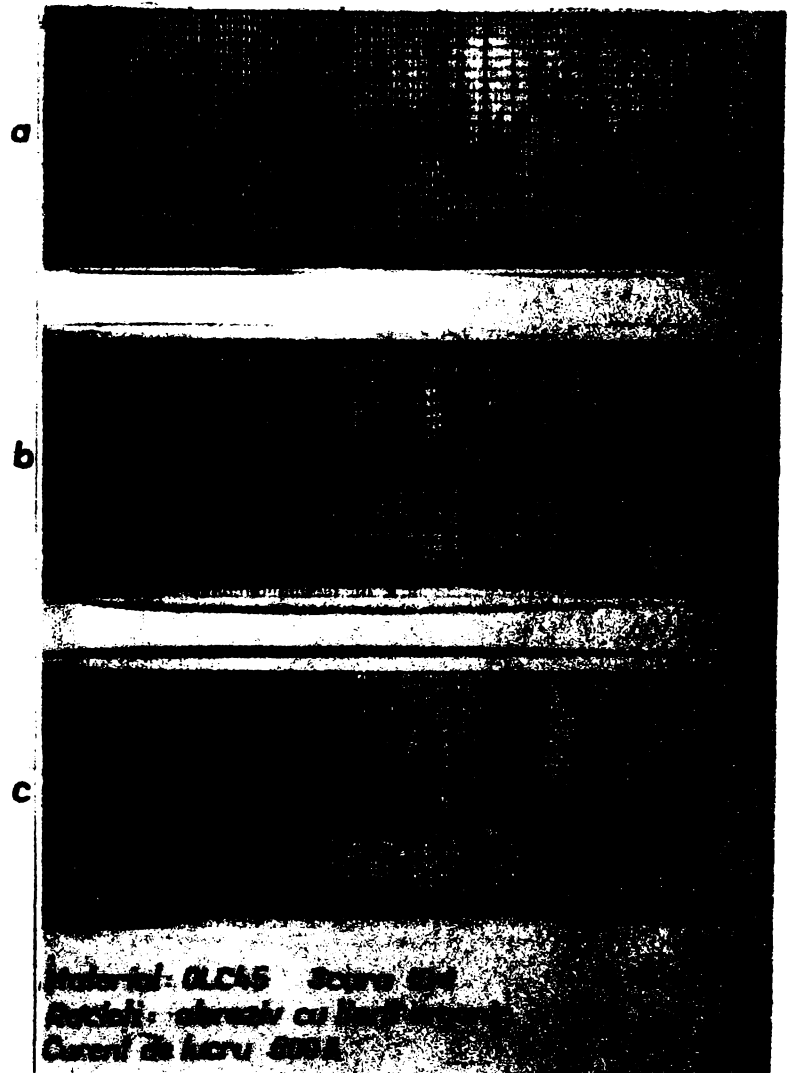


Fig. 4.33

## 2. Influența curenților de lucru

Studiul influenței curenților de lucru asupra rugozității suprafeței prelucrate s-a făcut ca și în cazul precedent, folosind o sculă cu racleți din material abraziv cu liant organic.

Experimentările s-au făcut pe mai multe

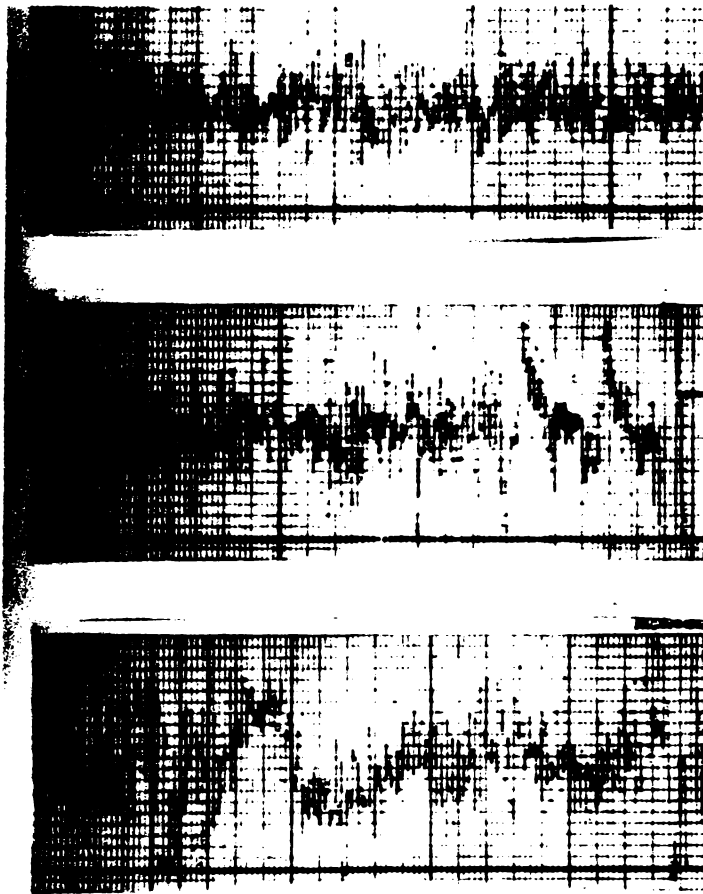
materiale, lucrându-se cu curenți de 200, 400 și 600 A. Concluziile pentru trei dintre materialele studiate, respectiv, OLC 45; 40 C 10; și 21 MoMC 12 sînt următoarele:

a. S-a observat că la prelucrarea materialului OLC 45 folosind electrolit de concentrație 15 %, rugozitatea minimă se obține la un curent de lucru de 200 A avînd valori de cca  $0,4 \mu\text{m}$  (fig. 4.32 b). La curenți mai mari rugozitatea ce se obține este mai mare. In fig. 4.33 se prezintă profilogramele obținute la prelucrarea cu un curent de 600 A. Rugozitățile obținute atîng valori de pînă la  $0,7 \mu\text{m}$  la concentrația de 15 % iar, la concentrații ale electrolitului de 10 % și 20 % figurile 4.32 a; 4.32 c; 4.33 a și 4.33 c rugozitățile au valori mai mari.

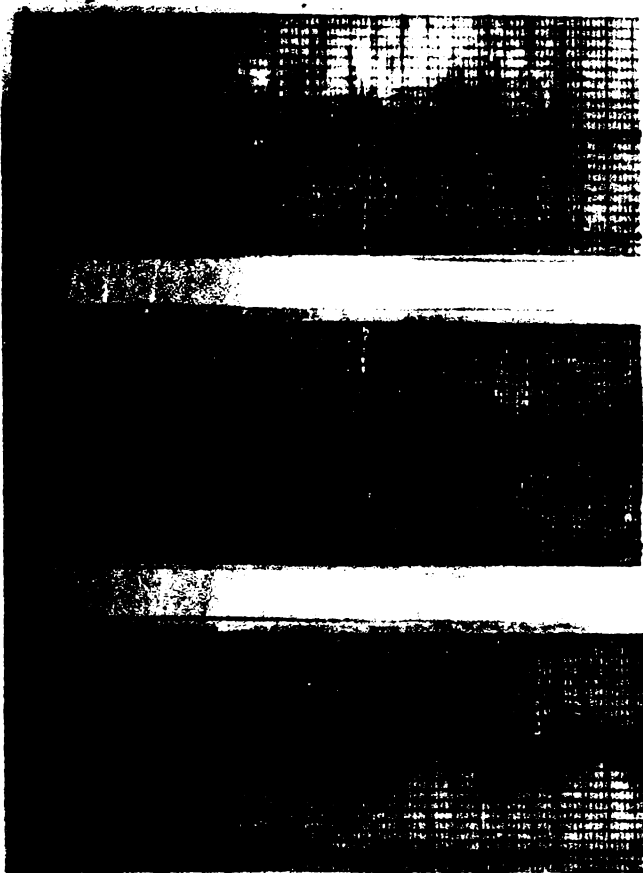
*după d. r.* b. Pentru aceleași valori ale curentului de lucru în cazul materialului 40 C 10, folosind electrolit de aceeași concentrație (10 %) rezultatele obținute sînt asemănătoare cu cele din cazul precedent, respectiv s-au înregistrat rugozități de  $0,35 \div 0,4 \mu\text{m}$  pentru curenți de 200 A (fig. 4.34 a) și de  $0,7 \div 0,9 \mu\text{m}$  pentru curenți de 400, respectiv 600 A (fig. 4.34 b și 4.34 c).

c. In cazul materialului 21 MoMC 12, s-a observat că acesta se comportă diferit față de primele două și anume, rugozitatea la curenți de 200 A și 400 A (fig. 4.35 a și 4.35 b) are valori mai mari decît în situația prelucrării la curenți de 600 A, cînd rugozitatea înregistrată este de valori mai mici (fig. 4.35 c).

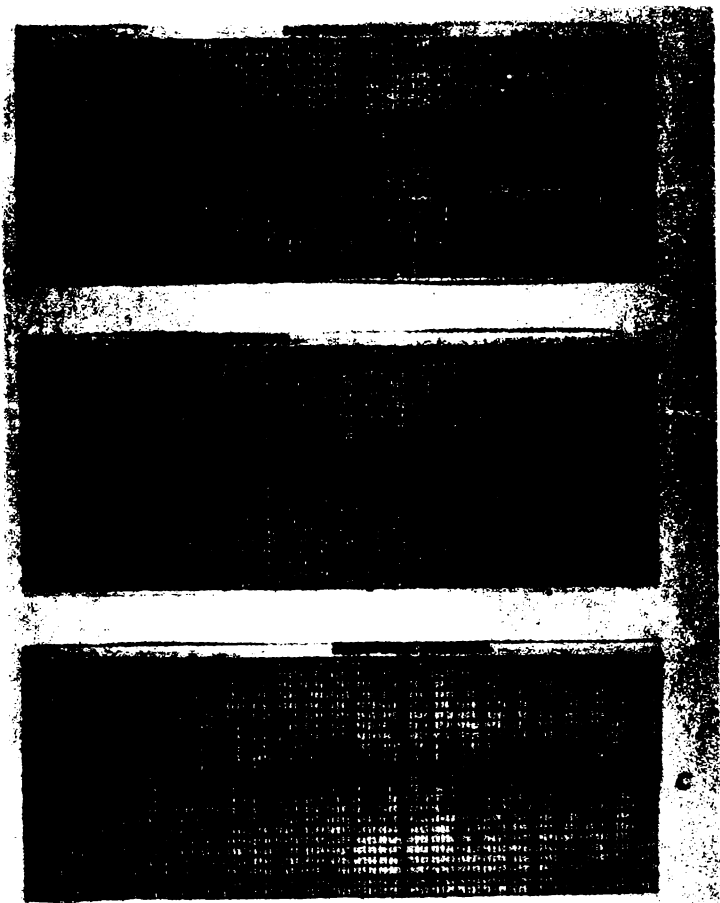
De altfel, pentru 21 MoMC 12 rezultatele acestea se confirmă și în cazul lucrului cu alte concentrații, cum este cazul probelor efectuate cu electrolit în concentrație de 15 %, cînd la curenți de 600 A s-au înregistrat rugozități de  $0,26 \div 0,3 \mu\text{m}$ , față de  $0,49 \div 0,6 \mu\text{m}$  în cazul lucrului de curenți de 200 A.



Material: 40Cr10 Scara 10:1  
 Racleti: abraziv cu liant organic  
 Concentr: 10%  
 a - 200A  
 b - 400A  
 c - 600A



Material: 21MnMC12 Scara 10:1  
 Racleti: abraziv cu liant organic  
 Concentr: 10%  
 a - 200A  
 b - 400A  
 c - 600A



Material: 21MnMC12 Sara 10:1  
 Racleti: abraziv cu liant organic  
 Concentr: 15%  
 a - etalon 63%  
 b - 200A  
 c - 600A



### 3. Influența calității materialului bușei prelucrate.

Pentru studiul asupra rugozității suprafeței probelor prelucrate funcție de calitatea materialului acestora s-a folosit o sculă cu racleți de ferodou, ținând seama că în aceste condiții se pot sesiza mai bine diferențele privind influența materialului. Toate încercările s-au efectuat cu electrolit de concentrație 15 %, iar pentru curenții de lucru s-au luat în considerare valorile de 200, 400 și respectiv 600 A.

