

MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI ÎNVĂȚĂMÎNTULUI  
INSTITUTUL POLITEHNIC "TRAIAN VULI" TIMIȘOARA  
FACULTAȚIA DE MECANICĂ

Ing. Ghiță Mihai

CONTRIBUȚII LA ÎMBUNĂTĂȚIREA TEHNOLOGIEI  
DE PRELUCRARE A PRODUSILOR DIN CRISTALE  
DURE ȘI EXTRADURE.

BIBLIOTECA CENTRALĂ  
UNIVERSITATEA "POLITEHNICA"  
TIMIȘOARA

Conducător științific

Prof.dr.doe.gt.ing.sural Mănuș

TIMIȘOARA  
1989

INSTITUTUL POLITEHNIC TIMIȘOARA	
542	750
385	15
361	G

C U P R I N S

	pag.
Introducere . . . . .	1
1. Necesitatea optimizării tehnologiei de prelucrare a produselor din cristale dure și extradure (CDE) . . . . .	4
2. CDE, caracteristici și prelucrabilitate . . . . .	5
2.1. Clasificare. Proprietăți . . . . .	5
2.2. Domenii de utilizare . . . . .	10
2.3. Prelucrarea dimensională a produselor din CDE . . . . .	12
3. Bazele fizice și tehnologice ale prelucrării CDE . . . . .	29
3.1. Parametrii tehnologici și factori care influențează prelevarea de material la prelucrarea CDE . . . . .	29
3.2. Aspecte referitoare la productivitatea prelucrării, uzura sculelor, precizia de prelucrare și calitatea suprafeței generate la debitarea CDE . . . . .	37
3.3. Căi pentru îmbunătățirea tehnologiei de prelucrare a CDE . . . . .	41
4. Cercetări teoretice și experimentale privind influența parametrilor reglajului de prelucrare la debitarea CDE . . . . .	43
4.1. Categoriile de factori și parametri care influențează debitarea CDE . . . . .	43
4.2. Ordonarea ponderii de influență a parametrilor asupra performanțelor prelucrării CDE . . . . .	47
4.3. Proiectarea, realizarea și experimentarea unor dispozitive și echipamente pentru prelucrarea CDE . . . . .	66
5. Optimizarea debitării CDE . . . . .	61
5.1. Variante tehnologice de debitare a CDE . . . . .	61
5.2. Rezultate experimentale. Concluzii . . . . .	66
5.3. Optimizarea procesului de aşchiere la debitarea cristalelor de sair sau rubin sintetic . . . . .	103
6. Contribuții privind asimilarea în fabricație <sup>a</sup> noi procese din CDE, solicitate de economia națională . . . . .	115
6.1. Prelucrarea patinelor de ghidare a irului la mașinile de debitat prin eroziune electrică tip ANLORIL . . . . .	115
6.2. Prelucrarea torșorului pentru ghidarea discului de la mașinile destinate fabricării discilor sistetice . . . . .	118
7. Contribuții la îmbunătățirea tehnologiei de fabricație a discurilor pentru debitarea CDE . . . . .	120
7.1. Considerații generale . . . . .	120
7.2. Factorii care influențează tehnologia de fabricație a discurilor pentru debitarea CDE . . . . .	121

7.3. Imbunătățiri tehnologice cu privire la tehnologia de Fabricație a discurilor pentru debitat CDL . . . . .	127
8. Aspecte economice referitoare la debitarea CDL . . . . .	146
9. Concluzii generale și contribuții originale . . . . .	149
<b>Bibliografie</b>	

## INTRODUCERE

Lărgirea gamei de materiale utilizate la realizarea diverselor produse a determinat asimilarea în fabricație și exersarea posibilităților tehnologice de prelucrare a cristalinelor dure și extra dure din gaze : diamant, safir, etc.

Datorită proprietăților remarcabile ale acestor materiale, domeniul de aplicare în tehnică s-a lărgit considerabil în ultimul timp și în țara noastră.

Prelucrarea acestor materiale se realizează cu un înalt grad de dificultate ca urmare a durtății mari pe care o au (fig. 2.4).

Deoarece diamantul are durtatea cea mai mare, la prelucrarea produselor din diamant (filare, plăcuțe pentru scule sferice, etc), se folosește drept agent abraziv, pulberea de diamant în suspensie sau imprimată pe anumiți suportți. De asemenea, ponderea prelucrării produselor din safir, rubin, cuarț, siliciu, etc., o dețin sculele diamantate realizate într-o mare diversitate de forme și tipodimensiuni.

Voluntul de prelucrare (raportat la producția anuală de produse) destinat obținerii lagărelor din safir sau rubin sintetic, din cadrul secției de lagăre de la I.A.S.M. Timișoara, deține o pondere însemnată în cadrul industriei constructoare de mașini. Pentru dezvoltarea cantitativă și calitativă continuu ascendentă a industriei constructoare de aparate care solicită lagăre din safir sau rubin sintetic, cercetările care fac obiectul acestei lucrări au menirea de a contribui la îmbunătățirea tehnologiei de prelucrare a produselor din aceste cristale.

Pornind de la necesitatea optimizării tehnologiei de prelucrare a produselor din cristale dure și extradure, autorul a studiat caracteristicile, prelucrabilitatea, domeniile de utilizare și bazele fizice și tehnologice ale prelucrării acestor cristale.

Au fost analizate următoarele aspecte importante necesare pentru abordarea cercetărilor experimentale : parametrii tehnologici și factorii care influențează prelevarea de material ; productivitatea prelucrării, uzura sculelor, precizia de prelucrare și calitatea suprafeței generate la debitare ; căi pentru îmbunătă-

**tăgirea tehnologiei de prelucrare a cristalelor dure și extradure.**

Operația tehnologică cu ponderea cea mai mare privind volumul de material prelevat, consumul de scule, consumul de energie, etc. fiind debitarea, au determinat autorul să efectueze o mare parte din volumul cercetărilor, studiului teoretic și experimental a influenței parametrilor regimului de prelucrare la debitare. În acest sens, au fost stabilite categoriile de factori și parametrii care influențează debitarea ; a fost ordonată ponderea de influență a parametrilor asupra performanțelor prelucrării ; au fost proiectate, realizate și experimentate o serie de dispozitive și echipamente care să îmbunătățească posibilitățile de prelucrare a cristalelor dure.

Ca urmare a rezultatelor pozitive obținute prin cercetările experimentale, autorul a procedat la optimizarea debitării cristalelor din safir sau rubin sintetice având în vedere aspectul economic al prelucrării.

Deoarece pe durata cercetărilor efectuate au apărut solicitări de asemănare în fabricație a noi produse, (pentru eliminarea importului), autorul a procedat la studiul și adaptarea pentru prelucrare, proiectarea și realizarea dispozitivelor necesare pentru obținerea pășinelor de ghidare a firului pentru mașinile de debitat prin eroziune electrică tip ELROFIL și a torșorului fix pentru mașinile destinate filaturii fibrelor sintetice.

Având în vedere cheltuielile anuale destinate realizării discurilor diamantate folosite la debitare, autorul a încercat diminuarea acestor cheltuieli prin îmbunătățirea tehnologiei de realizare a discurilor. În acest sens, în urma unui mare volum de experimentări, s-au obținut rezultate pozitive prin înlocuirea sintezării în câmp cu cea prin inducție, ceea ce determină o economie anuală de cca. 750.000 lei. Prin aceste cercetări se creșteră posibilitatea diversificării gamei de discuri destinate debitării în funcție de specificul materialului debitat.

Teza de doctorat este dezvoltată în nouă capitole și cuprinde 107 figuri, 36 tabele, 14 microfotografii, 132 referințe bibliografice și a fost elaborată sub conducerea prof.dr.doc.Șt. ing. Aurel Manu. Lucrarea se extinde pe 151 pagini.

În prezenta teză sînt fructificate și alte cercetări și lucrări ale autorului în acest domeniu, publicate sau comunicate exterior [37], [41], [45], sau colaborări [35], [36], [38], [39], [40], [42], [43]. . . [48]

și ansamblul de preocupări științifice ale colectivului catedrei de Tehnologie mecanică de la Institutul Politehnic din Timișoara.

autorul exprimă deosebite mulțumiri și recunoștință conducătorului științific pentru îndrumarea și sprijinul acordat continuu în cercetările efectuate.

De asemenea, mulțumește colegilor de la I.P.T. Timișoara, colegilor de la catedră pentru sugestiile și ajutorul lor, precum și personalului tehnic al catedrei.

## 1. NECESITATEA OPTIMIZĂRII TEHNOLOGIEI DE PRELUCRARE A PRODUSORILOR DIN C.B.E. ȘI SA (C.B.E.).

Complexitatea problemelor crește de revoluția tehnico-științifică contemporană, în care și țara noastră este implicată, preocupare acordarea unei deosebite atenții ridicării calității, diversificării și perfecționării producției materiale. Aceste sarcini deosebite cu care se confruntă industria noastră în prezent nu pot fi rezolvate la un înalt nivel decât printr-o acordare științifică și o conducere optimă a proceselor tehnologice.

Stabilirea condițiilor optime care să permită cuprinderea tuturor factorilor de influență asupra aspectului economic ce guvernează conducerea proceselor tehnologice, se realizează prin utilizarea pe scară tot mai largă a modelelor matematice, a relațiilor funcționale.

În cazul optimizării unei tehnologii de prelucrare, se urmărește de fapt adoptarea diferitelor criterii (productivitate maximă, cost minim, consum energetic minim, etc), luându-se în considerare restricțiile impuse (calitatea suprafeței, toleranțe de formă, putere, vibrații, etc), în funcție de care se determină valorile variabilelor de decizie care asigură optiul căutat.

Ținând cont de dificultățile tehnologice care stau la baza creșterii și prelucrării C.B.E., se impune ca o necesitate strictă optimizarea tuturor fazelor tehnologice începând de la materia primă necesară și până la obținerea produsului finit.

Întrucât complexitatea procesului tehnologic de prelucrare a unui produs din C.B.E., prețul de cost al produsului este printre cele mai mari întâlnite în domeniul construcției de mașini. Acest aspect obligă inginerul proiectant, tehnologul de produs, economistii din întreprinderile producătoare de piese obținute din C.B.E., să gândească astfel proiectarea utilajelor, tehnologia de prelucrare, etc. încât să primeze aspectul economic prin care prețul de cost al produselor să fie minim.

Din multitudinea fazelor tehnologice din care este constituit procesul tehnologic de prelucrare a produselor din C.B.E., autorul prezentei teze de doctorat și-a propus să abordeze optimizarea procesului de debitare a cristalinelor din safir sau rubin sintetic din care se prelucreză lagăre la I.I.T. Timișoara.

## 2. CRISTALE DURE SI EXTRADURE .CARACTERISTICI SI PRELUCRABILITATE.

### 2.1. Clasificare și proprietăți.

Diamantul, safirul și rubinul, pot fi naturale sau artificiale (sintetice).

#### 2.1.1. Diamantul. Clasificare.

Diamantul natural se prezintă în general sub formă de monocristale din atomi de carbon, conținând într-o proporție foarte scăzută anumite impurități ca : azotul, nichelul, aluminiul, etc.

Cu cât conținutul de impurități este mai mare, cu atât calitatea diamantului este mai scăzută. Din punct de vedere al calității, diamantele naturale se clasifică astfel :

- diamant incolor
- diamant galben
- diamant verzui
- diamant albastru
- diamant negru

Diamantul artificial a apărut ca urmare a cerințelor tot mai mari din partea industriei prelucrătoare, deoarece aceste cerințe au depășit cu mult posibilitățile de exploatare a rezervelor de diamant natural.

Dintre sortimentele de diamant sintetic, asimilate în fabricație curentă, amintim :

- diamant friabil
- diamant mediu
- diamant tenace
- diamant micropulbere

#### 2.1.2. Proprietățile diamantului.

Din punct de vedere fizic, carbonul cristalizează în două varietăți alotropice principale: diamantul și grafitul. Diferența constă în dispoziția atomilor de carbon în rețeaua cristalină. La diamant se stabilesc legături într-un ansamblu tetraedric perfect, regulat și foarte compact, în timp ce la grafit dispoziția carbonului se face conform unei structuri stratificate hexagonale (fig.2.1.).

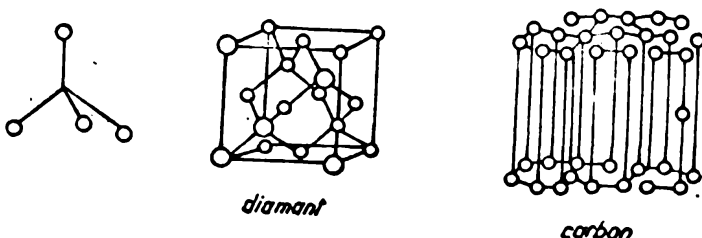


fig.2.1.



Diamantul este cristalizat totdeauna în sistemul cubic cu fețe centrate și se prezintă morfologic în stare naturală, sub formă de cub, octaedru și dodecaedru (fig.2.2).

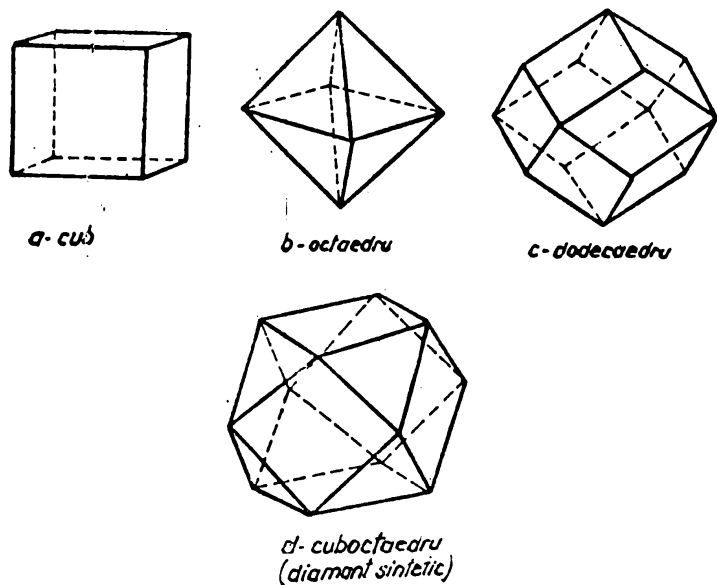


fig. 2.2.

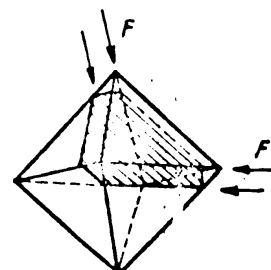


fig. 2.3.

Forma octaedrică este cea mai frecvent utilizată în aplicații industriale deoarece este foarte rezistentă la solicitările mecanice și oferă posibilitatea utilizării mai multor virfuri ale cristalului.

O structură cristalină se caracterizează prin dependența proprietăților fizico-chimice și mecanice de direcție, deci prin anizotropie. O formă de manifestare a acestei anizotropii la diamant este variația durității acestuia în funcție de orientarea granulei. Tot anizotropice sînt și proprietățile tribologice, respectiv cele de frecare și de uzură ale diamantului, în strînsă dependență de existența unor plane de alivaj, orientate după fețele unui octaedru perfect, după care cristalul se poate sparge (fig. 2.3).

Date structurale ale diamantului sînt deosebit de utile în alegerea și prelucrarea cristalului în funcție de destinația acestora.

Diamantul este inert din punct de vedere chimic, la temperatura de  $20^{\circ} \pm 5^{\circ}$ . La temperaturi ridicate se oxidează.

Deși diamantul nu este atacat de acizi, sînt situații cînd reacționează chimic cu anioni. De ex., sotrul de sodiu în stare topită, atacă diamantul la  $370^{\circ}\text{C}$ .

Diamantul reacționează cu unele metale, la temperaturi ridicate, formînd carburi. Metalele ferose, îl dizolvă la tempe-

ratouri egale sau superioare punctului de topire al eutecticii carbon-metal. Din acest motiv, nu se folosește diamantul la prelucrarea materialelor ferose.

Diamantul este un material foarte bun din punct de vedere al conductibilității termice. Conduce căldura de 2 - 6 ori mai repede decât cuprul.

Dilatția termică a diamantului este foarte mică, deci este foarte stabil din punct de vedere al dimensiunilor.

Stabilitatea termică a diamantului, în atmosferă lipsită de oxigen, este până la 1900°C. În atmosferă normală, la 650°C, diamantul se oxidează rapid.

Diamantul este cel mai dur material. Duritatea sa se trebuie să fie considerată în termenii scării absolute determinate prin testele de agrijere și de rezistență la usura de ștreziune. Conform diagramei durității materialelor - fig.2.4. - diamantul este de patru ori mai dur decât carbura de siliciu.

Rezistența la compresiune a diamantului este de 2,4 daN/mm<sup>2</sup>. Valoarea ridicată a rezistenței la compresiune, face posibilă folosirea diamantului ca material ideal pentru măsurarea durității altor materiale.

Rezistența la rupere a diamantului este de trei ori mai mare decât a oxidului de aluminiu. Această rezistență permite utilizarea diamantului ca material pentru confecționarea părții active a sculelor așchietoare.

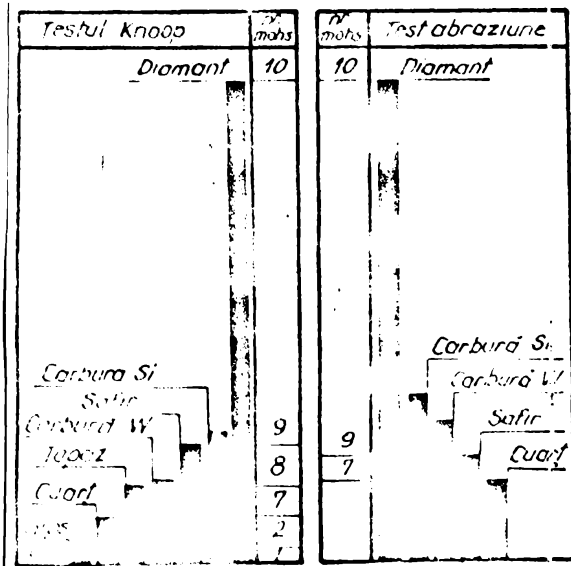


fig. 2.4.

Rezistența la șocuri a diamantului este scăzută. El este friabil și se poate rupe la impact sau la vibrații care depășesc o anumită amplitudină.

Pe baza determinărilor experimentale s-a stabilit că friabilitatea diamantelor naturale este mai mică decât cea a diamantelor sintetice.

Concluzionând, diamantul posedă multe proprietăți de excepție:

- este foarte dens, dur și elastic, prezintă o conductibilitate termică și o dilatație redusă, inertie chimică, cu excepția unor condiții extreme, este de asemenea considerabilă

- este un material denumit de rezistent la presiuni mari, cu condiția ca presiunea să fie aplicată într-o direcție favorabilă pentru a nu provoca fisurarea sa;

- rezistența la uzură este mare, fiind condiționată și ea de orientarea cristalului și de regiunile de socuri.

Proprietățile fizico-mecanice ale diamantului, comparativ cu cele ale altor materiale dure sînt prezentate în tabelul 2.1.

Proprietăți	Material					
	Diamant	Safir Rubin	Carbură de bor	Carbură de titan	Carbură de wolfram	Minerale-ceramic
Densitatea [g/cm <sup>3</sup> ]	3,48-3,56	3,98	2,48-2,5	4,93	15,60	3,93
Microdurate [daN/mm <sup>2</sup> ]	10 000	3500	3700-4300	3 200	1730	2000-2300
Modul de elasticitate [daN/mm <sup>2</sup> ]	90 000	39 000	29 600	32 200	72 200	400
Rezistența la compresie [daN/mm <sup>2</sup> ]	250	160	180	385	300	90-150
Coefficient de dilatare liniară [1/°C × 10 <sup>-6</sup> ]	0,9-1,45	6,66-9,03	4,5	7,42	5,2-7,3	90-150
Rezistența la încovoiere [daN/mm <sup>2</sup> ]	21-49	38	21-28	60-68	52-56	30-40

### 2.1.3. Safirul și rubinul. Clasificare.

Monocristalele de safir sau rubin, naturale sau artificiale, au aceeași proprietăți fizice și chimice dar diferă prin gradul de puritate, cele artificiale fiind mai pure.

Safirul și rubinul artificial, au drept component principal oxidul de aluminiu Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> și se obțin prin creșterea după diverse metode din materia primă alumina alumino-amoniacal: Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub> SO<sub>4</sub> • 24 H<sub>2</sub>O.

Prin impurificare cu diferiți ioni, se pot obține safire de diferite culori, necesitate impusă de arte bijuteriilor. În continuare se prezintă aceste varietăți coloristice și impurificatorii:

- |                               |                 |
|-------------------------------|-----------------|
| - safir alb, incolor          | - pur           |
| - rubin, safir roșu           | - Cr.           |
| - safir portocaliu "padpouga" | - Fe + Cr + (F) |
| - safir galben                | - Fe            |

- safir galben-verzui	- Ni + Fe + Ti
- safir verde	- Co (+ V) (+ Ni)
- safir albastru	- Ti + Fe
- safir violet	- Cr + Si + Fe
- safir de colorație "alexandrit"	- V

2.1.4. Proprietățile sa safirului și rubinului.

Monocristalele de safir sînt cristale incolore, foarte dure. Amestecurile izomorfe  $Al_2O_3 - Cr_2O_3$  se formează pentru concentrații arbitrare de Cr, sub forma unor complexe.

Monocristalele de rubin au o culoare roz sau roșie, iar amestecurile izomorfe <sup>cu</sup> concentrație mai mare de  $Cr_2O_3$  formează policristale de culoare rozii pînă la verde. Modificarea culorii este determinată de lungimea de undă a luminii incidente.

Dispersia indicelui de refracție pentru safir este reprezentată în fig. 2.5. [ 8 ]

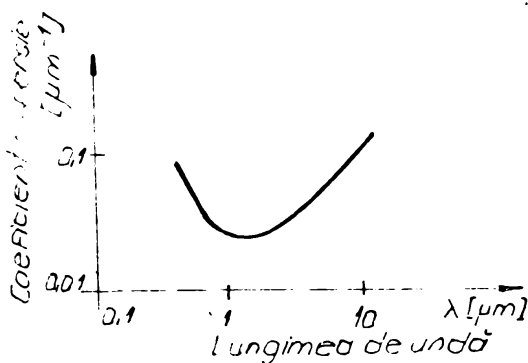


fig. 2.5.

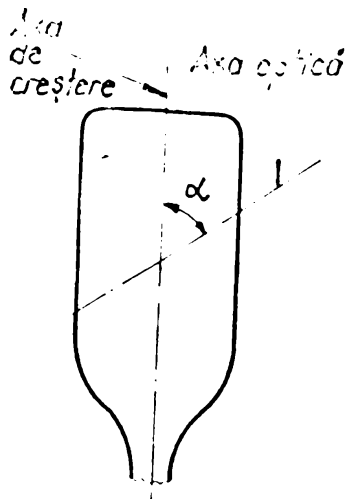


fig. 2.6.

Duritatea safirului pe scara Mohs este 9, iar pe scara Knoop este  $2,1 \cdot 10^9$   $daN/m^2 - 2,4 \cdot 10^9$   $daN/m^2$ .

Cercetările efectuate pe cristale crescute prin metoda Verneuil, au arătat că aceste cristale pot fi imaginete sub forma unor plăci așezate de-a lungul axei optice, aproximativ paralele (fig. 2.6). Unghiul  $\alpha$  sub care se situează axa optică față de axa de creștere este de  $60 - 72^\circ$  pentru safir și  $55 - 65^\circ$  pentru rubin.

Rezistența la încovoiere a lamelor de safir netratate termic este  $5,0 \cdot 10^7$   $daN/m^2$  pentru încercări paralele cu axa opticii și  $3,0 \cdot 10^7$   $daN/m^2$  pentru încercări perpendiculare pe axa opticii.

Rezistența la compresiune pentru încercări stît paralele cît și perpendiculare pe axa opticii are valori cuprinse între  $3 \cdot 10^7$   $daN/m^2 - 20 \cdot 10^7$   $daN/m^2$ .

Rezistența la încovoiere a cristalelor de rubin cu conținut de oxid de crom pînă la 3 %, netratat termic, are aceeași valoare ca la safir.

Monocristalele de safir și rubin se pot despică, respectiv fisura de-a lungul unor plane cristalografice, dând naștere la aşchii cu suprafețe lucioase. Cu cât suprafața obținută prin despicare este mai netedă, cu atât tensiunile rezanente sînt mai mici.

Măsurînd energia de despicare, pentru diferite direcții cristalografice, s-a constatat că pentru despicarea după planul care conține cele două axe (optică și de creștere), energia minimă este  $60 \text{ J/m}^2$  în timp ce pentru despicarea după plane perpendiculare pe axa de creștere, energia necesară depășește  $400 \text{ J/m}^2$ .

Safirul și rubinul interacționează cu săruri topite, alcali, acizi și câteva gaze. Safirul și rubinul sînt slab solubile în acid azotic fierț și în acid ortofosforic la  $300^\circ\text{C}$ , bine solubile în borax la  $800 - 1000^\circ\text{C}$ , iar în bisulfat de potasiu la  $400 - 600^\circ\text{C}$ .

Interacțiunea cristalelor cu agenți chimici, în care apare dizolvarea cristelului pe o adîncime mai mare sau mai mică, în funcție de natura agentului și a condițiilor de dizolvare, are ca efect fie corodarea defectelor, adică punerea în evidență a defectelor existente, fie lustruirea sau lepuirea suprafețelor.

Safirul și rubinul sînt cristale cu structură de tip corindon făcînd parte din clasa ditrigonal - scalenoedrică și au următoarele constante fizice :

- greutatea moleculară a safirului  $101,94$
- densitatea safirului  $3,98 \times 10^3 \text{ daN/m}^3$  la  $20^\circ\text{C}$
- densitatea rubinului roșu deschis  $3,984 \cdot 10^3 - 3,998 \cdot 10^3 \text{ daN/m}^3$   
iar a celui roșu închis, cu un adăos mic de titan  $4,013 \cdot 10^3 \text{ daN/m}^3$
- temperatura de topire a safirului  $2040^\circ\text{C}$
- temperatura de fierbere a safirului  $3500^\circ\text{C}$
- căldura specifică a safirului  $59,76 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$  la temperatura de  $91 \text{ K}$  și respectiv  $435,12 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$  la temperatura de  $291 \text{ K}$ .
- coeficientul de dilatare termică pentru safir  $6,66 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$  -  
-  $9,03 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ .
- conductivitatea termică a safirului  $9,6 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \text{ m}^{-1} \text{ s}^{-1}$  -  
-  $14,4 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \text{ m}^{-1} \text{ s}^{-1}$ .
- rezistivitatea corindonului la  $2050^\circ\text{C}$  este  $0,25 \cdot 10^{-2} \Omega \text{ m}$   
iar la  $1400^\circ\text{C}$  este  $170 \cdot 10^{-2} \Omega \text{ m}$ .
- coeficient de frecare pe oțel uscat  $0,14$
- modul de elasticitate  $3,5 - 3,9 \cdot 10^6 \text{ daN/cm}^2$
- rezistență la șoc termic  $1000^\circ\text{C}$ .

## 2.2. Domenii de utilizare.

### 2.2.1. Utilizarea diamantului.

În sfera diamantului natural incolore, toate celelalte categorii se folosesc în tehnică la realizarea diverselor scule.

piese cu caracteristici speciale din punct de vedere a rezistenței la uzură, temperatură, etc. O clasificare aproximativă a utilizării diamantului în funcție de principalele sale proprietăți este :

- Pentru duritate și rezistență la uzură : filiere, pentru tragerea sîrmelor, plăcuțe pentru cuțite de aștruz, burghie cu vîrf de diamant, vîrfuri pentru corectat profilul pietrelor abrazive, scule pentru tăierea sticlei, sape de foraj, scule diamantate, paste pentru rotare, lapuire, diuze calibrate, etc.

- Pentru rezistență la coroziune și temperaturi ridicate : jigloare, sapepe, injectoare, etc.

Deosebită proprietăților specifice ale diamantului, prelucrarea cu astfel de scule permite realizarea unei precizii de formă și dimensionale, precum și a unei rugozități, net superioare oricăror alte metode de lucru.

### 2.2.2. Utilizarea safirului și rubinului.

Monocristalele de safir și rubin reprezintă "pilonii" tehnologiilor moderne avansate, obținerea și studiul lor devenind obiectul cercetărilor de vîrf care au pătruns în domeniul vast al practicii. Progresul tehnologic este dependent în mare măsură de producerea monocristalelor, de cunoașterea proprietăților caracteristice și de utilizarea lor în cele mai diverse domenii.

Deosebită proprietăților lor rezistente, monocristalele de safir și rubin cunosc un interes deosebit, fiind larg utilizate în diverse aplicații cum ar fi :

- Pentru duritate și rezistență la uzură : cusineți de orice formă (lagăre), piese mecanice, diuze calibrate, ghidaje, joje și inele, bile pentru sapepe, cuțite pentru balanțe, sape pentru reproducerea sunetului și pentru gravat discuri, suprafețe setive pentru instrumente de măsură și control, cala, etc.

- Pentru rezistență la coroziune și la temperaturi ridicate : jigloare, diuze, sapepe, piese pentru robinete folosite în lichide corozive în industria chimică, piese expuse la temperaturi ridicate în contact cu produse acide, injectoare, etc.

- Pentru coeficientul de frecare mic : lagăre de precizie, bile pentru valvenți, sape, role, etc.

- Pentru proprietăți optice și aspect : ceramice pentru vase infraroșii, plase optice, prismă și lentile, ferestre pentru indicatoare, pietre pentru bijuterii, etc.

- Pentru proprietăți izolante, la realizarea aparatelor electrice.

- Pentru rezistență la temperatură și proprietăți optice ; la construcția generatorilor de radiație și traductori de tip laseri, maseri, scintilatori, etc., substrat pentru depunere de materiale semiconductoare, etc.

### 2.3. Prelucrarea dimensională a produselor din C.D.E.

#### 2.3.1. Prelucrarea dimensională a produselor din diamant natural.

datorită durității mari și a fragilității, diamantul natural se utilizează în principal la realizarea produselor prevăzute la capitoul 2.2.

##### 2.3.1.1. Tehnologia de prelucrare a filierelor pentru tragera sirmelor subțiri.

Obținerea sirmelor subțiri , cu diametre de 0,01 - 2,5 mm. se realizează prin tragera succesivă, cu filiere șzute cu diamant sau carburi metalice. Se utilizează aceste materiale deoarece în timpul tragerii, pe pereții filierei apar presiuni și frecări mari la temperaturi de 300 - 400°C, având ca urmare un proces intens de uzură a profilului interior al sculei. Natura materialului sculei este determinată de forța de tragera, care depinde de următorii factori : proprietățile fizico-mecanice ale materialului de tras și ale materialului sculei, forma profilului longitudinal al filierei, calitatea suprafeței interioare a sculei (filiera), viteza de tragera, etc.

Filierele - fig. 2.7 - sînt alcătuite dintr-o carcasă de oțel în care se montează miezul din diamant sau carbură metalică.

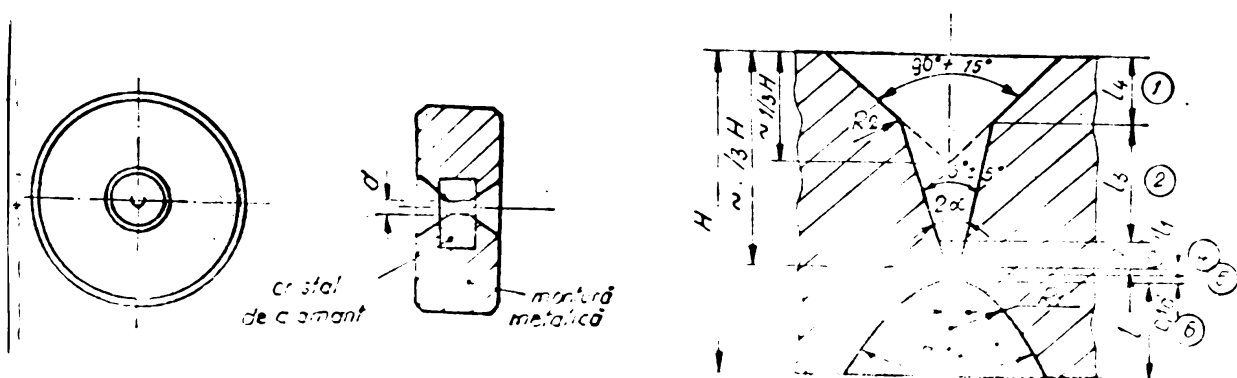


fig. 2.7.

Fig. 2.8.

Din considerente economice, se construiesc filiere șzute cu diamant natural pentru sîrme cu diametrul pînă la 1,5 mm, pentru diametre mai mari utilizîndu-se poliaristale pe bază de diamant și nitruză cubică de bor.

Comparativ cu carbura metalică, diamantul natural prezintă avantajul unui efort mic de tragera, un coeficient de frecare mai

și o durabilitate de circa 200 ori mai mare.

La aceste filiere orificiul de tragere are o formă foarte complexă - fig. 2.8 - dimensiunile și toleranțele stabilindu-se în funcție de materialul tras și de mărimea diametrului de calibrare  $d$  (tab.2.2) pentru fiecare din zonele specifice : 1 - orificiul de intrare ; 2 - conul de ungere ; 3 - conul de lucru ; 4 - zona de calibrare ; 5 - conul invers ; 6 - orificiul de ieșire.

Tab. 2.2

Diametrul de calibrare [mm]	H	$l_1$ [mm]	$l_2$ [mm]	$l_3$ [mm]	$l_4$ [mm]	Toleranță admisă [ $\mu$ m]	Ovalitate admisă [ $\mu$ m]
$d < 0,5$	$5d$	$0,5d$	$1d$	$0,9d$	$1,2d$	$\pm 0,001$	2
$0,5 < d < 0,75$	$4d$	$0,5d$	$1d$	$0,5d$	$1d$	$-0,002$ $+0,001$	2
$0,75 < d < 1$	$3,5d$	$0,5d$	$1d$	$0,5d$	$0,75d$	$-0,002$ $+0,001$	2
$1 < d < 1,5$	$3d$	$0,5d$	$1d$	$0,5d$	$0,5d$	$\pm 0,002$	3
$1,5 < d < 2,6$	$2,5d$	$0,5d$	$1d$	$0,4d$	$0,3d$	$\pm 0,003$	3

Cristalele de diamant folosite la construcția filierelor trebuie să nu prezinte fisuri, sufluri sau incluziuni, să aibă formă de dodecaedru sau rombododecaedru cu fețe plane, de formă regulată sau ușor aplatizate. Suprafețele zonelor de lucru ale filierei trebuie realizate fără treceri bruște sau risuri, iar ulterior se instruesc în vederea creșterii durabilității și micșorării frecărilor dintre materialul tras și pereții filierei.

Cristalul de diamant trebuie fixat în carcasă astfel încât să se asigure perpendicularitatea dintre axa orificiului de tragere și planul frontal al carcasei.

Orificiul filierei se execută prin două variante tehnologice, în funcție de modul cum se realizează perforarea cristalului de diamant : prin găurire sau cu ajutorul laserului.

Când orificiul se realizează prin găurire mecanică, se perseguț următoarele operații tehnologice : testarea, orientarea și trecerea cristalului de diamant, șlefuirea a două fețe paralele șlefuirea unei zone de control pe o direcție perpendiculară pe cele șlefuite anterior, contrarea cristalului pentru perforarea orificiului de tragere, găurirea zonei de intrare a conului de ungere și a conului de reducere, găurirea zonei de calibrare, găurirea conului de ieșire, finisarea orificiului de tragere, montarea cristalului în suport și finisarea acestuia, instruirea orificiului de tragere, controlul și marcarea filierei.

În cazul aplicării acestei tehnologii, pregătirea orificiului de tragere se face pe mașini de găurit cu curenți de înaltă frecvență urmată de o finisare prin șlefuire cu pulbere de



diamant. Găurirea conului de ungere, a conului de reducere și a zonei de calibrare se poate face prin următoarele metode :

- mecanic - prin strunjire interioară cu ac de oțel și pulbere de diamant ;
- termic - prin oxidare locală a diamantului ;
- electric - prin curenți de înaltă frecvență ;
- electrolitic - prin aplicarea efectului Peltier ;
- ultrasonic - în mediul lichid cu pulbere de diamant și ac vibrator din oțel.

După prelucrarea zonelor de intrare a sîrmei în filieră se întoarce cristallul și se execută găurirea conului de ieșire pe măsina de găurit cu curenți de înaltă frecvență, urmată de o finisare ultrasonică.

Operația de finisare se execută în scopul racordării zonelor specifice profilului orificiului de tragere, dar lăsîndu-se adesea de prelucrare necesară operației de lustruire. Finisarea se execută pe cale mecanică, cu ac de oțel și pulbere fină de diamant în ulei.

Operația de lustruire se realizează - cu scopul obținerii orificiului la dimensiunile, toleranțele și calitatea prescrisă a suprafeței - cu ac din oțel sau cu sîrmă de dimensiuni apropiate diametrului de calibrare și pulbere de diamant artificial.

Atunci cînd se folosește laserul pentru executarea operației de găurire, se elimină operațiile de grefuire a suprafețelor paralele și a zonei de control, iar montarea diamantului în carcasă se face înainte operației de găurire. Prin aceasta se asigură o precizie sporită la prelucrarea găurii, prin asigurarea perpendicularității acesteia pe suprafețele frontale ale carcasei.

Pentru găurire, se folosește o instalație laser a cărei schemă de principiu este reprezentată în fig. 2.9.

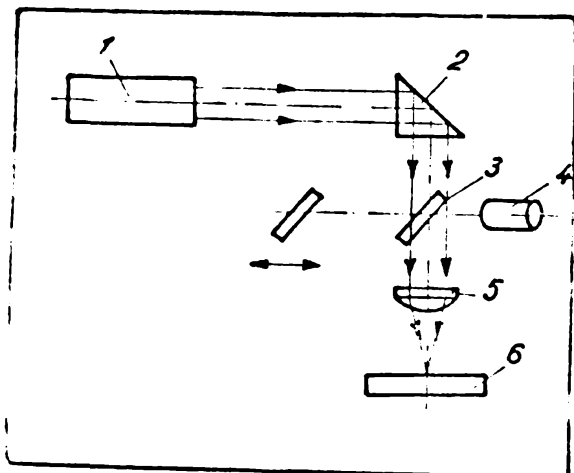


fig. 2.9

Schemă instalației laser conține : laserul propriu-zis 1, prismă 2, oglindă rotitoare 3, cilindru telescopic 4, obiectivul 5 și filiera supusă prelucrării 6. Pentru astfel de prelucrări, se utilizează frecvent lasere cu CO<sub>2</sub> cu funcționare continuă.

După găurirea cu laser a orificiului de tragere se face o finisare abrazivo-cavitațională în mediul ultrasonic a profilului, pentru asigurarea geometriei

impuse, iar ulterior se execută lustruirea suprafețelor interioare, în aceleași condiții ca și la găurirea mecanică.

Prin procedeul clasic de găurire mecanică, pentru găurirea unei filiere sînt necesare cca. 20 ore, iar prin prelucrarea cu laser timpul se reduce la 15 minute.

Utilizarea rațională a cristalelor de diamant, presupune ca dimensiunile orificiului de tăgare să se execute la valorile minime permise de mărimea cristalului, astfel încît diametrele mai mari să fie obținute prin glefuirii succesive, după uzarea diametrului de calibrare. În acest fel se pot reutiliza filierele prin 2 - 4 calibrări succesive.

### 2.3.1.2. Prelucrarea plăcuțelor din diamant natural utilizate la realizarea cuțitelor de strung.

Cuțitele de strung cu plăcuțe din diamant se utilizează pentru fazele tehnologice de finisare sau suprafinisare a pieselor din materiale neferoase în general și a celor nemetalice ca urmare a principalelor caracteristici : coeficient de dilatare termică mic, coeficient de frecare mic și uzură în timp foarte mică.

Forma unui cuțit de strung cu plăcuță din diamant se observă în fig. 2.10 a, b.

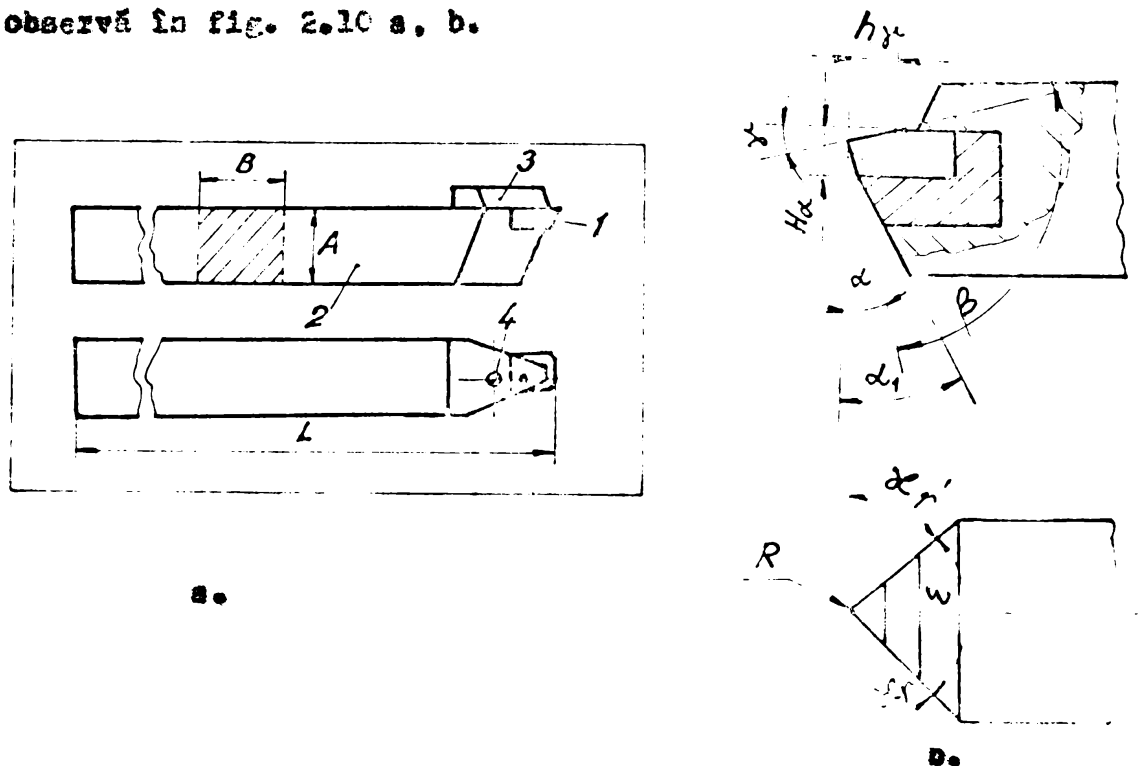


Fig. 2.10

Plăcuța 1, este fixată de corpul cuțitului 2, prin intermediul bridei 3 și a gurubului 4.

Secțiunile corpului cuțitului A x B se stabilește ca și lungimea  $L$  în funcție de necesități pentru o destinație concretă.

Dezvoltată fragilității cristalului de diamant, se recomandă mărirea rezistenței tăigului prin :

- micșorarea unghiurilor  $\alpha$  și  $\gamma$
- mărirea  $\beta$

Orientativ se recomandă pentru principalele unghiuri valorile :  $\alpha = 4 - 12^\circ$  ;  $\beta = 100^\circ$  ;  $\gamma = 0,5 - 10^\circ$

Fasonarea unui cristal de diamant pînă cînd se ajunge la forma de plăcuță se face pe mașini speciale prin operația de răzuire concomitentă a două cristale de diamant orientate în plan orizontal prin încercări succesive pînă cînd se găsește planul de cristalizare cu numărul minim de atomi de carbon care permite prelucrarea prin clivare sau spargere de-a lungul planului respectiv.

Schema de principiu a scentei prelucrării prin răzuire a cristalelor de diamant este reprezentată în fig. 2.11.

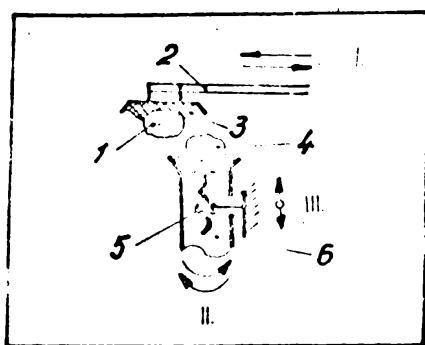


fig. 2.11

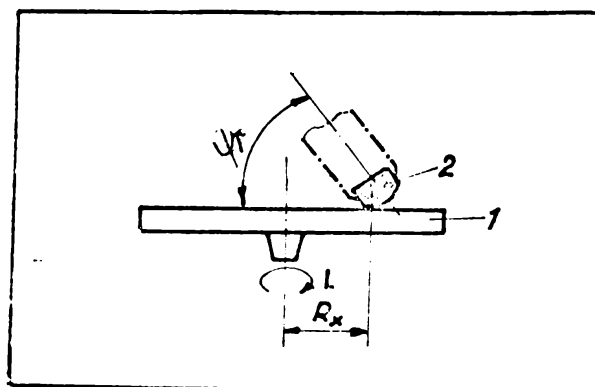


fig. 2.12

Cristalul superior de diamant 1 este fixat de suportul 2, prin lipire cu un adeziv 3 format din colofonia și ceară roșie în amestec și realizează mișcarea rectilinie alternativă de du-te-vino în plan orizontal I, cu un număr de 25 - 60 curse duble pe minut.

Cristalul inferior de diamant 4 este fixat pe suportul 6 în același mod și efectuează mișcarea curbilinie alternativă II pentru a conduce la fărîmîțarea prin frecare a asperităților celor două cristale, situate în planul mișcării I. Prin mecanismul gurub-piniță 5, se asigură prin mișcarea de reglare III, deplasarea pe verticală a cristalului inferior în vederea îndepărtării prin noi straturi prin răzuire. Dacă se constată că după cca.60 min. de la începerea răzuirii nu se fărîmîțează suprafețele în contact, se dezlipște cristalul inferior sau superior, se rotește cu  $15 - 30^\circ$  față de un plan vertical, se lipește din nou și se continuă procesul pînă cînd se depistează suprafețele optime care prin clivare permit prelucrarea pînă la obținerea planității necesare în vederea fixării plăcuței pe corpul entităului.

geometriei constructive optime a plăcuței se face în stare montată pe corpul cuțitului, pe măgini de ascutit cu micropulbere de diamant încastrată în stratul superficial al unor discuri din fontă, oțel rapid sau lemn de esență tare. Scheme de principiu a ascutirii se prezintă în fig. 2.12.

Discul activat cu diamant 1, realizează mișcarea de rotație I cu o turație foarte mare (6000 - 12000 rot/min) plăcuța 2, este orientată corespunzător prin fixarea corpului cuțitului într-un suport care permite reglarea la unghiul cu viteză optimă dorită, (ex. unghiul de atac  $\alpha_r$ ) și apăsată pe disc cu o forță egală cu greutatea proprie a subansamblului suport.

Reglarea poziției radiale  $B_r$  este determinată de condițiile ce prin frecare cu micropulberea de diamant situată între plăcuță și disc, să nu se depășească stabilitatea termică a diamantului care ar putea conduce la pierderea caracteristicilor fizico-mecanice prin transformare în grafit.

Celelalte produse din diamant natural smintite, se prelucrează prin procedee tehnologice similare.

### 2.3.2. Prelucrarea dimensională a produselor din cristale artificiale de safir și rubin.

Proprietățile deosebite pe care le au cristalele de safir și rubin, au condus la utilizarea acestor materiale în ecopuri industriale pentru realizarea de produse conform celor precizate la punctul 2.2.2.

Întrucât majoritatea fazelor și operațiilor tehnologice prin care se obțin multe dintre aceste produse, se întâlnesc la prelucrarea lagărelor din safir și rubin artificial, în continuare se prezintă tehnologia de fabricație a acestor lagăre.

În funcție de tipul aparatului, de precizia și sensibilitatea acestuia, lagărele utilizate sînt de o mare varietate de forme și tipo-dimensiuni.

#### a). Lagăre cu cavitate sferică.

Forma lagărelor cu cavitate sferică se observă în fig. 2.13. Iar dimensiunile sînt precizate în tabelul 2.3.

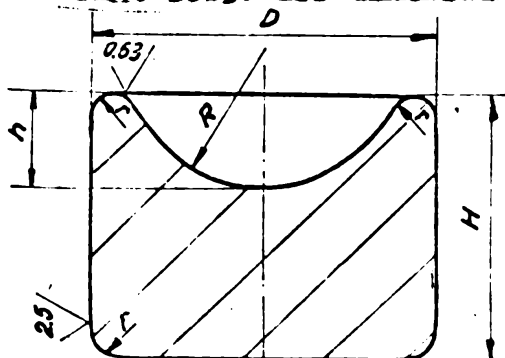


Fig. 2.13

Condițiile tehnice impuse acestor lagăre sînt: ovalitatea la diametrul exterior - maxim 0,02 mm, abaterea de la perpendicularitatea suprafeței frontale pe generatoarea cilindrului exterior - maxim 1°, abaterea de la coaxialitate a cavității sferice cu axa cilindrului

exterior - maximum 0,03 mm.

Tab. 2.3

D [mm]	Tol [ $\mu$ m]	H [mm]	Tol [ $\mu$ m]	R [mm]	Tol [ $\mu$ m]	h [mm]	r [ $\mu$ m]
1,8	$\pm 20$	1	$\pm 30$	0,75	$\pm 50$	0,3	$\pm 50$
2		1,2		1,2		0,3	
2,2		1,2		2,4		0,4	
2,4		1,3		1,4		0,4	
2,5		1,3		1,6		0,5	
2,6		1,4		1,7		0,5	
3		1,6		1,7		0,6	

Pe porțiunea h/2 de la vârful sferei nu se admit abateri de la profilul cavității. Pe aceeași porțiune rugozitatea suprafeței sferice să nu depășească 0,04  $\mu$ m.

b). Lagăre cu cavități conică.

Forma lagărelor cu cavități conică se observă în fig. 2.14 iar dimensiunile sînt precizate în tabelul 2.4.

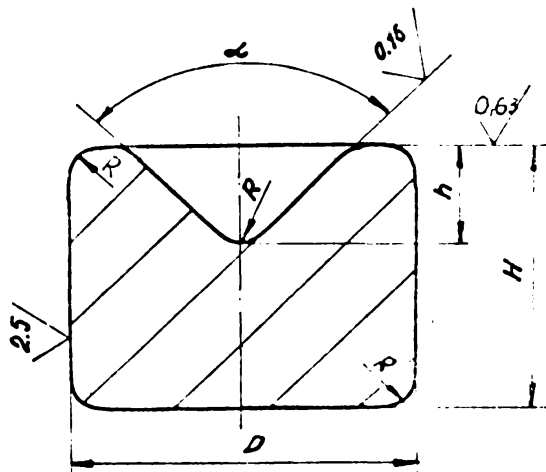


fig. 2.14

Dintre condițiile tehnice deosebite impuse acestor lagăre se scindese: abateres de la perpendicularitate a suprafeței frontale cu cavitătea, la suprafața cilindrică exterioară - maxim 10  $\mu$ m, abateres de la coaxialitate a vârfului sferic al cavității față de axa cilindului exterior - maxim 0,015 mm. Pe porțiunea h/3 de la vârful cavității nu se admit abateri de profil, iar rugozitatea pe aceeași porțiune - maxim 0,04  $\mu$ m.

Tab. 2.4.

D [mm]	Tol [ $\mu$ m]	H [mm]	Tol [ $\mu$ m]	R [mm]				h [mm]	Tol [ $\mu$ m]	$\alpha$ [ $^{\circ}$ ]	r [mm]
1	$+30$ $0$	1	$\pm 40$	0,1				0,30	$\pm 50$	$80^{\circ}$ $\pm 5^{\circ}$	0,05 0,1
1,2		1		0,1	0,12			0,30			
1,25		1,2		0,1	0,12			0,40			
1,5		1,5		0,1	0,12	0,16		0,40			
1,6		1,2		0,1	0,12	0,16	0,2	0,50			
2		1,5		0,1	0,12	0,16	0,2	0,60			
2,5		2		0,1	0,12	0,16	0,2	0,60			
Toleranțe [mm]				$\pm 0,02$		$\pm 0,04$					
					$\pm 0,03$		$\pm 0,05$				

c). Lagăre străpane.

Tipurile de astfel de lagăre sînt : lagăre cu alezaj cilindric (tip I), lagăre pînă (tip Y), lagăre cu două celote (tip X).

Forma acestor lagăre se observă în fig. 2.15 a, b, c, iar dimensiunile în tabelele 2.5 ; 2.6 și 2.7.

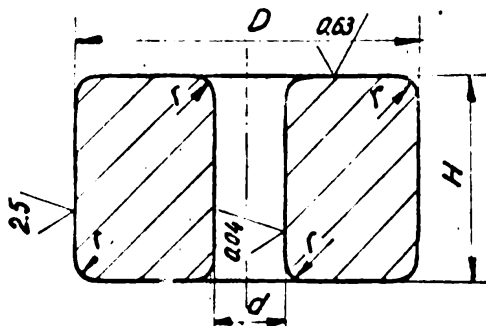


fig. 2.15.a.

Tab. 2.5.

Cote	d		D		H	
[mm]	0,4-1,5	1,0-3,0	3,2-5,0	0,25-0,5	0,63-1,20	
Abateri [μm]	+6 0	+6 0	+9 +1	±20	±30	

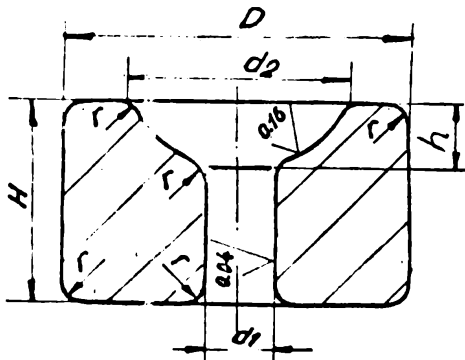


fig. 2.15.b.

Tab. 2.6.

Cote [mm]	Tolerante				
	d	D	d <sub>2</sub>	H	h
0,4-0,8	1,0-3,0	0,8-1,8	0,6-1,5	0,15-0,30	
Abateri [μm]	+6 0	+6 0	+0,20 +9 +1	-0,05	+0,10

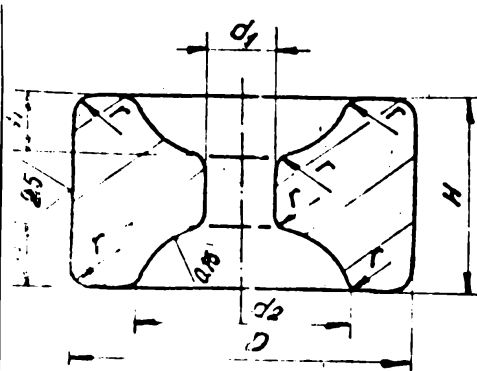


fig. 2.15.c.

Tab. 2.7.

Cote [mm]	d <sub>1</sub>		H	D		d <sub>2</sub>		
0,4-1,5	1,0-2,8	3,0-5,0	0,25-0,5	0,63-1,2	0,3-0,7	0,7-3,6	0,13-0,3	
Tol [μm]	+10 0	+6 0	+5 +1	±20	±30	±20	±70	±10

Caracteristicile tehnice : ovalitatea alezajelor să nu depășească 1/2 din ovalitatea seminei la diametrul exterior. Abaterile de la paralelism a suprafețelor frontale să nu depășească 1/4 din înălțimea lagărului. Pe suprafețe tegiturilor interioare nu se admit abateri. Rugozitatea suprafeței alezajului - maxim 0,64 μm.

d). Lagăre plane.

Forma lagărelor plane este reprezentată în fig. 2.16. iar dimensiunile în tab. 2.8.

Tab. 2.8.

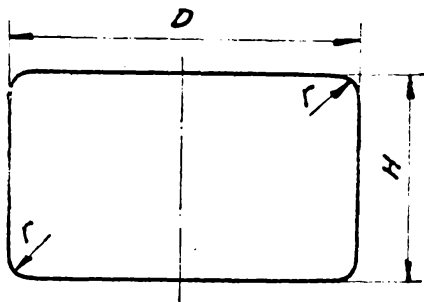


fig. 2.16.

D [mm]	Tol [μm]	h [mm]	Tol [μm]	r [mm]
1		0,25		
1,2		0,40	±30	
1,4		0,50		
1,6		0,50		
1,8	+20	0,60		0,05
2	0	0,70		0,10
2,5		0,8	±40	
2,8		1,0		
3		1,2		
3,2		1,8		
4		2		

Caracteristici tehnice : nu se admit defecte ca - bule de aer, incluziuni, crăpături în interiorul lagărului -, ovalitatea la diametrul exterior - maxim 0,02 mm ; abaterea de la paralelism a suprafețelor frontale - maxim 0,02 mm ; abaterea de la perpendicularitate a suprafețelor frontale pe generatoarea cilindrului exterior - maxim 30 min. ; rugozitatea în partea centrală a suprafeței frontale de lucru - maxim 0,04 μm.

Conform succesiunii logice, operațiile prin care trece semifabricatul - cristel de safir sau rubin - în vederea realizării produsului finit - lagăre de tip a ... d - sînt :

2.3.2.1. Debitarea semicristalelor.

Semicristalele se obțin prin despicarea cristalelor obținute prin creșterea pe mașini tip Vernuill. Instalația pentru despicare cristale de safir sau rubin artificial este formată din următoarele părți principale (fig. 2.17):

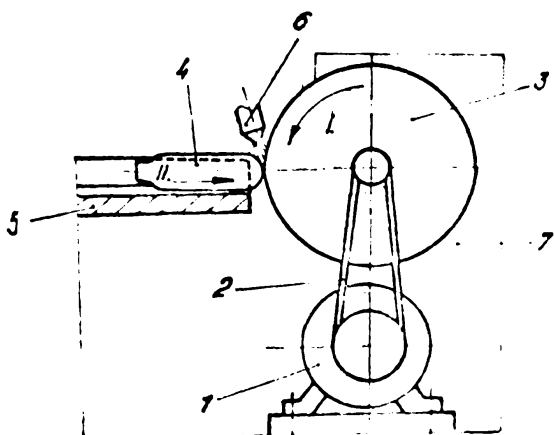


fig. 2.17.

motorul electric 1 de la care prin transmisia cu curele 2, mișcarea se transmite la discul diamantat 3, prisma 5 pe care este ghidat cristelul 4 în timpul despicării, sistemul de alimentare cu lichid de răcire 6 și batul instalației 7.

