

MINISTERUL EDUCATIEI SI INVATAMINTULUI  
Institutul Politehnic "Traian Vuia" Timisoara  
FACULTATEA DE MECANICA

CONTRIBUTII TEORETICE SI PRACTICE  
LA  
DECUPAREA FIARA A METALELOR

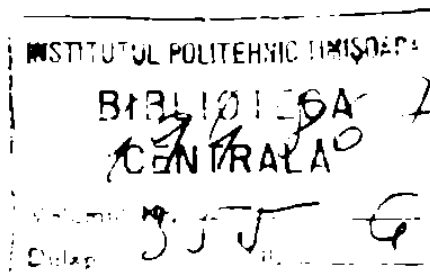
- Tesă de doctorat -

ing. Cojocaru Stefan

BIBLIOTECA CENTRALĂ  
UNIVERSITATEA "POLITEHNICA"  
TIMIȘOARA

Conducător științific  
Prof. em. dr. ing. Gheorghe Savii

- 1985 -



## C U P R I N S

	<u>PAGE.</u>
INTRODUCERE . . . . .	1
1. EXTINDEREA PRELUCRĂRII METALELOR PRIN DEFORMARE LA REȘC. TENDINȚE DE DEZVOLTARE . . . . .	5
1.1. Nivelul atins pe plan mondial . . . . .	5
1.2. Nivelul în țara noastră, previziuni în per. 1985-1990 . . . . .	6
1.3. Tendințe de dezvoltare . . . . .	9
2. STADIUL ACTUAL AL CERCETĂRII PRIVIND DECUPARA DE PRECIZIE . . . . .	11
2.1. Particularitățile decupării de precizie . . . . .	11
2.1.1. Definiție . . . . .	11
2.1.2. Domeniul de aplicare al decupării fine . . . . .	15
2.2. Metode utilizate pentru decuparea de precizie. Scule întrebuințate . . . . .	16
2.3. Influența condițiilor necesare decupării fine asupra utilajului de presare.. . . . .	24
2.4. Materialele și posibilități de prelucrare a lor prin decuparea de precizie . . . . .	26
2.5. Considerații asupra stadiului actual al cercetării procedurii de decupare de precizie a metalelor . . . . .	27
3. OBIECTUL LUCRĂRII . . . . .	29
4. STADIUL TEORETIC AL PROCESULUI DE DECUPARA FINA A METALELOR . . . . .	32
4.1. Considerații generale asupra plasticității metalelor . . . . .	32
4.1.1. Stări de tensiune la metale . . . . .	32
4.1.2. Stări de deformare a metalelor . . . . .	40
4.1.3. Linii de alunecare . . . . .	43
4.2. Starea de tensiune și de deformare ce apare la decuparea fină . . . . .	44
4.2.1. Starea de tensiune . . . . .	44
4.2.1.1. Condiția de plasticitate Huber-Mises-energetică . . . . .	45
4.2.1.2. Condiția de plasticitate Tresca-Saint Venant . . . . .	47
4.2.2. Starea de deformare . . . . .	47
4.3. Factorii care influențează direct și indirect decuparea de precizie . . . . .	49
4.4. Forțele necesare a se aplica pentru decuparea de precizie . . . . .	50

4.4.1.	Analiza forțelor rezistente ce intervin în procesul de decupare fină . . . . .	51
4.4.2.	Forțe care însoțesc procesul decupării de precizie . . . . .	54
4.4.3.	Lucrul mecanic necesar . . . . .	58
4.5.	Viteza de deformare . . . . .	59
4.5.1.	Viteze de lucru la decuparea fină . . . . .	60
4.6.	Rendamentul decupării de precizie . . . . .	63
4.7.	Concluzii privind studiul teoretic de decupare fină a metalelor . . . . .	66
5.	STUDIUL EXPERIMENTAL ASUPRA DECUPĂRII DE PRECIZIE A METALELOR . . . . .	68
5.1.	Programul de cercetare . . . . .	68
5.2.	Metodele și mijloacele utilizate pentru cercetarea experimentală . . . . .	69
5.2.1.	Metodologia de cercetare experimentală . . . . .	69
5.2.2.	Alegerea tipurilor de prese, concepția și execuția lor . . . . .	71
5.2.3.	Alegerea pieselor și a subansamblelor pentru experimentare . . . . .	75
5.2.4.	Aparatajul de măsură . . . . .	78
5.2.5.	Materialele supuse încercărilor . . . . .	79
5.3.	Analiza condițiilor și stabilirea parametrilor pentru prelucrarea prin decupare de precizie a pieselor alese . . . . .	80
5.3.1.	Analiza diagramelor forțelor de decupare... . . . .	80
5.3.2.	Vitezele de lucru utilizate și influența lor asupra calității decupării . . . . .	85
5.3.3.	Influența încălzirii asupra vitezei de tăiere și a calității suprafeței decupate fin . . . . .	87
5.3.4.	Influența jocurilor dintre elementele active ale ștanței . . . . .	88
5.3.5.	Influența calității materialelor supuse decupării. . . . .	91
5.3.6.	Propuneri de îmbunătățire a preselor și sculelor folosite la decuparea de precizie . . . . .	92
5.4.	Concluzii asupra determinărilor experimentale . . . . .	94
6.	CONCLUZII GENERALE ȘI CONSIDERATII FINALE . . . . .	96
	Bibliografie . . . . .	6 pagini
	Anexele 1- 13 . . . . .	38 pagini

Simboluri și Prescurtări folosite în lucrare - ne-explicate în prezentare (mai puțin consacrate)

1. AMG - aparate de măsură și control
2. cap. - capitol
3. caract. - caracteristice
4. cil. - cilindru
5. diagr. - diagrame
6. dimens. - dimensiune (uni)
7. dist.-distanță
8. fig. - figura
9. ex.- exemplu
10. hidr. - hidraulic (ă)
11. mat. - material
12. max. - maxim
13. min. - minim
14. PDF N - presă pentru decupaj fin de N tone forță
15. pres. - presiune
16. resist. - rezistent
17. scap. - subcapitol
18. secț. - secțiune
19. v. § - a se vedea (paragraful, diagrama, capitolul, formula, etc).

## INTRODUCERE

Remarcabila dezvoltare pe care a cunoscut-o economia țării noastre în anii socializmului și în special după cel de al IX-lea Congres al Partidului Comunist Român a demonstrat cu pregnanță justetea politicii de industrializare, de introducerea a mașinilor în măsură tot mai extinsă și perfecționată, în toate domeniile de activitate.

Această linie directoare, înscrisă etapă de etapă de către toate documentele cu caracter politico-economic ale conducerii Partidului precum și de directivele Congresului al XIII-lea al P.C.R. din noiembrie 1964, au acuz și continuă să acuze în fața industriei românești, a muncitorilor, inginerilor și tehnicienilor săi, dar mai cu seamă a constructorilor de mașini sarcina permanentă de a dezvolta cercetarea și a promulga aplicarea procedurilor tehnologice cele mai avansate din punct de vedere productiv și al calității produselor rezultate.

Anul 1964 a marcat în România, începutul organizării centralizate a fabricației de mașini unelte de prelucrat prin deformare plastică fapt ce a creat o bază reală de introducere în producție a unui întreg ansamblu de procedee tehnologice de deformare a metelului la cald sau la rece.

Recuperea rămă constituie un procedeu tehnologic de vîrf în etapa actuală cînd există o preocupare intensă pentru trecerea de la procedeele cu consum ridicat de metel și cu volum mare de muncă (cele de așchiere brută sau de presare obișnuită), la procedee mult mai economice din punct de vedere material, volum de muncă și consum de energie pentru același obiectiv constructiv.

Avantajele multiple pe care le aduce recuperarea rămă prin precizia dimensională și finetea suprafețelor recuperate, fac necesară cunoașterea procedurii de lucru, a mijloacelor și posibilităților de perfecționare a acestuia în vederea dezvoltării și diversificării.

În consultările bibliografice și din documentările concrete, s-a putut constata existența, pe plan internațional și

chiar în țara noastră a unor realizări notabile în acest domeniu. Prezentarea lor a avut, de regulă, un caracter sistematizat și lipsit de fundamentarea teoretică necesară.

Pe baza acestor constatări, în vederea stabilirii unor parametri principali ai procedului de decupare de precizie, studiul a fost orientat cu prioritate spre următoarele aspecte :

- structurarea unitară a bazelor teoretice ale procedului;
- crearea unor condiții de extindere a mijloacelor și metodelor de aplicare în primul rând în țara noastră.

Pentru a prezenta o lucrare la nivelul exigențelor impuse și de cerințele astfel evicentiate, au fost consultate lucrări din literatura tehnică română și mondială de specialitate. În cadrul prezentei teze sînt consemnate numai lile referiri bibliografice. Lucrarea se extinde pe 102 pagini, conține 49 figuri, 4 tabele și 36 pagini de anexe.

Lucrarea se prezintă în 6 capitole cuprinzînd studii teoretice și rezultate ale cercetărilor experimentale, precum și concluziile generale.

În capitolul 1, după o scurtă prezentare a nivelurilor atinse pe plan mondial și în țara noastră, asupra procedurilor și mașinilor unelte destinate prelucrării metalelor prin deformare plastică, se prezintă tendințele de dezvoltare, programele viitoare de creșteri volumice și ponderale ale acestora, în lume și în țara noastră.

Capitolul 2 prezintă stadiul de cunoaștere a procedului de decupare fină, diferențele esențiale dintre acesta și decuparea convențională precum și stadiul de dezvoltare a sculelor și utilajelor de producție cunoscute din literatura tehnică de specialitate.

În cel de al treilea capitol se stabilește coniectul prezentei teze de doctorat.

Capitolele 4 și 5 constituie esența lucrării și dezvoltă pe rînd bazele teoretice ale procedului și constatările autorului în baza experimentărilor efectuate.

În capitolul 4, după ce se prezintă considerațiile generale asupra plasticității metalelor, se analizează și definitivează starea de tensiune și starea de deformare produse în timpul decupării de precizie, precum și factorii care o influențează în

mod direct și indirect. Sînt puse în evidență vitezele limită de lucru, în raport de caracteristicile materialului, randamentul prelucrării cu mijloacele cunoscute și experimentate.

În capitolul 5 se prezintă detaliat mijloacele și metodele utilizate în cadrul experimentărilor, rezultatele acestora și propuneri de îmbunătățire a procedurii sau a elementelor de lucru.

Aceste analize au fost prezentate și în lucrări susținute public [14], [15], [16] în cadrul unor comunicări științifice la institutele de învățămînt superior din țară sau la Institutul de Mașini Unelte și Agregate București.

Capitolul 6 constituie un ansamblu de concluzii și recomandări cu caracter teoretic și experimental dedus din 2, 4 și 5.

Autorul profund impresionat de ajutorul primit din partea conducătorului științific care s-a apropiat de problemele în sine, care a urmărit cu o exigență deosebită nivelul atins pe tot parcursul pregătirii, experimentării și elaborării lucrării, care a creat o ambianță atractivă și stimulatorie pentru desfășurarea cu încredere în forțele proprii a elaborării lucrării, ține să aducă mulțumirile sale deosebite și pline de recunoștință tov. prof. emerit dr. ing. Gh. Savii. Mulțumește cu căldură corpului profesoral al catedrei TCM din cadrul Fac. de mecanică pentru manifestările permanente de căldură și încurajare.

Deasemenea ține să mulțumească conducerii Institutului Politehnic "Traian Vuia" din Timișoara pentru condițiile deosebite pe care acest Institut, cu reale aprecieri în țară și străinătate, le-a creat pentru desfășurarea activității de formare științifică a celor ce se dedică unui asemenea țel superior.

Autorul mai sînte caldă și prietenească atmosfera cu care a fost înconjurat de către conducerea ICSIF Titan Buc., de către colegii de institut și le adresează, cu acest prilej, mulțumirile sale cordiale.

Adresează mulțumiri tuturor aceluia care au privit cu simpatie preocupările sale, celor care au înțeles să-l sprijine moral și material precum și celor care vor urmări contribuțiile pe care le-a adus în domeniul dezvoltării științelor teh-

nice prin această lucrare și în special celor care vor căuta  
să le dezvolte pe mai departe.

Autorul,

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Stojan', written in a cursive style.



## 1. REALIZAREA PRELUCRĂRII METALELOR PRIN DEFORMARE LA RECE. TENDINȚA LA DEZVOLTARE.

### 1.1. Nivelul atins pe plan mondial

Cantitățile imense de metale ce se prelucresc în întreaga lume, ajungând în final la forme mai mari sau mai mici de piese, indiferent de destinația lor finală, au constituit în permanență preocupări asidue pentru a perfecționa metodele cunoscute sau de a descoperi și introduce altele noi, mai productive, mai eficiente.

Se poate atestă evicentia faptul că există o intensă concurență între categoriile mari de procedee tehnologice de prelucrare a metalelor tocmai prin ceea ce acestea aduc nou și prin ceea ce întrec în avantaj pe celelalte. Pentru exemplificare se poate aminti de concurența care există între piesele turnate și piesele sudate, între turnate, sudate și forjate și cu atât mai mult între deformarea plastică și aşchiera metalelor, între tehnologiile clasice și cele neconvenționale.

Concomitent cu dezvoltarea utilajelor, a metodelor de execuție a matrițelor precum și cu descoperirea de noi materiale cu rezistențe sporite în vederea utilizării lor la scule, deformarea plastică a cunoscut creșteri relative în comparație cu aşchiera. Câteva exemple vor ilustra această tendință în deceniul 1970-1980 în cele mai dezvoltate țări prelucrătoare de metal din lume :

R.F. Germană	cca. 5 %	din total	fond de mașini-unelte
S.U.A.	" 2 %	- " -	- " -
U.R.S.S.	" 4,5 %	- " -	- " -
R.L. Germană	" 10 %	- " -	- " -
R.S.Cehoslovacă	" 7 %	- " -	- " -
Franța	" 7 %	- " -	- " -
Austria	" 13 %	- " -	- " -
Canada	" 14 %	- " -	- " -

Iar în țările mai puțin dezvoltate s-au obținut creșteri relative și mai spectaculoase astfel că în foarte multe țări ponderea mașinilor de deformare este de la 1/3 până la 3/5 din total, ceea ce denotă că și procedeele de deformare sînt deja foarte extinse. Enumerînd cîteva din cele mai mari țări pre-

lucrătoare de metale se poate constata că :

R.F. Germană posedă în parcul total de mașini-unelte peste 33,5 % mașini-unelte pentru deformare plastică:

S.U.A.	idem	30 %
U.R.S.S.	"	27 %
Franta	"	29 %
R.D. Germană	"	27 %
Suedia	"	32 %
Belgia	"	61 %
Austria	"	37 %
Canada	"	42 %

În acest fel se poate urmări modul cum s-a împrăștiat această ramură tehnologică în producția mondială de piese metalice datorită avantajelor pe care le-a adus.

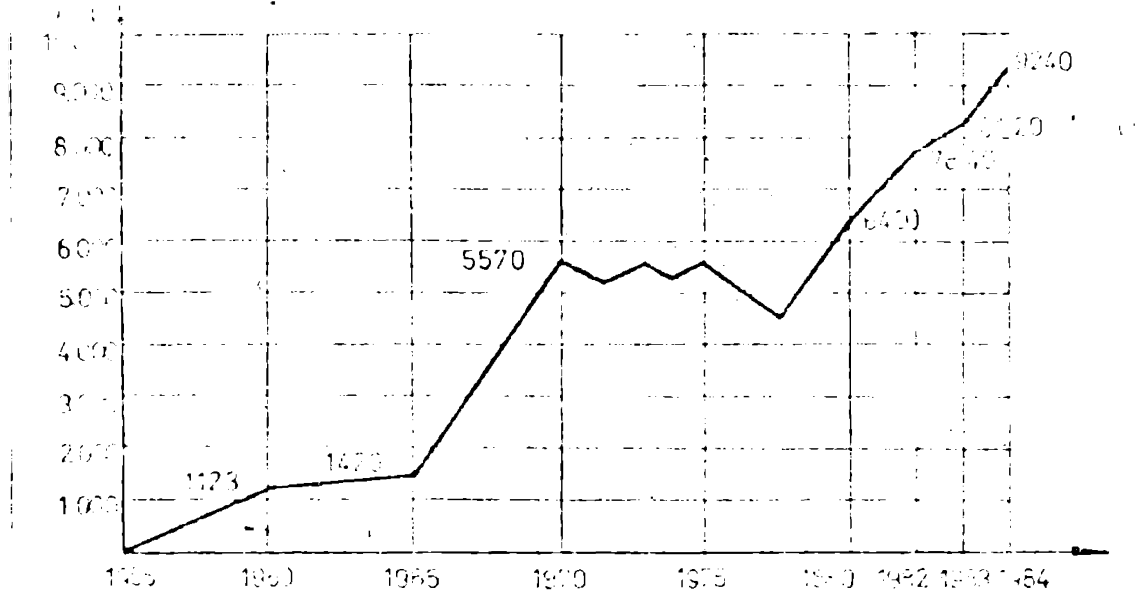
Decuparea de precizie este însă un procedeu în fază de dezvoltare. Numărul producătorilor de prese pentru decuparea fină nu întrece cifra de 10 pe plan mondial. Metoda s-a născut și încă își mai are centrul în Elveția la firmele producătoare de prese ca Feintool, Schmidt, Kasa, Hydrel, care în general execută și sculele adecvate. În cadrul țărilor CAER încă nu există o producție organizată de prese pentru decupare fină, încercări făcându-se în prezent de către țara noastră și R.F. Germană.

## 1.2. Nivelul în țara noastră. Previsiuni în perioada 1985-1990.

Introducerea procedeelor de prelucrat metale prin deformare plastică la noi în țară a progresat destul de lent pînă în anul 1965 cînd din totalul muncii de prelucrat metale numai 7 % era afectată deformării. Din diagrama evoluției fabricației de mașini de deformare plastică în România (fig. 1.1) se observă că de fapt inițierea unei astfel de producții se poate considera numai după 1955 cînd mai puțin organizat și mai mult ca autodotare, au început să apară primele prese românești la întreprinderile Infrățirea - Oradea, Unio - Satu-Mare, Progresul - Brăila și 23 August București.

Saltul ce se remarcă între 1965 și 1970 se datorează profilării și dezvoltării I. I. Sibiu ca principal producător de

mașini unelte pentru deformare plastică în R.S.R. Cu toate acestea adăuri deformarea plastică nu ocupa în 1981 decât 10,5% din fabricația de mașini unelte a țării noastre, [10]. Ca urmare prelucrarea prin deformare se situează și în prezent la numai 12 % din totalul prelucrării de metal.



**Fig.1.1:** Dinamica creșterii volumului de mașini unelte de deformare plastică din 1965 până în 1984 în țara noastră.

Fabricația de mașini unelte de deformare s-a caracterizat pînă la nivelul anului 1979 prin prese, ciocane și alte mașini în deosebi cu forțe mici (sub 1000 kN). Costul acestei categorii de mașini unelte (de forțe ridicate) au fost asigurate (cu mici excepții - cele de la IMGB) prin importuri deosebit de costisitoare pentru Statul Român.

Cu începere din 1979, prin intrarea în producție a Întreprinderii de Mașini Unelte de Presare Forjare - Ig. Jiu, gaze s-a completat pînă la 6300 kN, iar din 1983 s-au făcut treceri la tipodimensiuni cu forțe și mai mari la Întreprinderea de Mașini Unelte Grele pentru Deformare Plastică ce s-a construit la Dorohci. Tot în fabricația mașinilor grele ce prelucresă metalul prin deformare este remarcabil aportul unor întreprinderi cu alt profil de bază ca : Întreprinderea "23 August" București, Întreprinderea "Progresul" Brăila și recent

CUG Cluj, care sa produs sau asigureaza o parte din categoria masinilor unelte de deformare plastica pentru prelucrari la cald sau la rece.

In cincinalul 1981-1985, chiar in conditiile fenomenului de recesiune resimțit in economia mondiala fabricatia de masini unelte de deformare din țara noastra va ocupa peste 14 % din productia de masini unelte. O caracteristica ce se evedențiază in acest cincinal o constituie executia de masini speciale și specializate in funcție de cerințele tehnologice ale diferitelor întreprinderi. Asemenea utilaje, pe lângă diversitatea pe care o aduc, au o constructie complexă, care permite un înalt grad de concentrare, mecanizare și automatizare a operațiilor. Corelat și cu dezvoltarea unor sectoare complementare cum ar fi mecanica fină (in special hidraulica), electrotehnica și electronica, se vor putea atinge niveluri calitativ mult superioare celor actuale. Dacă in anul 1980 in RSR s-au realizat cca. 60 tipodimensiuni de masini unelte de deformare plastica, in 1986 numărul lor va fi de peste 145 iar in 1990 de cca. 185.

Prevederile naționale de dezvoltare in perioada 1981-1990 sint redată in diagrama din fig.1.2.

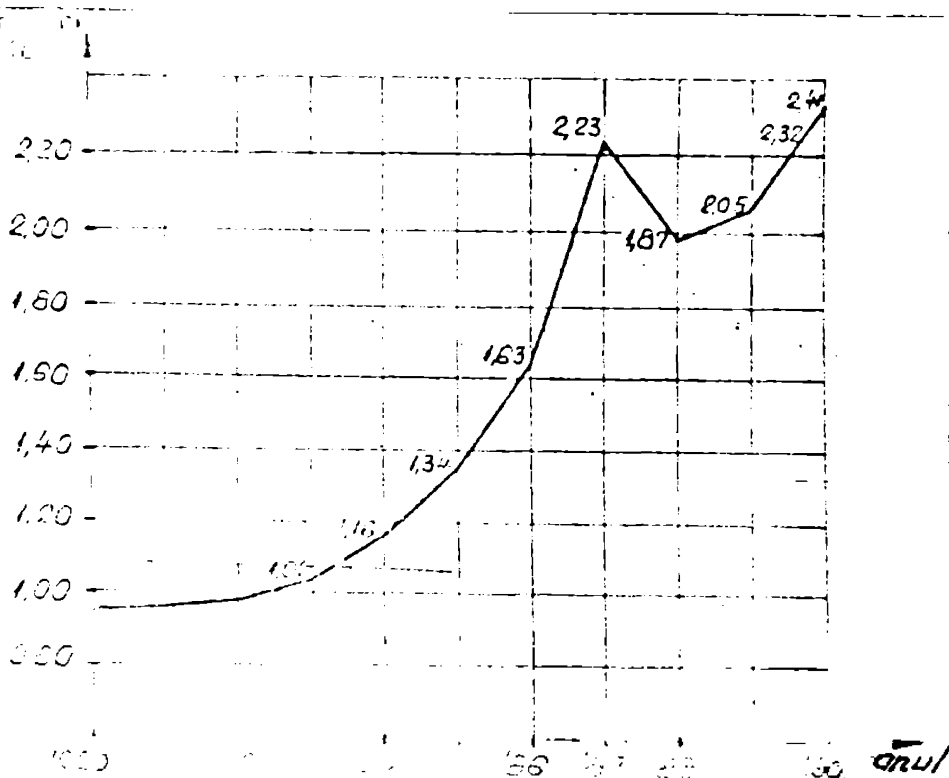


fig.1.2 : Prevederi de realizare a masinilor unelte de deformare plastica in actualul deceniu in RSR.

### 1.3. Tendințe de dezvoltare

Prin avantajele pe care le-au conferit procedeelor de deformare plastică a metalelor, acestea au câștigat în pondere (așa cum s-a arătat în perioadele analizate 1.1 și 1.2). Se poate desprinde concluzie că în țările în curs de dezvoltare sau cu o poziție mijlocie în prelucrarea metalelor, în perioadele următoare, tendința principală în ceea ce privește construirea de mașini de deformare, va fi de creștere etic relativă cât și absolută. Cel mai exemplificator caz îl constituie țara noastră ale cărei creșteri au fost deja conturate până în 1990. Lesigur că pentru aceste țări preponderent va fi câștigul cantitativ.

Creșterea sau regresul, în viitor, pe plan internațional al procedeelor de deformare în comparație cu celelalte prelucrări de metale va depinde foarte mult de factorul calitativ.

În ce privește procedeelor de deformare, se poate aprecia că, în viitor, se vor urmări cu precădere următoarele elemente :

a) Folosirea de energii cât mai înalte de deformare. Printr-o astfel de tendință în dezvoltare a mijloacelor de deformare se vor extinde mai mult procedeelor care se bazează pe stări tridimensionale de tensiune.

În general operațiunile la care deformarea se obține prin lovituri repetate (ciccans) sau cele la care conturul trece prin multe faze, pentru a se defini într-o formă mai complexă, ( exemplu forfecarea lineară), se vor reduce relativ.

b) Automatizarea prelucrărilor, proces care și în perioada actuală are o puternică evoluție, ve constitui desigur saltul cel mai evident. Pornind de la mecanizarea operațiunilor individuale și ajungând la formarea de centre și linii de prelucrare, în care, comanda program, tehnica de calcul sau telecomanda, precum și roboții industriali, își vor pune puternic amprenta pe configurația utilajelor, a sculelor și a însăși desfășurării proceselor de prelucrare, pe concentrarea operațiunilor de deformare.

c) Creșterea preciziei de prelucrare.

Cu cât se va reuși ca piesele prelucrate prin deformare să ajungă la dimensiunile definitive și la gradul de netezime

impuse de condițiile de execuție cu atât se vor înlocui mai mult procesele de aşchiere. Există deja procedee care au reuşit să asigure o precizie de execuție ce se încadrează în limitele claselor 6+9 de precizie conform STAS 8104-68 precum şi la rugozităţi  $R_a = 0,4 \mu m$ . Acestea sînt deja satisfăcătoare pentru o importantă gamă de piese componente în construcția obișnuită de mașini și utilaje. Printre acestea se pot enumera: decuparea de precizie, extruziunea, calibrarea, filetarea, unele cazuri de matrițări la rece, formarea prin rulare la rece ș.a.

d) Perfecționarea și descoperirea de noi procedee de deformare. Există deja multe preocupări pentru a pune la punct unele procedee de deformare a metalelor bazate pe noi principii care însă nu au ajuns la folosirea industrială convenită. Se mai fac experimentări sau constituie secrete ale unor instituții de cercetare sau ale unor firme (exemplu presarea izostatică pentru sinterizarea pulberilor metalice).

Progresul prelucrării prin deformare plastică va depinde în foarte mare măsură și de evoluția confecționării de scule capabile să dea formă și să reziste un timp îndelungat prelucrării de metale mai rezistente și mai dure. Nu se poate spune că nu se caută și căi la care sculele să aibă forme cît mai simple ca de exemplu ambutisarea hidraulică, deformarea prin impulsuri magnetice, presarea prin rulare sau ciocnirea după comandă programată, etc.

Este de presupus că tehnica va face noi progrese în domeniul deformării și în măsura în care acestea își vor găsi o valoare mai importantă în ansamblul prelucrărilor. Ele vor conduce la noi poziții ale respectivei categorii de prelucrări.

## 2. STADIUL ACTUAL AL CERCĂRII PRIVIND LUCRAREA DE PRECIZIE.

Studiul asupra posibilităților și a condițiilor în care se pot realiza operații de prelucrare a metalelor prin procedeul de decupare fină, impunecunoașterea particularităților acestuia atât din punct de vedere al materialului de prelucrat, al utilajului și sculelor, cât și a parametrilor tehnologici specifici. În acest sens se analizează succint stadiul actual al cercetării și aplicării procedeului, particularitățile și metodele folosite.

### 2.1. Particularitățile decupării de precizie

2.1.1. Definiție : Între operațiunile de prelucrat metale prin deformare plastică, decuparea se încadrează între cele care se realizează cu detașare de material. Decuparea și perforarea convenționale sînt acceptate în toleranțe largi (de cote libere) precum și cu un grad de rugozitate dintre cele mai mari ( $R_a = 50, 100$  și  $> 100 \mu m$ ). În cazul unor condiții mai pretențioase se execută calibrări sau prelucrări mecanice parțiale. Decuparea astfel rezolvată a fost limitată calitativ și economic.

Pentru a realiza decupări cu utilaje de forțe relativ mici procedeul este practicat și în condiții de încălzire a materialului astfel că, în prezent, în mod uzual ștanțarea se realizează la rece, cald și semicald.

Decuparea de precizie urmărește două laturi principale :

- realizarea de contururi și antraxe cu precizii în clasele 6-9 conform STAS 8104-68;
- deformarea piesei (rotunjiri de muchii, încovoieri) și rugozitatea conturului să fie comparabile cu ale procedurilor mecanice de finisare ( $R_a = 1,6 \pm 0,4$  sau chiar mai mici).

Condițiile în care se execută decupajul și perforarea convenționale nu pot conduce la dezideratele decupării de precizie din următoarele cauze :

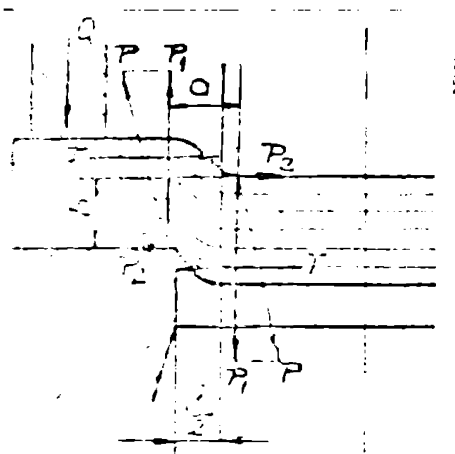


fig.2.1 : Schemă decupării convenționale.

b. distanța între punctele de apăsare în plan vertical.

a. distanța între punctele de apăsare în plan orizontal.

j. jocul

K. forța de tăiere

$K_1$  și  $P_2$  - componentele orizontală și verticală;

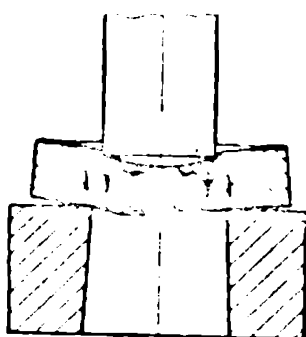
$T = K_2$  - forța de apăsare transversală.

Q - forța de strângere.

S - grosimea piesei

a) În feza de deformare plastică, când șanzonul intră în material se produc rotunjiri ale materialului în șcele adiacente șanzonului și plăcilor de tăiere (conform fig.2.1) cauzate de momentul de răsturnare  $M_1 = K_1 \cdot a$ . O reducere a deformărilor reclamă micșorarea lui "a" respectiv a jocului j dintre șanzon și placa tăietoare.

b) Materialul supus apăsării șanzonului se rotește cu un unghi  $\theta$  a cărei valoare se poate deduce din  $\tan \theta = \frac{K_2}{P_1}$  pentru condiția când  $M_2 = K_2 \cdot b$  devine egal cu  $M_1$ . Deformația astfel rezultată constituie o încovoire a piesei decupate (fig.2.2.a).



Incovoirea părții superioare a tăierii.

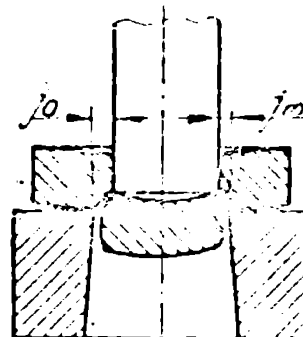


fig.2.2.