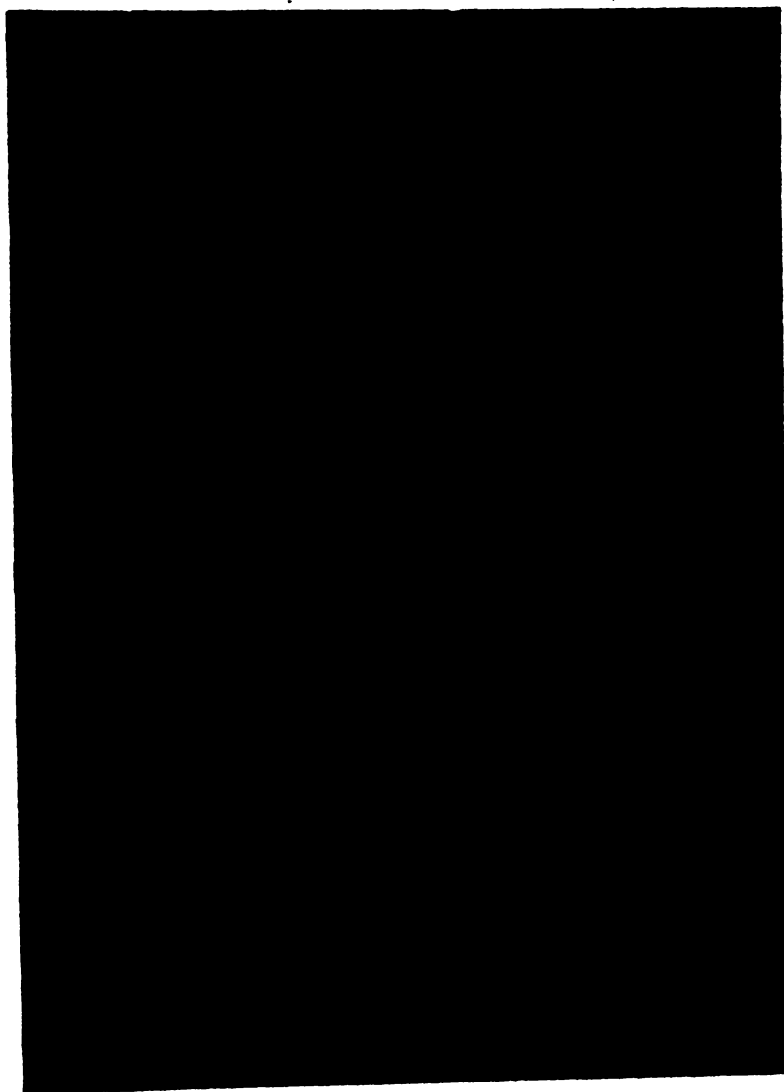


Fig.4.37

Din analiza profilogramelor obținute, (fig.4.37) se constată că rugozitatea pentru probele din 40 C 10; OLC 45 ; 21 MoFC 12 la intensități de curent de 200 A, este cea mai mică la probele din 40 C 16 ( $1,4\mu$ ) și cea mai mare la OLC 45 ( $2,5\mu$ ). Valorile minime ale rugozității se obțin la cu-

renți de 400 A, respectiv 600 A la oțelul OLC-45 ( $3,2\mu\text{m}$ ) și cea mai mare ( $3,5\mu\text{m}$ ) la oțelul 40 C 10 (fig.4.38 abc și fig.4.39 abc).

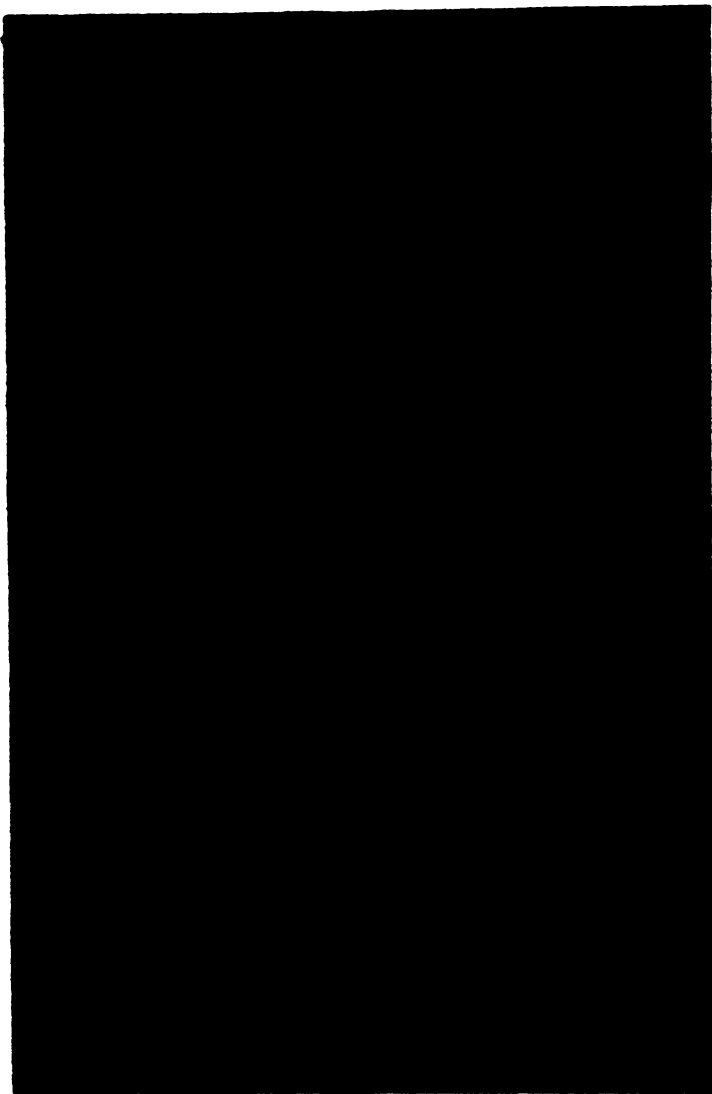


Fig.4.38

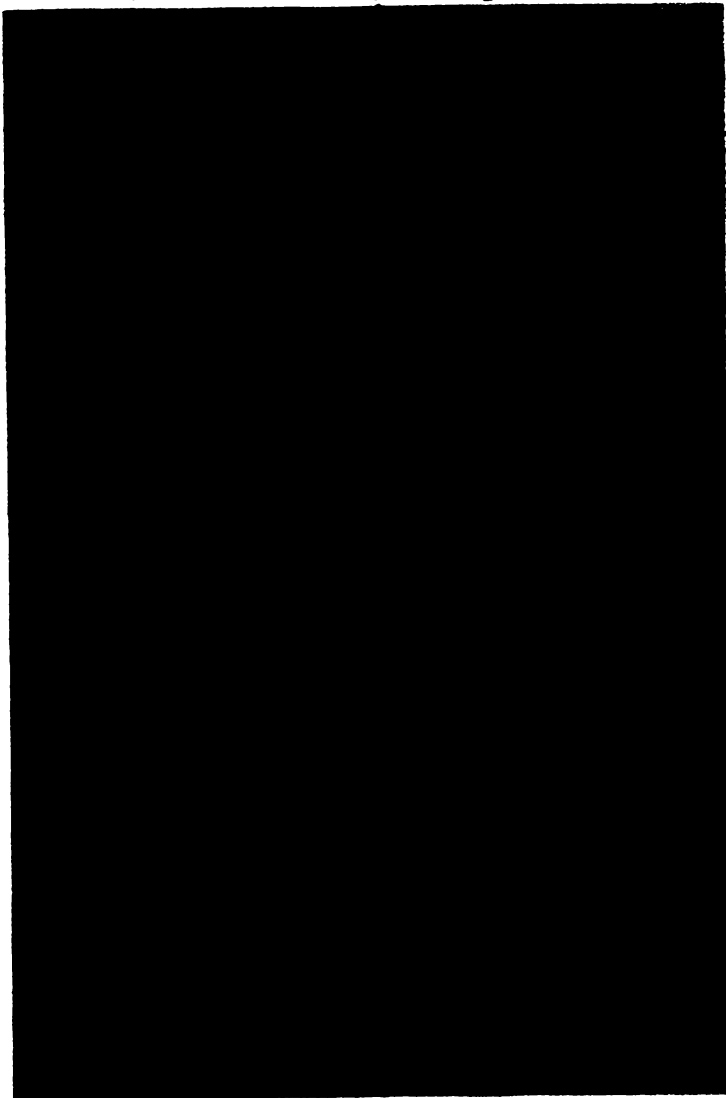


Fig.4.39

#### 4. Influența materialului racleților *Prin*

O concluzie interesantă rezultă și din studiul influenței materialului racleților asupra calității suprafeței prelucrate.

Din fig.4.40 a.b.c. și 4.41 a.b.c., rezultă că rugozitatea suprafeței este mai bună în cazul utilizării racleților din material abraziv cu liant organic ( $0,23\div 0,5\mu\text{m}$ ) față de racleții din feroșou ( $2,1\div 4,1\mu\text{m}$ ). Acest fenomen este deosebit de pronunțat și s-a constatat la oricare din regimurile de lucru experimentate.

De menționat că toate aceste concluzii cu privire la influența regimurilor de lucru asupra calității suprafe-

țelor prelucrate prin procedeul de lăzuire electrochimică, constituie rezultatul efectuării unui număr foarte ridicat de probe, dintre care au fost prezentate doar câteva, toate celelalte rezultate încadrându-se în limitele valorilor pentru probele prezentate.