Mișcarea de rotație 1 executată de discul 3 are drept scop creșterea de tensiuni la extremitățile corespunzătoare afirgitalui creșterii cristelului ca urmare a forței manuale de apăsare - în direcția

mişării II - a acestuia spre disc după ce în prealabil a fost orientat cu planul care conține axa optică și axa de creștere în același plan cu discul 3. După cca. 3 - 4 secunde de la contactul cristal-disc acesta se despică în două semicristale.

Semicristalele se debitează în continuare în felii pe mașini de debitat cu discuri diamantate - de grosime 0,75 - 0,8 mm. - distanțate între ele în funcție de tipodimensiunile viitoarelor lagăre. În vederea debitării, semicristalele se lipesc pe plăci de sticlă cu ajutorul unui adeziv format din ceară roșie și celofoniu în amestec. Lipirea pe sticlă se face după ce semicristalul a fost orientat cu axa optică pe direcția normală la cea de debitare. Prin încercări experimentale s-a stabilit că această orientare permite debitarea semicristalelor în condiții mai bune, iar rezistența la uzură a viitoarelor lagăre este mai mare.

Schema de principiu a debitării semifabricatelor în felii

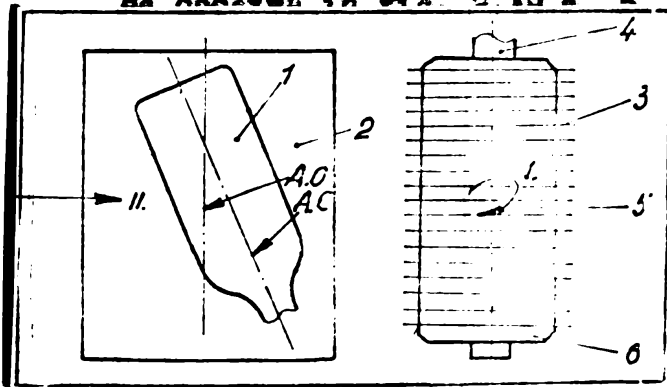


fig. 2.18.a.

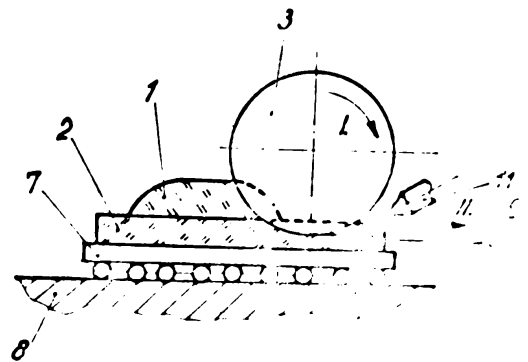


fig. 2.18.b.

Semicristalul 1 este fixat prin lipire pe placă de sticlă 2 și orientat cu axa optică AO perpendicular pe direcția de avans II. (AC este axa de creștere). Discurile diamantate 3 sunt fixate prin strângere între flanșele 6 pe axul 4 și sunt distanțate între ele prin distanțierii din aluminiu interschimbabili 5.

Caracteristicile dimensionale ale discurilor diamantate folosite la debitarea semicristalelor în felii sunt reprezentate în fig. 2.19.

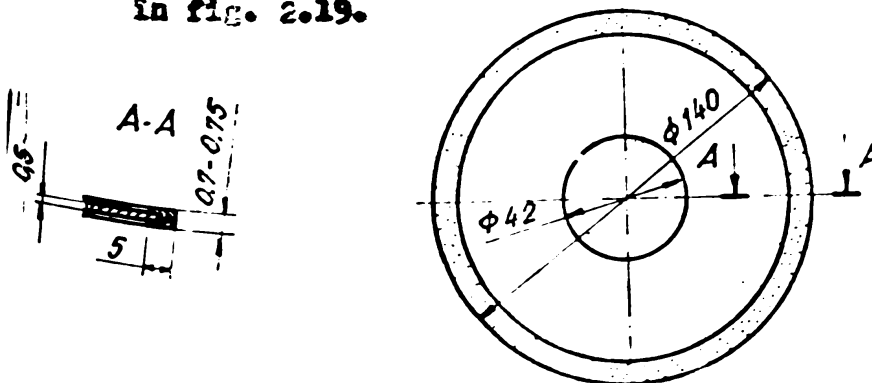


fig. 2.19.



Placa de sticlă cu semicristalul este fixată pe masa 7, care ghidază pe bilele 8 și se deplasează sub acțiunea greutateilor 10 în direcția de avans II. Greutățile 10 sînt legate de un cablu și susținute de role 9. Lichidul de răcire este dirijat de duza 11 în zona de interacțiune discuri-semicristal cu un debit de 25 l/min. și este format din petrol și ulei în amestec. Mișcarea de aşchieră I realizată de discurile diamantate este de 5200 rot/min. Viteza de aşchieră variază între valorile 2140 - 2280 m/min. în funcție de gradul de uzură radială a discurilor diamantate utilizate la debitare.

Operația de debitare continuă prin debitarea feliiilor - sub formă semicirculară - în fișii dreptunghiulare fig. 2.20. Pentru ca risipa de material să fie cât mai mică, feliile se lipesc pe plăci de sticlă astfel încît dimensiunea maximă obținută la debitarea în felii, să fie paralelă cu direcția de avans II a mesei mașinii de debitat (vezi fig. 2.18.s).

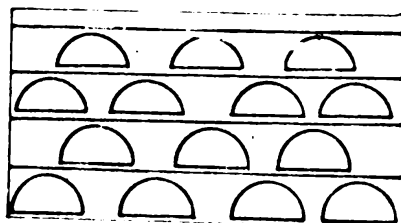


fig. 2.20

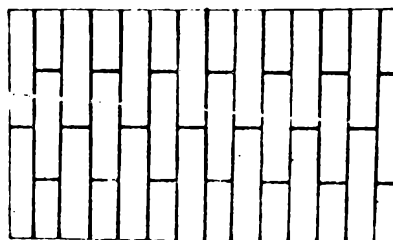


fig. 2.21

Pentru debitarea semicristalelor în felii și a feliilor în fișii dreptunghiulare, se utilizează plăci de sticlă de aceeași dimensiuni montate pe aceeași mașini ca și discurile diamantate sînt realizate din tablă de 0,35 mm. grosime și au partea activă cu grosime de 0,55 - 0,6 mm.

În continuare, fișiiile dreptunghiulare se debitează în pătrate. În fig. 2.21 se observă modul de lipire al fișiiilor pe sticlă în vederea debitării. Se utilizează discuri diamantate de același tip cu cele de la debitarea feliilor în fișii dreptunghiulare.

În urma fiecărei faze de prelucrare semifabricatele se spală cu apă și sodă caustică pentru a se curăța de adezivul folosit la lipire.

#### 2.3.2.2. Glefuirea feliilor.

Această operație se face cu scopul de a asigura paralelismul suprafețelor viitoarelor lagăre și se realizează pe mașina de glefuit cu ax vertical - fig.2.22.

Placa de sticlă rotundă 1 cu feliile lipite, este aşezată pe discul 4 și apăsată manual prin brațul 3 și piesa 2. Discul 4

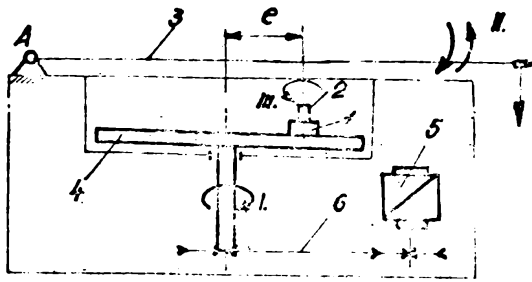


fig. 2.22

este statat pentru a menține prin imprimare în stratul superficial granulele de carbură de siliciu - cu granulatie N 240 - cu care se lucrează. Mișcarea de rotație I a discului este realizată prin intermediul motorului 5 și a transmisiei cu curele 6. Datorită mișcării oscilante II, a brațului 3 articulat în A și a plăcii excentrice cu valoarea e a plăcii de sticlă cu felile lipite, apare și mișcarea de rotație III a piesei 2 împreună cu sticlă. În acest fel are loc aşchiera și deci îndepărtarea adosului de prelucrare pînă cînd cota peste sticlă și felii, măsurată cu ajutorul micrometrului este cea cerută de documentație tehnologică. (grosimea sticlei este imprimată pe o parte a suprafeței plane prin zgîriere).

### 2.3.2.3. Rectificarea din pătrat în rotund. Rectificarea de finisare.

După şlefuirea grosieră, feliile sînt debitate în figuri dreptunghiulare, iar acestea în pătrate. Semifabricatele în formă de pătrate se orientează manual pe plăci de sticlă sub formă de şiruri pe o lungime bine determinată - fig. 2.23.

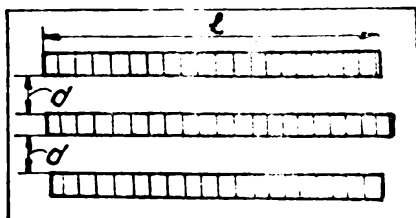


fig. 2.23.

este statat pentru a menține prin imprimare în stratul superficial granulele de carbură de siliciu - cu granulatie N 240 - cu care se lucrează. Mișcarea de rotație I a discului este realizată prin intermediul motorului 5 și a transmisiei cu curele 6. Datorită mișcării oscilante II, a brațului 3 articulat în A și a plăcii excentrice cu valoarea e a plăcii de sticlă cu felile lipite, apare și mișcarea de rotație III a piesei 2 împreună cu sticlă. În acest fel are loc aşchiera și deci îndepărtarea adosului de prelucrare pînă cînd cota peste sticlă și felii, măsurată cu ajutorul micrometrului este cea cerută de documentație tehnologică. (grosimea sticlei este imprimată pe o parte a suprafeței plane prin zgîriere).

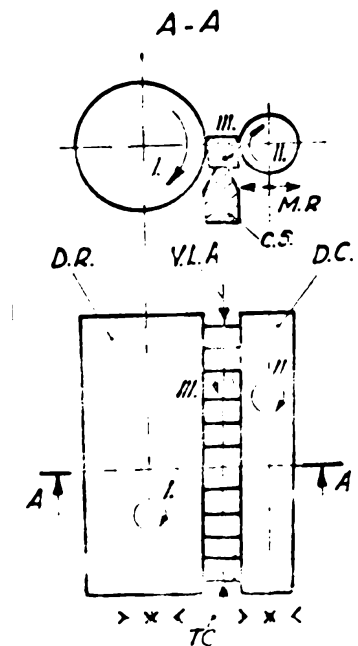


fig. 2.24.

Distanta dintre rinduri d este determinată de grosimea pensetei cu care se transportă semifabricatele pătrate pe oușitul de resină al mașinii de rectificat rotund grosier. Lungimea l, este

impuls de lungimea cutitului de reșea respectiv de lungimea gene  
rețelei cilindrice a discului de rectificat - fig. 2.24.

Discul de rectificat DA este din carbură de siliciu și re-  
alizează mișcarea de aşchiere I. Discul conducător DC este din cauciuc  
dur și realizează mișcarea de rotație II necesară antrenării semifra-  
brițatelor în formă de pătrate în mișcarea de rotație III. Limitarea  
deplasării axiale a semifabricatelor se realizează prin vîrfurile  
VLA.

Pentru antrenarea în mișcarea de rotație a L.C. se utili-  
zează transmisia cu curele BC.

Pe timpul prelucrării se folosește apa ca agent de răcire,  
iar DC poate efectua mișcarea de reglare EA, manual de la un meca-  
nism gîruba pîlîță pentru a asigura forța de avans radial necesară  
aşchierii, pe măsură ce colțurile patratului se rotunjesc.

Pentru a asigura precizia dimensională, precizia formei  
geometrice și calitatea suprafeței, după rectificarea din pătrat în  
rotund, semifabricatele se vor rectifica exterior pe mașini similare  
cu cele amintite (vezi fig.18) cu următoarele deosebiri : discul de  
rectificat DA este din cupru cu diamant imprimat prin presare - gra-  
nulație N 150 - iar semifabricatele au formă rotundă în loc de pă-  
trat.

Deoarece diferența de granulație între discul din carbură  
de siliciu și cel din cupru cu diamant artificial, se realizează  
încălzirea în câmpul de toleranță - conform pretențiilor tehnologice  
- a semifabricatelor rectificate fin și îmbunătățirea calității supra-  
feței prelucrate.

#### 2.3.2.4. Formarea cavităților lagărelor din esfir sau rubin sintetic.

##### a). Formarea cavităților sferice.

Această operație se realizează în două faze de prelucrare :  
degroșare și finisare.

În faza de degroșare, dornul diamantat DE - fig. 2.25, fixat  
pe axul superior al mașinii este înclinat față de axa semifabrica-  
tului S cu  $\alpha = 25 - 30^\circ$  și se reglează la adîncimea de pătrundere h.

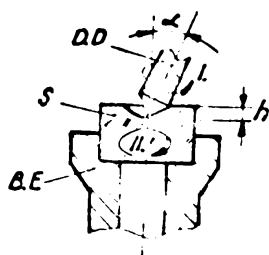


fig.2.25

Semifabricatul este fixat prin strîngere în buc-  
le elastice B1 și se rotește cu o viteză mi-  
mică decît dornul diamantat ( $n_I = 17000 - 21000$   
rot/min ;  $n_{II} = 5000 - 6000$  rot/min).

Precizia formei geometrice și a dimensiunii  
cavității sferice se stabilește prin reglarea  
seniei port-dorn pînă cînd se realizează co-  
respondența poziției axei pișei și a dornului  
în limitele adîncimii cavității h.

Pentru faza de finisare a cavității se utilizează același mașini cu deosebirea că doornurile disantate au granulație mult mai fină.

b). Formarea cavităților conice.

Pentru aceste tipuri de cavități se folosesc mașini specializate semiautomate care utilizează drept scule șchiotoare burghie cu vîrf de diamant natural ascuțite după 4 muchii (fig. 2.26). Burghiul B execută mișcarea de rotație I și mișcarea de avans III, iar semifabricatul S execută mișcarea de rotație II fiind fixat în buca elastică BF.

Deoarece în prima etapă de profilare a cavității conice pe adîncimea  $h$  se obține o suprafață tronconică, este necesar să se realizeze într-o fază de finisare rotunjirea vîrfului cavității la o rază de recordare corelată cu vîrfurile și unghiul conului exterior.

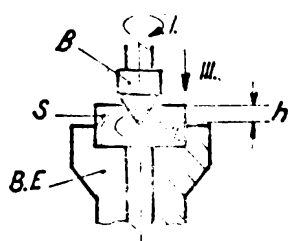


fig. 2.26

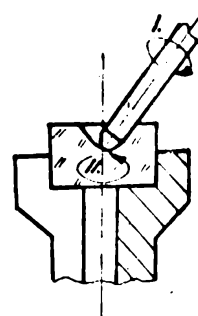


fig. 2.27

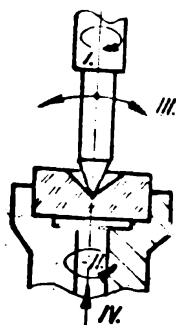
Accastă fază se realizează cu ajutorul unor doornuri cu micropulbere de diamant (2  $\mu$ m) și cu diametrul exterior bine determinat față de dimensiunile cavității legăturii - fig. 2.27.

Formarea profilului capătului doornului disantat se realizează manual cu ajutorul unor segmenti abrazivi din carbură de siliciu.

Mașinile pe care se realizează finisarea cavităților conice sînt de același tip cu cele care se folosesc la formarea și finisarea cavităților sferice.

După finisare, cavitățile conice sînt supuse operației de rodare pentru a asigura precizia formei geometrice a cavității și calitatea suprafeței impusă legăturilor conice. Schema de principiu a rodării este reprezentată în fig. 2.28.

Pentru rodare se folosește un amestec de micropulbere de diamant și vaselină medicinală care se interpune între doornul de oțel care realizează mișcarea I (15000 - 22000 rot/min) și cavitătea legăturii conice ce se rotește cu mișcarea II (2800 - 4100 rot/min). În plus, pentru finisarea corectă și completă a cavității .



domul să realizează și mișcarea oscilantă III cu centrul de rotație în centrul razei de vîrf a domului, iar piens să deplasească axial printr-un sistem elastic în limite uzurii domului și a îndepărtării adăosului de prelucrat. Condiția esențială a realizării unei rodări corecte este că raza la vîrfurile domului de oțel să fie corelată cu raza cavității conice și să fie lustruită

fig. 2.29. oglindă (controlul razei domului se face cu ge-

bloane la scara 50 : 1 la proiector iar calitatea suprafeței se observă la microscopul stereoscopic binocular).

c). Formarea cavităților străpuse.

Procesul tehnologic <sup>de formare</sup> cavităților străpuse prevede parcurgerea următoarelor operații :

- străpungerea orificiilor
- lărgirea orificiilor
- slezarea orificiilor
- rectificarea rotundă exterioară în raport cu slezajul a lărgărilor străpuse.

Străpungerea orificiilor se realizează cu ajutorul fascicolului laser, semifabricatele fiind orientate și fixate în dispozitive speciale cu autocentrare.

Instalația laser utilizată este de tip monomod avînd mediu activ o bară de sticlă dopată cu neodim, cu energie impulsului 5 - 20 J și durata impulsului 0,25 - 1,2 μs.

În funcție de tipodimensiunile de lagăre străpuse se reglează parametrii instalației laser astfel încît dimensiunea orificiului străpuns să corespundă cu prescripțiile tehnologice conform datelor din Tab.2.9.

Tab. 2.9.

Tip lagăr	$\phi$ orificiu [mm]	$\phi$ orificiu la 1/3 din înălțime [mm]	Conicitate orificiu
Y 1,6 x 0,4 x 0,6	0,1 ... 0,2	0,25	neînsemnată
Y 1,8 x 0,5 x 0,6	0,1 ... 0,2	0,25	neînsemnată
Y 2,2 x 1,0 x 0,6	0,13 ... 0,2	0,50	mică
Y 2,0 x 0,44 x 0,8	0,1 ... 0,2	0,25	neînsemnată
Y 2,5 x 1,0 x 1,0	0,13 ... 0,2	0,60	mică

Lărgirea orificiilor se realizează cu scopul creșterii posibilității de obținere a diametrului prescris pentru lagărul finit. În același timp, se îndepărtează zona afectată termic din jurul orificiului perforat. Lărgirea se realizează pe mașini speciale folo-

$\phi$ alezaj final [mm]	$\phi$ max. sîrmă / $\phi$ min. sîrmă [mm]				Alezare de semi-finisare
	Alezare grosieră a orificiilor				
	1	2	3	4	
0,4	0,33/0,13	-	-	-	0,40/0,30
0,44	0,40/0,13	-	-	-	0,44/0,37
0,50	0,33/0,13	0,44/0,30	-	-	0,50/0,41
1,00	0,33/0,13	0,50/0,30	0,70/0,47	0,93/0,67	0,995/0,90
1,50	1,20/0,97	1,35/1,17	1,45/1,32	-	1,49/1,35

Obținerea sîrmelor conice din oțel se realizează prin corodare chimică și păstrare în ulei pînă la utilizare.

Schema de principiu a lărgirii de degroșare și semifinisare este reprezentată în fig. 2.29.

Piesele fiind străpunse pe instalația laser, se îngiră ca niște mărgeli pe sîrma conică 4, pe lungime egală cu cea a suportului 1. Acest suport este sub formă de jgheab și construit astfel

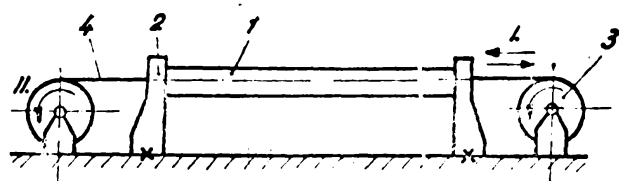


fig. 2.29.

incît să permită ca peste piese să se toarne un aliaj de zamac pentru a se putea solidariza piesele care se vor comporta în timpul lărgirii ca o singură piesă de lungime egală cu lungimea suportului. Din loc în loc, înainte de turnarea zamacului, se montează niște bucle de sticlă cu loesg pentru introducerea amestecului de vaselină medicinală și granule de diamant artificial. Sîrma conică se tensionează pe tamburii 3 și realizează mișcarea I, rectilinie alternativă de datavino în plan orizontal în timp ce și avansează prin mișcarea curbilinie intermitentă II. Procesul de sfințire se desfășoară comparativ cu la broșare doar că în acest caz sîrma conică are rolul de a transporta granulele de diamant și datorită efectului de împănare între sîrmă și pereții alezajelor supuse lărgirii, se sfințesc particule din piese. Procesul se desfășoară similar pe toată porțiunea conică a sîrmei. Cînd partea conică s-a terminat urmează o porțiune de diametru constant care are rolul de calibrare a alezajelor pieselor prelucrate în limitele dimensiunilor nominale prescrise.

Alezarea orificiilor lărgite se realizează pe o instalație a cărei schemă de principiu este reprezentată în fig. 2.30.

Suportul 1, împreună cu piesele realizează mișcarea I, iar fasciculul de sîrme condus de sticlă 2 împreună cu suportul re-

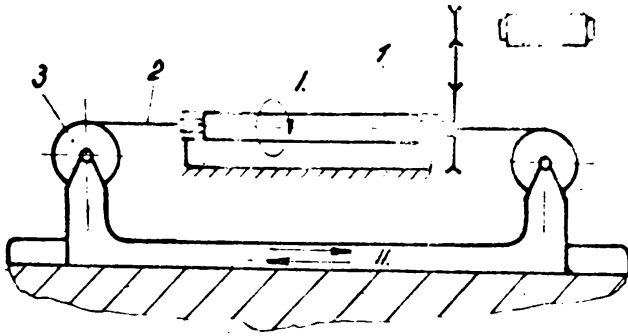


fig. 2.30

veselină medicinală.

Numărul de sîrme ondulate din fascicol și diametrul acestora se stabilește prin calcul în funcție de dimensiunile așezajelor prelucrate, cu relație stabilită experimental de forma :

$$D_f = 34 E^2 \text{ în care :}$$

$D_f$  - diametrul fascicolului de sîrme

$E$  =  $2 R$  - diametrul echivalent al profilului așezajului

$R$  - raza așezajului

Rectificarea rotundă exterioară în raport cu așezajul e lagărelor străpunece este necesară deoarece la astfel de lagăre, condiția de bază cerută este ca așezajul să fie coaxial cu diametrul exterior. Principiul, scheme de prelucrare se observă în fig. 2.31.

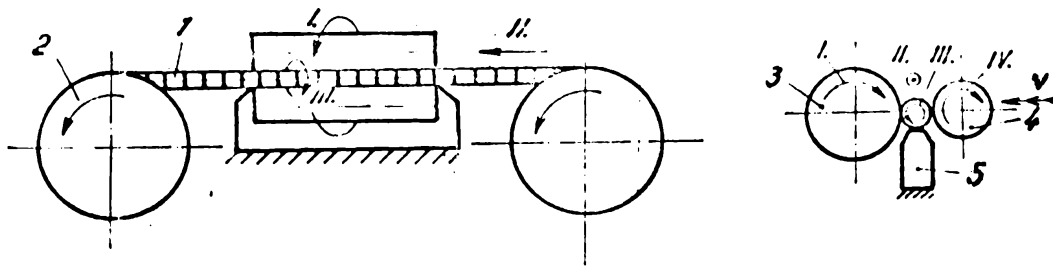


fig. 2.31

Lagărele 1, așezate la cota nominală prevăzută se înșiră pe o sîrmă de cupru calibrată cu care realizează un ajustaj alunecător și se înfășoară pe tamburii 2 care au rolul de a asigura mișcarea de avans II printre discurile mașinii de rectificat 3 (disc de cupru cu diamant imprimat prin presare) și 4 (disc conducător din cauciuc dur). Pe porțiunea de contact între piese și discuri, acestea se sprijină pe cutitul suport 5. Discul de rectificat 3, realizează mișcarea de rotație I datorită căreia piesele se vor roti cu mișcarea III. Forța de spălare necesară pentru îndepărtarea adaosului de prelucrare se asigură prin deplasarea discului 4 în mișcarea de avans radial V de la un mecanism șurub - piuliță.

### 3. AZELE FIZICE SI TEHNOLIGIA ALI PRELUCRARI C.D.S.

#### 3.1. Parametrii tehnologiei si factorii care influentează prelevarea de material la prelucrarea C.D.S.

La prelucrarea cristalelor dure si extradure, se desfășoară un proces complex de eroziune abrazivă prin care sînt îndepărtate particule mici de material din cristal, cu ajutorul granulelor abrazive.

Considerînd cã acest proces este asemănător la operațiile de debitare, glefuire, formarea cavităților, etc, vom particulariza procesul de prelevare de material. În cazul debitării cristalelor de safir sau rubin cu discuri metalice în suspensia abrazivă (granule de diamant artificial sau carbură de bor sau carbură de siliciu în amestec de petrol si ulei).

Principiul procesului constă în provocarea de fisuri în stratul superficial al corpului fragil al cristalului. Aceste fisuri se prelungesc și se intersectează între ele producînd o alăbire a coeziunii particulelor învecinate care se desprind și sînt înlăturate.

Granulele abrazive au lungimea și grosimea într-un raport de 1 : 1 - 2 : 1 și fiind în suspensie, se găsesc și între suprafața de prelucrat a cristalului de debitat și suprafața metalică de contact a discului cu cristalul. Aceste suprafețe au neregularități ale căror dimensiuni sînt comparabile cu dimensiunile granulelor abrazive.

La începutul prelucrării, datorită neomogenității granulelor din zona de contact cu suprafața de prelucrat a cristalului și discurile metalice, vor participa la șchiere doar granulele cele mai mari, granulele cu dimensiuni mici deplasîndu-se printre cele două suprafețe împreună cu lichidul suspensiei, fără să atingă aceste suprafețe. Pe măsură ce granulele mari se fărâmițează, încep să ia parte la debitare și granulele mai mici.

Cristalul C de debitat și discurile metalice D se află în mișcare relativă în condițiile în care discurile execută mișcarea de rotație I iar cristalul este apăsat pe discuri printr-un sistem de pînghii P și contragreutăți CG - fig. 3.1.

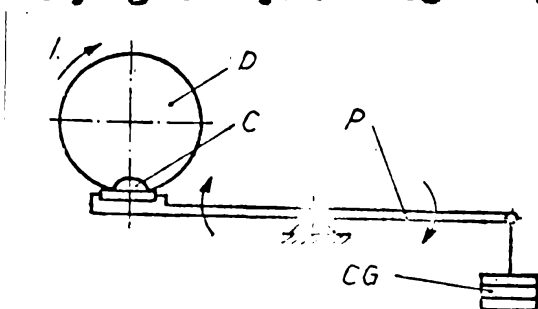


fig. 3.1

. // .

Fărâmițarea granulelor are loc stît ca urmare a contactului discuri-cristal cit și datorită ciocnirilor dintre ele.

În mișcarea relativă a celor două elemente, energia cinetică a discurilor I - fig. 3.2 - este



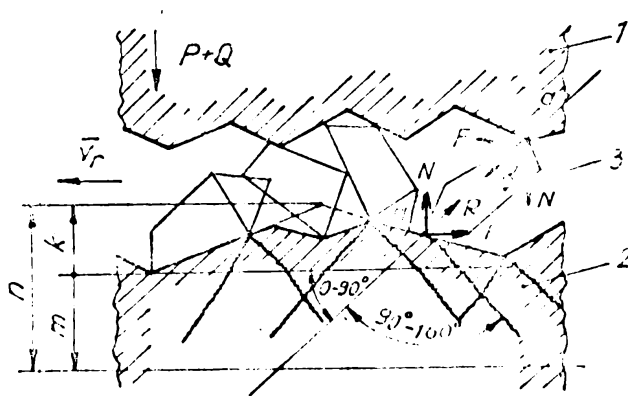


fig. 3e2

fărămișarea granulelor abrazive. Unul din virfurile granulei este fixat la un moment dat în materialul discului, mult mai tenace decât cristalul, iar celălalt se înșurtează asupra cristalului.

Granula 3 din punctul a, alunecă pe partea adânciturii din cristal până când se spăază cu dimensiunea ei mică perpendicular pe suprafața de prelucrat. Creșterea asperității superficiale va fi strivită și înălțimea scastelor se va micșora. În timpul mișcării granulelor, se mișcă punctul de fixare, granulele alunecând în raport cu cristalul și discurile de debitat.

Deoarece asperitățile suprafețelor cristalului și discurilor sînt de același ordin de mărime, granulele care se găsesc în golurile asperităților sînt lovite cu forțele H, care fac un unghi de  $0 - 90^\circ$  cu direcția vectorului vitezei relative  $V_r$ , atunci cînd sînt în contact cu proeminențele suprafeței conjugate. Pătrunderea în cristal a virfurilor granulelor, sub acțiunea forței de ciocnire, provoacă apariția unor fisuri conice, dispuse sub un unghi de  $90 - 150^\circ$  una de alta care pornesc spre interiorul cristalului.

Sfîrșirea și eroziunea cristalului se produce după acțiuni repetate ale granulelor abrazive în același loc.

Fisurile care s-au format se intersectează între ele provocînd desprinderea unor particule din zona suprafeței de debitare a cristalului de safir sau rubin.

Înălțimea stratului în relief care constă din adîncituri și proeminențe conice reprezintă aproximativ  $1/4 - 1/3$  din dimensiunea granulei abrazive. Sub stratul în relief k, se formează un strat fisurat m, care are o adîncime de cos. 4 ori mai mare decât stratul k. Ambele straturi k și m, formează stratul deteriorat n.

Componenta H a forței H este perpendiculară pe vectorul vitezei relative  $V_r$  și nu contribuie la îndepărtarea particulelor de cristal, dar asigură contactul între discurile abrazive și cristalul de debitat, provoacă deformări elastice și produce strivirea proeminențelor suprafețelor prelucrate.

Forța  $F$  este îndreptată după direcția tangență la suprafața de prelucrat. Această forță provoacă forfecarea virfurilor asperităților suprafeței cristalului și uzura suprafeței de lucru a discurilor de debitat. Forța elementară  $F$  de pe fiecare granulă produce un moment care rostogolește granula.

Sensul și viteza de deplasare a granulei sunt determinate de vectorul  $V_r$ , obținut prin compunerea mișcărilor discurilor și cristalului pentru fiecare punct al suprafeței de lucru, granulele fiind libere, nefixate.

Viteza de rostogolire a granulei este egală cu  $V_r/2$ . Forțele elementare  $F$  apar ca forțe de frecare, deși în esență sunt forțe dinamice care participă la procesul de sfărțirea și îndepărtare a proeminențelor cristalului.

Parametrii care influențează prelucrarea de material la prelucrarea C.D.S. sunt :

- materialul și forma piesei de prelucrat
- scula utilizată
- mașina - unealta utilizată
- mediul de lucru (lichidul de ungere și răcire)

Acești parametri sunt strins legați prin relații de interdependență reciprocă (fig. 3.3), rezultatele finale fiind influențate direct de corelarea lor în mod judicios [85].

Astfel, piesa ce urmează a fi prelucrată influențează direct modul de lucru, elementele definitorii ale piesei fiind :

- forma, dimensiunile de gabarit și poziția suprafeței care urmează a fi debitată. Funcția de acestor se alege forma discurilor de debitat și mașina unealtă care va fi utilizată ;

- structura materialului piesei determină alegerea parametrilor discului abraziv și în primul rând a tipului de material abraziv extrasdur ;

- duritatea materialului piesei. Materialele foarte dure și casante sunt debitate în cele mai bune condiții ;

- precizia dimensională, de formă și calitatea suprafeței impuse, determină alegerea parametrilor constructivi ai discului abraziv (granulația materialului abraziv, concentrația acestuia, tipul de liant, etc).

Discurile pentru debitat sunt formate dintr-o parte activă abrazivă și un corp, pe care este fixat abrazivul.

Structura părții abrazive este alcătuită din granule de diamant artificial înglobate într-o masă de liant. Corpul are forma unui disc cu secțiune constantă, se confecționează din tablă de oțel electrotehnico silicios și este prevăzut cu un alezaj de prindere pe axa mașinii de debitat.

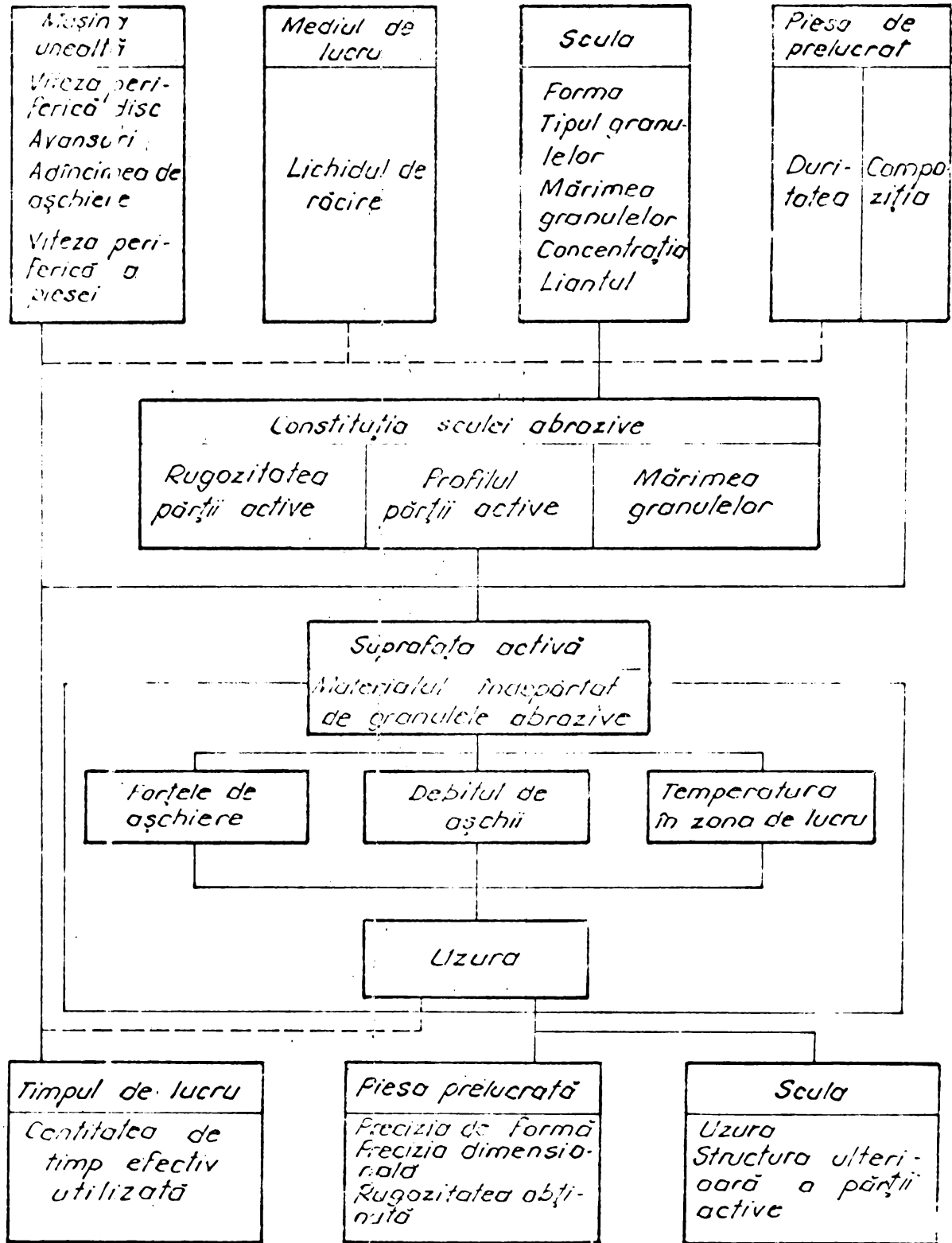


fig. 3.3

Caracteristicile principale ale discurilor de debitat cu diamant sintetic și liant metalic sînt :

- **Forma constructivă.** Partea activă este inelară, cu secțiune dreptunghiulară. Dispunerea ei pe corp se face pe periferie și pe părțile frontale ale acestuia - fig. 3.4.

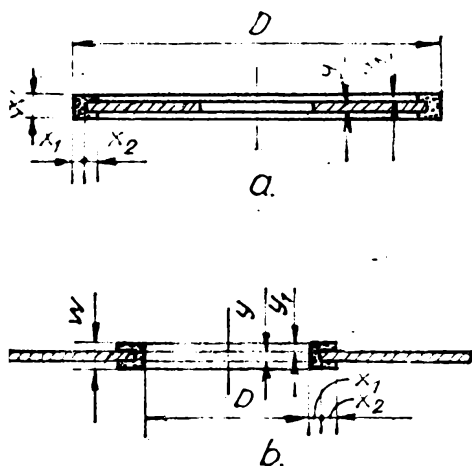


fig. 3.4

Deci,

$$w_{max} = \begin{cases} 0,6 \text{ sau } 0,75 \text{ mm pentru varianta a} \\ 0,3 \text{ sau } 0,4 \text{ mm pentru varianta b} \end{cases}$$

Deoarece  $D = 140$  mm, rezultă că raportul  $D : d$  are valorile 234 sau 187.

Mărima straturilor frontale este :

$$x_1 = 2,5 \text{ mm}$$

$$x_2 = 1,5 \text{ mm}$$

- Natura și forme granulelor utilizate. La confecționarea discurilor pentru debitat, se utilizează pulberi de diamant sintetic sau natural, metalizate sau nemetalizate.

În practica industrială sînt folosite, practic, două sorturi de pulberi de diamant :

- pulberi alungite de formă neregulată
- pulberi rotunjite "blocky", de formă regulată.

Dintre acestea, pulberile "blocky" se utilizează la confecționarea discurilor cu liant metalic, deoarece nu se sparg ușor și datorită aderenței bune la masa de liant, sînt reținute un timp mai îndelungat în strat, chiar după uzura vîrfurilor lor așchietoare, astfel că cele dispuse pe suprafețele frontale ale discului vor netezi materialul, îmbunătățind calitatea suprafeței obținută prin debitare.

Granulele de diamant acumulează foarte ușor căldura generată în procesul de așchiere. Aceasta poate influența viața granulelor, astfel că se impune disiparea acestei călduri acumulate. În acest scop, granulele se metalizează, cămășă metalică ce le înbracă preluînd căldura acumulată de granule și transferînd-o în masa de liant, în lichidul de răcire sau în mediul ambiant.

- Mărima granulelor utilizate la confecționarea discurilor de debitat. În funcție de necesitățile de prelucrare, se utilizează

important pentru utilizarea corectă a discurilor, la debitarea cristalelor de safir sau rubin artificial este alegerea judicioasă a raportului :

$D : d$ , unde :

$$d = y + 2 y_1$$

$$y = \begin{cases} 0,35 \text{ sau } 0,5 \text{ mm pentru disc.} \\ \text{fig. 35 a.} \\ 0,1 \text{ sau } 0,15 \text{ mm pentru disc.} \\ \text{fig. 35 b (granule).} \end{cases}$$

$$y_1 = 0,1 - 0,125 \text{ mm.}$$

granulații mari sau mici după mărimea rugozității care trebuie obținută.

Concentrația diamantului în funcție de volumul în care este înglobat rezultă din :

Tab. 3.2

Concentrația	Conținutul de diamant la 1 cm <sup>3</sup> de strat diamantat [carate]	Volumul de diamant în stratul diamantat [%]
25	1,1	6,2
50	2,2	12,5
75	3,3	18,7
100	4,4	25
125	5,5	31,2
150	6,6	37,5
175	7,7	43,7
200	8,8	50

De asemenea, capacitatea de aşchieră a granulelor este direct proporțională cu mărimea lor. Randamentul prelucrării crește odată cu creșterea granulației.

Alegerea granulației se face în funcție de grupa din care face parte dimensiunea fracțiunii principale (tab. 3.2).

- Concentrația de abraziv a părții aşchietoare. Aceasta este una dintre caracteristicile cele mai importante ale sculelor din materiale extradure, care influențează capacitatea lor de aşchieră, randamentul lor, etc.

Concentrația se exprimă în procente ; astfel, pentru concentrația de 100 % este stabilit un conținut de 4,4 carate de pulbere abrazivă într-un centimetru cub de strat abraziv ceea ce reprezintă cea. 25 % din volumul său.

Cantitatea de diamant conținută într-un cm<sup>3</sup> de strat abraziv funcție de concentrație este indicată în tabelul 3.3 (VMP - volum de material prelevat ; VAU - volum de abraziv uscat).

Greutatea totală a abrazivului cuprins în partea activă a sculei este :

$$G_1 = C \cdot V \quad [g]$$

în care : C - concentrația [%]

V - volumul părții active [cm<sup>3</sup>]

Cu cât concentrația în abrazivi a discului aşchietor este mai mare, cu atât crește randamentul prelucrării, existînd însă valori limită peste care randamentul scade. Aceasta deoarece, la o

Tab. 3.2

Grupa	Numărul de granulație		Dimensiunea granulelor secțiunii principale [ $\mu\text{m}$ ]	
	In sistemul metric, în 0,01 mm	In sistemul în foli (număr de ochiuri pe fol liniar)	Maximă	Minimă
Granule	200	10	2000	2000
	160	12	2000	1600
	125	16	1600	1250
	100	20	1250	1000
	80	24	1000	800
	63	30	800	630
	50	36	630	500
	40	40	500	400
	32	54	400	315
	25	60	315	250
	20	70	250	200
Pulberi	16	80	200	160
	12	100	160	125
	10	120	125	100
	8	150	100	80
	6	180	80	63
	5	230	63	50
Micro- pulberi	4	280	50	40
	M40	320	40	28
	M28	400	28	20
	M20	500	20	14
	M14	600	14	10
	M10	700	10	7
	M7	800	7	5
	M5	900	5	3

Tab. 3.3

Concentrația %	Randament volumetric $G \cdot \frac{VMP}{VAU}$
50	22
75	50
100	75
125	80
150	90
175	95
200	78

cantitate prea mare de abraziv cuprinsă în partea activă a discului, procesul de prelucrare a materialului din zona de aşchiere este înlocuit cu un proces de tasare a acestuia - Lianții folosiți la confecționarea discurilor abrazive cu materiale extradure.

Pentru debitarea materialelor dure cum sînt cristalele de safir și rubin artificial, se folosesc în exclusivitate lianți metalici. Aceștia sînt caracterizați printr-o uzură redusă, datorită durității lor ridicate și asigură o înaltă utilizare a pulberilor abrazive. Consumul de abraziv al discurilor cu lianți metalici este de 2 - 3 ori mai scăzut față de cel al discurilor cu lianți organici.

Înglobarea granulelor abrazive în lianții metalici, se face prin două procedee :

- procedeul de sinterizare
- procedeul depunerii electrochimice

Lianții sinterizați cei mai folosiți la confecționarea discurilor abrazive pentru debitarea materialelor dure, sînt pe bază de bronz, oxid de fier, pulbere de staniu și argint. Acești lianți prezintă o foarte bună conductibilitate termică și asigură un transfer bun al căldurii.

Discurile realizate prin depunerea galvanică a liantului, folosesc drept liant nichelul care asigură productivități ridicate la realizarea părții aşchietoare. Discurile au un singur rând de granule dispuse pe corpul metalic și acoperite pe 2/3 din înălțimea lor cu nichel.

- Natura materialului corpului din care este fabricat discul de debitat.

Deoarece la debitarea materialelor dure, grosimea discurilor aşchietoare trebuie să fie cît mai mică, este necesar ca materialul corpului discului să îndeplinească condiții severe de precizie și rigiditate pentru a nu influența mult comportarea discului în exploatare.

La debitarea cristalelor de safir și rubin artificial, corpul discului este metalic și are grosimi variabile în funcție de tipul utilajului folosit ( $y = 0,10 - 0,5$  mm. - fig.3.4).

Practica a demonstrat că materialele folosite drept corp pentru discurile de debitat, cu cea mai bună comportare în exploatare, sînt : oțelul electrotehnic silicos sau oțelul inoxidabil după cum discurile de debitat au partea activă dispusă pe circumferința exterioară (debitare cu periferia discului - fig.35.a) sau pe circumferința interioară (debitare anulară - fig. 35.b). Aceste materiale se utilizează sub formă de tablă laminată la rece și presupun respectarea următoarelor particularități :

a). La debitarea cu periferia exterioară a discului, suportul metalic trebuie să permită recondiționarea prin planare în urma procesului de sinterizare, sderența bună a stralului aşchietor,

coeficient de dilatare termică asemănător cu cel al stratului aşchitor şi o elasticitate suficientă pentru ca în limitele admise, rigiditatea sistemului tehnologic elastic să corespundă pretenţiilor impuse la debitarea cristalelor dure de safir sau rubin artificial.

b). La debitarea anulară, suportul metalic trebuie să permită tensionarea radială pentru a deveni plan, în limitele elasticităţii materialului, cu posibilitatea menţinerii îndelungate în această stare.

- Maşina uneltă utilizată la debitare.

Debitarea cu discuri diamantate presupune utilizarea unor maşini-unelte adecvate cărora li se impun următoarele condiţii :

a). Asigurarea riguroasă a parametrilor regimului de aşchiere, a condiţiilor de răcire-ungere şi realizarea precisă a măsurilor impuse.

b). Asigurarea unei rigidităţi ridicate a sistemului tehnologic şi diminuarea la maximum a vibraţiilor.

Cu privire la asigurarea condiţiilor de precizie şi rigiditate, un rol determinant îl are precizia de realizare a axului principal al maşinii de debitat. Bătăile radiale şi axiale admise a axului principal a maşinii de debitat, trebuie să se încadreze în limitele 0,01 - 0,03 mm. Dacă sînt depăşite aceste valori, randamentul maşinii de debitat scade iar rugozitatea suprafeţei obţinute în urma debitării creşte. Pentru a elimina aceste neajunsuri, la maşinile de debitat cu periferia exterioară a discurilor diamantate, axul principal al maşinii (lăgăruit din fabricaţie cu rulmenţi), a fost înlocuit cu un ax cu sustentăţie hidrostatică. Aspectele referitoare la proiectarea, realizarea şi experimentarea acestui ax, sînt prezentate la capitolul 4.3.

3.2. Aspecte referitoare la productivitatea prelucrării, uzura sculelor, precizia de prelucrare şi calitatea suprafeţei generate, la debitarea C.D.B.

Aprecierea rezultatelor obţinute la prelucrarea C.D.B., are drept criteriu principal, îndeplinirea simultană a următoarelor condiţii :

- calitatea suprafeţei prelucrate să corespundă cerinţelor funcţionale impuse de proiectant ;

- productivitatea prelucrării să fie maximă, în condiţii de uzură minimă a sculelor abrazive utilizate ;

- prelucrarea să se desfăşoare la un preţ de cost scăzut.

În procesul de aşchiere, gradul de eficienţă al sculei abrazive se măsoară prin :

- debitul de material aşchiat ;



$$C_s \left[ \frac{\text{cm}^3 \text{ de material aşchiat}}{\text{minut}} \right]$$

- costul specific de aşchiere,

$$C_c \left[ \frac{\text{cost}}{\text{cm}^3 \text{ de material aşchiat}} \right]$$

- calitatea suprafeţei.

Productivitatea prelucrării cu scule abrazive, va fi cu atât mai mare, cu cât se iau în considerare : valoarea maximă a debitului de material aşchiat, costul specific minim, corespunzătoare eficienţei maxime a aşchierii B, care se calculează astfel :

$$B = Q_B \cdot C_B \cdot \left[ \frac{\text{cost-aşchiere}}{\text{minut}} \right]$$

în care :

$Q_B$  reprezintă productivitatea de aşchiere maximă posibilă în condiţiile unui cost specific  $C_B$  minim posibil.

Dependenţa dintre costul specific total de aşchiere  $C$ , costul specific  $C_M$  revenit maşinii unelte-muncă, costul specific datorat consumului de sculă  $C_S$  şi debitul de material aşchiat, este reprezentată în diagrama din fig. 3.5.

Din diagramă rezultă că :

a). Costul specific  $C_S$  datorat consumului de sculă abrazivă

creşte proporţional odată cu creşterea debitului de material aşchiat  $Q$ , pînă la o anumită valoare a acestuia, de la care creşterea devine foarte pronunţată, datorită uzurii excesive a sculei abrazive în condiţiile unui proces de aşchiere sever, necesar realizării valorilor maxime pentru  $Q$ .

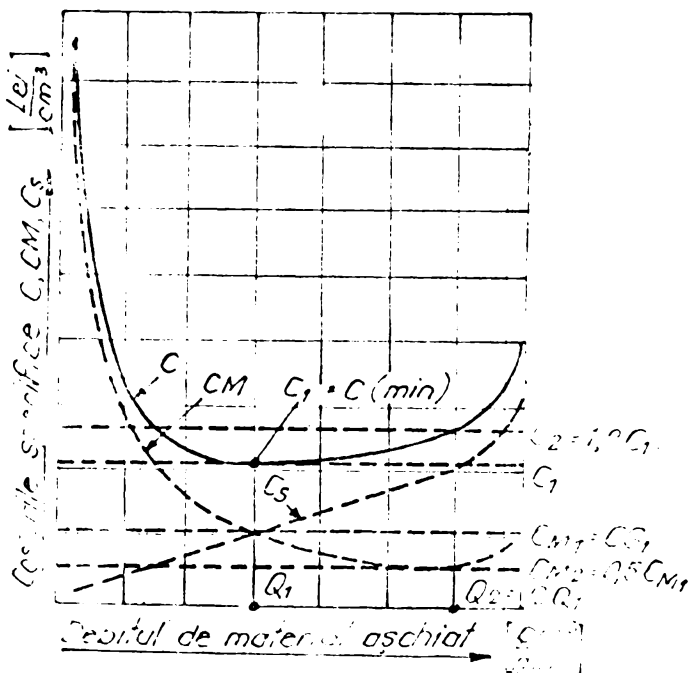


Fig. 3.5

b). Costul specific  $C_M$ , revenit maşinii unelte-muncă scade odată cu creşterea debitului de material aşchiat  $Q$  pînă la valoarea scostuia de la care uzura sculei devine exce-

ativă, de la care  $C_M$  crește.

c). Costul specific total al aşchierii  $C$  scade odată cu creşterea <sup>şi până la valoarea</sup> acestuia la care uzura sculei devine excesivă, de la care  $C$  creşte.

Valorile necesare pentru trasarea curbelor din diagramă au fost obţinute pentru cazul debitării cristalinelor din safir şi rubin artificial, pentru cazul avansului transversal al semifabricatului  $S_t$  constant şi adâncimea de aşchiere  $t$  (grosimea cristalului) variabilă. În tabelul 3.4 sînt date valorile pentru  $t$ ,  $S_t$ ,  $V_p$  (viteza periferică a discului de debitat) şi  $n$  (turaţia discului de debitat).

Tab. 3.4

Nr. crt.	Adâncimea de aşchiere transversal $t$ [mm]	$S_t$ [mm/min]	Viteza periferică a discului $V_p$ [m/s]	Turaţia discului $n$ [rot./min]
1	1	25	38	5200
2	1,5			
3	2			
4	2,5			
5	3			
6	3,5			
7	4			
8	5			

Valorile din tabelul 12, corespund debitării simultane cu un număr de 22 discuri cu grosimea straturilor active de 0,55 mm. şi diametrul exterior  $\phi$  140 mm.

Din fig. 3.6, rezultă concluzia că eficienţa economică maximă la debitarea cu discuri abrazive se obţine pentru o valoare optimă a debitului de material aşchiat  $Q$  la care costurile specifice de aşchiere  $C_M$  şi  $C_S$  sînt egale şi nu pentru valorile lui  $Q$  la care uzura sculei abrazive este minimă sau la care debitul de material aşchiat  $Q$  este maxim.

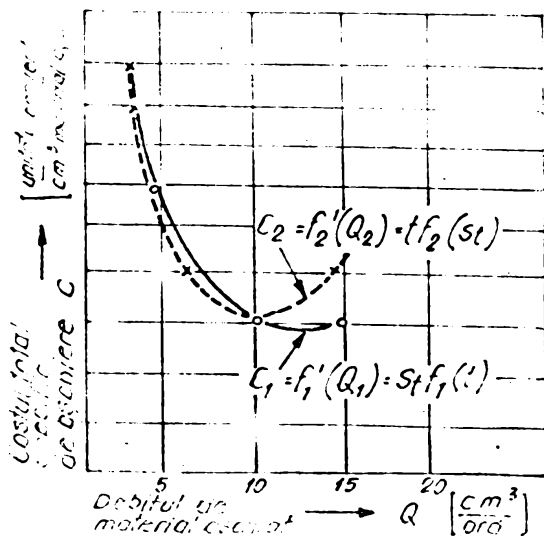


fig. 3.6

Debitul de material aşchiat  $Q$  este o funcţie de  $t$  şi  $S_t$ . Pentru studierea influenţei acestor parametri asupra costului total specific de aşchiere, s-a menţinut constant unul dintre parametrii iar celălalt a fost variabil. S-au obţinut astfel următoarele condiţii :

1.  $Q_1 = S_t f_1(t)$  în care  $S_t =$  -constant.

2.  $Q_2 = t f_2 (S_t)$  în care  $t = \text{constant}$

În diagramele din fig. 3/6, sînt prezentate variațiile costului total specific în funcție de  $Q_1$  și  $Q_2$  respectiv :

$$C_1 = f_1'(Q_1)$$

$$C_2 = f_2'(Q_2)$$

Se observă că pînă la o anumită valoare a debitului de material schielat  $Q$ , nu se diferențiază influența parametrilor  $t$  și  $S_t$  asupra costului total specific de aşchiere  $C$ . Peste această valoare este preferabil ca mărirea debitului  $Q$  să se facă pe seama creșterii adîncimii de aşchiere  $t$  care conduce la scăderea costului specific de aşchiere  $C$ . De asemenea, se observă că sub o anumită valoare pentru  $Q$ ,  $C$  crește indiferent dacă mărirea lui  $Q$  a fost obținută prin mărirea lui  $t$  sau  $S_t$ .

Deoarece la debitarea semicristalelor de safir sau rubin sintetic, ponderea o deține debitarea în felii - fig. 2.18 -, ca urmare a adîncimii de aşchiere mari (8 - 12 mm), și a rigidității limitate în plan axial al discurilor de debitat, există posibilitatea obținerii abaterilor de la precizia dimensională și de formă după cum urmează :

- a). diferențe de grosime ale feliiilor obținute, față de grosimea reglată prin distanțierii dintre discuri ;
- b). grosimi variabile ale sculei și felii, între zona de început a debitării și cea de sfîrșit ;
- c). abateri de la planitate a suprafețelor feliiilor debitate.

Dacă aceste abateri se încadrează în adăosul de prelucrare lăsat pentru operația de șlefuire, înseamnă că debitarea se realizează corect. Cînd abaterile depășesc toleranța impusă la debitare, se procedează la determinarea cauzelor care au determinat obținerea rebuturilor (avans transversal prea mare, răcire insuficientă, vibrații ale axului port-discuri, etc) ; și se elimină prin încercări repetate pînă la reincastrarea în parametrii optimi.

Calitatea suprafeței obținute prin debitare, este dependentă în primul rînd de granulația diamantului din stratul activ al discurilor de debitat și apoi de mărirea adîncimii de aşchiere. Astfel, la debitarea semicristalelor de safir sau rubin în felii, se folosesc discuri cu granulația N 280 (număr de ochiuri ale sitei pe un patrat cu latură de 25,4 mm), iar la debitarea din felii în fișii dreptunghiulare, discuri cu granulația N 100. Calitatea suprafeței obținute la debitare, reprezentată de abaterea medie aritmetică  $R_a$  este cuprinsă între (0,16 - 0,40)  $\mu\text{m}$  pentru N 100 și între

(0,32 - 0,63)  $\mu\text{m}$  pentru N 280. In cazul discurilor cu N 280, ca urmare a variației adâncimii de aşchiere  $t$  (determinată de forma semi-rotundă a semicristalului debitat), calitatea suprafeței se înrăutățește spre mijlocul secțiunii debitate (la  $t_{\text{max}}$ ), obținându-se valori  $Ra_{\text{max}} = (0,42 - 0,68) \mu\text{m}$ .

### 3.3. Căi pentru îmbunătățirea tehnologiei de prelucrare a C.D.E.

Ca urmare a diversității de C.D.E. utilizate în tehnică, neputând fi abordate toate aspectele referitoare la posibilitățile tehnologice de prelucrare și a căilor de îmbunătățire a acestora, autorul tezei de doctorat se va referi în continuare la prelucrarea safirului și rubinului sintetic.

Pe lângă tehnologia prevăzută conform licenței din R.P.Chineză, prin cercetare experimentală am ajuns la concluzia că se pot îmbunătăți sub aspect tehnologic, următoarele operații :

#### 3.3.1. Debitarea semicristalelor.

În cadrul acestei operații s-au obținut rezultate mai bune pe următoarele căi :

- Îmbunătățirea caracteristicilor tehnico-funcționale a discurilor de debitat (vezi capitolul 7).

- Reducerea consumului de material îndepărtat prin utilizarea de discuri de debitat cu grosimea părții active mai mică (0,3 mm. în loc de 0,55 - 0,75 mm).

- Înlocuirea dispozitivelor de fixare și reglare pe verticală a semifabricatelor inițial prevăzute cu reglare pe bază de plan înclinat, și care se blochează datorită produselor abrazive rezultate la debitare), cu dispozitive cu reglare hidraulică, cu posibilitatea amortizării vibrațiilor în timpul debitării (vezi subcapitolul 4.3).

#### 3.3.2. Slefuirea semifabricatelor debitate.

Deoarece tehnologia inițială prevedea alimentarea cu agent abraziv (apă și carbură de siliciu), manual, folosind o perie, stit productivitatea prelucrării cât și calitatea suprafeței obținute, se situsu la cote nemulțumitoare. În acest sens, s-au proiectat și realizat echipamente menite să îmbunătățească tehnologia de slefuire, ca :

- Pompă peristaltică pentru alimentarea continuă cu carbură de siliciu în suspensie (vezi subcapitolul 4.3).

- Sistem de control setiv pneumatic, pentru urmărirea permanentă a înecării în câmpul de toleranță a dimensiunii prelucrate.