Apariția de micro și macro fisuri.

c) După ce s-a ajuns la o pătrundere a șanzonului în material, astfel că tensiunile din imediata vecinătate a muchiilor tăietoare au atins valori corespunzătoare rezistenței materialului la forfecare, se produc microfisuri și apoi macrofisuri dirijate pe liniile de alunecare (fig.2.2.b.). Ele se



propagă repede și se produce detașarea piesei. O astfel de tăietură se prezintă cu o porțiune lisă  $\frac{2}{5} + \frac{1}{2}$  s, egală cu pătrunderea poansonului înainte de începerea fisurării și o porțiune de ruptură foarte rugoasă și înclinată (fig.2.3.).

În condițiile decupării clasice jocul între poanson și placa tăietoare este considerat optim atunci când fisurile ce se dezvoltă pornind de la muchiile plăcii se întâlnesc cu cele pornite de la muchia poansonului (fig.2.2.b, stînga). El reprezintă cazul cînd se obține cea mai uniformă ruptură.

d) Stanșarea obișnuită nu ține seama de viteza de decupare care are o mare influență stît asupra calității tăieturii cît și pentru apariția de fisuri radiale. De asemenea în condițiile unor viteze foarte mari de decupare, lucrul mecanic se consumă brusc, iar căldura produsă prin șoc rămîne în piesă încălzind-o și deformînd-o suplimentar.



Fig.2.3: Piese decupate prin procedeul obișnuit.

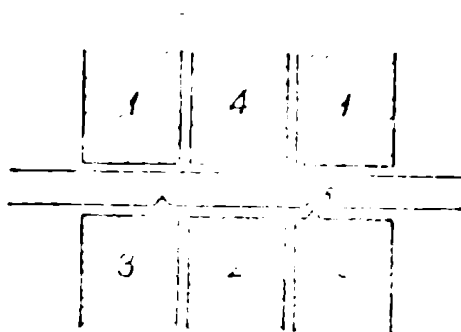


Fig.2.4. Schema procesului de decupare fină.

Decuparea de precizie se realizează prin excelență la rece, cu viteze care nu trec de 20 mm/sec. Pentru a se reduce la minimum trașerile radiale se folosesc plăci de presare a materialului și nervuri (ghiare) de fixare pe contur.

Fig.2.4. reprezintă schema simplificată a principii decupării fine pentru o rondelă.

Placa de presiune 3 realizează presarea tablei exterioare conturului de tăiere pe placa de decupare 1 iar contrașansonul 4 presează tabla din interiorul conturului pe șansonul 2 menținînd-o astfel într-o poziție riguros perpendiculară pe direcția de

...//...

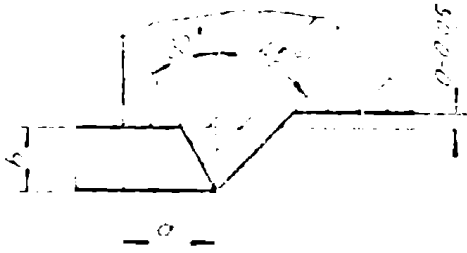


fig.2.5: Forma și caracteristicile ghearei de reținere.

aproape de linia de tăiere dar la o distanță care să nu provoace deformări ale materialului de bază în suprafața finală a piesei. De asemenea nu trebuie să se subțieze într-atît materialul rămas între gheară și tăietură încît să nu mai asigure e-

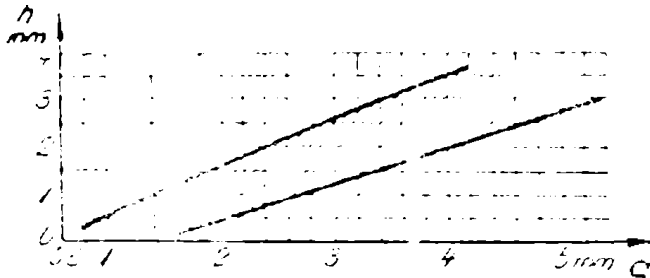


fig.2.6: Diagrama pt. alegerea lui a în raport de înălțimea ghearei de fixare.

fectul de fixare, prin insuficienta rezistență în timpul decupării. Distanțarea exagerată conduce la pierderea efectului de fixare, creșterea consumului de material și mărirea nejustificată a forței de strângere prin lungirea conturului sau creșterea dimensiunilor de profil. În fig.2.6 este redat cadrul optim (porțiunea hașurată) pentru admiterea distanței "a" de la vârful nervurii la conturul de decupare în raport de înălțimea "h" a ghearei.

Adâncimea de imprimare a ghearei în material depinde de grosimea și calitatea acestuia. Obișnuit se admite în intervalul  $(\frac{1}{5} \div \frac{1}{3})$  a. La grosimi relativ mari ale materialului se vor practica nervuri de reținere și pe placa tăietoare cu înălțimi care însumate să se încadreze în intervalul prescris.

Jocul între poanson și matriță, practicat în prezent, este foarte mic  $5 \div 20 \mu\text{m}$ , de circa 10 ori mai redus de cît cel de la ștanțarea obișnuită și contribuie la reducerea încovoierei piesei și fisurarea ei.

Este preferabil ca placa tăietoare a matriței sau poansonale de perforare să aibă muchiile rotunjite cu  $5 \div 10\%$  din

tăiere. Nervura (gheara) înelară 5, de o formă mai simplă dar cît mai apropiată de conturul piesei, se imprimă în material nepermițînd curgerea lui din zona de tăiere.

Profilul și mărirea ghearei de fixare au o mare importanță. Gheara trebuie să fie amplasată cît mai

aproape de linia de tăiere dar la o distanță care să nu provoace deformări ale materialului de bază în suprafața finală a piesei. De asemenea nu trebuie să se subțieze într-atît materialul rămas între gheară și tăietură încît să nu mai asigure e-

grosimea piesei, în care caz nu apar deformări de forfecare



intens concentrate și nu se formează fisuri de forfecare. Materialul se extrudează lent în gulerul matriței, cristalele se lungesc și se trag în placa de tăiere turtindu-se între poanson și matriță, tăietura rezultând netedă și lucioasă (figura 2.7.).

fig.2.7: Secțiune prin zona de tăiere a unei piese supuse decupării fine.

kazele prea mari provoacă o reducere a durebilității sculelor.

tății sculelor.

### 2.1.2. Domeniul de aplicare al decupării fine

Aplicarea decupării fine trebuie să fie justificată de cerințele de calitate a piesei precum și de economicitatea operației. Procedul se pretează la următoarele cazuri distincte :

- a) Decuparea simultană;
  - decuparea din bandă sau fișii de tablă ;
  - decuparea pieselor forjate parțial sau ambutisate;
  - decuparea combinată cu îndoirea;
  - decuparea combinată cu forjarea

- b) Decuparea succesivă - din bandă.

În scopul obținerii preciziei corespunzătoare clasei 7, pentru distanțele între axele găurilor sau chiar față de conturul exterior al piesei, se indică a se folosi la maximum decuparea simultană. Prin decuparea succesivă se pot obține piese complicate care comportă o serie de operațiuni distincte. În acest caz scule trebuie să fie prevăzută suplimentar cu elemente sigure de poziționare.

Până în prezent procedul de decupare fină a fost introdus de întreprinderile producătoare de mașini de scris, mașini de calculat, relee, telefonie, orologerie, radio, aparate foto, mașini textile, mașini de cusut, aparatura electri-

oș, AMC-uri, etc. Extinderea sa se face foarte rapid în toate domeniile în care este nevoie de mecanisme cu piese având suprafețe de contact netede și distanțe funcționale precise (automobile, rulmenți, lanțuri articulate, etc) aceasta având și o dependență funcțională de mijloacele (presele) pe care se poate practica atât ca număr, cât și ca putere.

## 2.2. Metode utilizate pentru decuparea de precizie. Sculele întrebuintate.

Pentru a se realiza condițiile necesare decupării de precizie sînt necesare trei efecte independente și anume :

- mișcarea de translație a poansonului pentru tăierea materialului;

- mișcarea de imprimare în material a ghearei de fixare;

- mișcarea și respectiv apăsarea contra-poansonelor.

Principiul decupării fine și concomitent al construcției sculelor a fost redat în fig.2.1 și fig.2.4 în care notațiile folosite relevă următoarele părți componente :

1. placă tăietcare

2. poanson de decupare

3. placă de presiune care cuprinde gheara de reținere

4. extractor (contra-poanson)

Sculele pentru decuparea fină au în principiu aceeași construcție cu cele pentru decuparea obișnuită. Caracteristicile specifice constau din :

- jocul foarte mic între poansoane și placa de tăiere, respectiv, între locașurile de decupare din poansoanele mari și poansoanele interioare ;

- elementele de lucru sînt solicitate la forțe foarte mari , 1,5 ÷ 2,5 ori mai mari decît la decuparea obișnuită și de aceea trebuie să fie mult mai robuste;

- existența plăcii de presare cu gheara de fixare. Gheara de fixare poate exista și la decupări cu contururi interioare mari între poansonul interior și un element corespunzător din interiorul poansonului;

- extractoarele au și rolul de stringere a materialului între partea lor frontală și poanson, cu scopul de a nu-i permite încovoieri;

- evacuarea piesei și a deșeurilor rezultate se realizează

să numai prin spațiul dintre partea superioară și cea inferioară ale matriței.

În fig. 2.8 este reprezentat în opt faze de lucru procedeul de decupare fină pentru o rondelă :

- a) poziția inițială;
- b) strângerea materialului și imprimarea ghearei de fixare;
- c) tăierea piesei cu împingere a extractorului;
- d) retragerea poansonului;
- e) eliberarea benzii prin retragerea plăcii de presare;
- f) ridicarea benzii de pe placa de tăiere;
- g) împingerea piesei din placa de tăiere;
- h) înlăturarea piesei din matriță.

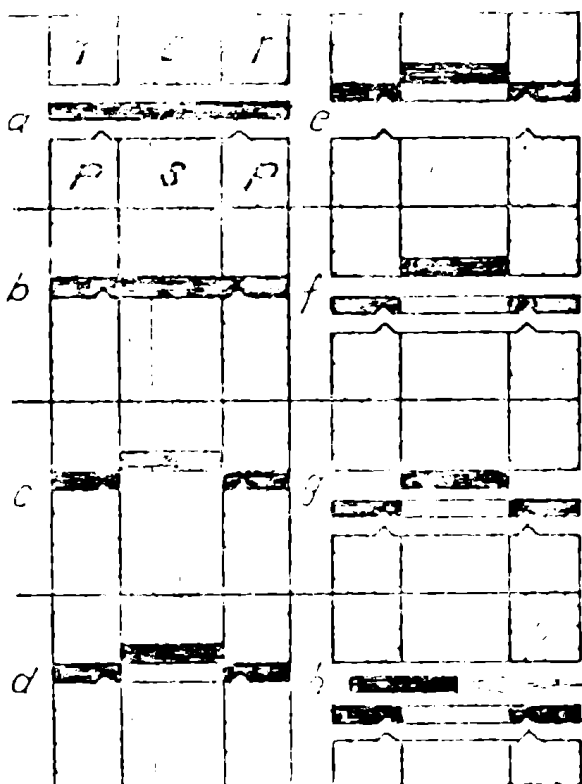


fig.2.8 : Fazele decupării de precizie.

În această schemă poansonul acționează de jos în sus. El poate să acționeze și de sus în jos depinzând de construcția preseii.

După particularitățile constructive sculele de decupare fină se împart în două categorii :

- cu poanson mobil și placa de presare fixă (fig.2.9)
- cu poanson fix și placa de presare mobilă (fig.2.10).

Împărțirea ține seama de mișcarea relativă a poansonului sau a plăcii de presare față de placa de bază a matriței.

Sculele cu poansonul mobil și placa de presare fixă sînt cele mai răspîndite cu toate că și dezvoltarea celor cu poansonul fix este în evidentă ascensiune.

Soluția construirii sculelor cu poansonul fix are avantajul

...//...

494.867  
355-a

ea este mai rigidă, elimină o sursă suplimentară de descentrare prin aceea că dispare mișcarea relativă dintre poanson și placa de bază. Matrițele cu poanson fix au o construcție mai simplă decât cele cu poanson mobil. Se pretează mai bine la piese cu suprafețe mari, au o durabilitate ridicată și permit mai ușor tipisarea construcției. Ca dezavantaje se pot enumera următoarele :

- placa de bază superioară trebuie amplasată în dreptul unei găuri mai mari decât profilul exterior al piesei pentru a permite acționarea bolțurilor de presare și extragere ceea ce duce la slăbirea rezistenței acesteia impunând dimensionări mai mari;

- poansonul prin ghidarea plăcii de presiune determinând astfel apariția de forțe transversale, respectiv deformații ale acestuia. Admiterea unei ghidări separate a plăcii de presiune conduce la complicarea construcției și la lipsa de siguranță pentru o deplasare uniformă a plăcii;

- numărul bolțurilor de presare este limitat de rezistența plăcii de bază fapt ce poate contribui la deplasarea neuniformă a plăcii de presare;

Matrițele cu poansonul mobil au următoarele avantaje în comparație cu cele cu poanson fix :

- forța de tăiere și contrapresiune se transmit direct de la poanson la presă (fig.2.14);

- partea profilată a poansonului este ghidată în imediata apropiere a tăieturii de către placa de presare astfel că forțele transversale ce apar nu influențează poziția relativă a poansonului față de placa de tăiere;

- se pot realiza matrițe pentru îndoiri și profilări succesive.

Și acest sistem prezintă unele dezavantaje deoarece toate elementele pentru extragerea discurilor interioare trebuie amplasate în interiorul corpului poansonului complicând și slăbind foarte mult construcția acestuia. Se recomandă la piesele mici la care, poansonul fiind lung față de secțiune, are o ghidare bună. La piesele lungi și subțiri, complicate sau cu toleranțe stricte, sau la piese puternic asimetrice, unde există pericolul apariției de forțe transver-

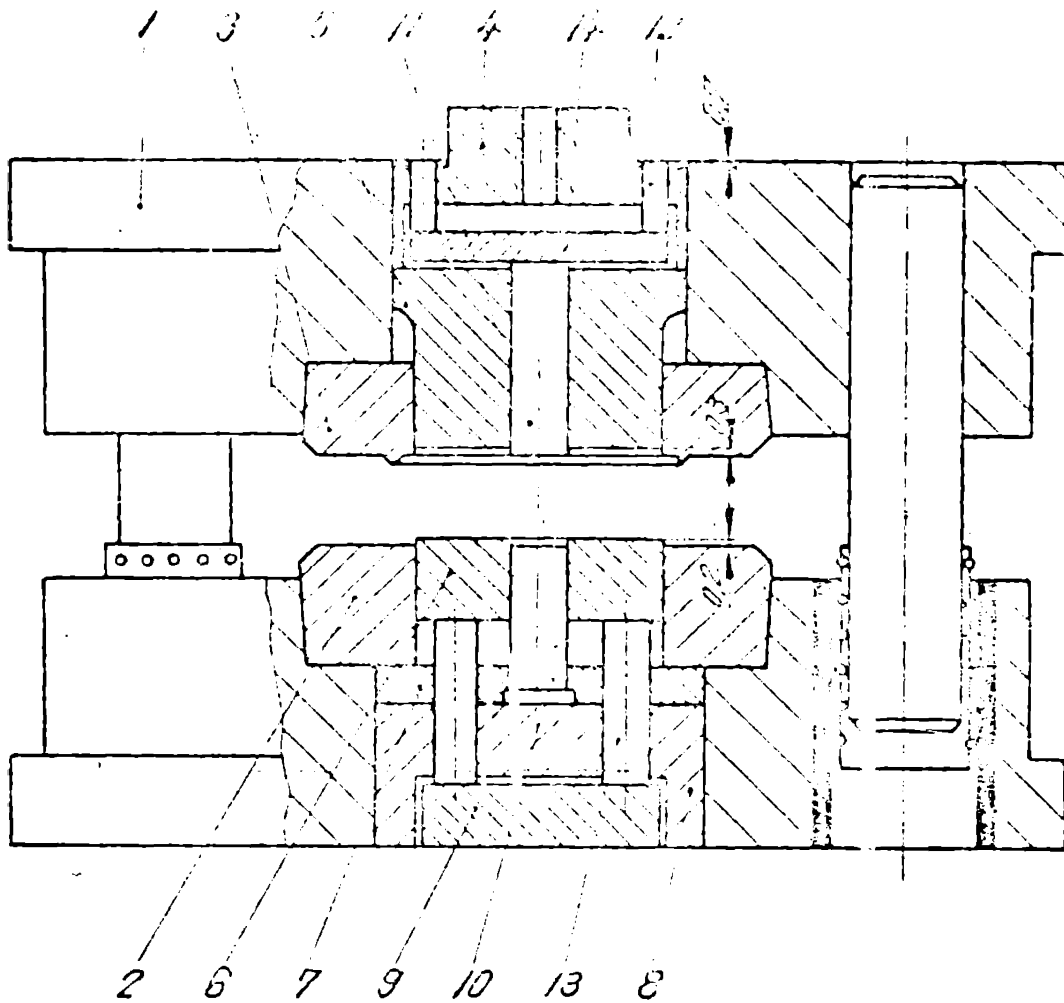


fig. 2.9

STANTA CU FOANSON MOBIL

- |  |                        |
|--|------------------------|
| 1. Suport cu coloane                       | 8. riesză sprijin      |
| 2. Placă de tăiere                         | 9. Placă extragere     |
| 3. Placă de presare                        | 10. foanson interior   |
| 4. Cap foanson                             | 11. Extractor interior |
| 5. Foanson                                 | 12. Bolt de presare    |
| 6. Extractor                               | 13. Bolt extragere     |
| 7. Placă fixare foanson-<br>ne interioare. | 14. Placă extragere    |

...//...

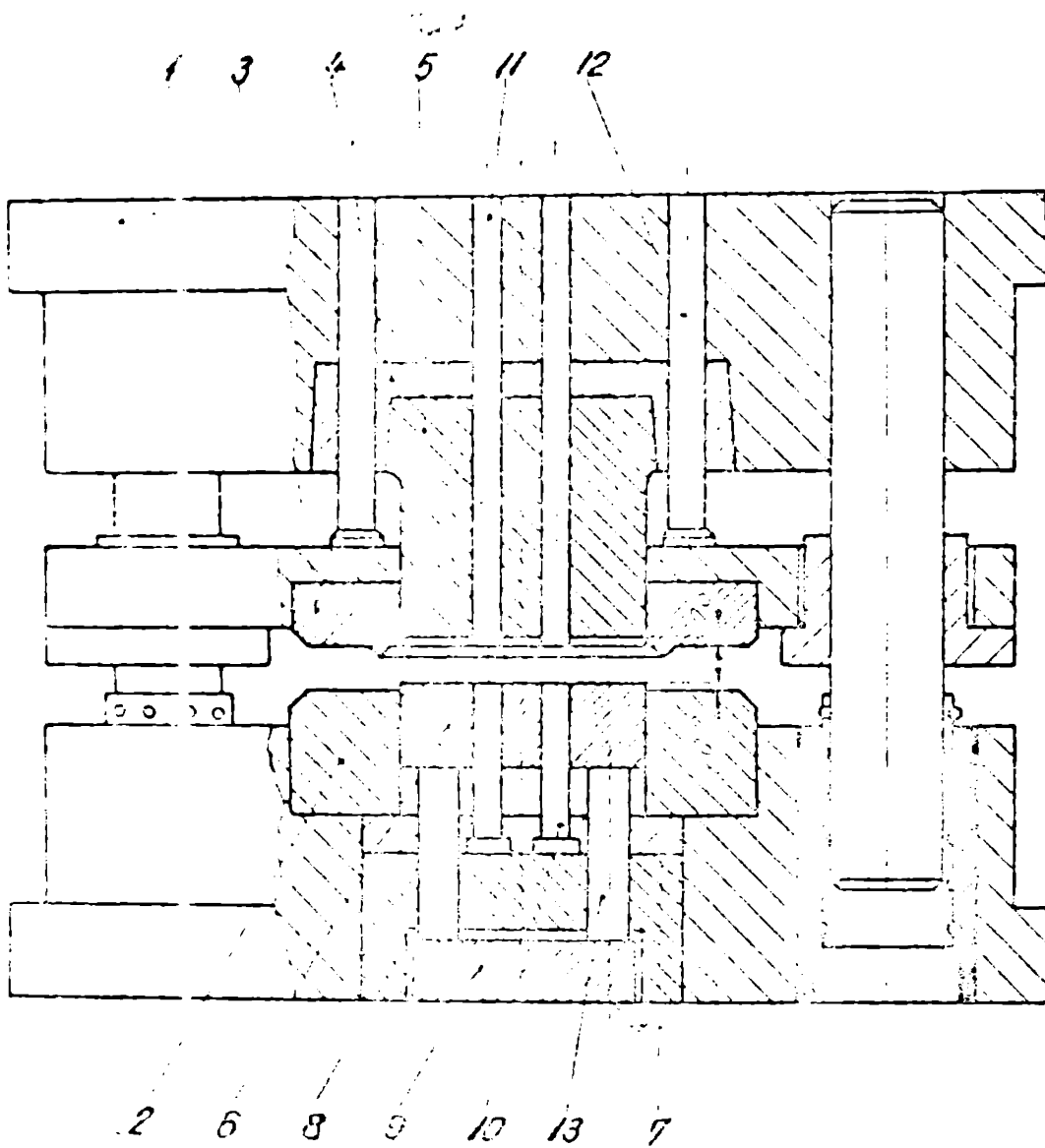


fig.2.10.

**SCHEMA CU POANSON FIX**

- |  |                        |
|--|------------------------|
| 1. Suport cu coloane                     | 8. Fieșă sprijin       |
| 2. Placă de tăiere                       | 9. Placă de extragere  |
| 3. Placă de presare                      | 10. Poanson interior   |
| 4. Cap poanson                           | 11. Extractor interior |
| 5. Poanson                               | 12. Bolt presare       |
| 6. Extractor                             | 13. Bolt extragere     |
| 7. Placă fixare poansoane<br>interioare. |                        |

...//...



sale mari, este necesară o ghidare suplimentară a plăcii de presiune pe coloarele ștanței.

În general, coloarele de ghidare ale ștanței sînt folosite pentru centrarea părților la montarea acestora pe presă. În timpul lucrului ghidajele preseii sînt cele care preiau, cu suficientă rigiditate, eforturile ce apar.

În cazul contururilor asimetrice se va dispune, întotdeauna, partea cu cele mai multe neregularități, spre direcția de alimentare cu material a matriței deoarece, pe această direcție, materialul este plin și deci mai rezistent. În celelalte direcții rezistența este mai mică întrucît nu există decît marginile benzii sau punțile deșeu.

Piese rezultate sînt perfect drepte. Numai la colțuri pronunțate se obține o ușoară rotunjire datorită tragerii materialului de către muchia plăcii de tăiere. La contururi cu multe proeminente (exemplu roți dințate) și la colțuri pot apărea chiar rupturi în secțiunea de tăiere a piesei. De aceea, se recomandă ca raza minimă la forma convexă să aibă valorile indicate în diagrama din fig.2.11 sau din relația empirică  $r = 0,2.s$ .

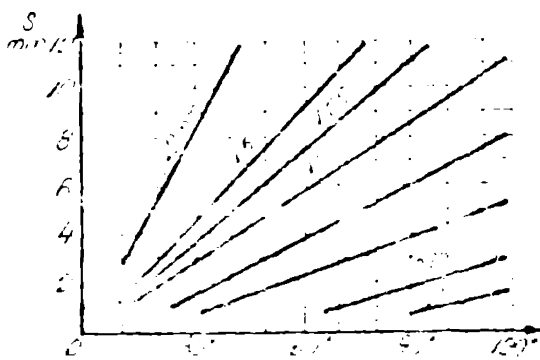


fig.2.11: Raza minimă pentru contururi cu proeminente accentuate.

Față de decuparea normală, la care distanța de la margine la conturul găurii se poate lega minimum egală cu  $s$ , la decuparea fină această distanță se poate admite, în mod normal,  $0,75 s$  și în cazuri speciale  $0,5 s$ . În cazurile în care forma pieselor implică distanțe

reduse între două contururi învecinate, acestea nu pot fi mai mici decît  $\frac{2}{3} s$ .

Cel mai perfecționat procedeu de decupare de precizie este decuparea reversibilă [ 66 ] cu contra-crestare care diferă de cele expuse anterior prin aceea că, după prestringerea materialului, acționînd asupra părților active ale ma-

tritei din sens invers, se realizează o deplasare cu  $\frac{1}{4} s$ ,

în direcția contrară mișcării propriuzise. Prin aceasta poansonul și placa tăietoare realizează un început de decupare în sens contrar prestrîngerii. După o asemenea înprizare (creștere) sensul mișcării se inversează din nou și se realizează decuparea completă ( $S + \sigma$ ). Practicarea decupării fine reversibile implică unele particularități care atrag unele dificultăți practice, motiv pentru care metoda este rareori folosită. Între acestea se amintesc :

- matrița de decupare trebuie să fie perfect simetrică, avînd atît partea superioară cît și partea inferioară identice pentru ca atît începutul decupării (creșterea) cît și detașarea propriuzisă să fie fără deviații de contur. O asemenea restricție conduce atît la o creștere a dificultăților de execuție cît și la imposibilitatea realizării dintr-o tăietură a pieselor cu configurație complexă;

- utilajul folosit (presa) la decupare necesită trei efecte de luare independente.

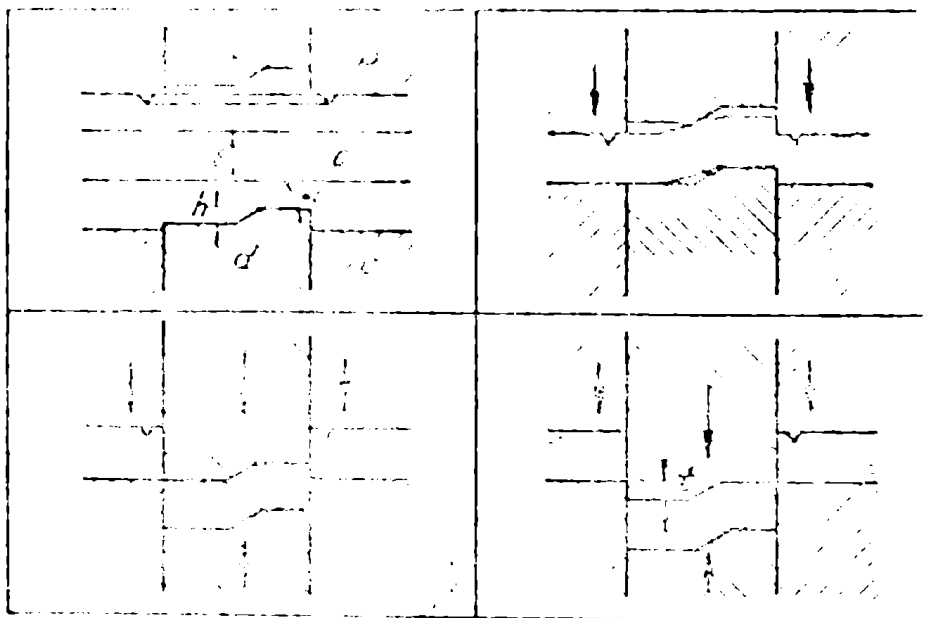


fig.2.12 : Decuparea fină concomitentă cu îndoirea piesei folosind poanson profilat.

Unele particularități le mai prezintă și matrițele care realizează simultan îndoiri și decupări fine. Se cunosc două sisteme principale de construcție de astfel de scule și anume:

•//••

- cu placa de presare și placa de tăiere drepte iar  
șansonul profilat, fig.2.12;

- cu placa de presare, placa de tăiere și șansonul pro-  
filete, fig.2.13.

Prima variantă se folosește de obicei pînă la înălțimi  
de îndoire  $h = s$ . Rătrunderea șansonului în placa de tăiere  
este inevitabilă și din această cauză crește mult uzura lui  
( în special la o comportare necorespunzătoare a preseii ).  
Într-o astfel de situație cresc bavurile rezultate din tăie-  
rea piesei și prin urmare este necesară o reascuțire destul  
de frecventă a șansonului. Această problemă devine mai acu-  
tă cu atît mai mult cu cît la piesele îndoite înlăturarea  
bavurilor este destul de dificilă.

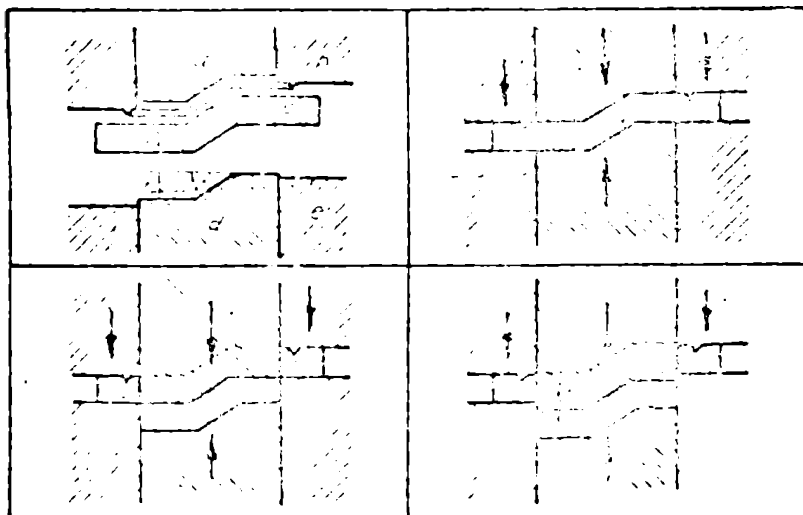


fig.2.13 : Decuparea fină concomitentă cu îndoirea  
piesei folosind șansonanele și plăcile  
tăietoare profilate.

Construcția matriței cu plăcile drepte este mai iefti-  
nă dar, deoarece șansonul ( partea profilată) se uzază cel  
mai mult, cheltuielile de întreținere sînt mai mari.

La construcția de matrițe cu placa de presare și placa  
de tăiere profilate, în momentul în care materialul ajunge  
în zona de tăiere este deja îndoit. Îndoirea se produce în-  
tre placa de tăiere și placa de presare. Se impune ca dis-  
tanța între cele două plăci să fie aceeași în fiecare punct.

..//..

Pentru tăierea completă a piesei, poansonul trebuie să pătrundă în material cu lungimea  $l = \frac{s}{\cos \alpha}$ . De aceea și în

cel de al doilea caz poansonul pătrunde în placa de tăiere. Înălțimea de pătrundere va fi  $z = l - s$ .

Acest tip de acule este indicat pentru piese cu înălțimea de îndoire mare, atât timp cât muchia de îndoire corespunde sensului de avans al materialului.