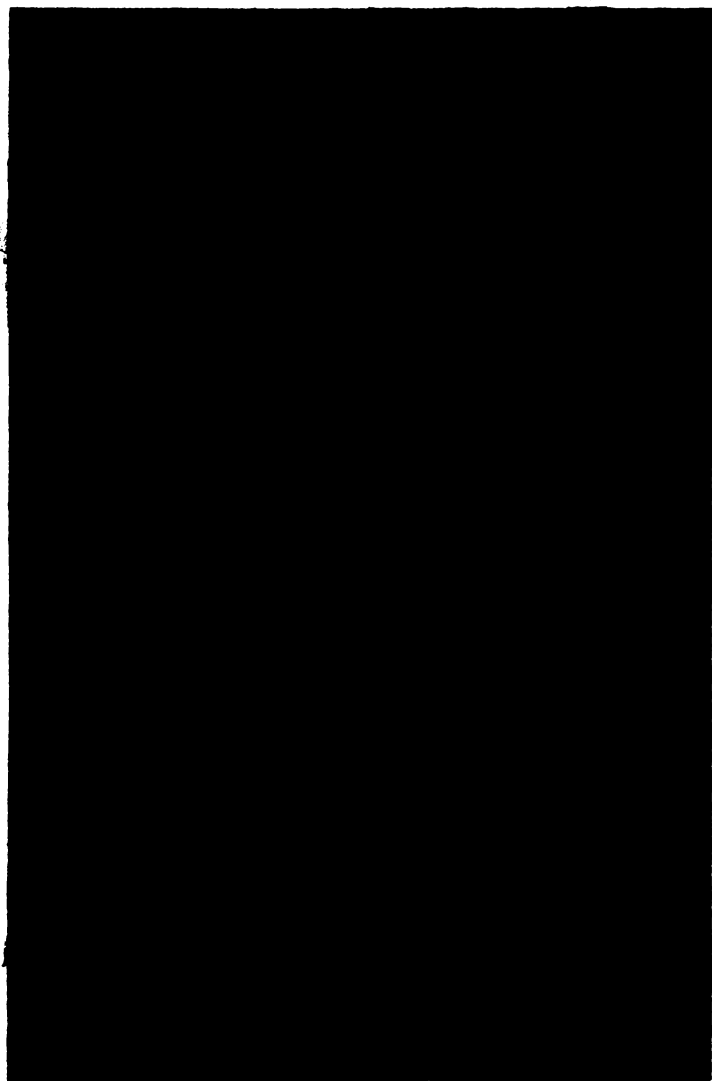


Fig.4.40

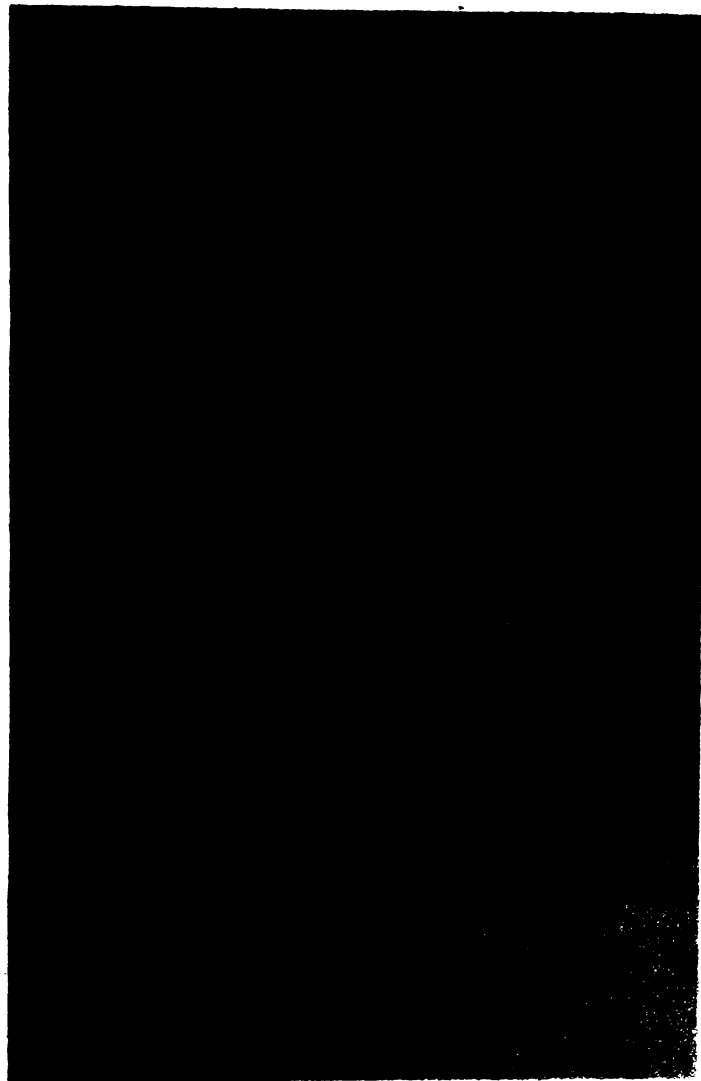


Fig.4.41

În concluzie, se poate arăta că în ceea ce privește rugozitatea suprafețelor prelucrate prin lăzuire electrochimică, la stabilirea parametrilor de lucru trebuie să se țină seama de următoarele:

pentru fiecare material ce urmează a se prelucra trebuie să se stabilească un regim de lucru corespunzător, respectiv un curent de lucru și o concentrație a electrolitului care să asigure obținerea unei rugozități minime.

- în ceea ce privește sculele folosite se consi-

tată că acelea prevăzute cu racleteți din abraziv cu liant organic sînt indicate pentru obținerea unui grad de netezire mai mare față de cele din ferodou, acestea din urmă conducînd la rezultate inferioare (rugozități mari) datorită incapacității lor de a îndepărta complet impuritățile de pe suprafața prelucrată. Se realizează astfel o prelucrare diferențiată a suprafeței piesei, datorită formării unor porțiuni pasive la procesul de dizolvare anodică, obținîndu-se asperități mai pronunțate care influențează negativ asupra calității suprafeței prelucrate.

Tinînd seama că suprafețele honuite sînt suprafețe active, asupra comportării lor în funcționare are importanță calitatea suprafeței, prin care se înțelege nu numai microgeometria ci și proprietățile fizico - mecanice.

Pentru a vedea dacă operația de honuire electrochimică are influență asupra microstructurii suprafeței prelucrate s-au efectuat unele examinări microscopice informative asupra stării stratului marginal, comparativ cu microstructura de bază, respectiv cu miezul probei.

Dintre aceste examinări se pare că în general nu se produc modificări semnificative ale microstructurii. Aceasta se poate observa în fig. 4.42 a, b, c și d. Astfel în fig. 4.42 a și b, se prezintă fotografia microstructurii oțelului 21 K01C 12 strat marginal, iar în fig. 4.42 c și d, microstructura de bază.

În fig. 4.43 a, b, c și d se prezintă fotografia microstructurii oțelului OL 50. Figura 4.43 a și b reprezintă stratul marginal, iar fig. 4.43 c și d, stratul de bază.



a.

x 250



b.

x 1000



c.

x 250



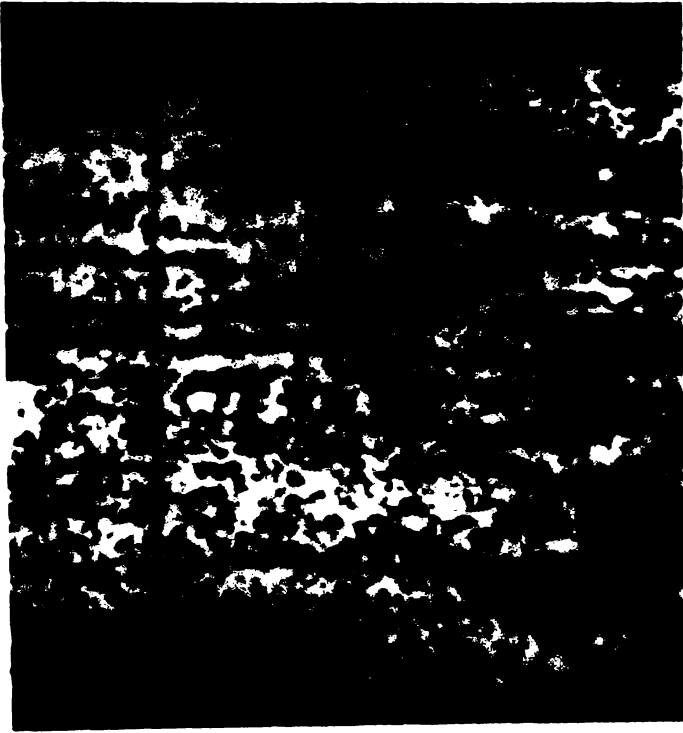
d.

x 1000

1977



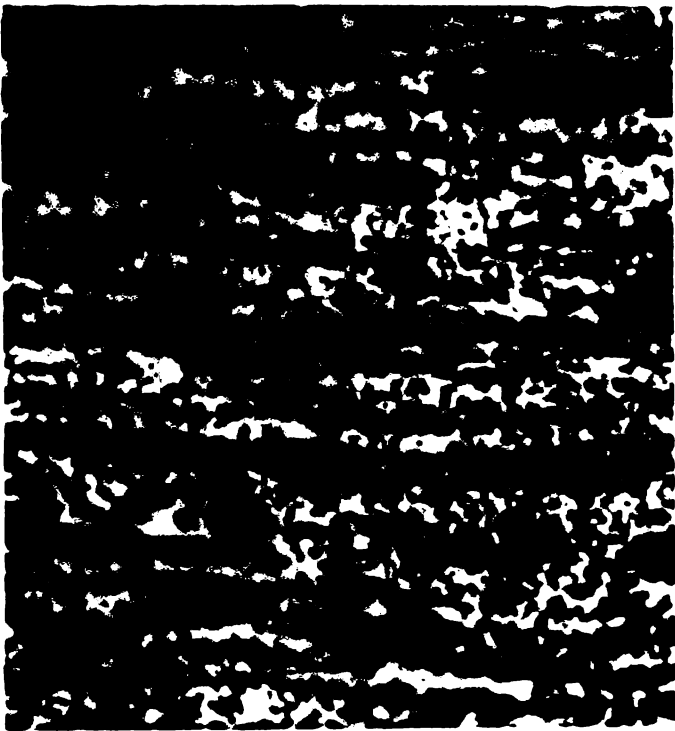




a.  $\times 250$



b.  $\times 100$



c.  $\times 250$



d.  $\times 100$

Fig. 1.7. (continued)





## CAP.V. CONCLUZII

Procedeu de suprafinisare a pieselor prin honuire electrochimică, este pe plan mondial, abia la începutul utilizării sale pe scară industrială. Depășirea anumitor greutăți de ordin tehnic, cu privire la concepția și construcția diferitelor subansamble care compun utilajul, face ca, de la etapă la etapă, noul procedeu să-și găsească o utilizare din ce în ce mai mare.

Folosit la început pentru suprafinisarea metalelor dure și care s-au dovedit a fi greu sau imposibil de prelucrat prin honuirea convențională, datorită avantajelor deosebite pe care acest procedeu le oferă, el se utilizează în prezent și la piesele concepute din materiale mai puțin dure. Cu toate acestea, pe de o parte anumiți factori de ordin psihologic și fenomenul inerțial față de un procedeu nou, iar pe de altă parte prețul de cost ridicat al utilajului (de cca trei ori mai mare față de o mașină obișnuită de honuit), fac ca honuirea electrochimică să înlocuiască relativ greu pe cea convențională.

Pe măsură ce se impune însă folosirea materiale-

lor dure sau a suprafețelor foarte dure în tot mai multe domenii ale tehnicii, în același timp perfecționându-se și procedeul de honuire electrochimică, iar prețurile de cost ale celor două utilaje (convenționale și electrochimice) se apropie, domeniul de utilizare al noului procedeu se extinde tot mai mult.

În conținutul lucrării s-a tratat concepția și execuția utilajului de honuit electrochimic, pe care apoi au fost efectuate încercări și experimentări considerate a fi necesare pentru elucidarea unor probleme în deosebi de ordin constructiv și a unor parametrii ai procesului de prelucrare.

Dat fiind caracterul aplicativ al acestei lucrări, s-a realizat după cunoștințele noastre pentru prima dată în țară prin adaptare un utilaj în acest scop cît și primele încercări de efectuarea unor operații de honuire electrochimică.

Pe lângă caracterul de noutate, lucrarea de față aduce o serie de contribuții la prelucrarea prin honuire electrochimică, încercînd astfel să participe la soluționarea uneia din problemele pe care le ridică construcția de mașini.

Principalele contribuții aduse pentru obținerea utilajului cu ajutorul căruia să se poată încerca honuirea electrochimică au fost următoarele:

A. Modificări aduse mașinii de honuit convențional cu scopul îmbunătățirii parametrilor acesteia și pentru a face posibilă honuirea electrochimică astfel:

1. S-a modificat sistemul de antrenare astfel ca să se poată obține trepte superioare de rotație și anume de: 228, 360 și 568 rot/min.

2. S-a înlocuit mecanismul manual de deplasare al mesei mașinii, cu un dispozitiv mecanic compus din motor

reductor

3. S-a adaptat și montat pe axul principal al mașinii, dispozitivul de alimentare cu curent.

4. S-a realizat izolarea electrică a axului principal al mașinii.

5. S-a realizat camera de lucru în care se desfășoară procesul de honuire electrochimică cu scopul protejării mașinii și operatorului, precum și cu scopul colectării electrolitului.

6. Realizarea unui dispozitiv de prindere rapidă a pieselor care urmează să fie prelucrate.

7. S-au realizat mai multe variante de capete de honuit electrochimic.

8. S-a realizat un sistem de acționare electromagnetic al barelor racloare.

B. Instalații suplimentare, anexe, cum sînt: instalația pentru alimentare cu electrolit, instalația de alimentare cu curent continuu, instalații de control și semnalizare, care împreună cu mașina de honuit convențional-modificată, întregesc utilajul de honuit electrochimic.

Principalele părți componente din care sînt construite instalațiile arătate mai sus, sînt:

1. Sistemul de pompe pentru asigurarea circulației electrolitului.

2. Cartușul filtrant pentru reținerea impurităților din electrolit, rezultate în urma procesului de honuire electrochimică.

3. Sonda pentru măsurarea concentrației electrolitului.

4. Instalația pentru reglarea temperaturii electro-

litului, care asigură menținerea acesteia în limitele  $18 \div 21^{\circ} \text{C}$ .

5. Instalația pentru redresarea curentului  $U_{\text{max}} = 25 \text{ V}$ ;  $I_{\text{max}} = 1500 \text{ A}$ .

6. Protecția la scurtcircuit în circuit tiristorizat, cu acționare într-un interval de timp  $(1 \div 2) \cdot 10^{-3} \text{ sec}$ .

7. Protecția la supracurent realizată în scopul de a nu putea fi depășită valoarea curentului maxim ( $I_{\text{max}} = 1500 \text{ A}$ ).

8. Reglarea curentului la o valoare constantă printr-o reacție inversă negativă pe baza unui tranzistor de comandă.

C. În partea finală a lucrării sînt prezentate rezultatele experimentărilor făcute cu utilajul de honuit electrochimic.

Se desprind, în urma încercărilor efectuate, unele concluzii care vin să confirme rezultatele cercetărilor efectuate pînă în prezent sau prezintă unele noutăți. Astfel:

1. Reducerea dimensiunilor utilajului de honuit, ca o consecință a solicitărilor mici care apar în cazul honuirii electrochimice. În consecință, proiectarea unui asemenea utilaj ar reduce considerabil gabaritul mașinii. În lucrarea prezentată nu s-a putut interveni asupra dimensiunilor, datorită faptului că pentru experimentări a fost adaptată o mașină existentă.