### 3.3.3. Prelucrarea cavităților străpuse, la dimensiuni ale alezajelor mai mari de 1 mm.

Tehnologia clasică prevede prelucrarea acestor lagăre prin găurire pe laser, lărgirea prin microbrozare și alezaje finele. Această tehnologie este cu atât mai costisitoare, cu cât diametrul alezajului crește. Pentru îmbunătățirea tehnologiei de prelucrare a lagărelor străpuse cu alezaje mai mari de 1 mm, s-au efectuat încercări de îndepărtare a volumului de material cuprins de alezaj, prin aşchieră cu doxnuri diamantate, adaptate pe mașini de finisat lagăre sferice și conice, din dotarea secției de lagăre din safir și rubin sintetic de la IAKK. Schema de principiu a prelucrării este cea reprezentată în fig. 2.25 cu particularitatea că unghiul  $\alpha = 0$  în D.D. executată în plus mișcarea de avans pe verticală împreună cu brațul suport, axa acestuia fiind plasată excentric.

### 3.3.4. Finisarea cavității lagărelor cu oslotă sferică.

Deoarece la finisarea acestor lagăre se folosesc doxnuri diamantate, a căror suprafață activă se obține prin corectare manuală (cu segmenti din carbură de siliciu), rebuturile obținute la prelucrare (sbateri de la raza sferei nominale, cercuri concentrice, fund plat, etc), sînt cuprinse între 17 - 28 %. Ținînd cont de costul prelucrărilor anterioare și de numărul mare de asemenea lagăre prevăzute în planul de producție, rezultă necesitatea înlocuirii operației de corectare manuală a doxnurilor cu cea de corectare mecanică, utilizînd un dispozitiv adaptabil pe mașina de finisat. Amănunte referitoare la schema de principiu și modul de utilizare a dispozitivului proiectat sînt prevăzute în subcapitolul 4.3.2.

3.3.5. Rectificarea cilindrică exterioară a cristalelor din safir sau rubin sintetic obținute prin tragere continuă din topitură, în vederea debitării.

Cercetările experimentale referitoare la acest paragraf au constituit obiectul contractului de cercetare nr.19/29.01.1987 fase a II-a/1988 cu întreprinderea de Aparat Electric de Măgureș din Timișoara. Au fost efectuate cercetări experimentale pentru stabilirea regimului optim de aşchieră în limitele preciziei formei geometrice a semifabricatului, la prelucrarea pe o mașină de rectificat fără centre de tip 3 S 180 B din dotarea întreprinderii. Mașina a fost adaptată pentru rectificarea cristalelor trase sub formă de bare cu diametre de  $\phi$  2 - 12 mm, pe lungimi de 200 - 500 mm prin aşchieră unui sistem de ghidare corepunzător și prin înlocuirea discului de rectificat cu care a fost dotată, cu un disc diamantat cu liant resinoid tip LA 1S -200-63-5D-76 BLOC comandat pe baza desenului de execuție L.S-0035 și realizat la IMF.București.

Rezultatele cercetărilor experimentale sînt cuprinse în protocolul II la contractul amintit, predat întreprinderii beneficiare în 1968.

Aspectele principale urmărite și rezolvate prin această cercetare au fost :

- simplificarea debitării cristalelor trase din topitură pe rașinile de debitat cu disc anular ;

- eliminarea operației de rectificarea exterioară a semifabricatelor individuale de tip tabletă înainte de materializarea cavității corespunzătoare tipului de legătură pentru care au fost debitate ;

- creșterea productivității prelucrării produselor din astfel de cristale.

#### 4. CERCETARI TEORETICE SI EXPERIMENTALE PRIVIND INFLUENȚA PARAMETRILOR REGIMULUI DE ABRAZIVARE LA ÎNCĂLZIREA C.D.E.

4.1. Categoriile de factori și parametri care influențează debitarea C.D.E.

Analiza rezultatelor obținute la debitarea cristalelor de safir și rubin sintetic, se efectuează prin verificarea realității și simultaneității factorilor :

- calitatea suprafeței debitate și abaterile de formă obținute să fie încadrate în prescripțiile tehnologice corespunzătoare acestei operații ;

- productivitatea debitării să fie cât mai mare posibil ;

- debitarea să se realizeze la un preț de cost cât mai scăzut.

Indeplicirea la valori optime a acestor factori de influență, este condiționată de interacțiunea următoarelor grupe de parametri :

a). Parametrii sculei abrazive privind :

- materialul abraziv: tipul, duritatea, fiabilitatea, rezistența la impact, stabilitatea chimică, rezistența la uzură, mărimea și forma granulelor acestuia ;

- liantul : tipul, proprietățile de legare, rezistența la impact, rezistența la uzură, proprietățile termice, stabilitatea chimică, etc. ;

- porozitatea, structura și rezistența rezultantă a materialului sculei (abraziv + liant + pori) la solicitările mecanice, termice, chimice și la uzură precum și gradul de reascuțire al sculei ;

- forma, dimensiunile și modul de montare a sculei abrazive pe axul rășinii-unelte.

b). Parametrii materialului de prelucrat, proprietățile fizico-chimice, aşchibilitatea și tipul aşchilor formate precum și mărimea, forma, adâncul de prelucrare, precizia dimensională și rugozitatea suprafeței prelucrate.

c). Parametrii determinați de mașina-unelte și de condițiile în care se execută aşchieroa ; schema de prelucrare, debitul de material aşchiat (adâncimea de aşchiere, avansul și viteza de aşchiere), condițiile răcirii și înlăturării aşchilor, condițiile cinematice și dinamice oferite de mașina-unelte (viteza de acționare, puterea, rigiditatea, etc).

Pornind de la schema bloc a debitării C.B.S. - fig.4.1 - a fost necesară proiectarea și realizarea unui dispozitiv cu palpare mecanică și amplificare pneumatică - fig.4.2 -, ce constituie sistemul de măsurare a uzurii radiale și frontale a discului de debitat cu precizie submicronică.

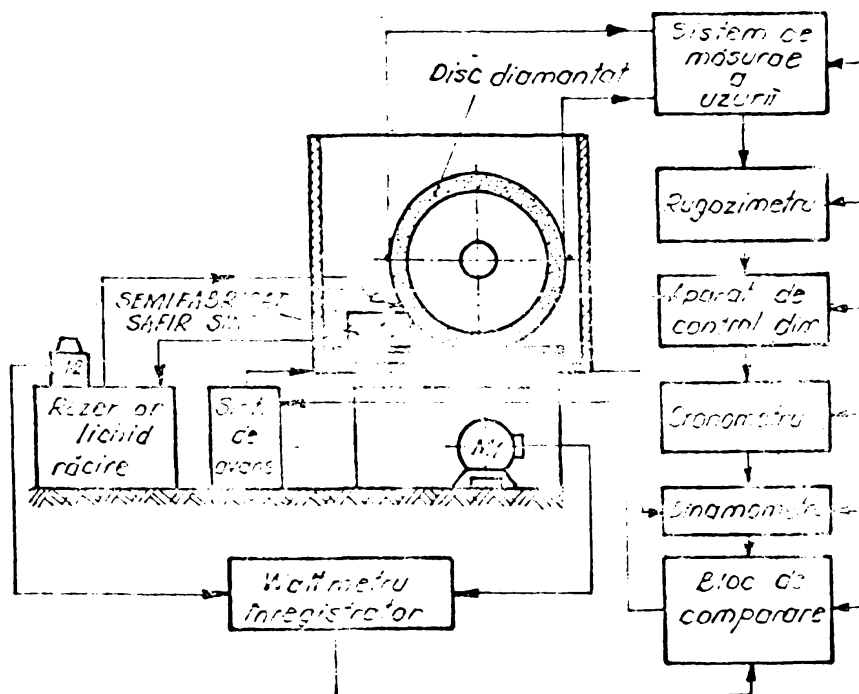


fig. 4.1

Acest sistem este construit astfel: aerul comprimat de la conducta de alimentare în camera de presiune constantă 6 (presiune determinată de înălțimea  $h$  cu care pătrunde tubul 1 în lichidul din rezervorul 2), apoi în camera de presiune variabilă 5 (unde nivelul de lichid din tubul piezometric 4 are valoarea  $h = f(\delta)$ ), prin furtunul 7, țevoa 8 și duza de măsurare 17 iese prin interstițiul  $\delta$  în atmosferă. Discul diamantat 16, este sprijinit pe supra-

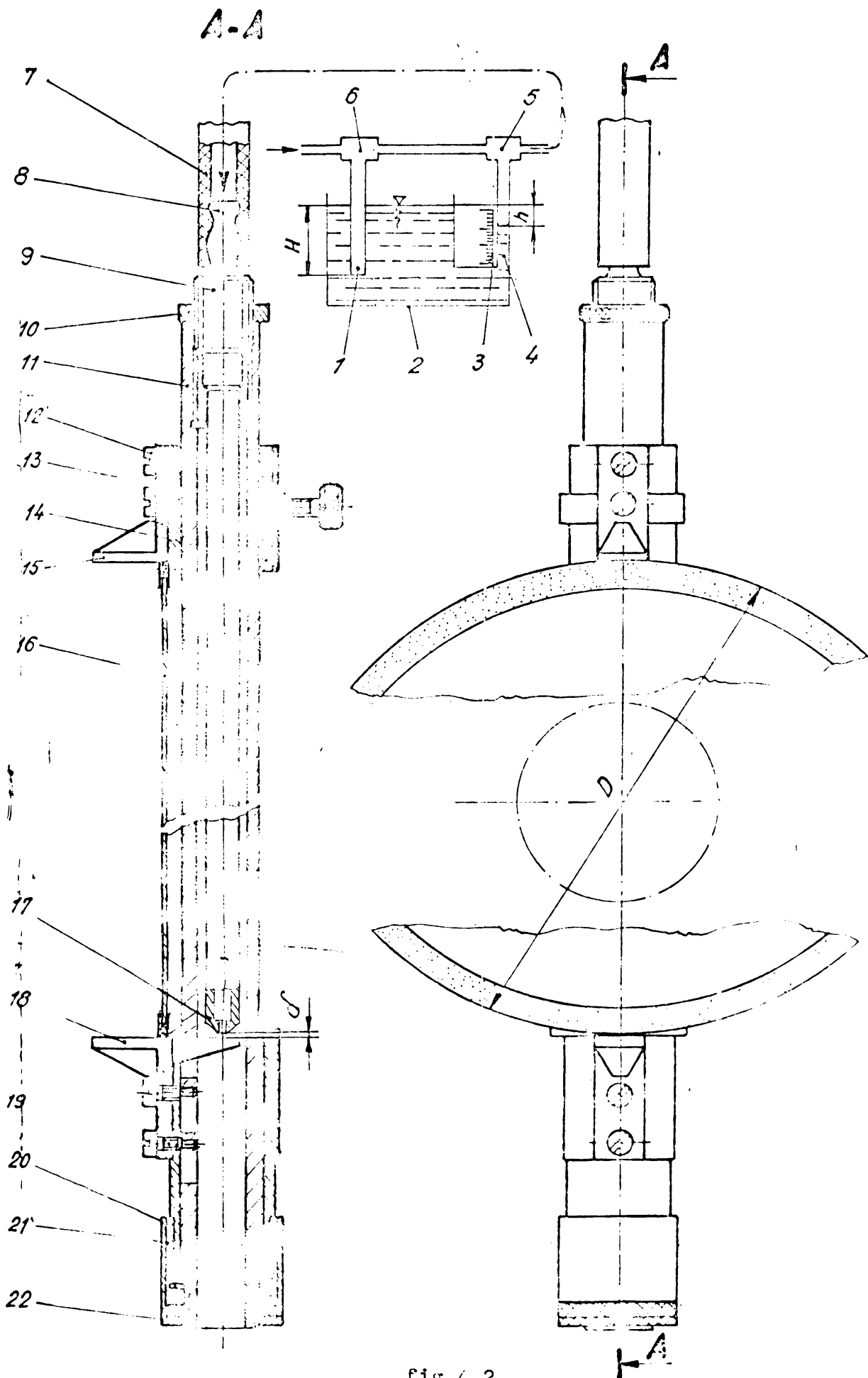


fig.4.2



fața de măsurare fixă 15 (reglabilă printr-un șurub 13 și penă 14) și pe suprafața de măsurare mobilă 18 înainte de a începe debitarea. După deosebita poziție, interstițiului îi corespunde pe scala 3 valoarea inițială a diametrului discului ( $D_1$  - fig. 5.2 -). După debitarea unui semicizistal, se măsoară din nou diametrul discului și se obține valoarea diametrului  $D_2$ , corespunzătoare uzurii radiale ( $hr = D_1 - D_2$ ). La data aceeași  $L_2 < L_1$  și deci interstițiul scade, h crește și pe scala 3 se citește 2 hr.

Reglarea valorii inițiale a interstițiului  $f$ , se realizează prin deblocarea piuliței 10, infilțarea piesei inelar+ filetată exterior 9 pînă la valoarea dorită după care se blochează 10.

Realizarea forței de spăcare a suprafeței de măsurare mobile 18, se datorează arcului elicoidal 21 sprijinit de capacul 20 care este blocat cu contrapiulița 22. Pentru împiedicarea rotirii pos. 10, șuruburile 19 sînt prevăzute cu suprafețe cilindrice de ghidare în locșurile frezate în corpul 11.

Șuruburile 12 sînt destinate fixării poz. 15 pe inelul suport.

Pentru măsurarea uzurii frontale, se procedează la deplasarea pos. 15 pînă la distanța de cam. 0,3 mm. de poz. 10 și se procedează similar ca la uzura radială.

Pentru ca rezultatele măsurătorilor uzurii discurilor să fie cît mai apropiate de realitate, s-au efectuat de fiecare dată măsurători pe trei direcții la  $\sim 120^\circ$ , iar în tabele au fost trecute valorile ca medie a celor trei citiri.

În analiza rezultatelor măsurătorilor referitoare la uzură, s-a constatat că se verifică modelul teoretic [12] conform căruia uzura pe suprafețele flancurilor granulelor abrazive are loc după succesiunea din fig. 4.3.a. Această succesiune conduce la concluzia că fiecare granulă se poate considera încadrată într-un sistem elastic plan - fig. 4.3.b - și că este solicitată la rotire de către un moment  $M$  determinat de componentele forței de așchiere din planul respectiv conform ecuației :

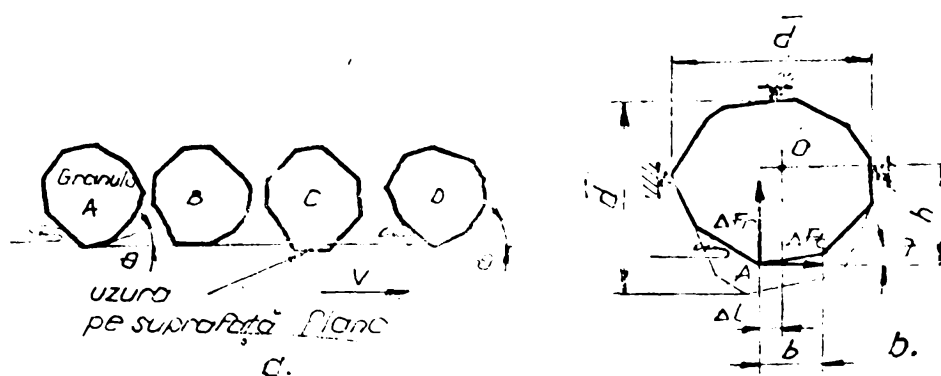


fig. 4.3

$$M = \Delta F_n \cdot \Delta l - \Delta F_t \cdot \bar{h} < 0$$

Dacă se consideră  $\omega/d$  rotirea gramulei/diametrului,

$$\Delta l = \frac{b}{2}$$

$$h = \frac{\bar{d}}{2}$$

$$\bar{b} = \sqrt{4 \omega^2 n / 0.657} \quad ,$$

ecuația devine :

$$M = \Delta F_n \bar{d} \left( 1.4 \sqrt{n} - \frac{\Delta F_t}{2 \Delta F_n} \right) < 0$$

Turajia critică corespundeaze uzurii discului la suprafața de contact cu semifabricatul, când  $M = 0$ , are valoarea :

$$n_c = 0.13 \left( \frac{\Delta F_t}{\Delta F_n} \right)^2 \quad \text{unde,}$$

$$\frac{\Delta F_t}{\Delta F_n} \quad \text{corespunde raportului } F_t/F_n.$$

#### 4.2. Ordonașea ponderii de influență a parametrilor asupra performanțelor prelucrării C.D.S.

Parametrii care constituie variabilele independente ale procesului de debitare sînt caracterizați de un anumit număr de posibilități de reglare, numite "nivele".

Considerînd că debitarea se realizează cu discuri din același lot de fabricație (deci nu diferă parametrii de așchiare de la un disc la altul) și că parametrii materialului debitat (cașfir sau rubin sintetic) sînt identici, variabilele independente care pot influența performanțele procesului de debitare sînt cele precizate în tabelul 4.1.

Tabel.4.1

Nr. ord.	Variabila independentă	Simbol	Unitate de măsură	Nivele variabilei	Nr. de nivele
1	Forța de avans	F	[N]	15 ; 20 ; 25	3
2	Grosimea discului diamantat	t	[mm]	0,55 ; 0,6	2
3	Înălțimea semifabricatului	h	[mm]	2 ; 4 ; 6	3
4	Debitul lichidului de spălare	W	[l/min]	15 ; 25	2

Ca urmare a numărului mare de combinații posibile între numărul de nivele și variabilele independente, s-a procedat la realizarea unui număr limitat de încercări pentru a determina efectele pe care diferitele combinații ale variabilelor independente le au asupra criteriilor de performanță impuse.

Rezultatele încercărilor efectuate pentru 24 experiențe la care variabilele au fost selectate aleator în scopul combinării în timplicătoare, a influențelor reciproce, sînt prezente în tabelul 4.3 pe baza matricii de planificare a experiențelor din tabelul 4.2.

Tab. 4.2.

Nr. exper.	F [N]	t [mm]	h [mm]	w [1/min]	Nr. exper.	F [N]	t [mm]	h [mm]	w [1/min]
1	15	0,55	2	15	13	20	0,8	2	15
2	15	0,55	4	25	14	20	0,55	2	15
3	25	0,8	4	15	15	25	0,55	6	15
4	20	0,55	2	25	16	25	0,55	2	15
5	15	0,8	2	25	17	15	0,8	4	15
6	25	0,55	4	15	18	15	0,55	6	15
7	20	0,8	2	25	19	20	0,8	4	15
8	15	0,8	6	15	20	25	0,8	4	25
9	20	0,55	4	15	21	15	0,8	2	15
10	25	0,8	6	25	22	20	0,55	6	15
11	15	0,55	6	25	23	20	0,8	4	15
12	25	0,8	2	25	24	25	0,55	2	25

Schema bloc a programului de calcul pe baza căruia au fost obținută coeficienții aproximării funcțiilor  $B_a$ ,  $A$ ,  $h_z$ ,  $h_f$  și  $B_{ef}$  în funcție de variabilele independente F, t, h și w, este reprezentată în fig. 4.4.

Forma generală a funcțiilor de aproximare este :

$$B_a = b_0 + b_1 F + b_2 t + b_3 h + b_4 F^2 + b_5 h^2 + b_6 w^2 + b_7 Fh + b_8 Fw + b_9 ht .$$

$$A = b_0 + b_1 F + b_2 t + b_3 h + b_4 F^2 + b_5 t^2 + b_6 h^2 + b_7 Fh + b_8 Ft + b_9 h.t .$$

Nr. exp.	$R_a$ [ $\mu\text{m}$ ]	$\sigma$ [mm]	$h_r$ [ $\mu\text{m}$ ]	$h_f$ [ $\mu\text{m}$ ]	$St$ [mm/min]	$V_{MP}$ [mm <sup>3</sup> ]	$V_{DU}$ [mm <sup>3</sup> ] $\cdot 10^3$	$Q$ [mm <sup>3</sup> /min]	$\bar{t}_{deb}$ [min]	$N_{exp}$ [KW]
1	0,284	+0,10	2,7	0,10	39,7	27,49	15,61	43,63	0,63	0,20
2	0,272	-0,07	5,8	0,22	20,7	54,82	33,85	43,86	1,25	0,56
3	0,421	+0,23	9,6	0,43	23,3	79,91	75,22	74,68	1,07	0,98
4	0,302	-0,11	3,1	0,14	52,1	27,48	19,47	57,25	0,48	0,38
5	0,283	-0,09	4,1	0,15	28,5	39,98	29,77	45,95	0,87	0,54
6	0,376	+0,21	6,9	0,31	32,7	54,45	43,26	70,12	0,97	0,97
7	0,298	+0,12	4,3	0,21	37,3	39,97	34,79	50,65	0,67	0,70
8	0,284	-0,10	5,2	0,45	23,1	109,81	54,63	97,17	1,13	0,67
9	0,312	+0,09	6,2	0,29	25,8	54,65	39,62	56,35	0,97	0,74
10	0,373	+0,20	12,5	0,55	17,9	119,83	97,17	86,20	1,39	0,90
11	0,259	-0,12	3,4	0,13	8,63	82,46	19,91	27,39	3,01	0,50
12	0,368	+0,21	4,8	0,22	50,00	39,97	37,81	79,94	0,50	0,50
13	0,323	+0,14	4,3	0,24	37,31	39,89	36,68	59,53	0,67	0,70
14	0,317	+0,11	3,6	0,16	49,02	27,36	22,48	53,64	0,51	0,50
15	0,368	-0,22	8,9	0,40	24,51	82,38	55,81	80,76	1,02	0,90
16	0,374	+0,24	3,5	0,13	69,44	27,48	23,36	76,33	0,36	0,76
17	0,286	+0,08	8,7	0,32	14,28	79,93	63,80	45,67	1,75	0,57
18	0,279	-0,12	3,5	0,18	7,76	82,44	23,42	25,60	3,22	0,50
19	0,294	-0,14	6,4	0,35	23,15	79,92	55,01	74,00	1,08	0,70
20	0,372	-0,23	7,8	0,55	26,04	79,93	61,16	83,26	0,96	0,50
21	0,277	+0,08	4,3	0,13	27,47	39,98	33,29	43,93	0,91	
22	0,314	+0,13	8,1	0,37	20,53	57,38	50,98	53,47	1,26	
23	0,318	-0,12	6,6	0,43	20,32	79,91	60,03	64,96	1,23	
24	0,352	-0,25	3,4	0,15	78,12	27,49	20,97	85,90	0,50	

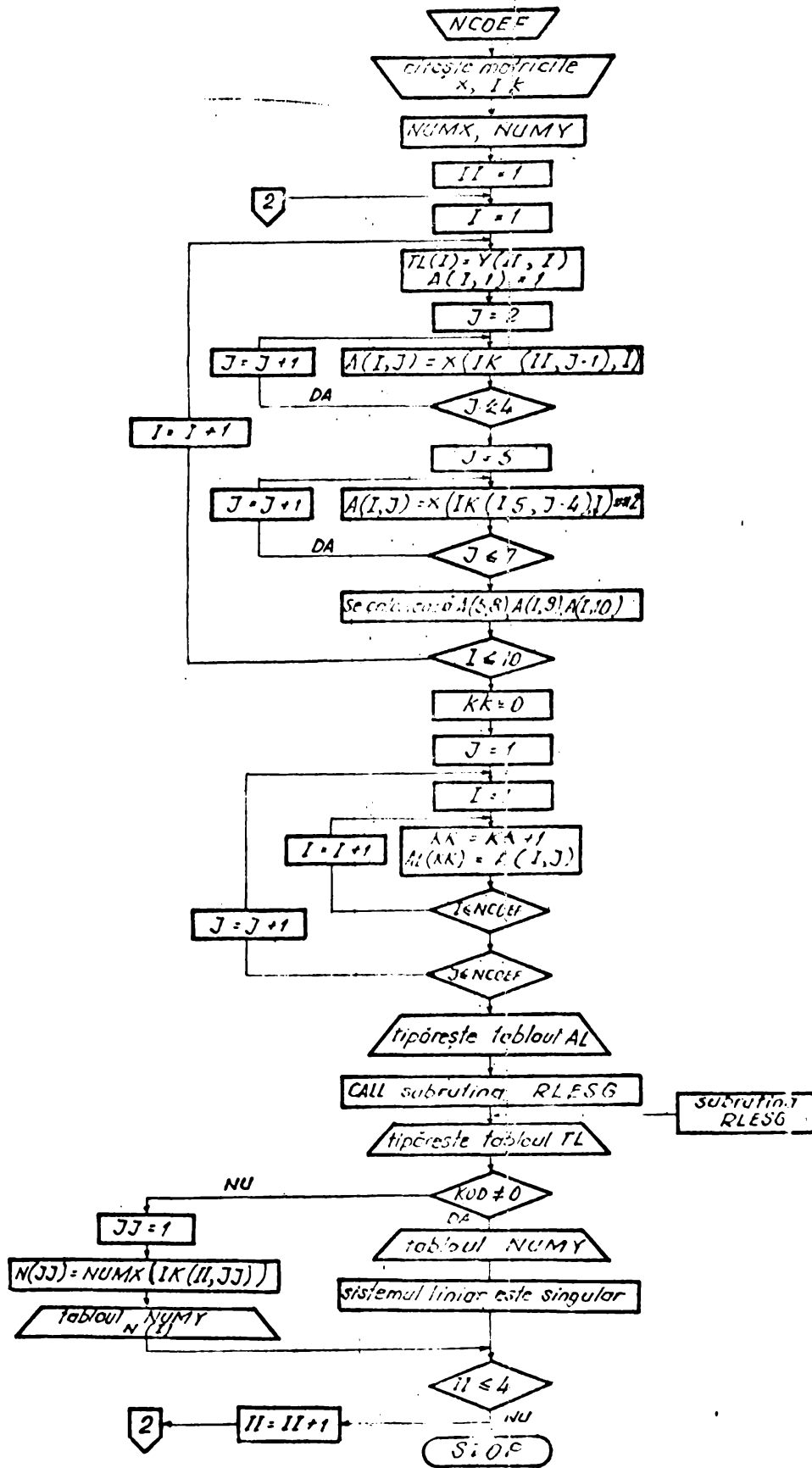


Fig. 4-4

$$h_x = b_0 + b_1 F + b_2 h + b_3 W + b_4 F^2 + b_5 h^2 + b_6 W^2 + b_7 Fh + b_8 FW + b_9 hW.$$

$$h_f = b_0 + b_1 F + b_2 h + b_3 W + b_4 F^2 + b_5 h^2 + b_6 W^2 + b_7 Fh + b_8 FW + b_9 hW.$$

$$h_{ef} = b_0 + b_1 F + b_2 t + b_3 h + b_4 W + b_5 F^2 + b_6 t^2 + b_7 h^2 + b_8 W^2 + b_9 Ft + b_{10} Fh + b_{11} FW + b_{12} th + b_{13} tW + b_{14} hW.$$

Pe baza programului realizat au fost determinați coeficienții din funcțiile de aproximare. În continuare sînt dați ca exemplu coeficienții aproximării lui "a" în funcție de F, t, h :

$b_0 = 12180261$	$b_5 = 27682410$
$b_1 = 0,1250$	$b_6 = 0,01499$
$b_2 = - 37371252$	$b_7 = - 1,24800$
$b_3 = - 1,84550$	$b_8 = 0,03700$
$b_4 = - 0,002790$	$b_9 = 0,2100$

Maximea coeficienților obținuți este cea care stabilește ponderea de influență a parametrilor F, t, h și W asupra abaterii de la grosimea feliiilor debitate. Se constată că principala influență în cazul parametrului "A" o are "t" (grosimea discului diamantat), urmează h și F.

Deoarece pentru celelalte funcții de răspuns calculatorul a stabilit doar valorile pentru partea liniară a funcțiilor - Tab.4.4 - s-a procedat în continuare la verificarea concordanței modelului matematic cu rezultatele experimentale exprimate grafic în Fig.4.5 ; 4.6 ; 4.7 ; 4.8 ; 4.9 ; 4.10 ; 4.11 și 4.12.

Din analiza dependenței stabilite anterior, s-au reorganizat datele pentru a se realiza un experiment factorial complet de tip  $2^4$  care necesită 16 încercări. Fiecare încercare a fost replicată în condiții identice de trei ori calculîndu-se medie și dispersia pentru fiecare situație.

Ma tricea de planificare a experiențelor este prezentată în Tab. 4.5 pentru fiecare variabilă independentă valorilor limită considerate corespunzîndu-le codificările +1 și -1.

Valorile din Tab. 4.5 au fost selectate corespunzător din Tab. 4.6 care conține rezultatele experimentale repetate de trei ori pentru fiecare din cele 24 încercări.

Pentru fiecare funcție de răspuns sînt prezentate în ordine următoarele date :

- valoarea medie a celor trei replici
- dispersia corespunzătoare celor trei replici
- dispersia medie la nivel de variabilă

Coeficienți	$R_0 = f(F, h, w)$	$\rho = f(F, t, h)$	$h_r = f(F, h, w)$	$h_f = f(F, h, w)$
$b_0$	0,14783	-0,68400	-1,0999	-0,24833
$b_1$	$0,11133 \cdot 10^{-1}$	$-0,4200 \cdot 10^{-1}$	0,2800	$0,1666 \cdot 10^{-1}$
$b_2$	$0,12833 \cdot 10^{-1}$	2,8300	2,0500	$0,8166 \cdot 10^{-1}$
$b_3$	$-0,37666 \cdot 10^{-2}$	$-0,8500 \cdot 10^{-1}$	-0,1000	$-0,4333 \cdot 10^{-2}$

Pentru verificarea omogenității dispersiilor s-a utilizat testul Cochran, pentru toate cele 5 variabile, constatându-se o grupare convocabilă a dispersiilor.

În continuare partea principală a programului determină coeficienții de regresie pentru funcțiile de răspuns, notați cu  $b_0 \dots b_{15}$ .

Coeficienții de regresie astfel determinați generează următorul model matematic:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_5x_1x_2 + b_6x_1x_3 + b_7x_1x_4 + b_8x_2x_3 + b_9x_2x_4 + b_{10}x_3x_4 + b_{11}x_1x_2x_3 + b_{12}x_1x_2x_4 + b_{13}x_1x_3x_4 + b_{14}x_2x_3x_4 + b_{15}x_1x_2x_3x_4$$

În acest model variabilele  $x$  nu sînt exprimate în unități naturale ci sînt reprezentate codificat prin valori aparținînd intervalului  $(-1,1)$ . Pentru a testa semnificația fiecărui coeficient s-a utilizat testul student pentru fiecare funcție de răspuns determinînd pragul de semnificație. Coeficienții semnificativi din punct de vedere statistic (mai mari decît pragul de semnificație), au fost evidențiați de calculator prin punerea celor nesemnificativi la valoarea zero.

În partea finală s-au recalculat valorile funcțiilor de răspuns pe baza modelului matematic stabilit comparîndu-se cu valorile introduse inițial.

Prin utilizarea testului Fischer s-a stabilit adecvanta modelului matematic propus pentru toate variabilele obținînd în final rezultatul de model concordant menționat de calculator.

Rezultatele obținute pe calculator sînt prezentate în tab. 4.7; 4.8; 4.9; 4.10; 4.11.

Se constată astfel următoarea pondere de influență a parametrilor care constituie variabilele independente asupra parametrilor de ieșire:

- pentru parametrul  $g$ :  $t, h, w, t$
- pentru parametrul  $A$ :  $t, h, w, w$
- pentru parametrul  $h_r$ :  $t, w, h$
- pentru parametrul  $h_f$ :  $t, h, w, w$
- pentru parametrul  $h_{ef}$ :  $w, t, h, w$

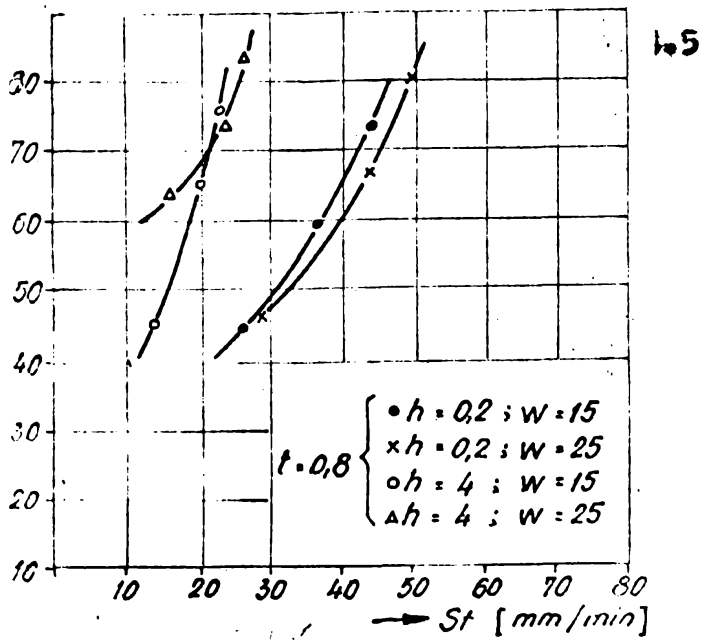
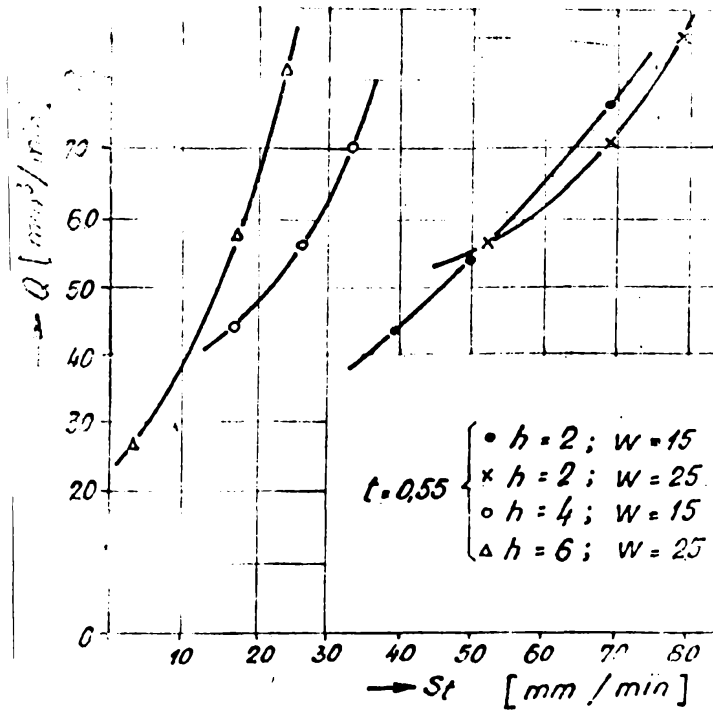


fig.4.6

Se constată că productivitatea debitării crește pe măsură ce crește avansul, valorile maxime fiind obținute pentru debitul cu valoarea cea mai mare a lichidului de răcire-ungere.

..



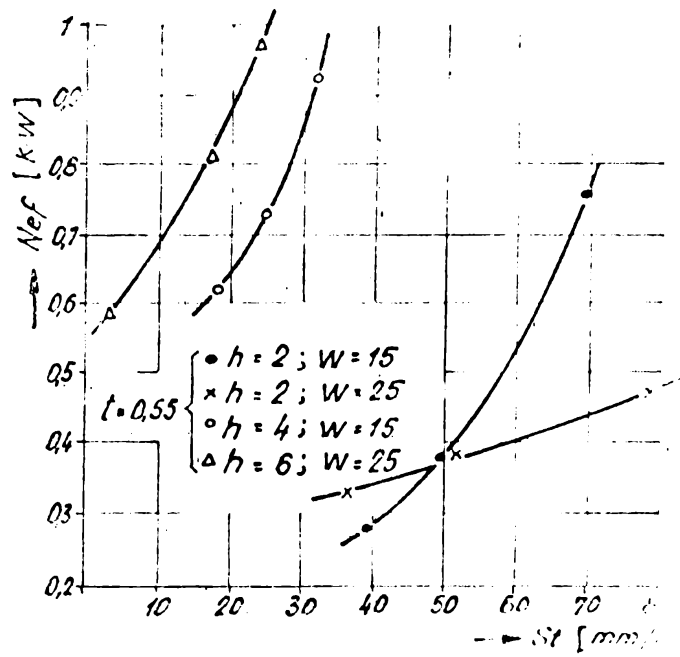


fig.4.7

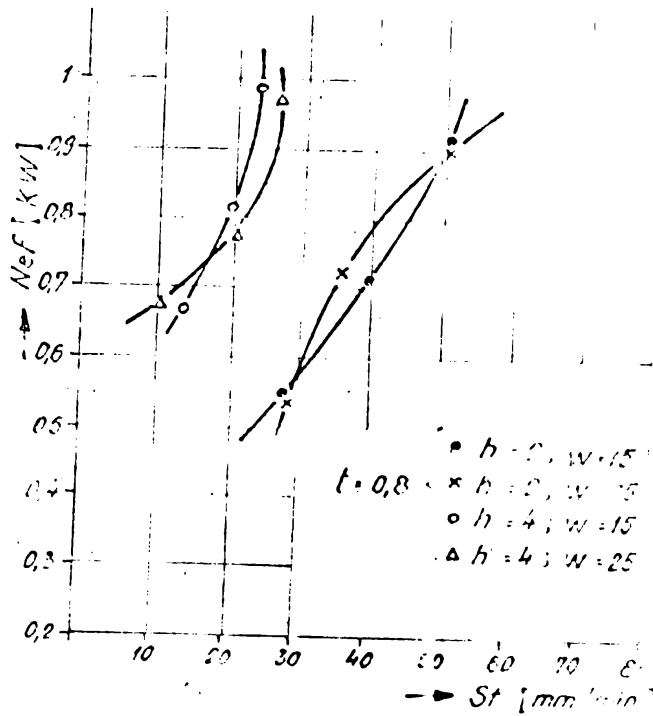


fig.4.8

Puterea efectivă de aşchieră la debitare creşte cu creşterea avansului transversal, valorile maxime fiind determinate în cazul înălţimii maxime a semifabricatului respectiv a debitului minim de lichid de răcire-ungere.

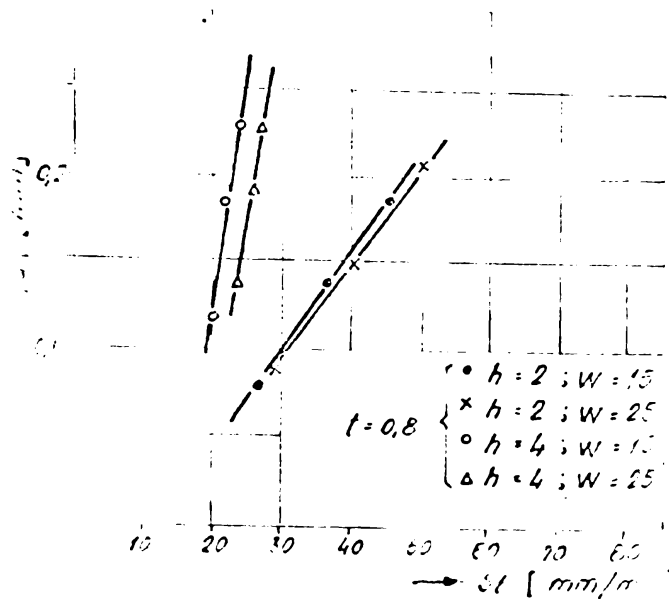
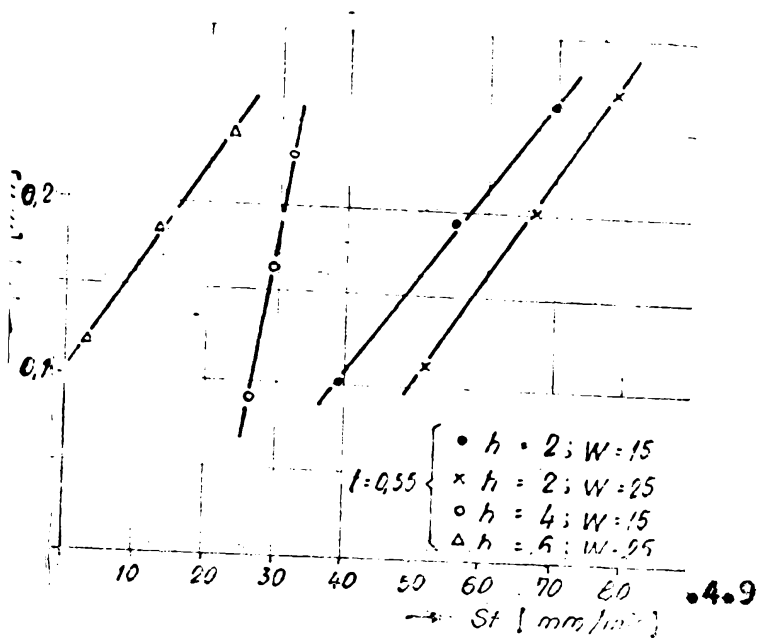


fig.4.10

Abateroa de la grosimea nominală a feliiilor debitate, crește cu creșterea avansului transversal și are valori maxime în cazul în care înălțimea semifabricatului este maximă iar debitul de lichid de răcire-ungere are valoarea maximă.

all.

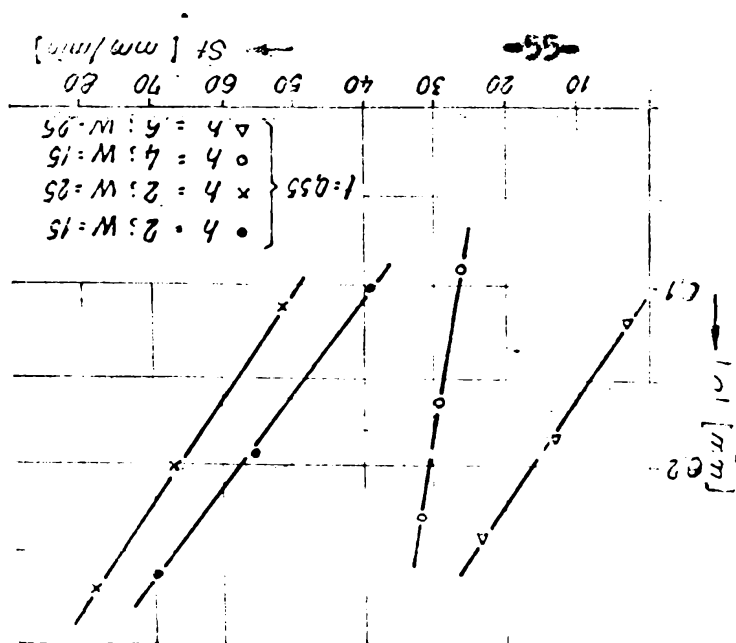


fig.4.9

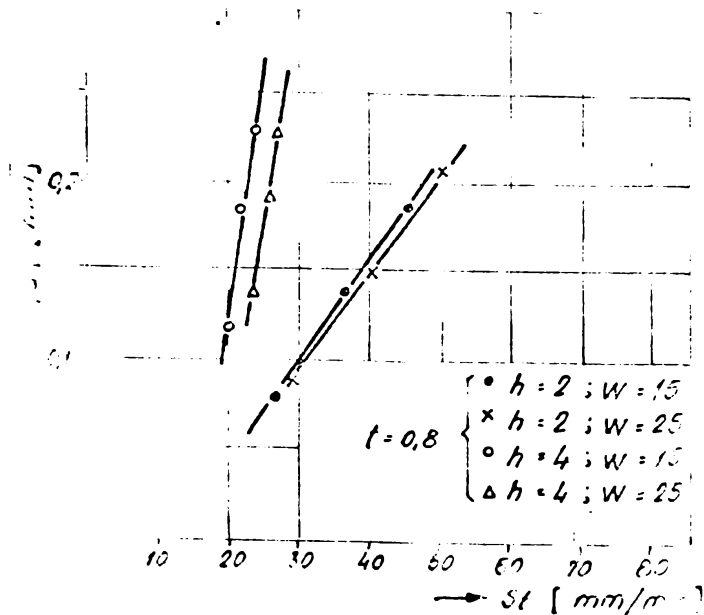


fig.4.10

Abateroa de la grosimea nominală a felilor debitate, crește cu creșterea avansului transversal și are valori maxime în cazul în care înălțimea semifabricatului este maximă iar debitul de lichid de răcire-ungere are valoarea maximă.

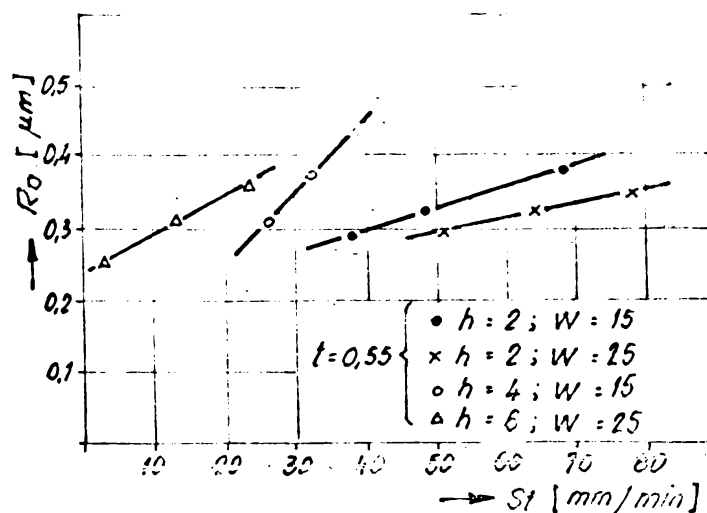


fig.4.11

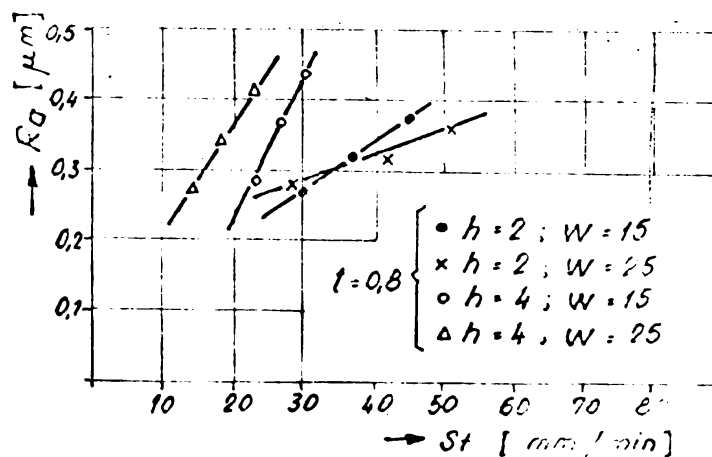


fig.4.12

Rugozitatea suprafeței debitate crește cu mărirea avansului și are valori maxime în cazul în care înălțimea semifabricatului este cea mai mare iar debitul lichidului de răcire-ungere are valoarea cea mai mică.

//.

NR EXPER	F (N)	t (mm)	h (mm)	R <sub>o</sub>		g		h'	f		N <sub>o</sub> f			
				1	2	1	2		1	2	1	2		
1	15	55	2	0,31	0,275	+0,11	+0,09	10	2	0,09	0,10	0,29	0,2	0,30
2	15	55	2	0,279	0,270	+0,12	+0,10	9,8	2,8	0,12	0,11	0,31	0,27	0,28
3	15	55	6	0,304	0,277	-0,09	-0,13	10,2	3,5	0,13	0,18	0,27	0,2	0,27
4	15	55	6	0,30	0,257	-0,11	-0,08	10,6	3,4	0,14	0,11	0,25	0,27	0,27
5	15	55	2	0,278	0,276	0,08	+0,09	10,7	4,7	0,18	0,18	0,27	0,27	0,27
6	15	55	2	0,265	0,270	-0,09	-0,09	10,9	4,0	0,18	0,16	0,27	0,27	0,27
7	15	55	6	0,287	0,279	-0,09	-0,11	10,7	5,1	0,13	0,13	0,27	0,27	0,27
8	15	55	6	0,28	0,280	-0,07	-0,13	10,2	5,6	0,14	0,18	0,28	0,27	0,27
9	25	55	2	0,371	0,372	+0,13	+0,25	10,24	3,5	0,18	0,17	0,78	0,75	0,70
10	25	55	2	0,354	0,359	-0,27	-0,24	10,24	3,5	0,17	0,14	0,48	0,47	0,46
11	25	55	6	0,359	0,361	-0,19	-0,18	10,20	3,5	0,35	0,38	0,87	0,89	0,86
12	25	55	6	0,371	0,367	-0,21	-0,24	10,21	3,9	0,37	0,42	0,96	0,97	1,01
13	25	55	15	0,37	0,373	-0,22	-0,20	10,2	3,5	0,19	0,18	0,77	0,74	0,77
14	25	55	2	0,365	0,369	-0,17	+0,10	10,22	5,0	0,24	0,20	0,91	0,9	0,91
15	25	55	6	0,378	0,382	-0,18	+0,11	10,2	3,0	0,16	0,17	0,66	0,67	0,67

Tabelul 4.6.

NR. EXPER.	F	t	h	W	$\sigma$	$\sigma$	hr	hf	Nef.
1	15	0,55	2	15	0,281	+ 0,07	2,6	0,17	0,29
					0,279	+ 0,07	2,8	0,09	0,25
					0,291	+ 0,10	2,7	0,10	0,30
2	15	0,55	4	25	0,276	- 0,07	3,6	0,21	0,55
					0,276	- 0,05	5,9	0,23	0,57
					0,267	- 0,05	5,9	0,22	0,56
3	25	0,8	4	15	0,419	+ 0,20	9,8	0,44	0,99
					0,424	+ 0,24	9,4	0,47	0,98
					0,420	+ 0,25	9,6	0,43	0,97
4	20	0,55	2	25	0,309	- 0,10	3,3	0,13	0,35
					0,309	- 0,11	3,0	0,15	0,31
					0,299	0,09	3,0	0,14	0,42
5	15	0,8	2	25	0,285	- 0,10	4,0	0,15	0,55
					0,277	- 0,09	4,3	0,14	0,53
					0,285	- 0,10	4,0	0,15	0,54
6	25	0,55	4	15	0,378	+ 0,22	7,0	0,32	0,95
					0,377	+ 0,22	7,0	0,30	0,93
					0,378	+ 0,22	7,0	0,32	0,95
7	20	0,8	2	25	0,298	+ 0,11	4,5	0,22	0,73
					0,301	+ 0,13	4,3	0,20	0,72
					0,298	+ 0,12	4,1	0,21	0,74
8	15	0,8	6	15	0,267	- 0,07	5,0	0,17	0,53
					0,267	- 0,07	5,4	0,16	0,65
					0,267	- 0,07	5,1	0,16	0,67
9	20	0,55	2	15	0,343	+ 0,08	6,1	0,23	0,75
					0,308	+ 0,12	6,2	0,20	0,75
					0,343	+ 0,08	6,1	0,23	0,74

NR EXPER	F	t	h	w	R <sub>a</sub>	a	hr	hf	Nef
10	25	0.8	6	25	0.365	+ 0.19	21.1	0.54	0.97
					0.369	+ 0.22	12.4	0.57	0.99
					0.374	+ 0.19	13.0	0.57	1.01
11	15	0.55	6	25	0.264	- 0.11	3.1	0.11	0.59
					0.257	- 0.14	3.3	0.14	0.63
					0.266	- 0.08	3.4	0.14	0.55
12	25	0.8	2	25	0.365	+ 0.19	4.5	0.24	0.91
					0.369	+ 0.22	4.9	0.22	0.94
					0.370	+ 0.22	5.0	0.20	0.91
13	20	0.8	2	15	0.320	+ 0.13	4.5	0.24	0.80
					0.327	+ 0.15	4.2	0.26	0.74
					0.317	+ 0.14	4.2	0.22	0.72
14	20	0.55	2	15	0.314	+ 0.09	3.7	0.17	0.39
					0.321	+ 0.10	3.5	0.15	0.37
					0.316	+ 0.11	3.6	0.16	0.38
15	25	0.55	6	25	0.371	- 0.21	8.8	0.37	0.96
					0.367	- 0.24	9.0	0.41	0.97
					0.366	- 0.21	8.9	0.42	1.01
16	25	0.55	2	15	0.377	+ 0.22	3.3	0.19	0.77
					0.372	+ 0.25	3.5	0.17	0.74
					0.373	+ 0.25	3.7	0.18	0.77
17	15	0.8	4	15	0.289	+ 0.09	8.7	0.31	0.65
					0.284	+ 0.07	8.6	0.30	0.63
					0.285	0.08	8.8	0.35	0.69
18	15	0.55	6	15	0.282	- 0.09	3.3	0.17	0.61
					0.277	- 0.13	3.5	0.19	0.67
					0.278	- 0.11	3.7	0.18	0.67

NO EXPER.	F	t	h	w	R <sub>a</sub>	a	h <sub>r</sub>	h <sub>f</sub>	N <sub>ef</sub>
19	20	0,8	4	25	0,291	-0,16	6,5	0,37	0,75
					0,292	-0,13	6,7	0,35	0,77
					0,294	-0,13	6,0	0,36	0,78
20	25	0,8	4	25	0,371	-0,24	7,9	0,33	0,98
					0,373	-0,20	7,6	0,36	1,00
					0,372	-0,25	7,9	0,36	0,96
21	15	0,8	2	15	0,278	+0,08	4,1	0,21	0,54
					0,276	+0,09	4,4	0,18	0,57
					0,277	+0,07	4,7	0,18	0,54
22	20	0,55	6	25	0,316	+0,01	7,9	0,36	0,78
					0,311	+0,05	8,2	0,35	1,01
					0,315	+0,01	8,7	0,38	0,78
23	20	0,8	4	15	0,320	-0,11	6,8	0,41	0,83
					0,316	-0,09	6,4	0,44	0,80
					0,318	-0,13	6,1	0,44	0,81
24	25	0,55	2	25	0,354	-0,27	3,3	0,17	0,45
					0,357	-0,24	3,6	0,14	0,47
					0,345	-0,24	3,0	0,14	0,46



= 1=

\*\*\*\*\*

Tab. 4.7.