Pentru a realiza această condiție uneori pierderile de material cresc, datorită aranjării neeconomice a pieselor în bandă. Pentru ca poansonul să nu pătrundă prea adânc în placa de tăiere se va urmări o astfel de dispunere a piesei încât unghiul de înclinare să fie cât mai mic. Ascuțirea plăcii de tăiere, a poansonelor interioare și a poansonului de contur exterior este relativ simplă. Mai dificil poate fi cazul în care muchia de îndoire nu se poate dispune în sensul avansului sau nu se întinde pe toată lungimea piesei. În această situație, înălțimea de îndoire se reduce considerabil și pierderile de material devin mari. Reascuțirea se face foarte greu. De multe ori se procedează la ascuțirea separată a elementelor plăcii de tăiere sau, când există posibilități, prin electroeroziune.

### 2.3. Influența condițiilor necesare decupării fine asupra utilajului de presare

Particularitățile procedurii de decupare fină impun ca în construcția utilajelor de presare pentru acest sistem să se realizeze următoarele condiții :

a) Presele să fie cu triplu efect sau cel puțin cu dublu efect și contrapresiune, indiferent de modul de acționare ( mecanic sau hidraulic) iar forțele de presare să fie distribuite astfel :

- forța principală care contribuie la decuparea propriu zisă;

- forța pentru imprimarea ghearei de fixare și de menținere în stare dreaptă a conturului exterior piesei (min. 40 % din forța principală );

- forța pentru contrapresiune la piesă ( min. 20 % din forța principală).

..//..

b) Viteza de tăiere să fie reglabilă în limite largi. Cel mai important este domeniul de la 5 la 15 mm/sec. El trebuie asigurat pînă la grosimi maxime de 20 mm.

c) Să aibă o rigiditate mare. Să nu permită deformații transversale.

Ghidajele verbecului să asigure, în orice stare de funcționare, corespondența între partea superioară și partea inferioară a sculei, chiar dacă sollicitarea este excentrică.

d) Să aibă dispozitivele necesare pentru automatizarea avansului și pentru evacuarea pieselor sau deșeurilor cu capacitatea corespunzătoare.

e) Să se coreleze cu tipul de scule folosite : poanson mobil sau poanson fix.

În fig. 2.14 se prezintă modul cum se transmit forțele

de presare la ștanță cu poanson mobil iar în fig. 2.15 pentru ștanță cu poanson fix.

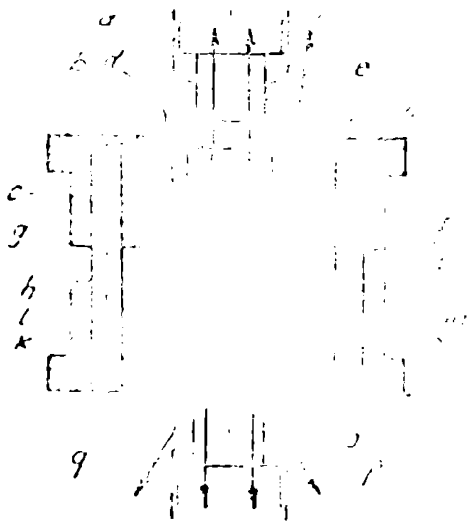


fig.2.14: Transmiterea forțelor de presare la o ștanță cu poanson mobil.

Se observă că în cazul ștanțelor cu poanson mobil forțele de decupare și de contracțiune care acționează asupra poansonelor sînt preluate central de către cilindrul preseii, iar cele produse în placa de presiune și poansonul interior sînt preluate de către mesele port sculă ale preseii.

În cazul sculelor cu poanson fix liniile de forță din partea superioară a ștanței se întretaie.

Forțele dezvoltate în poansonul de decupare trebuie preluate de masa de lucru iar cele produse în placa de presiune de către cilindrul. Această stare anormală a transmiterii forțelor, la ștanțele cu poanson fix este, de cele mai

multe ori, cauza insuficientei stabilități a acestui tip de scule [33].

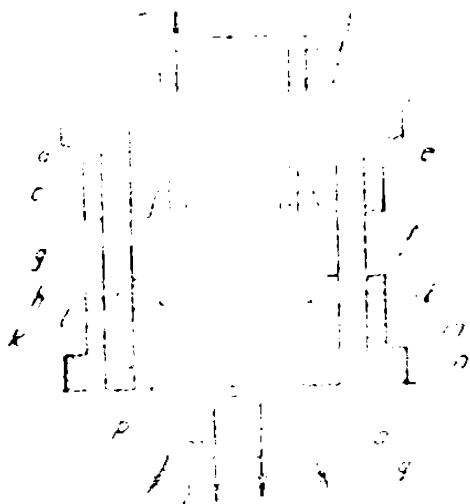


fig.: 2.15: Transmiterea forțelor de presare la o ștanță cu poanson fix.

În principiu, fiecare presă poate să fie dotată cu echipamentul necesar ambelor tipuri de scule. Este însă mai ușor ca presa să fie concepută special pentru un tip de sculă și să aibă posibilitatea folosirii și a celuilalt prin elemente de adaptare.

f) Pentru protecția sculei și pentru supravegherea procesului de decupaj fină (aparitia de supra-solicitări ale presii, pericole de accidentare, etc.) să existe dispozitive de siguranță capabile să o-

prească imediat mișcarea berbecului și să comande retragerea sa în poziția de început de cursă.

#### 2.4. Materialele și posibilitățile de prelucrare a lor prin decuparea de precizie

O bună prelucrabilitate prin decuparea fină o au toate materialele care au o capacitate mare de deformabilitate la rece (mat. moi). Materialele poroase sau dure produc tăieturi rugoase sau rupturi.

Oțelurile cu un conținut pînă la 0,7 % C. și  $\sigma_r$  între 30 și 60  $\text{daN/mm}^2$  laminate în benzi lucioase se pretează fără dificultăți la acest fel de decupare. Se pot decupa fin și materialele mai rezistente dacă se iau măsuri speciale privind forma piesei și părțile tăietoare ale matriței.

Ce oțeluri cu o bună prelucrabilitate prin ștanțare fină se pot enumera : OL 37, OL 42, OL 50, OLC 10, OLC 15 STAS 680-80 și 13 ONI 30 STAS 791-80.

Oțelurile inoxidabile (înalt aliate cu crom și crom ni-

chel) 8 Cr. 155, 13 Cr. 130, 20 Cr. 130, 13 NiCr. 185 cf. STAS 3583-80 se pot prelucra bine dar uzura sculelor este mărită. Deasemenea oțelurile de îmbunătățire aliate ca 40 Cr.10, 33 NiCr. 11, 41 MoCr. 11 STAS 791-80, s-au putut prelucra în condiții de calitate corespunzătoare însă tot cu uzură mărită a sculelor.

La decuparea fină a cuprului și a alamei cu un conținut de peste 67 % Cu s-au obținut rezultate bune. Aluminiul și aliajele sale au putut fi ștanțate fin, în condiții corespunzătoare până la o rezistență de rupere de 30 daN/mm<sup>2</sup>.

## 2.5. Considerații asupra stadiului actual al cercetării procedurii de decupare de precizie a metalelor

Nivelul general de dezvoltare actuală a decupării fine a fost prezentat în subcapitolele anterioare. O analiză critică a situației pune în evidență următoarele aspecte :

- Procedul, deși a fost enunțat cu mult timp înainte, datorită nivelului tehnic general de dezvoltare a construcției de mașini nu s-a aplicat decât mai târziu. Avantajele sale s-au putut evidenția numai în ultimele două decenii. Atât în ceea ce privește construcția de prese cât și execuția de ștanțe, chiar și la cele mai avansate întreprinderi pe plan mondial, nu s-a ajuns la soluții suficient de perfecționate. Oricare ar fi sistemul utilizat, se constată multe și importante dezavantaje care, în urma unui bilanț exigent, nu conduc la prioritatea niciunuia dintre cele două sisteme (cu poanson fix sau cu poanson mobil).

Piesele obținute prin ștanțare de precizie au calitate superioară atât din punct de vedere al forței cât și al dimensiunilor. Este de remarcat însă, așa cum s-a mai menționat că, pînă în prezent, procedeul are o aplicabilitate mai restrînsă din punct de vedere al calității materialelor la care se poate extinde deoarece pot fi prelucrate prin acest procedeu numai materiale metalice cu proprietăți de deformabilitate bune. Extinderea pentru materiale mai puțin deformabile depinde, în deosebi, de evoluția calității materialelor din care pot fi realizate elementele active ale sculelor.

- Jocurile dintre poansoane și plăcile de tăiere, se prescriu a avea valori cât mai mici. Această condiție consti-

...//...

tuie o mare dificultate practică. Realizarea unor jocuri  
extrem de reduse, în special la profile complexe, conduce  
la costuri foarte ridicate ale ștanțelor și chiar la impo-  
sibilitatea realizării lor fizice. În prezent dificultățile  
de ordin tehnic, pe care le implică execuția sculelor, con-  
stituie principalul impediment în generalizarea procedurii.

- În construcția de scule s-au obținut rezultate multu-  
mitoare pentru promovarea decupării fine la piese de mare  
contur, piese cu îndoituri și chiar a deformărilor în volum  
dar gradul de extindere este destul de redus datorită neajun-  
surilor care mai persistă (uzuri premature, consum ridicat  
de materiale, reascuțire foarte greoaie ș.a.).

- Presele de decupare fină sînt complexe și costisitoa-  
re.

- Forțele care sînt necesare la decuparea de precizie,  
în comparație cu decuparea clasică, sînt de la 1,5 la 2,5 ori  
mai mari. Forțele de imprimare și menținere a ghearelor de  
fixare și forțele de contrapresiune sînt suplimentare iar for-  
țe pentru decuparea propriuzisă crește datorită jocurilor  
foarte mici, cit și pentru a învinge contrapresiunea.

Rendamentul energetic, comparativ cu cel pentru decupa-  
rea obișnuită, este mult mai scăzut.

- Fundamentarea teoretică a procedurii nu este satis-  
făcătoare. Pînă în prezent explicarea fenomenului se rezuă  
la analogii cu decuparea obișnuită evitîndu-se aprofundarea  
științifică a modificărilor ce intervin la nivelul zonelor  
de decupare propriu-zise.



### 3. OBIECTUL LUCRĂRII

Concluziile desprinse din § 2.5 și tendințele ce se manifestă pe plan mondial privind cunoașterea și perfecționarea procedeelor de deformare plastică a metalelor cu evidente salturi calitative și de productivitate precum și a sculelor și utilajelor ce le determină, permit formularea obiectului prezentei lucrări drept **CONTRIBUȚII TEORETICE ȘI PRACTICE LA DECUPARA FINĂ A METALELOR**. Apertul adus de cercetările efectuate și prezentate în lucrare sînt relevate prin modul de prezentare univoc, de stabilire clară a condițiilor și domeniilor în care decuparea de precizie se poate introduce cu succes. Lucrarea este constituită din sinteza critică a cercetărilor existente și din contribuțiile teoretice și practice ale autorului bazate pe cercetări proprii, scoțînd în evidență următoarele părți principale :

1. Definitivarea teoretică a decupării de precizie avînd în vedere fenomenele interne care stau la baza tăierii fine a metalului.

Legat de acest aspect teza se referă la următoarele categorii de probleme :

- Tensiunile și deformațiile care apar în procesul de deformare plastică a materialelor. Aplicarea lor la decuparea fină.

- Care sînt factorii care influențează direct sau indirect procesul de decupare fină a metalelor și proprietățile acestor influențe.

- Analiza corelației dintre forțele care apar la decuparea fină și mărimile acestora.

- Influența vitezelor de tăiere, comenul limită de viteză și optimizarea regimului de lucru la decuparea de precizie.

- Stabilirea relațiilor pentru determinarea lucrului mecanic, energiei necesare și randamentului procesului de decupare fină.

- Alte aspecte și observații privind considerațiunile teoretice.

2. Selectarea celor mai bune rezultate ale experienței-

..//..

lor proprii sau din alte surse cunoscute cu privire la scule și elementele lor caracteristice, în scopul obținerii unor decupaje cât mai corecte dimensional, calitative din punct de vedere al rugozității suprafețelor și cu un consum de energie minim.

Pentru aceasta se fac precizări cu privire la :

- Construcția și tipizarea sculelor pentru decupare fină în raport de caracteristicile piesei și ale utilajului de presare.

- Stabilirea unui domeniu pentru jocurile dintre poanson și matrită determinabil prin relații sau tabele în stric-tă interdependență cu precizia și calitatea cerută piesei decupate.

- Necesitatea practicării ghearei de reținere, configura-ția, mărime, noi forme de profil și de contur.

- Configurația și mărimile caracteristice ale muchiilor elementelor tăietoare.

- Materialele indicate a se folosi pentru părțile tăie-toare ale sculelor pentru decupaj fin, caracteristici fizico-mecanice în stare finită și procedee pentru obținerea lor.

3. 4) Jloace și metode utilizate pentru obținerea datelor necesare fundamentării principalelor obiective ale tezei, au constat din :

- utilajul de presare construit în țară;

- ștanțe pentru decupare fină cu seturi de elemente ac-tive;

- aparatură de măsură și control dimensional pentru scu-le și piese;

- materiale de diferite compoziții și calități de supra-fețe folosite pentru obținerea de piese și materiale auxilia-re;

- înregistrarea diagramelor de variație a presiunilor în circuitele cilindrilor de forță atât în regim piesă cu piesă cât și automat.

Realizarea obiectivelor propuse în vederea cercetărilor experimentale a impus proiectarea și execuția majorității ștanțelor, dispozitivelor și sculelor speciale utilizate pre-cum și conceperea schemelor de montaj și utilizării aparatu-

rii pentru înregistrarea diagraamelor de forță. În lucrare sînt prezentate toate contribuțiile autorului la concepțiile și realizarea acestor utilaje.

Prin problemele pe care le tratează lucrarea se constituie într-un studiu foarte complex și de domeniu larg privind procesul de decupare de precizie și conduce la fundamentarea mai amplă a acestui domeniu.

#### 4. ȘTUDIUL TEORETIC AL PROCEDURELUI DE DECURARE FEA A METALELOR

##### 4.1. Considerații generale asupra plasticității meta- lelor

Metalele și aliajele acestora se caracterizează prin structuri cristaline în majoritatea lor de tipurile cubic (cu volum centrat sau cu fețe centrate) și hexagonal.

Pentru un anumit metal proprietățile fizice, chimice și mecanice depind de interacțiunea dintre atomi precum și de distanțele dintre aceștia. Datorită diferenței de distanță între atomi, pe diferitele direcții în planele cristalografice ale aceluiaș cristal se constată o anizotropie a proprietăților acestuia. Grăunții de cristale (cristalitele) prezintă de asemenea fenomenul de anizotropie. La un corp metalic real, grăunții care îl compun sînt așezați în unghiuri diferite unii față de alții, în special după turnare (cristalizare dendritică influențată în special de direcțiile de răcire), ceea ce face ca, practic, diferențele de proprietăți astfel considerate să fie neglijabile (evaziotropie).

Contribuții importante la modificarea proprietăților pe diversele direcții ale unei bucăți de metal o au imperfecțiunile din structura acestuia. Asemenea imperfecțiuni pot fi golurile atomice, incluziuni interne, sau în spațiile dintre cristalite, formarea neuniformă de soluții de aliere, atomi interstițiali, efecte de dislocație sau de deformare ș.a.

##### 4.1.1. Stări de tensiune la metale

La acțiunea unor forțe exterioare asupra unui corp de un anumit volum în interiorul lui se nasc forțe de reacțiune corpul fiind astfel supus unei stări de tensiune.

Pentru orice operație de deformare este nevoie să se determine forțele necesare producerii ei. Forțele depind însă de tensiunile ce se nasc în interiorul materialului ce se prelucreează în raport cu rezistența sa mecanică.

În conformitate cu [ 38 ] un cub elementar supus unei stări de tensiune conf. fig. 4.1. aceasta se caracterizează prin tensorul ;

$$\bar{\bar{\sigma}} = \begin{bmatrix} \sigma_x & \tau_{xy} & \tau_{xz} \\ \tau_{yx} & \sigma_y & \tau_{yz} \\ \tau_{zx} & \tau_{zy} & \sigma_z \end{bmatrix} \quad (4.1.)$$

format din tensiuni normale și tensiuni tangențiale.

Avind în vedere paritatea tensiunilor tangențiale (cunoscută din rezistența materialelor), exprimată prin egalitățile :

$$\begin{aligned} \tau_{xy} &= \tau_{yx} \\ \tau_{xz} &= \tau_{zx} \\ \tau_{yz} &= \tau_{zy} \end{aligned}$$

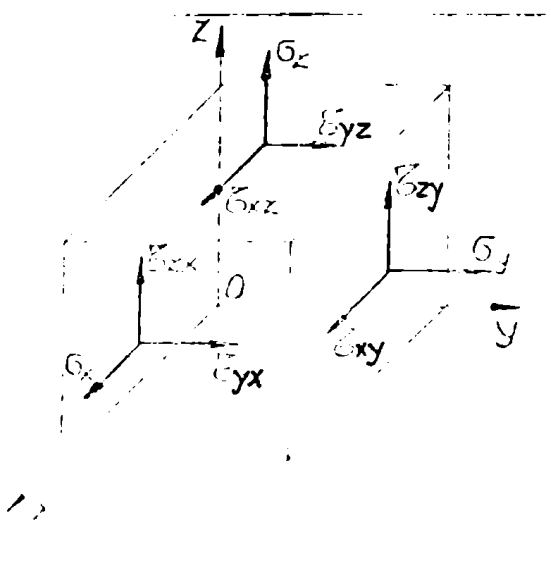


Fig.4.1: Componentele tensiunilor pe trei fețe ale unui sub elementar.

rămân necunoscute numai șase valori.

Dacă se consideră un plan inclinat oarecare față de un tetraedru (fig.4.2.) cu cosinuşii directori  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ , componentele X, Y, Z ale forței F aplicate, sînt determinate, pentru condiția de echilioru, de relațiile :

$$\begin{aligned} X &= \alpha \sigma_x + \beta \tau_{xy} + \gamma \tau_{xz} \\ Y &= \alpha \tau_{yx} + \beta \sigma_y + \gamma \tau_{yz} \\ Z &= \alpha \tau_{zx} + \beta \tau_{zy} + \gamma \sigma_z \end{aligned} \quad (4.2)$$

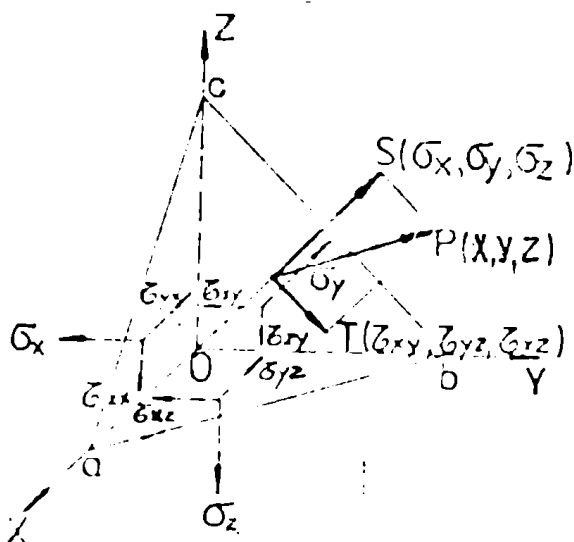


Fig.4.2: Solicitarea intr-un plan inclinat față de axele de coordonate.

...//...

Se consideră însă componentele lui  $P$  :

- perpendiculara (normala)  $S$  și
- tangențiala  $T$

la suprafața de referință a b c.

Pentru cazul când suprafața este astfel orientată încât tensiunea  $T$  este nulă,  $S$  se suprapune cu  $x$  și tensiunile normale  $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$  devin maxime  $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$  și se numesc principale.

Starea de tensiune astfel considerată este exprimată de :

$$\bar{T} = \begin{vmatrix} \sigma_1 & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_2 & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_3 \end{vmatrix} \quad (4.3.)$$

Presupunând axele de coordonate suprapuse peste direcțiile principale, rezultă :

$$X = \alpha \sigma_1$$

$$Y = \beta \sigma_2$$

$$Z = \gamma \sigma_3$$

$$S = \alpha X + \beta Y + \gamma Z = \alpha^2 \sigma_1 + \beta^2 \sigma_2 + \gamma^2 \sigma_3 = \sigma_r$$

$$T^2 = P^2 - S^2 = \alpha^2 \sigma_1^2 + \beta^2 \sigma_2^2 + \gamma^2 \sigma_3^2 - (\alpha^2 \sigma_1 + \beta^2 \sigma_2 + \gamma^2 \sigma_3)^2 = \tau^2$$

$$\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2 = 1$$

$$P^2 = T^2 + S^2 = \alpha^2 \sigma_1^2 + \beta^2 \sigma_2^2 + \gamma^2 \sigma_3^2$$

sistem din care se pot determina necunoscutele  $\alpha, \beta, \gamma$  și în care  $\sigma_r$  este tensiune nominală la planul inclinat iar  $\tau$  este tensiune tangențială la planul inclinat.

Tensiunile tangențiale care acționează într-un plan inclinat se schimbă în funcție de orientarea acestuia. Din relațiile (4.4.) se deduce că tensiunea tangențială este maximă când planul inclinat include o axă de coordonate principală și are o înclinație la  $45^\circ$  față de celelalte două.

Se notează astfel :  $\tau_1, \tau_2, \tau_3$  ca tensiuni tangențiale principale tensiunile tangențiale maxime. Valorile lor se deduc ușor considerând un cosinus director egal cu zero iar celelalte două egale cu  $\frac{\sqrt{2}}{2}$

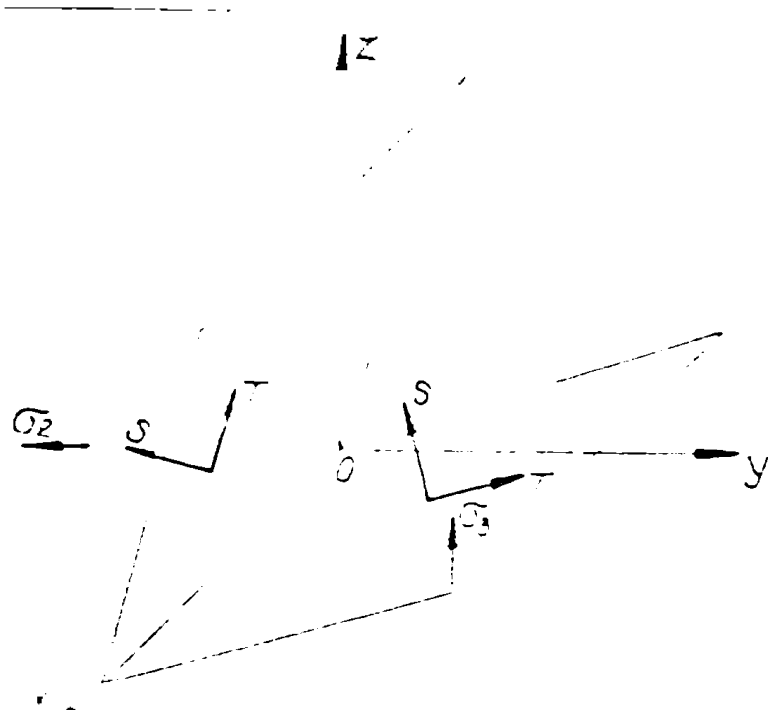
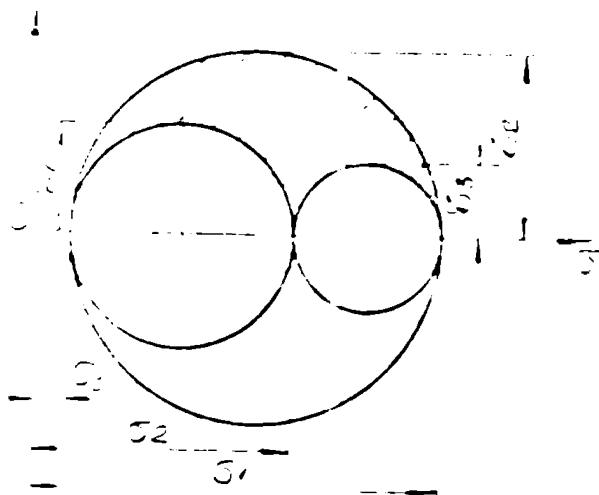


Fig.4.3:

Orientări diferite ale unui plan înclinat ce include axa de coordonate Ox.



$$\tau_1 = \pm \frac{\sigma_2 - \sigma_3}{2}$$

$$\tau_2 = \pm \frac{\sigma_3 - \sigma_1}{2} \quad (4.5)$$

$$\tau_3 = \pm \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2}$$

fig.4.4: Diagrama Mohr de reprezentare circulară.

O reprezentare grafică a acestor relații este redată în fig.4.4.

Un caz particular îl constituie tensiunile ce se nasc

..//..

în planele egal înclinate față de axă. Acestea pot fi cîte unul în fiecare octant și determină un octaedru din care conform lucrării 13 , au expresiile :

$$\sigma_{\text{oct}} = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{3} = \sigma_{\text{med}} \quad (4.6)$$

$$\tau_{\text{oct}} = \pm \frac{1}{3} \sqrt{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2} \quad (4.7)$$

sau

$$\tau_{\text{oct}} = \pm \frac{2}{3} \sqrt{\tau_1^2 + \tau_2^2 + \tau_3^2} \quad (4.8)$$

pentru oricare din cele opt plane ale octaedrului presupus într-o anumită stare de tensiune. Această stare de tensiune se va numește și hidrostatică.

Casul în care toate tensiunile paralele la o direcție sînt nule și apar  $\sigma_x$ ,  $\sigma_y$  și  $\tau_{xy}$  caracterizează o stare de tensiune plană. Relațiile ce exprimă această stare sînt:

$$\sigma_{1,2} = \frac{\sigma}{2} \pm \sqrt{\frac{\sigma^2}{4} + \tau^2} \quad (4.9.)$$

$$\tau_M = \pm \frac{1}{2} \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2} \quad (4.10.)$$

Schematic stările de tensiune sînt reprezentate de situațiile fig.4.5.

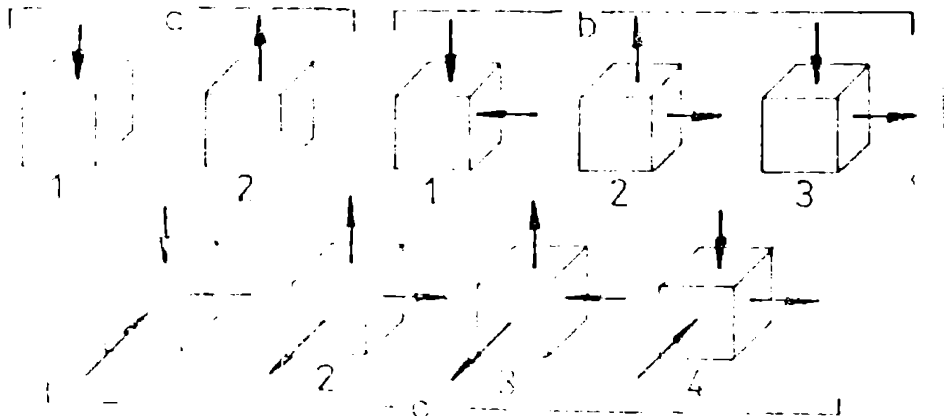


Fig. 4.5 : Schema stărilor de tensiune.



- a) Stări de tensiune lineare
  - 1. compresiune
  - 2. întindere
- b) Stări de tensiune plane
  - 1,2 - de acelaș semn
  - 3 - de semn contrar
- c) Stări de tensiune spațiale (volumice)
  - 1,2 - cu acelaș semn
  - 3,4 - cu semne contrare

Determinarea tensiunilor într-un corp supus deformării se poate face din condiția de echilibru pentru un paralelipiped elementar cu laturile  $dx$ ,  $dy$  și  $dz$ , la care se înregistrează diferențe ale eforturilor unitare normale și tangențiale conform fig.4.6.

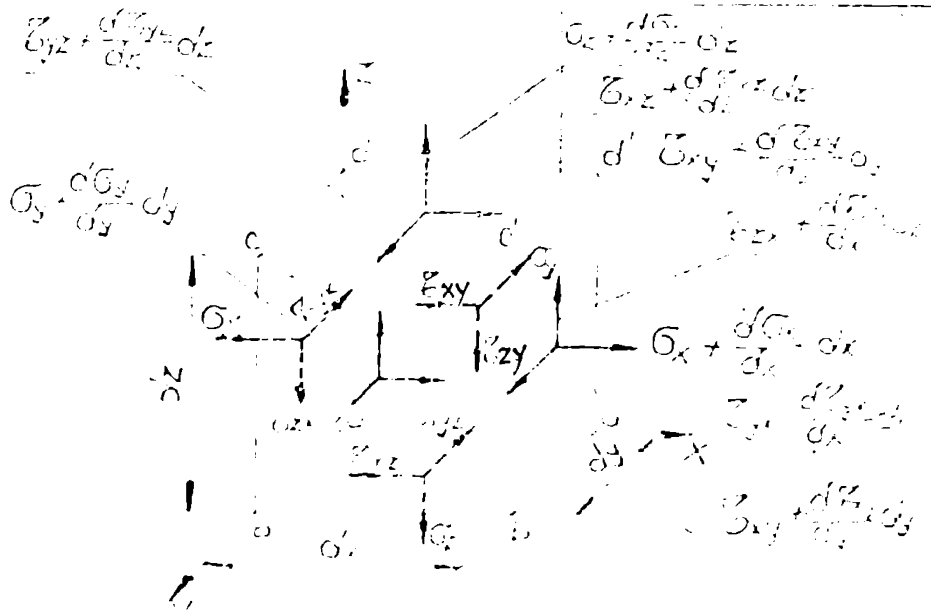


Fig. 4.6 : Valoarea tensiunilor asupra unui cub elementar dintr-un corp supus acțiunii forțelor exterioare.

Punctul c' este caracterizat de: tensorul:

$$\bar{T}_{\sigma_c} = \begin{vmatrix} (\sigma_x + \frac{d\sigma_x}{dx} dx) & (\tau_{xy} + \frac{d\tau_{xy}}{dy} dy) & (\tau_{xz} + \frac{d\tau_{xz}}{dz} dz) \\ (\tau_{yx} + \frac{d\tau_{yx}}{dx} dx) & (\sigma_y + \frac{d\sigma_y}{dy} dy) & (\tau_{yz} + \frac{d\tau_{yz}}{dz} dz) \\ (\tau_{zx} + \frac{d\tau_{zx}}{dx} dx) & (\tau_{zy} + \frac{d\tau_{zy}}{dy} dy) & (\sigma_z + \frac{d\sigma_z}{dz} dz) \end{vmatrix} \quad (4.11)$$

...//...