2. Productivitatea procesului de honuire electrochimică este mai mare față de aceea a honuirii convenționale cu  $200 \div 500 \%$ , cu condiția respectării unui regim de lucru în care densitatea de curent să nu scadă sub  $0,01 \text{ A/cm}^2$ .

3. Prelucrarea se face într-o singură o-

perație eliminându-se fazele de eboș și finisare.

4. Caracteristicile fizice ale materialelor prelucrate nu condiționează procesul de eroziune electrochimică. Compoziția chimică a acestora este însă determinantă în ceea ce privește alegerea electrolitului și a regimului de lucru.

5. Gradul de finisare al suprafețelor prelucrate este determinat și de calitatea materialului folosit pentru barele racloare-

6. Datorită timpilor foarte mici de prelucrare, procedeul de honuire electrochimică se recomandă să fie folosit pentru producția de serie mare, sau masă.

7. Datorită productivității mari a procedurii de honuire electrochimică, precum și a vitezei mari de reducere a defectelor de formă, condițiile impuse pentru prelucrarea mecanică anterioară sînt mult reduse față de honuirea convențională.

8. Scăderea defectelor de formă corespunde unei tensiuni optime de lucru, avîndu-se în vedere și încadrarea în cotele impuse.

9. Electroliții folosiți pentru honuirea electrochimică sînt foarte ieftini.

În final, pe baza cercetărilor și rezultatelor obținute, se poate aprecia că utilajul de honuit electrochimic obținut prin adaptarea, ca model experimental a unei mașini de honuit convențională dă rezultate corespunzătoare, procedeul prezentînd nete avantaje față de cel clasic.

Din datele obținute, pe lângă siguranța folosirii utilajului, se constată, că domeniul de utilizare este incomparabil mai mare, iar rezultatele cu privire la precizia formei geometrice și calitatea suprafeței pieselor prelucrate sînt mult îmbunătățite, comparativ cu cele de la honuirea convențională.

Constatările făcute pot fi de folos la elaborarea unui proiect pentru construirea unui prototip de mașină pentru honuirea electrochimică.

B I B L I O G R A F I E

- A.1. Amrhein, H.G. Electrochemisch - Schleifen. In: Werkzeug Maschine International nr.1/1971 pg.40-43.
- B.1. Barash, H.H. Electric Spark machining In: Journal of machine. Tool 2 (1962) H.3.
- B.2. Bonga, B. Elektrochemische Metallbearbeitung In: Technische Rundschau nr.9/1971
- B.3. Bender, L. Domenii de folosire a procedeelor de prelucrare prin eroziune. Prelucrare din Industrie - Anzeiger nr.76/1968 pg.51-59.
- C.1. Camatini, E. ECM - Ein Bearbeitungsverfahren mit Zukunft. Schweizer Maschinenmarkt nr.30 pg.36-41.
- C.2. Coupain, J. L'usinage Chimique. La pratique des industries mécaniques (1963) Band XLVI nr.12 pg.361-364.
- C.3. Cornely, H. Prelucrarea prin electroeroziune și electrochimică și delimitarea acestora de procedeele prin așchiere. Traducere din

- Industrie Anzeiger nr.69 aug.1965  
pg.1648-1659.
- C.4. Crişan, S. şi  
Ivan, Ii. Prelucrarea electrolitică o nouă  
metodă de prelucrare a metalelor.  
In: Construcţia de Maşini nr.10.  
1966.
- C.5. Crişan, S. şi  
Ivan, Ii. Găurirea, strungirea şi debavura-  
rea electrolitică, metode moderne  
de prelucrarea metalelor. In: Con-  
strucţia de Maşini nr.11. 1966.
- D.1. Degenharăt, Ii. Prelucrarea electrochimică a unor  
metale care se aşchiază greu. Pre-  
lucrare din: Industrie Anzeiger  
nr.94/1972 pg.2605-2606
- D.2. Dunoă, P. L'usinage et la rectification par  
électrochimie. Machine Moderne  
Juin 1969-23.
- D.3. X X X Dictionar de fizică
- D.4. Devouche, A. Usinage électrolytique. In: Techni-  
ques de l'Ingénieur, fascicule  
B 2020 dec.1967.
- F.1. Franke, L. Importanţa alegerii electrolitului  
pentru prelucrarea electrochimică  
după contur.
- G.1. Germirand, L. Usinage électrochimique.  
La machine-outil Française nr.240/  
1968 pg.121-125.
- G.2. Golovacev, V.A. Elektroniceskaia razmerna obra-  
botka detaiei slojnoi formi. In:  
Maşinostroenie, Moskva 1969.



- G.3. Gusev, I.<sub>u</sub>.V. Electrochimicesko slifovanie litfh magnitov In: Stankii instrument nr.2 1973 pg.41.
- G.4. Geisel, H. Der zeitliche Verlauf der Grösse des Bearbeitungsspalts beim electrolytischen Senken. In: Werkstatt und Betrieb H 12 pg.845-846.
- H.1. Haasis, G. Electrochemischionen. Maschinenmarkt jp 75 (1969) pg.1183-1185 nr.52.
- H.2. Heitmann, H. și Pahl, D. Werkzeugkorrektur und Anwendungsbereiche der Elektrolyte beim electrochemischen Senken. Industrie - Anzeiger nr.63/VIII 1966.
- H.3. Hoare, I.P. și Kao-Wen Mao The electrochemical machining of mild steel in NaBrO<sub>2</sub> solutions. In: Corrosion Science vol. 12/1972 pg.571-577.
- H.4. Hoare, I.P. The electrochemical machining of mild steel in NaBrO<sub>3</sub> solutions. Corrosion Science vol.12/1972 pg.571-578.
- H.5. Hofstede, A. Some remarks on electrochemical machining. CIRP vol.XVIII/1970 pg.93-106.
- I.1. Ippolito, R. Prelucrarea electrochimică Macchine Italia vol.26 pg.667-675.
- I.2. Ivan, M. și Rusan, G. Posibilități de mărire a preciziei prelucrării electrochimice.
- I.3. Ivan, M. și Metode speciale de prelucrare prin



- chemischen Senken - lucrare de doctorat  
1965.
- K.C., Kawafune, K.s.a      The effect of the working parameters on  
the working gap during electrochemical  
machining. In: CIREP vol.XVIII 1970  
pg.305-317.
- L.I. Laboda, M.A.      Traducare din Industrie Anzeiger nr.69  
aug.1965 pg.1648-1659 Mc Millan, P.L.  
A new electrolyte for electrochemical  
machining.
- H.I. Mager, T.      Instalație automată pentru prelucrarea  
electrochimică a metalelor. Automatik  
vol.17 pg.116-118.
- H.2. Minkov, I.A.      Dispozitiv pentru honuirea electrochimică  
a orificiilor în cilindrii cu pereți  
subțiri. Maşinostroitel nr.11/1971 pg.31.
- H.3. Mondon, R.      Polizarea electrolitică. Machine Outil  
vol. 36 pg.173-183.
- M.4. Moroz, I.I.      Electrohimicheskaia obrabotka metallov.  
In: Maşinostroenie Moscova 1969.
- M.5. Manz, W.      Electrochemisches Formentgraten. In:  
Werkzeug Maschine international nr.1/  
1971 pg.33-39.
- H.6. X X X      Manualul inginerului
- H.1. Hanu, A.      Tehnologii neconvenționale în prelucra-  
rea metalelor.
- H.2. Henițescu, C.      Chimie generală
- H.3. Nica, M. și  
Savii, Gh.      Influența formei electrozudului sculă asu-  
pra preciziei prelucrării electrochimice.



- In: Tehnologii neconvenționale în prelucrarea metalelor. Timișoara 1971.
- P.1. Pfau, I. Elektrochemische Bearbeitungsverfahren Schweizer Maschinenmarkt nr.16/1971 pg.62-66.
- P.2. Pahl, D. Îmbunătățirea preciziei de reproducere la adâncirea electrochimică a cavităților. Traducere din Industrie-Anzeiger 69 nr.34, oct.19 1967 pg. 1652-1656.
- P.3. Popescu, II. Instalația de alimentare cu electrolit pentru mașina de honuit electrochimic. Lucrare în curs de publicare în revista Construcția de Mașini.
- P.4. Popescu, II. Sursa de curent continuu și instalația electrică pentru mașina de honuit electrochimic. Lucrare în curs de publicare în revista Construcția de Mașini.
- P.5. Popescu, II. Utilaje folosite la honuirea electrochimică. Referat. Catedra TCM-IPT 1975.
- P.6. Popescu, II. Stadiul cercetărilor în domeniul honuirii electrochimice. Referat. Catedra TCM-IPT 1975.
- P.7. Popescu, II. Studiul adaptării unei mașini de honuit, pentru experimentarea aplicării procesului de honuire electrochimică. Referat. Catedra TCM-IPT 1975.
- P.8. Popovici, C. Tehnologia construcției de mașini

Savii, Gh.

Teologia construcției de rășini

Millman, V.

P.9. X X X

Probleme practice de electrofizică.  
Culegere de material documentar.

P.10. X X X

Procedee de prelucrare electrochimică  
și tehnice producției.

Marktstatistik vol.62 pp.422-426.

P.11. X X X

Tratamentul electrochimic. Societate  
carenel cupră în procesul de producție.  
Trudnoye v dia Necoaine, 20, nr.1.  
Ian.1966 pp.24-26.

P.12. X X X

Programe de rășini electrochimice  
(PEC) în sovietă.

R.1. Rosenberger, E.

Untersuchungen über die Einwirkung der  
geringen des Einsatzes des 13. Kinetik  
von ...

S.1. Savii, Gh.

Studiul în fizică și tehnologie  
în electrofizică asupra prelucrării  
electrolitice a rășinilor epoxidice  
electrochimic.

S.2. Savii, Gh.

Probleme practice de fizică  
și chimie pentru cursanții  
de fizică în liceu.

S.3. Savii, Gh. și  
Nicolescu, H.

Tratamentul electrochimic al rășinilor  
epoxidice cu apă și acid sulfuric  
și aplicarea în tehnologia  
de rășini. Revista de  
fizică și chimie nr. 1977.  
pp.447-455.

- 4.2. Savii, Gh. și  
Mica, I.  
Influența vitezei de curgere a elec-  
troliului la prelucrarea electrochimică. Revistă ITT Sib. 14 (28)  
Febr. 3 1969 pg.609-615.
- 4.3. Savii, Gh.  
Mica, I.  
Pircea, I.  
Determinarea parametrilor regimului  
de prelucrare prin eroziune electro-  
chimică hidrodinamică.  
In: Programul Conferința prelucrării  
la nord ITT 1973.
- 4.6. Scholz, E.  
Untersuchung des elektrochemischen  
Honens. Industrie - Anzeiger nr.24/  
1970 pg. 124-126.
- 4.7. Scholz, E.  
Electrochemisches Profilschleifen  
Industrie-Anzeiger nr.66/VIII.1966.
- 4.8. Schnell, C.  
Elyzier Fontanegraten Werkstatt  
Technik N.4/1966 157-159.
- 4.9. Spitzer, A.  
Bericht über elektrolytisches Polie-  
ren der Innenfläche von Kupferrohren.
- 4.10. Strauss, W.  
Electrochemisches Honen von langen  
Bohrungen Werkstatt und Betrieb 104  
(1971).3.
- 4.1. Tipton, A.  
The determination of tool shape for  
electrochemical machining - Proceed-  
ings of the 5th International ETDR  
conference (sept.1964).
- 4.1. Ț. Ț. Ț.  
Unde este necesar honuitul diamant  
(1.engleză).
- V.1. Vent, A.  
Prelucrarea electrochimică a metale-  
lor Betrieb Technik nr.9/1966.

W.1. Williams, A.L.

Rectificarea electrochimică In: *Lea. te-  
chnic moderne* nr.755/1966.

W.2. Winkelman, A.

Oberflächenmessung funkenresistiv  
bearbeiteter Werkstücke mit Hilfe  
eines Oberflächennormals nach V.D.I.  
Richtlinie 3400. In: *Techn. Mitt., Krupp,  
Vorschichte*. Band 29 (1971) Nr. 31-  
34.