Functia:Ra

valorile de intrare:

exp	y med	dispersia
1	0.284	.000049
2	0.277	9.9999998E-7
3	0.277	7E-6
4	0.257	.000019
5	0.277	9.9999998E-7
6	0.283	.000012
7	0.284	.000019
8	0.27944467	2.3333334E-6
9	0.37333333	4.3333334E-6
10	0.352	.000039
11	0.36	1.0000001E-6
12	0.368	4.9999997E-6
13	0.374	7E-6
14	0.368	6.9999997E-6
15	0.38033333	4.3333333E-6
16	0.373	.000013

corectat :

b0=0.32333333
b1= .003125
b2= .00045033331
b3= .0040416667
b4= .04525
b5=0
b6=0
b7=0
b8= .0023333334
b9= .0022083334
b10=0
b11=0
b12= .0033333333
b13=0
b14=0
b15= .0022063333

=====  
 Dispersia medie=.0000121875  
 COCHRAN calcul=0.25128205  
 COCHRAN (2,16)=0.33  
 STUDENT (31) =2.09  
 Prag semnificatie=.0018240798

val.calc.functia:1

y calculat 1=0.274425
y calculat 2=0.28145833
y calculat 3=0.27770833
y calculat 4=0.260375
y calculat 5=0.28445833
y calculat 6=0.28045833
y calculat 7=0.28604167
y calculat 8=0.27754167
y calculat 9=0.37379167
y calculat 10=0.35645833
y calculat 11=0.36154167
y calculat 12=0.366375
y calculat 13=0.37279167
y calculat 14=0.36429167
y calculat 15=0.37870833
y calculat 16=0.37470833

Coefficientii ec.de regresie necorectati :

b 0=0.32333333
b 1= .003125
b 2= .00045833331
b 3= .0040416667
b 4= .04525
b 5= .00016666667
b 6= .0016666667
b 7= .00020833333
b 8= .0023333334
b 9= .0022083334
b10= .0012083333
b11= .001625
b12= .0033333333
b13= .0016666667
b14= .00125
b15= .0022083333

FISCHER calculat=6.2521368  
 FISCHER (7,31)=6,4  
 MODEL CONCORDANT

\*\*\*\*\*

= 1=

Tab.4.8

Functia:a

valorile de intrare:

exp	y med	disparsia
1	0.1	.0001
2	0.11	.0001
3	0.11	.0004
4	0.11	.0009
5	.02	.0001
6	.02	.0001
7	0.1	.0001
8	0.11666667	.000233333333
9	0.24	.0001
10	0.25	.0003
11	0.25	.0001
12	0.22	.0003
13	0.24	.0003
14	0.21	.0003
15	0.18333333	.000233333333
16	0.2	.003

corectat :

- b0=.011041667
- b1=.044375
- b2=.0469758333
- b3=.044791667
- b4=.040625
- b5=.040625
- b6=.019375
- b7=.022291667
- b8=.034791667
- b9=.010625
- b10=.091875
- b11=.015625
- b12=.022708333
- b13=.043958333
- b14=0
- b15=.0036041667

Dispersia medie=.00024771667  
 COCHRAN calcul=0.22689076  
 COCHRAN (2,16)=0.33  
 STUDENT (31) =2.09  
 Prag semnificatie=.0082269557

val.calc.functia:2

- y calculat 1=0.106875
- y calculat 2=0.116875
- y calculat 3=0.116875
- y calculat 4=0.116875
- y calculat 5=.073125
- y calculat 6=.096875
- y calculat 7=.093125
- y calculat 8=0.10979167
- y calculat 9=0.233125
- y calculat 10=0.256875
- y calculat 11=0.183125
- y calculat 12=0.213125
- y calculat 13=0.246875
- y calculat 14=0.216875
- y calculat 15=0.1745833
- y calculat 16=0.193125

Coefficientii ec.de regresie necorectati :

- b 0=.011041667
- b 1=.044375
- b 2=.0469758333
- b 3=.044791667
- b 4=.040625
- b 5=.040625
- b 6=.019375
- b 7=.022291667
- b 8=.034791667
- b 9=.010625
- b10=.091875
- b11=.015625
- b12=.022708333
- b13=.043958333
- b14=.006875
- b15=.036041667

FISCHER calculat=9.1512605  
 FISCHER (1,31)=250  
 MODEL CONCORDANT

= 1=

\*\*\*\*\*

Functia:hr

Tab.4.9

valorile de intrare :

exp	y med	dispersia
1	2.7	.01
2	2.8	.01
3	3.5	.04
4	3.4	.01
5	4.4	.01
6	4.1	.03
7	5.2	.03
8	5.5666667	.023333333
9	3.5	.009999999
10	3.4	.03
11	3.3	.01
12	3.9	.009999999
13	3.5	.04
14	4.8	.07
15	3.1333333	.023333333
16	12.5	.021

corectat :

- b0=4.95
- b1=0.73333333
- b2=1.3
- b3=0.45
- b4=0.99166667
- b5=0.60833333
- b6=0.60833333
- b7=0.725
- b8=0
- b9=0.84166667
- b10= 0.40833333
- b11=0.48333333
- b12=0.55
- b13=0.6
- b14= 0.20833333
- b15=0.375

Dispersia medie=.040416667  
 COCHRAN calcul=0.32474227  
 COCHRAN (2,16)=0.33  
 STUDENT (31) =2.09  
 Prag semnificatie=0.10504286

val.calc.functia:3

- y calculat 1=2.8
- y calculat 2=2.9
- y calculat 3=3.4
- y calculat 4=3.3
- y calculat 5=4.3
- y calculat 6=4
- y calculat 7=5.3
- y calculat 8=5.6666667
- y calculat 9=3.6
- y calculat 10=3.5
- y calculat 11=7.7
- y calculat 12=3.8
- y calculat 13=3.4
- y calculat 14=4.7
- y calculat 15=3.2333333
- y calculat 16=12.6

Coefficientii ec.de regresie  
 necorectati :

- b 0=4.95
- b 1=0.73333333
- b 2=1.3
- b 3=0.45
- b 4=0.99166667
- b 5=0.60833333
- b 6=0.60833333
- b 7=0.725
- b 8= 0.1
- b 9=0.04166667
- b10= 0.40833333
- b11=0.48333333
- b12=0.55
- b13=0.6
- b14= 0.20833333
- b15=0.375

FISCHER calculat=11.876287  
 FISCHER (1,31)=250  
 MODEL CONCORDANT

\*\*\*\*\*

= 1=

Tab.4.10

Functia:hf

valorile de intrare:

exp	y med	dispersia
1	0.1	.0001
2	0.11	.0001
3	0.12	.0001
4	0.13	.0003
5	0.12	.0003
6	0.15	.0001
7	0.45	.0003
8	0.48	.0001
9	0.18333333	.00033333333
10	0.15	.0003
11	0.36666667	.00033333333
12	0.4	.0007
13	0.10	.0001
14	0.22	.0004
15	0.16	.0001
16	0.55	.0003

corectat :

- b0=0.25
- b1=.02375
- b2=.087583333
- b3=.0475
- b4=.02625
- b5=.026666667
- b6=.02875
- b7=.03
- b8=.022916667
- b9=0
- b10=.04625
- b11=.025833333
- b12=.025416667
- b13=.025
- b14=.038333333
- b15=.0095833334

Dispersia medie=.00023541667  
 COCHRAN calcul=0.18584071  
 COCHRAN (2,16)=0.33  
 STUDENT (31) =2.09  
 Prag semnificatie=.0080168711

val.calc.functia:1

- y calculat 1=.096666667
- y calculat 2=.106666667
- y calculat 3=.193333333
- y calculat 4=.133333333
- y calculat 5=.186666667
- y calculat 6=.146666667
- y calculat 7=.453333333
- y calculat 8=.483333333
- y calculat 9=.186666667
- y calculat 10=.153333333
- y calculat 11=.363333333
- y calculat 12=.396666667
- y calculat 13=.183333333
- y calculat 14=.223333333
- y calculat 15=.156666667
- y calculat 16=.546666667

Coefficientii ec.de regresie

necorectati :

- b 0=0.25
- b 1=.02375
- b 2=.087583333
- b 3=.0475
- b 4=.02625
- b 5=.026666667
- b 6=.02875
- b 7=.03
- b 8=.022916667
- b 9=.0033333334
- b10=.04625
- b11=.025833333
- b12=.025416667
- b13=.025
- b14=.038333333
- b15=.0095833334

FISCHER calculat=2.2654868  
 FISCHER (1,31)=250  
 MODEL CONCORDANT

= 1=

Tab.4.11

Functia:Nef

valorile de intrare:

exp	y med	dispersia
1	0.28	.0007
2	0.2866667	.00043333333
3	0.68	.0003
4	0.59	.0014
5	0.55	.0003
6	0.54	.0001
7	0.67	.0004
8	0.58222222	.00023333333
9	0.76333333	.00023333333
10	0.46	.00039999999
11	0.87333333	.00023333333
12	0.98	.0007
13	0.76	.0003
14	0.92	.0003
15	0.66666667	.00023333333
16	0.99	.0004

corectat :

b0=0.66033333
b1=.012916667
b2=.078333333
b3=.054166667
b4=0.13333333
b5=.03125
b6=.047916667
b7=.022916667
b8=.068333333
b9=.0225
b10=.021666667
b11=0
b12=.040416667
b13=.037083333
b14=.013333333
b15=.022916667

Dispersia medie=.00041041667  
 COCHRAN calcul=0.24365482  
 COCHRAN (2,16)=0.33  
 STUDENT (31) =2.09  
 Prag semnificatie=.010585193

val.calc.functia:2

y calculat	1=0.27208333
y calculat	2=0.29458333
y calculat	3=0.68791667
y calculat	4=0.50208333
y calculat	5=0.55791667
y calculat	6=0.53208333
y calculat	7=0.66208333
y calculat	8=0.69125
y calculat	9=0.75541667
y calculat	10=0.46791667
y calculat	11=0.98125
y calculat	12=0.97208333
y calculat	13=0.76791667
y calculat	14=0.91208333
y calculat	15=0.65875
y calculat	16=0.99791667

Coefficientii ec.de regresie necorectati :

b 0=0.66833333
b 1=.012916667
b 2=.098333333
b 3=.054166667
b 4=0.13333333
b 5=.03125
b 6=.047916667
b 7=.022916667
b 8=.068333333
b 9=.0225
b10=.021666667
b11=.007916667
b12=.040416667
b13=.037083333
b14=.013333333
b15=.022916667

FISCHER calculat=7.3299494  
 FISCHER (1,31)=250  
 MODEL CONCORDANT

\*\*\*\*\*

#### 4.3. Proiectarea, realizarea și experimentarea unor dispozitive și echipamente pentru prelucrarea C.D.F.

4.3.1. Instalatie pentru debitat cristale artificiale din esfir sau rubin cu discuri metalice și materiale abrazive în suspensie [33] .

Pornind de la faptul că în procesul de creștere al cristalelor, prin metoda Verneuil, din motive obiective diametrul acestor cristale este variabil (între 16-25 mm în mod obișnuit și 25 - 29 mm în unele cazuri, la safir), și că debitarea semicristalelor "agabritice" nu se poate efectua cu discuri diamantate (lungimea în consolă a suportului metalic a discurilor de debitat fiind prea mare - peste 20 cm -, se obțin abateri mari de la paralelismul leturilor felilor debitate și se deformează straturile active ale discului față de suportul metalic), a intervenit necesitatea debitării prin alte metode.

În urma studiilor întreprinse și a cercetărilor experimentale efectuate, autorul a ajuns la concluzia că metoda de debitare corespunzătoare este cea cu materiale abrazive în suspensie și discuri metalice simple.

Schemă de principiu a construcției instalației de debitat este reprezentată în fig. 4.13.

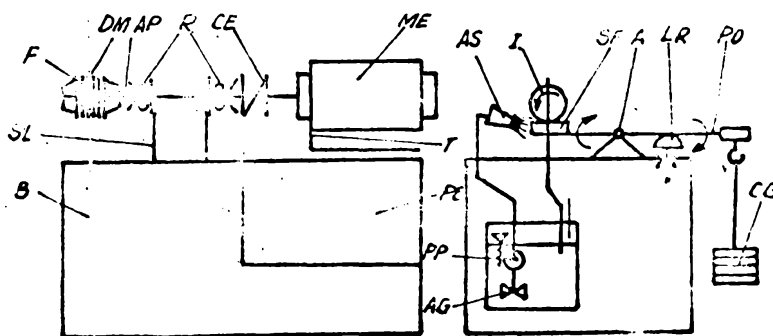


fig. 4.13.

- motorul electric ME pentru acționarea AP în mișcarea de rotație I. El este susținut de talpa de fixare I și transmite mișcarea prin intermediul cuplajului elastic cu bolturi CF ;

- discurile metalice DM sînt montate pe AP prin intermediul unei bușe conice pentru auto-centrare.

Între discuri există distanțieri cu grosimi corespunzătoare dimensiunii felilor de cristal care urmează să fi debitat. Pe flanșe F există o contragreutate reglabilă radial care determină funcționarea în regimul vibratoriu a discurilor de debitat. Aceste vibrații au rolul de a facilita alimentarea cu granule abrazive a zonei de

Instalația este formată din :

- batiul B realizat în construcție sudată ;
- suportul cu lagăre SL prevăzut cu rulmenții R, pe care se sprijină axul principal AP ;

interacțiune discuri-semicristal și deci, de a crește productivitatea debitării.

- penoul electric PE este destinat reglării turății DM în limitele vitezei optime de aşchiere ;

- pîzghia oscilantă PO, articulată în A, are rolul ca sub acțiunea contragreutăților CG să apese semifabricatul SF (semicristalul supus debitării) pe DM în timpul operației de debitare ;

- pompa peristaltică PP asigură alimentarea zonei de lucru cu suspensie abrazivă omogenizată de agitatozul AC.

Instelația de debitat funcționează astfel: discurile DM fiind montate la distanțele corespunzătoare grosimii de debitat, se asigură prin strângere axială și se verifică starea generală exterioară (să nu fie deformată, bătaia radială și frontală să fie sub 0,1 mm).

Se fixează SF prin strângere în locașul corespunzător de pe PO. Se montează numărul corespunzător de CG pentru realizarea spășării necesare (în timpul debitării), între SF și DM.

Ținând PO în poziția de depărtare maximă față de discurile DM și SF, se pornește PP și apoi ME. Se coboară cu atenție PO pînă cînd se realizează contactul SF cu DM. Se eliberează PO care sub acțiunea CG se rotește în jurul A în sensul săgeților de pe figură în timp ce DM pătrund în semicristal pînă la atingerea limitatorului reglabil LR. În acest moment aşchiera încetează, cristalul fiind complet debitat. Se oprește PP și ME, se ridică PO cu CG, se scoate plăcuța de sticlă cu semicristalul debitat în felii și se înlocuiește cu altă plăcuță pe care este lipit următorul semicristal ce va fi debitat.

Cicluul de debitare cu fazele amintite anterior se repetă ca mai înainte după fiecare semicristal debitat.

Pentru asigurarea unui regim optim de aşchiere, a preciziei dimensionale și calității suprafeței conform documentației tehnologice, este necesar ca în procesul de debitare să se regleze în limitele optime următorii parametri : regimul de aşchiere (turația DM și forța de avans radial), debitul de suspensie abrazivă, mărimea pătrunderii discurilor în plăcuța de sticlă pe care este lipit semicristalul de debitat și jocul axial al AP, datorat uzurii legărilor. De asemenea, este necesar a se face reglarea corectă a greutății destinate vibrației DM, în funcție de stadiul uzurii radiale a acestora.

Reglarea vitezei de aşchiere se poate realiza continuu prin reglarea turației ME, de curent continuu cu excitație separată care acționează AP și deci DM.

Reglarea spășării între DM și SF, se face prin intermediul CG, care prin adăugare, mărește valoarea spășării conform valorilor stabilite experimental în condiții de optimizare a debitării.

Reglarea debitului de suspensie abrazivă (carbura de siliciu și apă) se face de la DP până la asigurarea grosimii minime necesare a peliculei între DM și SF în zona de aşchieră.

Reglarea poziţiei de pătrundere a DM în plăcuţă de otelă (pentru ca debitarea felurilor să fie completă), se face de la SR pe măsura uzurii radiale a discurilor.

Pentru reglarea jocului axial a SF, au fost prevăzute inele de reglare care prin îndepărtare şi stringere a capacelor carcasaşii lagărilor compensează jocul în limitele admisibile.

Amplitudinea vibraţiilor discurilor metalice este reglată în funcţie de poziţia radială a contragreutăţilor reglabile existente pe flanşa F. Pentru menţinerea acestora în limitele optime este necesar ca pe măsura uzurii radiale a DM, să se modifice şi poziţia contragreutăţii pe F, prin deplasare spre o rază mai mare.

Instalaţia a constituit obiectul contractului de cercetare ştiinţifică nr.344/27.06.79 cu IANM.Timişoara.

În urma experimentărilor efectuate pe instalaţia prototip realizată la IANM.Timişoara, s-au obţinut următoarele rezultate :

- timpii de debitare cronometrăţi sînt cu 17 - 23 % mai mari decît la debitarea cu discuri diamantate ;

- numărul mediu de feli obţinute în urma debitării unui semi-cristal, este cu cca. 10 % mai mare decît la debitarea cu discuri diamantate (se folosesc discuri metalice cu grosimi de 0,6 sau 0,7 mm. faţă de 0,75 - 0,8 mm. la discurile diamantate);

- durabilitatea unui set de discuri metalice este de cinci ori mai mică decît cea a discurilor diamantate. În schimb, preţul de cost al unui disc diamantat este de 50 ori mai mare decît a unui disc metalic.

Analiza eficienţei economice a utilizării acestei instalaţii a condus la concluzia că anual se realizează o economie de cca. 500.000 lei, prin utilizarea în producţia de lagăre a semifabricatelor obţinute din semicristalele "agberitice", prin reducerea consumului de material îndepărtat la debitare şi prin economisirea sculei costisitoare (discuri diamantate).

4.3.2. Dispozitiv pentru corectarea profilului dozburilor diamantate folosite la finisarea lagărelor cu cavitate sferică.

La proiectarea dispozitivului s-a ţinut cont de faptul că partea conică la unghiul  $\alpha$ , respectiv raza R la vârful dozburii diamantate - fig.4.14 - să se realizeze la valori optime uşor reproducibile în funcţie de caracteristicile cavităţilor finisate.

Dispozitivul conceput este construit conform schemei din fig. 4.15. Plăcuţa magnetică PM, se sprijină pe plăci de bază (rectificate)



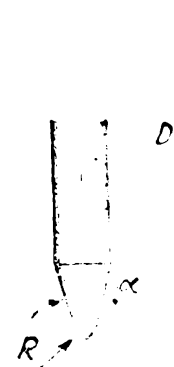


fig. 4.14

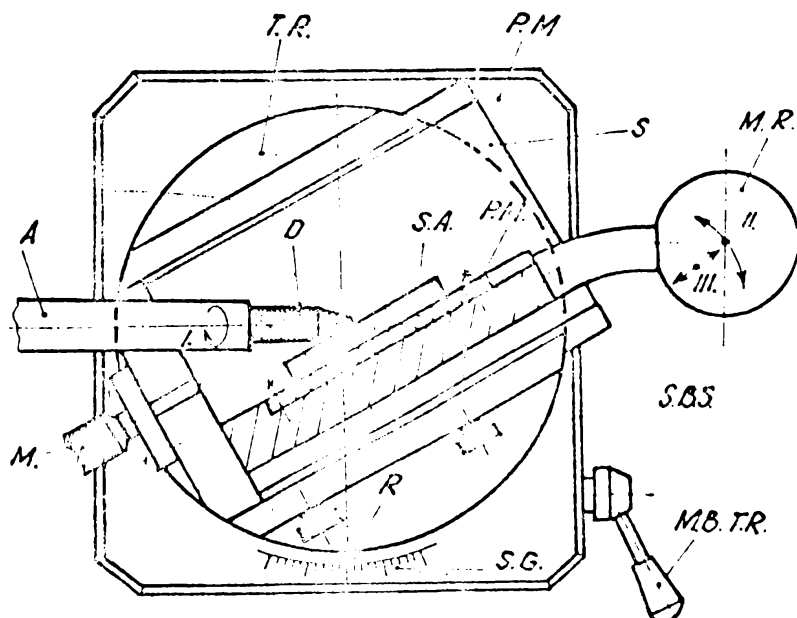


fig. 4.15

o maşini de finisat cavităţi sferice. Dornul diamantat *D* se poziţionează orizontal împreună cu axul *A* (în care este fixat prin lipire şi este centrat cu băteie radială nulă) şi în timp ce se roteşte cu viteză *I* (6000 rot/min), este cupus operaţiei de corectare a profilului (ce urmăreşte uzura care conduce la un anumit tip de abatere faţă de forma nominală a cavităţii sferice). Pentru aceasta, de la maneta de blocare a tamburului rotitor *MB.T.R.*, se deblochează tamburul rotitor *T.R.* şi se realizează deplasarea în direcţia *II* de la maneta de reglare *MB* până când se obţine unghiul conului la vîrf (indicat de corespondenţa reperului *R* cu gradajul corespunzător de pe sectorul gradat *SG*). Se blochează *T.R.* şi se deplasează *MB* în direcţia *III* (după ce s-a deblocat maneta *S* de la şuruburile de blocare *SBS*), până când se realizează contactul segmentului abraziv *SA* cu *D*. Micrometrul *M* (necesar corectării generatorului conului *D*), se poate regla astfel încît să permită deplasarea *S*, pe o cursă cît mai mare. Pentru corectarea ratei la vîrf, *M* se reglează astfel încît, prin blocarea *S* şi deblocarea *T.R.*, efectuînd mişcarea *II*, să putem obţine chiar mărimile ratei necesare la *D*.

Segmentul abraziv *SA* realizat din carbură de siliciu, este fixat pe placa metalică *PM* prin lipire cu adeziv tip UHU-PLUS, iar *PM* se montează cu şuruburi pe *S*.

Folosirea acestui dispozitiv a condus la reducerea timpului necesar corectării unui dorn, de trei ori faţă de corectarea manuală, profilul obţinut este corect (fără abateri de la rectilitatea ge-

neratoarelor conului și de la raza sferei de vîrf), iar productivitatea prelucrării a crescut cu cca. 24 % ca urmare a micșorării timpilor necesari corectării.

4.3.3. Dispozitiv cu reglare hidrostatică pentru poziționarea pe verticală a semifabricatului de debitat în funcție de uzura radială a discurilor diamantate.

Porvind de la neajunsurile legate de construcția dispozitivului cu care a fost echipată mașina de debitat (deplasarea are loc pe plan înclinat, posibilitatea pătrunderii așchilor detașate în zona de ghidare a dispozitivului, uzuri pronunțate, posibilitatea blocării și manevrării nevoioase), se proceda la adoptarea în proiectare a secționării hidrostatice datorită următoarelor avantaje :

- crește rigiditatea sistemului tehnologic-elastic ;
- realizează presiunea și deci forța de reglare cu eforturi scăzute și în timp minim ;
- forța de acționare dezvoltată se transmite liniștit, fără șocuri, ca urmare a incompresibilității uleiului mineral utilizat ;
- permite realizarea de deplasări și opriri la cotă ;
- permite schimbarea ușoară a sensului de deplasare a elementului de execuție (suportul semifabricatului) ;
- durata de exploatare este mult mai mare, deoarece uzura este redusă, uleiul avînd acțiune lubrefiantă ;
- evită pătrunderea așchilor și a produselor abrazive în zonele suprafețelor aflate în mișcare relativă.

Schema de principiu a construcției dispozitivului, este reprezentată în fig. 4.16. Dispozitivul este format din : corpul dispozitivului CD, capetul superior CS, plunjerul vertical PV, plunjerul orizontal PO, bucaș filetată BF, placă de bază PB, garniturile de etanșare GE, șurubul pentru blocarea rotirii SM, moneta de secționare MA, șurubul ghidajului SG, pană P, limitator de rotație LB, placă superioară PS și placă de legătură PL.

BF are filet pe dreapta la exterior și filet pe stînga la interior, pentru a asigura o deplasare rapidă a P.O. Deplasarea SF și a PO, are loc în același sens. Pasul filetului SF pe dreapta este de 10 mm, iar pasul filetului BF pe stînga este de 6 mm. Pentru ca PV să realizeze o deplasare pe verticală de 10 mm (domeniul de reglare necesar), trebuie să se rotească MA cu 3,4 rotații.

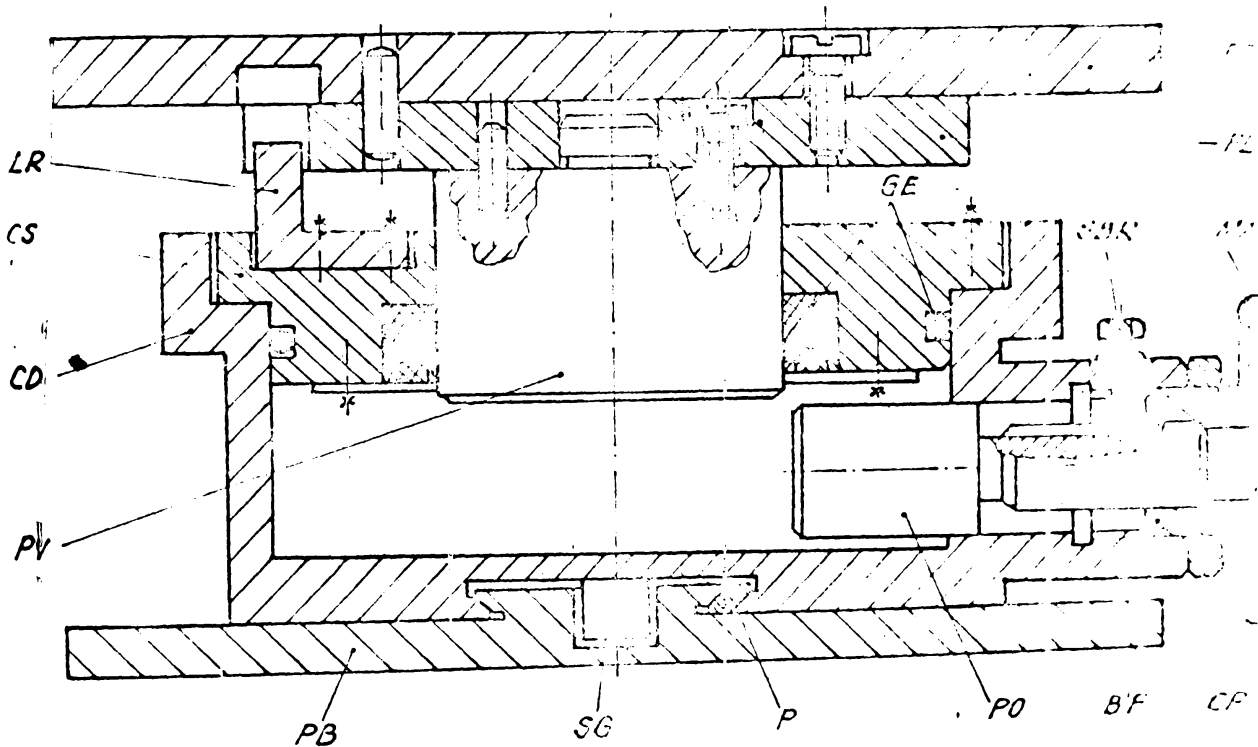


fig. 4.16

4.3.4. Dispozitiv de lucru cu avans liniar alternativ și divizare, cu patru posturi, destinat automatizării debitării în felii a semieristalelor din safir și rubin sintetic.

4.3.4.1. Generalități. Construcția și funcționarea dispozitivului.

Acest dispozitiv a fost conceput să fie fixat pe placă superoară a dispozitivului descris la subcapitolul 4.3.3.

Principala caracteristică a acestui dispozitiv, o reprezintă posibilitatea preluării succesive a celor patru semieristale fixate pe posturile de lucru și ce urmează, reducerea substanțială a timpilor auxiliari.

Această caracteristică, reprezintă și principiul avantaj pe care acest dispozitiv îl are față de dispozitivul cu care a fost echipată mașina de debitat în etapa inițială, acesta din urmă asigurând prelucrarea doar a unui singur semifabricat la un ciclu de lucru.

Întrucât programul anual de fabricație presupune un număr de piese  $N > 500$  și toleranțe minimă  $T_{min} < 0,02$  mm, în funcție de timpul ajutător te și norma de timp  $Mt$  evoluate, s-a putut trece la proiectarea acestui dispozitiv.

Automatizarea dispozitivului cu cele patru posturi de lucru

a fost acceptată din considerentul că  $Nt \cdot M > 1000$  ore, iar puterea necesară prelucrării este o cotă parte din puterea disponibilă a mașinii de debitat.

Același considerent al automatizării, prin conceperea mai multor posturi de lucru, s-a fundamentat pe baza ponderii ridicate a timpului de bază  $t_b$  din norma de timp ( $t_b \gg t_a$ ), iar loturile de piese sînt repetabile astfel încît, timpul ajutător se suprapune peste cel de bază.

Mișcarea rectilinie alternativă MRA - fig. 4.17 - a mesei dispozitivului MD, este comandată de un mecanism cu manivelă oscilantă MO, compus din rola  $RO_1$  care culisează în canalul din MO și este fixată de roata meloasă RM, axul excentric AE fixat în butucul roții meloase BR și bolțul manivelei BM care culisează în canalul transversal profilat pe partea inferioară a MD. Rotirea discului D (mișcarea de divizare intermitentă MDI), pe care se află eticheta suport SS pe care se lipesc cele patru semieristale - fig.4.18 - se realizează printr-un mecanism cu cruce de Malta, compus din discul DM cu patru canale practice pe suprafața frontală, bolțul B cu rola  $RO_2$  care intră pe rînd în canalele DM și este fixat pe roata dințată BD. Această BD, este acționată de roata meloasă RM, prin intermediul coroanei dințate CD, solidară cu ea. Fixarea poziției D, se realizează cu ajutorul penei fixe PF, care intră în canalul DM în timpul evanșului MD (mișcarea MRA). Roata BM este acționată de melcul M, legat

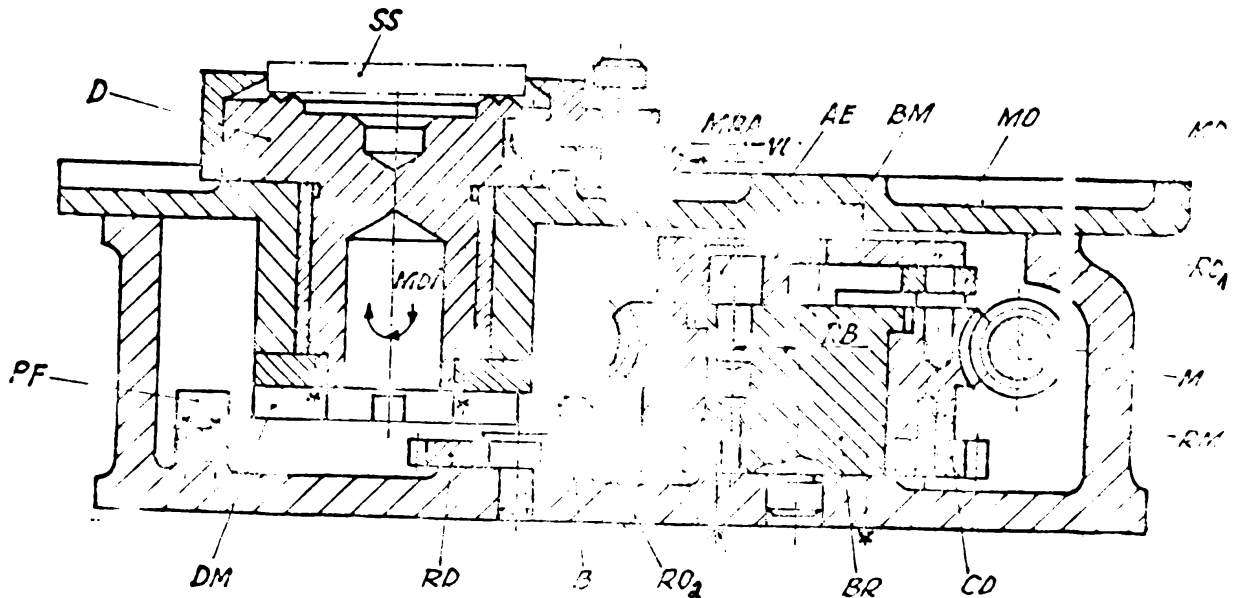


fig. 4.17

cu mecanismul de evans al mașinii printr-un cablu de tensiune flexibil. Rotirea D se face în timpul opririi de scurtă durată a MD. Acest lucru se produce la ieșirea discului DM din cuplarea cu PF. Oprirea MD se realizează prin crearea unei porțiuni circulare a canalului în

care intră în porțiune situată la raza față de A.

Funcționarea dispozitivului se realizează conform următorului ciclu :

- deplasarea în dreapta (cu viteza de lucru  $V_e$  a mișcării  $MA$ ), astfel încât semicristalul fixat pe  $BB$  în poziția centrală dreapta - fig. 4.18 - să fie debitat ;

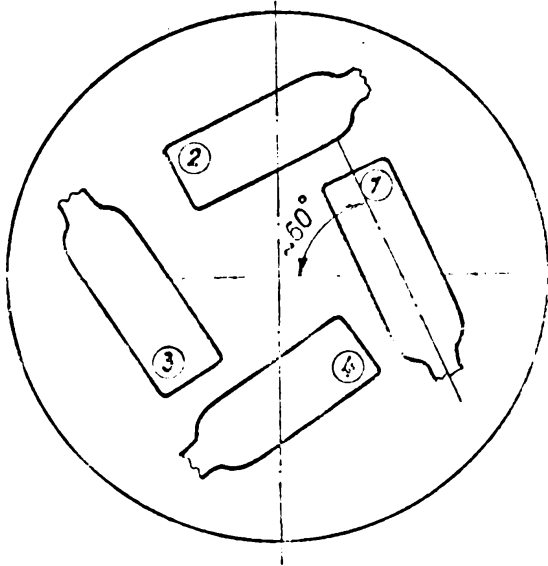


fig. 4.18

- oprirea mișcării  $MA$  (și de afilă pe porțiunea curbilinie) și realizarea  $MB$  pentru ca semicristalul 2 să ajungă în poziția de debitare ;

- revenirea  $MA$  în poziția inițială (cu viteza  $V_g$ ), după ce dispozitivul a fost coborât cu o distanță care să evite degradarea discurilor de debitat ;

- reluarea ciclului de debitare pentru celălalt semicristal.

#### 4.3.4.2. Calculul legii de mișcare a $MO$ în canalul $MO$ .

Acest calcul are la bază funcțiile trigonometrice excentrice, definite conform fig.4.19.

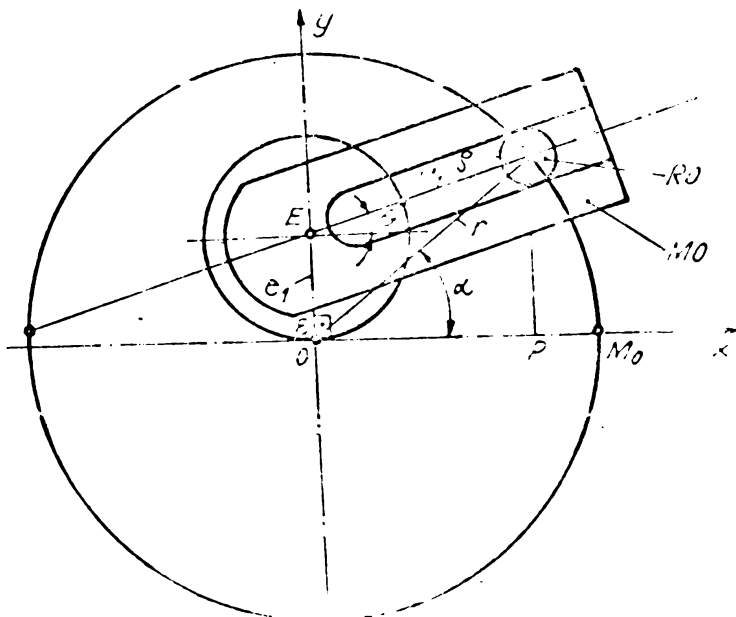


fig. 4.19

Din construcția de cu-nosc :

$$r = 55 \text{ mm} ; e_1 = 28 \text{ mm}$$

$$\xi = \frac{\pi}{2} ; e = \frac{e_1}{r}$$

Unghiul momentan  $\alpha$  se exprimă cu relația :

$$\alpha = \theta - \text{arc sin} \left[ e \sin (\theta - \xi) \right] = \theta - \text{arc sin}$$

$$\left[ \frac{e_1}{r} \sin (\theta - \xi) \right] .$$

Pentru  $\theta = 30^\circ \Rightarrow$

$$\alpha = 56^\circ 9' 37'' .$$

Legea de mișcare a  $MO$  în canalul  $MO$  este definit de funcția :

$$\rho = r \cdot \sec(\theta, \epsilon, \xi) = r \left[ -e \cos(\theta - \xi) + \sqrt{1 - e^2 \sin^2(\theta - \xi)} \right]$$

Pentru  $\theta = 30^\circ \Rightarrow \rho = 29,243 \text{ mm}$ .

Se calculează derivata excentrică de  $\theta$  :

$$\frac{d\rho}{d\theta} = \sec \theta = 1 - \frac{e \cos(\theta - \xi)}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2(\theta - \xi)}} = 1 - \frac{\frac{e}{r} \cos(\theta - \xi)}{\sqrt{1 - \frac{e^2}{r^2} \sin^2(\theta - \xi)}}$$

Pentru  $\theta = 30^\circ \Rightarrow \sec \theta = 0,716$

Se calculează viteza unghiulară  $\omega_\theta$  :

$$\frac{d\rho}{dt} \cdot \frac{1}{\frac{d\rho}{d\theta}} = \frac{w_x}{w_\theta} = \sec \theta \Rightarrow w_\theta = \frac{w_x}{\sec \theta}, \text{ unde } \frac{d\rho}{dt} = w_x \text{ și}$$

$$\frac{d\theta}{dt} = w_\theta$$

Pentru  $\theta = 30^\circ$  și  $w_x = 0,691 \text{ rad/s} \Rightarrow w_\theta = 0,965 \text{ rad/sec}$ .

Se calculează coordonatele momentane ale punctului M în sistemul de coordonate XOY, cu relațiile :

$$Y_M = r \cos \theta = r \left[ e \sin(\theta - \xi) \cos \theta + \sin \theta \sqrt{1 - e^2 \sin^2(\theta - \xi)} \right]$$

$$X_M = r \sin \theta = r \left[ e \sin(\theta - \xi) \sin \theta + \cos \theta \sqrt{1 - e^2 \sin^2(\theta - \xi)} \right]$$

Pentru  $\theta = 30^\circ$  se obține :

$$Y_M = 3,687 \text{ mm}$$

$$X_M = 30,631 \text{ mm}$$

Pentru a determina viteza deplasării pe orizontala (după A și B0, se calculează prima derivată a lui X :

$$\begin{aligned} \dot{X} &= r \frac{d(\sin \theta)}{dt} = r \frac{d(\sin \theta)}{d\theta} \cdot \frac{d\theta}{dt} = r \left[ (-\sec \theta \cos \theta) \cdot w_\theta = \right. \\ &= r \left[ -\sec \theta \cos \theta \right] \frac{w_x}{\sec \theta} = -r w_x \cos \theta = -r w_x \left[ \frac{e}{r} \sin(\theta - \xi) \cos \theta + \right. \\ &\left. + \sin \theta \sqrt{1 - \frac{e^2}{r^2} \sin^2(\theta - \xi)} \right] \end{aligned}$$

Viteza este variabilă pe direcția X în funcție de valoarea unghiului  $\theta$ .

Pentru  $\theta = 30^\circ \Rightarrow \dot{X} = 2,547 \text{ mm/sec}$ .

4.3.4.3. Calculul legii de mișcare a bolțului B1, pentru deplasarea masei MD.

Calculul se va referi la punctul B1 care definește centrul B1 din cunoscutul transversal al MD, conform fig. 4.20.

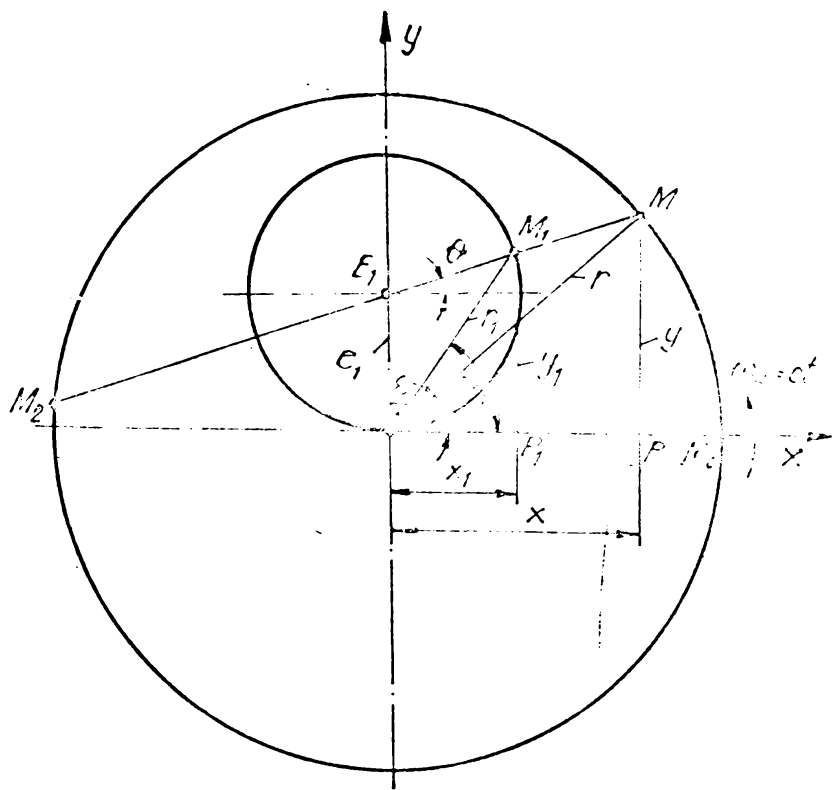


Fig. 4.20

$$\begin{cases} r_1 = \frac{e_1(1+\sin \theta)}{\sin \alpha_1} \\ \alpha_1 = \theta - \arcsin \left[ \frac{e_1}{r_1} \sin(\theta - \varepsilon) \right] \end{cases}$$

din acest sistem se determină  $\sin \alpha_1$

$$\alpha_1 = \theta - \arcsin \left[ \frac{e_1 \sin(\theta - \varepsilon) \sin \alpha_1}{e_1(1 + \sin \theta)} \right]$$

$$\sin \alpha_1 = \sin \left\{ \theta - \arcsin \left[ \frac{\sin(\theta - \varepsilon) \sin \alpha_1}{1 + \sin \theta} \right] \right\}$$

$$+ \sin \theta \cos \left\{ \arcsin \left[ \frac{\sin(\theta - \varepsilon) \sin \alpha_1}{1 + \sin \theta} \right] \right\} = \sin \left\{ \arcsin \left[ \frac{\sin(\theta - \varepsilon) \sin \alpha_1}{1 + \sin \theta} \right] \right\} \cos \theta$$

sau, în general,  $\sin(\arcsin x) = x$

$$\cos(\arcsin x) = \sqrt{1 - \sin^2(\arcsin x)} = \sqrt{1 - x^2}$$

$$\text{deci, } \sin \alpha_1 = \sin \theta \sqrt{1 - \left[ \frac{\sin(\theta - \varepsilon) \sin \alpha_1}{1 + \sin \theta} \right]^2} = \cos \left[ \frac{\sin(\theta - \varepsilon) \sin \alpha_1}{1 + \sin \theta} \right]$$

$$\text{sau } \sin \theta \sqrt{1 - \left[ \frac{\sin(\theta - \varepsilon) \sin \alpha_1}{1 + \sin \theta} \right]^2} = \sin \alpha_1 + \cos \theta \left[ \frac{\sin(\theta - \varepsilon) \sin \alpha_1}{1 + \sin \theta} \right]$$

prin ridicarea la pătrat se obține :

$$\sin^2 \theta \left\{ 1 - \left[ \frac{\sin(\theta - \varepsilon) \sin \alpha_1}{1 + \sin \theta} \right]^2 \right\} = \sin^2 \alpha_1 + \cos^2 \theta \left[ \frac{\sin(\theta - \varepsilon) \sin \alpha_1}{1 + \sin \theta} \right]^2$$

...

se observă că :

$$r_1^2 = r_1^2 = r_1^2 = e_1^2$$

de aceea valoarea

la  $e_1$  și se trebuie

determină valoarea

$r_1$

din fig. 4.20 se

obține că :

$$r_1 = e_1 + e_1 \sin \theta = e_1(1 + \sin \theta)$$

sin  $\Delta$   $e_1 r_1$  :

$$\sin \alpha_1 = \frac{y}{r_1} =$$

$$= \frac{e_1(1 + \sin \theta)}{r_1}$$

Conștientăm deci :

- 75 -

$$+ 2 \sin \alpha_1 \cos \theta \left[ \frac{\sin(\theta - \varepsilon) \sin \alpha_1}{1 + \sin \theta} \right]$$

Notind  $\frac{\sin(\theta - \varepsilon) \sin \alpha_1}{1 + \sin \theta} = A$  și înlocuind în ultimă relație, se obține

$$\sin^2 \theta (1 - A^2) = \sin^2 \alpha_1 + \cos^2 \theta A^2 + 2 \sin \alpha_1 \cos \theta A$$

$$\sin^2 \theta - \sin^2 \theta A^2 - \cos^2 \theta A^2 - \sin^2 \alpha_1 - 2 \sin \alpha_1 \cos \theta A = 0$$

$$\sin^2 \theta - A^2 (\sin^2 \theta + \cos^2 \theta) - \sin^2 \alpha_1 - 2 \sin \alpha_1 \cos \theta A = 0$$

$$\sin^2 \theta - A^2 - 2 \sin \alpha_1 \cos \theta A - \sin^2 \alpha_1 = 0$$

$$\sin^2 \theta - \frac{\sin^2(\theta - \varepsilon) \sin^2 \alpha_1}{(1 + \sin \theta)^2} - 2 \sin \alpha_1 \cos \theta \frac{\sin(\theta - \varepsilon) \sin \alpha_1}{1 + \sin \theta} - \sin^2 \alpha_1 = 0$$

prin aducere la același numitor, se obține :

$$\sin^2 \theta (1 + \sin \theta)^2 - \sin^2(\theta - \varepsilon) \sin^2 \alpha_1 - 2 \sin^2 \alpha_1 \cos \theta \sin(\theta - \varepsilon) (1 + \sin \theta) - \sin^2 \alpha_1 (1 + \sin \theta)^2 = 0,$$

cu condiția ca numitorul comun eliminat să nu se anuleze, adică :

$$(1 + \sin \theta)^2 \neq 0, \quad \sin \theta \neq -1 \Rightarrow \theta = \frac{3\pi}{2}$$

$$\sin^2 \alpha_1 \left[ \sin^2(\theta - \varepsilon) + 2 \cos \theta \sin(\theta - \varepsilon) (1 + \sin \theta) + (1 + \sin \theta)^2 \right] = \sin^2 \theta (1 + \sin \theta)^2$$

$$\Rightarrow \sin^2 \alpha_1 = \frac{\sin^2 \theta (1 + \sin \theta)^2}{\sin^2(\theta - \varepsilon) + 2 \cos \theta \sin(\theta - \varepsilon) (1 + \sin \theta) + (1 + \sin \theta)^2}$$

Se obține :

$$\sin \alpha_1 = \frac{\sin \theta (1 + \sin \theta)}{\sqrt{\sin^2(\theta - \varepsilon) + 2 \cos \theta \sin(\theta - \varepsilon) (1 + \sin \theta) + (1 + \sin \theta)^2}} \text{ și deci}$$

$$\alpha_1 = \frac{\theta \cdot \sqrt{\sin^2(\theta - \varepsilon) + 2 \cos \theta \sin(\theta - \varepsilon) (1 + \sin \theta) + (1 + \sin \theta)^2}}{\sin \theta}$$

Pentru  $\theta = 30^\circ$

$$\sin \alpha_1 = 0,4219 \Rightarrow \alpha_1 = 24^\circ 57' 19''$$

4.3.5. Dispositiv pentru imprimarea granulelor de diamant artificial, pe periferia discurilor metalice de la marginile de rectificat rotund exterior, pentru semifabricate din safir sau rubin sintetic.

Porzind de la necesitatea înlocuirii cuprului (ca material deficitar) folosit la confecționarea discurilor diamantate pentru rectificarea exterioară de finisare a lagărelor din safir și rubin sintetic, s-a studiat posibilitatea utilizării diverșilor suportți metalici.



În varianta utilizării cuprului, granulele de diamant se pot imprima pe partea periferică a discului, la rece, pe o roagă specială cu role din oțel oțlit. Pentru utilizarea oțelului în loc de cupru, se pune problema diferenței de duritate pentru imprimare la rece știut fiind că diamantul nu rezistă la compresii decât la forțe de cca.  $2,4 \text{ daN/mm}^2$ .

Din acest motiv, s-a procedat la încălzirea straturii superficială a discului din oțel până la o temperatură care să permită micșorarea durității straturii superficială a discului din oțel până la o temperatură care să permită micșorarea durității straturii respectiv ca urmare a creșterii plasticității materialului, dar să nu se depășească limita de stabilitate termică a diamantului, caz în care calitățile sale schiețoare ar fi compromise.

Pentru a nu afecta rigiditatea în ansamblu a discului metalic și cu atât mai mult pentru a păstra forma geometrică cilindrică s-a folosit încălzirea cu curenți de înaltă frecvență folosind instalația din dotarea laboratorului cetedrei cu adaptarea inductorului pentru dimensiunile necesare ale viitorului disc diamantat.

Instalația de încălzire cu CIP este formată din: generator de înaltă frecvență, transformator de înaltă tensiune, redresor și oscilatori, excitație, condensatoare de compensație, transformator de ajustare și inductor.

În vederea imprimării diamantului prin presare, pe un strung normal tip SIA 900 x 1000 s-a proiectat și realizat un dispozitiv - fig.4.21 - sprijinit pe sena transversală SI și compus din: placă de bază PB, suport rolă fix SRF, suport rolă mobil SRM și mecanism șurub - piuliță pentru deplasarea suportului cu rolă mobilă. Amplificarea forței de strângere a discului de imprimat D, între roțile R, se face prin intermediul șanțurilor M, pe toată durata corepunzătoare tehnologiei de imprimare.

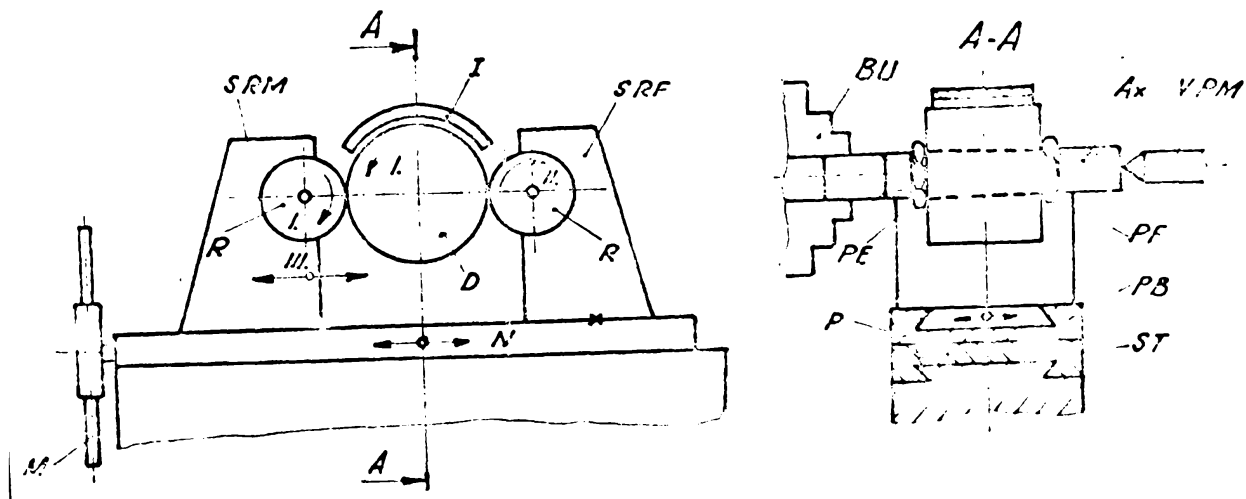


fig. 4.21

Pentru imprimare, discul din oțel este montat pe un doză Ax (cu conul Morse corespunzător axului port disc de la mașina de rectificat), este pus în mișcarea de rotație I prin intermediul arborelui principal al strungului, a barelor universale ale M și sprijinit cu plăcuțelor în vârful din pinole păpușii mobile VII.

Pentru fixare pe conul Morse, se folosește piulița P iar pentru extragere se folosește piulița P<sub>1</sub>.

Lezarece în timpul presării, axa de rotație a discului trebuie să nu fie deviată ca urmare a forței de spăcare radiale, dispozitivul cu rolele de imprimare este simplu rezemat pe cania transversală și se va autocentra față de poziția relativă a rolelor, mișcarea IV, iar forțele de presare (ca urmare a strungerii discului între role, de la mecanismul gurub-piuliță), se vor anula reciproc fiind diametrul opus și egale ca valoare. Penele R au rolul de a centra dispozitivul față de D și ghidează în canalele T ale S.T.

Etapele pregătitoare în vederea imprimării se referă la :

- Instalarea de încălzire cu CIP (verificarea alimentării cu tensiune a instalației, verificarea sistemului de răcire cu apă a inductorului față de piesă).

- Dispozitivul de imprimare (aducerea în contact a rolelor pentru imprimare și verificarea rectilității și coliniarității generatoarelor cilindrilor care prin rostogolire vor urmări conturul viitorului disc diamantat).

- Discul de imprimat (montarea acestuia pe ax, montarea axului în universal și sprijinirea în vârful din păpușă mobilă, verificarea bătăii radiale a discului în stare montată pe ax - bătăia radială să fie max 0,01 mm -, verificarea stării suprafeței discului de imprimat care nu trebuie să prezinte discontinuități, lovituri, etc. și să aibă o rugozitate  $Ra \leq 6,3 \mu m$  .

- Strungul pe care este montată instalația CIP (se verifică la mers în gol dacă piesa se rotește cu turația cea mai mică - n = 16 rot/min -, se verifică dacă inductorul nu atinge piesa).

- Materialele necesare pentru imprimare (se dozează prin cântărire cantitatea de diamant artificial necesară la imprimare, se amestecă și se omogenizează diamantul cu materialele necesare protejării împotriva oxidării stratului superficial al discului).

Imprimarea se realizează astfel : se depune peste cu amestecul omogenizat pe D, se cuplează mișcarea I, se pornește instalația de încălzire cu CIP, se conectează transformatorul de ajustare astfel ca inductorul I să încălzească suprafața D. la o temperatură de cea. 760 ... 800°C. Se acționează E și astfel prin mișcarea III rolele de imprimare vor atinge D și vor fi antrenate în mișcarea II. Ca urmare a forțelor de spăcare, granulele de diamant vor fi impri-

este în strâmtul exterior încălzit al D. Forța și spășere și timpul de menținere sunt astfel corelate încât să nu deformeze suplimentar partea periferică a D dar să asigure imprimarea completă a tuturor granulelor de diamant.

După imprimare se oprește încălzirea dar forța de presare se mai menține încă pentru realizarea unei calibrări necesare menținerii granulelor cu creștele exterioare la nivelul materialului suport deosece prin răcire liberă aceste creste sunt împinse datorită contracției, în afara diametrului exterior al D și vor avea un efect negativ asupra calității viitoarelor suprafețe prelucrate prin rectificare cu asemenea scule.

Principalele avantaje ale aplicării acestei tehnologii sunt :

- Timpul necesar imprimării diamantului pe periferia discurilor de reduce față de imprimarea la rece de cca. 4 ori ;
- Durabilitatea în funcționare a discurilor metalice diamantate crește de cca. două ori ;
- Înlocuiesc discurile din cupru.

4.3.6. Instalație pentru debitat cristale din safir și rubin obținute prin tragere continuă din topitură.

4.3.6.1. Generalități.

Pornind de la forma și dimensiunile acestor cristale, de la dezavantajul debitării staționare (rebuturi prin fisurare în zona de legare din aşchiere a discurilor de debitat), s-a impus adoptarea unei soluții constructive de instalație de debitat, care să fie ieftină, ergonomică și productivă.

Deosebitele avansuri semifabricatului, fixarea și eliberarea acestuia sunt aspecte hotărâtoare sub aspectul productivității prelucrării, la conceperea instalației pentru debitat s-au avut în vedere următoarele :

- alimentarea cu semifabricate să se facă pe verticală pentru a beneficia de posibilitatea căderii libere a acestora până la un opritor reglabil ;
- fixarea și eliberarea semifabricatului să se facă automat ;
- numărul de posturi de alimentare să fie stabilit astfel încât timpul auxiliar necesari trecerii de la un post la altul să fie minim ;
- discul de debitat să fie montat pe un ax cu sustentare hidrostatică pentru a evita bătaiele radiale și vibrațiile (datorate uzurii lagărelor cu rulmenți - varianta inițială conform licenței) ;
- avansul semifabricatelor față de discurile de debitat să se facă circular ;
- antrenarea în mișcare de rotație a semifabricatului și în mișcare de avans circular să se facă cu motoare de curent con-

tinu, pentru a se putea stabili prin reglare, regimul de așchiere optim la debitare.

#### 4.3.6.2. Subansamblul păpușă - portdisc.

Ca urmare a necesității avansării libere a semifabricatului prin cădere liberă pe verticală, axul portdisc trebuie de asemenea să aibă poziție verticală (fig.4.22).

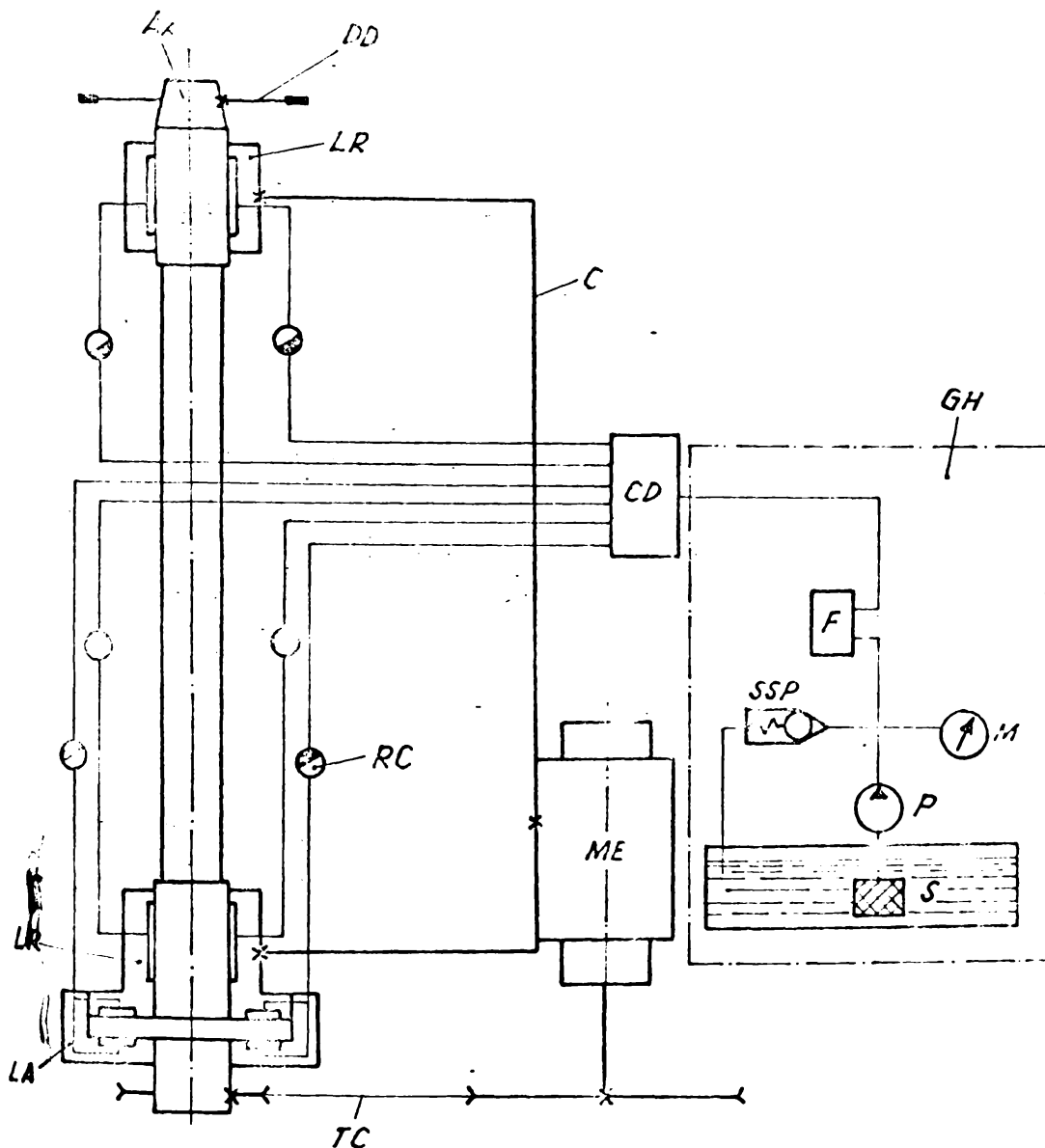


fig. 4.22

Azul portdisc Ax este lăgăruit radial prin cele două lagăre LR și axial prin LA. Sistemul de lăgăruire este cu sustentăție hidrostătică, alimentat de la grupul hidraulic GH, prin corpul de distribuție CD și restrictorii capilari RC.

Motorul electric ME, prin transmisia cu curele trapezoidale TC, antrenează în mișcare de rotație Ax și discul de debitat DD.

Careca C care susține lagărele, este prevăzută a se realiza în construcție turnată, cu adăos de prelucrare.

La calculul lagărelor cu sustentajie hidrostatică se pornit de la următoarele considerente :

- reacțiunea din lagărele radiale este de cca. 500 N ;
- pe baza experienței acumulate în acest domeniu, în [95] se recomandă (fig.8) :

- a). Jocul dintre fus și lagăr  $h = 0,035$  mm.
  - b). Debitul de ulei pentru un bușunaz  $q = 0,329$  l/min.
  - c). Diametrul și lungimea restrictorului capilar RC, 0,64 mm și respectiv 131 mm.
  - d). Presiunea din bușunaz trebuie să fie de  $10 \text{ daN/cm}^2$ .
  - e). Presiunea pompei de alimentare este de  $20 \text{ daN/cm}^2$ .
  - f). Viteza de rotație a Ax, în lagăr să fie  $v \leq 15$  m/s.
- turația axului port disc este de 5200 rot/min și deci pe baza celor precizate :

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{60 \cdot 1000} = 13,5 \text{ m/s.}$$

- limitarea deplasărilor axiale a Ax se face tot prin lăgăruire cu sustentajie hidrostatică (v.fig. 4.23).