Din condițiile de echilibru rezultă :

$$\left\{ \begin{array}{l} \left( \sigma_x + \frac{d\sigma_x}{dx} dx \right) dy \cdot dz - \sigma_x \cdot dx \cdot dz + \left( \tau_{xy} + \frac{d\tau_{xy}}{dy} dy \right) dx \cdot dz \\ - \tau_{xy} \cdot dx \cdot dz + \left( \tau_{xz} + \frac{d\tau_{xz}}{dz} dz \right) dx \cdot dy - \tau_{xz} \cdot dx \cdot dy = 0 \\ \\ \left( \tau_{yx} + \frac{d\tau_{yx}}{dx} dx \right) dy \cdot dz - \tau_{yx} \cdot dy \cdot dz + \left( \sigma_y + \frac{d\sigma_y}{dy} dy \right) dx \cdot dz \\ - \sigma_y \cdot dx \cdot dz + \left( \tau_{yz} + \frac{d\tau_{yz}}{dz} dz \right) dx \cdot dy - \tau_{yz} \cdot dx \cdot dy = 0 \\ \\ \left( \tau_{zx} + \frac{d\tau_{zx}}{dx} dx \right) dy \cdot dz - \tau_{zx} \cdot dy \cdot dz + \left( \tau_{zy} + \frac{d\tau_{zy}}{dy} dy \right) dx \cdot dz \\ - \tau_{zy} \cdot dx \cdot dz + \left( \sigma_z + \frac{d\sigma_z}{dz} dz \right) dx \cdot dy - \sigma_z \cdot dx \cdot dy = 0 \end{array} \right. \quad (4.12)$$

din care prin reduceri și transformări se obține sistemul ecuațiilor diferențiale de echilibru :

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{d\sigma_x}{dx} + \frac{d\tau_{xy}}{dy} + \frac{d\tau_{xz}}{dz} = 0 \\ \frac{d\tau_{yx}}{dx} + \frac{d\sigma_y}{dy} + \frac{d\tau_{yz}}{dz} = 0 \\ \frac{d\tau_{zx}}{dx} + \frac{d\tau_{zy}}{dy} + \frac{d\sigma_z}{dz} = 0 \end{array} \right. \quad (4.13)$$

cu caracter general.

Sistemul conține trei ecuații și șase necunoscute insuficient pentru determinarea tuturor elementelor. Pentru deducerea tuturor necunoscutelor se folosesc și ecuațiile deduse din condițiile de plasticitate :

- condiția de plasticitate Huber-Mises exprimată prin

...//...

relațiile :

$$\frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2} = \sigma_c \quad (4.14)$$

$$(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2 = 2\sigma_c^2, \quad (4.15)$$

în care  $\sigma_c$  este tensiune reală în secțiune în raport cu gradul de ecruiare;

- condiția energetică (constanța energiei specifice de modificare a forței exprimată prin relațiile

$$\tau_{oct} = \frac{\sqrt{2}}{3} \sigma_c = 0,47 \sigma_c, \quad (4.16)$$

$$\tau_1^2 + \tau_2^2 + \tau_3^2 = \frac{1}{2} \sigma_c^2. \quad (4.17)$$

Ca formulă mai generală între tensiunile extreme se poate scrie următoarea relație :

$$\sigma_{max} - \sigma_{min} = \beta \sigma_c \quad (4.18)$$

unde  $\beta$  poate avea valori cuprinse între 1 ÷ 1,165;

- condiția de plasticitate Tresca - Saint Venant (presupunem  $\beta = 1$ )

$$\sigma_1 - \sigma_2 = \sigma_c = 2\tau_{max},$$

$$\tau_{max} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} = ct. \quad (4.19)$$

Deci starea plastică apare atunci când tensiunea tangențială maximă ajunge la o mărime constantă, respectiv când este îndeplinită una din condițiile :

$$\begin{aligned} \sigma_1 - \sigma_2 &= \pm \sigma_c ; & \tau_1 &= \pm \frac{1}{2} \sigma_c \\ \sigma_2 - \sigma_3 &= \pm \sigma_c ; & \tau_2 &= \pm \frac{1}{2} \sigma_c \\ \sigma_3 - \sigma_1 &= \pm \sigma_c ; & \tau_3 &= \pm \frac{1}{2} \sigma_c \end{aligned} \quad (4.20)$$

...//...

#### 4.1.2. Stări de deformare a metalelor

Odată cu acțiunea forțelor și apariția tensiunilor într-un corp, acesta începe să se deformeze. În raport cu mărimea forțelor deformarea este elastică sau elasto-plastică.

Deformația pur elastică există până atunci când deplasarea atomilor nu atinge ordinul de mărime al distanței dintre atomii vecini. Într-o astfel de stare orice încetare a acțiunii forțelor exterioare conduce la revenirea totală, de formă, a corpului. Echilibrul stabil al atomilor se regăsește pentru o energie potențială minimă în corpul considerat. Deplasarea atomilor din poziția de echilibru stabil crește energia potențială acumulată în corp.

Deformarea plastică se produce atunci când atomii ajung în poziții relative noi de echilibru stabil. Aceste poziții sînt multipli ai distanțelor atomice din rețeaua cristalină. După încetarea forței exterioare, în condițiile unor astfel de deformații, volumul corpului nu mai revine decât în limitele în care atomii și-au regăsit poziția de echilibru. În noua situație, restul deplasării se manifestă ca deformare permanentă.

Deformarea grăunțelor cristaline [13, 28, 32, 42, 76] se produce prin alunecare sau prin naclare. Naclarea este un fenomen specific deformațiilor în volum și deci la decupare nu se evidențiază.

Pentru un volum elementar (fig.4.7.) cu laturile  $dx$ ,  $dy$ ,  $dz$  conform legii lui Cauchy se produc lungirile specifice :

$$\left. \begin{aligned} \epsilon_x &= \frac{\sigma U_x}{\sigma} \\ \epsilon_y &= \frac{\sigma U_y}{\sigma} \\ \epsilon_z &= \frac{\sigma U_z}{\sigma} \end{aligned} \right\} \quad (4.21)$$

..//..

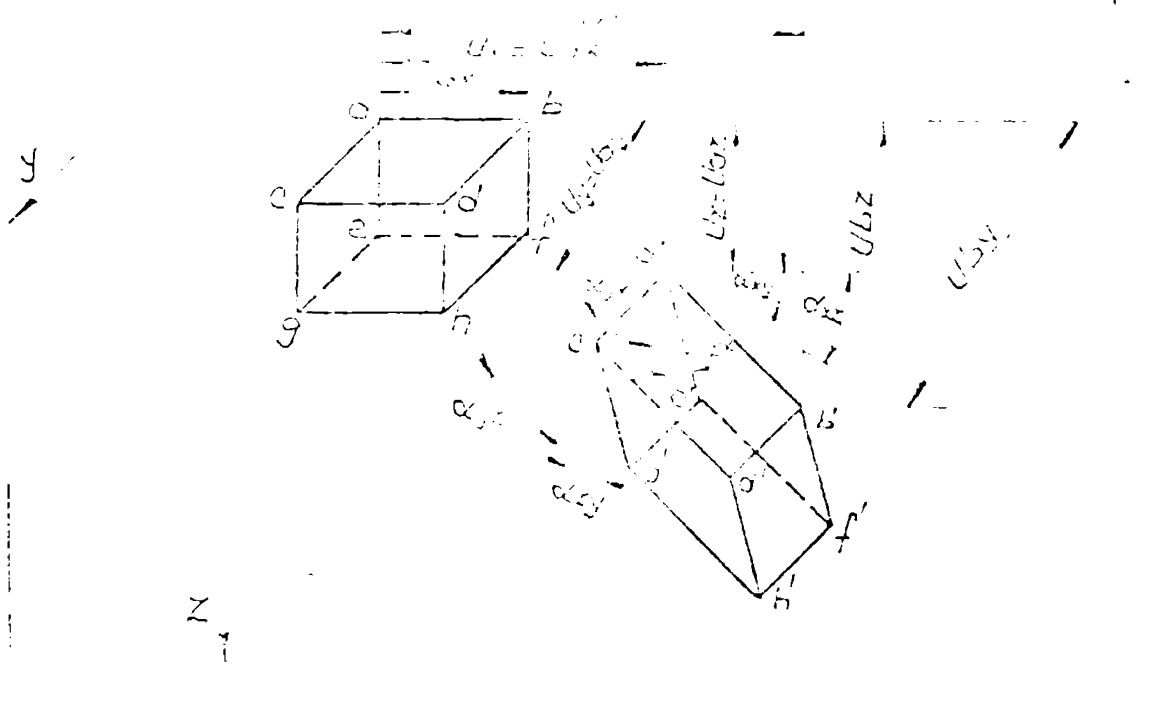


fig. 4.7: Deformarea și luncarea volumului elementar și luncările specifice :

$$\left. \begin{aligned} \gamma_{xy} &= \alpha_{xy} + \alpha_{yx} = \frac{\partial U_x}{\partial y} + \frac{\partial U_y}{\partial x} \\ \gamma_{yz} &= \alpha_{yz} + \alpha_{zy} = \frac{\partial U_y}{\partial z} + \frac{\partial U_z}{\partial y} \\ \gamma_{zx} &= \alpha_{zx} + \alpha_{xz} = \frac{\partial U_z}{\partial x} + \frac{\partial U_x}{\partial z} \end{aligned} \right\} \quad (4.22)$$

în care s-a considerat  $\text{tg } \alpha = \alpha$  unghiurile avînd valori foarte mici.

Aceste expresii definesc starea de deformare în jurul unui punct.

Deformarea pură este caracterizată și se poate evidenția prin tensorul

$$\bar{\epsilon} = \begin{vmatrix} \epsilon_x & \gamma_z & \gamma_y \\ \gamma_z & \epsilon_y & \gamma_x \\ \gamma_y & \gamma_x & \epsilon_z \end{vmatrix} \quad (4.23)$$

Cînd nu are loc alunecare  $\gamma_x = \gamma_y = \gamma_z = 0$  și rezultă :

...//...

$$\overline{\epsilon} = \begin{vmatrix} \epsilon_x & 0 & 0 \\ 0 & \epsilon_y & 0 \\ 0 & 0 & \epsilon_z \end{vmatrix} \quad (4.24)$$

În cazul când nu se produc deformații dar se schimbă poziția relativă a cristalelor are loc o rotație determinată de un vector ale cărui mărimi scalare sînt :

$$\rho_x = \frac{1}{2} \left( \frac{\delta U_y}{\delta z} - \frac{\delta U_z}{\delta y} \right) \quad (4.25)$$

$$\rho_y = \frac{1}{2} \left( \frac{\delta U_z}{\delta x} - \frac{\delta U_x}{\delta z} \right)$$

$$\rho_z = \frac{1}{2} \left( \frac{\delta U_x}{\delta y} - \frac{\delta U_y}{\delta x} \right)$$

Prin urmare o deformare cristalografică  $\sigma$  se poate compune din : o alungire  $\epsilon$  , o alunecare  $\gamma$  și o rotație  $\rho$  .

Corpurile cristaline nu sînt monocristale decît la volume relativ mici și cu măsuri deosebite la cristalizare. Corpurile reale sînt policristale la care deformația totală constituie o însumare a deformațiilor suferite de fiecare grăunte

și care, la rîndul lor depind de pozițiile relative ale acestora.

Din cercetările foarte laborioase ale multor cercetători, s-a dedus că stările de deformare pot fi numai următoarele (conform fig.4.8) :

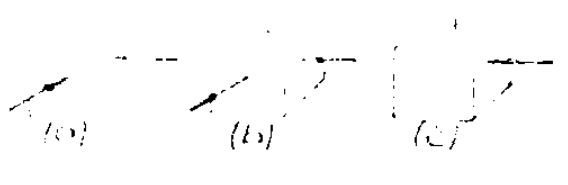


fig. 4.8: Schema stărilor de deformare.

- a) - o deformare pozitivă și două negative;
- b) - o deformare negativă și două pozitive;
- c) - o deformare egală cu zero iar celelalte două egale în valoare absolută și de sens contrar.

### 4.1.3. Linii de alunecare

În conformitate cu [ 22, 32, 42, 76 ] liniile de alunecare constituie direcțiile după care acționează eforturile principale unitare tangențiale.

Componentele eforturilor unitare în raport cu sistemul de axe  $x, y$ , conform fig. 4.9 se exprimă prin relațiile :

$$\sigma_x = \sigma + k \cdot \sin 2\alpha \quad (4.26)$$

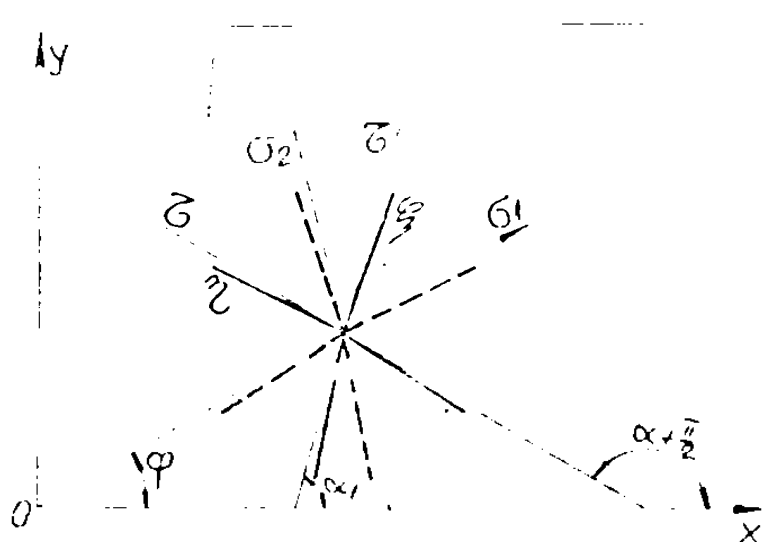
$$\sigma_y = \sigma - k \cdot \sin 2\alpha \quad (4.27)$$

$$\tau = -k \cdot \cos 2\alpha \quad (4.28)$$

unde :

$$\sigma = \sigma_{\text{med}} = \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \quad (4.29)$$

Ecuațiile diferențiale ale liniilor de alunecare sînt :



$$\left(\frac{dy}{dx}\right)_1 = \operatorname{tg} \alpha \quad (4.30)$$

$$\left(\frac{dy}{dx}\right)_2 = -\operatorname{ctg} \alpha \quad (4.31)$$

și ele sînt aceleași cu cele ce se deduc din ecuațiile diferențiale de echilibru [ 13, 42, 76 ].

În acest fel, pentru stabilirea direcției liniilor de alunecare este

fig. 4.9: Formarea liniilor de alunecare.

suficient să se determine caracteristicile ecuațiilor diferențiale de echilibru iar dacă se cunosc direcțiile liniilor de alunecare, cu ajutorul ecuațiilor de echilibru, se pot determina eforturile unitare în lungul liniilor respective.

Linii de alunecare pot fi drepte, circulare, cicloide, spirale, etc.

...//...

#### 4.2. Starea de tensiune și de deformare ce apare la decuparea fină.

Procedul de decupare fină (prezentat în § 2.1.1), deși se practică și se extinde în multe domenii, se bazează mai mult pe o analogie cu decuparea clasică și pe rezultatele practice obținute de diferiți fabricanți de utilaje și matrițe. Lipsa de elemente științifice în acest domeniu face ca extinderea procedurii să fie frînată de restricțiile pe care le impune lipsa de date certe și suficiente.

De la început trebuie reținut faptul că există elemente confirmate de practica internațională, incontestabile în orice încercare de a elucidă în continuare bazele teoretice ale decupării fine, dintre care se pot evidenția următoarele :

- Există multe aspecte de analogie între decuparea fină și cea clasică atât ca mod de lucru, ca așezare de scule cât și de utilaj.

- Jocul între mandrină și placa tăietoare constituie un element important și în prezent se recomandă ca acesta să fie cât mai mic.

- Necesitatea existenței ghearei de reținere și a contra-presiunii.

- Practicarea unei viteze de lucru mult mai reduse față de decuparea clasică.

Ținând de la aceste criterii, ținând seama de patrimoniul de cunoștințe și explicații teoretice a deformării plastice în general și a decupării clasice în special, precum și de observațiile și determinările în cursul studinului și experimentărilor, în scopul elaborării prezentei lucrări, se va urmări în continuare să se analizeze cu maximum de discernământ fenomenul în intimitatea sa și să se formuleze relațiile caracteristice lui, în mod adoptiv, critic sau determinant compus de autor.

##### 4.2.1. Starea de tensiune

În scopul caracterizării stării de tensiune și a deformațiilor care apar la decuparea fină poate fi luat cazul cel mai general în care o piesă circulară este supusă decupării.

În timpul executării decupării acționează :



- gheara ( pe o parte sau pe ambele părți) pentru fixarea materialului;

- poansonul de contrapresiune 4, (fig.4.10);

- poansonul de decupare 2 și placa de tăiere 1.

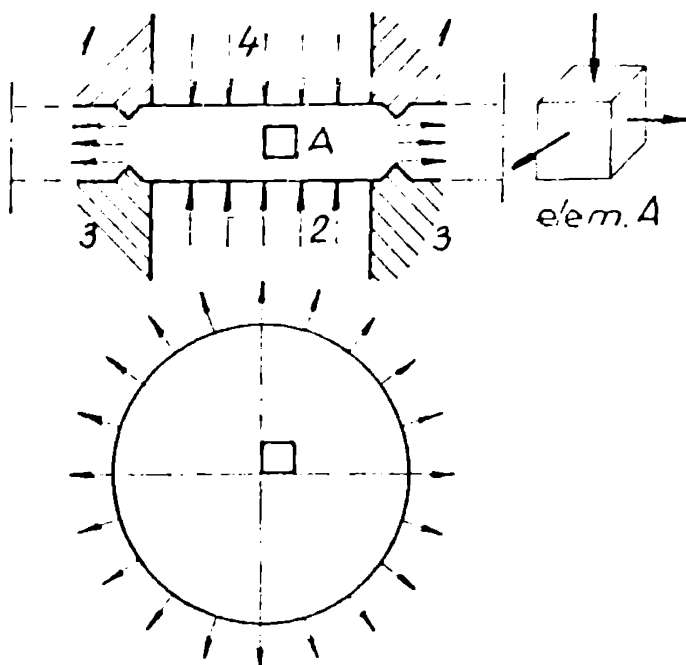


fig. 4.10 : Starea de solicitare în cazul decupării fine a unei piese de formă disc.

Intr-o astfel de situație cubul elementar A este solicitat pe toate cele trei direcții x, y, z. Cazul C/4 fig. 4.5 § 4.1.1.

Din [ 13, 24, 41, 46, 63 ș.a. ] se cunoaște că decuparea clasică este caracterizată prin tipul de solicitare bidimensională.

Se remarcă deci că între cele două procedee de decupare, obișnuit și de precizie, există o deosebire esențială privind starea de tensiune.

Acest mod de solici-

tare situează decuparea fină în domeniul cel mai favorabil de deformare plastică și prin urmare, într-o asemenea situație, calculul eforturilor unitare urmează relațiile determinate pentru solicitarea volumică expuse deja în § 4.1.1.

Pentru a se putea ajunge la o decupare fină corespunzătoare din punct de vedere calitativ și energetic este necesar să se asigure condițiile cele mai favorabile de plasticitate.

Din lucrările [ 13, 32, 41, 76 ș.a. ] se evidențiază pentru stări tridimensionale de solicitare următoarele ipoteze de plasticitate, confirmate de literatura de specialitate și de practica internațională, drept cele mai apropiate de realitate :

4.2.1.1. Condiția de plasticitate Huber-Mises energetică potrivit căreia starea de plasticitate în orice punct al

corpului supus sollicitării, apare și se menține dacă în unitatea de volum a materialului se acumulează o cantitate de energie potențială de modificare a formei determinată de relația :

$$W_f = \frac{1+\mu}{6E} [(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2] \quad (4.32)$$

în care  $\mu$  este coeficientul lui Poisson,

$E$  - modulul de elasticitate al materialului.

Din relația 
$$W_f = \frac{1+\mu}{6E} 2 \sigma_c^2 \quad (4.33)$$

pentru compresiune simplă  $\sigma_1 = \sigma_2 = 0$  și  $\sigma_3 = \sigma_c$

rezultă : 
$$(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2 = 2 \sigma_c^2 \quad (4.34)$$

în care  $\sigma_c$  este considerat ca limită de curgere reală (forța raportată la aria reală a secțiunii transversale în condițiile sollicitării liniare).

Tensiunea  $\sigma_c$  nu este o mărime constantă, ci depinde de condițiile în care decurge deformarea (temperatură, viteză de deformare, grad de deformare). Practic,  $\sigma_c$  se va impune pe baza curbelor tensiunilor reale (curbele de ecrusare).

Conform [13, 32]  $\sigma_{real}$  poate fi dedus din relația :

$$\sigma_{real} = c \cdot \psi^n \quad (4.35)$$

în care

$$c = \frac{\sigma_g}{\psi_g^n}$$

iar  $\psi = \psi_g$  și  $\sigma_{real} = \sigma_g$  pentru momentul începerii gîturii. Astfel se obține, în cazul gîturii la întindere, pentru

$$\sigma_{real} = \frac{\sigma_g}{\psi_g^n} \cdot \psi^n$$

În această relație : (4.36)

$$n = \frac{\psi_g}{1 - \psi_g} \quad \text{iar} \quad \psi = \frac{A_0 - A}{A_0}$$

Exprimarea condiției de plasticitate Huber Mises se

..//..

poate face și cu următoarele relații determinate tot pe baza teoriei deformării plastice.

$$\tau_1^2 + \tau_2^2 + \tau_3^2 = \frac{1}{2} \sigma_c \quad (4.37)$$

În cazul  $\sigma_1 = \sigma_2$  sau  $\sigma_2 = \sigma_3$  relația (4.34) devine:

$$\sigma_1 - \sigma_3 = \beta \sigma_c, \quad (4.38)$$

sau în general :  $\sigma_{\max} - \sigma_{\min} = \beta \sigma_c, \quad (4.39)$

cu următoarele valori limită :

$\beta = 1$                       când  $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3$   
 $\beta = 1,155$  ,    pentru cazul când una din tensiuni  
este egală cu

$$\frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2} .$$

#### 4.2.1.2. Condiția de plasticitate Tresca-Saint-Venant

Presupune constanța eforturilor unitare tangențiale maxime

$$\tau_{1,2} = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} ; \quad \tau_{2,3} = \frac{\sigma_2 - \sigma_3}{2} ; \quad \tau_{3,1} = \frac{\sigma_3 - \sigma_1}{2} \quad (4.40)$$

rezultă :

$$\tau_{\max} = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} = ct ; \quad (4.41)$$

$$\sigma_1 - \sigma_2 = \sigma_c = 2 \tau_{\max} , \quad \text{dacă } \beta = 1 \quad (4.42)$$

$$\tau_1 = \pm \frac{1}{2} \sigma_c ; \quad \tau_2 = \pm \frac{1}{2} \sigma_c ; \quad \tau_3 = \pm \frac{1}{2} \sigma_c . \quad (4.43)$$

Verificările experimentale au condus la concluzia că cele două ipoteze coincid pentru cazurile de stare liniară de tensiuni, când două tensiuni normale principale sînt egale algebric și când există o stare plană de tensiuni iar acestea sînt egale algebric. În rest există diferențe de pînă la 15 %. Condiția energetică a plasticității a fost însă confirmată pentru toate situațiile de solicitare și se va lua ca bază la fundamentarea procesului de decupare fină.

#### 4.2.2. Starea de deformare

Pentru analiza deformațiilor care apar la decuparea fină se consideră cazul cel mai simplu, prezentat și la § 4.2.1 și anume o piesă plană circulară. Mecanismul decupării, în

..//..

condițiile expuse la § 2.1.1. este reprezentat în fig.4.11.1 și 4.11.2.

Preluând numerotarea din fig. 2.4. a componentelor ștanței, în fig. 4.11 a și 4.11 b este prezentată o succesiune,

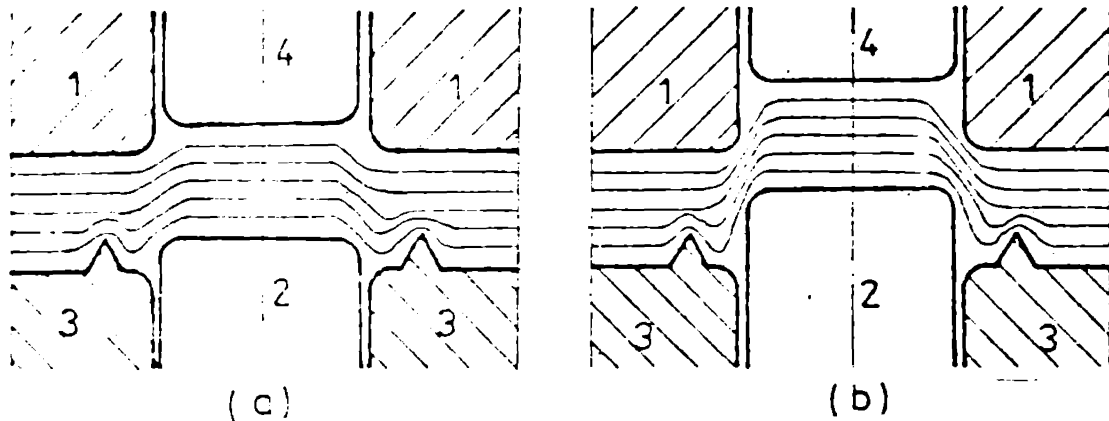


fig.4.11.1 : Faze succesive în procesul de decupare fină și deformarea straturilor în zona de tăiere.

la interval de  $\frac{1}{3}$  s, a procesului de decupare fină în care se fac următoarele presupuneri :

- nu se produce o încovoiere a materialului datorită jocului foarte redus și a forței contrapansonului 4;
- materialul nu se deplasează în lungul straturilor fiind fixat de gheara de reținere;
- zona afectată de deformare este relativ restrânsă în jurul dreptei ce unește muchiile tăietoare ale poansonului 2 și plăcii de decupare 1.

La studiul stării de deformare pentru decuparea fină se are în vedere legea constanței volumului  $V_d = V_f$ , care este valabilă pentru toate cazurile de deformare plastică a metalelor ( a se vedea și § 4.1.2).

Un element de volum (de formă paralelipipedică) din zona de decupare, sub acțiunea forțelor exterioare se va deforma și își va schimba poziția. Tot astfel apare deformații liniare ale laturilor paralelipipedului, deformații unghiulare, între diferitele muchii precum și rotații față de poziția inițială.

La decuparea fină, se observă că toate schimbările ce se manifestă se pot reduce, fără erori importante, la deformații

..//..

în planul vertical. Prin urmare analiza stării de deformare la decuparea de precizie este, de fapt, o analiză a deformării plane (fig.4.12).

În aceste condiții din relațiile prezentate la § 4.2.1, pentru decuparea fină rămân valabile următoarele :



fig.4.11.2 :

Secțiune în zona de tăiere după o decupare incompletă.

- pentru lungiri specifice

$$\epsilon_x = \frac{\delta U_x}{\delta x},$$

$$\epsilon_y = \frac{\delta U_y}{\delta y},$$

- pentru alunecare specifică

$$\gamma_{xy} = \frac{\delta U_x}{\delta x} + \frac{\delta U_y}{\delta y},$$

- deformația de volum

$$\epsilon = \epsilon_x + \epsilon_y = \frac{\delta U_x}{\delta x} + \frac{\delta U_y}{\delta y}, \quad (4.44)$$

În final se ajunge la concluzie că la decuparea fină apare o deformare plană a cărei schemă corespunde cu aceea reprezentată în fig. 4.8.c.

#### 4.5. Factorii care influențează direct și indirect decuparea de precizie.

La 4.2. s-au făcut referiri la stadiul de cunoaștere și la o serie de factori care influențează procedeul de decupare

..//..

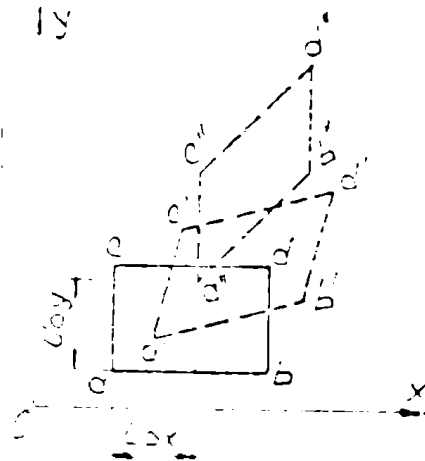


fig.4.12: Deformarea succesivă a elementului de suprafață.

ființă. Dintre acestea se evidențiază ca o necesitate de a se studia și aprofunda în continuare următorii :

- Starea cea mai favorabilă de plasticitate a materialului prelucrat, condițiile și metodele de obținere a acesteia;

- Forțele rezistente ce apar în timpul decupării și forțele necesare a se aplica pentru realizarea în condiții sigure a decupării fine.

- Regimul de tăiere determinat de viteza de decupare, temperatura, jocul între poanson și placă tăietoare, pretenționare, etc.

- Sculele : construcție, particularități în raport cu specificul piesei decupate și cu tipul de utilaj folosit.

- Calitățile mecanice ale materialelor metalice și influența lor asupra decupării fine.

#### 4.4. Forțele necesare a se aplica pentru decuparea de precizie

Elementele care determină forțele necesare în procedeul de decupare fină se pot împărți în două grupe principale și anume :

- Forțele rezistente ale materialului supus decupării cu toate implicațiile și transformările ce survin în timpul procesului;

- Forțele rezultante ce apar fie ca elemente artificial introduse pentru a crea condițiile desfășurării procesului fie ca elemente reale imposibil de înlăturat.

Indiferent de modul cum apar elementele de rezistență, pentru realizarea decupării de precizie sînt necesare a se crea următoarele forțe distincte de acțiune [ 13, 27, 33,66 ]:

- forța principală pentru decupare -  $P_d$ ;

- forța pentru imprimarea ghearei de fixare în material

-  $P_g$ ;

- forța de contracțiune -  $P_c$ .

Forța totală necesară procesului și condiția de realizare a decupării de precizie va avea expresia :

$$P_{tot} = P_d + P_g + P_c > \sum P_{rezist.} \quad (4.45)$$

#### 4.4.1. Analiza forțelor rezistente ce intervin în procesul de decupare fină

Principala forță rezistentă în procesul de decupare este opoziția la deformare a materialului supus detașării. Pentru determinarea acesteia trebuie să se cunoscă mărimea și distribuția tensiunilor pe suprafața de referință a corpului ce se deformează.

Expresia generală a forței de deformare [13, 76] este

$$P = \iint_A \sigma_n \cdot dA \quad (4.46)$$

în care  $\sigma_n$  este tensiunea normală pe suprafața de contact A. În cazul decupării are loc o forfecare a materialului după schema fig.4.13. La început se produce o deformare plastică a cristalelor în zona de forfecare. Această zonă conform [63] are o lățime  $j + \frac{2}{3} y$ . Creșterea forței rezistente pe măsura pătrunderii poansonului în material are forma curbelor din fig.4.14 dependent și de calitățile materialului prelucrat.

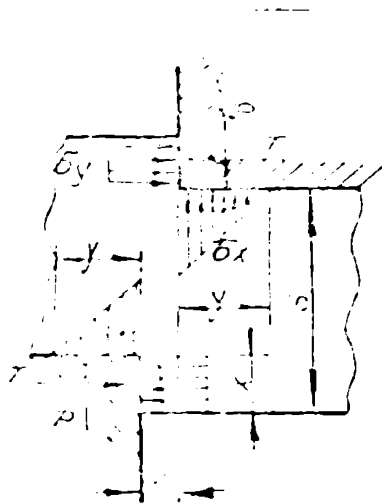


fig.4.13: Schema procesului de forfecare a materialului în zona decupării.