**A N N E X I**

Tabela 4.3

Materialul probei	Intensitatea curentului [A]	Cresterea diametrului $\Delta d$ [mm]		
		Concentratia electrolitului %		
		10	15	20
21MoMC12	300	0,3400	0,3646	0,3671
41MoC12		0,3475	0,4170	0,4161
40C10		0,3527	0,3740	0,3920
OLC45		0,3714	0,3694	0,3718
OL50		0,4162	0,4407	0,4006

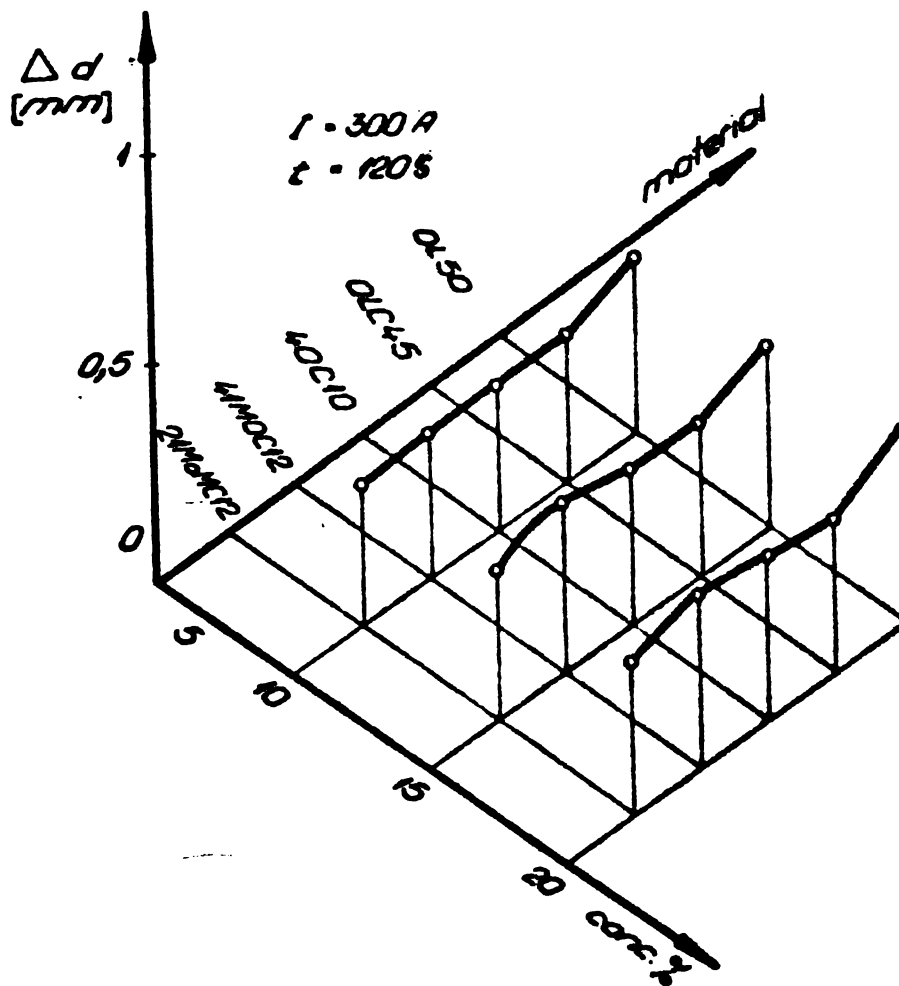


Fig 4.6 Cresterea diametrului functie de concentratia electrolitului

Tabela 4.4

Materialul probei	Intensitatea curentului [A]	Cresterea diametrului $\Delta d$ [mm]		
		Concentratia electrolitului %		
		10	15	20
21 MoMCl2	400	0,3570	0,4625	0,4918
41 MoCl2		0,4770	0,5165	0,5180
40C10		0,3826	0,4660	0,5102
OLC45		0,4781	0,4640	0,4895
OL50		0,5453	0,5510	0,7006

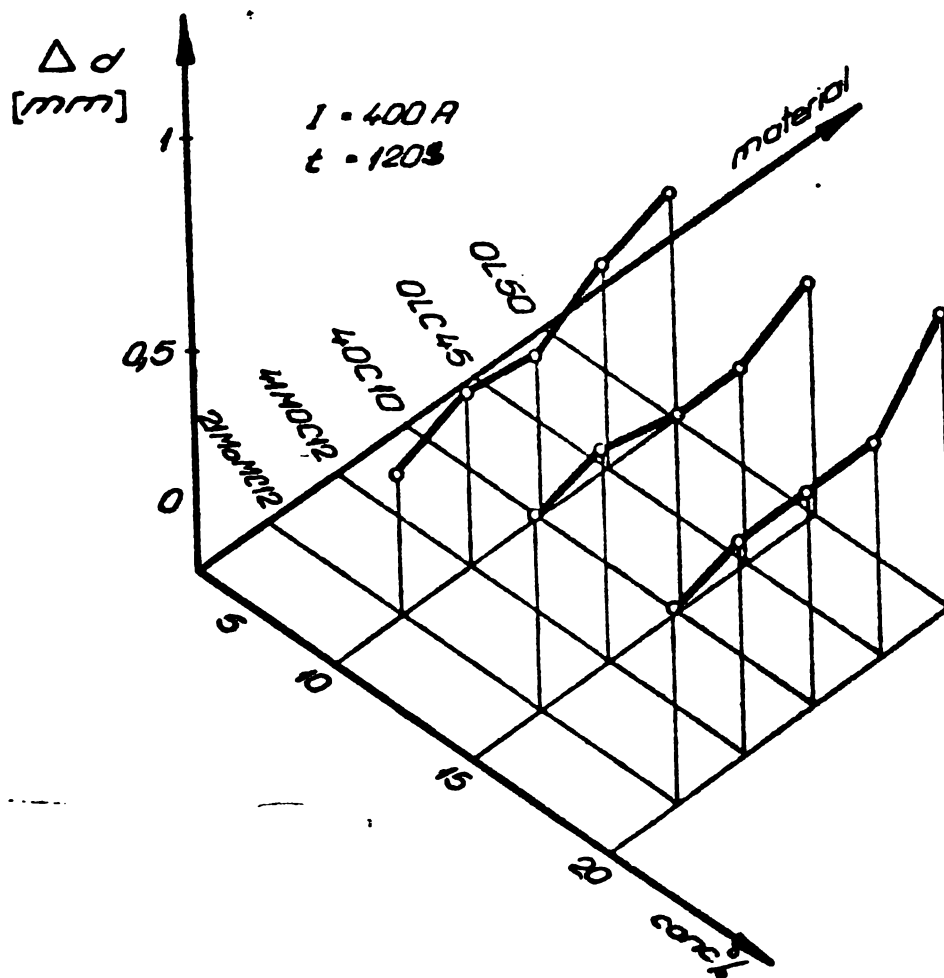


Fig. 4.7 Cresterea diametrului functie de concentratia electrolitului.

Tabela 4.6

Materialul probei	Intensitatea curentului [A]	Creșterea diametrului $\Delta d$ [mm]		
		Concentrația electrolitului %		
		10	15	20
2MoMC12	600	0,6870	0,7159	0,6985
4MoC12		0,7073	0,7126	0,7137
4OC10		0,6795	0,7240	0,7392
OLC45		0,6971	0,7098	0,7412
OL50		0,7780	0,7985	0,8421

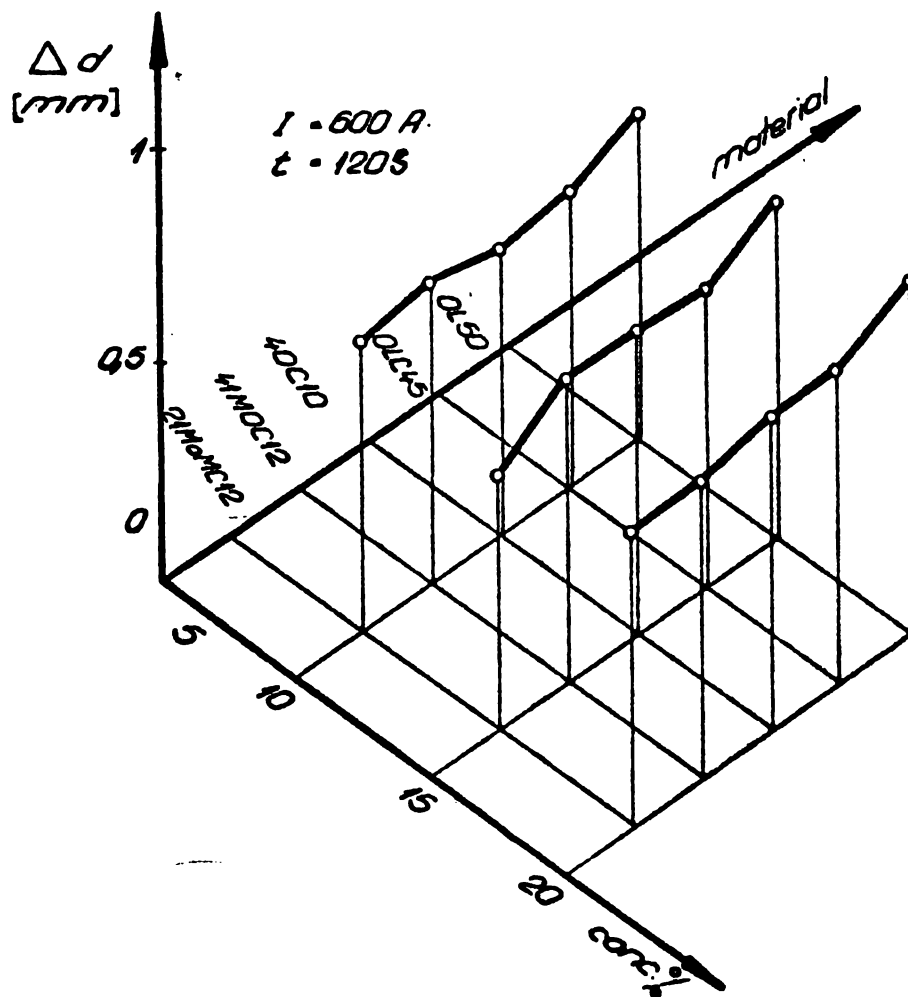


Fig. 4.9 Creșterea diametrului funcție de concentrația electrolitului

Tabela 4.9

Materialul probei	Concentrația electrolitului %	Intensitatea curentului [A]	Creșterea diametrului $\Delta d$ [mm]			
			Timpul de prelucrare $t$ [s]			
			20	40	60	120
OLC45	10	200	0,0490	0,0920	0,1428	0,2402
		300	0,0801	0,1549	0,2259	0,3714
		400	0,0974	0,1978	0,2953	0,4788
		500	0,1360	0,2523	0,3603	0,6000
		600	0,1582	0,2965	0,4295	0,6971
		900	0,1943	0,3892	0,5620	0,8712