Pentru lagărele radiale este necesar să se mai calculeze următoarele elemente :

$$Q_t = Q \cdot Z \text{ [l/min]} \text{ unde :}$$

$Q_t$  - debitul total pentru un lagăr radial

$Q$  - debitul pentru un bușunaz

$Z$  - numărul de bușunazuri (se alege  $Z=4$  - fig.4.23) -

$$Q_t = 1,316 \text{ l/min.}$$

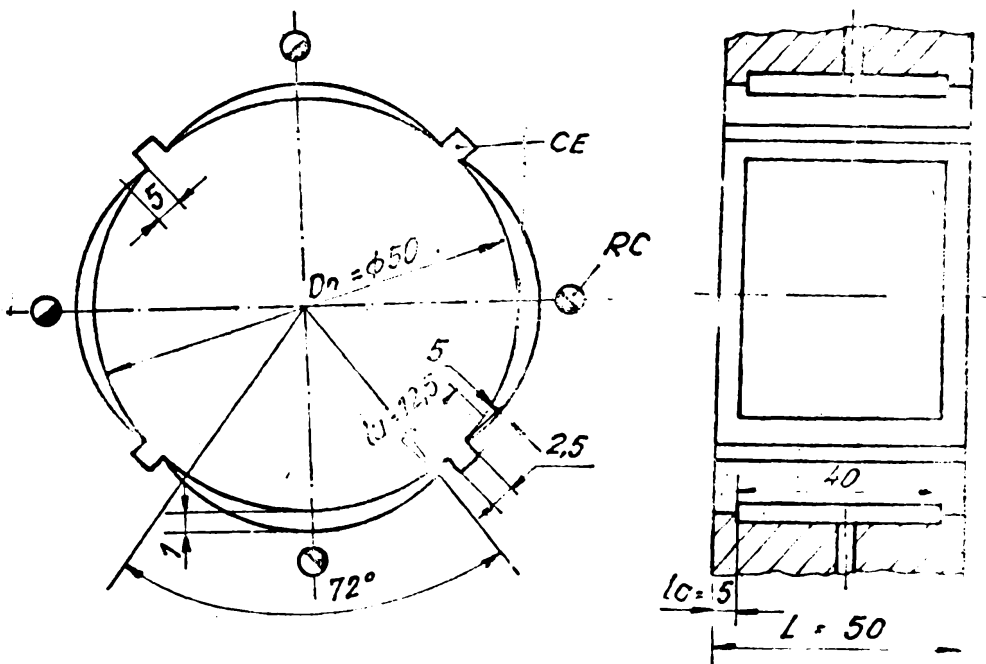


fig. 4.23

Deoarece debitul care trece printr-un tub capilar este  $q$ , lungimea restrictorului capilar este :

$$l_k = \frac{P_k \cdot \pi \cdot d_k^4}{128 \cdot \eta \cdot Q} \quad [\text{mm}], \text{ unde :}$$

$$P_k = P_p - P_B$$

$P_p$  - presiunea pompei de alimentare

$P_B$  - presiunea din bușor

$d_k$  - diametrul capilarului

$\eta$  - vîscozitatea dinamică pentru uleiul hidraulic folosit

(tip H 32 a STAS 9691-80) ;  $\eta = 17 \cdot 10^{-3} \text{ NS/m}^2$

$$l_k = 131 \text{ mm}$$

Puterea consumată în lagărele hidrostatice se compune din puterea consumată la pomparea uleiului în lagăre și puterea consumată prin frecare :

$$P = P_f + P_p$$

$$P_f = F_f \cdot v = \eta \cdot A_f \cdot \frac{v^2}{h} \text{ în care :}$$

$A_f$  - aria suprafeței de frecare

$v$  - viteza periferică maximă

$$A_f = 2 \cdot \pi \cdot D \cdot l_g + 2 \cdot l_u (L = 2 l_g) = 3535 \text{ mm}^2$$

$$v = 13,5 \text{ m/s.}$$

$$P_f = 312 \text{ w.}$$

$$P_p = \frac{Q \cdot P_p}{\epsilon_p} \text{ unde :}$$

$Q_p$  - debitul pompei (12 l/min)

$P_p$  - presiunea pompei (20 daN/cm<sup>2</sup>)

$\epsilon_p$  - randamentul pompei ( $\approx 0,7$ )

$$P_p = 345 \text{ w.}$$

Decoreea AX este lăgărit și axial, se aproximează puterea motorului care va antrenea pompa de ulei la  $P = 1 \text{ kW}$ .

Pentru lagărul axial [21] - fig.4.24 - se precizează că <sup>dacă</sup> numărul de sectoare ,  $n_s = 4$ , numărul Sommerfeld este :

$$S_m = \frac{\eta \cdot D^2 \cdot N}{w \cdot h^2} \text{ unde :}$$

$$N = \frac{n}{60} = 86,5 \text{ rot/s.}$$

$$w = 500 \text{ N}$$

$$h = \frac{h_1 - h_2}{L} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ - panta relativă a sectorului}$$

$$S_m = 0,74$$

$$B = S_m \cdot \theta \cdot \text{rad} = \frac{D \cdot \theta}{2} \cdot \frac{\eta}{100} \cdot \theta = 50 \text{ mm.}$$

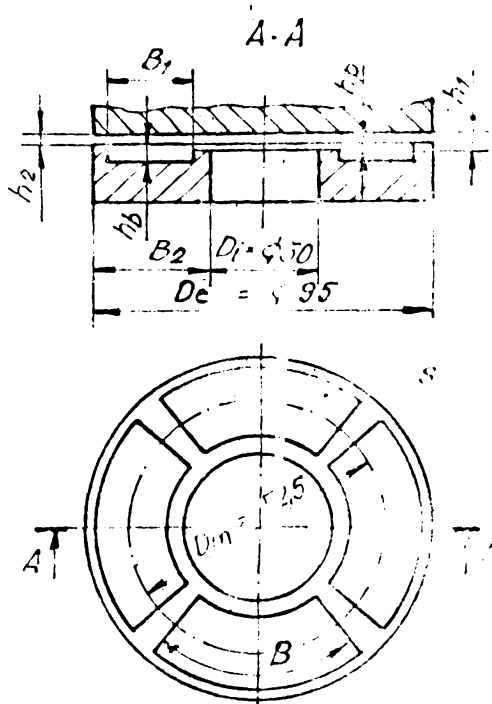


fig. 4.24

$$h_1 - h_2 = 5 \text{ m} = 5 \cdot 10^{-5} \text{ m}$$

$$h_2 = 0,74 (h_1 - h_2) = 37 \text{ }\mu\text{m}$$

Temperaturile caracteristice în lagăr, se stabilesc considerând că acesta este unu sub presiune (răcire forțată). Folosind relația 2.80 pag. 277 [21], se calculează temperatura  $t_x$ . Se consideră temperatura normală de funcționare  $t = 60^\circ\text{C}$ .

Densitatea uleiului este :

$$\rho = \rho_{15^\circ} [1 - 6 \cdot 10^{-4} (t - 15)] \text{ unde :}$$

$$\rho_{15^\circ} = \text{max } 0,905 - \text{densitatea relativă la } 15^\circ.$$

$$= 905 (1 - 6 \cdot 10^{-4} \cdot 45) = 886 \text{ kg/m}^3$$

$$t_x = t - \frac{H_f}{\rho \cdot C_p \cdot Q_x} \text{ } [^\circ\text{C}] \text{ unde :}$$

$H_f$  - puterea consumată prin frecare = 155 w

$C_p = 1824 + 4,4 (t - 15) = 2022 \text{ J/kg}\cdot\text{grad}$

$Q_x = \bar{Q}_x \cdot \pi \cdot D_1^3 \cdot N$  - debitul la intrare  $[\text{m}^3/\text{s}]$

$$Q_x = 9,3 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$t_x = 59,1^\circ\text{C}$$

$$t_e = t_x + \frac{\frac{H_f}{\rho \cdot C_p}}{Q_x - \frac{Q_x}{2}} \text{ } [^\circ\text{C}]$$

$Q_e = \bar{Q}_e \cdot \pi \cdot D_1^3 \cdot N$  - debitul la ieșire  $[\text{m}^3/\text{s}]$

$$Q_e = 4,46 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$t_e = 60,31^\circ\text{C}$$

$$t_a = \frac{1}{2} (t_x + t_e) = 59,705^\circ\text{C}$$

$$t_e' = \frac{(Q_x - Q_e)t_e + Q_e t_x}{Q_x} = 60,019^\circ\text{C}$$

$$t = t_e' - t_x = 0,919^\circ\text{C}$$

Se constată pe bază de calcul că variația de temperatură este neglijabilă.

În continuare, pe baza schemei din fig. 4.25 se face calculul de dimensionare a conductelor sistemului hidraulic [74].

Debitul necesar lagărelor radial  $L_r$  și radial-axial  $L_{ra}$  este:

$$Q_{\text{tot}} = 68 + 115 = 183 \text{ cm}^3/\text{s} \approx 11 \text{ l/min.}$$

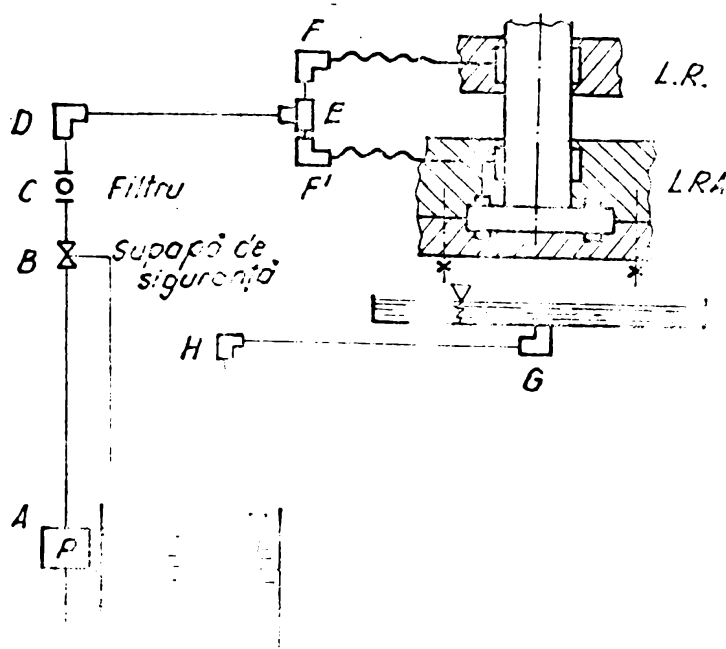


fig. 4.25

Viteza de circulație a lubrifiantului este :

- 1 m/s în sorbul S al pompei P ;
- 3 m/s în conductele de alimentare (traseele A B C D E F).

Lungimile conductelor se determină astfel :

- pentru sorbul pompei  $Q = 103 \text{ cm}^3/\text{s}$  ;  $V = 1 \text{ m/s}$  .

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot V}} = 15 \text{ mm.}$$

- pentru conductele de alimentare (L.R.),

$$Q = 105 \text{ cm}^3/\text{s.}$$

$$V = 3 \text{ m/s} \Rightarrow d = 9 \text{ mm.}$$

- pentru conductele EF și EF' se obțin  $d = 6 \text{ mm}$  ; respectiv  $d = 5 \text{ mm}$ .

- pentru conductele de recirculare  $d = 30 \text{ mm}$ .

Căderea de presiune pe restrictorul capilar este :

$$p_c = \frac{\mu Q_0}{K_c} \text{ unde :}$$

$Q_0$  - debitul la intrare în capilar ;

$$K_c = \frac{\pi \cdot d_c^4}{128 \cdot l_c}$$

$d_c$  - diametrul capilarului

$l_c$  - lungimea capilarului

$$\text{Se obține } \Delta p_c = 8,6 \text{ daN/cm}^2 .$$

Dacă pompa de alimentare cu ulei asigură  $20 \text{ daN/cm}^2$  înseamnă că în buzunarile lagărelor se asigură minimum necesar de  $10 \text{ daN/cm}^2$  .

Calculul puterii motorului de acționare a discului de debit se realizează astfel :

$$P = P_g + P_f \text{ [kW]} \text{ unde :}$$

$P$  - puterea motorului [kW] ;

$P_g$  - pierderile mecanice la maza în gol ;

$P_f$  - pierderile datorită frecării dintre discul de debit și semifabricat (cristal de safir sau rubin sintetic).

Pierderile prin frecare sînt determinate de expresia :

$$P_f = \frac{p \cdot s \cdot \mu \cdot v}{102} \text{ [kW]} \text{ unde :}$$

. / .



- $p$  - presiunea specifică dintre disc și semifabricat [ $\text{daN/cm}^2$ ].  
 $s$  - suprafața de contact dintre disc și semifabricat [ $\text{cm}^2$ ].  
 $\mu$  - coeficient de frecare  
 $v$  - viteză relativă dintre disc și semifabricat în zona de așchiere [ $\text{m/s}$ ].

Înlocuind mărimile din expresia pierderilor prin frecare cu valori concrete :  $p = 2,8 \text{ daN/cm}^2$  ;  $s = 0,05 \text{ cm}^2$  ;  $\mu = 0,25$  ;  $v = 39 \text{ m/s}$  , se obține  $P_f = 0,126 \text{ KW}$ . Considerând și pierderile la marea în gol, respectiv puterea consumată prin frecare în lagărele hidrostatice ( $0,312 \text{ KW}$ ), se poate estima că motorul de acționare a discului de debitat va fi asincron trifazat cu  $p = 0,55 \text{ KW}$  și  $n = 2700 \text{ rot/min}$ . Pentru a obține turajul discului de  $5200 \text{ rot/min}$ , se folosesc roți de curea cu diametre de  $146$  pe axul motorului și  $80$  pe AX.

#### 4.3.6.3. Dispozitivul de alimentare cu semifabricate în vederea debitării.

Carcasa C a dispozitivului (fig.4.26) este fixată pe suportul SP și conține în construcția sa angrenajele melo - roată melcată ANBA, respectiv lagărele LH pentru antrenarea în mișcarea de rotație a tamburului T și a roții centrale BC.

Mișcarea de rotație a tamburului T este destinată realizării avansului circular a semifabricatului.

Prin intermediul BC, roțile dințate satelit BDS, antrenează în mișcarea de rotație semifabricatele S (există opt posturi de alimentare cu S). Pentru ca după debitare să fie posibil avansul S suportul cu osul SC va antrena sistemul de acționare SA, care va ridica suportul SB al bugei elastice BE, comprimând arcul elicoidal AE și astfel, BE deschizându-se, va permite ca S să cadă liber până la SC. Atunci fiind se permite eliberarea SA, BE va strânge S prin forțe AE.

Axul central AE, are rolul de a susține T cu toate elementele sale constructive.

Cuva CV permite reținerea pieselor debitate și a lichidului de răcire care printr-un sistem de alimentare este condus la rezervor spre sedimentare și recirculare.

Antrenarea în mișcarea de rotație a T și S se face cu motoarele de curent continuu ME<sub>1</sub> și ME<sub>2</sub> pentru ca prin intermediul tahogeneratoarelor TC<sub>1</sub> și TC<sub>2</sub> să se poată regla turajele la valorile optime ale regimului de debitare.

Calculul turajului T sau S, pentru o anumită turajă a motorului electric de acționare corespunzător se face astfel :

$$n_T = n_{ME_1} \cdot \frac{ZM}{ZRM} \text{ unde :}$$

ZM - numărul de începuturi la melo  
ZRM - numărul de dinți al roții melcate

$$n_S = n_{ME2} \cdot \frac{Z_{ME2}}{Z_{S}} \pm n_T$$

În funcție de necesitățile impuse de optimizarea procesului de debitare, sensul de rotație al S poate fi reglat în scoslași sens invers cu cel al T.

4.3.6.4. Instalația hidrolică.

Din schema de principiu (fig.4.27) se observă că instalația

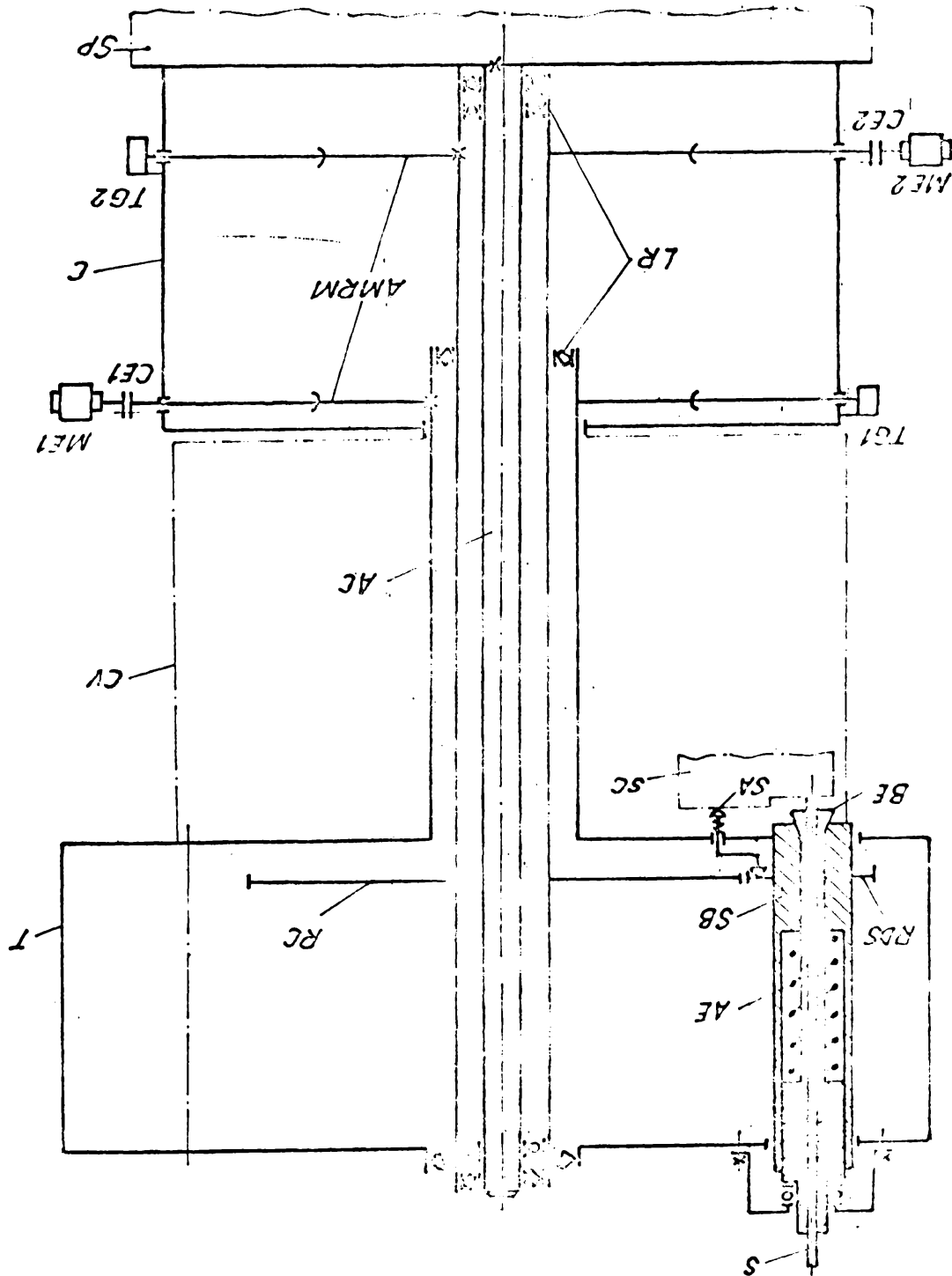


Fig. 4.26

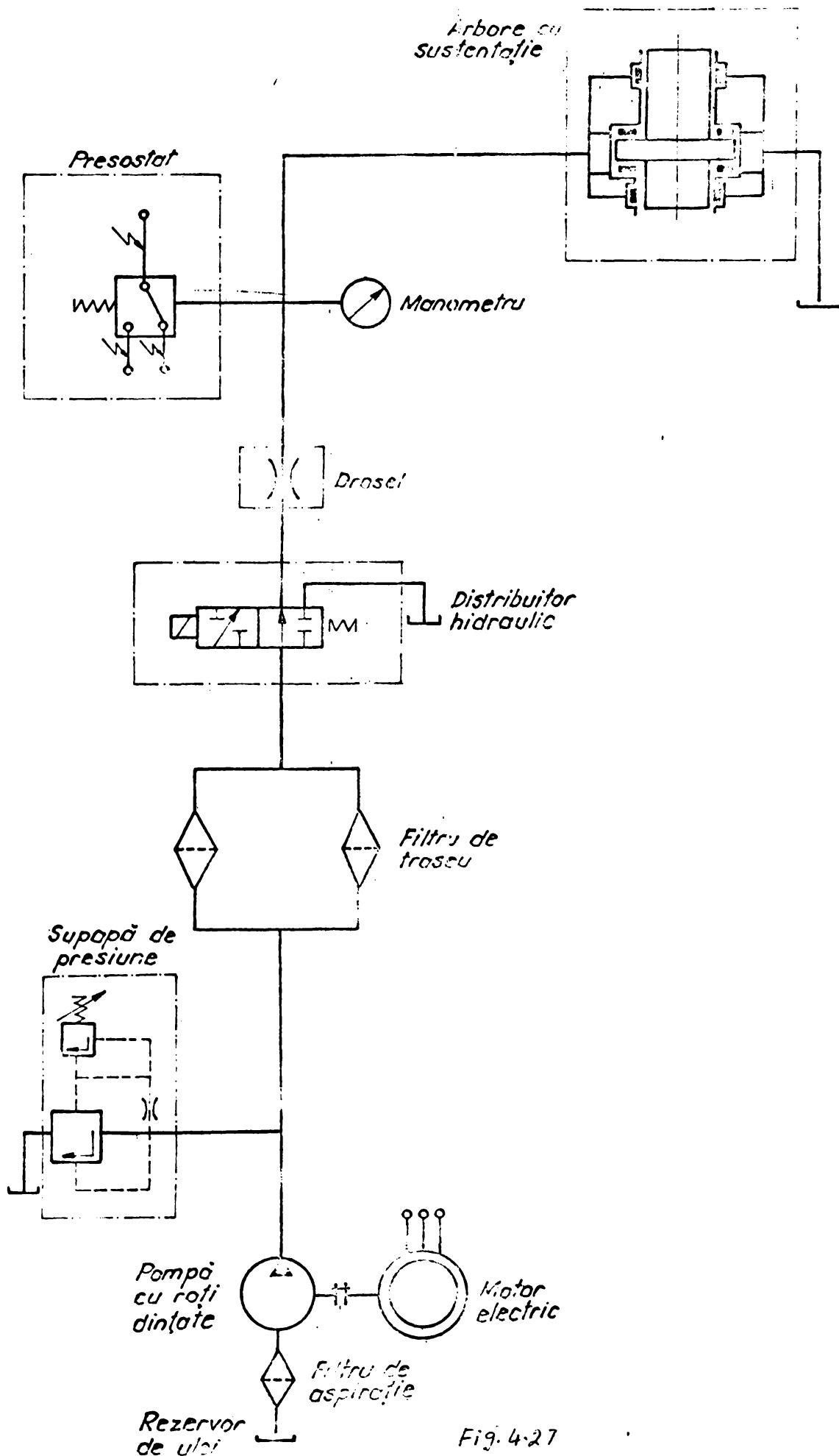


Fig. 4-27

hidraulică este formată dintr-un rezervor de ulei, de unde printr-un corb și filtrul de aspirație, pompa cu roți dințate acționată de motorul asincron trifazat cu  $P = 1 \text{ Kw}$ , trimite sub presiune uleiul spre supapa de presiune, filtrul de tampeu, distribuitorul hidraulic, discul pentru reglarea debitului, precostat, restrictori capilari și buzunarile lagărelor axului port disc.

#### 4.3.6.5. Sistemul de conducere a procesului de debitare.

Pentru ca debitarea să se desfășoare în bune condiții, ordinea de efectuare a etapelor necesare este următoarea :

- pornirea motorului de antrenare a pompei cu roți dințate pentru asigurarea presiunii necesare în buzunarile lagărelor cu sustentajie ;
- pornirea motorului de antrenare în mișcarea de rotație a discului de debitat ;
- pornirea motorului de acționare a pompei de la sistemul de răcire-ungere a zonei de interacțiune disc-semifabricat (amestec de ulei și petrol) ;
- pornirea motorului de acționare în mișcarea de rotație a semifabricatului ;
- pornirea motorului de antrenare în mișcarea de rotație a tamburului dispozitivului de alimentare pentru a realiza avansul ciz-culex.

Possibilitatea reglării turației motoarelor de curent continuu în vederea optimizării procesului de debitare este asigurată de către variatoarele electronice prevăzute în schema electrică monofilantă (fig.4.28).

Alimentarea se face de la rețeaua trifazată de joasă tensiune  $3 \times 380 \text{ V} ; 50 \text{ Hz}$ .

Puterea totală instalată este de  $3,5 \text{ Kw}$ , iar puterea aparentă maxim absorbită este de cca.  $4,5 \text{ KVA}$ .

Motoarele M1, M2, M3 sînt de tip asincron trifazat, cu rotorul în celivie. Alimentarea acestora se face prin contactoare CA 10, protecția fiind asigurată prin întrerupătoare automate tip ABBU 10.

Motoarele M4 și M5 sînt de curent continuu, alimentate prin convertizoare în miștură monofazate tip CMA, protecția fiind asigurată cu siguranțe fuzibile ultrarapide.

Utilizarea motoarelor de curent continuu este impusă de caracterul experimental al instalației (în curs de execuție). Avansul ciz-culex al semifabricatului este determinat de turația acestuia și de turația tamburului. Valurile optime ale acestor turații urmează să fie determinate experimental, fapt care impune în această fază, posibilitatea modificării turațiilor în limite cât mai largi. Se in-

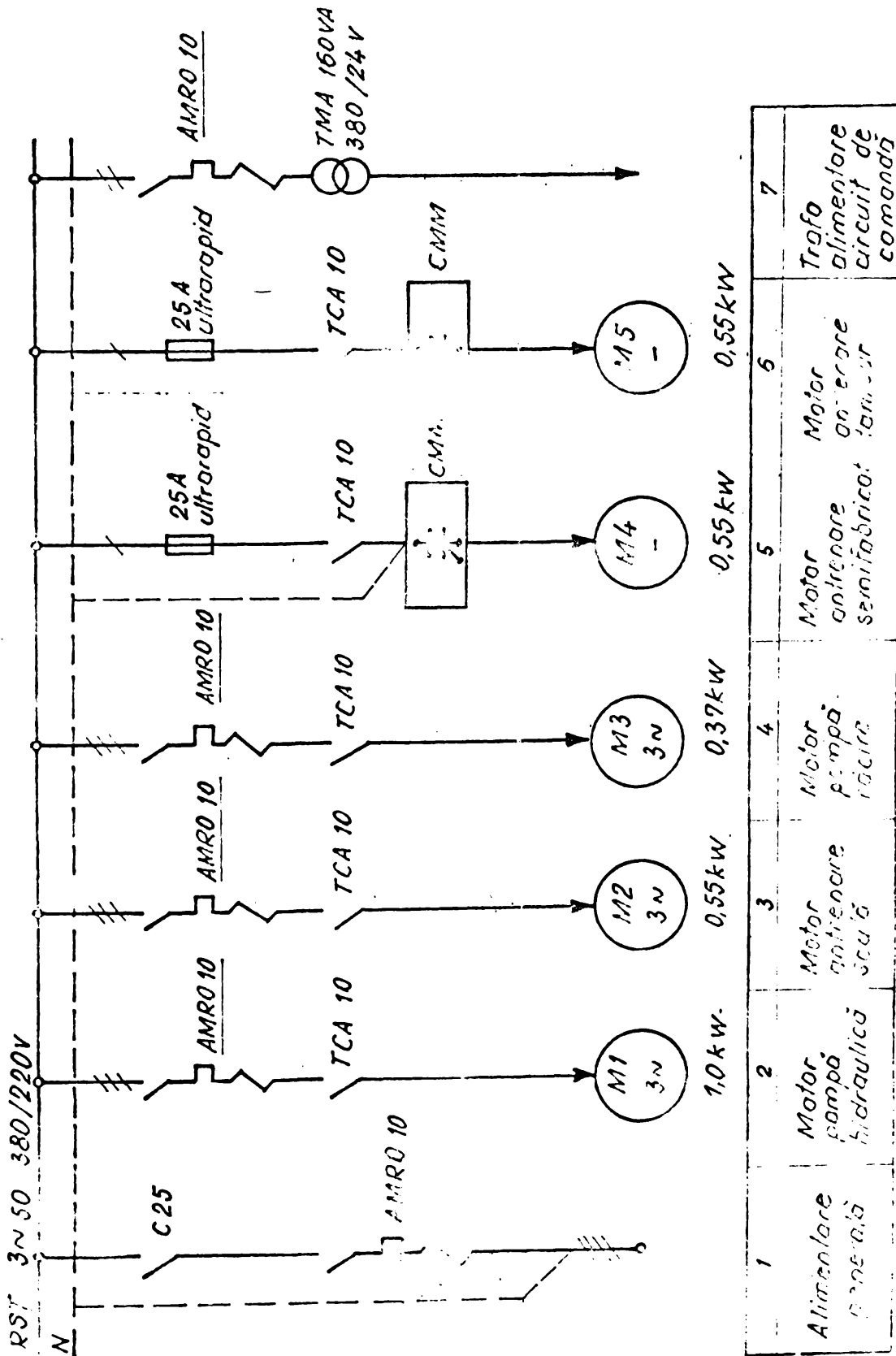
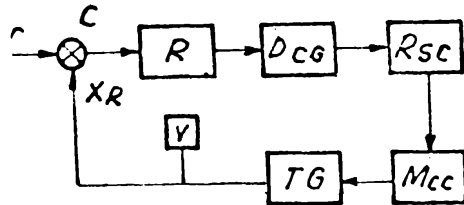


Fig. 4.28

INDUSTRIAL

de de asemenea cunoașterea valorilor momentane ale turațiilor și stabilirea acestor valori. Pentru satisfacerea acestei necesități s-a evănat un sistem de acționare reglabilă, avind schema de principiu prezentată în fig. 4.29.

Semnificația notațiilor din figură este următoarea :



C - comparator de tensiuni ;  
 R - regulator ; Dcg - dispozitiv de comandă pe grilă ; Rsc - rezistor semiconduct ; Mcc - motor de curent continuu ; TG - tahogenerator ; V - voltmetru ; Xr - mărimea de referință ; Rg - mărimea de reacție.

fig. 4.29

Turația reală a motorului, convertită într-o tensiune cu valoarea proporțională, de către tahogenerator, este aplicată comparatorului de tensiune, închizându-se astfel bucla de reglare. Tensiunea este aplicată și unui voltmetru magneto-electric care, printr-o etalonare corespunzătoare indică valoarea turației. Utilizând un tahogenerator cu constanta  $K = 20 \text{ V/1000 min}^{-1}$ , valoarea turației este :

$$n = \frac{U}{K} \left[ \text{min}^{-1} \right]$$

unde U reprezintă indicația voltmetrului, în V.

Comanda acționării diferitelor subansambluri ale instalației se face în următoarea ordine :

- instalația hidraulică (M1)
- antrenarea discului de debitat (M2)
- instalația de răcire (M3)
- antrenarea semifabricatului (M4)
- antrenarea tamburului (M5)

Lipsa presiunii uleiului din instalația hidraulică blochează celelalte acționări printr-un presostat montat în circuitul hidraulic.

#### 4.3.6.6. Calculul grosimii maxime a șebiei detașate.

Conform schemei de principiu a debitării (fig. 4-30), la un moment dat, discul de debitat care se rotește cu turația  $n_d$ , va îndepărta din semifabricatul ce se rotește cu turația  $n_s$ , o șebie a cărei grosime maximă este reprezentată de cateta KM a triunghiului dreptunghic KME.

Din comparația  $\triangle CKE$  și  $\triangle CKD \rightarrow \angle KKE = \alpha + \beta$ .

În  $\triangle KME$  :

$$KM = KE \sin (\alpha + \beta) .$$

Dezvoltând KM spre valoarea :

$$KM = V_g \cdot t \text{ unde :}$$

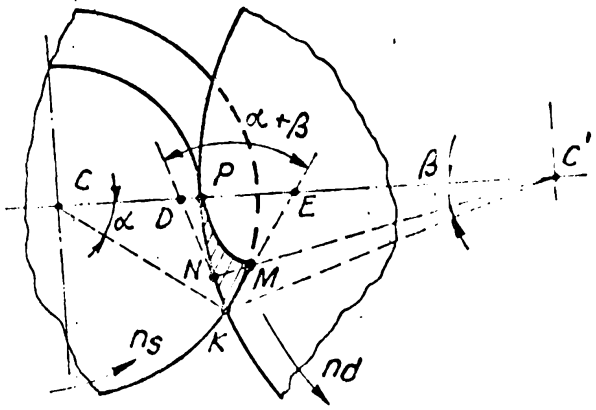


fig. 4.30

$V_g$  - viteza semifabricatului

$t$  - timpul

lungimea de contact dintre discul de debitat și semifabricat este :

$$P_k = l = V_d \cdot t, \text{ unde :}$$

$V_d$  - viteza discului de debitat

Deci :

$$t = \frac{l}{V_d}$$

$$a = a = V_g \cdot t \sin(\alpha + \beta) =$$

$$= \frac{V_g \cdot l}{V_d \cdot l \cdot ip} \sin(\alpha + \beta) = \frac{V_g}{V_d \cdot ip} \sin(\alpha + \beta)$$

unde :

$ip$  - numărul de granule abrazive existente pe porțiunea unghiulară de contact dintre discul de debitat și semifabricat.

Deoarece în timpul debitării, cu urmare a modificării diametrului semifabricatului, se modifică și grosimea așchii, este necesar ca  $\sin(\alpha + \beta)$  să se exprime în funcție de diametrul  $d$  al semifabricatului, diametrul  $d$  al discului de debitat și mărimea avansului circular  $s_c$  pe care îl realizează semifabricatul. Deci :

$$\sin(\alpha + \beta) = 2 \sqrt{s_c} \cdot \sqrt{\frac{d+d}{d \cdot d}}$$

Astfel, grosimea maximă a așchii va fi :

$$a_{max} = 2 \frac{V_g}{V_d \cdot ip} \sqrt{s_c} \cdot \sqrt{\frac{d+d}{d \cdot d}}$$

#### 4.3.6.7. Calculul lungimii așchii detașate.

Din schema de principiu, reprezentată în fig. 4.31, se observă că sectoarele de arc de cerc :

$$NL = LM$$

Corepunzător acestora, lungimea așchii va fi :

$$b = \frac{d}{2} \left( 1 \pm \frac{V_g}{60 V_d} \right) \alpha =$$

$$= \frac{d}{2} \left( 1 \pm \frac{V_g}{60 V_d} \right) \alpha$$

unde :

$$d = CD = \frac{d}{2}$$

Din triunghiurile dreptunghice  $OPN$  și  $OPM$ , se poate scrie că :

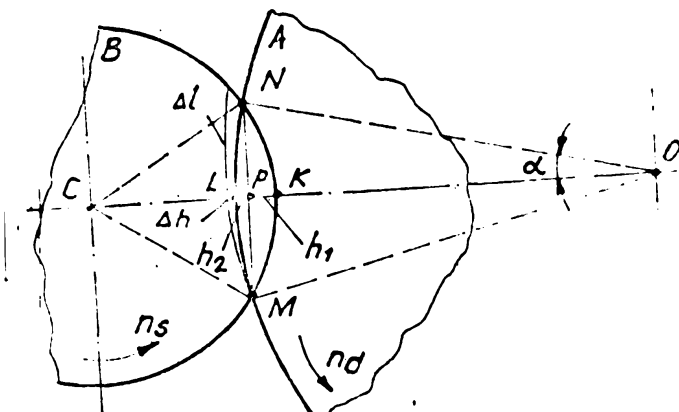


fig. 4.31

$$R^2 = (R - h_2)^2 + \left(\frac{h}{2}\right)^2$$

$$r^2 = (r - h_1)^2 + \left(\frac{h}{2}\right)^2 \quad \text{unde :}$$

$$\frac{h}{2} = RP = PR$$

$$r = CK$$

de unde :

$$\frac{h^2}{4} = h_2 (2R - h_2) = h_1 (2r - h_1)$$

Deci admitem că  $2R - h_2 = 2R$  ;  $2r - h_1 = 2r$  .

$$\frac{h^2}{4} = 2Rh_2 = 2r h_1 .$$

$$h_2 = \frac{h^2}{4R} ; h_1 = \frac{h^2}{4r}$$

$$\frac{h_2}{h_1} = \frac{r}{R}$$

$$h_2 = h_1 \frac{r}{R} = (Sc - h_2) \frac{r}{R}$$

$$h_2 = \frac{d \cdot Sc}{D+d}$$

Considerind că  $\alpha \approx \sin \alpha$  :

$$\alpha = \sqrt{1 - \cos^2 \alpha} = \sqrt{1 - \frac{R - h_2}{R}}^2 = \sqrt{\frac{2 h_2}{R} - \frac{h_2^2}{R^2}}$$

Neglijind  $\frac{h_2^2}{R^2}$  ;

$$\alpha = 2 \sqrt{\frac{h_2}{R}}$$

Inlocuind valoarea lui  $h_2$  ,

$$\alpha = 2 \sqrt{\frac{d \cdot Sc}{R(D+d)}} = 2 \sqrt{Sc} \sqrt{\frac{d}{R(D+d)}}$$

Deci, lungimea așchiei va fi :

$$b = D \left( 1 + \frac{V_s}{60 V_d} \right) \cdot \sqrt{Sc} \cdot \sqrt{\frac{d}{R(D+d)}}$$

Lungimea maximă a așchiei va fi :

$$b_{max} = \frac{\pi D \alpha}{360^\circ} \pm \frac{V_s}{60 V_d}$$

### 5. Optimizarea debitării C.D.F.

#### 5.1. Variante tehnologice de debitare a C.D.F.

La debitarea cristalelor de safir sau rubin sintetic, se întindesc următoarele variante determinate de metoda de creștere a cristalului și de forma necesară a semifabricatului debitat :



1. Lebitarea semicristalelor obținute prin creșterea pe principiul Vavneșii, în felii (fig. 5.1).

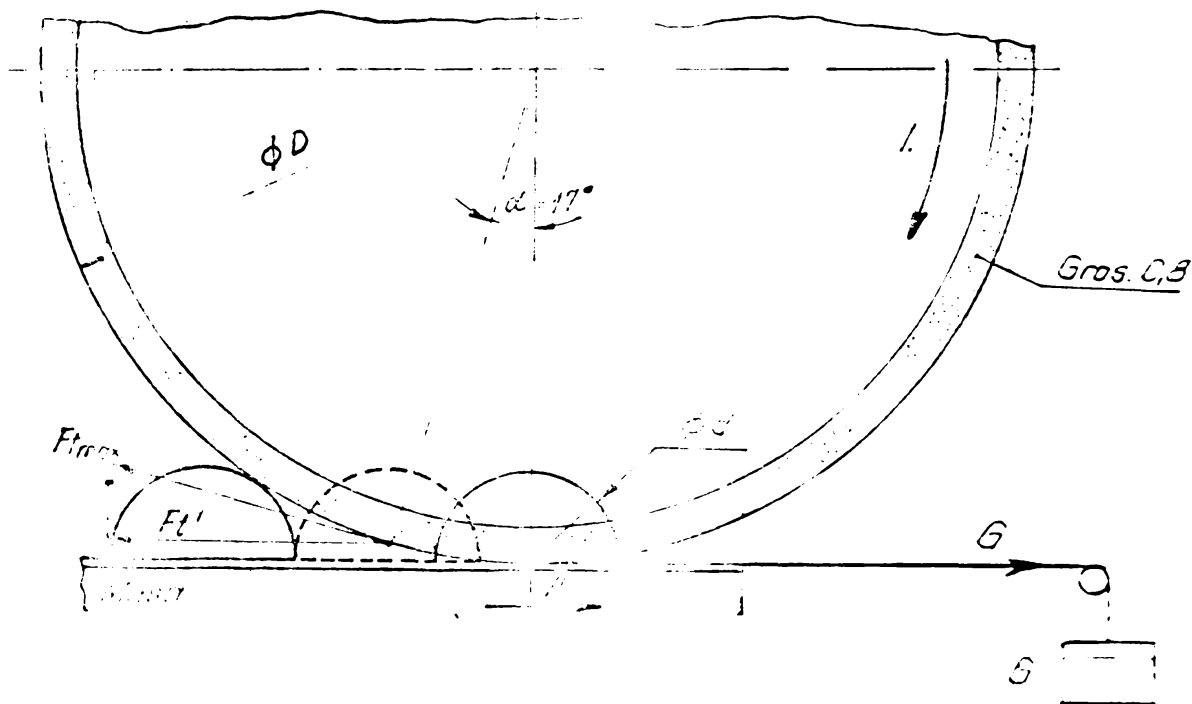


fig. 5.1

Pentru debitare se folosesc discuri diamantate cu liant metalic, realizate conform tehnologiei inițiale, în comparație cu discurile realizate după tehnologia fabricată (caracterizate prin inducție).

Grosimea acestor discuri este egală cu 0,8 mm, iar diametrul exterior  $D = 140$  mm.

Pentru debitare, semicristalul (cu  $\lambda d = 22 - 25$ ) este lipit pe o placă de sticlă și efectuează împreună cu masa maginii, rezonatorul transversal II ( $S_2$ ), ca urmare a forței de reacție determinată de greutatea  $G$  care prin cabină deplasază masa pe ghidaje cu tije.

Forța tangențială maximă  $F_{t_{max}}$  este determinată de momentul în care contactul disc cu diamantat - semicristal are loc pe cea mai mare suprafață (poziția reprezentată cu linie întreruptă a semicristalului în fig. 5.1). Acestei poziții îi corespunde o deviație cu  $\alpha = 17^\circ$  a proiecției lini  $F_{t_{max}}$  față de poziția normală. Deci :

$$F_t' = F_{t_{max}} \cdot \cos \alpha = 0,956 F_{t_{max}} \approx G$$

Se poate considera deci că în acest caz, neglijând forța de frecare dintre masa maginii ghidaje - tijă, forța tangențială este egală teorii cu forța de greutate dezvoltată în cadrul de tăiere de către greutatea  $G$ .

II. Lebitarea felilor obținute la varianta I, în fișă dreptunghiulară (fig.5.2).

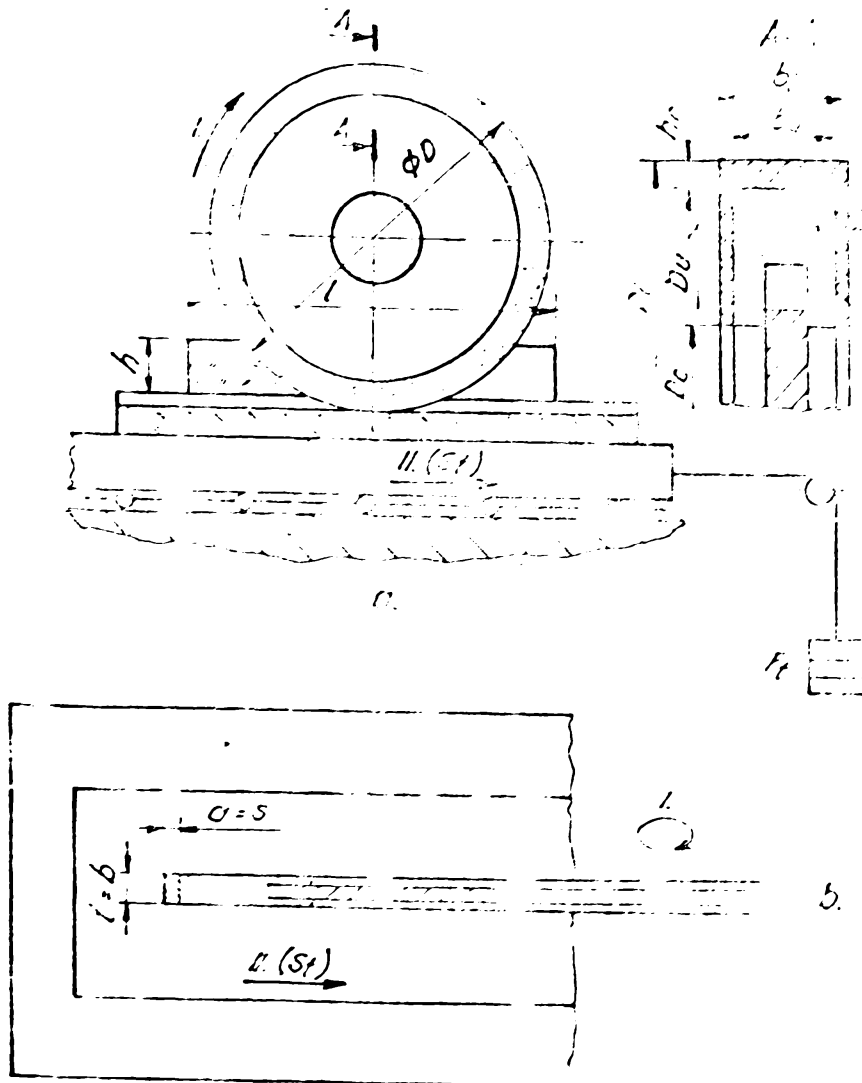


fig. 5.2

în mm/min, fie în  $\frac{m}{l}$  rot. disc.

În secțiunile A-A sînt precizate grafic elementele necesare pentru estimarea uzurii radiale în funcție de dimensiunile inițiale ale acestuia, pentru fiecare debitare în parte.

III. Lebitarea cristalelor obținute prin tratare continuă din tapitură (fig.5.3).

Pentru lebitare se folosesc discuri cu grosime de 0,3 - 0,55 mm. confecționate conform tehnologiei îmbunătățite.

Semifabricatul, rectificat cilindric la  $\varnothing d$ , este fixat în buca elastică și realizează împreună cu aceasta atât mișcarea de rotație în câț și pe cea de avans transversal în (St).

Ca uzură a poziției particulare a semifabricatului față de disc, se constată că de această dată forța de așchiere orientată în direcția de avans, este forța radială  $F_y$ .

Pentru debitare se folosesc discuri diamantate realizate conform tehnologiei îmbunătățite, la care grosimea este egală cu 0,55 mm. și diametrul exterior  $\varnothing D = 140$  mm.

În fig.5.2.b. se observă că elementele secțiunii transversale a așchii nedetapate sînt: lățimea de așchiere  $t$  identică cu grosimea discului diamantat  $b$  și grosimea așchii  $a$  identică cu avansul mesei mașinii exprimat fie

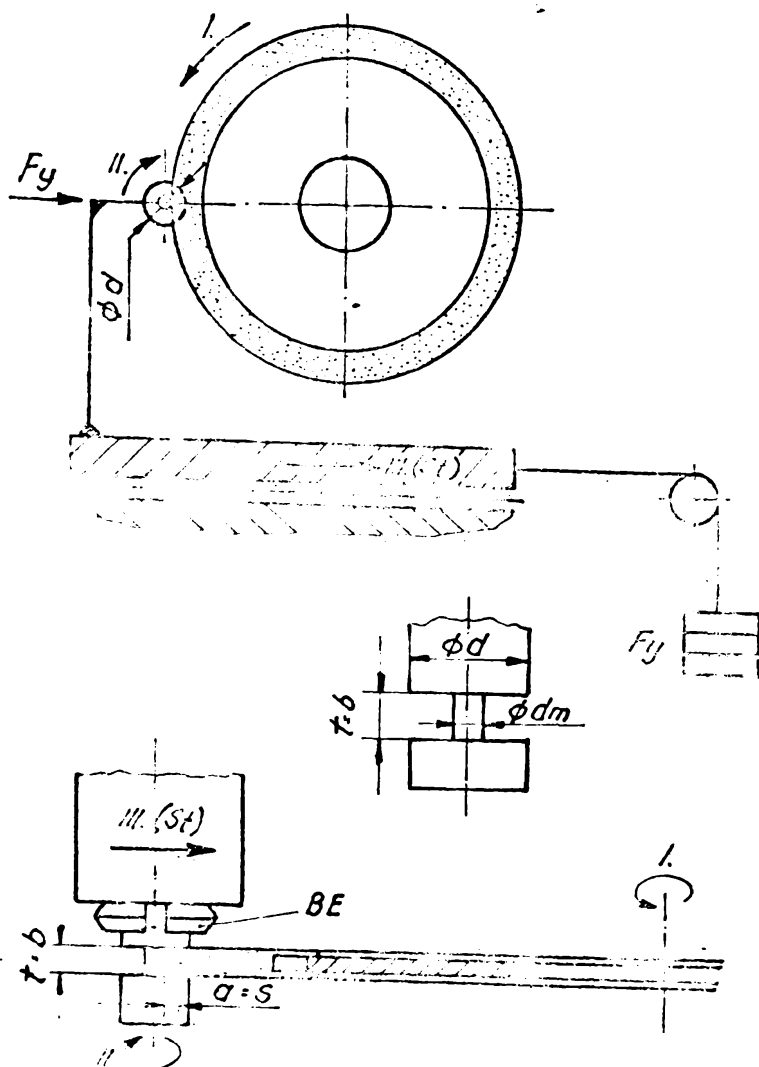


fig. 5.3

diametre  $\phi$  dm mai mici de 1,5 mm. De asemenea, la turații mai mari de 200 rot/min ; productivitatea debitării începe să scadă în timp ce uzura radială a discului de debitat crește.

Semnificația notațiilor din tabelele cu valorile experimentale este :

$F_t$  - forțe tangențiale

$t_{deb}$  - timpul de debitare cronometrat

$r_x$  - uzura radială a discului, măsurată după fiecare debitare cu un dispozitiv cu palpări mecanică, cuplat cu un amplificator pneumatic de joasă presiune (fig.4.2).

$h_f$  - uzura frontală a discului, măsurată cu un dispozitiv similar cu cel folosit la  $h_r$ .

$D_i$  - diametrul inițial al discului de debitat (înainte de începerea unei noi debitări), stabilit prin calcul prin scăderea a 2  $h_f$  obținută prin măsurare la debitarea precedentă.

$D_u$  - diametrul cercului punător uzurii discului de debitat, calculat după fiecare debitare (identic cu  $D_i$  dela debitarea următoare).

Pentru realizarea mișcării de rotație a semifabricatului a fost utilizat un motor de curent continuu prevăzut cu posibilitatea reglării continue a turației printr-un varistor electronic, cu scopul ca diametrul miezului să fie cât mai mic în momentul ruperii la debitare. Dimensiunea minimă a  $\phi_{dm}$  este condiționată de reducerea timpilor necesari la șlefuirea ulterioară a acestora.

În timpul experimentărilor efectuate, s-a constatat că la turații ale piesei (semifabricatului) sub 100 rot/min, are loc ruperea miezului la

- bi - grosimea inițială a discului de debitat, stabilită prin calcul (înainte de începerea unei noi debitări), prin scăderea a 2 hf obținută prin măsurare la debitarea precedentă.
- bu - grosimea corespunzătoare uzurii discului de debitat, calculat după fiecare debitare (identică cu bi de la debitarea următoare).
- St - avansul transversal al masei mașinii de debitat stabilit prin calcul în funcție de lungimea debitată și timpul în care a avut loc debitarea.
- $V_{MP}$  - volumul de material prelevat, calculat în funcție de variante I, II sau III ținând cont de forma și dimensiunile cristelului debitat și de stadiul de uzură a discului, pe suprafețele frontale (bu).

Pentru varianta I,  $V_{MP}$  se calculează cu relația :

$$V_{MP} = \frac{1}{2} \pi \cdot \frac{d^2}{4} \cdot bu$$

unde ,

$$d \approx 25 \text{ mm}$$

și deci ,

$$V_{MP} \approx 245 \cdot bu$$

La varianta II,  $V_{MP}$  se calculează cu relația :

$$V_{MP} = l \cdot h \cdot bu$$

La varianta III,  $V_{MP}$  este :

$$V_{MP} = \frac{\pi d^2}{4} \cdot bu = 0,785 d^2 \cdot bu$$

- productivitatea prelucrării (debitării) obținută prin raportul între  $V_{MP}$  și timp.

$V_{DU}$  - volumul de disc uzat, stabilit prin calcul, pentru toate variantele de debitare cu relația :

$$V_{DU} = 2 \pi [hr \cdot bi + hf (Du - Dc)]$$

unde prin  $D_c$  a fost notat diametrul interior al coroanei stemului diamantat al discului de debitat (Sect. A-A, fig. 5.2,  $D_c = 130 \text{ mm}$ ).

$E_{CD}$  - energia consumată la debitare, calculată prin produsul între  $P_t$  și lungimea debitării ( $P_t$  se exprimă în N iar deplasarea masei pe lungimea debitării în m).

$E_{sp}$  - energia specifică debitării, calculată prin raportul între  $E_{CD}$  și  $V_{MP}$ .

$B_{calc} = \frac{P_t \cdot V_d}{6000} [kW]$  în care :

$P_t$  [daN] ;  $v_d$  [m/min] unde:  $v_d$  este viteza <sup>periferică a</sup> discului de debitat;

$H_{ef}$  - puterea efectivă instantanee consumată la debitare, măsurată cu wattmetru înregistrațor.

### Realizării

#### Varianta I.

- Rugozitatea suprafețelor obținute la debitare, exprimată prin parametrul  $R_a$ , trebuie să nu depășească valoarea :

$$R_a \leq 0,63 \mu m$$

- Abaterile de la paralelism a marginilor feștilor obținute la debitare, să nu depășească valoarea :

$$A \leq 0,3 \text{ mm.}$$

#### Varianta II.

$$R_a \leq 0,32 \mu m$$

$$A \leq 0,15 \text{ mm}$$

#### Varianta III.

- Diametrul miezului la care are loc suprafaș semicirculară la debitat să fie cât mai mic pentru a reduce timpul necesar la depărtare prin șlefuire a acestuia :

$$\varnothing \text{ dm} \leq 1,5 \text{ mm} ; R_a \leq 0,32 \mu m$$

### 5.2. Rezultate experimentale. Concluzii.

La debitarea semicirculară de safir sintetic la feșii (variante I), s-au efectuat experimentări cu discuri confecționate conform tehnologiei inițiale - Tsb.5.1 - și cu discuri confecționate conform tehnologiei îmbunătățite - Tsb.5.2. -

Comparativ, în graficele următoare au fost reprezentate rezultatele experimentale obținute la debitarea cu discuri diametrice confecționate prin tehnologia inițială, respectiv îmbunătățită.

În fig.5.4 este reprezentată grafic variația productivității debitării  $Q$  în funcție de timpul de debitare .

Se constată că la același timp de debitare, productivitatea este mai mare când se utilizează discuri realizate prin tehnologia îmbunătățită.

În fig. 5.5 se prezintă variația productivității debitării în funcție de forța de svans considerată la limită ca fiind chiar componenta tangențială a forței de apăsare.

Se observă că la aceeași forță de svans, se obține o productivitate mai mare la debitarea cu discuri confecționate prin tehnologia îmbunătățită. Se constată astfel că prin sintetizarea cu C.I.P. a discurilor de debitat, se îmbunătățesc caracteristicile fizico-mecanice ale acestora în comparație cu cele ale discurilor sintetizate în cuptor.