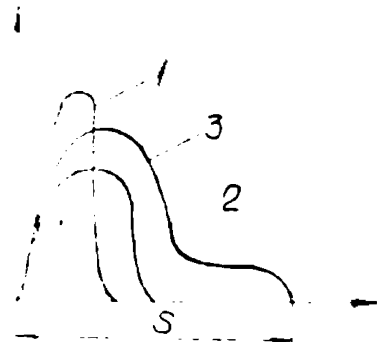


fig.4.14: Diagrama ale forței rezistente.

În general se remarcă o creștere a forței până la o anumită valoare maximă, care pentru materiale obișnuite corespunde la o pătrundere de 5 ÷ 8 % din grosimea materialului și apoi scade brusc sau treptat. Curbele 1 și 2 presupun ruperi pe parcursul deplasării poansonului. Ele ca-

caracterizează materialele fragile și decuparea convențională. Curba de tipul 3 se poate întâlni și în cazul decupării clasice pentru materiale foarte tenace și jocuri mari dar ea se obține, ca desfișurare de bază, la decuparea de precizie, chiar în cazul materialelor mai dure, respectiv friabile.

Creșterea forței, în cazul în care se ajunge în domeniul plastic, este influențată de mai mulți factori :

Conform [97] caracteristicile mecanice  $\sigma_r, \epsilon_r, \psi_r$

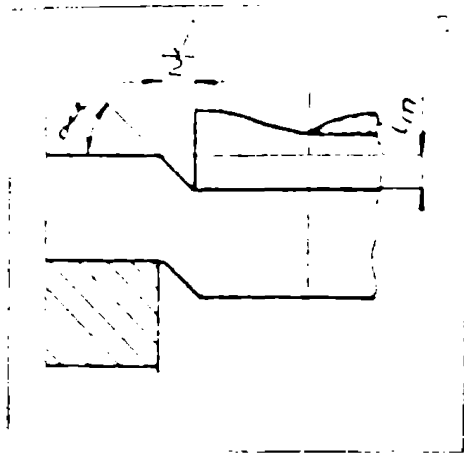


fig.4.15 : Schemă de deformare la începutul acționării forței.

unde  $\delta$  este alungirea relativă la rupere în %, iar deformația unghiulară

$$\gamma = \arctg \frac{2 \cdot j_m}{j} \quad [\text{rad}] \quad (4.50)$$

real = alungirea reală în momentul rupei în unități relative.

$$n = \ln \frac{1}{1 - \psi_r} \quad (4.51)$$

O altă influență importantă asupra lui  $Z$  se datorează ecruisării ce are loc odată cu pătrunderea poansonului în material după ce s-a depășit limita elastică. La începutul deformării creșterea tensiunii datorată ecruisării este mai mare decât scăderea secțiunii supuse perfecării, iar valoarea forței crește. Ulterior efectul ecruisării scade iar influența scăderii secțiunii devine importantă și deci faza, în care trebuie să se aibă în vedere efectul ecruisării este aceia de început de proces și se exprimă prin relația

$$Z'_{\text{real}} = K_e \cdot Z_{\text{real}} \quad (4.52)$$

în care  $K_e$  se poate alege din graficul fig.4.16 în funcție



$$\text{de } \Psi_{\text{conc}} = \frac{A_n - A_f}{A_n} \quad (4.53)$$

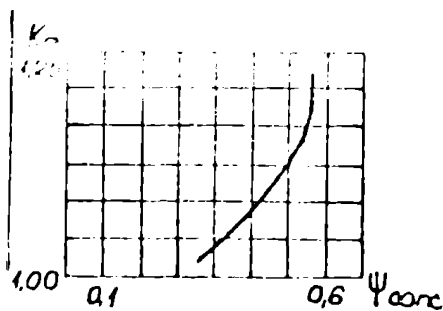


fig.4.16 : Diagramă pt. alegerea factorului \$K\_0\$

Tot ca influențe importante se evidențiază și frecările ce au loc între piesa decupată și deschiderea plăcii active cât și între poanson și semifabricat sau deșeu. În general această influență se poate exprima prin

$$Z_c = Z'_{\text{real}} + Z_f \quad (4.54)$$

Pentru decuparea de precizie creșterea lui \$Z\$ este mai importantă decât la decuparea obișnuită datorită jocurilor mai mici, a presiunilor crescute pe suprafețele de contur ale poansonelor și plăcilor tăietoare.

În afară de factorii enumerați mai înainte se mai produc și următoarele influențe asupra valorii forței rezistente la forfecare în timpul decupării :

- grosimea materialului, pe măsură ce aceasta crește contribuie la îmbunătățirea alunecării. Pentru grosimi de material mai mici de 0,3 mm., nu se mai justifică practic decuparea fină;

- Forma conturului (dacă materialul de decupat are profil geometric regulat, asigură tensiuni uniforme - orice schimbări de raze sau unghiuri schimbă valorile tensiunii la forfecare);

- viteza de deformare influențează conform § 4.5 ;

- starea părților active ale sculelor ;

- ungerea contribuie cu 3-6 % la scăderea forței totale de decupare;

Toate aceste influențe în practică se încadrează într-un coef. \$K = 1,1 + 1,3\$ astfel că forța principală pentru decupare se poate exprima în general în relația

$$P_d = K \cdot A \cdot Z_0 \quad (4.55)$$

Se poate asimila \$K \cdot Z\_0 \approx \sigma\_f\$ și ținând cont de adâncimea \$t'\$ de pătrundere a poansonului în momentul atingerii forței maxime, expresia forței principale de decupare devine(29)

$$P_{d \max} = l_s \cdot s \left(1 - \frac{t'}{s}\right) \sigma_r \quad (\text{daN}) \quad (4.56)$$

Din aceasta se vede că factorul  $\left(1 - \frac{t'}{s}\right) \sigma_r$  care exprime

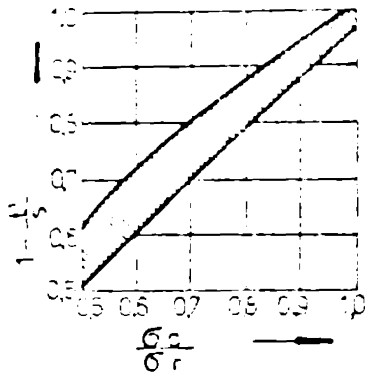


Fig.4.17: Diagramă pentru alegerea factorului  $1 - \frac{t'}{s}$

mă rezistența reală la forfecare, scade pe măsura folosirii materialelor deformabile și tinde spre  $\sigma_r$  când materialele sînt greu deformabile. Valoarea  $1 - \frac{t'}{s}$  se poate alege din diagrama fig. 4.17 în funcție de raportul dintre  $\sigma_c$  și  $\sigma_r$  pentru materialul decupat.

Presiunea hidrostatică ce se creează, în cazul decupării fine are influențe neglijabile asupra rezistenței la forfecare. Ea contribuie cel mai mult la obținerea calității superioare a suprafețelor decupate.

#### 4.4.2. Forțe care însoțesc procesul decupării de precizie

Forțele pentru fixarea laterală a materialului și pentru contrapresiune au un rol ajutător în procesul de decupare fină. Ele constituie consumuri energetice suplimentare și contribuie numai la efectele calitative ale procedurii. Fixarea pe contur creează într-adevăr condiția de solicitare volumică respectiv cea mai favorabilă, pentru o alunecare continuă a straturilor de material supus deformării și ca urmare se obțin piese cu contur avînd rugozitate mică. Incercările experimentale ce s-au făcut în cadrul prezentei lucrări, au demonstrat că nu numai jocul mic determină finețea conturului dar, dacă s-au creat condiții de tensiune tridimensională chiar și la jocuri relativ mari s-au obținut rugozități mici ale suprafețelor pieselor decupate (v § 5.4.4.). De valoarea jocului depinde în cea mai mare măsură precizia geometrică a piesei.

În paragrafele 2.1 și 2.2 sînt prezentate unele soluții, folosite pînă în prezent, pentru blocarea pe contur a mate-

rialului supus decupării. Dintre toate cea mai eficientă este aceea în care fixarea se face cu ajutorul unei nervuri ce se imprimă în material. Luând în considerație acest caz și parametri din fig.2.5 pentru gheara de fixare, forța necesară pentru imprimare se poate calcula cu expresia

$$P_g = K_p \cdot l_g \cdot h \quad (\text{daN}), \quad (4.57)$$

în care  $K_p$  constituie o rezistență la pătrunderea ghearei în material în ( $\text{daN/mm}^2$ );

$l_g$  - lungimea în mm. a conturului ghearei de fixare, considerată la vârful proeminenței.

Din tabele sau din diagrame se poate determina  $K_p$  în funcție de  $h$  [33].

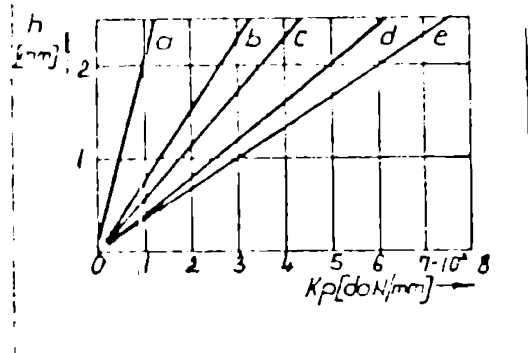


fig.:4.18: Variația rezistenței la pătrunderea ghearei în funcție de materialul țesei.

În fig.4.18 se prezintă variația forței specifice de presare necesară la imprimare, ( $K_p$ ). Valorile corespund pentru gheara cu  $\alpha = 75^\circ$ , astfel:

- a - aluminiu pur (99,5%)
- b - cupru electrolitic mcale
- c - AlMgSi - semidur;
- d - oțeluri aliate de cimentare;
- e - oțeluri inoxidabile.

Din datele experimentale conform [33] se poate considera  $K_p = 4\sigma$  în care caz expresia forței devine mai practică.

presia forței devine mai practică.

$P_g = 4\sigma \cdot l_g \cdot h$  în care  $\sigma$  se introduce în ( $\text{daN/mm}^2$ ). Această relație se aplică numai pentru unghiul la vîrf al ghearei egal cu  $75^\circ$ . Creșterea unghiului la vîrf conduce la creșterea substanțială a lui  $P_g$ . Pentru o valoare a acestuia de cea  $105^\circ$ , s-a dedus experimental că  $P_g$  se dublează. O scădere sub valoarea de  $75^\circ$  este desavantajoasă pentru gheară fiind posibilă deformarea ei din cauza solicitării peste limita de rezistență. Stabilim deci ca optimă, pentru unghiul la vîrf, valoarea de  $75^\circ$ .

Asupra adaptării înălțimii  $h$  a nervurii de fixare și a

distanței acesteia pînă la conturul decupat s-au făcut referiri, pe baza empirice, în § 2.1.1. Determinarea analitică din [63] conduce la următoarea relație :

$$h < \frac{\mu \cdot \sigma_n \cdot s}{\sigma_0 + \mu \sigma_n} , \quad (4.59)$$

în care dacă se consideră că  $\sigma_n \approx \sigma_r$ ;  $\sigma_0 \approx \sigma_r$  și  $\mu = 0,15$  se ajunge la condiția  $h = 0,1s$ .

În realitate valoarea lui  $h$  se recomandă [63] a se lua (0,1 + 0,2) s, sau chiar mai mare.

Pentru ca randamentul procedurii să fie mai ridicat, la presele pentru decupare fină realizate în RSR, s-a prevăzut și posibilitatea, ca după imprimarea propriuzisă a ghearei să se reducă presiunea în cilindrul hidraulic care realizează forța  $P_g$  astfel că în restul procesului valoarea respectivei forțe să se situeze cu puțin peste limitele necesare pentru a se manifesta efectul de reținere și implicit solicitarea tridimensională a materialului. În acest fel se obțin deasemenea suprafețe decupate fin.

La materiale groase se recomandă utilizarea de gheare de reținere pe ambele fețe ale piesei. În asemenea cazuri, în calcule, se va considera forța cea mai mare dintre cele două determinate independent.

Unii cercetători au propus să se practice gheara și pe poanscanele de contrapresiune în cazul unor decupaje în interiorul pieselor de dimensiuni mari. O asemenea soluție nu este necesară deoarece materialul, ce se elimină ca deșeu, este, la începutul procesului, suficient de rigid pentru a manifesta efectul de reținere în piesă dinspre interior. În aceste condiții detașarea este în strictă corelație cu decuparea exterioară. Adoptarea ghearelor pe poanscanele intericere ar conduce numai la complicații constructive ale ștanțelor și la scăderea randamentului procesului.

Conturul ghearei se indică a se simplifica în forme geometrice regulate sau în segmente ale acestora cu condiția ca distanța de la gheară la conturul decupat să se încadreze în limitele (0,7 + 1,2) s, neglijînd eventualele forme sinuoase de dimensiuni mai mici decît grosimea conturului exterior.

Forța de contrapresiune  $P_c$  este menită să creeze o tensi-

une la suprafața materialului din interiorul piesei decupate care să împiedice deformarea la încovoiere a acesteia. Evitarea încovoierei este necesară atât pentru procesul de decupare (pentru a nu se produce fisuri la nivelul suprafeței tăiate) cât și pentru ca piesele rezultate să nu fie deformate. Această forță se realizează prin contrapansoare și se poate exprima [ 33 ] ca fiind

$$P_c = A_p \cdot P_{cn} \text{ (daN)} \quad (4.60)$$

în care  $A_p$  reprezintă suprafața pe care acționează contrapansoarele (în mod normal suprafața din interiorul profilului exterior de decupare).

$P_{cn}$  - contrapresiunea specifică în  $\text{daN/mm}^2$ .

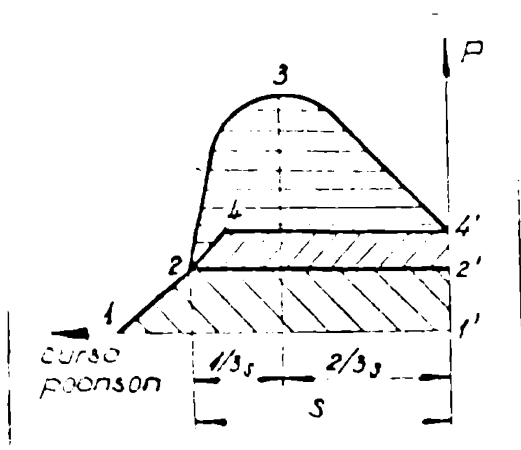


fig.4.19: Diagrama forței totale necesare la decuparea fină.

Această valoare, în raport de materialul deformat se încadrează între 2 și 7  $\text{daN/mm}^2$  (valori mai mari de 5  $\text{daN/mm}^2$  sînt necesare numai pentru materialele de înaltă rezistență).

Insumarea grafică a celor trei forțe componente ale lui  $P_{tot}$ . va conduce la o diagramă aproximativ de tipul celei reprezentate în fig.4.19 în care rezultanta, notată cu 1, 2, 3, 4, reprezintă:

$$\sum R_i = P_d + P_g + P_c$$

La presele proiectate în R.S.R. s-a creat posibilitatea ca  $P_g$  să ajungă pînă la  $\frac{1}{2} P_{cp}$  iar  $P_c$  pînă la  $\frac{1}{4} P_{cp}$  (v.tabel 5.1.).

Avînd în vedere specificul de construcție al preselor românești și chiar al celor din alte țări, în perioada efectivă de decupare o parte din valoarea forței cilindrului principal  $P_{cp}$  se pierde pentru învingerea efectului de contrapresiune pe piesa ce se decupează precum și pentru

menținerea ghearei de reținere în poziție imprimată. Din acest motiv la alegerea utilajului se va ține seama că forța nominală principală a preseii trebuie să acopere atât forța necesară pentru decuparea propriuzisă, cât și pe cele pentru efectele ajutătoare.

#### 4.4.3. Lucrul mecanic necesar

Suprafața 1 2 3 4' 2' 1' 1 din diagrama prezentată în fig. 4.19 reprezintă lucrul mecanic propriu procesului de decupare fină. Ce și forța totală lucrul mecanic total este format din trei componente [33].

$$L_{tot} = L_d + L_g + L_e \quad (4.61)$$

Lucrul mecanic pentru tăierea propriuzisă  $L_d$  este determinat de variația forței  $K_d$  (fig.4.19) și este proporțional cu suprafața dintre conturul curbei și abscisă. O exprimare exactă a valorii lucrului mecanic de decupare s-ar putea face dacă s-ar cunoaște expresia exactă a forței în raport de răzvrinderea  $t$  a poanscrului în material în care caz :

$$L_d = \frac{1s \cdot Kw}{10^3} \int_{t=0}^{t=s} [s f_1(t) - f_2(t)] dt \quad (\text{daNm}) \quad (4.62)$$

Intrucât exprimarea matematică pentru  $f(t)$  este foarte dificilă, în practică se poate face, cu destul de mare precizie, determinarea lucrului mecanic consumat, la decupare dacă se trasează variația forței în raport cu  $t$ , prin împărțirea suprafeței de sub curbă în figuri geometrice regulate, conform fig. 4.20.

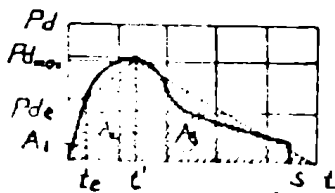


fig.4.20: Integrare aproximativă prin împărțirea suprafeței de sub curbă în figuri geometrice regulate cât mai apropiate ca mărime.

In acest caz se poate scrie:

$$L_d = \frac{\frac{P_{de}}{2} t_e + \frac{P_{dmax} + P_{de}}{2} (t' - t_e) + \frac{P_{dmax}}{2} (s - t')}{10^3} \quad (\text{daNm}) \quad (4.63)$$

..//..

sau

$$L_d = f_c \cdot \frac{l_s \cdot s \cdot \sigma_r}{10^3} \quad (\text{daNm}) \quad (4.64)$$

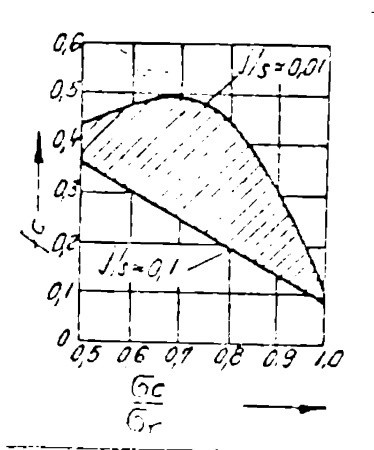


fig.4.21: Diagramă pentru factorul  $f_c$  în funcție de raportul  $\frac{\sigma_c}{\sigma_r}$  și  $\frac{j}{s}$

Factorul constant  $f_c$  depinde de raportul  $\frac{\sigma_c}{\sigma_r}$ , de jocul specific  $\frac{j}{s}$  și de frecarea în material a poansonului și a piesei în placa de tăiere. El se poate obține conform [33], din diagrama fig.4.21.

Lucrul mecanic consumat pentru menținerea ghearei de fixare (la o forță constantă) se exprimă prin relația [33]:

$$L_g \approx \frac{1}{2} P_g \cdot h \cdot 10^3 \quad (\text{daNm}) \quad (4.65)$$

sau

$$L_g \approx \frac{2\sigma_r \cdot l_g \cdot h^2}{10^3} \quad (\text{daNm}) \quad (4.66)$$

Lucrul mecanic pentru învingerea contrapresiunii pe durata efectuării tăierii va fi :

$$L_c = P_c \cdot s \cdot 10^3 = \frac{A_c \cdot p_c \cdot s}{10^3} \quad (\text{daNm}) \quad (4.67)$$

Pe ansamblu, lucrul mecanic necesar pentru decuparea de precizie este de 2 + 2,5 ori mai mare decât la decuparea obișnuită.

#### 4.5. Viteza de deformare

În conformitate cu teoria deformării plastice a materialelor [32, 76] viteza de deformare este definită ca variația în timp a deformației. Cunoscându-se deformațiile liniare sau unghiulare componentele vitezelor, în raport cu un sistem de coordonate, vor fi :

$$\begin{aligned} W_x &= \frac{d\epsilon_x}{dt}; & W_z &= \frac{d\epsilon_z}{dt}; & W_{yz} &= \frac{d\gamma_{yz}}{dt}; \\ W_y &= \frac{d\epsilon_y}{dt}; & W_{xy} &= \frac{d\gamma_{xy}}{dt}; & W_{zx} &= \frac{d\gamma_{zx}}{dt}. \end{aligned} \quad (4.68)$$

Totalitatea vitezelor astfel dezvoltate conduc la expresia tensorială

...//...

$$T_W = \begin{vmatrix} W_x & \frac{1}{2}W_{xy} & \frac{1}{2}W_{xz} \\ \frac{1}{2}W_{yx} & W_y & \frac{1}{2}W_{yz} \\ \frac{1}{2}W_{zx} & \frac{1}{2}W_{zy} & W_z \end{vmatrix} \quad (4.69)$$

Pentru fiecare punct al corpului supus deformării există o direcție principală în care vitezele de deformare liniare au valoare maximă, iar vitezele unghiulare sînt nule. Acestea sînt vitezele principale de deformație  $W_1, W_2, W_3$ .

#### 4.5.1. Viteze de lucru la decuparea ființă

Vitezele de lucru, în condițiile ritmului actual, caracterizat prin productivitate mare, trebuie să fie cît mai ridicate. Atît condițiile de deformabilitate, cît și energia termică ce se creează prin transformarea unei părți a lucrului mecanic, care se imaginează în piesă, limitează vitezele de lucru la valori, la care, să nu apară deteriorări ale calității tăieturii și a zonelor adiacente.

Considerînd o secțiune normală în zona de forfecare, fig.4.22, într-un punct luat arbitrar în timpul decupării, și considerînd că peansonul intră în material cu forța  $P_d$  la adîncimea  $\Delta s$ , corespunzător lucrului mecanic consumat, se va dezvolta o cantitate de căldură  $\Delta \theta$ .

Odată cu pătrunderea peansonului volumul zonei de tăiere s-a micșorat cu

$$\Delta V_S = L_S \cdot b \cdot \Delta s \quad (4.70)$$

Dacă viteza de decupare este mare, căldura nu are timp să se degajeze și rămîne immagazinată în peanson, placa de tăiere și semifabricat în zona de tăiere. La creșterea temperaturii materialului calitatea suprafeței se înrăutățește.

Creșterea de temperatură se poate determina cu relația:

$$T_2 - T_1 = \frac{A \cdot \Delta L_d}{V_{sm} \cdot \gamma \cdot c} \quad (4.71)$$

unde :

$$V_{sm} = \frac{V_{S1} + V_{S2}}{2} \quad (4.72)$$

..//..



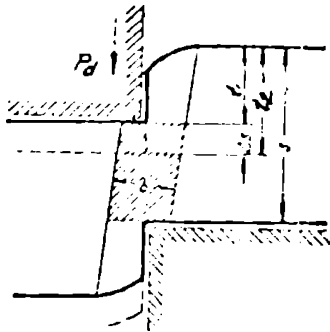


fig.4.22: Schema influenței zonei de decupare.

În relațiile (4.71), (4.72), notațiile au următoarele semnificații :

$T_2$  - temperatura în  $^{\circ}\text{C}$ , în zona de tăiere, la adâncimea de pătrundere  $t_2$  a șansonului;

$T_1$  - idem la adâncimea  $t_1$  ;

$A = \frac{1}{427}$  - echivalentul caloric al lucrului mecanic în

$\frac{\text{Kcal}}{\text{daN.m}}$  ;

$V_{sm}$  - volumul mediu al zonei de tăiere;

$V_{s1}$  - volumul zonei de tăiere adâncimea  $t_1$  ;

$V_{s2}$  - volumul zonei de tăiere la adâncimea  $t_2$ ;

$\gamma$  - greutatea specifică a materialului decupat;

$c$  - căldura specifică a materialului piesei ;

$b$  - lățimea zonei de forfecare;

Creșterea temperaturii în timpul unei faze complete de tăiere va fi :

$$T_f - T_i = \frac{A}{\gamma \cdot c} \sum_{i=1}^{i=n} \frac{\Delta L_{di}}{V_{smi}}, \quad (4.73)$$

în care  $T_f$  și  $T_i$  sînt temperaturile în  $^{\circ}\text{C}$  la sfîrșitul și respectiv începutul procesului de tăiere.

Luînd în considerație expresia lucrului mecanic (4.64) exprimat pentru forțe de decupare  $L_d$ , creșterea medie de temperatură  $T_m$  pentru întregul volum al zonei de tăiere rezultă :

$$\Delta T_m = \frac{A \cdot f_c \cdot l_s \cdot s^2 \cdot \sigma_r \cdot 10^6}{10^3 \cdot l_s \cdot s \cdot b \cdot \gamma \cdot c} = \frac{s}{b} \cdot \frac{A \cdot f_c \cdot \sigma_r \cdot 10^3}{\gamma \cdot c}, \quad (4.74)$$

din care se observă că în condiții date  $\Delta T_m$  depinde de raportul  $\frac{s}{b}$ . Cu cît  $b$  este mai mare (zonă de cuprindere în deforcare mai largă), respectiv viteza de tăiere mai mică,

...//...

$\Delta T_m$  are o valoare mai scăzută.

Se mai observă că la grosimi mari de table solicitarea termică este mai mare. Prin urmare, odată cu creșterea grosimii materialului se va adopta o viteză de lucru relativ mai mică.

Lățimea zonei de forfecare scade odată cu creșterea înălțimii amprentei de contur, fapt ce crează încă un motiv pentru ca înălțimea  $h$  a ghearei de fixare să fie aleasă la limita de rezistență necesară pentru decuparea de precizie.

Practica decupării fine a demonstrat că viteza de tăiere este optimă între valorile 5-15 m/sec. Din acest motiv se urmărește ca presele cu acționarea principală mecanică sau hidraulică să aibă posibilitatea creerii în timpul decupării a unei viteze optime pentru celelalte faze de lucru însă vitezele se vor admite mai mari.

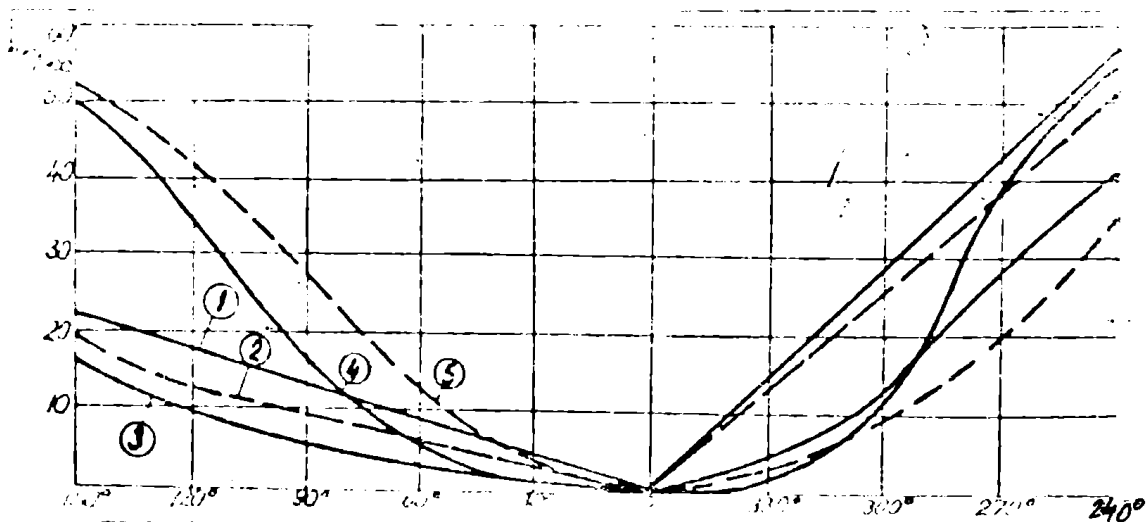


fig.4.23: Diagrame de viteze pentru diferite tipuri de prese;

1. prese hidraulice pentru decupare fină
2. prese hidraulice normale
3. Prese cu dublu genunchi și compensație prin roți dințate (Feintool);
4. prese cu genunchi;
5. prese cu manivelă.

În fig.4.23 sînt prezentate printre altele curbele de variație a vitezei la presele mecanice de tip Feintool (curba 3) și la presele hidraulice pentru decupare fină (curba 1). Presele hidraulice sînt mai ușor reglabile în porțiunea de decupare, dar au o cadență mai mică. Aceasta face

...//...

ca să mai existe concurență între un tip de construcție și celălalt, cu atât mai mult cu cât presele au acționarea principală mecanică se realizează cu un preț de cost mai redus.

#### 4.6. Răndamentul decupării de precizie

Această noțiune poate fi definită ca raport între lucrul mecanic util al decupării de precizie și întregul consum de lucru mecanic. Luând în atenție relațiile stabilite în § 4.4.3 se poate astfel scrie

$$\eta = \frac{L_{dt}}{L_{tot}} \quad (4.75)$$

înțelegând prin  $L_{dt}$  - lucrul mecanic teoretic necesar pentru decupare în care forța este de tipul  $P_d = \iint \tau \cdot dA$

Avind în vedere că în practică interesează mai mult randa mentul efectiv al decupării, acesta se va exprima prin:

$$\eta_{ef} = \frac{L_d}{L_{tot}} = \frac{L_d}{L_d + L_g + L_c} \quad (4.76)$$

În această relație nu s-au evidențiat efectele frecărilor și ale deformațiilor elastice. Prin introducerea expresiilor stabilite în capitolele anterioare se obține o relație generală de calcul

$$\eta_{ef} = \frac{f_c \cdot l_s \cdot s^2 \cdot G_r}{f_c \cdot l_s \cdot s^2 \cdot G_r + 2G_r \cdot l_g \cdot h^2 + A_c \cdot p_c \cdot s} \quad (4.77)$$

sau după transformări :

$$\eta_{ef} = \frac{1}{1 + \frac{1}{f_c} \cdot \left( 2 \frac{l_g}{l_s} \cdot \frac{h^2}{s} + \frac{A_c}{l_s} \cdot \frac{p_c}{G_r} \right)} \quad (4.78)$$

Pentru una din piesele decupate, în cadrul experiențelor efectuate, cu ocazia acestei lucrări, la care sînt cunoscute următoarele date :

- material, OL 37
- rondelă cu  $\phi_{ext.} = 80$  mm,  $\phi_{int.} = 20$  mm.,  $s = 1,5$  mm;
- lungimea nervurii de fixare  $l_g = 257$  mm.,  $h = 0,4$  mm., raportul,  $\frac{h}{s} = 0,03$ ;

Din calcule și tabele rezultă :

..//..

$$l_g = 314 \text{ mm};$$

$$f_c = 0,44 \text{ (diagr. 4.21),}$$

$$\text{pt. } \frac{\sigma_c}{\sigma_r} = 0,65 \text{ (oțel moale);}$$

$$A_c = \frac{\pi}{4} (80^2 - 20^2) = 4710 \text{ mm}^2;$$

$$P_c = \frac{F_c}{A_c} = \frac{14150}{4710};$$

$$P_c = 3 \text{ daN/mm}^2 \text{ (conform măsurătorilor forței } P_c \text{ efecti-}$$

ve) se determină următorul randament :

$$\eta_{ef} = \frac{1}{1 + \frac{1}{0,44} \left( 2 \frac{257}{314} \cdot \frac{0,4^2}{1,5} - \frac{4710}{314} \cdot \frac{3}{37} \right)} \approx 0,24$$

Se observă valoarea scăzută a randamentului decupării fine.