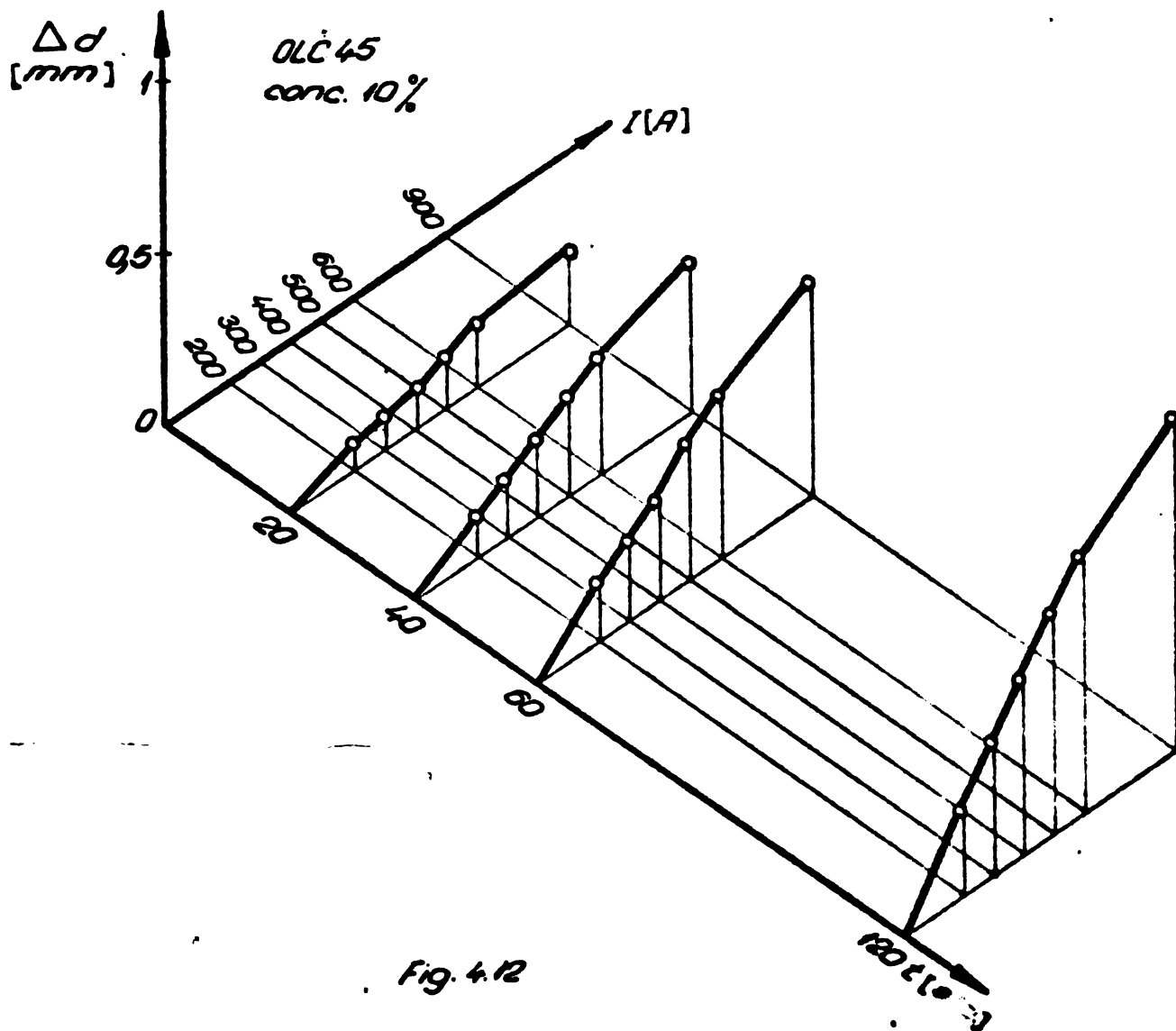


Fig. 4.12

Tabela 4.10

Materialul probei	Concentratia electrolitului %	Intensitatea curentului [A]	Creșterea diametrului $\Delta d$ [mm]			
			Timpul de prelucrare $t$ [s]			
			20	40	60	120
40 C10	10	200	0,0534	0,1002	0,1473	0,2443
		300	0,0785	0,1474	0,2197	0,3527
		400	0,0950	0,1621	0,2861	0,3826
		500	0,1140	0,2301	0,3502	0,5702
		600	0,1580	0,2902	0,4205	0,6795
		900	0,1987	0,3850	0,5676	0,8596

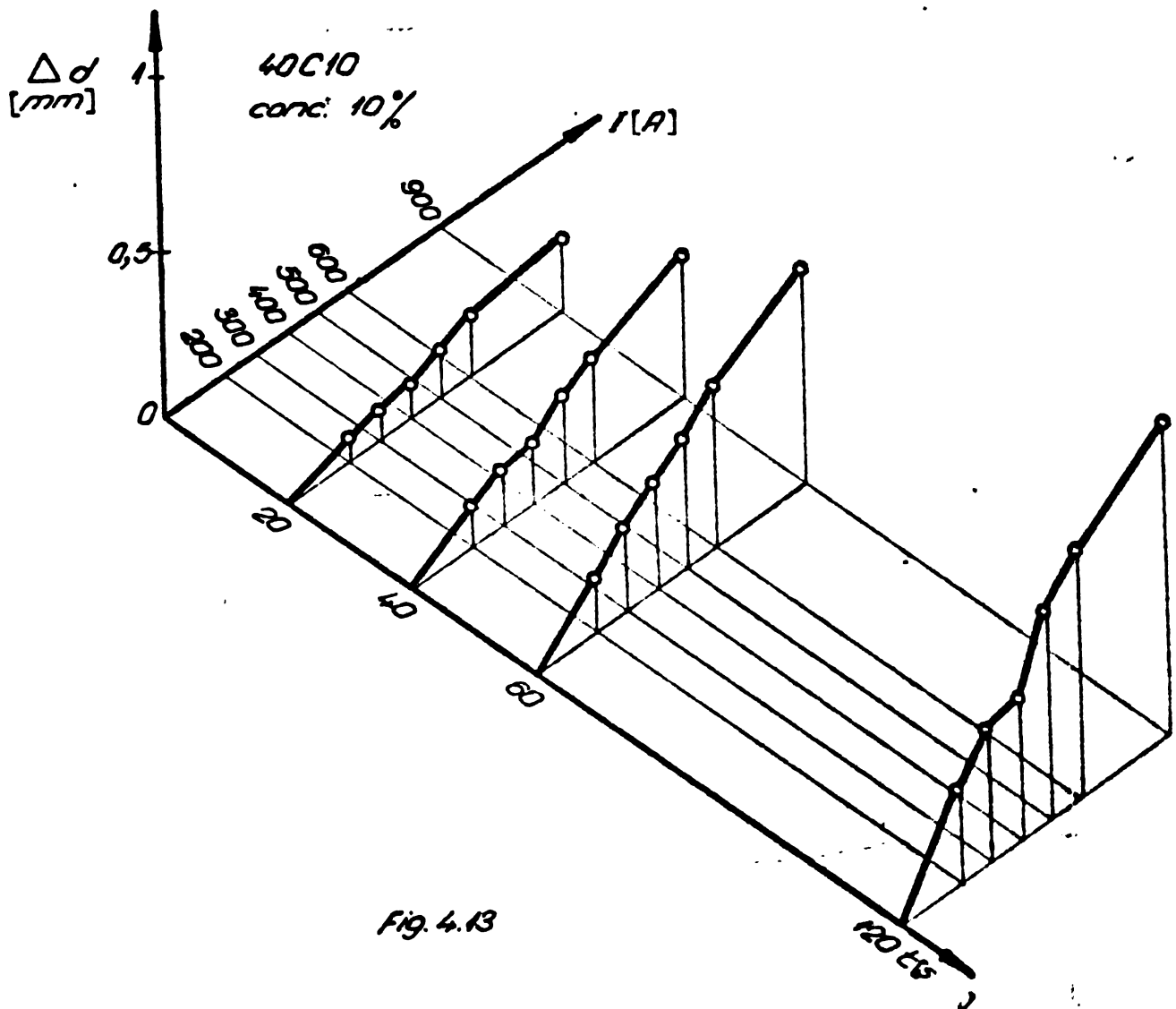


Fig. 4.13

Tabela 4.11

Materialul probei	Concentratia electrolitului %	Intensitatea curentului [A]	Cresterea diametrului $\Delta d$ [mm]			
			Timpul de prelucrare t [s]			
			20	40	60	120
41 MoCr2	10	200	0,5900	0,1058	0,1540	0,2506
		300	0,0733	0,1432	0,2144	0,3475
		400	0,0978	0,1912	0,2830	0,4770
		500	0,1321	0,2520	0,3732	0,6119
		600	0,1560	0,2955	0,4320	0,7073
		900	0,2317	0,4135	0,5925	0,9238

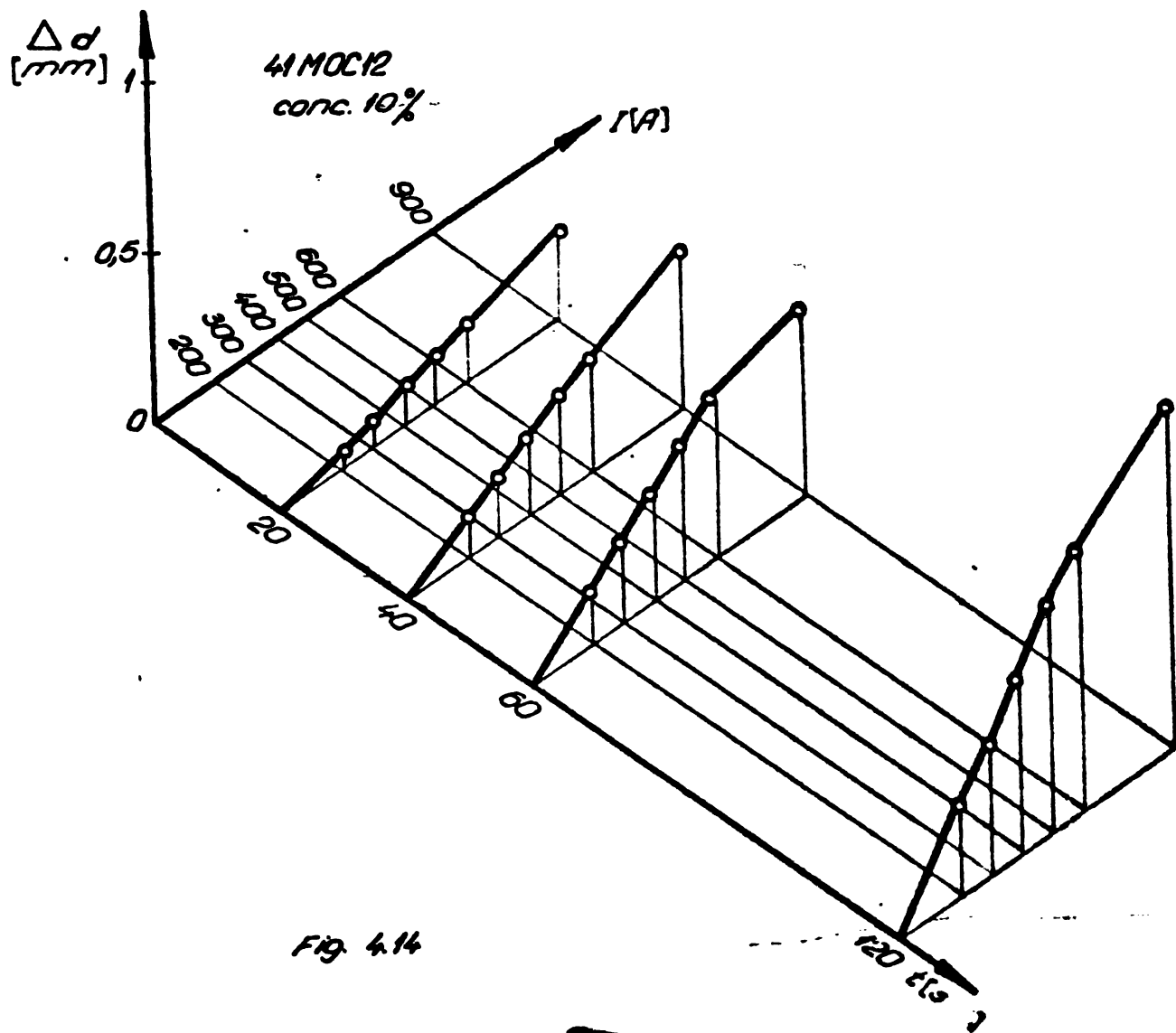


Fig. 4.14

INSTITUTUL POLITEHNIC  
TIMIȘOARA  
BIBLIOTECA CENTRALĂ

Tabela 4.16

Materiul probei	Concentratia electrolitului [%]	Intensitatea curentului [A]	Cresterea diametrului $\Delta d$ [mm]			
			Timpul de prelucrare $t$ [s]			
			20	40	60	120
OLC 45	15	200	0,0551	0,1028	0,1492	0,2427
		300	0,0782	0,1463	0,2260	0,3594
		400	0,0991	0,1940	0,2763	0,4640
		500	0,1400	0,2588	0,3700	0,6123
		600	0,1632	0,3020	0,4305	0,7098
		900	0,1989	0,4397	0,7091	0,9953