Tab. 5.2

Nr. def.	Ft [N]	Goeb [min]	hr [μm]	hf [μm]	Di [mm]	Du [mm]	bi [mm]	bu [mm]	St [mm]	VMP [mm <sup>3</sup> ]	Q [mm <sup>3</sup> /min]	Vou [mm <sup>3</sup> /min]	Eco [mm <sup>3</sup> /min]	Esp [mm <sup>3</sup> /min]	Ncoz [kW]	Ncoz [kW]	KoF Stined [mm/min]	Romed	Ra [μm]	E [mm]	α [mm]
1	10	1,95	2,1	0,15	140	139,995	0,8	0,799970	12,8	195,92	102,47	199	250	1,276	0,381	0,420	13	0,319	0,324	4,08	+ 0,08
2	10	1,89	2,2	0,14	139,995	139,991	0,799970	0,799942	13,2	195,85	103,62	197	250	1,276	0,381	0,420	13	0,319	0,316	4,11	+ 0,11
3	10	1,92	2,7	0,16	139,991	139,985	0,799942	0,799910	13	195,77	101,96	234	250	1,277	0,381	0,420	13	0,319	0,318	3,90	- 0,10
4	12	1,71	3,6	0,15	139,985	139,978	0,799910	0,79872	14,6	195,68	114,43	298	300	1,533	0,457	0,486	14,2	0,386	0,413	3,88	- 0,12
5	12	1,80	3,8	0,17	139,978	139,970	0,79872	0,79838	13,8	195,603	108,66	296	300	1,533	0,457	0,486	14,2	0,386	0,427	4,14	+ 0,14
6	12	1,74	3,9	0,18	139,970	139,963	0,79838	0,79802	14,4	195,51	112,36	307	300	1,534	0,457	0,486	14,2	0,386	0,432	3,85	- 0,15
7	14	1,61	4,5	0,20	139,963	139,954	0,79802	0,79762	15,5	195,41	121,37	350	350	1,791	0,533	0,520	15,9	0,484	0,514	4,18	+ 0,18
8	14	1,57	4,7	0,21	139,954	139,944	0,79762	0,79720	15,9	195,31	124,40	365	350	1,792	0,533	0,520	15,9	0,484	0,509	3,81	- 0,19
9	14	1,53	4,8	0,18	139,944	139,935	0,79720	0,79684	16,3	195,22	127,59	351	350	1,792	0,533	0,520	15,9	0,484	0,511	4,17	+ 0,17
10	16	1,24	5,8	0,21	139,935	139,923	0,79684	0,79642	20,2	195,12	157,35	420	400	2,050	0,609	0,618	19,73	0,585	0,587	4,26	+ 0,26
11	16	1,27	5,6	0,24	139,923	139,912	0,79642	0,79594	19,6	195,00	157,25	428	400	2,051	0,609	0,618	19,73	0,585	0,576	4,25	+ 0,25
12	16	1,29	5,9	0,23	139,912	139,900	0,79594	0,79548	19,4	194,89	151,07	437	400	2,052	0,609	0,618	19,73	0,585	0,592	3,93	- 0,29
13	18	0,98	6,7	0,26	139,900	139,887	0,79548	0,79496	25,5	194,76	198,73	495	450	2,308	0,686	0,680	25,93	0,614	0,623	3,71	- 0,29
14	18	0,95	6,5	0,22	139,887	139,874	0,79496	0,79452	26,3	194,65	204,89	460	450	2,311	0,686	0,680	25,93	0,614	0,612	4,50	+ 0,30
15	18	0,96	6,4	0,25	139,874	139,861	0,79452	0,79402	26	194,53	202,63	473	450	2,313	0,686	0,680	25,93	0,614	0,610	4,08	+ 0,28
16	20	0,63	7,1	0,25	139,861	139,847	0,79402	0,79344	39,6	194,39	308,55	532	500	2,572	0,762	0,680	30,63	0,732	0,724	3,65	- 0,35
17	20	0,67	6,9	0,27	139,847	139,833	0,79344	0,79290	37,3	194,26	289,94	509	500	2,573	0,762	0,680	30,63	0,732	0,731	4,34	+ 0,34
18	20	0,64	7,3	0,25	139,833	139,818	0,79290	0,79234	33	194,12	303,31	535	500	2,575	0,762	0,680	30,63	0,732	0,743	3,68	- 0,32

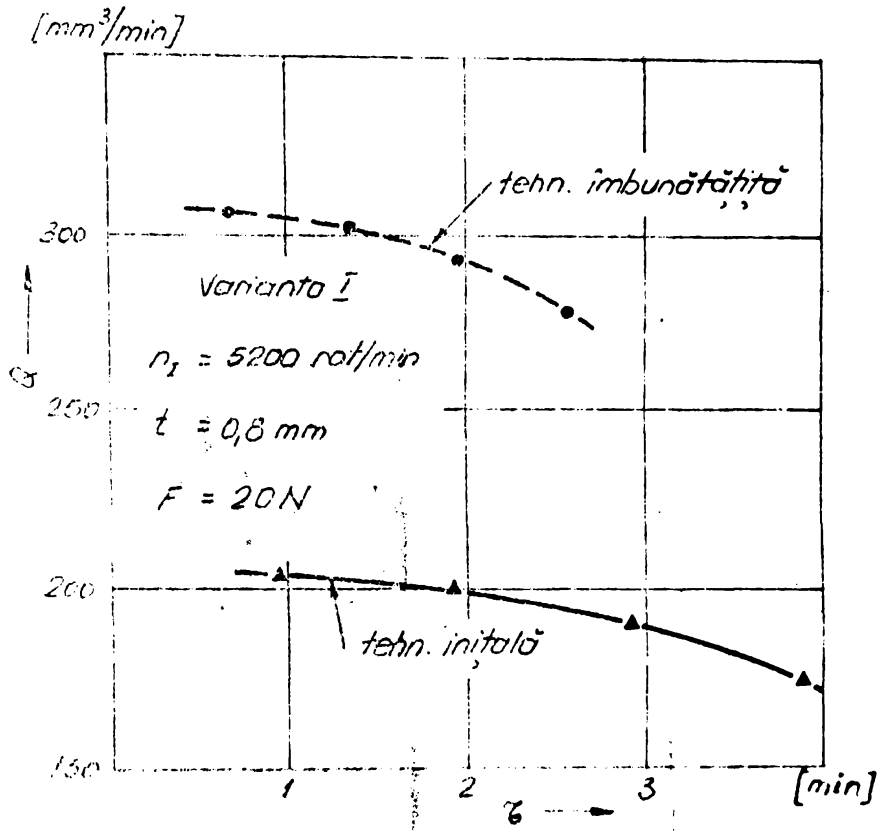


fig. 5.4

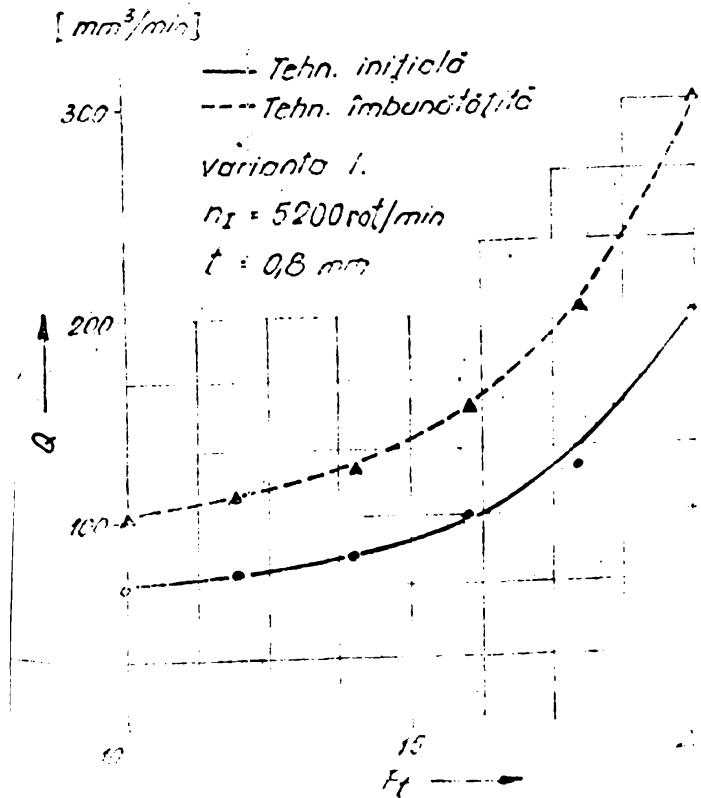


fig. 5.5



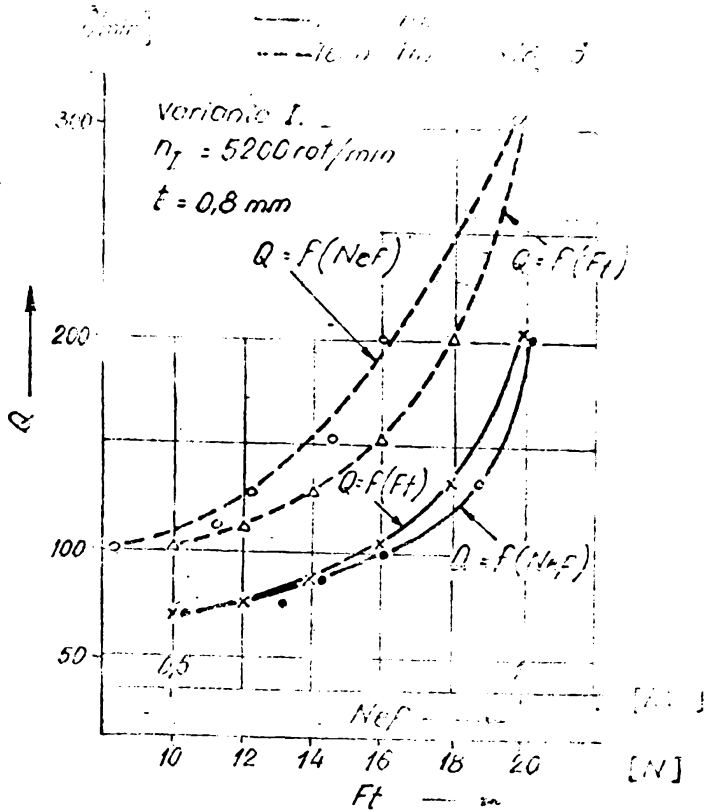


fig. 5.6

În fig.5.6 se observă variația productivității de debitării în funcție de forța de avans și puterea efectivă de aşchieră. Productivitatea crește cu creșterea forței de avans și a puterii efective de aşchieră și este mai mare în cazul debitării cu discuri sintetice prin inducție.

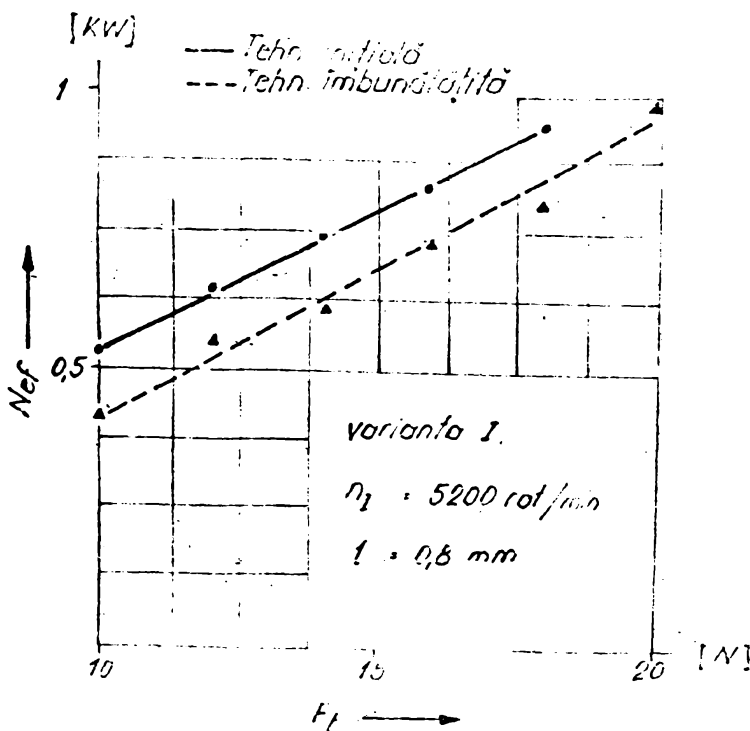


fig. 5.7

Puterea efectivă consumată la aşchieră în cazul debitării nefirului sintetic -fig. 5.7 - este mai mică la utilizarea discurilor realizate conform tehnologiei îmbunătățite, pentru aceeași valoare a forței de avans.

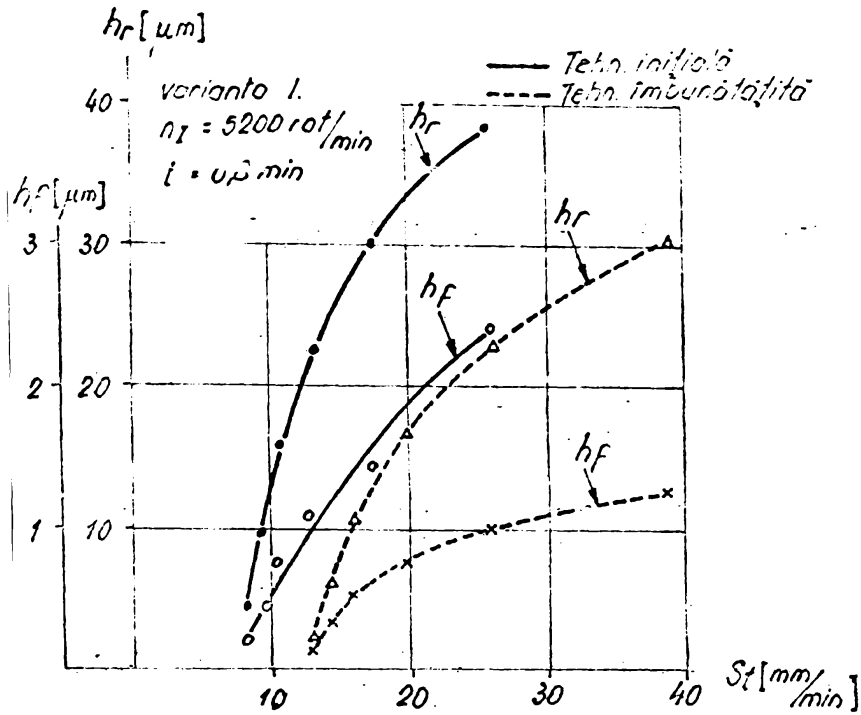


fig. 5.8

la sinterizarea prin inducție în stare presată a discului, legătura între liantul metallic și granulele de diamant este mult mai bună decât la sinterizarea în cuptor.

Din fig. 5.8 rezultă că uzura radială respectiv frontală a discurilor de debitat crește cu creșterea avansului transversal și că la aceeași valoare a avansului uzura este mai mare la discurile realizate conform tehnologiei inițiale.

Observațiile anterioare demonstrează că la

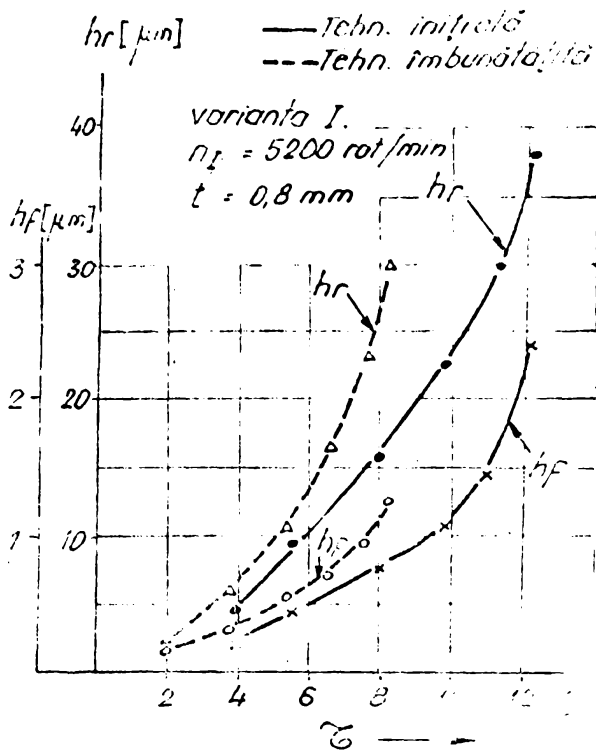


fig. 5.9

concluzii similare se pot deduce și din fig. 5.9 unde se constată variația uzurii discului de debitat în timp.

Min studiul variației abuzurilor geometrice felurilor debitate în funcție de forța de avans - fig. 5.10 -, rezultă că acestea cresc cu creșterea forței, creșterea accentuată avînd loc la forțe mai mari de 18 N. pentru discurile sintoziate în cupor.

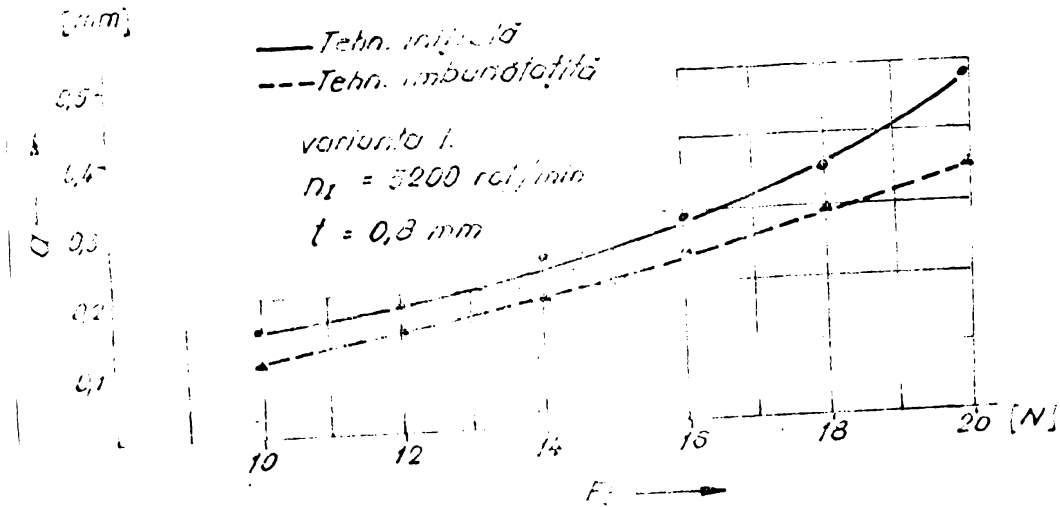


fig. 5.10

Analiza calității suprafeței semifabricatelor obținute prin debitare s-a efectuat pe baza valorilor rugozității exprimate prin parametrul  $R_a$ , folosind profilometrul - profilograf 252 (fig. 5.11).

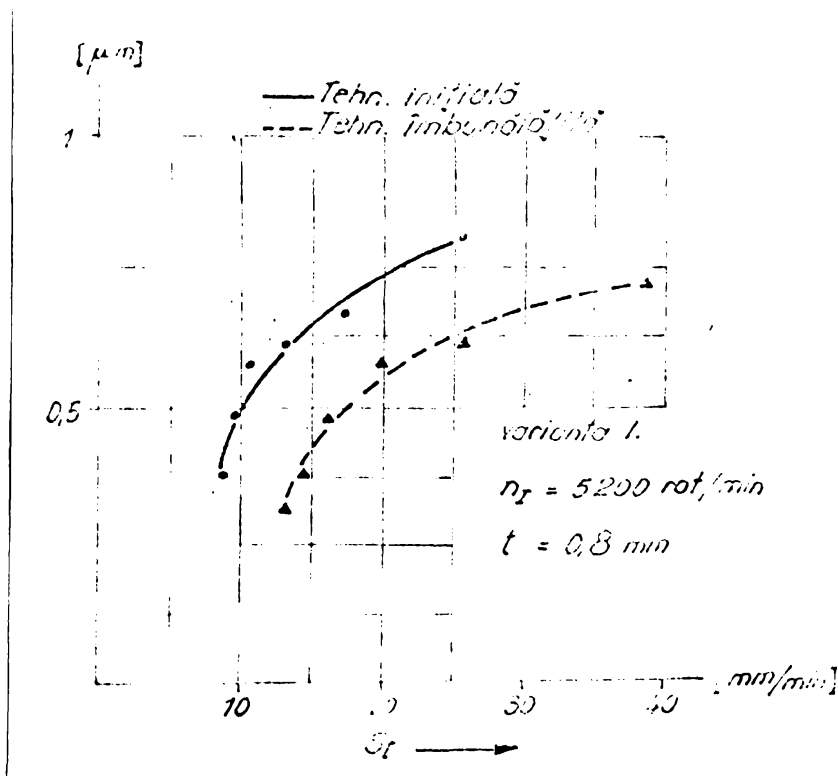


fig. 5.11

S-a constatat că datorită legăturii mai slabe între liant și granulele abrazive, la debitarea cu discuri sintoziate în cupor, rugozitatea este mai mare. Aceasta este explicația durabilității mai scăzute a acestor discuri. Se înțelege că granulele de abraziv sint emulsi de din liantul actual cinsinte

de a fi usate la velocitãta corespunzãtoare diametrului mediu al sferei ce le înglobeazã.

Pe baza concluziilor deșirine la debitarea semifabricatelor din ca fiz sintetic în felii (varianta I), la debitarea felilor în figii dreptunghiulare (varianta II), sau folosit cao discursi sintezate prin inducție. Rezultatele obținute au fost centralizate în tabelul 5.3.

În cazul variantei III, au fost debitate semifabricate cu secțiune transversalã circularã, rectificatã exterior, cu diametre  $d = 4$  mm și  $d = 6$  mm. Rezultatele obținute în urma experimentãrilor sînt prezentate în tabelele 5.4, respectiv 5.5.

Diametrul micșului de suprae  $\phi$  dm. al semifabricatului debitat variazã cu turația acestuia, cu evensul transversal al mesei moșinii de debitat și deci cu forța radialã determinatã de contracșutãțile G.

Din fig. 5.12 și 5.13 se observã cã  $\phi$  dm. scade cu creșterea turației semifabricatului.

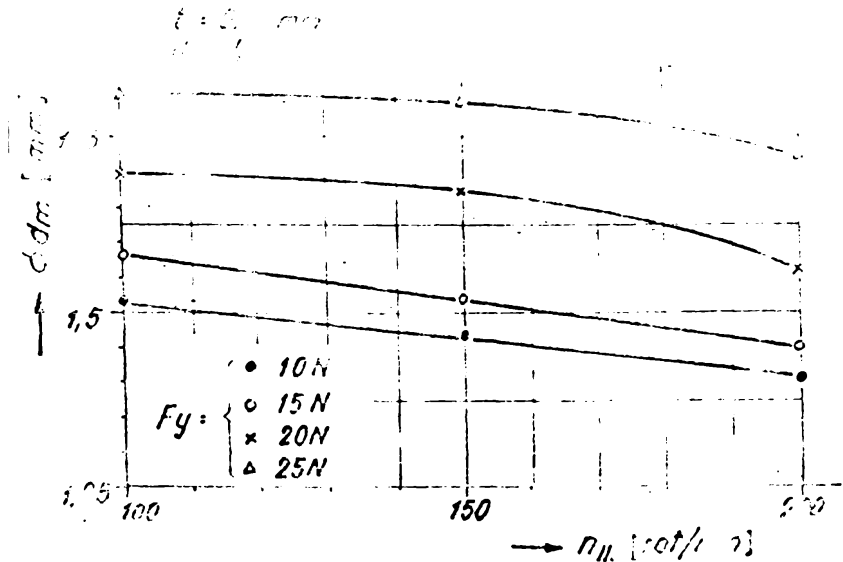


fig. 5.12

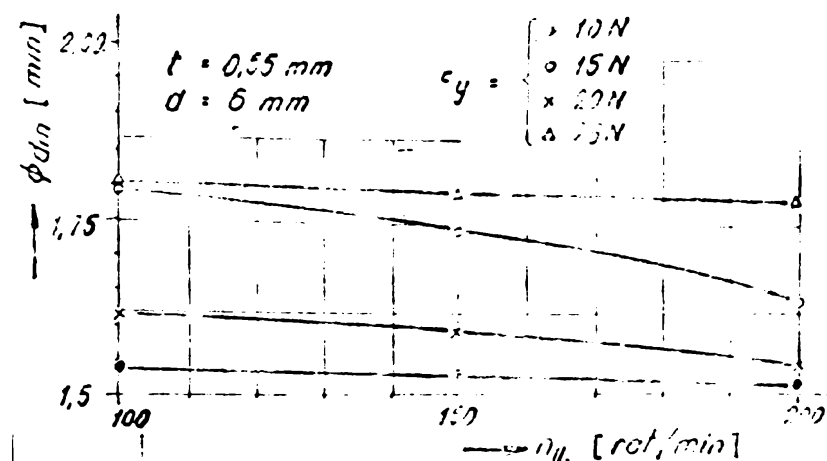


fig. 5.13

Tab.5.3

Nr. del.	Fl [N]	$\tau_{deb}$ [min]	hr [ $\mu m$ ]	hf [ $\mu m$ ]	Di [mm]	Du [mm]	bi [mm]	bu [mm]	St [mm/min]	V <sub>imp</sub> [mm <sup>3</sup> ]	V <sub>pu</sub> [mm <sup>3</sup> ·10 <sup>-3</sup> ]	E <sub>co</sub> [J]·10 <sup>-3</sup>	ESP [mm/min]	Q [mm <sup>3</sup> /min]	Q <sub>icok</sub> [kW]	N <sub>ef</sub> [kW]	St <sub>med</sub> [mm/min]	R <sub>a</sub> [ $\mu m$ ]	E [mm]	$\sigma$ [mm]
1	10	1,51	5,4	0,2	140	139,989	0,55	0,5495	16,6	54,95	248	250	4,54	35,397	0,3811	0,372	16,6	0,221	4,04	+ 0,04
2	10	1,48	5,2	0,17	139,989	139,978	0,5495	0,5493	16,9	54,93	285	250	4,55	39,114	0,3811	0,372	15,6	0,226	4,07	+ 0,07
3	10	1,54	5,1	0,17	139,978	139,968	0,5493	0,5489	16,3	54,89	281	250	4,55	35,642	0,3811	0,372	15,6	0,219	3,94	- 0,05
4	15	1,24	5,9	0,23	139,968	139,955	0,5489	0,5485	20,2	54,85	346	375	6,83	44,233	0,5716	0,551	20,03	0,267	3,92	- 0,08
5	15	1,29	5,7	0,21	139,955	139,945	0,5485	0,5480	19,4	54,80	325	375	6,98	42,420	0,5715	0,561	20,03	0,273	4,10	+ 0,10
6	15	1,22	5,8	0,22	139,945	139,933	0,5480	0,5476	20,5	54,76	335	375	6,24	44,215	0,5715	0,561	20,03	0,276	3,31	- 0,05
7	20	0,97	6,1	0,25	139,933	139,921	0,5476	0,5471	25,8	54,71	365	500	9,13	56,402	0,7522	0,748	25,8	0,306	4,12	+ 0,12
8	20	0,95	6,4	0,29	139,921	139,908	0,5471	0,5465	26,4	54,65	400	500	9,14	57,526	0,7622	0,748	25,8	0,310	4,11	+ 0,11
9	20	0,99	6,2	0,27	139,908	139,896	0,5465	0,5459	25,2	54,59	379	500	9,15	55,747	0,7622	0,748	25,8	0,312	3,86	- 0,14
10	25	0,75	7,2	0,32	139,896	139,881	0,5459	0,5453	33,4	54,53	445	625	11,46	72,906	0,9527	0,930	32,46	0,374	4,19	+ 0,19
11	25	0,76	6,7	0,30	139,881	139,869	0,5453	0,5447	33	54,47	415	625	11,47	71,671	0,9527	0,930	32,46	0,382	4,23	+ 0,23
12	25	0,81	7,0	0,31	139,869	139,854	0,5447	0,5441	31	54,41	430	625	11,48	69,172	0,9527	0,930	32,46	0,371	3,79	- 0,21

Table 5.4

Run No.	Time (hr)	Flow (m <sup>3</sup> /hr)	Flow (m <sup>3</sup> /min)	Flow (m <sup>3</sup> /sec)	Flow (m <sup>3</sup> /min)	Flow (m <sup>3</sup> /sec)	Flow (m <sup>3</sup> /min)	Flow (m <sup>3</sup> /sec)	Flow (m <sup>3</sup> /min)	Flow (m <sup>3</sup> /sec)	Flow (m <sup>3</sup> /min)	Flow (m <sup>3</sup> /sec)	Flow (m <sup>3</sup> /min)	Flow (m <sup>3</sup> /sec)
1	100	0.18	0.003	0.0005	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140
2	100	0.18	0.003	0.0005	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140
3	100	0.18	0.003	0.0005	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140
4	100	0.18	0.003	0.0005	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140
5	100	0.18	0.003	0.0005	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140
6	100	0.18	0.003	0.0005	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140
7	200	0.12	0.002	0.0003	139,849	139,849	139,849	139,849	139,849	139,849	139,849	139,849	139,849	139,849
8	200	0.11	0.002	0.0003	139,847	139,847	139,847	139,847	139,847	139,847	139,847	139,847	139,847	139,847
9	200	0.10	0.002	0.0003	139,845	139,845	139,845	139,845	139,845	139,845	139,845	139,845	139,845	139,845
10	100	0.11	0.002	0.0003	139,843	139,843	139,843	139,843	139,843	139,843	139,843	139,843	139,843	139,843
11	150	0.10	0.002	0.0003	139,841	139,841	139,841	139,841	139,841	139,841	139,841	139,841	139,841	139,841
12	200	0.09	0.001	0.0002	139,839	139,839	139,839	139,839	139,839	139,839	139,839	139,839	139,839	139,839

Tab. 5.4

$t = 0,55 \text{ mm}$ ;  $\alpha = 6 \text{ mm}$ .

Tab.5.5

Nr. def	$F_y$ [N]	$n_a$ [rot/min]	$\alpha_{deb}$ [min]	$h_r$ [ $\mu\text{m}$ ]	$h_f$ [ $\mu\text{m}$ ]	$D_i$ [mm]	$D_u$ [mm]	$b_i$ [mm]	$b_u$ [mm]	$S_t$ [mm/min]	$V_{MP}$ [mm/s]	$Q$ [mm <sup>3</sup> /min]	$Y_{0,3}$ [ $\mu\text{m}$ ]	$E_{CO}$ [ $\mu\text{m}$ ]	$E_{SP-3}$ [ $\mu\text{m}$ ]	$N_{eF}$ [N]	$F_{r_{ms}}$ [N]	$R_a$ [ $\mu\text{m}$ ]	$\phi_{di}$ [mm]
1	10	100	0,48	1,4	0,07	140	139,997	0,55	0,54986	6,25	15,725	32,760	9,16	30	1,907	0,932	24,6	0,214	1,54
2	10	150	0,41	1,3	0,062	139,997	139,994	0,54986	0,54973	7,31	15,535	37,890	8,28	30	1,931	0,932	24,5	0,218	1,53
3	10	200	0,35	1,0	0,052	139,994	139,992	0,54973	0,54962	8,57	15,532	44,377	6,59	30	1,931	0,932	24,3	0,221	1,51
4	15	100	0,37	1,3	0,067	139,992	139,990	0,54962	0,54948	8,10	15,528	41,957	8,60	45	2,897	1,373	36,3	0,289	1,61
5	15	150	0,35	1,5	0,072	139,990	139,987	0,54948	0,54933	8,57	15,411	44,031	9,60	45	2,919	1,373	36,2	0,221	1,58
6	15	200	0,32	1,7	0,080	139,987	139,983	0,54933	0,54917	9,37	15,519	48,496	10,80	45	2,899	1,373	36	0,294	1,54
7	20	100	0,30	1,6	0,078	139,983	139,980	0,54917	0,54901	10	15,515	51,716	10,29	60	3,853	1,821	47,8	0,314	1,20
8	20	150	0,27	1,7	0,084	139,980	139,977	0,54901	0,54884	11,11	15,510	57,444	11,05	60	3,868	1,821	47,6	0,318	1,73
9	20	200	0,25	1,9	0,090	139,977	139,973	0,54884	0,54866	12	15,505	62,02	12,12	60	3,869	1,821	47,5	0,319	1,66
10	25	100	0,27	1,5	0,088	139,973	139,970	0,54866	0,54848	11,11	15,500	57,407	10,61	75	4,833	2,465	64,7	0,372	1,80
11	25	150	0,26	2,2	0,095	139,970	139,965	0,54848	0,54829	11,63	15,494	59,592	13,94	75	4,840	2,465	64,5	0,376	1,79
12	25	200	0,23	2,7	0,092	139,965	139,960	0,54829	0,54810	13,04	15,489	67,343	15,00	75	4,842	2,465	64,3	0,385	1,78

De asemenea, din fig. 5.14. se observă că  $\phi_{dm}$  scade cu creșterea avansului transversal.

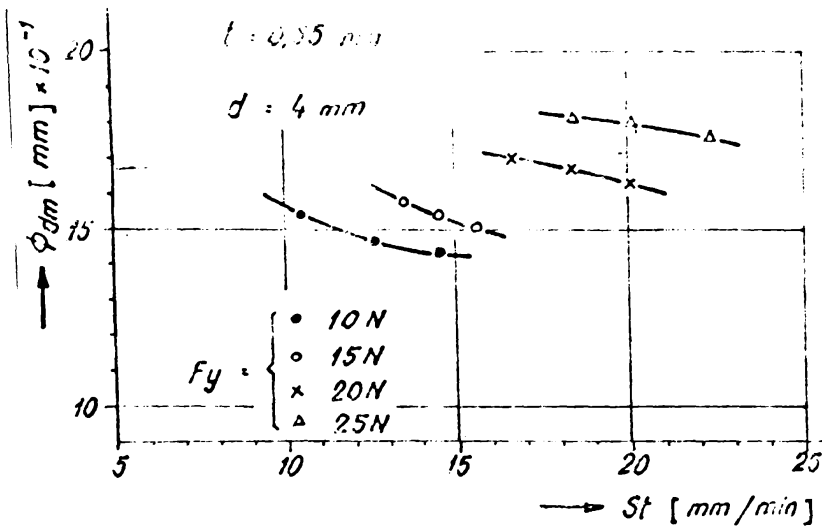
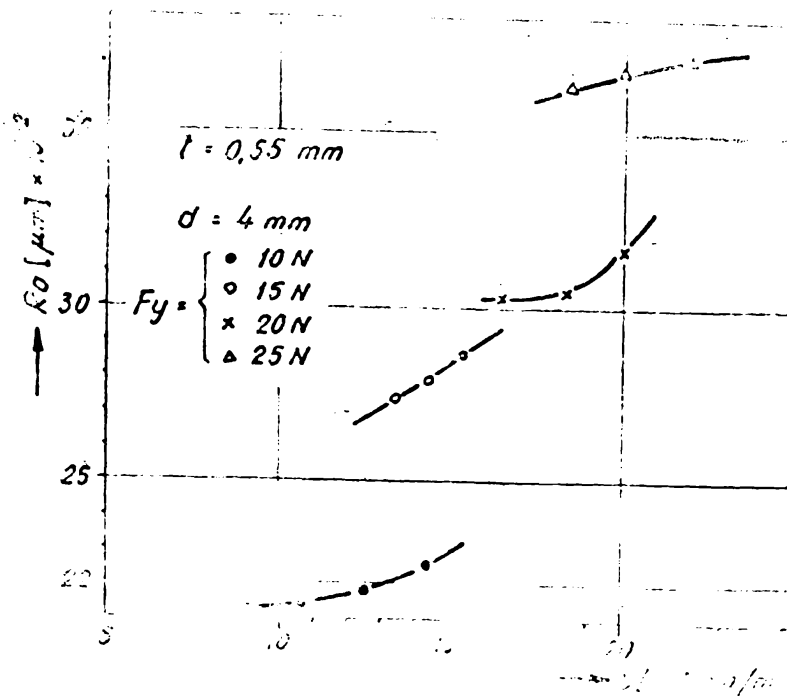


fig. 5.14



Calitatea suprafeței obținute la debitare este redată grafic în fig. 5.15. Se constată creșterea rugozității suprafeței debitate cu mărirea avansului, respectiv a forței de avans  $F_y$ .

fig. 5.15

**Concluzii.**

Caracteristicile superioare ale discurilor de debitat obținute prin tehnologia îmbunătățită, le recomandăm să fie utilizate la debitarea C.D.E. ca urmare a avantajelor economice finale (vezi capitolul 8).

Utilizarea rațională a acestor discuri de debitat presupune corelarea optimă a tuturor factorilor de influență în procesul de șchiere (vezi subcapitolul 5.3).



### 5.3. Optimizarea procesului de aşchiere.

Pentru optimizarea regimului de aşchiere la debitarea cristalelor din safir sau rubin sintetic, se va ţine seama de influenţele cumulate ale parametrilor geometrici şi tehnologici asupra procesului de aşchiere. În acest fel, se realizează de fapt optimizarea procesului de aşchiere.

Polocind tipurile de relaţii precum şi metodele de optimizare din literatura de specialitate [89] ; [118] ; [131] s-a procedat la stabilirea funcţiilor obiectiv care să reprezinte cel mai bine cerinţele procesului de debitare cu discuri diamantate a cristalelor din safir sau rubin sintetic. Fiecare dintre funcţii la obiectiv alese depinde de cel puţin una din variabilele de decizie deoarece termenii care nu respectă această condiţie nu influenţează asupra valorilor optime ale variabilelor de decizie.

Forma generală a funcţiei obiectiv care trebuie maximizată sau minimizată conform aspectului caracteristic al procesului de aşchiere, este de forma

$$F = \sum_{i=1}^n w_i J_i, \quad (1)$$

unde  $w_i$  sînt coeficienţi de pondere (impuşi de către tehnolog), iar  $J_i$  sînt expresii de forma

$$J = b_0 + \sum_{j=1}^m b_j x_j + \sum_{j=1}^{m-1} \sum_{k=j+1}^m b_{jk} x_j x_k + \sum_{j=1}^m b_j x_j^2 + \dots \quad (2)$$

expresii ce pot fi completate cu termeni de ordin superior. De asemenea,  $J$  poate fi şi de forma :

$$J = c \cdot x_1^a \cdot x_2^b \cdot \dots \cdot x_n^z \quad (3)$$

unde  $c$  este o constantă, iar exponenţii  $a, b, \dots, z$  sînt de asemenea constante cunoscute.

Corepunător debitării C.D.L. s-a analizat pentru optimizare următoarele funcţii obiectiv.

#### Productivitatea maximă.

Să alege acest criteriu de optimizare deoarece op ratia de debitare a C.D.L. constituie o strângulare în procesul de prelucrare a lagîrelor din safir sau rubin sintetic, influenţînd negativ asupra ritmului de fabricaţie. În acest caz, se impune ca durata de bitării să fie minimă. Acest criteriu optimizează fie durabilitatea sculei (discului diamantat), fie parametrul care influenţează durabilitatea sculei în ipoteza productivităţii maxime.

Experimentările luate în considerare pentru optimizarea fiind cele corespunzătoare variantei II, mașina-unealtă folosită fiind cea de debitat cristale din safir sau rubin sintetice existente la I.A.M. Timișoara, s-a procedat la determinarea timpului efectiv de debitare te astfel :

$$t_e = t_b + t_a \quad (4)$$

unde  $t_b$  este timpul de bază (timpul în care discul de debitat este în contact cu piesa) ;  $t_a$  - timpul ajutător care cuprinde timpii necesari pentru prinderea și desprinderea plăcii de sticlă (pe care este lipit cristallul) pe unca mașinii de debitat, timpul pentru pornirea și oprirea mașinii, etc.

Deoarece debitarea are loc la o singură trecere, timpul de bază se calculează cu relația :

$$t_b = \frac{L}{n \cdot s} \quad [\text{min}] \quad (5)$$

unde :

- L - lungimea de debitat [mm]
- n - turația discului diamantat [rot/min]
- s - avansul semifabricatului - fig.5.2 [mm/rot.disc]

Din relația :

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \quad [\text{m/min.}]$$

se poate deduce turația n :

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} \quad [\text{rot/min}]$$

unde d. este diametrul exterior al discului diamantat cu care se efectuează debitarea [mm] .

După înlocuirile făcute în (5) rezultă :

$$t_b = \frac{L \cdot \pi \cdot d}{1000 \cdot v \cdot s} = \frac{L}{v} \quad (6)$$

Deoarece durabilitatea discului diamantat depinde de viteză conform relației :

$$v = \frac{C_1}{T^m}$$

unde T este durabilitatea discului diamantat (timpul de utilizare continuă până la apariția unor velocități ale bătăii frontale a zonei active a discului diamantat care depășesc 0,15 mm) considerată între două intervale în care s'au avut loc operațiile de demontare, replecare și recentrare a acestuia [min] ; m - exponentul durabilității [131] .  
rezultă :

$$t_b = \frac{C_0}{C_1} T^m = C_2 T^m$$

. // .

Numărul de replenări și recentrări ale discului diamantat necesar continuării prelucrării este :

$$nr = \frac{c_3 \cdot t_b}{T} = c_2 \cdot c_3 \cdot T^{m-1}$$

unde constanta  $c_3$  exprimă ponderea  $t_b$  din  $T$  pentru ca  $nr$  să fie cuprinsă.

Cum însă debitarea are loc cu mai multe discuri simultan, timpul total de replenire și recentrare pentru un set de discuri este :

$$t_t = nr \cdot t_i \cdot n_d$$

unde  $t_i$  este timpul necesar replenirii și recentrării unui singur disc iar  $n_d$  - numărul de discuri din set.

Timpul efectiv de debitare este :

$$t_e = t_b + t_e = c_2 T^m + nr \cdot t_i + \int t_e = c_2 T^m + c_2 c_3 T^{m-1} \cdot t_i + \int t_e$$

unde  $\int t_e$  reprezintă restul timpului ajutător (fără timpul de replenire, recentrare).

Valoarea minimă a lui  $t_e$  se află prin anularea derivatei în raport cu :

$$\frac{d t_e}{d T} = m c_2 T^{m-1} + (m-1) c_2 c_3 T^{m-2} \cdot t_i = 0$$

deci :

$$c_2 T^{m-2} [m + c_3(m-1) t_i] = 0$$

și cum :

$$c_2 \neq 0 ; T \neq 0, \text{ rezultă :}$$

$$mT + c_3 (m-1) t_i = 0$$

deci :

$$T = c_3 \frac{1-m}{m} \cdot t_i \quad (8)$$

Deoarece debitarea s-a efectuat cu discuri diamantate reutilizate conform tehnologiei fabricației, durabilitatea lor a fost stabilită experimental și se ia punea deci ca :

$$t_i = \frac{L \cdot T}{c_3(1-m)} \quad (9)$$

S-a găsit astfel timpul necesar replenirii și recentrării discului diamantat folosit la debitare în cazul ipotezei productivității maxime.

Conform acestui criteriu, considerind valorile concrete pentru relațiile (5) ... (9), datele necesare de calcul sînt :

$$L = 25 \text{ mm}$$

$$d = 140 \text{ mm}$$

$$S_{\text{max}}^{\text{disc}} = 23,4 \text{ mm/min} = 0,0049 \text{ m/rot.disc.}$$

$$T = 600 \text{ min.}$$

$$m = 0,35$$

$$v = 2280 \text{ m/min.}$$

Din relația (6) rezultă :

$$t_b = \frac{23,4 \cdot \pi \cdot 140}{1000 \cdot 0,0049 \cdot v} = \frac{2443}{v}$$

Deci,

$$C_0 = 2443$$

Constanta  $C_1$  se obține din :

$$C_1 = v \cdot T^m = 2280 \cdot 600^{0,35} = 15504$$

Constanta  $C_2$  se obține din :

$$C_2 = \frac{C_0}{C_1} = 0,15$$

Experimentul a-a stabilit că pentru fiecare disc, pe totă durata de utilizare a sa  $n_z = 2$ . Cu urmare, constanta  $C_3$  va avea valoarea :

$$C_3 = \frac{2 \cdot t}{t_b} = \frac{2 \cdot T}{C_2 T^m} = \frac{2 \cdot 600}{0,15 \cdot 9,38} = 852$$

Timpul necesar replanșării și recentrării unui disc va trebui să fie :

$$t_1 = \frac{m \cdot T}{C_3(1-m)} = \frac{0,35 \cdot 600}{852(1-0,35)} = 0,379 \text{ min.}$$

Pentru un set de 30 discuri,

$$t_1 = 2 \cdot 0,379 \cdot 30 = 22,74 \text{ min.}$$

Deci, pentru ca productivitatea debitării să fie maximă, valorile  $t_1$ , respectiv  $t_2$  trebuie considerate ca limită maximă.

### Costul minim

Acest criteriu se aplică datorită folosirii discurilor dismanțate care sînt scule speciale, scumpe și realizate prin tehnologii speciale.

Si în acest caz se face optimizarea durabilității discurilor dar în ipoteza costului minim.

Relația costului minim se obține prin anularea derivetei costului prelucrării dat de :

$$C_4 = t_b \cdot C_g + n_z \cdot C_s \quad [\text{lei}]$$

unde  $t_b \cdot C_g$  reprezintă costul aferent duratei timpului de bază [lei/min], iar  $n_z \cdot C_s$ , costul aferent replanșării și recentrării discurilor ;  $C_g$  = cheltuieli generale (retribuții, amortizări, re-

gii, etc) ;  $C_3$  - cheltuieli aferente replanării și recentrării discului. Această relație se exprimă în funcție de durabilitate astfel :

$$C_1 = C_2 T^m \cdot C_3 + C_2 C_3 T^{m-1} \cdot C_3$$

Se derivează costul în raport cu durabilitatea și rezultă :

$$\frac{dC_1}{dT} = m T^{m-1} \cdot C_2 \cdot C_3 + (m-1) C_2 \cdot C_3 T^{m-2} \cdot C_3 = 0$$

$$C_2 T^{m-2} [m C_3 + (m-1) C_2 \cdot C_3 \cdot C_3] = 0$$

$$T = C_3 \cdot \frac{1-m}{m} \cdot \frac{C_3}{C_2} \quad (11)$$

De asemenea, cunoscând  $T$ , se impune ca raportul cheltuielilor să fie :

$$\frac{C_3}{C_2} = \frac{m T}{C_3(1-m)} \quad (12)$$

Cunoscând  $C_2 = 0,65$  lei/100 buc.piese, rezultă  $C_3$  din :

$$C_3 = \frac{0,35 \cdot 600 \cdot 0,65}{0,35(1-0,35)} = 0,246 \text{ lei/100 buc.piese}$$

Valoarea  $C_2$  considerată se referă la piesele cu pondera cea mai mare din planul de producție al secției și anume, lagărele de tip sferic sau conic.

Deci, dacă  $C_3 \leq 0,246$  lei/100 buc.piese, obținute la debitare, operația de debitare se realizează la un preț de cost minim.

#### Spargia consumată minimă

Formind de la considerentul că soluțiile practice utilizate la aşchieres materialelor, care asigură un consum energetic minim, conduc la economii foarte mari, se consideră că utilizând criteriul consumului minim de energie se poate de asemenea optimiza procesul de debitare a C.D.P.

Asimilând discul diamantat cu o freză disc cu suprafațele active diamantate [131], relația puterii instantanee de aşchiere este :

$$N = \frac{F_t \cdot v}{6000} [kW] \quad (13)$$

unde :

$$F_t = C_{Ft} \cdot t^{x_{Ft}} \cdot S_t^{y_{Ft}} [daN] - \text{forța tangențială de aşchiere}$$

$$v = 2270 \text{ m/min} - \text{viteza de aşchiere a discului.}$$

Înlocuind valorile  $F_t$  în (13), se obține :

$$N = \frac{C_{Ft} \cdot t^{x_{Ft}} \cdot S_t^{y_{Ft}} \cdot 2270}{6000} = C_1 \cdot t^{x_{Ft}} \cdot S_t^{y_{Ft}}$$

Pe baza rezultatelor experimentale, au fost stabilite valorile constantei  $C_{Ft}$  și a exponenților  $x_{Ft}$ , respectiv  $y_{Ft}$  pentru

parametrii  $t$  - adâncimea sau lățimea de aşchieră (identică cu grosimea discului) și  $St$  - viteza transversală și semifabricatului, din grafice în scară dublu logaritmică în care sînt reprezentate variațiile  $Rt$  în raport cu  $t$  cînd  $St$  este constant și în raport cu  $St$  cînd  $t$  este constant. Astfel :

$$Rt = 97,24 t^{0,3} \cdot St^{0,74}$$

Considerînd cazul discurilor cu  $t = 0,8$  mm,

$$R = \frac{97,24 \cdot 0,8^{0,3} \cdot St^{0,74}}{6.000} = 0,01515 St^{0,74} \text{ v.}$$

Deoarece discurile au fost antrenate în mișcarea de aşchieră cu turație constantă  $n = 3200$  rot/min, viteza de aşchieră este constantă și egală cu  $v = 2200$  m/min. Deci, necesită viteză fiind cea optimă, recomandată în literatura de specialitate, va influența în mod constant astfel că putem scrie :

$$R = 34,542 St^{0,74} \quad (14)$$

Din reprezentarea grafică a variației  $R$  în raport cu  $St$ , se constată (fig. 5.16) că valorile determinate experimental sînt cu puțin mai mari decît cele calculate cu relația (14).

Expresia energiei consumate la aşchieră este :

$$E = R \cdot t \cdot b = \frac{Rt \cdot t \cdot b}{6.000} = \frac{1,2 \cdot \sqrt{b} \cdot R}{1000 \cdot v \cdot St} = 5,29 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{Rt \cdot t \cdot b \cdot \sqrt{b}}{St} \quad [kWh]$$

Se constată că energia nu depinde direct de viteza de aşchieră și că prin creșterea lui  $St$ , energia scade. Considerînd valorile  $Rt = (1...2)$  dan. pentru experimentările efectuate cu un singur tip de discantet, au fost calculate valorile  $E$  și a fost reprezentată variația sa în raport cu  $St$ . tot pe scara grafic - fig. 5.16. Se constată că este optim din punct de vedere al energiei consumate, să se lucreze cu  $St$ . cît mai mari, în limite rigidității suprafeței metalice și discului discantete.

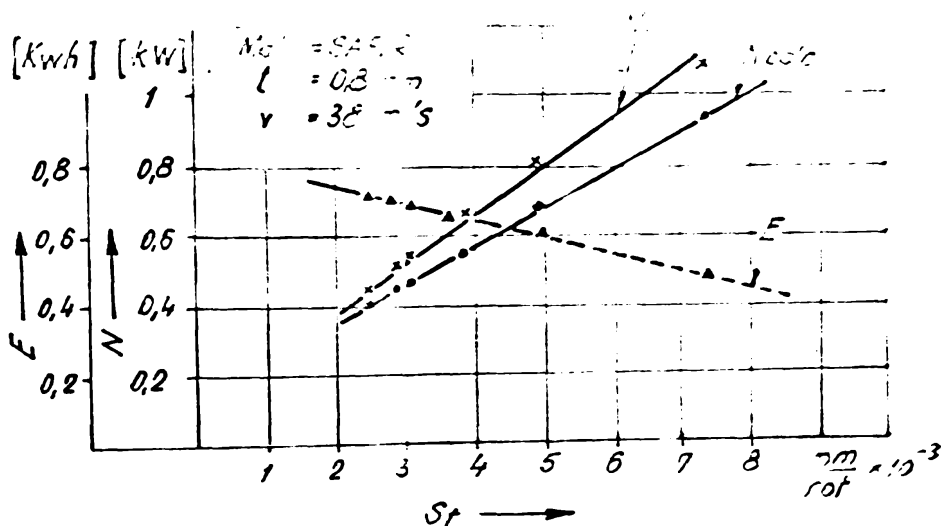


fig. 5.16

Încă se ia în considerare influențele tuturor variabilelor independente asupra procesului de aşchiere la debitare, se poate realiza optimizarea utilizând algoritmul Simplex pentru programarea liniară, pe baza subrutinei standard.

Pentru optimizarea procesului de aşchiere după criteriul productivității maxime funcția obiectiv este :

$$F = t_c = t_b + t_s = t_b + n \cdot t_i + \int t_s = t_b + \frac{t_b}{f} \cdot t_i + \int t_s =$$

$$= t_b \left( 1 + \frac{t_i}{f} \right) + \int t_s = \frac{\pi \cdot d \cdot k}{1000 \cdot v \cdot s_t \cdot f} \left( 1 + \frac{t_i}{f} \right) + \int t_s.$$

Deoarece  $v = \text{const.}$  iar  $\int t_s$  pentru durabilitatea parțială  $T = 600 \text{ min}$ , are valoarea determinată experimental  $\int t_s = 120 \text{ min}$ , valoarea funcției obiectiv devine :

$$F = \frac{\pi \cdot 140 \cdot 25}{1000 \cdot 5200 \cdot s_t \cdot f} \left( 1 + \frac{0,379}{600} \right) + 120 = \frac{2,114 \cdot 10^{-3}}{s_t \cdot f} + 120.$$

Procesul de aşchiere se va desfășura în condiții optime cînd  $F \rightarrow \text{min}$  cu restricțiile :

- puterea necesară de aşchiere la debitare să fie mai mică decît cea instalată pe mașina de debitat existentă ;

$$n \cdot t \cdot s_t^{0,74} \leq 75,93$$

- rigiditatea (precizia geomorficelor obținute prin debitare) :

$$t \cdot s_t^{0,74} \leq 0,0146$$

- rugozitatea suprafeței obținute la debitare :

$$R_a \leq 0,63 \text{ um.}$$

$$s_t \leq 0,0071 \text{ mm/rot.disc.}$$

- lățimea de aşchiere (grosimea discului de debitat) :

$$0,3 \text{ mm} \leq t \leq 0,8 \text{ mm.}$$

- cînmata mașinii :

$$5100 \leq n \leq 5200 \text{ rot/min.}$$

$$s_t \geq 0,0025 \text{ mm/rot.disc.}$$

Forma simplificată a funcției obiectiv este :

$$F = \frac{k}{f \cdot s_t}$$

Prin logaritmare se obține :

$$\lg F = C_1 - \lg s_t - \lg f$$

Prin logaritmare restricțiilor referitoare la rigiditate, avans transversal și lățime de aşchiere se obține :

$$\lg t + 0,74 \lg s_t \leq - 1,892$$

$$\lg s_t \leq - 2,148$$

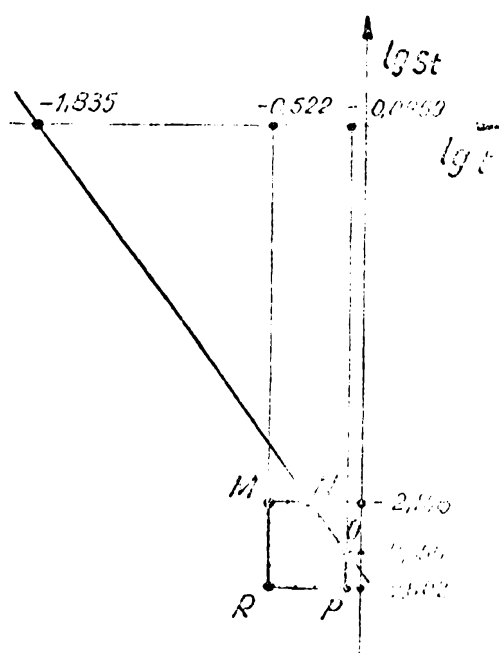
$$\lg s_t \geq - 2,602$$

$$\lg t \geq - 0,522$$

$$\lg t \leq - 0,0969$$

. // .

Domeniul de variație al funcției obiectiv se obține prin reprezentarea grafică la scară dublu-logaritmică - fig. 5.17.



Comparând valorile logaritmicele funcției în punctele M, N, O, P de pe grafic, se constată că regimul de așchiere la debitare va fi optim dacă se lucrează cu valorile parametrilor  $t$  și  $St$  corespunzătoare punctelor situate pe segmentul NO. Aceste valori care determină minimumul funcției obiectiv sînt :

$t = 0.7 \dots 0.8$  mm.  
 $St = 0.0056 \dots 0.0071$  mm/rot.dia

fig. 5.17

## 6. CONTRIBUȚII PRIVIND ASIMILAREA ÎN FABRICAREA AȘCHII PRODUSE DIN C.D.F., SOLICITATE DE ECONOMIA NAȚIONALĂ.

### 6.1. Prelucrarea patinelor de ghidare a electrodului filiform, la regimurile de debitare prin eroziunea electrică tip ELANOFIL.

La solicitarea întreprinderii producătoare de mașini de prelucrat prin electroeroziune cu electrod filiform (El.Timig), de a asimila fabricarea în țară a patinelor de ghidare a electrodului filiform, am pornit de la forma geometrică a patinelor importate - fig. 6.1 -

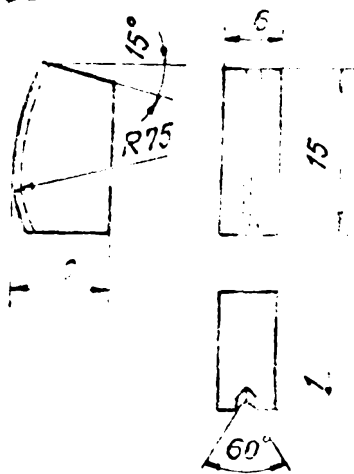


fig. 6.1

Am efectuat încercări de rezistență la uzură în timp, a materialului din patinele importate și am constatat că acest fixur sintetic satisface în foarte bune condiții cerințele impuse.

Pentru simplificarea tehnologiei de prelucrare (prin trecerea de la materialul metalic, la cel sintetic), este o nouă soluție constructivă - fig. 6.2 - care a asigurat fabricarea industrială a acestor patine.



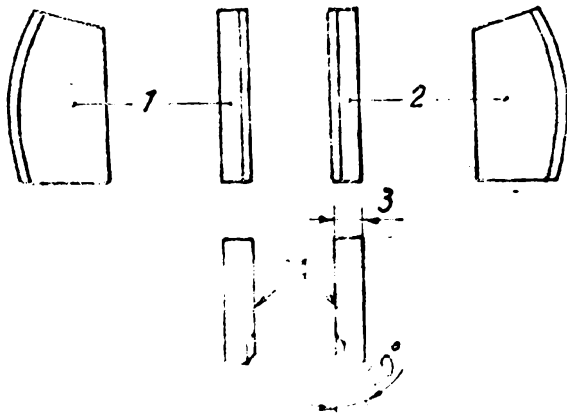


fig. 6.2

Conform acestei tehnologii pentru asigurarea realizării profilului canalului de ghidare pentru electrodul filiform s-a ales varianta constructivă de realizare a patinei din două bucăți 1 și 2 și de asamblare prin lipire cu UHU-PLUS conform fig. 6.2. (SA este suprafața de asamblare).

Pornind de la aceste condi-

ționale, s-a trecut la proiectarea și realizarea unui dispozitiv care să permită prelucrarea patinelor de ghidare a electrodului filiform, pe o mașină de ascuțit burghie cu vîrf de diamant existentă în dotarea secției de lagăre din safir și rubin sintetic de la IARL Timișoara.

Dispozitivul, a cărui soluție constructivă este prezentată în fig. 6.3, a fost proiectat astfel încît să se poată prelucra simultan 14 semifabricate tip paralelipiped cu dimensiunile 3 x 10 x 15. Pentru realizarea razei  $R = 75$ , dispozitivul s-a proiectat și realizat cu posibilitatea fixării pe batiul mașinilor de gălăuit grosier (pentru degroșare) și de ascuțit burghie cu vîrf de diamant (pentru finisare).

Pentru realizarea țegiturii  $1 \times 30^\circ$ , dispozitivul a fost prevăzut cu posibilitatea de a se înclina cu unghiul corespunzător.

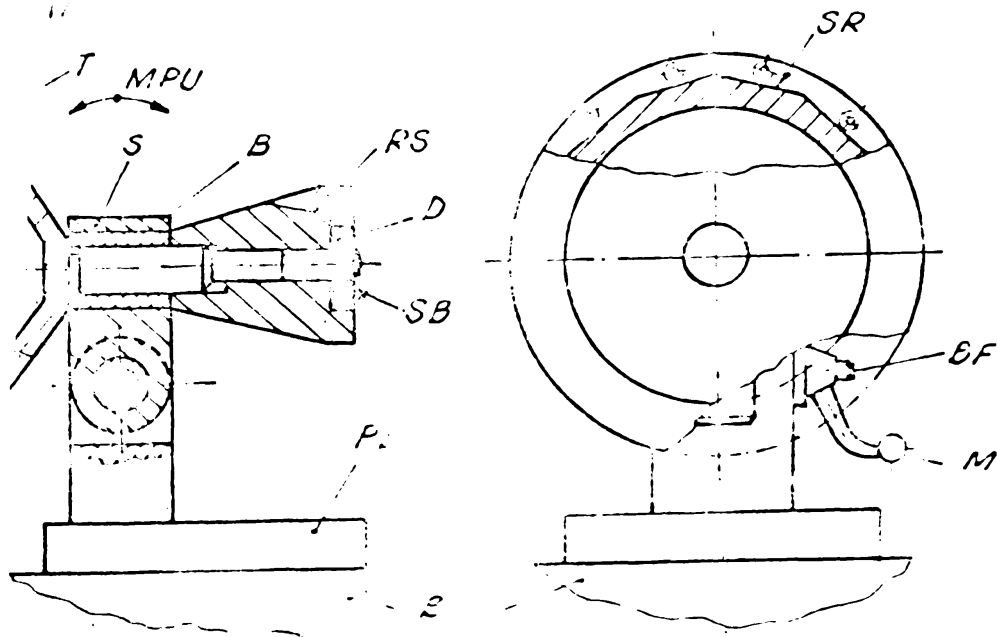


fig. 6.3

Dispozitivul este construit din următoarele părți: placă de bază P.3. care se fixează pe batinul mașinii B3, suportul S care prin buca B susține tamburul T, roseta striată B2, piulița P care se blochează prin intermediul șurubului S3 și maneta M care prin bolțul filetat M' permite blocarea S în poziția de lucru dorită.