Pentru datele de mai sus cele mai bune rezultate s-ar obține dacă  $\frac{d}{s} = 0,01$ , în care caz  $f_c = 0,485$  (conform fig.4.21) Menținând celelalte valori, rezultă :

$$\eta_{ef} = 0,258$$

Comparând valorile deduse prin relația (4.78) se poate trage concluzia că randamentul decupării fine este, în mod obișnuit, mai mic de 2 ÷ 2,5 ori decât cel al decupării clasice.

Analizând factorii care pot fi influențați din relația 4.78 se pot conchide următoarele :

- $l_g$ ,  $s$  și  $\sigma_r$  sînt valori invariabile pentru un caz dat;
- rămîn posibile influențe ale lui  $f_c$ ,  $h$ ,  $l_g$ ,  $A_c$  și  $P_c$ .

Factorul  $f_c$  a fost definit de la început ca o constantă în corelație cu diagrama (4.21), dar care, în afară de raportul  $\frac{\sigma_c}{\sigma_r}$  depinde și de  $\frac{d}{s}$ . Se deduce deci că  $f_c$  scade pe măsură ce scad proprietățile de deformare ale materialului piesei și pe măsură ce crește jocul între poanson și placa tăietoare. Scăderea lui  $f_c$  este defavorabilă randamentului. De dorit este să se tindă spre valorile maxime ale domeniului și anume pentru situațiile în care  $\frac{d}{s}$  tinde către 0,01 iar  $\frac{\sigma_c}{\sigma_r}$  nu este mai mare de 0,8.

..//..

Înălțimea amprentei ghearei de fixare  $h$  este cu atât mai favorabilă randamentului (rel.4.78) cu cât valoarea ei este mai mică. O soluție care îmbunătățește valoarea randamentului este aceea de a practica nervuri de reținere pe ambele fețe ale materialului ce se decupează în care caz  $h$ , din relație, este acela al ghearei celei mai înalte iar  $h$  necesar se compune din suma înălțimilor ghearelor celor două semimatrițe. O astfel de construcție conduce însă la complicații privind execuția ștanțelor, pe de o parte, iar pe de altă parte, soluția nu se poate aplica la materiale subțiri.

Soluția se poate aplica la piese groase realizându-se în acest fel reținerea sub tensiune a materialului, cu creșterea condițiilor ca să fie mai activ efectul tridimensional de solicitare.

Lungimea ghearei  $l_g$  se micșorează dacă distanța de la planul de tăiere la vârful nervurii este cât mai mică și dacă forma ei este mai simplă decât conturul piesei decupate. Din condițiile de funcționare, această distanță s-a evidențiat ca având valoarea  $0,7 + 1,2$  din  $s$ . O apropiere între amprentă și conturul piesei este defavorabilă decupării fine propriuzise din cauza posibilității de a se rupe sau de tragere necorespunzătoare a punții. Prin urmare din acest punct de vedere se impune a se asigura distanța „ $a$ ” în intervalul valorilor menționate. O altă soluție de reducere a lungimii  $l_g$  ar fi ca aceasta să fie discontinuă în special pe intervalele geometrice regulate. Efectul de decompresie despre care s-a menționat în § 4.4.2. contribuie numai la îmbunătățirea valorii lui  $P_d$ .

Suprafața  $A_c$  pe care se manifestă contrapresiunea s-a definit ca egală cu cea a întregii piese decupate. Contrapresiunea, după cum s-a mai precizat, are dublu rol :

- să contribuie la creșterea condițiilor volumice de tensiune;
- să nu permită curbarea piesei decupate.

Atât prima cât și a doua condiție se manifestă într-o zonă inconjurătoare conturului în care se produce decuparea. Este astfel posibil ca în cazul pieselor fără decupări interioare și de dimensiuni mari să se execute contraansoane care să apese numai pe porțiuni adiacente conturilor

ce se decupează reducând astfel  $A_c$ . Măsură este însă greoaie tehnologic iar pentru creerea condițiilor de bază valoarea lui  $P_c$  va fi ceva mai ridicată. La piese cu configurații complexe nu este avantajoasă o astfel de măsură datorită dezavantajelor pe care le aduce construcției și fiabilității ștanței.

Valoarea lui  $P_c$  nu poate fi influențată. Trebuie însă lăsată valoarea minimă necesară pentru o decupare corectă fapt pentru care presele trebuie să aibă posibilitatea reglării continue a forței  $r_c$ .

Se poate trage astfel concluzia generală că randamentul decupării de precizie se limitează în prezent la o valoare cuprinsă între 25 și 28 %.

#### 4.7. Concluzii privind studiul teoretic al procedurii de decupare fină a metalelor

Din cele precizate anterior rezultă următoarele concluzii:

1. Procedul de decupare fină necesită prin excelență o stare spațială de solicitare. Eficiența maximă a decupării se realizează în cazul în care în întreaga zonă de material supusă decupării, se acumulează cantitatea de energie potențială capabilă să modifice forma acestuia în conformitate cu relațiile 1.32 și 1.34:

2. Condițiile de a avea o stare tridimensională de solicitare, impun crearea de utilaje și de scule capabile să producă și să dezvolte forțele necesare producerii unei asemenea stări de tensiune. Mijloacele create în acest scop trebuie să dezvolte trei forțe distincte (de preferință reglabile);

3. Nu se consideră suficient de perfecționată, nici din punct de vedere al consumului energetic nici al creerii stării de tensiune în material, folosirea ghearelor de tip pinton cu conturul aproximativ asemănător cu cel al decupării. Folosind gheara ca element de reținere, nu se creează anticipat starea de tensiune tridimensională ci ca efect al solicitării materialului. În acest fel are loc o stare tensională variabilă cu forța principală de decupare. Aceasta poate să constituie una din cauzele pentru care piesele decupate prezintă o zonă

terminală de ruptură granulară.

4. Urmare a necesității de a folosi mai multe forțe la decuparea de precizie, lucrul mecanic de deformare este evident amplificat față de decuparea clasică, astfel se explică de ce randamentul operațiunii nu depășește 28 %.

5. Deformarea în cazul decupării fine este de tip planar ca și decuparea obișnuită. Influența jocului dintre elementele active ale sculei asupra rugozității suprafeței decupate nu este importantă dacă acesta se menține în limitele în care nu apar fisuri prin solicitare la încovoiere a porțiunii intrate în deplasare relativă. Jocul dintre poanson și placa tăietoare influențează însă precizia dimensională care este cu atât mai bună cu cât jocul este mai mic.

6. La grosimile mici de materiale, nu se justifică folosirea decupării de precizie. Conturul lor subțire nu poate avea un rol funcțional activ. Grosimile prea mari vor duce la deteriorarea prematură a sculelor. Se consideră astfel că practic și optim domeniul de grosimi este cuprins între 0,3 și 20 mm.

7. Viteza de decupare trebuie să se realizeze în limite care să nu influențeze defavorabil calitatea tăieturii și nici a structurii interne a materialului. Cu cât grosimea materialului crește cu atât viteza de tăiere va fi aleasă mai mică. Pentru materialele cu  $\sigma_c$  mic vitezele de tăiere pot fi mai ridicate, pentru aceeași grosime, în limitele indicate de diagrama 5.9. Mijloacele de decupare fină sînt cu atât mai perfecționate, cu cât asigură o viteză uniformă pe toată adîncimea de tăiere. Schimbările de viteză în timpul decupării propriuzise (creștere pe măsură ce avansează poansonul) influențează negativ rugozitatea decupării în zona terminală.

## 5. STUDIUL EXPERIMENTAL ASUPRA DECUPĂRII LE PRECIZIE A TIPĂRIILOR

Organizarea cercetării particularităților procedului de decupare fină s-a făcut pe bază de mijloace realizate integral în R.S.R. Deosebit de laborioasă a fost activitatea de concepție și realizarea preselor specializate pentru decuparea de precizie (gama tabel 2.1) activitate la care autorul și-a adus o contribuție majoră. Presale au fost realizate de IOSIT Titan București și de Intreprinderea Mecanica Sibiu, astfel că, în faza experimentărilor, s-au efectuat încercări de uzină și de laborator la două dintre tipodimensiunile concepute și executate.

La încercări s-au folosit scule pentru piese de o anumită formă în scopul de a demonstra particularitățile procedului de decupare fină cât și piese alese din producțiile prevăzute a fi realizate de întreprinderile din țară. În acest fel, folosind o gamă mai largă de piese, ca formă și dimensiuni s-au putut formula concluzii asupra aspectelor teoretice și practice ale procedului.

Sculele pentru reперele demonstrative au fost proiectate și realizate cu mijloace coordonate direct de autor iar cele necesare uzinelor prin intermediul acestora.

Experimentările și măsurătorile s-au făcut la IOSIT Titan filiala Sibiu, unitate la care își are funcția de bază autorul, la I. I. Sibiu ca producător de prese de ștanțare fină iar ocazional și la întreprinderile executante ale reперelor luate în studiu (ex. I. Electroprecizia Săcele ).

### 5.1. Programul de cercetare

Efectuarea studiilor experimentale, pentru a se încadra în domeniul prevăzut de temă, a impus alcătuirea următorului program de cercetări și etape de rezolvare :

- Stabilirea metodelor de experimentare și cercetare a procesului;
- Stabilirea mijloacelor cu care se vor face încercările practice și anume :
- presele pentru decupare fină - tipodimensiuni;
- ștanțele de decupare, construcția lor, parametri,

..//..



jocuri la piesele active ;

- piesele care vor face obiectul cercetărilor experimentale;

- aparatura de măsurare a parametrilor de lucru și a dimensiunilor sculelor sau pieselor rezultate;

- materialele ce vor fi supuse decupării și asupra cărora se vor trage concluziile necesare.

## 5.2. Metodele și mijloacele utilizate pentru cercetarea experimentală

### 5.2.1. Metodologia de cercetare experimentală

În scopul evidențierii parametrilor procesului de decupare de precizie a fost concepută o metodologie de cercetare care s-a referit la următoarele domenii principale :

- determinarea valorilor forțelor și tensiunilor care acționează asupra materialului în momentul desfășurării procesului;

- determinarea parametrilor de lucru și efectele lor asupra produsului în condițiile schimbării ca mărime de la o piesă la alta sau pe parcursul unei tăieturi;

- măsurarea mărimilor efective obținute în urma desfășurării procesului de decupare fină la piese și scule.

Parametrii care caracterizează astfel încercările se vor reda în tabele și diagrame conform celor cuprinse în capitolul 5 al tezei sau conforme cu anexele acestuia numerotate cu 11, 12 și 13.

Pentru determinarea forțelor  $P_{cp}$  și  $P_g$  metoda prevede măsurarea presiunilor din circuitele hidraulice ale cilindrilor de forță respectivi conform § 5.2.4. Cu ajutorul unui ansamblu de înregistrare se ridică diagrame ale variației presiunilor ( redate selecționat în figurile 5.6 pentru  $P_{cp}$ , 5.7 pentru  $P_g$  precum și în anexele nr.12) în funcție de timpul de tăiere care la rândul său este determinat de grosimea materialului (avînd asigurată, prin construcția presi, o viteză de decupare relativ constantă). Diagramele presiune-timp reprezintă, la scara secțiunii cilindrilor și a celei de înregistrare, forțele dezvoltate de către cilindrul principal și de cel care acționează gheara de fixare. Măsurarea presiunilor  $P_{cp}$  și  $P_g$  s-a realizat succesiv pe lotul de piese

pentru care s-au ridicat diagramele (valorile fiind redacte și ele alternativ față de numărul piesei decupate, în anexele 11 și 12).

În acest fel se utilizează în permanență traductori în cele două circuite iar ca element de înregistrare unul singur. Forța  $F_c$ , care se schimbă nuanși în funcție de calitățile materialelor decupate s-a prevăzut a se urmări direct prin aparatura de bord a preseii, respectiv prin valoarea presiunii  $p_c$  citită la manometrul anume montat în panoul de comandă. Parametrul viteză de decupare se urmărește prin timpul de tăiere înregistrat deodată cu diagramele de presiune.

$$\text{Viteza medie rezultă din : } w = \frac{S}{t} \text{ [mm/sec.]}$$

În această relație  $t$  reprezintă timpul efectiv de tăiere și se determină din diagramele  $p - t$  ridicate experimental, ca proiecția acestora pe abscisă din momentul în care  $p$  a crescut la valoarea la care începe tăierea propriu zisă (punctul I) și momentul ieșiriiansonului din material (începerea aplatizării curbei; punctul F). Ca exemplu se poate urmări figura 5.6 a în care segmentul  $t_1 t_f$  reprezintă (la scara de înregistrare) timpul efectiv de decupare. Valorile vitezelor astfel determinate se înscriu în tabelele anexa 11. Temperatura în zona de decupare fiind un parametru instantaneu se prevede a se determina prin calcule nefiind posibilă o verificare a ei pe presă prin folosirea de aparatură într-o zonă practic fără acces, foarte îngustă precum și datorită vitezei foarte ridicate de disipare a căldurii în cazul metalelor. Caracteristicile materialelor, ale sculelor precum și parametrilor de lucru prevăzuți a se determina în lucrare constituie date suficiente pentru calculul influenței termice. Cotele pieselor și sculelor se pot determina cu aparatura de măsură și control uzuală, în raport de gradul de precizie iar rugozitatea suprafețelor cu ajutorul profilometrelor, etaloanelor sau măsuririlor cu ajutorul microscopului metalografic respectiv fotografiilor.

Calitățile materialelor, stările lor de structură atât pentru piese cât și pentru scula se adoptă conform fișelor de magazie dacă acestea sînt garantate prin certificatele de calitate ale profilelor aprovizionate. În cazuri izolate (cînd

nu se garantează calitatea se va recurge la analize fizico-chimice în laborator.

**5.2.2. Alegerea tipurilor de prese, concepția și execuția lor**

La data punerii bazelor de concepție a preselor pentru decuparea fină s-au cunoscut două tendințe pe plan internațional de dezvoltare a acestora și anume :

- a) - obținerea forței principale ( $P_{cp}$ ) prin mijloace mecanice iar celelalte  $P_g$  și  $P_e$  hidraulic;
- b) - obținerea tuturor forțelor numai pe cale hidraulică.

Ținând seama de posibilitățile constructive și mai ales funcționale s-a admis de la început sistemul b.

Această alegere a avut ca principal criteriu obținerea unei viteze controlate pe tot parcursul decupării fine (cît mai constante și în limite de valori propice materialului decupat).

Gama tipodimensională proiectată și realizată în vederea experimentului este cuprinsă în tabelul 5.1. împreună cu caracteristicile principale.

Tabel 5.1.

Simbolul presei de decupaj fin	Forța nominală în kN			Dimens. mesei mmxmm	Cursa culisor. mm.	Viteza de decupare mm/sec.
	$P_{cp}$	$P_g$	$P_e$			
<b>PDF</b> 100/50/25	1000	500	250	350x350	20÷150	8÷25
<b>PDF</b> 160/80/40	1600	800	400	450x450	30÷125	4,5÷20
<b>PDF</b> 250/125/63	2500	1250	630	500x500	30÷125	4÷20
<b>PDF</b> 400/200/100	4000	2000	1000	650x650	50÷225	5÷30

În fig.5.1 a, b, se prezintă ansamblul de construcție a preselor pentru decupat fin, realizate în țara noastră pe baza concepției și proiectelor realizate sub conducerea di-

rectă a autorului. Părțile componente principale se prezintă în cele ce urmează :

Batiul 1 este construit sub forma unei grinzi, cadru la care s-a asigurat o deformare de maximum 0,06 mm. la 1000 kN ceea ce reprezintă o rigiditate statică suficientă pentru a nu influența procesul de decupare de precizie. În batiu sînt montați cilindrii de forță. În partea de sus este amplasat cilindrul (anexa 2) care creează forța plăcii de presiune  $P_g$ , iar în partea de jos (v.anexa 1), cilindrul principal (creează  $P_{ep}$ ) care are inclus în interiorul său cilindrul de contrapresiune de la care rezultă forța  $P_e$ .

Acționarea principală a preseii este pe verticală și dirijată de jos în sus, în partea superioară. Atașată pe batiu, se află masa 2. Tot în batiu în partea sa inferioară, se află sistemul de reglare a cursei pistonului principal comandat hidraulic prin reglarea din exterior a unor limitatori de cursă (anexa 3).

Batiul mai are și o parte suplimentară 8 în care se află montate o serie de dispozitive de comandă, părți ale instalațiilor hidraulice, pneumatice sau chiar electrice.

Batiul susține următoarele părți destinate deservirii automate a preseii sau pentru securitatea muncii:

- dispozitivul de avans și tragere a benzii de material poz.4 și lo ale căror scheme de lucru sînt prezentate în anexele 5 și 6;

- foarfeca pentru debitarea deșeurilor poziția 11 din fig.5.1 (respectiv anexa 7);

- dispozitivul de suflare și hota de evacuare dirijată a pieselor și deșeurilor desprinse din decupările din suprafața inferioară a piesei;

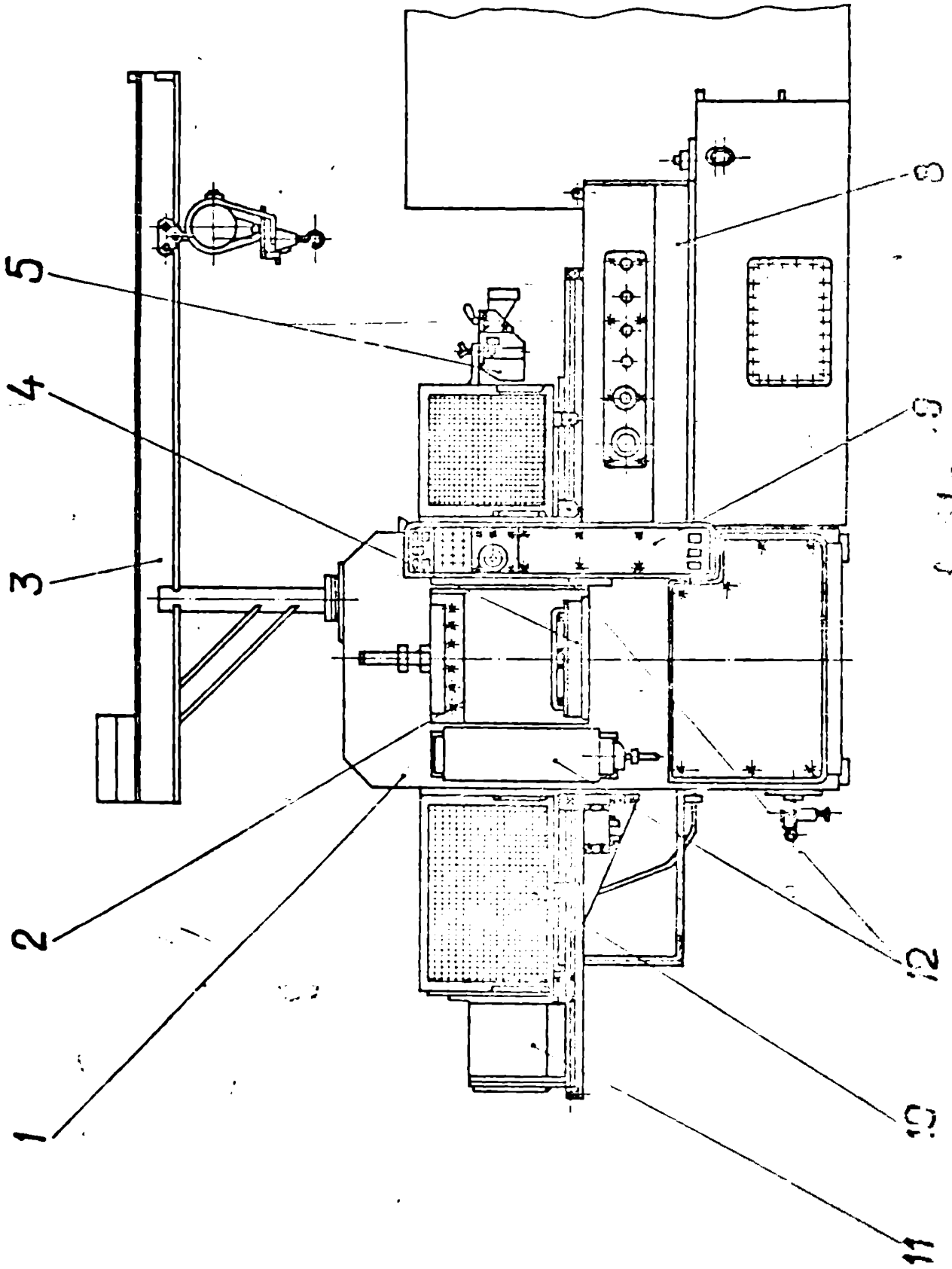
- pupitrul electric de comandă și control 9;

- bateria de celule fotoelectrice (12) pentru protecția spațiului de deservire;

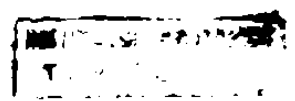
- eventual o macara cu braț rotitor pentru urcarea și coborîrea matrițelor (13);

Tot în ansamblul preselor de decupare fină din seria prezentată mai sînt cuprinse următoarele părți :

- dispozitivul de derulare și îndreptare a benzii din



с. 101 а.



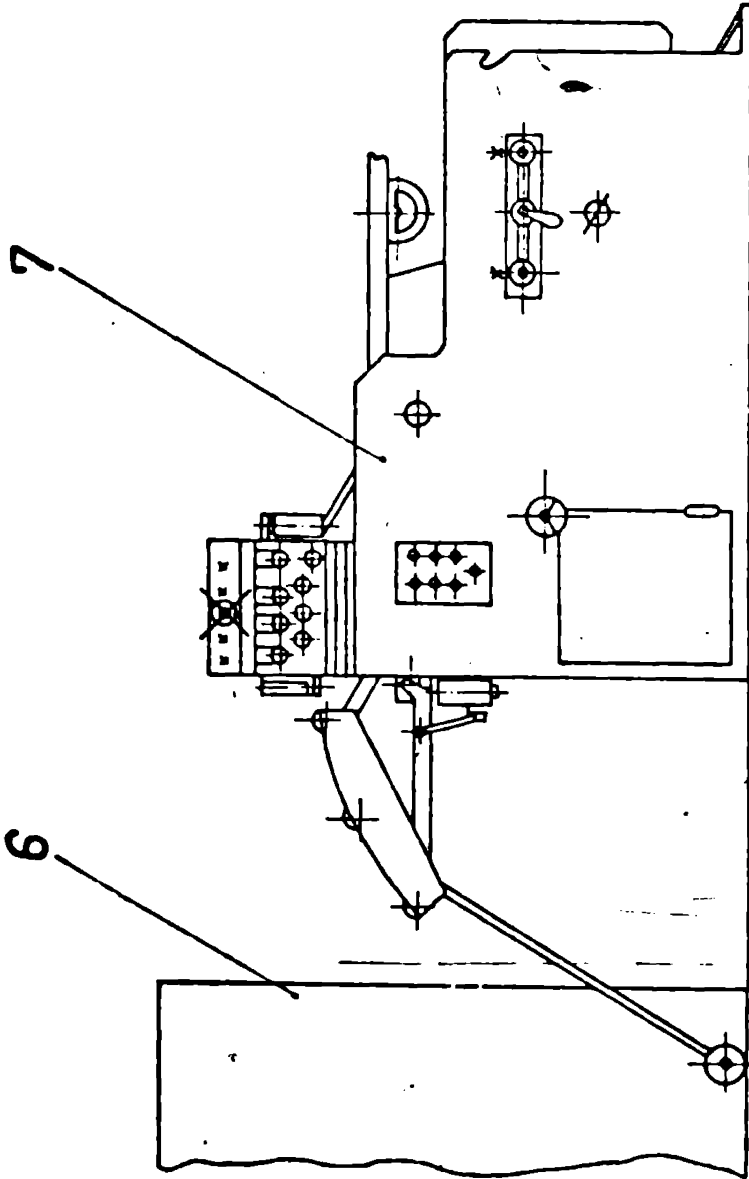


fig. 5.1.6

role, poz. 7 sau

- dispozitivul de alimentare cu fișii (sau de semifabricate) din pachete;

- panoul electric al mașinii 6 ;

- panoul hidraulic de comandă și de forță 8.

Presela dispun de majoritatea accesoriilor pentru îmbunătățirea condițiilor de muncă: sennalizatoare, indicatoare, iluminat local, dispozitiv pentru montat matrițe, protecție automată ș.a.

Schemele funcționale și aparatura din dotare permit selecționarea a șase programe și anume :

- pregătire și reglare ;

- decupare bucată cu bucată, avansul fiind manual, în vederea reglării adâncimii de pătrundere a poansoanelor precum și pentru reglarea presiunilor la cei trei cilindri;

- regim de lucru lovitură cu lovitură;

- lucru în ciclu automat cu alimentare din bandă sau din fișii;

- lucru în ciclu automat cu alimentator individual de semifabricate;

- regim de lucru pentru imprimare (stampare);

### 5.2.3. Alegerea pieselor și a sculelor pentru experimentare

Urmărind obținerea unor rezultate cât mai clare pentru a demonstra valabilitatea fundamentării teoretice a procedurii de decupare fină, la alegerea pieselor s-a avut în vedere, în primul rând, ca diferitele experiențe să se bazeze pe piese ale căror forme să nu introducă greutăți de interpretare. De asemenea s-a urmărit ca forma piesei să nu conducă la greutăți deosebite în execuția sculelor de probă.

Din acest motiv, piesa care s-a considerat cea mai concludentă (cel puțin asupra celor mai importante aspecte ce trebuiau urmărite) este de tipul unei rondole având dimensiunile prezentate în fig. 5.2. Forma simetrică și regulată geometric (suprafețele prelucrate fiind cilindrice) au avut într-adevăr efectele scontate după cum va rezulta din expu-

nera privind rezultatele experimentării.

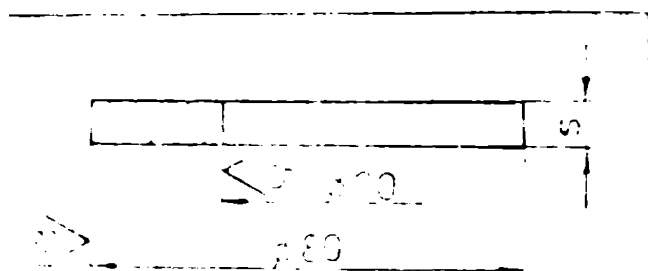


fig.5.2. Rondelă - model experimental.

Pentru o asemenea piesă, adoptată drept model experimental, s-a proiectat și construit o șanță (redată în anexele 9 și 10) de tipul cu Poanson fix, cu asemenea dimensiuni de gabarit încât să fie adecvată pentru presa PDF 160/80/40.

Matrița astfel pregătită a prezentat următoarele particularități :

- unghiul la vîrf al ghearei  $80^{\circ}$ ;
- 2 bucăți de plăci de fixare, una cu distanța ghearei la 0,7 s și cealaltă la 1,2 s, la care "s" a fost considerat 3 mm;
- un set de 3 plăci de tăiere cu valori efective diferite la  $\phi$  20 pentru a realiza mai multe jocuri între Poanson și placa de tăiere;
- un set de 3 Poansoane cu valori efective pentru  $\phi$  20 tot în scopul realizării de jocuri diferite pe acest diametru nominal.

Pentru punerea în evidență și a altor aspecte în decuparea fină, neocupinse de piesa simetrică, s-au folosit repere din fabricația programată pentru autoturismul OLUCIP acestea fiind :

- placa obturatoare reper 75507575 reprezentat în fig. 5.3.
- placă regulator centrifugal - reprezentată în fig.5.4.

Sculele utilizate pentru aceste repere au fost executate de către întreprinderile beneficiare avînd în vedere parametri preselor de construcție internă.

Pentru placa obturatoare șanța s-a prevăzut a se monta



pe PDF 100/50/25 și a fost folosită la un ansamblu de tăieturi atât în oțel cât și în materiale nemetalice deși reperul real se prevede a se executa din A 99 SIA S 9624-80 și nu impune condiții de decupare de precizie decât pentru găurile  $\varnothing 6,9$  și distanța între ele.

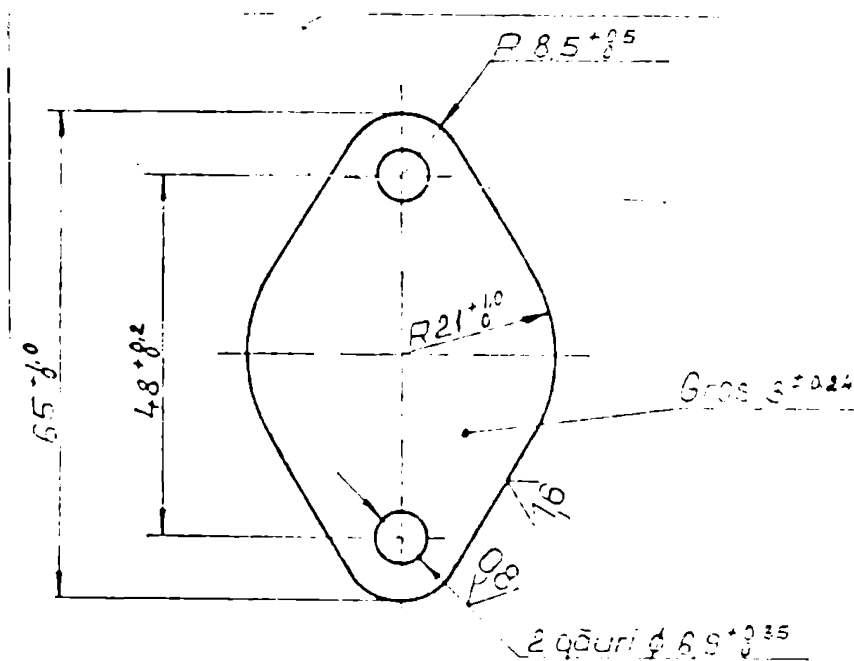


fig. 5.3: Placă obturatoare.