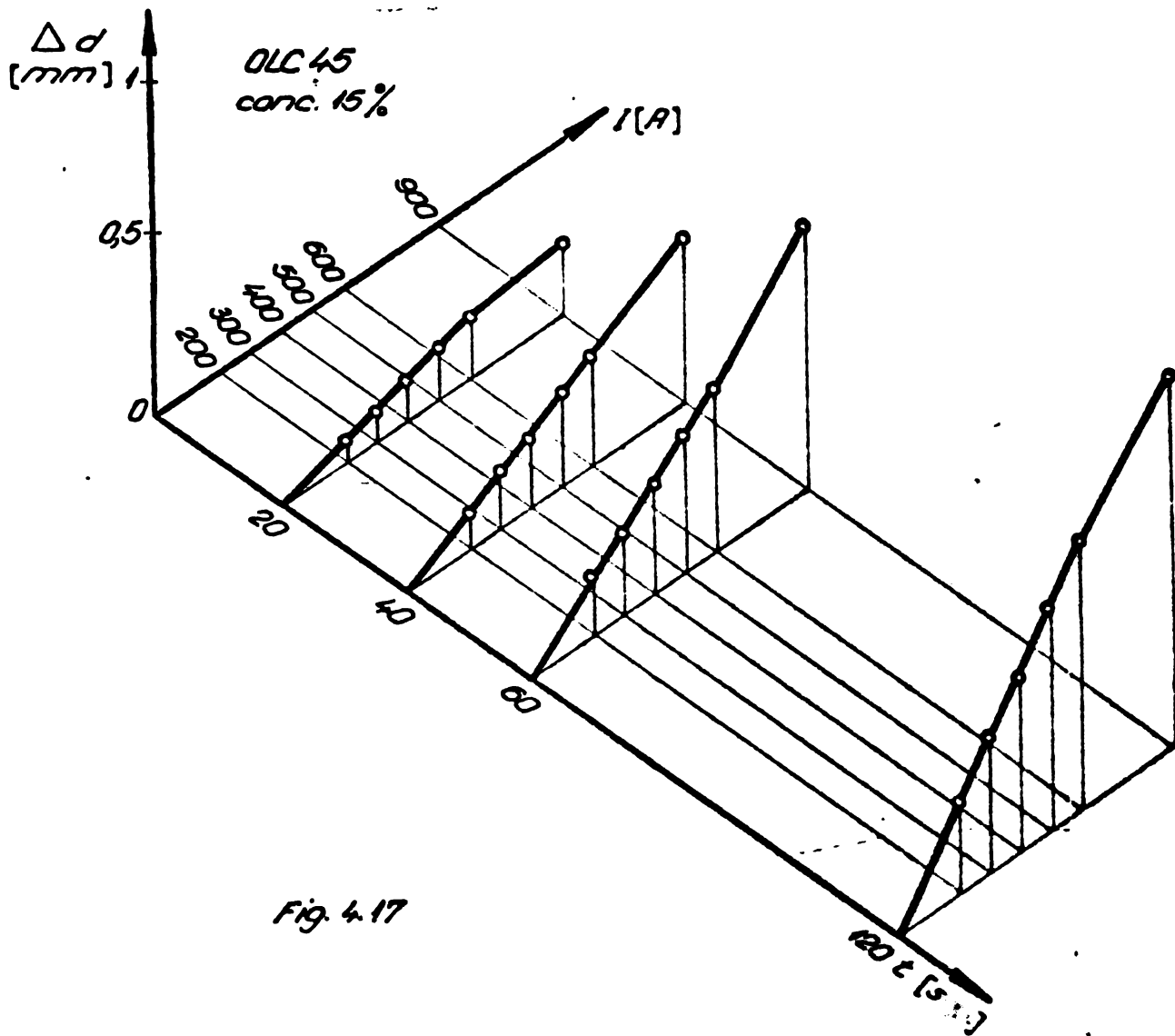


Fig. 4.17



Tabela 4.18

Materialul probei	Concentratia electrolitului [%]	Intensitatea curentului [A]	Cresterea diametrului $\Delta d$ [mm]			
			Timpul de prelucrare $t$ [s]			
			20	40	60	120
40C10	15	200	0,0515	0,1040	0,1528	0,2523
		300	0,0844	0,1602	0,2377	0,3749
		400	0,1030	0,1894	0,2848	0,4560
		500	0,1640	0,3022	0,4050	0,6140
		600	0,1608	0,3008	0,4562	0,7024
		900	0,2031	0,4173	0,6894	0,9289

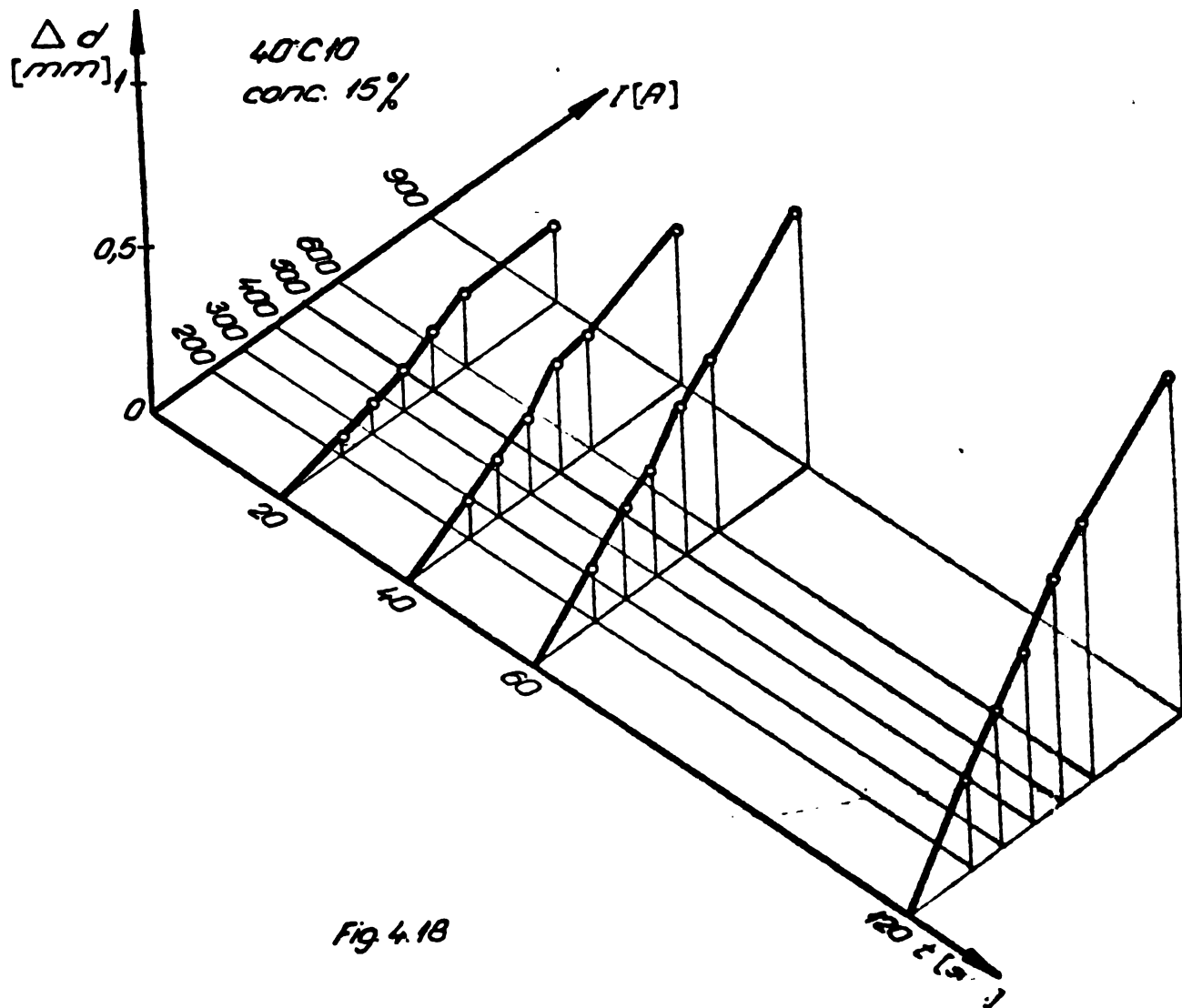


Fig. 4.18

Tabela 4.18

Materiul probei	Concentrația electrolitului %	Intensitatea curentului [A]	Creșterea diametrului $\Delta d$ [mm]			
			Timpul de prelucrare $t$ [s.]			
			20	40	60	120
4MOC12	15	200	0,0555	0,1362	0,1814	0,2803
		300	0,0990	0,1692	0,2465	0,4140
		400	0,1085	0,2140	0,3285	0,5105
		500	0,1418	0,2595	0,3811	0,6215
		600	0,1590	0,3040	0,4380	0,7126
		900	0,2617	0,4320	0,6989	1,0153

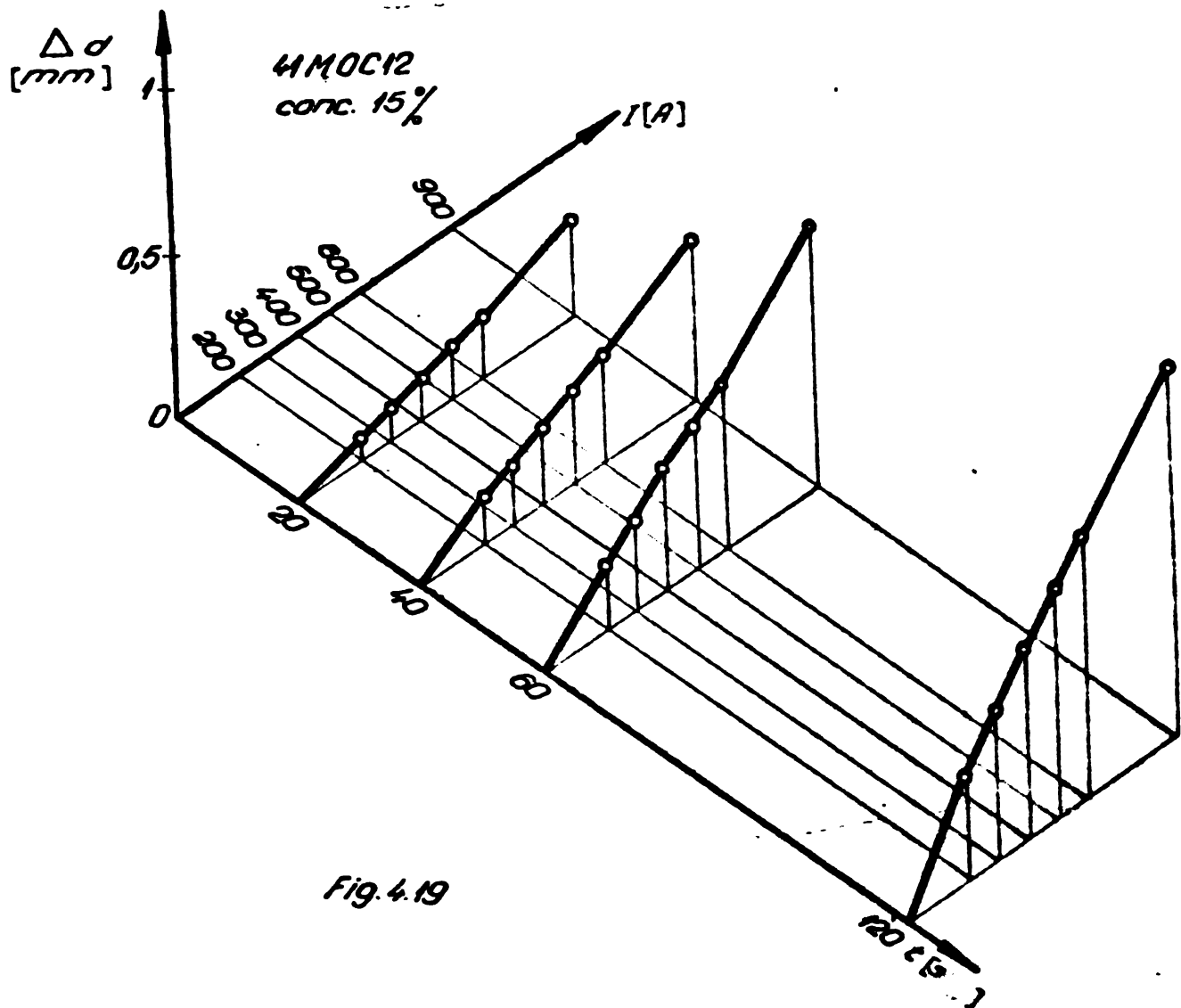


Fig. 4.19

Tab 4.19

Materialul probei	Concentratia electrolitului %	Intensitatea curentului [A]	Cresterea diametrului $\Delta d$ [mm]			
			Timpul de prelucrare $t$ [sec]			
			20	40	60	120
OLC 45	20	200	0,0592	0,1000	0,1520	0,2470
		300	0,0855	0,1493	0,2300	0,3718
		400	0,1100	0,1980	0,3098	0,4895
		500	0,1570	0,2608	0,3900	0,6218
		600	0,1998	0,3310	0,4800	0,7412
		900	0,2045	0,4010	0,6218	1,0858