Mișcarea de rotație M se transmite de la M3, manual și are rolul de a realiza  $b = 75$  mm. pe semifabricatele din safir (care sunt agățate în locurile M' și se sprijină pe suprafața de rezan S3 și sunt fixate cu câte un șurub înfiletat în alezajele filetate M').

Mișcarea de poziționare unghiulară M'U se realizează prin deblocarea S cu ajutorul M și este necesară pentru a inclina axa L în scopul obținerii feței de ghidare a electrodului filiform la  $1 \times 30^\circ$ . Se blochează din nou S cu ajutorul M și se procedează la secționarea manuală a M și deci a L cu semifabricatele care au deja materializată zona la valoarea  $b = 75$ .

Principiul de prelucrare se observă în schema din fig. 6.4. Pe discul L, se află granule de diamant artificial sau carbură de siliciu în suspensie și viteză unghiulară  $\omega$ , respectiv  $\omega_0$ , semifabricatul SF este agățat obținând zona  $b = 75$ .

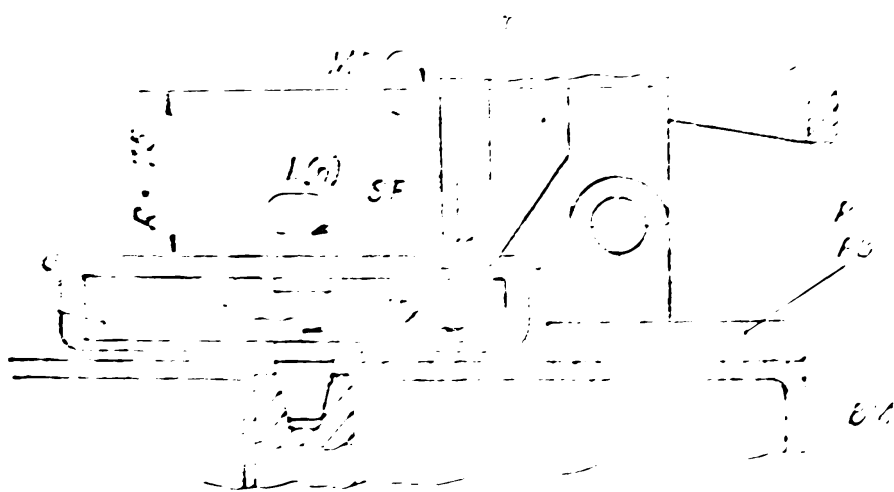


fig. 6.4

$$v_x = \frac{1000 V_0}{2\pi b} \quad [m/s]$$

unde:  $V_0 = 500$  m/min, reprezintă viteză optimă de aşchiere a semifabricatului sistetic.

Pe acest principiu se prelucrează și regiunea  $1 \times 30^\circ$ , dar cu axa L se inclină corespunzător.

Pentru a se obține calitatea suprafeței corespunzătoare, pe partea de profil pentru ghidarea electrodului filiform, se folosește pentru regiunile de finisaj o granulatie L10 pentru materialul abraziv aflat în suspensie.

Pentru a  
obține viteză  
de aşchiere  
optimă, M3  
se fixează  
pe B astfel  
ca zona pe  
care se află  
se față de  
axa de ro-  
tație să  
se fie :

Controlul dimensional se realizează cu ajutorul gablerului cu precizie de  $0,02 \text{ mm}$ ; măsurând peste două semifabricate diametrul epus, în stare montată pe T, după prelucrarea razei R.

Prin asimilarea în fabricație a patinelor de ghidare a electrozudului filiform pentru mașinile de prelucrat prin electroeroziune, s-au realizat două deziderate importante:

- creșterea durabilității patinelor de ghidare a electrozudului filiform prin realizarea lor din safir în loc de metal (varianta import);
- înlocuirea importului, realizând importante economii valutare.

### 6.2. Prelucrarea torozului pentru ghidarea firelor de la mașinile destinate filaturii fibrelor sintetice.

Pentru reducerea importului de piese de schimb, CBS Iași și Săvinești au solicitat realizarea în țară, la IASM Timișoara, a barețelor textile folosite la filatura fibrelor sintetice. Aceste barețe, în număr de 120 bucăți - pe o mașină, se realizează din safir sintetic și au desenul de execuție reprezentat în fig. 6.5.

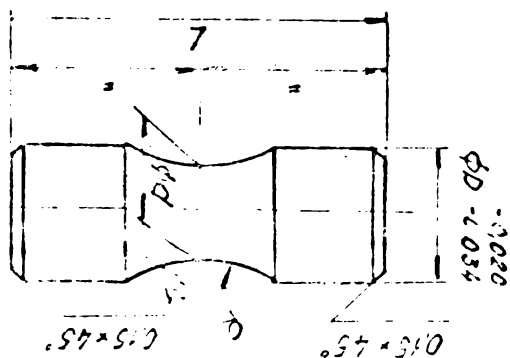


fig. 6.5

Tehnologia de prelucrare a torozului, presupune parcurgerea următoarelor operații: debitarea semicristalului din safir sintetic în folii de grosime  $D + 0,2 \text{ mm}$ ;

Tab. 6.1

Dimensiuni [mm]			
D	L	d	R
1	4	0,7	0,8
1,3	4,6	0,7	0,8
1,4	4,5	0,9	1,2
1,5	5,7	0,8	0,85
1,6	5,5	1,4	1,4

debitarea în fișii cu secțiunea un pătrat cu latura  $L + 0,2 \text{ mm}$  și cu axa optică de-a lungul fișiei; debitarea la lungimea  $L + 0,15 \text{ mm}$ ; rectificarea cilindrică de agregare la

$D \pm 0,05$  mm ; rectificarea cilindrică de finisare la valoarea  $L$  cu toleranța impusă ; țegirea muchiilor prin tobare ; prelucrarea profilului la valoarea  $R$  ; controlul profilului la proiectul de profile cu mărire de 50  $\times$  ; lustruirea la  $R_a = 0,1$   $\mu$ m ; sortarea și ambalarea.

Debitarea se realizează în aceleași condiții cu precizările de la subcapitolul 2.3.2.1.

Rectificarea cilindrică se efectuează conform precizărilor de la subcapitolul 4.2.3.3.

Țegirea muchiilor se realizează prin tobare, piesele fiind introduse în buncăre cu pereții din carbură de siliciu, într-o anumită proporție la un volum prestabilit de apă. Tobarea este de tip planetar iar efectul de țegire se obține datorită contactului muchiilor active ale pieselor cu pereții buncărelor.

Prelucrarea profilului la raza  $R$ , se realizează conform schemei din fig.6.6.

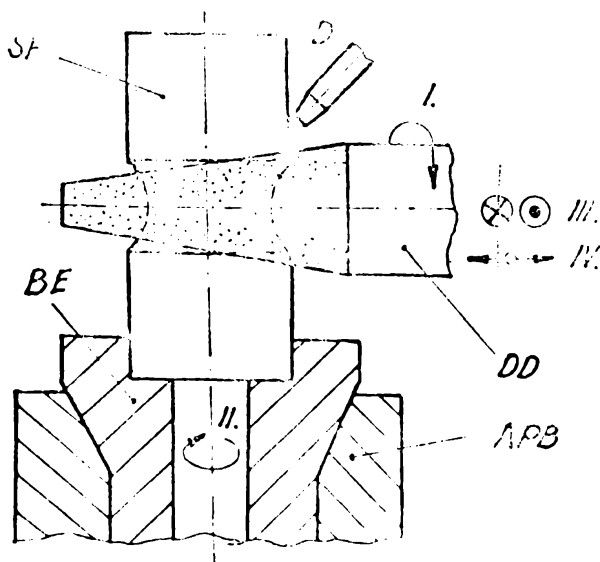


fig. 6.6

Semifabricatul realizează mișcarea de rotație și este fixat în bucaș elastic S.H. a arborelui port-bucșă A.P.B.

Se folosește răciră cu ulei de mecanică fină prin intermediul duzei D.

Pentru a obține diverse raze  $R$  pe pișni, D.D. se poate deplasa de la axa longitudinală în mișcarea de reglare IV.

Controlul adâncimii profilului se realizează cu un comparator montat pe un suport în prelungirea soniei transversale. În vederea operației de lustruire, se lasă un adaos de cel puțin  $0,02$  mm.

Corectitudinea formei profilului se constată utilizând proiectul de profile și gablonul realizat la mărire 50  $\times$ , prevăzut cu limitele trasate cu contur distinct.

Instalarea se realizează pe marginile de finisaj lăgărale străpungând prin dispozitivul conform schemei din fig. 6.7.

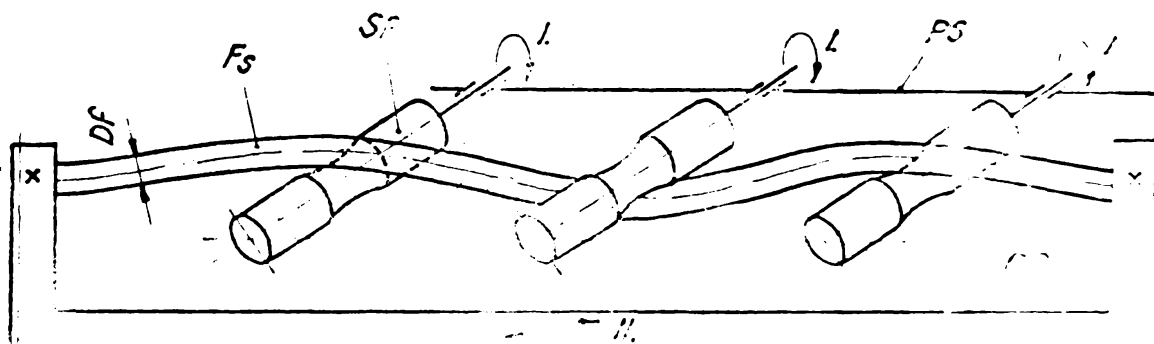


fig. 6.7

Pe o placă suport PS, în dispozitive de fixare cu bușă cilindrică, lăgăruite pe rulmenți cu etanșare sînt fixate scufabricatele SF care realizează mișcarea de rotație I. Pe porțiunea profilată a SF, montat alternativ sus-jos, există fascicula de sârme FS, tensionată la capete pe cadrul rigid C, care realizează mișcarea rectilinie alternativă II. PS este realizat dintr-un fascicul de sârme de oțel (fioare sîrmă avînd diametrul  $\phi$  0,1 mm) și transportă micropulverea de diamant artificial (A 10) pe un suport tip peliculă de ulei sau vaselină medicală.

Controlul calității suprafețelor lustruite se efectuează cu ajutorul microscopului stereoscopic binocular.

Prin asimilarea în fabricație a torosului-fiz, la o producție de 3000 buc. pe lună, se face o economie anuală de 3000 x  $E_L$  x  $C_{TP}$  = 3000 . 12 . 4 = 144.000 dolari ; unde ,

$E_L$  - numărul de luni dintr-un an

$C_{TP}$  - costul unui toros în dolari

## 7. CONTRIBUȚIA LA ÎMBUNĂTĂȚIREA TEHNOLOGIEI DE FABRICAȚIE A DISCURIILOR DE LUSTRIRE SUBSTRAT C.1.1.

### 7.1. Considerații generale.

Tehnologiile de fabricație [132], [2] și [10] a discurilor diamantate cu liant metalic aplicate usual în prezent, prevăd dozarea, amestecarea și omogenizarea granulelor abrazive cu pulberile metalice utilizate, după care urmează presarea la rece a acestora într-o matrită urmată de o încălzire corespunzătoare la temperatură de sintezare determinată în principiu de compoziția liantului metalic utilizat.

La cazul sintezării în cuptoare electrice, spar frecvent deformări preanunțate ale unui mare număr de discuri [120]. (experimental s-a determinat 53 discuri deformați) precum și exfolieri

ale stratului de suprafață în mai multe zone.

7.2. Factori care influențează tehnologia de fabricație.

7.2.1. Omogenitatea amestecului de pulbere abrazivă și liant metallic. Aceasta are o importanță deosebită [20], pentru asigurarea unei durabilități ridicate a discurilor discentrate.

Conform rețetei de amestec pentru lotul de discuri prevăzut să se realizeze, se face dozarea materialului abraziv de greutate  $G_d$  și a liantului de greutate  $G_L$ , care se stabilesc conform relațiilor :

$$G_d = G_a \cdot \frac{D \cdot \rho_d}{D \cdot \rho_d + L \cdot \rho_L} ; \quad G_L = G_a \cdot \frac{L \cdot \rho_L}{D \cdot \rho_d + L \cdot \rho_L}$$

unde  $G_a$  este greutatea amestecului ;  $D$  - concentrația volumetrică în procente față de volumul amestecului ;  $L$  - concentrația volumetrică a liantului ;  $\rho_d$  - densitatea granulelor materialului abraziv ;  $\rho_L$  - densitatea liantului.

Omogenitatea amestecului are o influență deosebită asupra proprietăților de aşchiere a discurilor de debitat. În funcție de el rezultă uniformitatea pecului de aşchiere și suprafeței active a discului considerat ca medie a distanței dintre două granule succesive în direcția mișcării de aşchiere. La abaterile mari de la această mărime statistică, dacă pasul local este mai mic, cea de-a doua granulă nu participă deloc sau participă nesemnificativ la aşchiere, iar dacă este mai mare crește zona și presiunea de contact de frecare între obiectul de prelucrat și liant.

Ecuațiile care guvernează controlul volumului amestecului se consideră că au semnificație direct proporțională cu numărul de coborâturi.

Dacă se consideră amestecul ca o compoziție macroscopică omogenă și izotropă, ideal d.p.d.v. termodinamic, volumul amestecului  $V$ , este suma volumelor constituenților :

$$V = \sum_{i=1}^n V_i$$

unde  $V_i$  este volumul constituentului  $i$ .

Volumul specific al amestecului  $v$ , este egal cu suma produselor dintre volumul specific  $v_i$  și masa fracțiunii  $x_i$ .

$$v = \sum_{i=1}^n x_i \cdot v_i \quad (7.2)$$

unde  $x_i$  este definit de

$$x_i = m_i/m , \quad (7.3)$$

iar  $m$  reprezintă

$$m = \sum_{i=1}^n m_i$$

Densitatea amestecului este dată de expresia :

$$\rho = \frac{1}{v} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{x_i}{\rho_i}} \quad (7.4)$$

unde

$$\rho_i = \frac{m_i}{v_i} = \frac{1}{v_i}$$

Volumul fracțiunii de masă este

$$v_i = \frac{x_i}{\rho_i} \quad (7.5)$$

Corespunzător volumului specific (7.2), energia specifică internă este

$$E = \sum_{i=1}^n x_i e_i \quad (7.6)$$

Considerând șocul normal cu viteză de impact constantă asupra particulelor amestecului fig.7.1, acesta se propagă omogen în materialul compozit, cu viteză U.

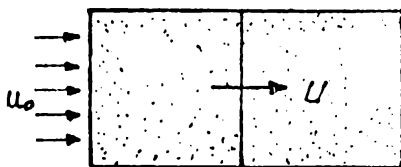


fig. 7.1

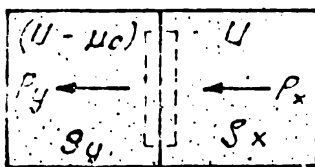


fig. 7.2

Din fig.7.2 se observă că undele de șoc devin staționare. Dacă înainte de șoc viteza particulelor este U, după șoc aceasta devine (U-u<sub>0</sub>).

Simbolizarea cu x sau y se referă la starea respectiv înainte și după șoc. Ecuațiile conservării masei și energiei corespunzătoare momentului reprezentat în fig.7.2, sînt :

$$\rho_x \cdot U = \rho_y (U - u_0) \quad (7.7)$$

$$p_y - p_x = \rho_x U u_0 \quad (7.8)$$

$$E_y - E_x = \left( \frac{p_x}{\rho_x} \frac{u_0}{U} \right) + \frac{1}{2} u_0^2 \quad (7.9)$$

Ecuațiile (7.7), (7.8) și (7.9) conțin termeni care definesc proprietățile amestecului. Pentru a putea efectua calculele, se substituie densitatea specifică și energia internă din ecuațiile (7.4) și (7.6). Astfel se obține :

$$\sum_{i=1}^n \frac{x_i}{\rho_i} U = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{\rho_i} (U - u_0) \quad (7.10)$$

$$\sum_{i=1}^n \frac{x_i}{\rho_{x_i}} (P_y - P_x) = U u_0 \quad (7.11)$$

$$\sum_{i=1}^n x_i (E_{y_i} - E_{x_i}) = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{\rho_{x_i}} \left( \frac{P_x u_0}{U} \right) + \frac{1}{2} u_0^2 \quad (7.12)$$

Luind in considerare ecuațiile pentru toți constituenții considerști cunoscute, se obține o funcție de forma :

$$F_i (\rho_i, P, E_i) = 0 \quad (7.13)$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, n.$$

Alte ecuații rezultă prin derivarea acestei funcții presupunind cazul transformărilor izoterme sau adiabatică. In cazul izotermal aceste ecuații sînt de forma :

$$T_1 = T_2 = T_3 \dots = T_n \quad (7.14)$$

unde  $T_i$  sînt expresii cu termeni de forma  $E_i, P$  sau  $\rho_i$ . Metoda de calcul a temperaturii presupune integrarea de-a lungul unui spațiu isotropic și de presiuni constante.

Propagarea șocului în materialul compozit format din  $n$  constituenți este descrisă de sistemul de ecuații (7.10) prin (7.14) care conține  $2(n+1)$  ecuații cu același număr de necunoscute, de forma  $P_y, P_{y1}, P_{y2}, \dots, P_{yn}, E_{y1}, E_{y2}, \dots, E_{yn}$ , sau  $U$ . Cantitățile notate cu "x" se referă la condițiile dinaintea undei de șoc și de aceea sînt cunoscute. Masele fracțiunilor  $x_1, x_2, \dots, x_n$  se consideră a fi date în caz concret (volumul fracțiunii  $\gamma_i$  este dat iar  $x_i$  se calculează cu ecuație (7.5)). Temperaturile care apar în ecuațiile (7.14) nu sînt considerate necunoscute atîta timp cît ele pot fi exprimate în termenii altei variabile. Dacă pentru o particulă se prezintă viteza  $u_0$ , sistemul de ecuații poate fi rezolvat de niște scheme numerice utilizînd tehnica iterțională. Soluția care va fi dată pentru fiecare valoare a lui  $u_0$ , corespunde valorilor parametrilor  $P_y, U$ , densității și energiei specifice interne a fiecărui constituent. Densitatea și energia internă specifică pentru șocul compozit vor fi calculate din ecuațiile (7.4) și (7.6).

Ecuația (7.10) se bazează pe presupunerea că temperatura de echilibru a fost atinsă lângă zona de impact cu unda de șoc. De asemenea, din cauza vitezei extreme a undei propagate, se presupune că procesul este adiabatic și deci nu are loc nici un transfer de căldură de la un constituent la altul. In cazul procesului adiabatic, ecuația (7.14) va fi înlocuită de următoarea :



$$p_{yi} - p_{xi} = \left( \frac{p_{xi}}{\rho_{xi}} \cdot \frac{p_{yi}}{\rho_{yi}} \right) + \frac{1}{2} (2 U u_0 - u_0^2) \quad (7.15)$$

$$i = 1, 2, 3 \dots (n - 1).$$

Este demonstrat că ecuația de energi e de n constituenți, este echivalentă cu ecuațiile (7.12) sau (7.15). Acum, noul sistem este format din ecuațiile (7.10) ... (7.13) și (7.15). Numărul de ecuații este din nou 2 (n + 1) pentru o compoziție cu n constituenți. Schema numerică de iterație pentru soluțiile lor este mai simplă decât pentru cazul izotermal.

Trebuie menționat că nu se pot scrie ecuații de continuitate pentru fiecare constituenț în parte fără să se introducă noi necunoscute. De exemplu, ecuația de continuitate pentru un constituenț va include o nouă erie proporțională cu compressibilitatea acestuia.

Mărimile calculate conform teoriei prezentate anterior, se compară cu rezultatele obținute experimental. Atita timp cît prezenta teorie este aplicabilă oricărui material microscopic omogen, alegem niște valori <sup>pentru</sup> care datele de test sînt valabile în [69]. Acestea sînt confirmate de rezultatele obținute la discurile disantate rezultate conform tehnologiei îmbunătățite. Astfel, procentul de 63 % pulbere de cupru rezultat din coloul, s-a dovedit a fi cel mai bun pentru realizarea liantului metalic destinat înglobării diamantului artificial pentru partea activă a discurilor de debitat. Această omogenitate se obține greu datorită diferenței dintre greutatea specifică a diamantului și a liantului utilizat. De asemenea, suprafețele netede ale granulelor abrazive constituie o dificultate în procesul de omogenizare.

Din cercetările experimentale efectuate, s-a ajuns la concluzia că omogenizarea cea mai bună se obține prin agitarea manuală a amestecului într-un recipient din sticlă, următoarea etapă fiind transferarea amestecului în spațiul corespunzător al matricei în care se efectuează procesul de compactizare.

7.2.2. Procesul de compactizare. Trebuie astfel realizată [132] însoțit presiunea maximă aplicată să nu depășească rezistența de rupere la compresie, admisă pentru materialul abraziv utilizat.

În tabelul 7.1 sînt date valorile rezistenței de rupere la compresie pentru principalele abrazive utilizate.

Material abraziv	Rezistența de rupere la compresie [daN/cm <sup>2</sup> ]
Diamant	23,5 × 10 <sup>3</sup>
Carburi de siliciu	53 × 10 <sup>3</sup>
Carburi de wolfram	34 × 10 <sup>3</sup>
Oxid de aluminiu	30,2 × 10 <sup>3</sup>

Teb. 7.1

Presiunea de compactizare este limitată la valoarea de 5000 daN/cm<sup>2</sup> pentru protejerea matricei împotriva spargerii

Matricea utilizată la presarea de compactizare este construită din (fig. 7.3) :

fig. 7.3

- Placa de bandă PB a cărui diametru exterior coincide cu diametrul exterior al discurilor presate ( $\varnothing 140$ ) ;
- Dozna de centrare DC, montat în PB în ejustaj intermediar. Diametrul exterior al DC, coincide cu diametrul alamaului discurilor presate ( $\varnothing 42$ ) ;
- Inelul de centrare IC, care realizează un ejustaj intermediar cu PB și clopotul de presare CP ;
- Placa de spăcare PA, destinată menținerii poziției corecte a suportului metalic și care delimitează împreună cu IC, dimensiunea radială a zonei active a discurilor presate. În spațiul cuprins între PA și IC, se dispune amestecul omogenizat de pulberi metalice și material abraziv ;
- Clopotul de presare CP, prevăzut cu posibilitatea recon-ditionării prin rectificarea a suprafeței care presează amestecul omogenizat ;
- Surubul de fixare SF, care prin strângere apasă PA, pe suportul metalic al discului ;
- Surubul de deblecare a clopotului de presare S.DC, prevăzut cu suprafața conică de spăcare într-un locșor conic de pe capătul SF. ;
- Inelul de presare IP, pe care se sprijină platforma mobilă a preseii hidraulice. Acest inel, se rotește pe CP în zona de

maximă rigiditate, pentru ca deformarea UP să fie minimă în timpul presării. După efectuarea presării, în vederea extragerii IC, se aşază IP sub PB, şi se presesează IC cu doi distanţieri semicirculari pînă la extragerea sa completă.

### 7.2.3. Incălzirea discuzilor presate în vederea sinterizării.

Incălzirea discului prevăzut pe suprafaţa activă cu amestecul abraziv şi liant metalic presat, se efectuează la temperaturi determinate de liantul metalic utilizat  $\theta_{max} = (0,8 - 0,85) \cdot \theta_{TA}$ , unde  $\theta_{TA}$  reprezintă temperatura de topire a amestecului.

Rezistenţa la uzură, [82] rezistenţa la impact, stabilitatea chimică, porozitatea, gradul de reascuţire, deformaţiile discului, depind de temperatura, viteza de încălzire şi de răcire precum şi de timpul de menţinere la temperatura de sinterizare.

În urma sinterizării, granulele abrazive trebuie să-şi păstreze forma geometrică şi proprietăţile iniţiale.

Eficienţa procesului de sinterizare depinde de natura liantului, de gradul de oxidare a acestuia în momentul sinterizării, de granulatia materialului abraziv, de gradul de deformare şi compactitatea materialului după presare. Recristalizarea matricei metalice începe în jurul unor centre de recristalizare localizate în zonele cu grad înalt de deformare unde energia de activare locală a ionilor metalici are valori ridicate ca uzură a densităţii mari de dislocaţii şi a aglomerării defectelor punctiforme la limite dintre grăunţi. Difuziile atomilor pe suprafaţa granulelor şi apoi în adâncime restaurează reţeaua cristalină, micşorează porii şi transformă punctele aderenţe în legături de continuitate cristalină. Corespunzător se măreşte compactitatea strzului presat şi se îmbunătăţesc proprietăţile mecanice ale acestuia.

Sinterizarea în cuptoare electrice [132], se desfăşoară conform graficului din fig. 7.4.

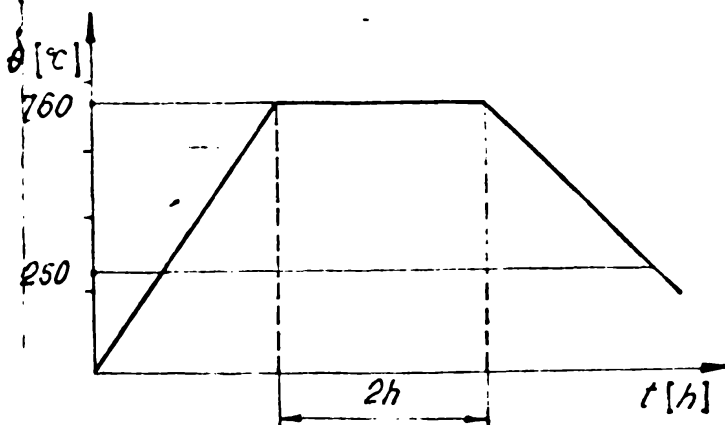


fig. 7.4

Discurile cu strzutul activ presat, se montează într-un dispozitiv fiind distanţate cu folii din tablă de oţel inoxidabil, se strîng axial şi se aşază într-un recipient din tablă care e umplut cu cărbune de lemn. Se încălzesc pînă la 760°C, se menţin timp de două ore şi apoi se lasă în cuptor să se răcească pînă la 250°C.

### 7.3. Îmbunătățiri tehnologice cu privire la tehnologia de fabricație a discurilor pentru debitat c.s.l.

#### 7.3.1. Utilizarea substanțelor necesare ridicării gradului de omogenizare a amestecului din abrazul activ al discurilor de debitat.

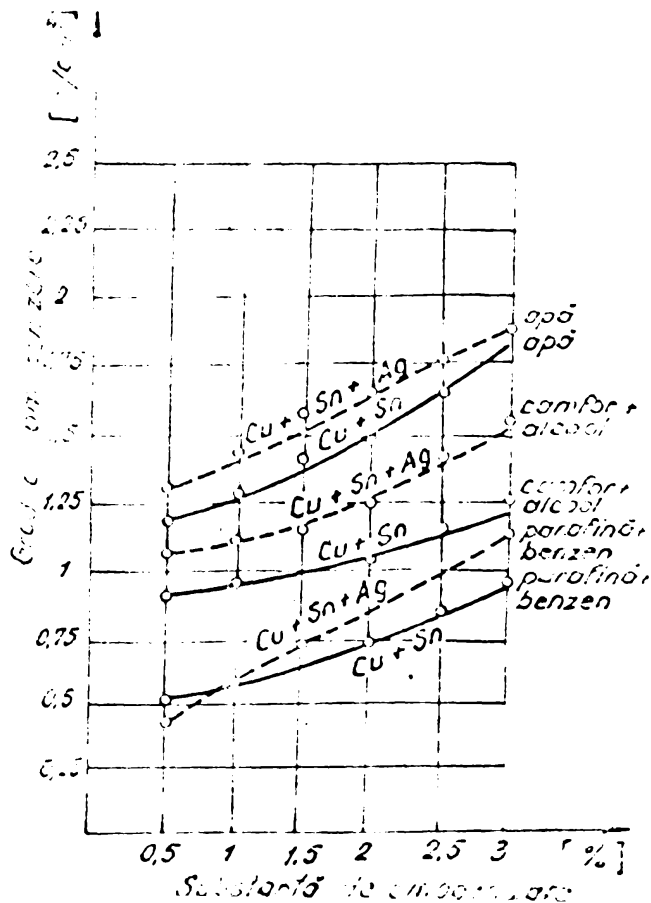
Pentru obținerea unui grad de omogenizare ridicat care să îmbunătățească proprietățile de tăiere a discurilor de debitat, mărind totodată durabilitatea acestora, au fost introduse substanțe de omogenizare în proporție de 0,5 ; 1 ; 1,5 ; 2 ; 2,5 și 3% din volumul amestecului de granule abrazive și pulberi metalice. Pentru omogenizare s-a folosit o tobă rotativă cu turația  $n = 8$  rot/min, timp de 5 - 20 minute.

Substanțele utilizate pentru omogenizare au fost : amestec de parafină și benzen, camfor, alcool și apă. Granulele abrazive au fost amestecate cu pulberi metalice de tip  $Cu + Sn$  și  $Cu + Sn + Ag$  într-un raport volumetric de 1 : 1.

Compoziția lianților metalici utilizați a fost:  $Cu = 90\%$ ,  $Sn = 10\%$  sau  $Cu = 90\%$ ,  $Sn = 8\%$ ,  $Ag = 2\%$ .

Amestecul astfel obținut a fost presat în matrita prezentată la subcapitolul 7.2.2. și au fost realizate discuri cu caracteristicile dimensionale prezentate în fig.2.19.

În fig.7.5 este prezentată influența substanțelor de omogenizare asupra gradului de omogenizare care evidențiază



avantajele utilizării apei pentru obținerea unei omogenizări cât mai bune. În schimb apa prezintă dezavantajele :

- se evaporă mai greu (trebuie efectuată o preîncălzire pentru evaporarea apei) ;
- se produce oxidarea pulberilor metalice fiind necesară existența unei atmosfere de hidrogen puternic reducătoare

Din aceeași figură se evidențiază avantajele introducerii argintului în compoziția lianților metalici.

fig.7.5

### 7.3.2. Alegerea liantului.

Alegerea corectă a liantului metalic utilizat la fabricarea discurilor pentru debitat C.D.M., prezintă o importanță deosebită [20]. Întrucât în timpul procesului de prelucrare trebuie să se realizeze un echilibru dinamic între viteza de uzură a liantului și viteza de uzură a materialului abraziv [20], în vederea unei autoesențări corespunzătoare a suprafeței sferice a discurilor de debitat.

În acest fel se asigură o uzură minimă a discului de debitat, o productivitate ridicată a debitării și o calitate superioară a suprafeței prelucrate.

Liantul utilizat constituie o matrice metalică a discului de debitat [20], care în condiții normale nu trebuie să vină în contact direct cu materialul de debitat. Distanța dintre matricea metalică a discului de debitat și suprafața de așchiere trebuie să fie materializată de muchiile ascuțite ale granulelor abrazive luate din matricea metalică.

Pentru aceasta este necesară alegerea corectă a liantului astfel că uzura acestuia să fie egală sau foarte apropiată de uzura abrazivului. Deci raportul :

#### $V = \frac{\text{Viteza de uzură a liantului}}{\text{Viteza de uzură a abrazivului}}$

trebuie să aibă valori cuprinse între 1 și 1,1. Dacă  $V > 1,1$  crește uzura discului raportată la volumul de material prelevat. Dacă  $V < 1$ , seed proprietățile sferice ale sculei, fiind necesare reascuțiri repetate care ridică costul prelucrării datorită productivității scăzute și a consumului ridicat de discuri.

Criteriul cel mai important care stă la baza studiului teoretic și experimental privind alegerea lianților metalici se evidențiază urmărind mecanismul uzurii liantului în procesul de prelucrare.

Mecanismul uzurii liantului se deosebește fundamental de mecanismul uzurii abrazivului, întrucât granula abrazivă acționează pe o sculă sferică având unghiul de degajare negativ, în timp ce uzura liantului, respectiv a matricei metalice, se produce atât prin abraziune, datorită frecării cu materialul de prelucrat, precum și prin smulgere odată cu îndepărtarea granulelor abrazive, sub acțiunea forțelor de așchiere care solicită discul de debitat.

Uzura liantului metalic este condiționată de următorii factori : caracteristicile fizico-chimice și mecanice ale materialului debitat ; presiunea exercitată de discul de debitat asupra semifabricatului cupus debitării ; condițiile și mediul de răcire ; regi-

mul de aşchiere ; forma geometrică şi dimensiunile semifabricatului supus debitării ; proprietăţile fizico-chimice şi mecanice ale lianţului metalic utilizat.

Având în vedere consideraţiile menţionate, în continuare sînt prezentate rezultatele cercetărilor efectuate într-un cadru strict determinat [12b] , la debitarea cristalelor din safir şi rubin sintetice, deci a unor materii cu duritate mare apropiată de cea a diamantului.

Deoarece discurile destinate debitării materialelor dure şi extradure au partea activă confecţionată din lianţi metalici care înglobează granulele abrazive, au fost utilizate pentru experimentări 5 compoziţii diferite de lianţi metalici conform datelor din tabelul 7.2.

Tab. 7.2.

Nr. crt.	Componentele matricei metalice	Compoziţia [%]	Temperatura de sinterizare [°C]
1	Cu	90	500
	Sn	10	
2	Cu	88	650
	Sn	10	
	Ag	2	
3	Cu	80	600
	Sn	10	
	Ag	10	
4	Fe	45	1200
	Cu	45	
	Sn	8	
	Ag	2	
5	Fe	40	1100
	Cu	50	
	Sn	8	
	Ag	2	

Aceşti lianţi pe bază de cupru şi fier sînt recomandaţi [28] şi [9b] pentru confecţionarea discurilor de debitat cristale de safir sau rubin.

Încercările privind uzura matricei metalice au fost efectuate în condiţii de lucru obișnuite (pe mașinile de debit existent, cu regimul de aşchiere şi lichidul de răcire conform tehnologiei prevăzute de licenţă) iar rezultatele sînt prezentate în fig. 7.6.

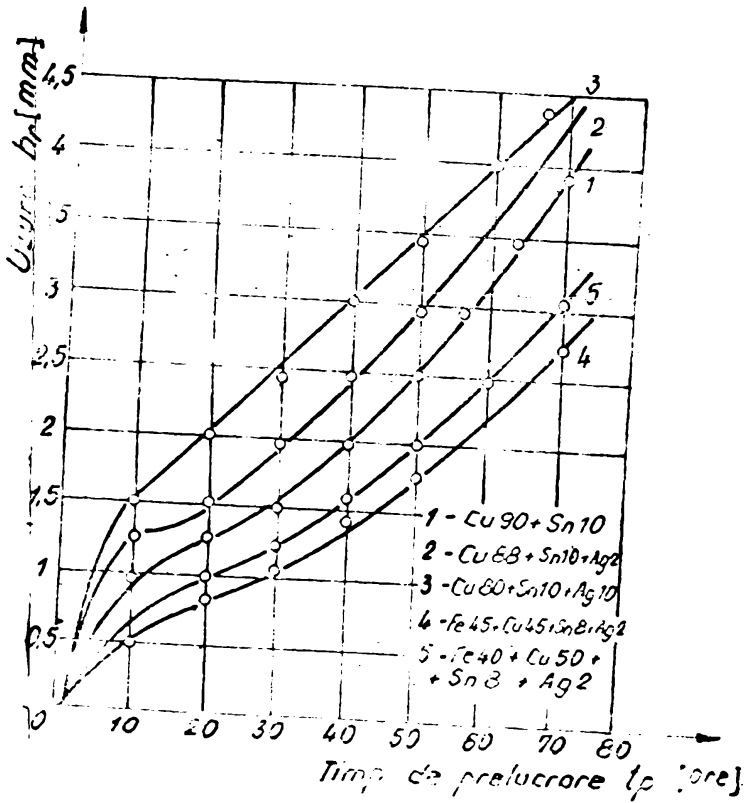


fig. 7.6

realizatului supra debitării, în cazul de față semicristale din safir sau rubin sintetic (fig.7.7).

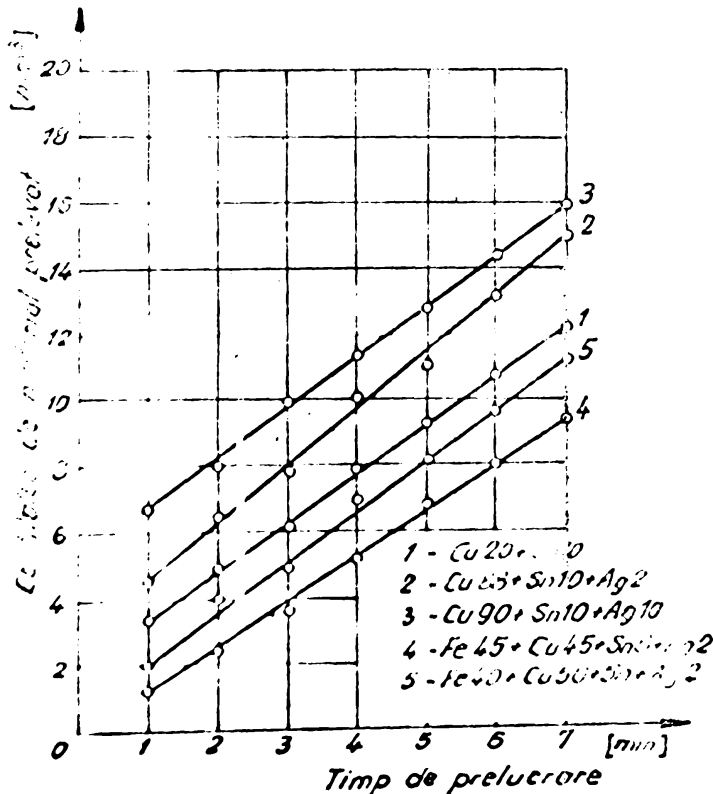


fig. 7.7

Se observă că cea mai mare rezistență la uzură o are compoziția liantului Nr.4, cu un conținut de 45% Fe, 45% Cu, 8% Sn, 2% Ag. care a fost sinterizat la  $T_{sint} = 1200^{\circ}\text{C}$ . Liantul 3 a fost cel mai puțin rezistent la uzură.

Aprecierea calității unui liant nu poate fi efectuată doar prin măsurarea gradului de uzură a acestuia, ci și prin evaluarea relației dintre uzura liantului, uzura materialului abraziv și cantitatea de material prelevat din se-

astfel se observă că discul realizat cu ajutorul liantului 4, poate îndepărta în șapte minute o cantitate de maximum 9 mm<sup>3</sup> de material. În timp ce discul realizat cu liantul 3, poate îndepărta în același timp 16 mm<sup>3</sup> de material.

În toate cazurile prezentate s-au aplicat condiții identice de prelucrare și același regim de sfințire.

În concluzie, experimentările efectuate au scos în evidență importanța adăugării unor substanțe de omogenizare pentru îmbunătățirea proprietăților

discurilor diamantate cu liant metalic. Se recomandă utilizarea unei soluții de camfor și alcool 3 % pentru obținerea unor performanțe superioare. Cu toate că utilizarea apei a condus la obținerea unui grad de omogenizare superior, utilizarea ei nu se recomandă întrucât crește timpul necesar evaporării apei și este necesară o instalație care să permită utilizarea hidrogenului ca agent reductor. Pentru realizarea discurilor se debitează cu caracteristici superioare, se recomandă utilizarea liantului metalic complex  $Cu + Sn + Ag$ . Cu toate că prețul argintului este ridicat, se recomandă utilizarea lui întrucât se reduce exfolierea la numai 14%, crește densitatea și durabilitatea părții active și se reduce porozitatea acestora.

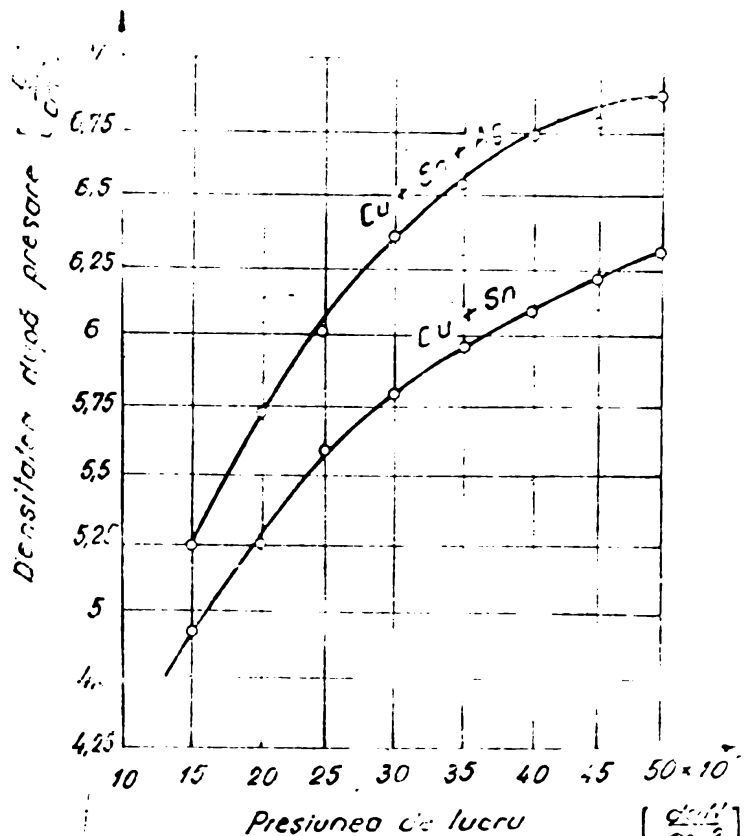
Nu se recomandă utilizarea staniului în compoziția mai mult de 10 % deoarece apare pericolul exfolierii straturilor active față de suportul metalic al discului.

De asemenea, nu se recomandă folosirea lianților 4 și 5, productivitatea prelucrării fiind mai scăzută cu 40 %. Pe de altă parte, lianții pe bază de fier necesită temperaturi de sinterizare ridicate ( $65 = 1100 \dots 1200^{\circ}C$ ), ceea ce prezintă pericolul oxidării respectiv grafitizării parțiale a diamantului.

### 7.3.3. Presarea stratului activ.

Presarea amestecului omogenizat de pulberi metalice și material abraziv s-a făcut în matrita - fig.7.3 -, la rece cu ajutorul unei prese hidraulice de 150 tf. cu scopul obținerii unei densități cât mai mari. S-au confecționat mai multe discuri aplicându-se diferite valori ale presiunii între limitele:  $10 \cdot 10^2 - 50 \cdot 10^2 \text{ daN/cm}^2$  (fig.7.8).

fig. 7.8





Se remarcă creșterea densității scată cu creșterea presiunii de lucru, evidențindu-se densități mai ridicate la utilizarea liantului Cu+Sn+Ag. Porozitatea stratului presat este de asemenea dependentă de presiunea de lucru (Fig. 7.9). Se observă că porozitatea are valori

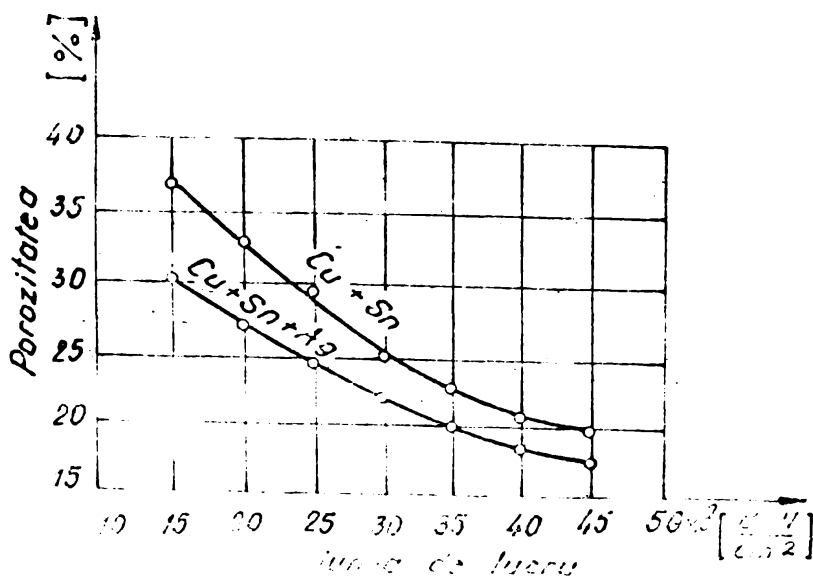


Fig. 7.9

la presiuni mici până la  $15 \cdot 10^2 \text{ daN/cm}^2$  s-au remarcat diferențe, la presiuni mari de  $40 \dots 50 \cdot 10^2 \text{ daN/cm}^2$ , diferențele sînt neglijabile. Diferențele la presiuni mici apar ca urmare a suprafețelor netede ale granulelor abrazive, respectiv a forțelor de frecare reduse dintre granulele abrazive și liantul metalic utilizat.

#### 7.3.4. Sinterizarea discurilor.

În cazul sinterizării discurilor în cuptorul electric conform tehnologiei prevăzute de licențe R. F. China, s-a constatat că apar frecvent deficiențe ca: deformarea termică exagerată a suportului metalic al discurilor, exfolieri ale straturilor active, neomogenitate structurală a zonelor active, etc [44]. Aceste deficiențe au fost puse pe seama imposibilității de control și de repetabilitate a parametrilor care asigură sinterizarea (temperatura de sinterizare, protecția împotriva oxidării, etc).

A apărut deci, necesitatea aplicării unei noi tehnologii de sinterizare în stare presată, prin încălzire cu CăI. În acest caz, e fost necesar să se realizeze un dispozitiv a cărui formă constructivă este reprezentată în fig. 7.10.

Dispozitivul este realizat din plăcile suport disc 1, balțul 2, pînă 3 și antrenorul 4.

După presare în vederea sinterizării discului abraziv DA, în matricea destinată acestui scop, se montează LA și se introduce între

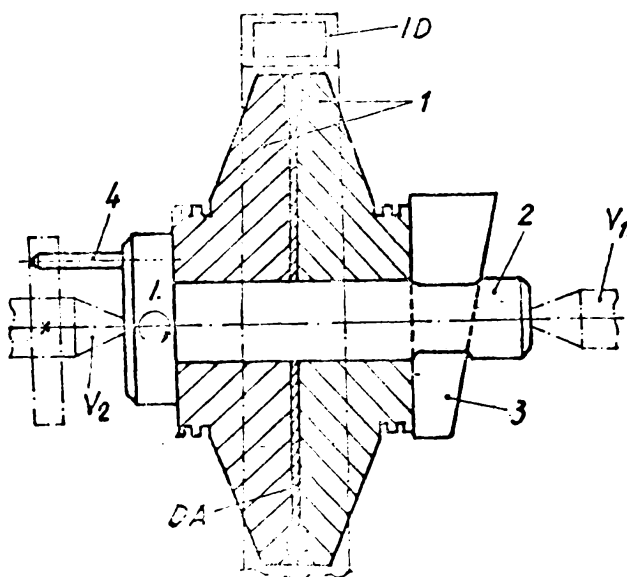


fig. 7.10

plăcile 1, se montează boltul 2 și se presesează DA între cele două plăci prin bătărea penei 3 în locșul său din bolt.

În această stare, dispozitivul este introdus prin inductorul ID și sprijinit între virfuzile V<sub>1</sub> și V<sub>2</sub> ale strungului normal pe care este adaptată instalația de încălzire cu CIF. Prin intermediul antrenorului 4, se imprimă întregului dispozitiv o mișcare de rotație necesară pentru a uniformiza zona influențată termic atunci când ID este cuplat la rețea.

Schema electrică a instalației de încălzire cu CIF este reprezentată în fig. 7.11. Semnificația notațiilor de pe schemă este :

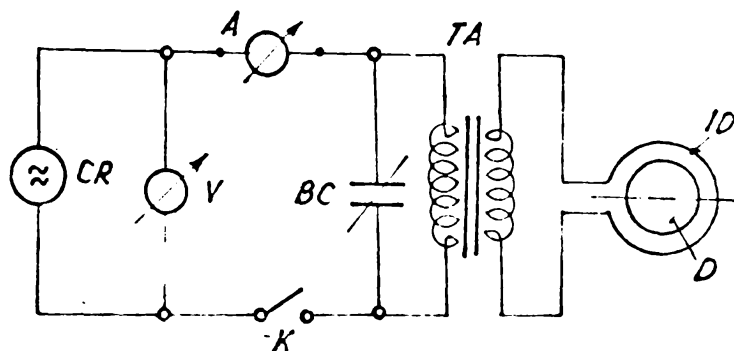


fig. 7.11

CB - convertitor rotativ de medie frecvență ; A - ampermetru ; V - voltmetru ; TA - transformator de adaptare ; BC - baterie de condensatoare ; ID - inductor ; D - dispozitivul cu discul pregătit pentru sinterizare ; K - întrezupător.

În împreună cu ID și sistemul de răcire

sunt montate pe axa longitudinală a strungului și sunt prevăzute cu posibilități de reglare radială.

Inductorul este un subansamblu important al instalației pentru încălzire inductivă. Prin intermediul său se transferă energia electrică magnetică de la convertitor la dispozitivul de sinterizare. Prin inductor circulă un curent electric de frecvență medie și de înaltă intensitate, în jurul său formându-se un câmp electromagnetic prin care energia este transferată spre zona periferică a dispozitivului în care este situat stratul activ al discuzilor ce se sinterizează. Puterea specifică pentru fiecare punct al suprafeței supusă încălzirii depinde direct de intensitatea câmpului magnetic. Repartiția câmpului magnetic la suprafața piesei depinde de formă și dimensiunile inductorului.

Pentru încălzirea inductivă a dispozitivului de sinteză a discurilor de debitat, s-au proiectat și realizat mai multe tipuri de inductori: circulari ; semicirculari cu închiderea spirei în plan paralel cu axa piesei fără concentratori electromagnetici de curent ; semicirculari cu închiderea spirei în același plan, perpendicular pe axa piesei fără concentrator electromagnetic de curent ; semicirculari cu închiderea spirei în același plan, cu concentratori electromagnetici de curent și circulari cu concentratori electromagnetici de curent.

Experimental s-au determinat vitezele de încălzire și valorile temperaturilor în planul inductorului și în planul zonei supusă sintezării în funcție de puterea activă debitată de generator, întrețelul dintre inductor și piesă cit și în funcție de excentricitatea între planul de simetrie al inductorului și planul de simetrie al dispozitivului de sintezare.

Deoarece rezultatele cele mai bune au fost obținute la sintezarea discurilor prin încălzirea cu inductor circular cu concentratori electromagnetici de curent, în continuare se prezintă etapele de calcul care au stat la baza proiectării acestui inductor [99]. Calculul numeric a fost făcut pentru afișul încălzirii pe baza următoarelor date inițiale :

- Adâncimea stratului încălzit  $\mathcal{D}_k = 0,5 \text{ cm.}$
- Diametrul exterior al discurilor  $D_2 = 14 \text{ cm.}$
- Lățimea fîșiei încălzite  $s_3 = 2 \text{ cm.}$
- Frecvența  $f = 2000 \text{ Hz}$
- Puterea specifică  $P_0 = 0,5 \text{ kW/cm}^2$

Constructiv, se impun pentru inductor următoarele dimensiuni

(fig.7.12) :

- Lățimea  $b_1 = 2 \text{ cm.}$
- Lungimea de fixare  $b_2 = 8 \text{ cm.}$
- Distanța între spire  $d_s = 0,2 \text{ cm.}$
- Distanța între suportți  $h_s = 1 \dots 3 \text{ cm.}$
- Distanța de la centru la plăcile de fixare.  $l_1 = 10 \text{ cm.}$
- Înălțimea plăcilor de fixare  $l_2 = 9 \text{ cm.}$

Se cer următoarele date :

- Diametrul inductorului  $D_1$
- Lățimea inductorului  $s$
- Grosimea peretelui conductorului inductor.  $d_1$
- Tensiunea la bornele inductorului  $U_1$
- Curentul în inductor  $I_1$
- Factorul de putere al inductorului  $\cos \varphi_1$

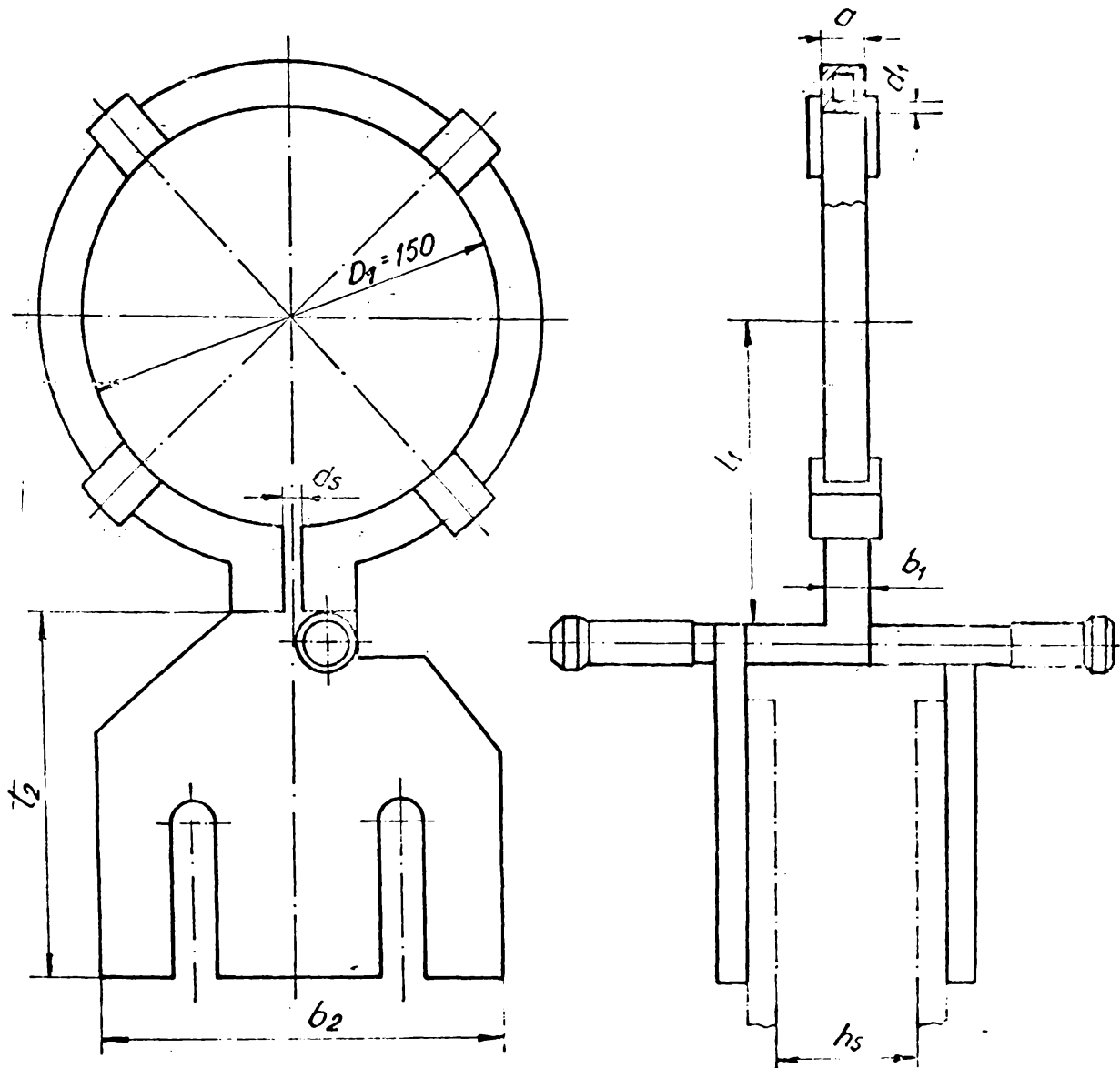


fig. 7.12

- Randamentul efectiv al inductorului  $\eta_1$

- Puterea absorbită de inductor

Se calculează un inductor cu o spiză ( $w = 1$ ).

În formulele utilizate, dimensiunile se trec în metri iar puterea specifică în  $\text{Watt}$  pe metru pătrat.

Diametrul interior al inductorului

$$D_1 = L_2 + 2h$$

unde  $h$  este întrețierul dintre inductor și suprafața de încălzit.

Acest spațiu este de 2 ... 5 mm. dacă  $D_2 \leq 50$  mm și de 5 ... 10 mm.

dacă  $D_2 > 100$  mm. adoptăm  $h = 5$  mm. și rezultă :

$$D_1 = 0,14 + 2 \cdot 0,005 = 0,15 \text{ m.}$$

Grosimea peretelui conductorului parcurs de curent

La încălzirea cu inductor prevăzut cu conductor răcit perme-

pentru, spire inductoare se execută din țesă laminată.

La frecvența de lucru  $f < 10^4$  Hz, grosimea peretelui țevii, se ia cât mai aproape de valoarea optimă :

$$d_1 \approx 1,6 \delta_1$$

Din tabelul 1.1 <sup>[99]</sup> pentru țesă din cupru,  $\delta_1 = 0,07$  cm.

$$d_1 \approx 1,6 \cdot 0,0007 = 0,00112 \text{ m}$$

Se adoptă  $d_1 = 1,5$  mm.

Lățimea inductorului

Se calculează cu ajutorul relației :

$$s \approx 1,2 \cdot s_3$$

$$s = 1,2 \cdot 0,02 = 0,024 \text{ m}$$

Se adoptă  $s = 24$  mm.

Diametrul de calcul al suprafeței încălzite a dispozitivului  
adâncimes de pătrundere a curentului în suprafața încălzită

este :

$$\delta_k = \frac{0,5}{\sqrt{f}} \text{ unde } f \text{ reprezintă frecvența ,}$$

$$\delta_k = \frac{0,5}{\sqrt{8000}} = \frac{0,5}{89,44} = 0,0056 \text{ m}$$

$$K_1 \cdot x_k = \frac{\delta_k}{\sigma_k} = \frac{0,003}{0,0056} = 0,536$$

Pentru  $\mu = 16$  ( $m = -6$ ), din tabelul 4.5 se găsește  $K = 0,614$ .

Atunci,  $\delta_k = K \delta_k = 0,614 \cdot 0,0056 = 0,0034$  m.