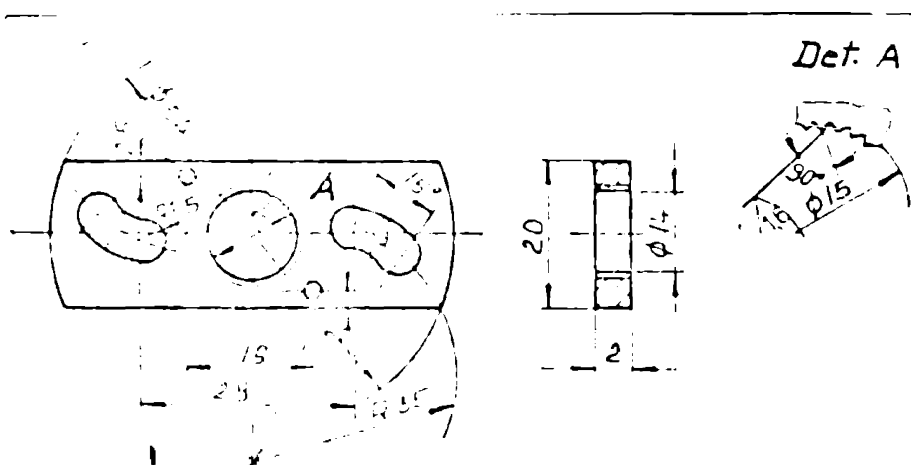


fig. 5.4: Placă regulator centrifugal.

Stanța a avut, ca și în cazul precedent poansonale fixe. Unghiul ghearei de reținere a fost de  $105^\circ$ .

..//..

Pentru placa de la regulatorul centrifugal din cadrul delco-ului de la autoturismul OLACIT se impune precizia necesară unei decupări fine numai la găurile alungite curbilini dar, avînd posibilitatea executării dintr-o operație a întregii piese, ea s-a realizat cu aceeași sculă. Necunoscîndu-se inițial cu ce fel de utilaj se va deta întreprinderea executantă a subansamblului delco (I. Electroprecizia Săcele) stanța s-a proiectat și executat cu poansonul mobil pentru o presă de tip Feintool. Acest lucru a impus ulterior readaptarea pentru presa PDF 160/80/40 produsă în țară. Adaptarea s-a realizat printr-un dispozitiv suplimentar care așezat între partea superioară a stanței și masa de lucru a presei, a condus la blocarea poansonului principal și a dat posibilitatea de a acționa placa de fixare astfel că scula lucrează (în respectivele condiții) exact ca cele cu poanson fix. Dispozitivul este detașabil și deci stanța astfel executată se poate folosi și pe presele construite pentru a acționa direct prin poanson.

#### 5.2.4. Aparatajul de măsură

Schema utilizată pentru măsurarea parametrilor cuprinși de § 5.2.1 este evidențiată în fotografia din fig. 5.5. și a constat din :

- o punte tensiometrică de tip N 23/034.21 realizată de F&M Buc.;

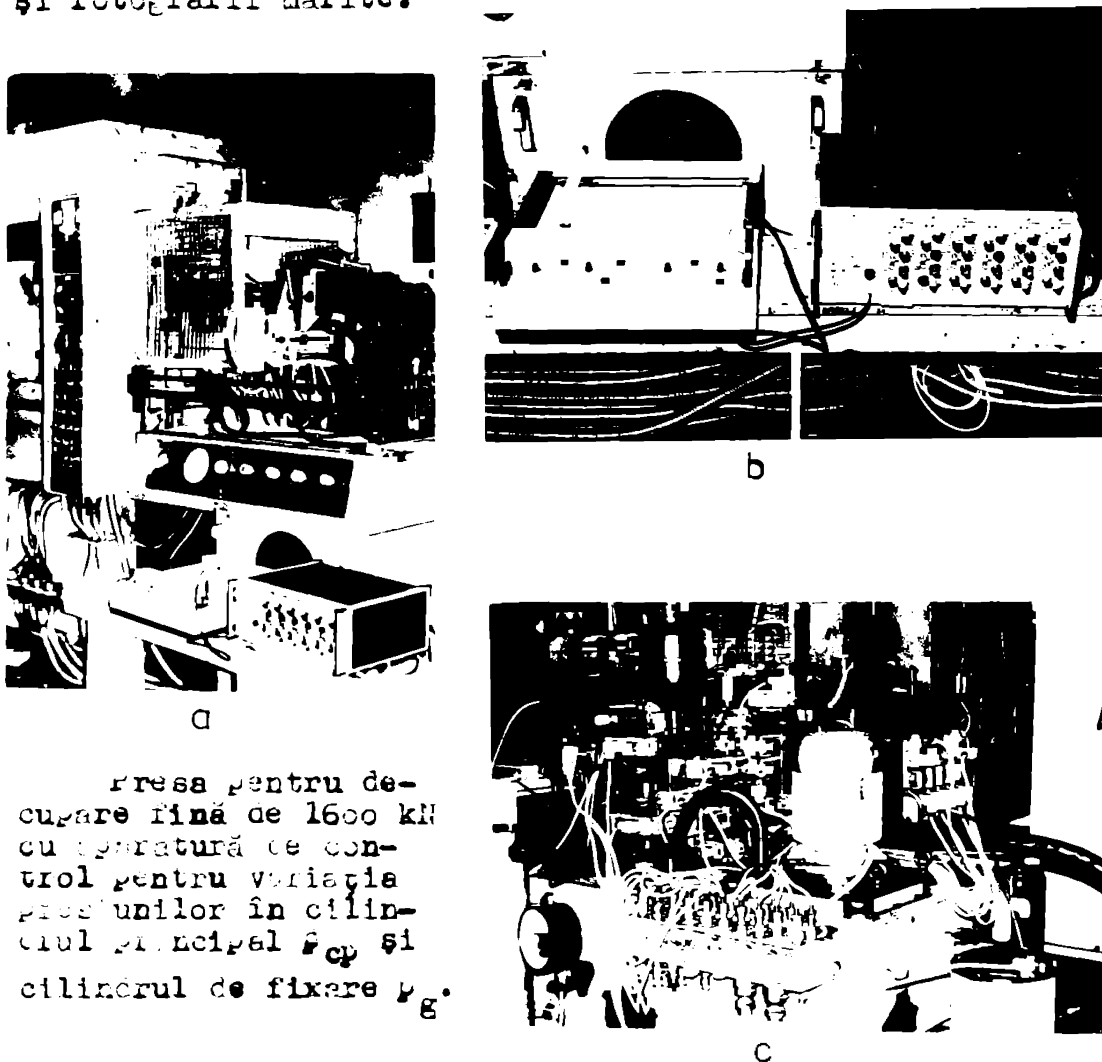
- două traductoare de presiune absolută tip SE - 180/W/1/02/66 avînd posibilitatea de măsurare pînă la 350 bar - de fabricație S.F. LABORATORIES - Anglia;

- un înregistrator tip N 306 - fabricație URSS la care  $y = f(x)$  și  $x = f(t)$  clasa de precizie 0,5;

Traductorii de presiune au fost montați pe circuitele hidraulice ale cilindrului principal și cilindrului de imprimare a ghearei de reținere. Înregistrarea diagramelor s-a făcut pe rînd pentru decupare și pentru imprimare (redate în tabelele anexa 11 și diagramele anexa 12). Măsurătorile dimensionale sînt pentru piese cît și pentru scule s-au efectuat cu AMC-uri obișnuite în raport de precizia de citire necesară și de valoarea cotei măsurate (micrometre, pasmetre sau pasimetre).

..//..

Pentru rugozități s-au folosit profilometre, etaloare și fotografii mărite.



Presă pentru de-  
cupare fină de 1600 kN  
cu aparatură de con-  
trol pentru variația  
presunilor în cilin-  
dru principal  $P_{cp}$  și  
cilindrul de fixare  $P_g$ .

fig.5.5.

La cunoașterea unor valori au fost folosite și para-  
metre din rotarea preselor.

#### 5.2.5. Materialele supuse încercărilor

Încercările efectuate au cuprins materiale de diferite  
calități și compoziții.

Ce oțeluri s-au folosit table sau benzi de oțel sau  
neceapate în stare normalizată 31-37, 38 și 39 GOST 3802-60,  
40 45 GOST 800-60 și 40 GOST 800-60.

Tablele din aluminiu au avut calitatea A 99 GOST 8652/2  
din 1960 tip HP cr. GOST 7500-60.

S-au folosit plăci de cupru din calitatea Cu 99,95 cf. STAS 270/1-80.

Plăcile din alamă au fost de calitate AM 63 conf. STAS 95-80.

În anexele II sînt evidențiate materialele pe calități și parametri la care piesele au fost decupate.

### 5.3. Analiza condițiilor și stabilirea parametrilor pentru prelucrare prin decupare de precizie a pieselor alese

În corespondență cu scap. 5.2.1 și 5.2.2. precum și a determinărilor efective în cadrul experimentărilor s-au utilizat următoarele echipamente :

- presele de tip PDP 100 și PDP 160
- stație pentru trei repere
- aparatură de măsurare a parametrilor de lucru ai preseii cu înregistrarea diagramelor presiune-timp în cilindrii pentru crearea forțelor  $P_{op}$  și  $P_g$ .

Parametrii de lucru care s-au avizat în vederea experimentărilor sînt rezumați în tabelul 5.2.

Tabelele anexă nr. II cuprind o parte din valorile efective, obținute în cursul ridicării de diagrame presiune-timp. Aceste înregistrări au fost special alese pentru ca să reprezinte cât mai sintetic situațiile ce se pot ivi în cadrul decupării fine.

#### 5.3.1. Analiza diagramelor forțelor de decupare

S-a menționat și în scap. 5.2.1 că în cadrul experimentărilor s-au urmărit prin diagrame ale presiunilor forțele  $P_{op}$  și  $P_g$  iar forța  $P_c$  a fost prestabilită prin valcarea presiunii din cilindral de contrapresiune citindu-se direct la manometrul din panoul de aparate al preseii. Diagramele  $P_{op}$ -t și  $P_g$ -t s-au ridicat succesiv prin repetarea tăieturii pentru anumite condiții date conștindu-se citirea pe unul sau pe celălalt traductor de presiune.

În figurile 5.6. și 5.7 este redat pentru trei situații modal de ridicare a diagramelor  $P_{op}$  și  $P_g$  la reperul plăci

..//..

obturatoare.

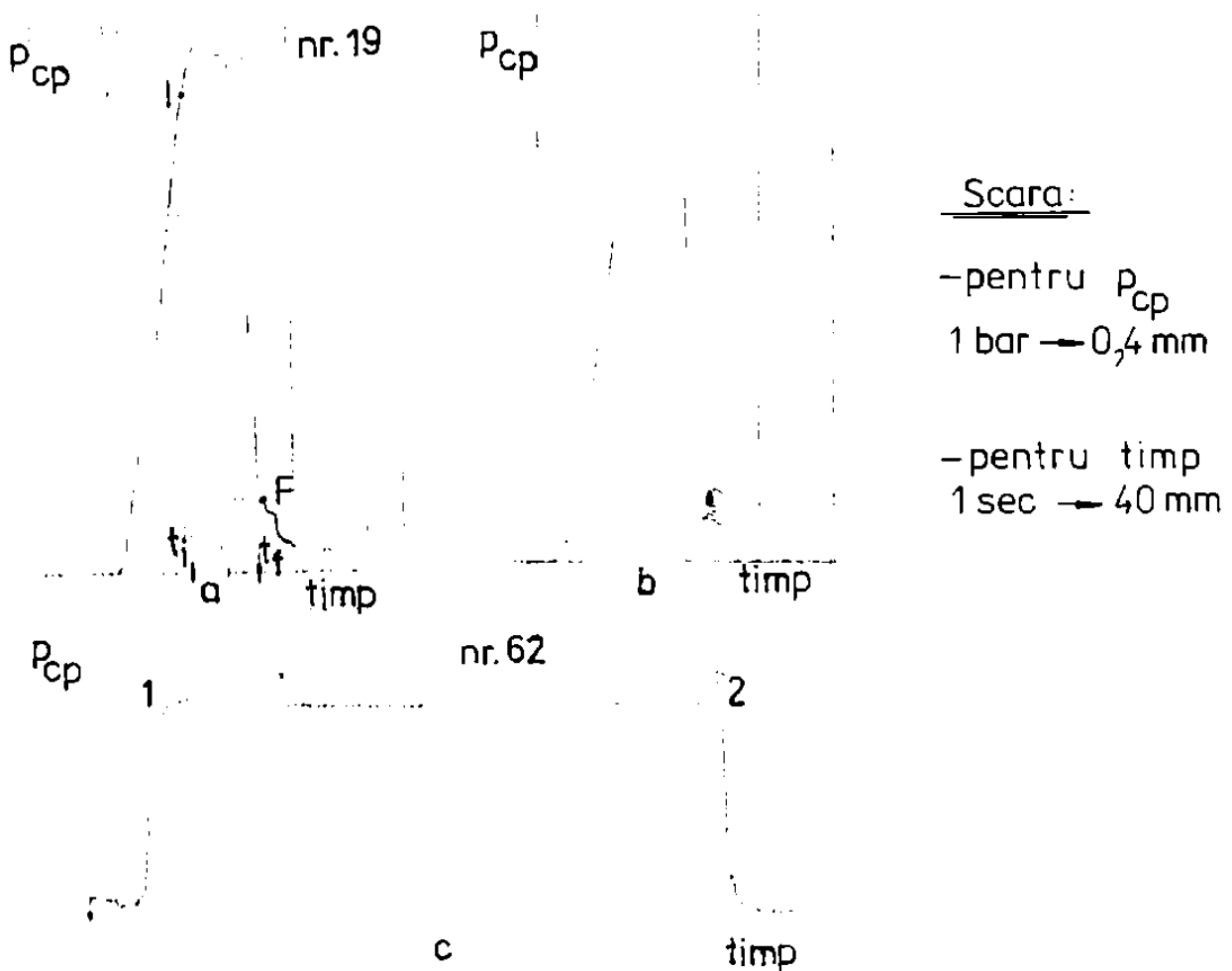


fig.5.6 : Diagrame pentru presiune  $P_{cp}$   
a, b - piese decupate complet  
c - piesă nedecupată complet

Din acestea se pot trage următoarele concluzii, în analogie cu prezentarea teoretică :

Urmărind în speță diagrama 5.6. a, se observă că odată cu presiunea și forța  $F_{cp} = P_{cp} \cdot A_p$  are o creștere lineară și rapidă la contactul pansonului cu materialul, după care curba tinde să se aplatiseze. Presiunea crește totuși pînă ce se produce deplasarea de material cu circa  $\frac{2}{5}$  s. (grosimea s conform § 5.2.1 este  $s = w \cdot t$  iar  $w \approx ct$  situație în care se poate considera că reprezintă în diagrama 5.6. a o mărime proporțională cu segmentul  $t_1 t_2$ ).

În continuare are loc tăierea într-un regim de scădere a forței proporțional cu reducerea de secțiune (aprox.  $\frac{2}{5}$  s)

..//..

după care se face totuși o desprindere relativ bruscă a ultimului strat de material ( $\frac{1}{3}$  s). O asemenea alătură a curbei de forță se corelează cu configurația calitativă a secțiunilor decupate. Piesele prezintă tăieturi fine la peste 85 % din grosime și rugozități relativ mari la partea de ieșire a pcanecului.

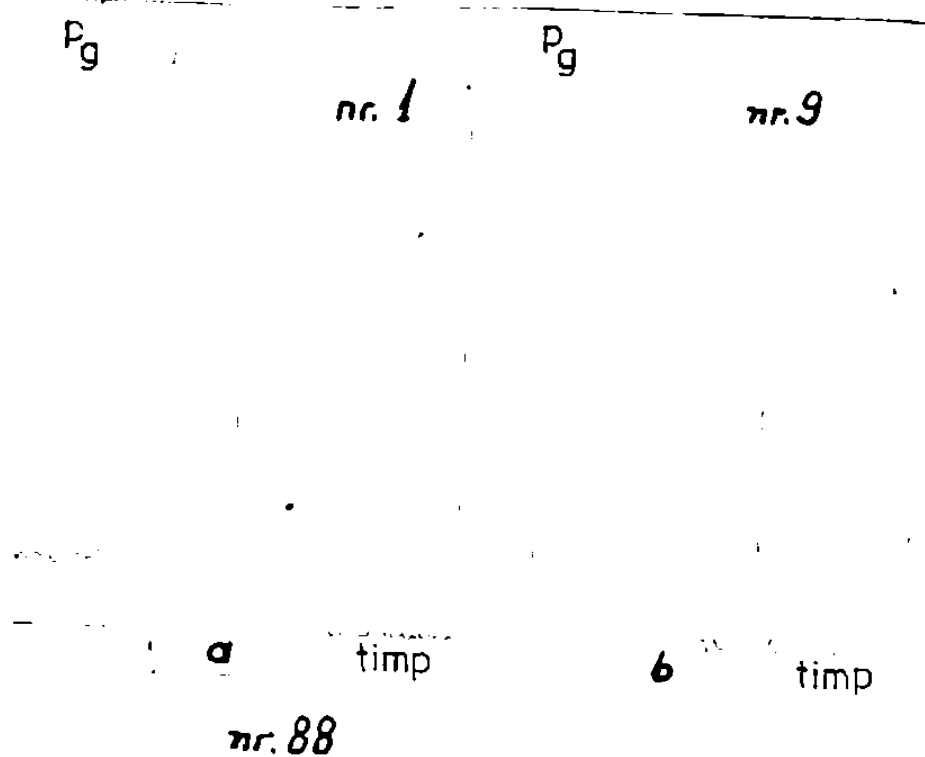


fig.5.7 : Diagrame pentru  $p_g$

a,b - piese din OL 37  
c - piesă din OL 50

Scara:

- pentru  $p_g$  1 bar  $\rightarrow$  0,4mm
- pentru timp 1 sec  $\rightarrow$  40mm

c timp

In diagramele din fig.5.7 s-au selectat tot trei cazuri mai caracteristice determinate de reperul placă obtu-

...//...

Denumire reper	Date caract. mater		Caracteristici														Materi- al de pre- să
	Calita- te ma- terial	Grosime suprafata decupata cm <sup>2</sup> .	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Rondela Ø80/Ø20	TDA OL37	$\frac{3,15}{11,0}$	4710	80	270	J0=0,035 J1=0,015	2,5	654	314	283	8	160/1 80/400	11	8	13	14	
	OLC 45	$\frac{2,2}{6,9}$					2				9,6						
		$\frac{1,5}{4,71}$					1,8				11						
	OLC 45	$\frac{6,0}{18,84}$					2,5				6,5						
Placa obtu- rator-	OL37	$\frac{2,0}{6,36}$	1800	105	163	J0=0,02 J1=0,037	2,5	377	201	95	8,5	100/ 50/25	95	8	101	101	
	OL52	$\frac{2,0}{6,36}$				J1=0,025					8						
	TDA OL37	$\frac{0,5}{1,06}$									15						
		$\frac{1,0}{2,12}$									12						
		$\frac{1,5}{3,18}$									11						
		$\frac{5,0}{4,24}$									10						

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Pla- of obta- re- too- re	AN	$\frac{9.5}{1.06}$ $\frac{1.0}{2.12}$ $\frac{1.5}{3.18}$									20	15	13
	Ca	$\frac{9.5}{1.06}$ $\frac{1.0}{2.12}$ $\frac{1.5}{3.18}$									20	15	13
	Inox.	$\frac{9.5}{1.06}$ $\frac{1.5}{3.18}$									11	8	
	Al.99	$\frac{3}{9.42}$									13		
Pla- of re- Gula- for cob- tri- re- Gel.	OL 42	$\frac{2}{5.8}$	720	75	162		2	640	320	160	10		
													PLV 160/ 80/40



ratoare, dar nu aceleași cu cele din fig.5.6. De altfel diagramele a și b din fig.5.6. s-au ridicat cu aceleași valori pentru  $p_{cp}$ .

Diagrama 5.7. a reprezintă o corelație corespunzătoare dintre necesarul și efectivul la  $p_g$  în condițiile ghearei cu unghiul la vîrf de  $105^\circ$ .

Această imprimare, menținută sub sarcină pînă la sfîrșitul decupării a condus la o tăiere fără ruptură în faza finală (piesa nr.1). În aceeași figură dar diagrama b este reprezentată imprimarea la piesa nr.9 la care s-a produs descărcarea totală a ghearei înainte de sfîrșitul decupării. O asemenea situație a condus la ruperea piesei în partea finală a tăieturii pe o porțiune importantă.

Diagrama c din aceeași figură a fost înregistrată la piesa nr.65 la care nu a avut loc o imprimare decît sub formă de amprentă a ghearei iar la sfîrșitul decupării cilindrul a fost și complet descărcat. Din analiza piesei, care de această dată s-a executat și dintr-un oțel cu  $\sigma_r = 52 \text{ daN/mm}^2$ , se observă o decupare de circa  $1/3$  a la ieșire total nesatisfăcătoare.

### 5.3.2. Vitezele de lucru utilizate și influența lor asupra calității decupării

Tot din diagramele ridicate s-a dedus că viteza în timpul decupării nu a rămas riguros constantă și prin urmare a suferit modificări într-o oarecare corelație cu presiunea din cilindrul principal ea fiind mai mică la începutul tăierii și mai mare la finele ei întrecînd astfel valoarea prescrisă numai în finalul decupării (zona de ruptură).

Diagrama din fig.5.6.b s-a ridicat pentru aceeași piesă (placa obturatoare) fiind menținut materialul și grosimea lui dar sporind viteza de tăiere (prin creșterea debitului introdus în cilindrul principal). Diferența față de prima piesă constă numai în înrăutățirea din punct de vedere al calității suprafeței decupate. A crescut zona de ruptură iar rugozitatea  $R_a$  este ceva mai mare (fig.5.8).

Diagrama 5.6.c, se referă la o piesă nedecupată (nr.62) la care s-a aplicat regimul înscris în tabelele anexa 11, la poziția respectivă. Se observă că după ce presiunea  $p_{cp}$

..//..

a ajuns la o valoare prestabilită (1), nesatisfăcătoare pentru finalizarea tăieturii, puansorul a încetat să înainteze menținându-se astfel pînă cînd (2) s-a comandat întoarcerea culiscrului preseii la poziția inițială. Urmărind piesă cu piesă tabelele anexa 11 colțana 17 precum și plăsele desu-  
pate și bobagimetele din anexa 12 se constată anecdotul de va-  
riații de viteză ce s-au produs, pentru demonstrare, a-  
vînd la bază reperul placă obținătoare. Fața de parametrul  
viteză în fig. 5.9. se prezintă următoarele constatări prac-  
tice:



a



b

fig.5.8 : Piese realizate cu regimul din diagramele 5.6.

- a. - realizare conform 5.6.a;
- b. - realizare conform 5.6.b.

- Cu cît materialele sînt mai maleabile cu a-  
tît viteza poate fi mai ridicată. Curbele trasate reprezîn-  
tă limitele superioare ale vitezei pe care le recomandă în  
funcție de calitatea materialului ce se prelucurează prin  
ocuparea rină și de grosimea piesei. Se acceptă, în condi-  
țiile diagramei 5.9. valoarea maximă pentru viteza 20 m/sec.  
și minimă 9 m/sec. Viteza se poate adopta pentru oricare  
din valorile cuprinse sub curbele limită dar pentru obține-  
rea unei productivități superioare, fără influență asupra  
calității se înclină a se tinde spre valorile ce rezultă din  
curbe.

..//..

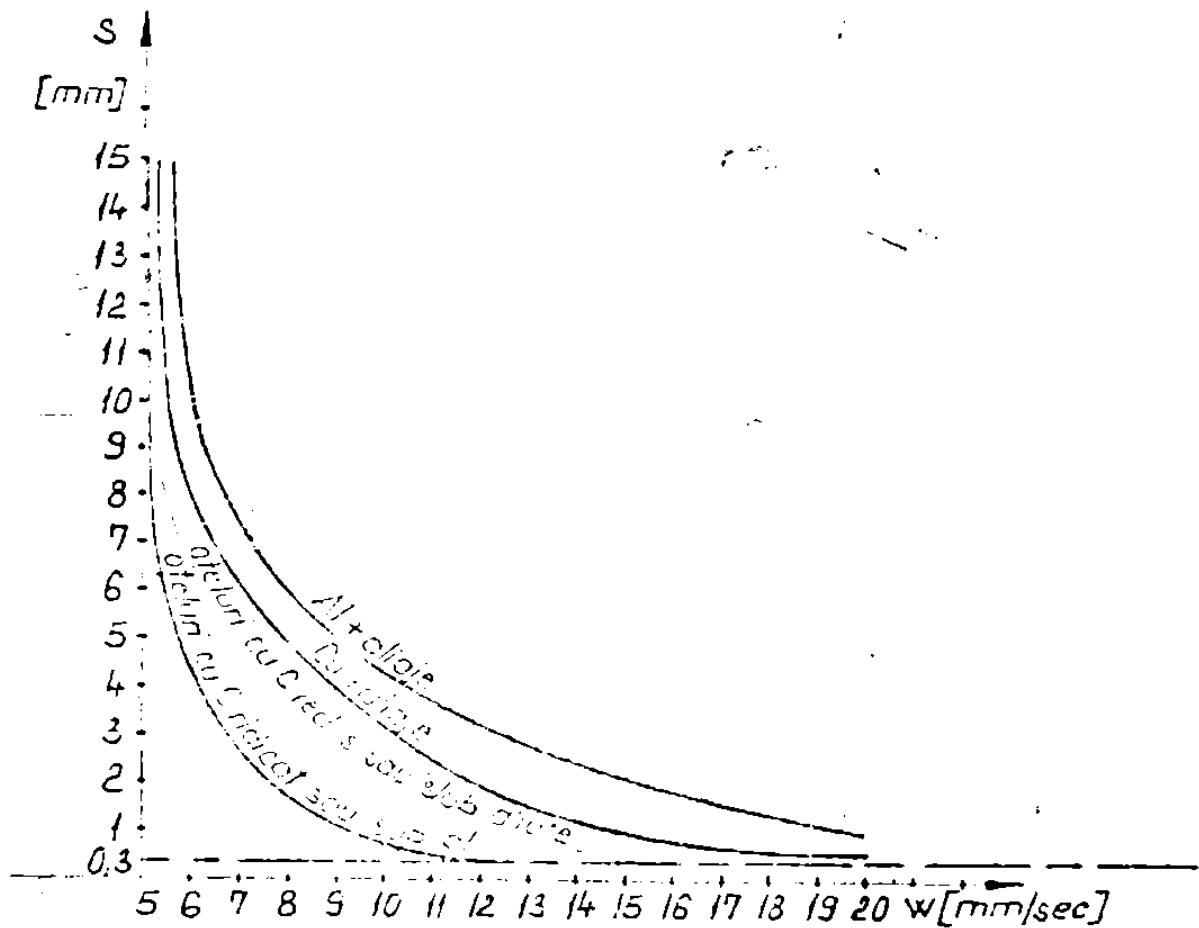


fig.5.9: Diagrama vitezelor limită pentru decuparea fină a materialelor nominalizate, dependent de grosimea lor.

Diagramele din anexele 12 pentru piesele marcate cu 72-74 s-au ridicat pentru piese din Al la care, deși s-a realizat un decupaj foarte bun calitativ, acestea nu prezintă aspecte de detaliu interesante din cauză că scările aparatului de înregistrare (atât pentru timp cât și pentru presiune) au fost relativ reduse și diagramele însăși sînt de dimensiuni mici. În ansamblu se poate trage concluzia că estfel de materiale se pretează foarte bine, la decuparea fină chiar dacă procesul decurge cu viteze evident mai mari decît la oțeluri. (V. diagr. 5.9.).

5.5.3. Influența încălzirii asupra vitezei de tăiere și a calității suprafeței decupate fin.

..//..

În consens cu § 4.5.1 și cu rezultatele experimentale înscrise în tabelele și diagramele din cap.5, cât și în anexele prezentei lucrări, influența încălzirii zonei de decupare fină, pornind de la relația 4.74 respectiv

$$T_f - T_1 = \Delta T_m = \frac{s}{b} \frac{A \cdot f_c \cdot \sigma_r \cdot 10^3}{\gamma \cdot c}$$

este evidențiată în tabelul 5.3.

Din valorile înscrise în tabel se pot trage următoarele concluzii :

- Calitatea materialelor și proprietățile lor fizice au influențe determinante asupra valorii vitezei de tăiere pentru a nu întrece limitele de încălzire în zona de forfecare. Cei mai importanți parametri din acest punct de vedere sînt rezistența la rupere, rezistența la curgere și căldura specifică.

- Zona de influență termică  $b$  trebuie să fie mai mare la materialele cu  $\sigma_r$  ridicat și conductibilitate redusă (cazul oțelurilor 40 C 130) respectiv să se practice o viteză de tăiere relativ mai mică, pentru a menține însă  $T_f$  în limite sub cele permise de transformările de structură se observă că :

$$b_n \geq (0,1 + 0,2) s \text{ (mm)} \quad (5.1)$$

Această relație devine fundamentală în rezolvările practice ce intervin la decuparea de precizie pentru a nu se degrada piesa sub efectul termic în secțiunea de forfecare.

#### 5.5.4. Influența jocurilor dintre elementele active ale ștanței

Pentru a urmări influența jocurilor dintre peanson și placa tăietoare s-a folosit ștanța pentru rondelă la care s-au creat știt pentru  $\phi 20$  cât și pentru  $\phi 20$  câte 3 variante de diametru ( deci și a jocurilor dintre ele). Aceste variante și jocurile existente la matrița pentru placa obturatoare sînt redate în tabelul 5.4.

În cazul probelor consemnate în anexele 11 și 12 au mai fost variate următoarele elemente :

- forța  $F_g$  respectiv acîncimea efectiv imprimată;

Tabel 5.3

Placă obtu-	Mr.	9	88	-	72	-	-	Conform cu:
Materialitate	Simbol	OL 37	OL 52	40Cl30	Al 99	Am 63	Cu 99,25	STAS
Or	daN/mm <sup>2</sup>	37	52	80	23	47	30	"
$\frac{\sigma_c}{\sigma_r}$	-	0,6	0,54	0,735	0,87	0,6	0,82	Manualul inginerului, volumul 2
$\sigma$	mm	3	3	1,5	3	1,5	1,5	Anexa 11
$\alpha$	g/or <sup>3</sup>	7,8	7,8	7,7	2,7	9,0	8,93	Manualul inginerului Hütte
c	Kcal/Kg <sup>o</sup>	0,111	0,111	0,114	0,217	0,091	0,093	"
Scală :	mm.	0,035	0,035	0,012	0,012	0,12	0,012	Tabel 5.4.
$\lambda/s$	-	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	-
fc	-	0,47	0,44	0,47	0,33	0,46	0,43	fig.4.21
$\lambda$	mm	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	desena atașată
Para- TH	°C	20	20	20	20	20	20	
metri $\Delta T_m$	°C	282	371	501	303	309	182	
ter- A	Kcal	1	1	1	1	1	1	
nicol:	n.KG.	427	427	427	427	427	427	
bc } b	mm.	0,5	0,5	0,3	0,3	0,3	0,3	
bn } b	mm.	0,5	0,5	0,5	0,3	0,3	0,2	
TX	°C	302	391	321	323	329	393	
Vite- W efectiv	mm/sec.	8,6	9,5	6	13	6	8,6	tabel 5,2
na : Na maxim	- " -	8,6	8,6	8	13	13	13	fig.5.9

- viteza de tăiere;
- materialul piesei și calitatea suprafeței semifabricatului;
- distanța de la conturul piesei la gheara de fixare;
- ungerea materialului;
- rotunjirea muchiilor peansoanelor și ale plăcilor de tăiere.

tabel 5.4

Denumirea piesei	Set de peansoane-plăci	Dimensiunea și jocul			Dimensiuni efective ale piesei
		peanson	matriță	joc	
rondelă Ø 80/Ø 20	1	79,995	80,010	0,015	80,062÷80,084 20,12÷20,13
		19,985	20,005	0,020	
	2	79,985	80,020	0,035	
		19,990	20,005	0,015	
	3	79,990	80,050	0,060	
		19,980	20,005	0,025	
placă ob- turatoare pentru s = 3 mm.	1	65,470	65,471	0,001	65,51÷65,70 OL 65,52 AL; 65,48 Cu
		42,360	42,372	0,012	42,43 OL 42,47 AL; 42,48 Cu
		42,353	42,387	0,037	42,46 OL 42,47 AL 42,42 Cu.
		Ø 7,217	Ø 7,224	0,007	-

În condițiile evidențiate în tabelul 5.4 s-au tras următoarele concluzii :

- jocul foarte mic, sub 0,01 s nu influențează pozitiv nici precizia nici calitatea decupării. El devine chiar un mare neajuns pentru proces mărind frecările deci și consumul de energie transformată în căldură, crește nejustificat costul sculelor, apar deteriorări mai frecvente ale muchiilor părților tăietoare la reglaje sau în cazul decupării cu pătrunderea peansoanelor în plăcile de tăiere;

- jocul mai mare de 0,1 s influențează negativ atât asupra preciziei cât și a decupării. Pe intervalul  $j=(0,05÷0,01)s$ , influența jocului se reflectă în special asupra preciziei dimensionale a decupării și asupra bavurii care crește odată cu jocul la sculă.