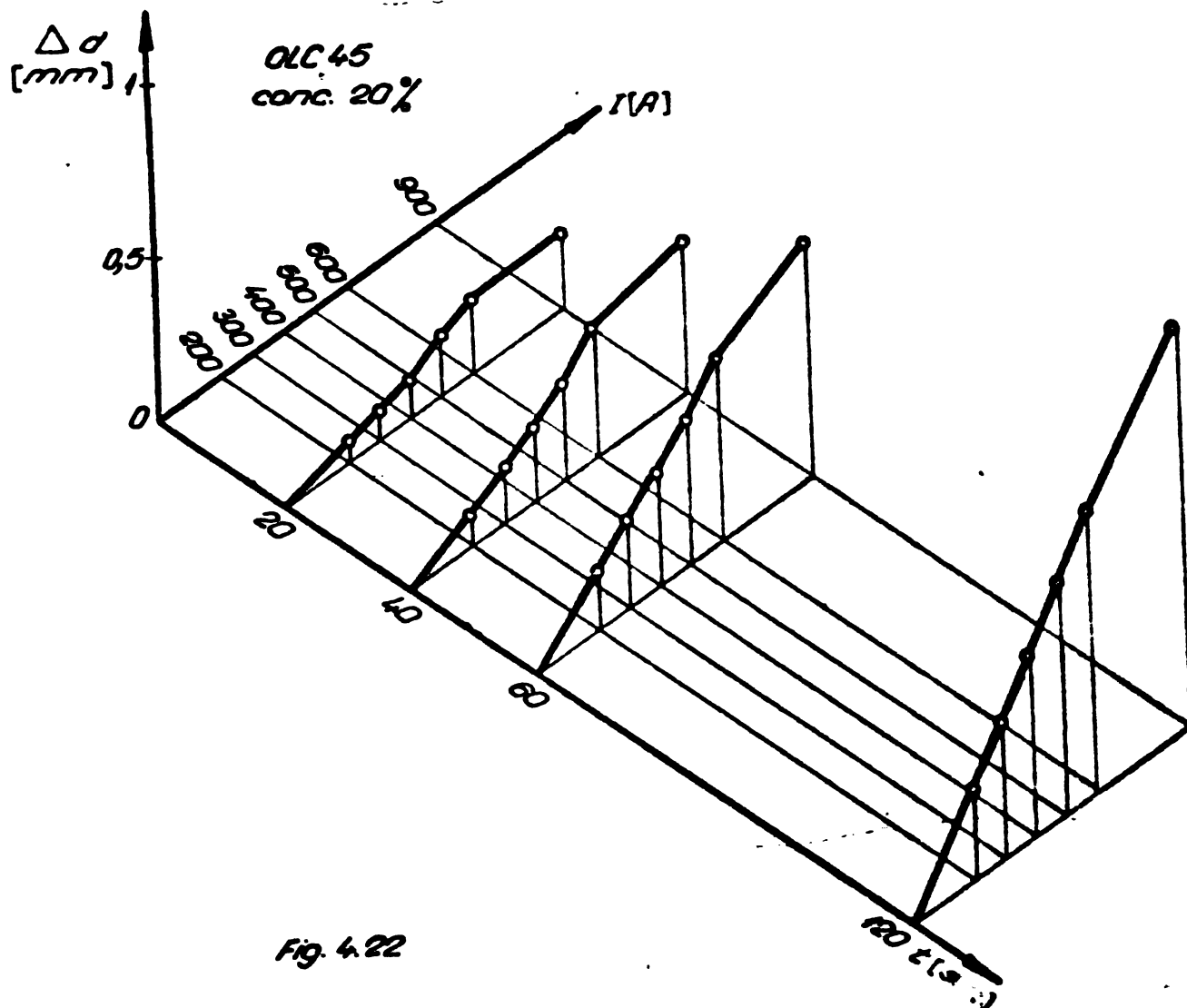


Fig. 4.22

Tabel 4.20

Materialul probei	Concentria electrolitului %	Intensitatea curentului [A]	Creșterea diametrului $\Delta d$ [mm]			
			Timpul de prelucrare $t$ [s]			
			20	40	60	120
40C10	20	200	0,0540	0,1060	0,1548	0,2553
		300	0,0921	0,1702	0,2567	0,3920
		400	0,1332	0,2005	0,3022	0,5102
		500	0,1650	0,3050	0,4078	0,6179
		600	0,1898	0,3302	0,4832	0,7392
		900	0,1970	0,3600	0,5070	0,8820

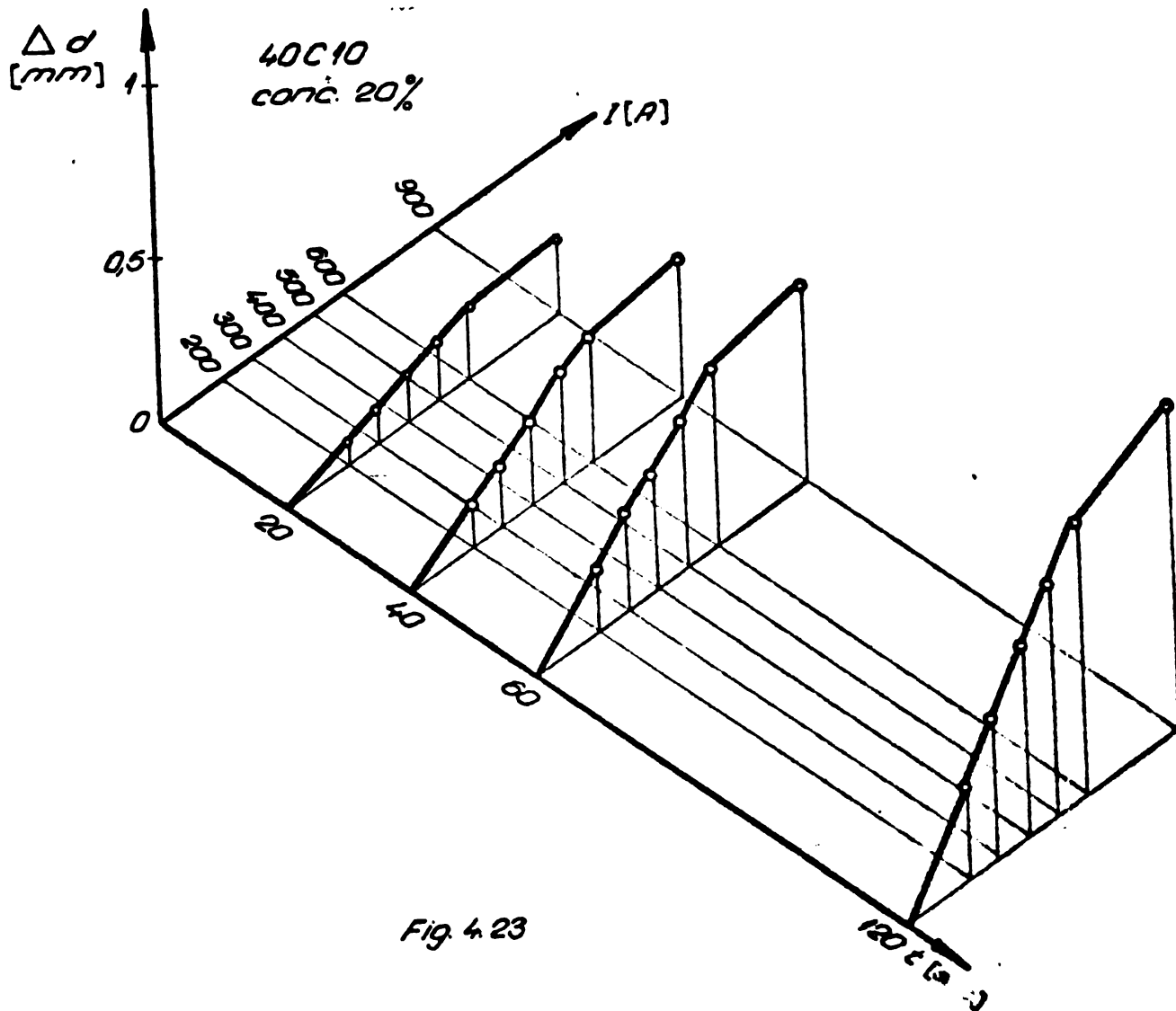


Fig. 4.23

Tabela 4.21

Materialul probei	Concentratia electrolitului [%]	Intensitatea curentului [A]	Cresterea diametrului $\Delta d$ [mm]			
			Timpul de prelucrare $t$ [s.]			
			20	40	60	120
HMoCl <sub>2</sub>	20	200	0,0576	0,1120	0,1760	0,2812
		300	0,0988	0,1927	0,2853	0,4461
		400	0,1290	0,2010	0,3102	0,5180
		500	0,1726	0,3220	0,4081	0,6226
		600	0,2006	0,3512	0,4990	0,7137
		900	0,2108	0,4203	0,5960	1,0200

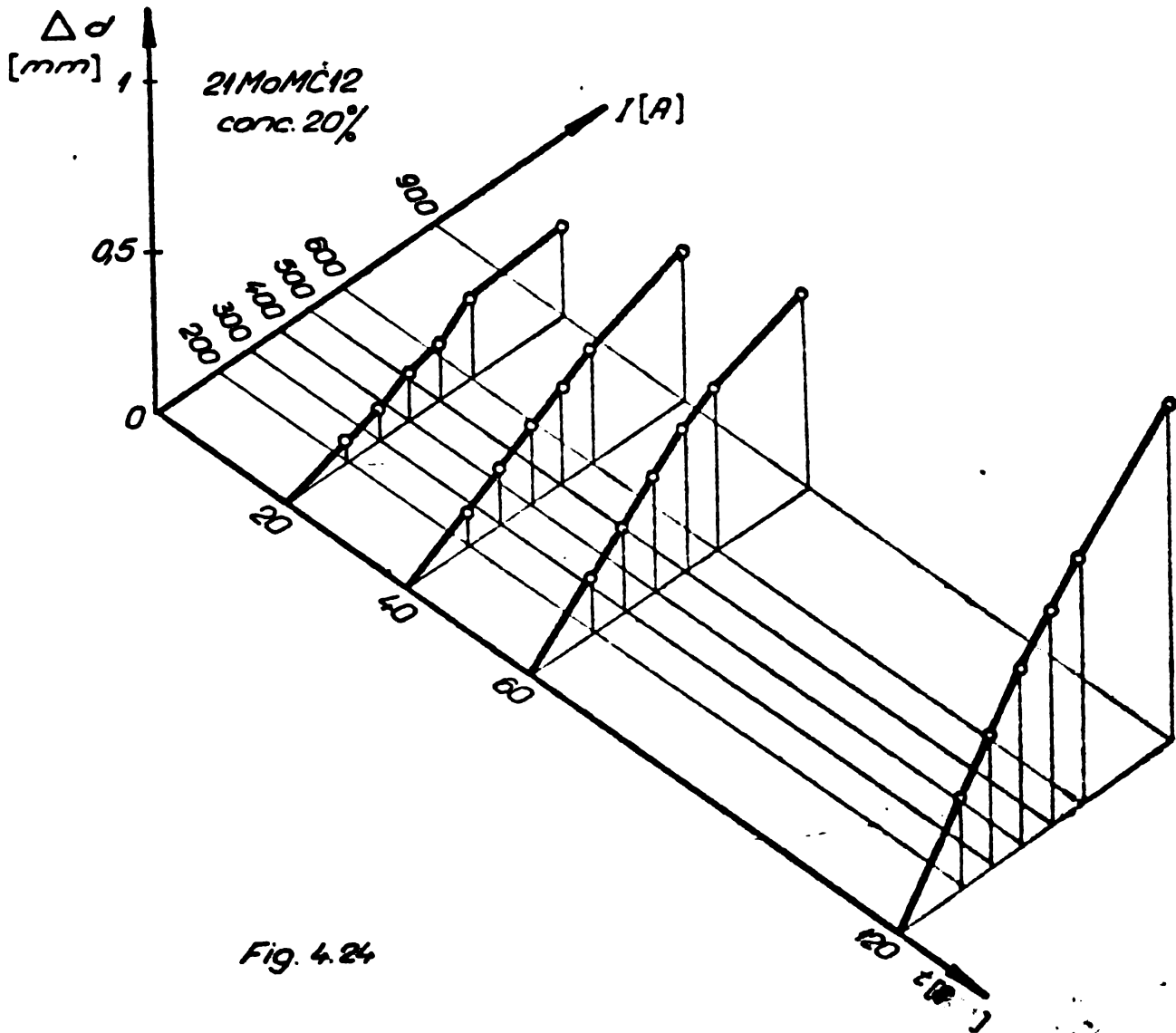


Fig. 4.24