Pentru regim cald, diametrul de calcul  $D_2'$  va fi :

$$D_2' = D_2 - \delta_k = 0,14 - 0,0034 = 0,137 \text{ m}$$

Valoarea recalculată a puterii specifice

$$P_0' = P_0 \frac{D_2}{D_2'} = 0,5 \cdot \frac{0,14}{0,137} \cdot 10^2 = 0,51 \cdot 10^7 \text{ W/m}^2$$

Permeabilitatea magnetică relativă pentru regimul rece și intermediar se calculează cu formulele :

$$\mu_e \approx \frac{H}{H_0} \text{ și } H_e^2 \sqrt{\mu_e} = 3,67 \cdot 10^2 \cdot \frac{P_0}{\sqrt{f}}$$

Pentru regimul rece:  $\rho_2 = 2 \cdot 10^{-7} \Omega \cdot \text{m}$  :

Pentru regimul intermediar:  $\rho_2 = \rho_e = 6 \cdot 10^{-7} \Omega \cdot \text{m}$ .

Pentru regimul fierbinte, se determină permeabilitatea magne-

fiind  $\mu_2$ . Luind cteva valori pentru  $m$ , se găsesc în tabelele 4.1 ; 4.2 și 4.3. valorile corespunzătoare  $K$ ,  $N$  și  $\cos \varphi_2$  și se determină  $H_{ms}$   $H_{mk}$  cu relațiile :

$$H_{ms} = \sqrt{\frac{\rho_2' \cdot 10^6}{1,485 k \sqrt{f} \cdot \cos \varphi_2}} \quad [A/m]$$

$$H_{mk} = \frac{H_{ms}}{K} \quad [A/m]$$

Din curbe medii de magnetizare, fig. 3.5 se găsește  $\mu_2'$ , așa cum este arătat în exemplul din subcapitolul 4.4 și se întocmește un tabel al valorilor obținute.

Datele pentru stabilirea permeabilității magnetice și a unghiului de defazaj  $\varphi_2$  sînt centralizate în tab. 7.3.

Tab. 7.3

$m$	$\mu_2$	$K$	$N$	$\cos \varphi_2$	$H_{ms}$	$H_{mk}$	$\mu_2'$
-0,4	7,9	1,168	2,555	0,858	$2,017 \cdot 10^5$	$0,787 \cdot 10^5$	21
-0,5	9,4	1,215	3,020	0,809	$1,858 \cdot 10^5$	$0,642 \cdot 10^5$	26
-0,7	32	1,304	4,900	0,937	$1,022 \cdot 10^5$	$0,372 \cdot 10^5$	31,5

Construind graficele  $\mu_2 = f(m)$  și  $\mu_2' = f(m)$ , - fig.7.13 - se obțin :

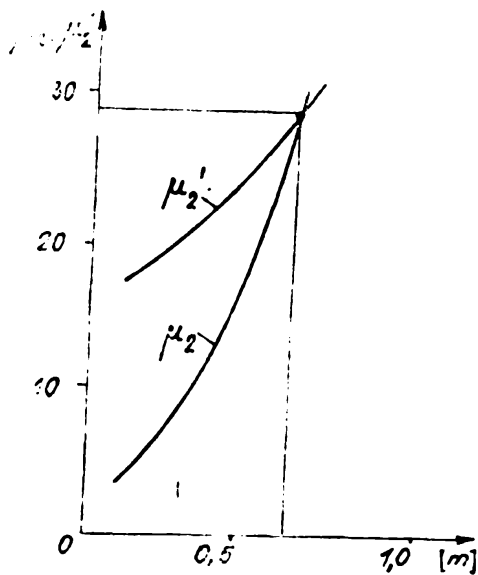


fig. 7.13

$$r_2 = \frac{1,14 \cdot 0,14}{0,024} \cdot 1,37 \cdot \frac{6 \cdot 10^{-7}}{1,72 \cdot 10^{-4}} = 8,74 \cdot 10^{-4} \Omega$$

. // .

$$\mu_2 = 29$$

$$m = - 0,64$$

$$K = 1,150$$

$$\cos \varphi_2 = 0,876$$

$$\sin \varphi_2 = 0,468$$

Rezistența și reactanța circuitului înclădit.

În regim rece și intermediar :

$$r_2 = \frac{\pi \cdot \rho_2}{s} \cdot 1,37 \frac{l_2}{l_2}$$

$$l_2 = 503 \sqrt{\frac{\rho_2}{\mu_0 \mu_2}} \quad [m] ;$$

$$l_2 = 503 \sqrt{\frac{6 \cdot 10^{-2}}{6,4 \cdot 8000}} = 1,72 \cdot 10^{-4} m$$

$$X_{2M} = \frac{E_2}{I_2} = \frac{0,74}{1,37} \cdot 10^{-4} = 6,38 \cdot 10^{-4} \Omega$$

In regim fierbinte :

$$r_2 = \frac{\pi D_2'}{8} \cdot 2,81 \cdot 10^{-6} \text{ K } \sqrt{f} \cos \varphi_2 = \frac{3,14 \cdot 0,137}{0,024} \cdot 2,81 \cdot 10^{-6} \cdot 1,15 \sqrt{8000} \cdot 0,876 = 45,381 \cdot 10^{-4} \Omega$$

$$X_{2M} = r_2 \frac{\sin \varphi_2}{\cos \varphi_2} = 45,381 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{0,468}{0,876} = 24,244 \cdot 10^{-4} \Omega$$

Rezistența exterioară a inductorului

$$X_0 = X_{10} \frac{s_1 k_1}{s_1 - k_1 s_2}$$

Pentru  $s_1 > s_2$  :  $X_{10} = \omega \mu_0 \frac{s_1}{s_1}$

Coefficientul  $k_1$  este dat în graficele din fig. 5.6 sau 5.7 din [99] .

$$X_{10} = 2\pi \cdot 8000 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\pi \cdot 0,15^2}{4 \cdot 0,030} = 14,79 \cdot 10^{-4} \Omega$$

$$k_1 = f\left(\frac{s_2}{s_1}\right) = f\left(\frac{0,15}{0,03}\right) = 0,305$$

$$\text{Pentru } s_1 = s_2 : X_0 = X_{10} \frac{k_1}{1 - k_1} = 14,79 \frac{10^{-4} \cdot 0,305}{1 - 0,305} = 6,49 \cdot 10^{-4} \Omega$$

Rezistența de scindări

$$X_0 = \omega \mu_0 \frac{s_1 - s_2}{s_2} = 2\pi \cdot 8000 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot \pi \cdot \frac{0,15^2 - 0,137^2}{0,025} = 5,836 \cdot 10^{-4} \Omega$$

Coefficientul de raportare a rezistenței planei

$$c = \frac{1}{\left(\frac{r_2}{X_0}\right)^2 + 1 + \frac{X_0 + X_{2M}}{X_0}} = \frac{1}{\left(\frac{8,74 \cdot 10^{-4}}{6,49 \cdot 10^{-4}}\right)^2 + 1 + \frac{5,836 \cdot 10^{-4} + 6,38 \cdot 10^{-4}}{6,49 \cdot 10^{-4}}} \approx$$

$$\approx 0,1 .$$

Rezistența raportată

$$r_2' = c \cdot r_2 = 0,1 \cdot 45,381 \cdot 10^{-4} \approx 4,538 \cdot 10^{-4}$$

Rezistența raportată a circuitului secundar

$$X_2' = \left[ X_0 + X_{2M} + \frac{(X_0 + X_{2M})^2 + r_2'^2}{X_0} \right] = \left[ 5,836 \cdot 10^{-4} + 24,244 \cdot 10^{-4} + \frac{(5,836 \cdot 10^{-4} + 24,244 \cdot 10^{-4})^2 + 8,74 \cdot 10^{-4}^2}{6,49 \cdot 10^{-4}} \right] = 48,68 \cdot 10^{-4} \Omega$$

Rezistența și reactanța proprie conductorului-inductor

$$r_{1c} = \rho_1 \frac{\pi D_1}{s d_1} = 2 \cdot 10^{-8} \frac{\pi \cdot 0,15}{0,024 \cdot 0,0015} = 2,61 \cdot 10^{-6} \Omega$$

$$f_1 = 503 \sqrt{\frac{\rho_1}{P}} = 503 \sqrt{\frac{2 \cdot 10^{-8}}{8000}} = 7,95 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

$$\frac{d_1}{f_1} = \frac{0,0015}{7,95 \cdot 10^{-4}} = 1,88$$

$$K_2 \approx K_t \approx 1,88 ; r_1 = r_{1c} \cdot K_2 = 2,61 \cdot 1,88 \cdot 10^{-4} \Omega$$

$$X_{1H} = r_{1c} \cdot K_2 = 4,9 \cdot 10^{-4} \Omega$$

Valoarea echivalentă ale rezistenței, reactanței și impedanței inductorului

$$r_e = r_1 + r_2' = 4,9 \cdot 10^{-4} + 4,538 \cdot 10^{-4} = 9,438 \cdot 10^{-4} \Omega$$

$$X_e = X_{1H} + X_2' = 4,9 \cdot 10^{-4} + 48,68 \cdot 10^{-4} = 53,58 \cdot 10^{-4} \Omega$$

$$Z_e = \sqrt{r_e^2 + X_e^2} = \sqrt{4,5^2 + 53,58^2} \cdot 10^{-4} = 53,77 \cdot 10^{-4} \Omega$$

Puterea transmisă în placă

$$P_T = \pi D_2 s P_0 = \pi \cdot 0,14 \cdot 0,024 \cdot 0,5 \cdot 10^7 = 5,275 \cdot 10^4 \text{ W}$$

Currentul în inductorul cu o spira

$$I_1' = \sqrt{\frac{P_T}{r_2}} = I_1 = \sqrt{\frac{5,275 \cdot 10^4}{4,538 \cdot 10^{-4}}} = 10781 \text{ A}$$

Tensiunea pe conductorul inductor

$$U_1' = I_1' \cdot Z_e = U_e = 10781 \cdot 53,77 \cdot 10^{-4} = 57,97 \text{ V}$$

Rezistența cînelor

$$r_{ek} = \frac{2 \rho_1 l_k}{s b_k} = k_2 \text{ unde } b_k' \text{ este lățimea medie a fiecărei secțiuni.}$$

$$\frac{d_1}{f_1} = \frac{0,0015}{7,95 \cdot 10^{-4}} = 1,88 ; K_2 = 1,88$$

$$b_2' = \frac{b_1 + b_2}{2} = \frac{0,02 + 0,08}{2} = 0,05 \text{ m}$$



$$r_{s1} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 10^{-8} \cdot 0,1 \cdot 1,88}{0,002 \cdot 0,05} = 0,752 \cdot 10^{-4} \Omega$$

$$r_{s2} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 10^{-8} \cdot 0,09 \cdot 1,88}{0,002 \cdot 0,05} = 0,677 \cdot 10^{-4} \Omega$$

$$r_{s+} = r_{s1} + r_{s2} = 0,752 \cdot 10^{-4} + 0,677 \cdot 10^{-4} = 1,429 \cdot 10^{-4} \Omega$$

Reactanta pinelor

$$X_{sk} = \frac{2 \cdot l_1 \cdot l_k \cdot K_x}{ds \cdot bk} + 7,9 \cdot 10^{-6} \frac{f \cdot h_g \cdot l_k}{ds \cdot bk} ; K_x \approx 1$$

$$X_{s1} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 10^{-8} \cdot 0,1}{0,002 \cdot 0,05} + 7,9 \cdot 10^{-6} \frac{8000 \cdot 0,02 \cdot 0,1}{0,002 \cdot 0,05} = 1,264 \cdot 10^{-4} \Omega$$

$$X_{s2} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 10^{-8} \cdot 0,09}{0,002 \cdot 0,05} + 7,9 \cdot 10^{-6} \frac{8000 \cdot 0,02 \cdot 0,1}{0,002 \cdot 0,05} = 0,284 \cdot 10^{-4} \Omega$$

$$X_{sk} = X_{s1} + X_{s2} = (1,264 + 0,284) \cdot 10^{-4} = 1,548 \cdot 10^{-4} \Omega$$

Valoarea rezistenței, reactanței și impedanței inductorului.

$$r_1 = r_e + r_s = 9,438 \cdot 10^{-4} + 1,429 \cdot 10^{-4} = 10,867 \cdot 10^{-4} \Omega$$

$$X_1 = X_e + X_s = 93,98 \cdot 10^{-4} + 1,548 \cdot 10^{-4} = 95,528 \cdot 10^{-4} \Omega$$

$$Z_1 = \sqrt{X_1^2 + r_1^2} = \sqrt{95,528^2 + 10,867^2} \cdot 10^{-4} = 96,187 \cdot 10^{-4} \Omega$$

Impedanța inductorului

$$\eta_1 = \frac{r_1}{Z_1} = \frac{10,867 \cdot 10^{-4}}{96,187 \cdot 10^{-4}} = 0,422$$

Factorul de putere al inductorului

$$\cos \varphi_1 = \frac{r_1}{Z_1} = \frac{10,867 \cdot 10^{-4}}{96,187 \cdot 10^{-4}} = 0,194$$

Puterea absorbită de inductor

$$P_1 = \frac{P_2 \cdot 10^{-3}}{\eta_1} = \frac{5,275 \cdot 10^4 \cdot 10^{-3}}{0,422} = 125 \text{ kW}$$

Tensiunea la inductor

$$U_1 = I_1 \cdot Z_1 = 10781 \cdot 96,187 \cdot 10^{-4} = 60,575 \text{ V}$$

Rezultatele finale

Diamețul inductorului:  $D_1 = 150 \text{ mm}$ .

Lățimea inductorului:  $s = 16 \dots 24 \text{ mm}$ .

Grosimea conductorului - inductor:  $d_1 = 1,5 \text{ mm}$ .

Tensiunea la bornele inductorului:  $U_1 = 60,575 \text{ V}$ .

Curentul în inductor:  $I_1 = 10781 \text{ A}$

. // .

Factorul de putere al inductorului  $\cos \varphi_1 = 0,194$   
Randamentul efectiv al inductorului:  $\eta_1 = 0,422$   
Puterea absorbită de inductor :  $P_1 = 125 \text{ KW}$  (valoare maximă)  
Numărul de epize al inductorului  $n = 1$

Echipind epiza activă și cu patru pachete de tole dispuse simetric și având rolul de concentrate magnetice, fluxul de dispersie va fi mult diminuat iar încălzirea mult mai bine localizată.

Experimental, încălzirea se poate realiza începând cu minim 10 KW (fără tole).

7.3.5. Determinarea repartiției temperaturii de încălzire inductivă a discului de debitat supus sinterizării.

Pentru determinarea surselor de influență termică a discului s-a procedat la trecerea pe o parte a acestuia în direcție radială, cu creșterea temperaturii a următoarelor valori :  $670^\circ\text{C}$  ;  $500^\circ\text{C}$  ;  $350^\circ\text{C}$  ;  $220^\circ\text{C}$  (fig.7.14).

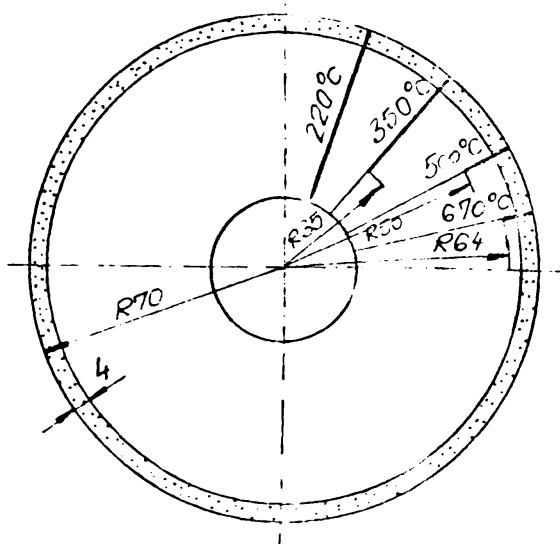


fig. 7.14

în poziții variabile radial așa cum se observă zonele marcate cu linii groase în fig.7.14.

Valorile reprezentate grafic corespund următoarelor parametri energetici : tensiunea  $U = 0,4 \text{ KV}$ , curentul  $I = 80 \text{ A}$ , defazajul tensiune-curent  $\cos \varphi = 0,9$  și timpul de încălzire  $t = 20 \text{ s}$ .

Acestă distribuție de temperaturi corespunde unui grad de deformare scăzut al tablei suport pe care este sinterizată partea activă a discului de debitat. În acest fel, operația de planare a discului este mult simplificată față de tehnologia de sinterizare în cuptor.

**7.3.6. Studiul zonelor active disantate sintezizate prin încălzire inductivă ale discurilor de debitat cu liant metalic.**

Capacitatea de aşchiere a discurilor disantate cu liant metalic este determinată de proprietăţile fizico-mecanice ale liantului, calitatea pulberii de diamant artificial, proprietăţile materialului de debitat, geometria spaţiului de lucru şi condiţiile de exploatare ale acestor discuri.

În studiul efectuat au fost încercate şase discuri disantate la care liantul metalic a avut aceeaşi compoziţie (90 % Cu ; 8 % Sn ; 2 % Fe), sintezizarea fiind realizată prin inducţie pentru discurile 1, 2, 3, 5, 6, respectiv în cuptor pentru discul nr.4. În vederea sintezizării au fost utilizate sau nu substanţe de deoxurare şi deoxidare notate cu SD<sub>1</sub> şi SD<sub>2</sub> aşa cum rezultă din tabelul 7.4.

Tab. 7.4

<i>Productivitatea relativă funcţie de tehnologia sintezizării stratului activ</i>					
<i>Nr. disc.</i>	<i>Sintezizat</i>		<i>Decapat</i>	<i>Dezoxidat</i>	<i>Productivitate [%]</i>
	<i>inductiv</i>	<i>în cuptor</i>			
1	da	-	SD <sub>1</sub>	SD <sub>2</sub>	160
2	da	-	-	SD <sub>2</sub>	158
3	da	-	SD <sub>1</sub>	-	152
4	-	da	-	-	110
5	da	-	-	-	100
	da	-	-	-	60

Substanţele de deoxurare şi deoxidare prezentate în tabelul 7.4. sînt cele care au dat rezultatele cele mai bune la debitarea semifirului sintetic. În încercările efectuate însă, s-au folosit mult mai multe substanţe pînă la determinarea celor mai buni constituenţi cît şi a cantităţilor corespunzătoare. Similax am procedat şi la stabilirea regimului optim de încălzire în vederea sintezizării, determinînd parametrii electrici adecvaţi puterii necesare.

În vederea evidenţierii diferenţelor de productivitate la debitarea semifirului, din discurile 1 ... 6 au fost prelevate probe în direcţie radială astfel încît să cuprindă stratul activ SA şi suportul metalic SM, pregătite în vederea studiului metalografic în două modalităţi : perpendicular pe stratul activ - fig.7.15.a. şi paralel cu acesta - fig.7.15.b.

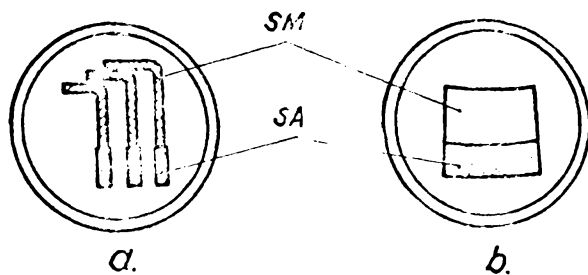


fig. 7.15

pui șlefuirii probelor), fie datorită apariției altor granule la adâncimi sub stratul șlefuit.

Pentru probele pregătite conform schemei din fig.7.15.a, aspectul metalografic al zonelor studiate este reprezentat de imaginile din fig.7.16 unde "a" reprezintă zona de trecere iar "b" periferia stratului activ.



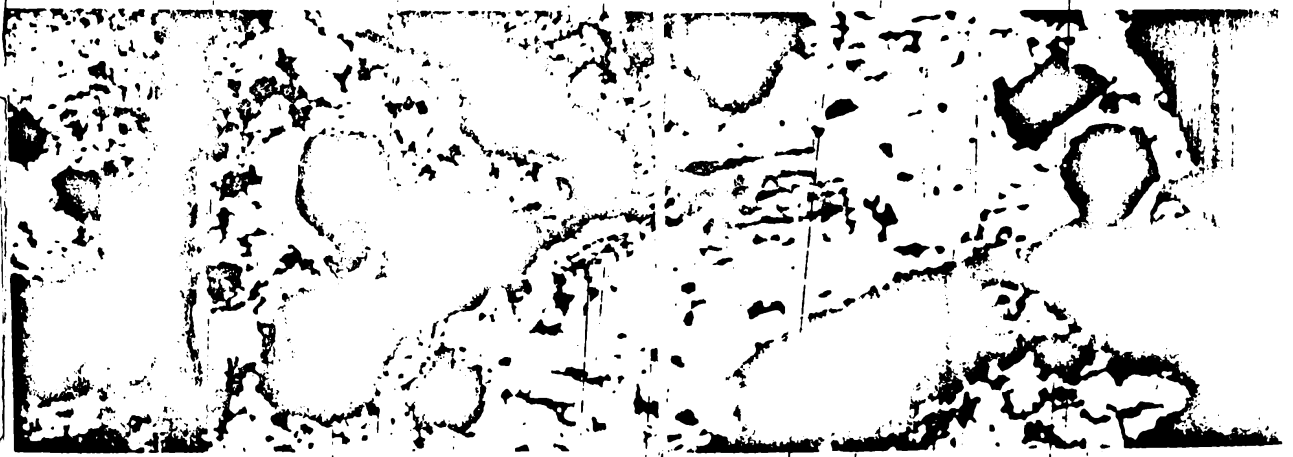
a

DISC Nr.2

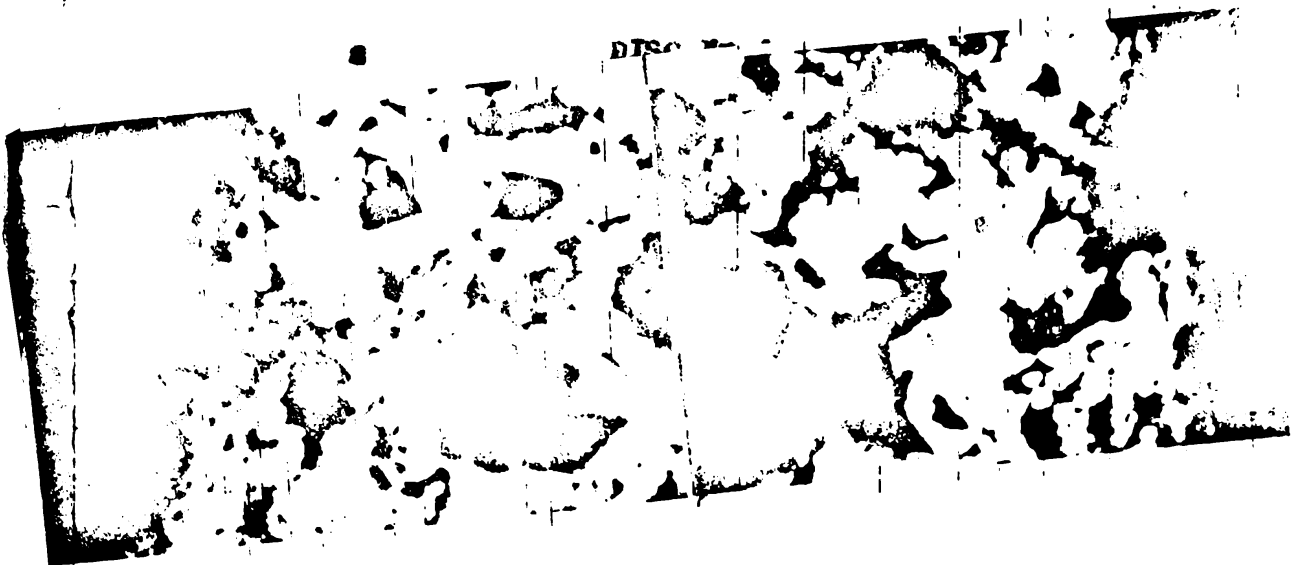
b



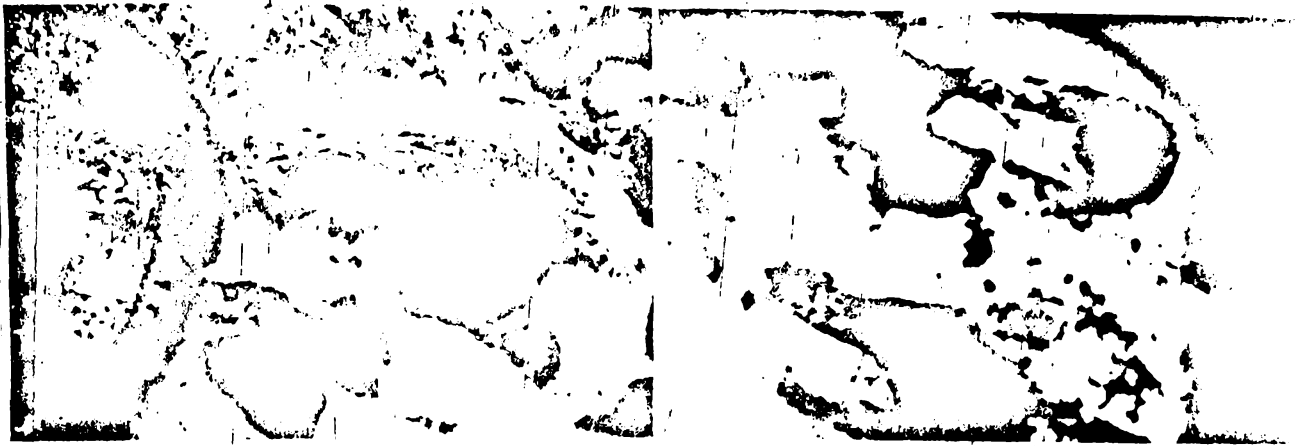
DISC Nr.3



DISC Nr.4



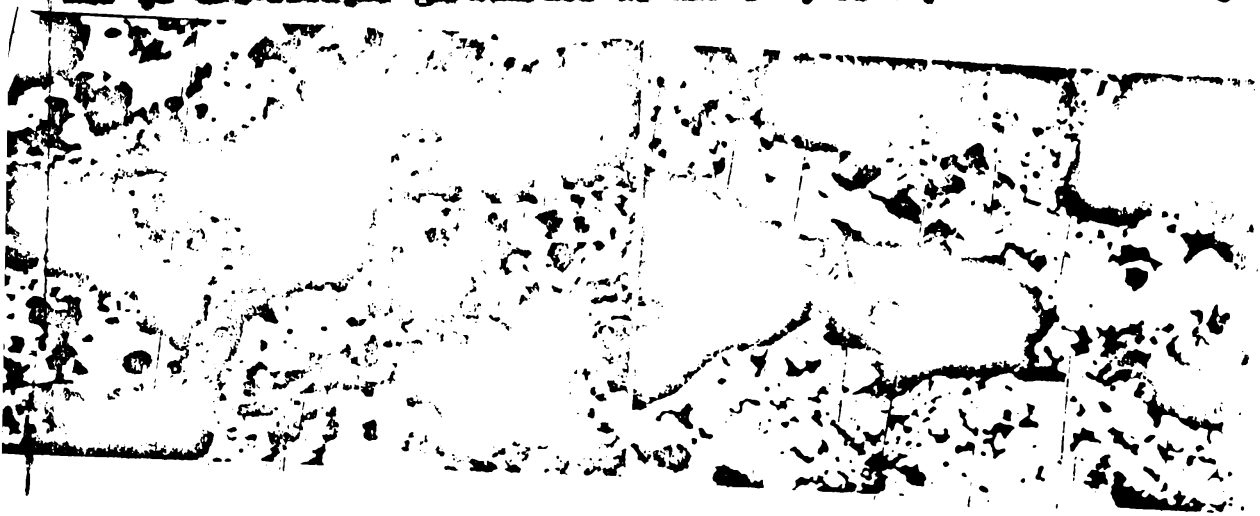
DISC Nr.5



DISC Nr.6

Fig. 7.16

Pentru probele pregătite conform schemei din fig.7.15 b, aspectul microstructurii și al zonelor caracteristice privind repartiția, mărimea și distribuția granulelor de diamant, este prezentat în imagi-



DISC Nr.3



DISC Nr.3

DISC Nr.5

Fig.7.17

Din fig.7.17. se observă că o parte din granulele de diamant sînt amulse (cîmpurile întinse libere). În cazul discurilor 1 ... 4 matricea metalică conține în structură un număr mai mare de granule de diamant, ceea ce presupune că în cazurile respective decapanții și dezoxidanții sînt favorizată o mai mare legătură între liant și granulele de diamant. O acțiune pozitivă o are și încălzirea inductivă a zonei active în stare presată în timpul sinterizării.

În concluzie, din studiile efectuate asupra zonelor active diamantate sinterizate prin încălzire inductivă ale discurilor de debitat cu liant metalic se desprind următoarele :

- Discurile diamantate realizate prin sinterizare în cuptor se obțin cu abateri mari de la planitate, prezintă zone de straturi exfoliate, au o durată mare de sinterizare și o durabilitate scăzută.

- Realizarea discurilor diamantate prin sinterizare cu încălzire inductivă în stare presată, elimină aceste neajunsuri, prin reducerea timpului de sinterizare și eliminarea abaterilor de la planitate ca urmare a încălzirii dozate în zona activă.

- Folosirea unor decapanți și dezoxidanți în procesul de sinterizare, conduce la asigurarea unei mai bune legături între stratul activ și discul metalic, pe de o parte, între cele două straturi active respectiv între matricea metalică și granulele de diamant pe de altă parte.

- Încălzirea prin inducție se desfășoară în condiții de control riguros al temperaturii din zona sinterizată ceea ce previne oxidarea pulberilor metalice și împiedică grafitarizarea granulelor de diamant.

#### B. ASPECTE ECONOMICE REFERITOARE LA DEBITAREA C.D.B.

Calculul eficienței economice privind aplicarea în producție a debitării C.D.B. cu ajutorul discurilor diamantate realizate conform tehnologiei îmbunătățite, se realizează pentru următoarele principale aspecte :

##### B.1. Reducerea costului de uzină.

În tabelul B.1 sînt date valorile elementelor de calcul pentru costul de uzină la debitarea safirului sintetic cu discuri diamantate realizate conform tehnologiei inițiale varianta a respectiv conform tehnologiei îmbunătățite varianta b. În calculurile efectuate s-a ținut cont de salariul mediu de 12,5 lei/h. pentru un muncitor de categoria IV-a. Valorile din tabel se referă la 100 piese debitate (piesele fiind produse de tip lagău).

Dacă se notează cu  $CU_a$  , respectiv cu  $CU_b$  costurile de uzină pentru cele două variante, diferența lor va fi :

. // .

Tab. 8.1

Retribuții directe		2,5	1,7
Impozit și CAS pt. retribuții directe	32,24%	0,81	0,55
Total retribuții + impozit + CAS		3,31	2,25
Cheltuieli generale ale secției	102,2%	3,38	2,35
I. Cost de secție		6,69	4,60
Cheltuieli generale ale întreprinderii	44,12%	0,94	0,65
II. Cost de uzină (CU)		7,63	5,25

$CU_2 - CU_1 = 7,63 - 5,25 = 2,38$  lei/100 piese, reducere a costului de uzină.

Pentru producția anuală de 3 milioane piese, se obține o reducere a costului de uzină cu :

$$2,38 \cdot 3.000.000 : 100 = 71.400 \text{ lei/an}$$

8.2. Reducerea cheltuielilor legate de realizarea discurilor disamantate folosite la debitare.

Necesarul anual  $N_1$  de discuri realizate conform tehnologiei inițiale este de 3.600 buc.

Din determinările experimentale efectuate pe loturi de discuri disamantate folosite la debitarea safirului sintetic, s-a stabilit durabilitatea acestora pentru ambele variante tehnologice de obținere a lor ; inițială sau îmbunătățită. Dacă se notează cu  $T_1$  respectiv  $T_2$  durabilitățile discurilor conform celor două tehnologii, știind că :

$$T_1 = 11 \text{ h.}$$

$$T_2 = 30 \text{ h.}$$

rezultă că la necesarul anual de discuri conform tehnologiei inițiale, produsul :

$$N_1 \cdot T_1 = 3600 \cdot 11 = 39.600 \text{ discuri oră}$$

Această valoare de utilizare va trebui asigurată și cu discuri realizate prin tehnologia îmbunătățită. Deci :

$$N_2 \cdot T_2 = 39.600$$

$$N_2 = \frac{39.600}{30} = 1.320 \text{ discuri}$$

Prețul de cost pentru un disc realizat după tehnologia inițială (în cadrul întreprinderii IAFM Timișoara), este :

$$P_{ci} = 282 \text{ lei/buc.}$$

Pentru discurile realizate prin tehnologia îmbunătățită, prețul de cost a fost stabilit la valoarea :

. // .



$$P_{ef} = 314 \text{ lei/huc.}$$

Conform necesitatii de discuri pe un an, pentru fiecare variantă de discuri, se cheltuiesc anual următoarele sume legate de realizarea lor :

$$C_1 = 3.600 \times 282 = 1.015.200 \text{ lei}$$

$$C_2 = 1.320 \times 314 = 414.480 \text{ lei}$$

Diferența acestor cheltuieli este tocmai economia anuală  $E_0$  rezultată din reducerea cheltuielilor implicite de confecționarea discurilor folosite la debitat.

$$E_0 = C_1 - C_2 = 1.015.200 - 414.480 = 600.720 \text{ lei/an}$$

8.3. Reducerea consumului de energie electrică folosită la debitarea esfirului sau rubinului sintetic.

Din compararea rezultatelor experimentale realizate la debitarea conform variantei I, rezultă că diferența între valorile înregistrate ale  $N_{ef}$ , pentru domeniul de forțe care asigură  $Q_{max}$  cu încadrare în restricțiile amuse, este :

$$N_{1.ef} - N_{2.ef} = 0,94 - 0,8 = 0,14 \text{ kW.}$$

Această valoare corespunde debitării cu un singur disc diamantat a unei felii din care în medie prin prelucrări ulterioare se obține un număr de patru piese.

Pentru producția anuală de trei milioane piese, rezultă o economie de energie electrică egală cu :

$$\frac{0,14 \times 3 \times 10^6}{4} = 105.000 \text{ kW}$$

Dacă vom considera costul unui kWh. plătit de întreprindere ca fiind 0,75 lei, reducerea consumului de energie electrică prin utilizarea discurilor realizate conform tehnologiei îmbunătățite va fi :

$$0,75 \times 105.000 = 78.750 \text{ lei}$$

Eficiența economică anuală totală se obține prin cumulara valorilor obținute la punctele 1, 2 și 3.

$$71.400 + 600.720 + 78.750 = 750.870 \text{ lei/an.}$$

## 9. CONCLUZII GENERALE SI CONTRIBUTII ORIGINALE

Aspectele tratate în tema de doctorat încearcă să rezolve într-o viziune modernă problema prelucrării produselor din C.D.F. în general și în particular a celor din cristale de safir sau rubin sintetic, pornind de la cercetarea fundamentală a aspectelor complexe ale procesului de prelucrare, până la rezolvarea unor probleme practice cu aport deosebit în optimizarea tehnologiei de prelucrare. În cazul operației de debitare, s-a reușit o interpretare unitară a rezultatelor luându-se în permanentă în considerare interdependența dintre factori, prin tratarea sistemică a fenomenelor care guvernează prelucrarea.

Principalele rezultate ale cercetării în care s-au adus contribuții originale sînt :

### A. În domeniul cercetării fundamentale.

1. Stabilirea relației de interdependență reciprocă a parametrilor care influențează prelevarea de material la prelucrarea C.D.F.

2. Stabilirea dependenței dintre costul specific total de schimbare, costul specific venit mașinii-unelte, costul specific datorat consumului de scule și debitul de material prelevat la debitarea C.D.F.

3. Stabilirea modelului de încadrare a granulei abrazive într-un sistem elastic plan și a solicitărilor la care este supusă aceasta de componentele forței de schimbare din planul respectiv, conform ecuațiilor de echilibru.

4. Ordonașea sistemică a factorilor și parametrilor care intervin la debitarea cristalelor de safir sau rubin sintetic grupându-le în măriimi de intrare aferente instalației de debitat și spațiului de lucru și măriimi de ieșire care caracterizează semifabricatele debitate și discurile de debitat.

5. Stabilirea unei ierarhizări a influenței factorilor și parametrilor de intrare, care în final determină relațiile de ieșire ale sistemului prin valorile caracteristicilor tehnologice, pentru cazul particular al operației de debitare.

6. Elaborarea unui program de calcul, prin intermediul căruia au fost determinați coeficienții de regresie pentru funcțiile de răspuns obținînd în acest fel concordanța modelului matematic utilizat.

7. Determinarea pe baza testelor Cochran, Student și Fisher a ponderei de influență a variabilelor independente, asupra parametrilor de ieșire în cazul operației de debitare a C.D.F.

**A. In domeniul cercetării aplicativ - tehnologice.**

1. Realizarea unui stand experimental în vederea studiului procesului de prelevare de material la debitarea C.D.B.

2. Stabilirea nivelelor caracteristice ale parametrilor de reglare osre, determină maximizarea sau minimizarea funcțiilor de răspuns urmărite în cazul operației de debitare.

3. Exprierea prin intermediul modelelor matematice, deduse pe baza experimentului factorial complet și verificate prin analiza de corelație, a dependenței dintre funcția de răspuns analizată și variabilele independente cu influență majoră, la debitarea cristalelor din safir sau rubin sintetic.

4. Proiectarea, realizarea și experimentarea instalației pentru debitarea cristalelor din safir sau rubin sintetic cu discuri metalice și materiale abrazive în suspensie.

5. Proiectarea dispozitivului pentru corectarea profilului bornurilor diamantate folosite la finisarea lagărelor cu ovoiditate sferică.

6. Proiectarea dispozitivului cu reglare hidrostatică pentru poziționarea pe verticală a semicristalului de debitat în funcție de uzura radială a discurilor diamantate.

7. Proiectarea dispozitivului de lucru cu evens liniar alternativ și divizare, cu patru posturi, destinat automatizării debitării în felii a semicristalelor din safir sau rubin sintetic.

8. Proiectarea, realizarea și experimentarea dispozitivului pentru imprimarea granulelor de diamant sintetic, pe periferia discurilor metalice de la mașinile de rectificat rotund exterior, pentru semifabricate din safir sau rubin sintetic.

9. Proiectarea instalației de debitat cristalele din safir sau rubin sintetic, obținute prin tăgere continuă din topitură.

10. Optimizarea debitării cristalelor din safir sau rubin sintetic folosind funcțiile obiectiv: productivitatea maximă, costul minim și energia consumată minimă.

11. Optimizarea procesului de aşchiere la debitare după criteriul productivității maxime.

12. Asimilarea în fabricație a petinelor de ghidare a electrodului filiform, pentru mașinile de debitat prin eroziune electrică tip ELSOR 10.

13. Asimilarea în fabricație a torșorului fix pentru mașinile de filat fibre sintetice.

14. Implementarea tehnologiei de fabricație a discurilor pentru debitarea C.D.B.

15. Studiul sonelor sotive disantate sinterizate prin încălzire inductivă ale discurilor de debitat cu liant metalic în scopul evidențierii rolului substanțelor de desoxidare și a sinterizării în stare presată a discurilor.

Ca urmare a acestor contribuții au condus la obținerea unor importante economii anuale în domeniul prelucrării produselor C.B.T. și la reducerea importului unor produse complexe de mare importanță pentru economia națională.

B I B L I O G R A F I A

1. Anan Jan - Particularitățile explozării cu acțiune abrazivă de diamant și albor "Stanki" i instrument", 1980.
2. H. Skosen, C. Galan - New Chemical Bond metal Coated Diamond for use in metal matrices. Proceedings : international industrial Diamond conference, Chicago, Illinois USA, oct.20-22, 1969, pag.163-169.
3. Alexandrov V.A. - Obrabotka prirodno o kamnykh slaznykh diskovymi instrumentov. Izd. Naukova knaka USSR, 1979.
4. Ardamaskij E. - Prelucrarea cu diamant a pieselor optice "Stanki i instrument", 1981.
5. Babsev M. - Gănușirea fină și de precizie cu diamant "Stanki i instrument", 1980.
6. Saranenkov G. - Recueil d'exercices et de problèmes d'analyse mathématique. Éditions Mir-Moscou, 1974.
7. Benkensk G. - Induktionserwärmung / IIS - Verlag Technik, Berlin 1965.
8. Birău Oct. - Safirul și rubinul. Editura Facla Timișoara, 1986.
9. Botez E. - Legini unelte. Bazele teoretice ale proiectării. Editura Tehnică București, 1978.
10. Bowden, F.P. - Mechanism of metal friction. Friction and Boundary Lubrication. London, 1978.
11. Jurdan A. - Metode și mijloace de control al calității instrumentelor din diamant. Kiev, 1966.
12. x x x - Bulletin of the Japan society of Precision engineering vol.12, Nr.1 - martie 1978 ; vol.12, Nr.2 - iunie 1978 ; vol.14, Nr.2 - iunie 1980 ; vol.14, Nr.4 - decembrie 1980 ; vol.15, Nr.1 - martie 1981 ; vol.15, Nr.3 - septembrie 1981 ; vol.16 ; Nr.1 - martie 1982 ; vol.16, Nr.4 - decembrie 1982 ; vol.17, Nr.2 - iunie 1983 ; vol.17, Nr.4 - decembrie 1983.
13. Galan M. - Utilajul și tehnologia confecționării lentilelor și prismelor. Editura Didactică și Pedagogică București, 1972.
14. Cepovekij I. - Mehanika kontaktnogo vssimodejstviya pri slaznooi obrabotke. Kiev "Naukova dumka" 1978.
15. Chiriacescu T.S. - Stabilitate în dinamica aşchierii metalelor. Editura Academiei RSR. București, 1984.
16. Chigiu A. - Elemente de proiectare pentru lagăre cu alunecare. Litografia I.P. Cluj, 1985.
17. Cerovekij I. - Mecanica interacțiunii de contact la prelucrarea diamantelor. Moscova 1983.
18. Chigiu M.F. - Studiul procesului de tăiere a metalelor. Traducere din limba rusă - editura tehnică București 1961.
19. Constantinescu V. - Contribuții teoretice și experimentale privind criteriile de bază la elaborarea materialelor abrazive cu liant metalic. Bul. Institutului științific al Institutului Politehnic din Cluj, 1971.

20. Constantinescu V. - Contribuții la elaborarea materialelor abrazive cu lianți metalici. Teză de doctorat Cluj, 1972.
21. Constantinescu V. - Sisteme hidraulice. În țară cu alunecare. Editura Tehnică București, 1966.
22. Conway H. - Engineering tolerances. Sir Isaac Pitman and sons. L.T.D. London 1966.
23. Demianiuca G. - Нові проєкти обробки резанцем. Інженерство - Москва, 1968.
24. Dodoc P. - Utilaje și aparatură de mecanică fină și optică. Editura Didactică și Pedagogică București, 1975.
25. Drăghici Gh. - Bazele teoretice ale proiectării proceselor tehnologice în construcția de mașini.
26. Dr. Leemann - Indicații privind folosirea încălzirii prin inducție în practică. Industrie - Anzeiger - 1966.
27. Dreucan A. - Mașini unelte și prelucrări prin aşchieră. Editura Didactică și Pedagogică. București, 1968.
28. Dyax H.B. - Diamanten schleifen stahl. Industriell Diamond Review, Deutsche Ausgabe 2/1968, Nr.1.
29. Gavrilaș I. ș.a. - Tehnologii de prelucrare cu scule din materiale dure și extradure. București, Editura Tehnică, 1977.
30. Ghergha I. - Studiul comportării dinamice a arborilor principali pentru mașini-unelte. Conferința națională de mașini-unelte, București, 1974.
31. Ghinzburg B. - Экономика применения синтетических абразивов. Киев : Наукова думка, 1979.
32. Ghinzburg B. - Методические указания по определению экономической эффективности использования сверхтвердых материалов. Киев Укр.НИИТІ, 1979.
33. Ghiță M., Dreucan A., Menu A. - Instalație pentru debitat cristale artificiale din safir și rubin cu discuri metalice și materiale abrazive în suspensie. Conferința a IV-a de procese și utilaje de prelucrare la rece. I.P.T. Vuia Timișoara. Facult. de Mecanică 20-21 noi.81.
34. Ghiță M., Dreucan A., Menu A. - Studiul posibilităților de debitare a cristalelor artificiale din safir și rubin elaborate la IABM.Timișoara. Conferința a IV-a de procese și utilaje de prelucrare la rece. I.P.T. Vuia Timișoara, facultatea de mecanică 20-21 noiembrie 1981
35. Ghiță M., Menu A., Ghidirnic Fl. - Studiul comparativ al uzurii discurilor diamantate folosite la debitarea cristalelor artificiale din safir și rubin în funcție de varianta tehnologică de legătură între discul metalic suport și partea activă. A IV-a conferință de Tehnologii neconvenționale, I.P.T. Vuia Timișoara, facult. de mecanică, 3-5 noiembrie 1983.

36. Ghiță M., Nambu A., Ghidirimic Fl. - Cu privire la operația de îndreptare (planare) a discurilor, diamantate folosite la debitarea cristalelor din safir și rubin, în urma procesului de sinterizare. A IV-a Conferință de Tehnologii neconvenționale, I.R. "Tr. Vais" Timișoara, Facultatea de mecanică, 3-5 noiembrie 1983.
37. Ghiță M. - Realizarea sculelor diamantate prin imprimarea granulilor de diamant în stratul superficial al suportului metalic încălzit cu C.I.F. Sesiunea de comunicații tehnico-științifice "Activitatea de cercetare și proiectare în sprijinul producției". Întreprinderea de mașini-unelte Arad 23-24 mai 1985.
38. Ghiță M., Brestin A., Paulescu Gh. - Influența abraziilor componentelor abrazive la confecționarea discurilor de debitat cu liant metalic. Material științific, seria tehnică-matematică, vol. VII. Institutul de subingineri Sibiu, 1985.
39. Ghiță M., Brestin A., Paulescu Gh. - Studiul influenței tehnologiei de confecționare a discurilor abrazive cu liant metalic, utilizate la debitarea produselor din sticlă. A II-a Conferință națională de "Echipamente și tehnologii noi în industria constructoare de mașini" Craiova 21-23 mai 1987.
40. Ghiță M., Brestin A., Paulescu Gh. - Considerații privind fiabilitatea discurilor abrazive cu liant metalic pentru debitarea esofizului artificial. A II-a Conferință națională de "Echipamente și tehnologii noi în industria constructoare de mașini" Craiova 21-23 mai 1987.
41. Ghiță M. - O nouă soluție constructiv tehnologică pentru patinele de ghidare a electrodului filiform la mașinile ELASCFIL -10. A II-a Conferință națională de "Echipamente și tehnologii noi în industria constructoare de mașini" Craiova, 21-23 mai 1987.
42. Ghiță M., Horvath V. - O nouă soluție de realizare a barețelor textile (torsox fir) din safir sintetic. Universul tehnic și viitorul în construcția de mașini, Ed. II-a, U.M. Timișoara.
43. Ghiță M., Sporea I., Brestin A. - Influența tehnologiei de confecționare a discurilor diamantate cu liant metalic asupra structurii stratului activ. Simpozionul "Studiul metalelor și tratamente termice" ediția a III-a, Universitatea din Craiova, 27-28 mai 1988.
44. Ghiță M., Brestin A., Paulescu Gh. - Considerații cu privire la tehnologia de sinterizare a suprafețelor active a discurilor diamantate cu liant metalic. Simpozionul "Studiul metalelor și tratamente termice" ediția a III-a, Universitatea din Craiova, 27-28 mai 1988.
45. Ghiță M. - Considerații cu privire la debitarea cristalelor din safir și rubin artificial obținute prin tragere continuă din topitura. "Mecanic 2000", 20-21 mai 1988, Electretimis Timișoara

46. Ghiță M., Bregtin A., Paulescu Gh. - Studiul zonelor active diamantate sinterizate prin inducția a discurilor de debitat cu liant metallic. A III-a Conferință națională de metalurgia pulberilor, Cluj 10-12 noiembrie 1988.
47. Ghiță M., Bregtin A., Paulescu Gh. - Considerații cu privire la fisibilitatea discurilor de debitat diamanta cu liant metallic sinterizate în stare presată. A III-a Conferință națională de metalurgia pulberilor, Cluj 10-12 noiembrie 1988.
48. Ghiță M., Spores I. - Influența vibrațiilor în procesul de debitare a safirelor și rubinelor artificiale. A VI-a Conferință de vibrații mecanice, Timișoara 1-3 decembrie 1988.
49. Grigorescu A. - Aspects of optimizing the Diamond Tools with Bonds Obtained by Powder Metallurgy. Brno, 1983.
50. Grigorescu A., ș.a. - Optimization of Dry Tool and Cutter Grinding Used AEM 360. International Diamond Review nr.3/1982.
51. Gurin B. - Obrabotka detalei iz tvetnih splavov almaznami rezcami. "Mashinostroenie" 1978.
52. Hechel H.W. - A normalized density pressure curve for powder compaction. Trans AIME 224, 1073-1074, 1962.
53. Hirmohorn, Joel S. - Plastic Deformation of Compacted Iron Powders. International Journal of Powder Metallurgy 5/1/1969.
54. Iasceritin P. - Povišenja kakovosti alifovanih povrhnostei i režijskih svojstvo abrazivno - almazno instrumenta. Minsk "Mauka i tehnika" 1972.
55. Iosifescu M. - Teoria probabilității și statistica matematică. Editura Tehnică București, 1966.
56. Ippolito M. - Abrazivo - almaznisa obrabotka izdelistvo Moskova, Mashinostroenie, 1969.
57. Ipolitov G. - Prelucrare abrazivă cu diamante. Sibiri, 1978.
58. Kiparisov G., ș.a. - Proskovais metallurghia. Moskova, izdelstvo metallurghia, 1980.
59. Kislevs P. - Diamante tehnice. Naukova dumka, 1980.
60. Klugin P. - Studiul procesului de tăiere a metalelor.
61. Kocenov M. - Kontrolino - izmeritelnie avtomati i pribori dlia avtomaticheskikh linii. Moskova, 1975.
62. Kolshunov I. - Procesele progresive ale prelucrării abrazive cu diamant în producția de legături. Moskova, 1982.
63. Kovalev K. - Obrabotka melkoraazmernih tverdooplavnihi press-form. Sinteticheskie almaz, 1972.
64. Kovalev B. - Sculă abrazivă din diamant sintetic. Sinteticheskie almaz, 1972.
65. Konig W. - Loading of the Grinding Wheel Phenomenon and Measurement. Annals of ClRP vol.27/1978.



66. Krasnikov V. - Tehnologia miniaturizării izdeliilor. Maginostroenie, 1976.
67. Kuznetsov A. - Vlieniie tehnologicheskikh faktorov na iznos almaznykh krugov, proizvoditel'nosti i gerobovatosti obrabotki "Maginostroenie" 1978.
68. Lisenko P. - Otdokovitel'naya effektivnost' ot primeneniia mekhanizirovannoi metociki burevnykh koronok almaznym instrumentom. Sinteticheskie almaz, 1978.
69. M. Van Thiel - Compendium of Shock Wave Data. UCRL-50108, Lawrence Radiation Laboratory, University of California- iunie 1966.
70. Malov I. - Mecanizarea și automatizarea mașinilor universale de aşchieră a metalelor. Kiev. Tehnika 1980.
71. Malov O. - Mecanizarea și automatizarea mașinilor unelte universale de aşchieră a metalelor. Tehnika, 1981.
72. Mamsev I. - Vlieniia almaznovo viglajivniia protisjek na ih iznosostoičnost' i kačestvo povezhnosti. Maginostroenie, 1978.
73. Maslov E. - Osnovnye napravleniia v razvitiia teorii rezaniia sbrazivnyim almazom i elborom instrumentom. Moskva "Maginostroenie" 1975.
74. Maxim V. - Sisteme hidraulice pentru secționări și reglaj automat. Editura tehnic. București, 1981.
75. Marinescu D. - Dismantul și aplicațiile lui. București, Editura Tehnică, 1985.
76. Marinescu I., ș.a. - Tribological Aspects of Diamond Grinding TRIBODIANT, New Delhi, India 1981.
77. Maslov S. - Orientări fundamentale în dezvoltarea teoriei de aşchieră cu scule sbrazive de diamant sau elbor. Vigta skda, 1981.
78. Mihoc Gh. - Teoria probabilităților și statistica matematică. Editura Didactică și Pedagogică, București, 1970.
79. Mocanu D., ș.a. - Incercarea materialelor, vol. I. București, Editura tehnică, 1982.
80. Moraru V. - Vibratiile și stabilitatea mașinilor - unelte. Editura Tehnică, 1987.
81. Manu A. - Tehnologia materialelor. Editura didactică și pedagogică București, 1983.
82. Bichici Al. - Tehnologia materialelor. Institutul Politehnic "Traian Vuia" Timișoara, 1980.
83. Nicoră D. - Cristale artificiale profilate. Editura Paala, Timișoara 1988.
84. Oricescu C. - Teoria probabilității și aplicații. Editura Didactică și Pedagogică, București 1963.
85. Palfolvi A. - Metalurgia pulberilor. București, Editura Tehnică 1988.
86. Peters I., ș.a. - Using Grinding Charts for Optimizing Grinding Conditions. CNIP, Leuven, Belgia.

87. Motnikov V.S. - Mecanica i constructivitatea optico - mecaniceckih priborov. Moskva, Mashinostroenie, 1970.
88. Ponsa rev D.S. - Calculul de rezistență în construcția de mașini vol.1...3. Editura tehnică, București 1962.
89. Popescu I. - Optimizarea procesului de aşchiere. Scrisul românesc, Craiova 1967.
90. Ragon C., Balon L. - Une méthode d'étude du mécanisme de l'abrasion. Péries de la Métallurgie, Iun. 1969.
91. Renou M. - Statistica matematică cu aplicații în producție. Editura Gosstat SSSR. București, 1962.
92. Repin B. - La cotation fonctionnelle des dessins technique. Dunod, Paris. 1961.
93. Reia V. - Viskoproizvoditelinos honigovnis almaznimi i sbrazivnimi bruskami. "Mashinostroenie" 1970.
94. Bekov S. - Piatra pentru aparate. Kiev, 1965.
95. Regețov - Detali i mecanizmi metallorejisih stencov. Tom 2, Moskova 1972.
96. Senko M. - Osnovi almaznovo şlifovanis. Kiev. Tehnika 1978.
97. Senko M. - Almaznos şlifovanis sinteticeskih sverhtverdih materialov. Markov : vişta şkola, 1980.
98. Senko T. - Şlefuirea cu diamant a materialelor sintetice supradure. Tehnika, 1987.
99. Sluhotkii A. - Inducție pentru încălzirea electrică. Editura tehnică, București 1982.
100. Smelianski S. - Nastig i sila pri almaznom vîglajivnii s jestkam zakrepleniem instrumenta. Mashinostroenie" 1978.
101. Stanki i instrumente - Prelucrarea cu scule cu cristale de diamant. Nr.19, pag.737.
102. - " - Teoria și economicitatea prelucrării cu pietre abrazive diamantate. Nr.15, pag.799.
103. - " - Şlifarea cu discuri abrazive. Nr.19, pag.808
104. - " - Cercetarea efectului termic al presării la cald al aliajelor. Nr.15, pag.951.
105. - " - Şlifarea materialelor ceramice cu discuri Nr.47, pag.39.
106. - " - Încalzirea prin inducție Nr.18, pag.409.
107. - " - Metode de reaşchiere a discurilor diamantate. Nr.18, pag.487.
108. - " - Granule de diamant scoperite cu nichel. r.18, pag.599.
109. - " - Bazele teoretice ale prelucrării materialelor metalice cu discuri de diamant. Nr.18, pag.679.
110. - " - Finisarea cu diamant a sculelor aşchietoare din oțel rapid. Nr.17, pag.98.
111. - " - Studiul rectificării cu ajutorul unui singur grăunte abraziv. Nr.16, pag.1236.
112. - " - Şlifarea cu discuri în suspensie abrazivă și vibrație ultrasonică. Nr.16, pag.1323.

113. Stanki i instrument - Portele de aşchiere la tăierea prin rec-  
tificare. Nr. 16, pag. 1350.
114. - " - Prelucrarea sculelor diamantate prin ero-  
ziune electrică. Nr. 6/1980.
115. Surdesnu N., ș.a. - Piese sintetizate din pulberi metalice.  
București, Editura tehnică, 1984.
116. Suleșkin S. - Prelucrarea materialelor de construcție  
cu scule de diamant. "Magistroenie"  
1978.
117. Suliman O. - Calitatea suprafeței prelucrate cu diamant  
Kiev, 1979.
118. Taloi B. - Optimizarea proceselor tehnologice. Editu-  
ra Academiei R.S.S., 1987.
119. Tiron M. - Prelucrarea statistică și formațională a  
datelor de măsurare. Ed. Tehnică, București  
1976.
120. Tirpe Gh., Nanu A. - Considerații cu privire la durabilitatea  
discurilor diamantate cu liant metalic  
pentru operația de debitare. Confătuirea  
organizată de IPTV și IAT București,  
8-9 iunie 1983.
121. Terbilo S. - Процес алмазново шлифованія і єво  
ефективності.
122. Vekser L. - Алмазная обработка технической керамики.  
Magistroenie. Leningradskoe otделение  
1976.
123. Vekser V. - Prelucrarea ceramicii tehnice cu diamant.  
Magistroiteli, 1980.
124. Voronin A. - Измерения и геометрическая точности  
алмазново шлифованія "Magistroenie"  
1978.
125. Zaharenko P. - Temperatura șlifovaniia "Vestnik magi-  
stroevniia" 1975.
126. Zaharenko I. - Алмазные инструменты и процессы обработки.  
Kiev: Tehnika, 1980.
127. Zaharenko I. - Национальное использование сверхтвердых  
абразивных материалов в инструментальном  
производстве. Kiev: Naukova dumka, 1979.
128. Zaharenko P. - Metodicheskie rekomendatii po vnedreniu  
tehnologicheskikh processov polnoi almaznoi  
zatochki tverdosplosnnoye instrumeta.  
Kiev. I.S.M. 1979.
129. Zaharenko P. - Profilnoe șlifovaniie krasvok svazl kru-  
gami s almazononim sloem iz prokata  
stanki i instrument, 1980.
130. Zaharenko P. - Sbovnie almaznie krughi dlia șlifovaniia  
tverdosplesnih plastin. Magistroiteli,  
1979.
131. Zaharenko I. - Effectivnosti obrabotki instrumeta sverht-  
verdimi materialami. Moskova. Magistro-  
enie, 1982.
132. x x - Tehnologia confecționării sculelor diaman-  
tate conform licenței R.P.China 1976.