- Asupra calității piesei cea mai mare influență o are creșterea stării tridimensionale de solicitare. Cu jocuri mari

(0,06 s) dar cu o fixare puternică prin gheară și cu o contrapresiune în limitele prevăzute de scap.2.4.1 s-au obținut rezultate chiar mai bune decât pentru jocuri de 0,02s. dar fără fixare externă și contrapresiune ridicată.

Se stabilește deci că jocul dintre elementele tăietoare ale sculei se va alege la decuparea fină între 0,01 s și 0,05 s în funcție de precizia dimensională și de forma geometrică impusă piesei și nu de rugozitatea tăieturii. Se va urmări însă ca în practică să se aplice regimul de tensiune, în interiorul materialului, corespunzător stării tridimensionale de solicitare.

Precizia distanței dintre axe pentru găuri practicate în cazul decupării fine depinde numai de precizia sculelor.

Ungerea pieselor și rotunjirea muchiilor de tăiere constituie măsuri de îmbunătățire a procesului și în special de reducere a uzurii sculelor.

#### 5.3.5. Influența calității materialelor supuse decupării

După cum s-a mai menționat, în prezentările anterioare, calitatea suprafeței decupate fin depinde foarte mult și de calitatea materialului prelucrat, atât ca structură cât și ca stare fizică exterioară. Pe măsură ce crește limita de curgere decuparea fină devine mai puțin sigură fiind un fenomen direct legat de o asemenea stare internă. Alumiuniul, cuprul și aliajele lor au fost decupate fin la o calitate superioară cu aceleași scule (respectiv jocuri) dar cu viteze mai mari (scap.5.3.2) și cu forțe evident pe măsura rezistenței lor la rupere. De asemenea o comportare bună au avut-o oțelurile cu un conținut mic de C. Ungerea sau decuparea tablei îmbunătățesc atât procesul de tăiere (calitatea suprafeței) cât și durata de lucru a sculelor. Oțelurile inoxidabile cu conținut mic de C au prezentat tăieturi corespunzătoare. Bavura rămasă după decupare este însă mai mare la materialele maleabile.

Pe măsură ce a crescut conținutul de C, atât la oțelurile realizate cât și la cele aliate s-au produs rupturi. Tăieturile mai bune s-au obținut prin creșterea spre limitele superioare a parametrilor de tensionare a procesului

și prin scăderea relativă a vitezei de tăiere. Cu cât elementele de aliere formează componente dure (carburi) cu atât posibilitatea de a realiza decupaje fine se reduce (anexele 11 și 13).

Este de menționat că pentru dezvoltarea aplicării procesului de decupare fină se întâmpină unele dificultăți privind confecționarea părților active ale ștanțelor (șanșoane, plăci tăietoare). Aceste dificultăți se referă în ceosebi la posibilități de a folosi la confecționarea acestor elemente, materiale cu calități deosebite (ex. paste, carburi metalice cu W, Ti, Va). Pentru obținerea de decupări de precizie atât pentru piese cu calități de rezistență ridicată, cât și pentru confecționarea de scule durabile și cu menținerea preciziei timp îndelungat vor fi necesare eforturi conjugate pentru perfecționarea pe plan național a tehnologiilor de elaborare a materialelor cât și de prelucrare a părților sculelor care au un rol primar în acest proces.

#### 5.3.6. Propuneri de îmbunătățire a preselor și sculelor folosite la decuparea de precizie

Experimentările efectuate cu presele hidraulice PDF 100 și PDF 160 au scos în evidență posibilități de îmbunătățiri constructive a acestora în care scop se fac următoarele propuneri :

1. Pentru a avea o viteză riguros constantă în perioada de tăiere și în consecință o decupare uniformă pentru toată grosimea piesei, este necesar ca alimentarea cilindrului de forță principal să se facă prin două pompe. În acest sens se propune să se folosească pentru perioada de apropiere și pentru revenirea cilindrului principal ambele pompe (una cu volum constant și una cu volum variabil) iar în perioada de tăiere să se întrerupă circuitul pompei de volum variabil și să se acționeze numai cu pompa de volum constant. Această schemă va asigura aceeași viteză de la atingerea materialului și pînă la perforarea completă a piesei, indiferent de rezistența la tăiere a materialului care se prelucurează în raport de adîncimea la care se află șanșonul.

Tot pentru ușurarea urmăririi vitezei de decupare în



timpul efectuării operației și încadrarea ei în limitele determinate de diagrama 5.9, întrucât în prezent nu există aparatură indicatoare pe mașină, se propune să se introducă un traductor de viteză și un indicator decadal la puștrul de comandă care să poată afișa viteza cel puțin în perioada de reglaj.

Tabloul de bord să cuprindă o plăcuță indicatoare cu diagramele 5.9 pentru alegerea de către operator a vitezei optime în funcție de grosime și calitatea materialului supus prelucrării.

2. Actualul sistem de avans al materialului, și el complet hidraulic, asigură o precizie satisfăcătoare pentru piese la care deformarea se face simultan pentru toate suprafețele ce se impun a se decupa fin sau pentru tăieturi sau deformări succesive care nu necesită toleranțe strânse la pas. Pentru o poziționare la nivelul clasei 7-8 de precizie se propune crearea unui dispozitiv de avans care să fie livrat ca accesoriu special, pentru cei ce necesită o asemenea dotare cu deplasare controlată printr-un sistem de comandă numerică numai pe o direcție. La panoul de comandă al preseii să se introducă așternuturile de prescriere și eventual de afișaj.

3. Actuala construcție și dotare a preselor nu prevede accesoriile necesare pentru automatizarea alimentării piesă cu piesă (pentru deformări în volum, încoviri de precizie ș.a.). Posibilitățile mașinii se rezumă la alimentarea manuală și pornirea ciclului și evacuarea automată (prin celula fotoelectrică).

Se propune și pentru asemenea operații conceperea unui dispozitiv robot care conectat la presă să intercondiționeze acționarea mașinii de executarea ciclului de alimentare.

Pentru ștanțele de decupare fină s-au dedus ca utile și se propun a se introduce în practica viitoare următoarele îmbunătățiri :

1. Folosirea pentru ghidare a bușelor cu bile cu vers continuu construite și asimilate în RSR conform normei de tipizare a ICSIT Titan București.

2. Utilizarea de plăcuțe dure pentru elementele tăieto-

re confecționate special pentru dimensiunile necesare.

3. Introducerea de ștanțe de decupare fină pentru tăieri succesive de piese. Această soluție este avantajoasă numai la ștanțele la care partea centrală se aglomerează cu poansoane și contra-poansoane subțind peste limitele de rezistență pereții pieselor active ale sculei.

4. Organizarea, la nivel național a unor producători de matrițe pentru decupare fină, dotați și specializați pentru o asemenea fabricație. Pentru o execuție rațională și reușită a unei asemenea fabricații ar trebui să fie întregită de o serioasă bază de concepție (institut) care să proiecteze, tipiseze și să cerceteze permanent nevoile economiei naționale precum și toate tendințele și cuceririle pe plan mondial pe care să le aplice sistematic și după imediată lor descoperire.

#### 5.4. Concluzii asupra determinărilor experimentale.

Pregătirile pentru experimentarea procedurii au conținut toate elementele necesare pentru a fi confirmate studiile și documentările teoretice. Datele și diagramele ridicate, practic au condus la următoarele concluzii :

1. Procesul de decupare fină depinde direct de creerea în zona de tăiere sau în masa piesei a unei stări tridimensionale de solicitare. Pentru a se obține o asemenea stare internă se impun următoarele condiții ce se cer simultan satisfăcute:

- să se producă o fixare exterioară a materialului (prin elemente de reținere) corespunzătoare relației teoretice (4.58) în corespondență cu caracteristicile materialului folosit și cu jocurile existente între elementele tăietoare ale ștanței;

- asigurarea unei contrapresiuni specifice, care să nu permită să producă deformarea piesei de prelucrat și totodată, să asigure starea de solicitare spațială.

- să controleze și viteza de desprindere a părții tăiate;

2. În condițiile existente în prezent atât cu utilajul de fabricație internă cât și cu mijloace provenite din extern randamentul procedurii se limitează la 25-28 %. În practică forța principală pentru presă  $P_{op}$  ( la presele cu acționare principală hidraulică) se va alege de 2,5 ÷ 3 ori mai mare

decît forța necesară pentru decuparea propriu zisă determinată cu relația 1.55. Cu cît  $\frac{O_c}{O_r}$  va fi mai mare cu atît se va alege coef. K din rel. 4.55 mai apropiat de 3.

3. Vitezele de tăiere vor depinde de grosimea s și calitatea materialului conform diagramei 5.9. Sub 5 m/sec. viteza nu mai influențează negativ procesul de decupare fiind dar aceste viteze nu se recomandă din motive de productivitate. Sub curbele limită se vor admite valori invers proporționale cu creșterea raportului  $\frac{O_c}{O_r}$ . Este foarte importantă menținerea constantă a vitezei pe toată durata decupării.

4. Jocurile dintre elementele active ale sculei se admit (0,01 - 0,05)s cu prescripție spre limita inferioară cînd se urmărește o precizie de contur mai mare. Pentru jocuri mai mari se impune asigurarea riguroasă a parametrilor de creare a stării tridimensionale de tensiune în piesă.

5. Extinderea procedurii spre oțeluri cu conținut ridicat de C sau cu elemente de aliere care formează carburi metalice dure și casante este costisitoare și nu se obține o calitate deosebită a suprafeței forfecate la decupare. Din acest motiv se indică folosirea procedurii în decesebi, în condițiile actuale, la prelucrarea materialelor cu proprietăți ductile bune.

6. Unghiul optim pentru gheara de fixare se prevede a avea valori de 75°.

7. Bavurile rezultate la decupare cresc la materiale maleabile și scad cînd jocurile dintre părțile active sînt mai mici.

## 6. CONCLUZII GENERALE SI CONSIDERATIILE FINALE

Analizând la nivelul ansamblului său lucrarea și în deosebi studiile teoretice și practice efectuate ca și ideile și concluziile trase la fiecare capitol în parte se constată cadrul complex și multilateral fundamentat al acestora.

Este evident și univoc faptul că lucrarea se bazează pe selectarea exigentă a elementelor și legilor care caracterizează procedeul de decupare de precizie, că ea constituie o permanentă și riguroasă formă de dezbateri și deducție în scopul scoaterii în evidență a particularităților mai puțin studiate pînă în prezent ale procedeului în sine.

Bazată și pe un amplu suport experimental, începînd de la presele concepute și realizate cu concursul nemijlocit al autorului, folosind scule create special pentru a demonstra tocmai elementele specifice fenomenului, alegerea formei pieselor de bază precum și a sortimentelor de materiale de încercare, a metodologiei și aparatului de lucru, teza ce se prezintă are un evident caracter de originalitate. Incadrată de la început în contextul economiei naționale românești, cu o varietă și largă cunoaștere de către autor a programelor de dezvoltare în etapele actuale și viitoare lucrarea devine și din acest punct de vedere un material ce contribuie la clarificarea și dezvoltarea procedeului într-o măsură deosebită. Crearea simultan cu studiile efectuate de autor a utilajului adecvat aplicării depline a procedeului, îmbunătățirea lui ca urmare a observațiilor din timpul experimentărilor și consemnate de lucrare va deveni baza tehnico-materială a lansării generale a procedeului.

Lucrarea evidențiază totodată măsurile pe care ar trebui să le ia producătorii de materiale de scule cu caracteristici superioare precum și executanții de scule pentru realizarea lor corectă și la o gamă cît mai largă de piese.

Producătorii români de prese cît și de scule vor fi în măsură să exporte utilaje și know-how în țările membre CAER precum și în oricare altă țară interesată să promoveze procedeul de decupare fină.

Datorită documentării foarte ample a autorului, avînd

la bază cele peste 110 titluri citate în nota bibliografică dar și alte titluri neevidențiate, prin nenumărate articole de revistă studiate, prospecte, prin observații directe la expoziții internaționale de o largă arie de cuprindere în domeniul prelucrărilor prin deformare și cu cele mai noi realizări tehnice, prin participări la conferințe interne sau internaționale, lucrarea constituie, într-o formulă concentrată, o îmbogățire a patrimoniului științific la nivel național și internațional, o contribuție de certă valoare la elucidarea procedurii și fenomenului de ștanțare și fină a metalelor în stricță corelație cu descoperirile relevate de literatura tehnică precum și cu elementele noi constatate și ceduse în timpul cercetărilor întreprinse.

Partea de studiu teoretic, deși pornește de la legile fundamentale ale prelucrărilor prin deformare plastică precum și de la rezultatele cunoscute ale experimentărilor unor firme externe și cercetători străini și procedurii de decupare de precizie, constituie o evidentă extindere a cunoașterii interne a condițiilor ce trebuie create pentru ca prelucrarea să se realizeze la nivelul calitativ cerut. Axat în principal pe necesitatea ca în material să se creeze o stare de solicitare volumică, de valoare capabilă a produce alunecarea lină a straturilor de material, fără ruperi cristalografice neuniforme și în trepte mari (care să conducă la rugozități nepermise în planul de tăiere), studiul determină toate condițiile care trebuie îndeplinite pentru a se ajunge la o decupare precisă și fină. Fenomenul este explicat științific din punct de vedere al eforturilor unitare ce se nasc, al valorilor lor pentru a determina curgera corespunzătoare a materialului, al deplasărilor lineare sau unghiulare în plan și în volum.

În prima sa parte studiul teoretic fixează pentru prima dată în documentație de specialitate relațiile cu care se pot calcula valorile eforturilor și deformațiilor ce apar în cazul decupării de precizie astfel ca, într-o anumită situație practică, să se poată determina valorile forțelor ce trebuie create, a lucrului mecanic consumat, randamentului, încălzirii și a tuturor parametrilor necesari a fi

..//..

cunoscuți pentru a stabili corect procesul de decupare fină.

Cea de a doua parte a studiului teoretic evidențiază toți factorii care influențează direct sau indirect decuparea fină. Tot aici autorul a urmărit să prezinte și modul cum se determină valorile acestor factori furnizând, pe lângă relațiile de calcul, o serie de date sau diagrame care au fost deja recunoscute ca optime pentru limitele de valori ce se adoptă practic.

Studiul experimental demonstrează veridicitate relațiilor teoretice și a valorilor limită a promovării decupării de precizie.

Folosind în întregime mijloace proprii de decupare (prese, ștanțe) autorul a ales și organizat partea experimentală pentru a avea rezultate cât mai concludente. Corelându-și în principal tematica de cercetare cu forma pieselor (care uneori a fost aleasă anume pentru a nu se introduce confuzii), cu seturile de părți active ale sculelor precum și cu flexibilitatea pe care a creat-o de la începutul conceperii preselor a ajuns la rezultate edificatoare în baza cărora s-au putut trage importante concluzii. Rezultatele redată în prezentare prin tabele, prin diagramele ridicate precum și prin fotografii sau piese fizice se pot concentra în următoarele concluzii generale :

1. Decuparea de precizie constituie un procedeu nou, deosebit de avantajos datorită productivității cu care se obțin piese cu precizie de formă și de microgeometrie ridicate.

Deși există esențiere cu procedeul clasic de decupare, cât privește utilajul și sculele, fenomenul în sine presupune particularități care conduc la concluzia că decuparea fină trebuie să fie tratată ca un procedeu nou, diferit de cele cunoscute.

2. Precizia dimensională și finețea straturilor conturului de decupare se datorează propriuzis alunecării straturilor pe o zonă mult mai restrânsă decât la decuparea obișnuită. Pentru o asemenea mișcare a microcristalelor este necesară crearea unor condiții specifice procedurii de decupare fină ca :

...//...

- preîntîmpinarea încovoierii materialului în timpul tăierii;
- micșorarea jocului dintre părțile active ale sculei
- rotunjirea fină a muchiilor poansoncelor și plăcilor tăietoare;
- folosirea de materiale cu structură cât mai omogenă.

3. Condiția de bază ce deplasarea atomilor să se producă în planuri de separație cât mai apropiate o constituie creerea stării tridimensionale de solicitare într-o asemenea manieră încît energia potențială ce se acumulează în zona supusă deformării să îndeplinească relația de plasticitate Huber-Mises:

$$\sqrt{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2} = \sqrt{2} \sigma_c$$

evidențiată în scap.4.2.1.1.

La o astfel de stare internă forma materialului se modifică pe baza alunecării straturilor cele mai apropiate, producîndu-se o curgere continuă a materialului lipsită de fisuri pornite din sens contrar decupării așa cum se întîmplă la procedeul normal.

4. Relațiile de calcul și legile de deformare cunoscute la decuparea clasică se pot folosi și la decuparea de precizie dar aplicarea lor trebuie să țină seama de particularitățile acestui procedeu conform evidențierilor din cap. 4 și 5.

5. Fenomenul în sine de decupare poate fi influențat nefavorabil de factori perturbatori ai deplasării straturilor de atomi sau cristale. Unul dintre aceștia este căldura ce se produce în zona de deplasare și în jurul ei. Evitarea încălzirii peste valorile care conduc la obținerea unei decupări necorespunzătoare se realizează prin admiterea de viteze de decupare în limitele evidențiate de diagrama p.9. Pe măsură ce grosimea materialului este mai mare, viteza de lucru trebuie să se limiteze la valori mai mici tocmai pentru ca energia termică produsă să se evacueze sau să se disipeze într-o zonă mai mare. Practicarea de viteze peste



limitelor astfel determinate a condus (v. § 5.3.2 și tabelul 5.2.2.) la piese cu zone de rupturi evidente la partea finală de tăiere.

6. Tot din diagrama 5.9. cît și din demonstrațiile teoretice din cadrul cap.4 se deduce că viteza de decupare depinde și de raportul  $\frac{G_c}{G_r}$ . Cu cît acesta are valori mai mici (materiale cu curgere bună) cu atît viteza de tăiere poate fi admisă spre limitele maxime.

Determinările experimentale au demonstrat că depășirea limitelor de viteze evidențiate în studiu (cap.5) au efecte pronunțate de scădere a calității decupării. Scade evident gradul de netezime. Studiul a evidențiat de asemenea efectul calitativ superior ce se obține în cazul menținerii constante a vitezei în tot timpul producerii tăieturii (v.fig.5.8.a). Vitezele practice vor fi cuprinse între 5 și 15 mm/sec.

7. Rugozitatea suprafeței conturului decupat este mai puțin influențată de jocul dintre poansoane și plăcile tăietoare ale matrițelor dacă acesta nu depășește 0,05 s. Influența cea mai importantă pe care o are jocul dintre piesele active ale sculei se evidențiază la dimensiunile efective ale piesei decupate. Din tabelul 5.3. rezultă observația foarte importantă că dimensiunile efective ale piesei sînt mai mari decît dimensiunile efective ale plăcilor tăietoare care le-au generat. Un asemenea fenomen se datorează elasticității materialului. De acest efect, ne-am evidențiat de literatura de specialitate, va trebui să se țină necondiționat seama la dimensionarea matrițelor pentru piesele ce urmează a avea dimensiuni efective în clasele de precizie 7-8 conform STAS 8104-68. Pentru asemenea precizii de contur jocul se va admite cît mai apropiat de 0,01 s.

Jocurile între poansoane și plăcile tăietoare, mai mici de 0,01 s NU mai contribuie calitativ asupra pieselor decupate. În schimb se înregistrează o creștere a consumului de putere a preseii și contribuie la degradarea suprafețelor de lucru ale sculelor datorită frecărilor ce au loc între acestea și materialul ce se decupează. Crește inutil și căldura produsă în zona de tăiere. Tot ca element defavorabil se e-



vidențiază și creșterea cheltuielilor de execuție ale ștanțelor și elementelor lor de ghidare în condițiile scăderii exagerate a jocului dintre părțile active, deci a creșterii preciziei de execuție.

La valori ale jocului mai mari de 0,05 s. calitatea suprafeței decupate se înrăutățește prin apariția fisurilor în partea terminală caracterizate prin zone mult mai rugoase și a prezenței bavurilor.

8. Studiul experimental demonstrează rolul major pe care îl are tensionarea materialului pe direcția perpendiculară față de mișcarea sculei cât și pentru evitarea producerii de încovoieri ale acestuia în momentele tăierii. Condiția cea mai favorabilă decupării ar fi ca să se folosească un sistem de tensionare radială pe tot conturul piesei. Practic, dar mai puțin eficace, această cerință se rezolvă prin blocarea materialului cu ajutorul unui pinten (gheară) de reținere, suficient imprimată în material pe una sau pe ambele fețe, astfel că, în timpul decupării, prin reacția pe care o face să se nască tensiunea internă necesară creierii stării volumice de sollicitare. Intrucît imprimarea ghearei și menținerea presiunii asupra ei, conduc la consum suplimentar de putere și deci la scăderea randamentului, studiul evidențiază necesitatea aplicării metodelor de sectorizare a respectivei nervuri precum și decomprimarea ei în timpul tăierii pînă la valori care să nu permită curgerea materialului spre zona de tăiere. Adîncimea  $h$  de imprimare a ghearei se alege din diagrama 4.18 în raport de calitățile mecanice ale materialului piesei.

Unghiul optim la vârful ghearei de reținere s-a determinat a fi cel de  $75^{\circ}$  (§ 4.4.2) din condiții de randament și rezistență.

Pentru a crea starea de tensiune necesară s-a stabilit că distanța "a" dintre conturul de decupat și axa vârfului ghearei de reținere este corespunzător aleasă dacă se încadrează în intervalul (0,7 ÷ 1,2) s.

9. Crearea condițiilor de plasticitate impuse de procesul de decupare fină (conf. § 4.4.2.) necesită aplicarea

a trei forțe distincte și reglabile (în special  $P_g$  și  $P_c$ ) motiv pentru care, la construcția de prese promovată în R.S.R. s-a adoptat folosirea integrală a acționărilor de tip hidraulic.

10. Lucrul mecanic consumat pentru decuparea fină este o sumă a tuturor lucrurilor mecanice produse de cele trei efecte ale preseii. Acest aspect gravează asupra randamentului general al procedurii. Studiul a demonstrat în cadrul cap.5 că, în condițiile tehnice atinse pînă în prezent, randamentul nu poate depăși valoarea de 28 %, element foarte important pentru dirijarea cercetărilor și perfecționărilor tehnice viitoare.

11. Condițiile impuse și evidențiate destul de complet de studiu privind procedeul în sine de decupare fină atrag măsuri speciale asupra construcției sculelor în raport cu materialele prelucrate. Pentru metalele neferoase și oțelurile cu  $\frac{C}{Or}$  mic, oțelurile uzuale de scule sînt relativ satisfăcătoare pentru execuția părților active ale ștanțelor. În cazul oțelurilor aliate și cu conținutul de carbon 0,6 % se impune folosirea de plăci cu pastile dure care complică mult execuția sculei.

Pentru montajul general al ștanței se indică practicarea de spații între piesele active și cele de conducere în care să se toarne materiale în stare lichidă care, prin solidificare să le fixeze într-o poziție cît mai bine centrată. Se indică deasemenea ca tratamentul de durificare al plăcii tăietoare să se efectueze după ce s-a făcut o calibrare a acesteia cu propriul poanson.

## Bibliografie

1. Aczel O.ș.a. Dislocațiile și frecarea internă a metalelor. Ed.Facla Timișoara 1974
2. Badea S. Forjarea și extruziunea mater. metalice Ed.Did.și Pedag.1980.
3. Baranovski M.A. Mecanizarea și automatizarea producției de piese ștanțate (trad.l.rusă) I.D.T. 1963
4. Bezuhov N. Teoria elasticității și plasticității (traducere) Ed.it.tehnică 1957
5. Blumenfeld M. Manualul inginerului mecanic.Elem.de teoria elastic.și plastic. Ed.tehnică 1974
6. Bogoiavlenski N. s.a. Isgotovlenie detalei plasticeskija deformirovanie Masinostroenie Leningrad 1975
7. Brockhaus G.I. Alegerea materialelor pentru tăiere de precizie. Ind.Anzeiger nr.102 dec.1972
8. Busdugan G. Rezistența materialelor Ed.it.tehnică 1970
9. Cazimirovici E. s.a. Teoria deformării plastice Ed.Did.și Pedag.Buc.1981
10. Chamouard A. Tome 1 - Tome 2. Estampage et Forje Ed.Dunod 1964
11. Chiriță V.ș.a. Matrițarea la cald a metalelor și aliajelor. Ed.tehnică 1979
12. Ciclov D. Mecanica ruperii materialelor Ed.Academiei RSR 1977
13. Cirilo A.s.a. Tehnologia matrițării și ștanțării la rece. Ed.Did.și red. 1966
14. Cojocaru St. Seria de prese pentru decupaj fin de la 1000 la 2500 KW (comunic.I.R.Fin.) 1977.
15. Cojocaru St. Starea de tensiune la decuparea fină ses.comunic.I.Titan Buc.1982
16. Cojocaru St.și Turcas I. Contribuții la studiul durabilit.sculelor de ștanțare (com.Univ.Brașov) 1975.
17. Constantinescu A.ș.a. Fluajul metalelor Ed.Tehnică 1970
18. Cristescu N. Probleme cinatice în teoria plasticității. Ed.Tehnică 1958.
19. Cuicovdu M. Proc.de def.plast.a oțelurilor aliate și aliajelor nefer. speciale. Ed.tehnică 1970

..//..

20. Deutsch I.           Rezistența materialelor  
Ed.Did.și Pedag.1979
21. Dieter Jr, G.K. Metalurgie mecanică  
(traducere din l.engleză)  
Ed.tehnică 1970
22. Drăgan I.ș.a.       Tehnologia deformărilor plastice  
Ed.Did.și Pedag.1979
23. Drăgan I.           Tehnologia forjării și matrițării  
Ed.Did.și Pedag.1961
24. Dugas R.           Decoupage, cambrage, emboutissage  
Paris 1958
25. Eisenkolb Fr.       Das Prüfen von Feinblechen  
Carl Hauser Verlag München  
1949
26. Elotnikov S.L.      Tehnika bezopasnosti i promishlenniaia  
ș.a.                   sanit.v kuznecino presovih tehnh  
Maşinostroenie Msk. 1974
27. Feintool            Fine Blanking
28. Geru N.            Teoria structurală a propr.metalelor.  
Ed.Lid.și Pedag.1960
29. Gidea S.           Metalurgia fizică și stud.met.p.I.  
Ed.Lid.și pedagogică 1979
30. Golovlev           Rascetiprotessov listovoi stampovky  
Maşinostroenie Msk.1974.
31. Goras G.           Metalurgia fizică elementară  
Ed.tehnică 1968
32. Gromov N.R.        Teoria obrabotki metalov davleniem  
Metalurgia 1978
33. Guidi A.           Nachschneiden und Feinschneiden  
K.H. München 1965
34. Hilbert L.H.       Stanzertechnik Band I  
Carl Hauser Verlag München  
1972
35. Hilbert LH         Stanzertechnik Band II  
Carl Hauser Verlag München  
1970
36. Hirth J.R.         Teoria Dislocații  
Atomizdat Moskva 1972
37. Honeycombe RWK   The Plastic Deformation of Metals  
Edward Arnold LTD 1968
38. Kacianov A.M.      Osnoviteorii plasticnosti  
Maşinostroenie Msk 1969
39. Khest I.V.         Osnovnik sovremennie napravlenia v  
matematicheskoj teorii plasticnosti.  
Kiga 1971
40. Kleesnikov IS     Osnovnaia zavismesti sopotrivlenia  
metalov holodnomu plasticeskomu  
deformirovaniu 1973.

41. Iliescu C. Tehnologia ștanțării și matrițării la rece. Ed.Did.și redag.1977
42. Joul S. Etude de la plasticité et application aux métaux. Ed.Dunod Paris 1965
43. Jonnson V.s.e. Plasticity for mechanical Engineers D.van Nostrand Co.1962
44. Mäkelt H. Die Mechanischen Pressen Carol Hauser Verlag München 1961
45. Mäkelt H. Pressen Handbuch - Werkzeugmaschinenfabrik Soligen 1970.
46. Malov A.N. Tehnologia halodnoi stampovki Masinostroenie 1969
47. Masterov V. Theory of plastic deformation and metal working Moskv Mir 1975
48. Meseriu V.T. Listovăia șampovka (atlas) Mașinostroenie 1975.
49. Mocanu D.R. Rezistența materialelor Ed.tehnică 1960
50. Moldovan V. ș.a. Utilaje pentru deformări plastice Ed.Did.și redag. Buc.1962
51. Moșnin N.E. Gibka obtiajka i pravka na pressah Mașinostroenie 1959
52. Munteanu I. Presarea la rece Ed.tehnică 1965
53. Nanz A.ș.a. Extrudarea la rece și forjarea cu fibraj continuu a oțelului. Ed. Facla Timișoara 1975
54. Nefedov P.A. Konstruirovonie i izgotovlenie șampov Mașinostroenie 1973
55. Ohen N.K.s.a. Geometrical Aspects of the Plastic Deformation of Metal Single Crystals 1954.
56. Ohrimenko M.I. Tocinaia șampovka metallov i splavov v sostoiania sverhplasticnosti - Kuznecino șampovocinoe proizvođstvo 1972.
57. Olazak Ń.s.a. Teoria plasticității metalelor (ș trad.șin l.polonă). Ed.Th.1970
58. Orwan E. Dislocation in metals. DIME New York 1954
59. Salei M.V. Tehnologia proizvodstva prișosoblenii presform i șampov. Mașinostroenie 1971.
60. Philips A. Introduction to elasticity The Roland Press Company New York 1956
61. Popescu V.L. Tehnologia forjării și extruziunii Ed.Did.și redag.1967.

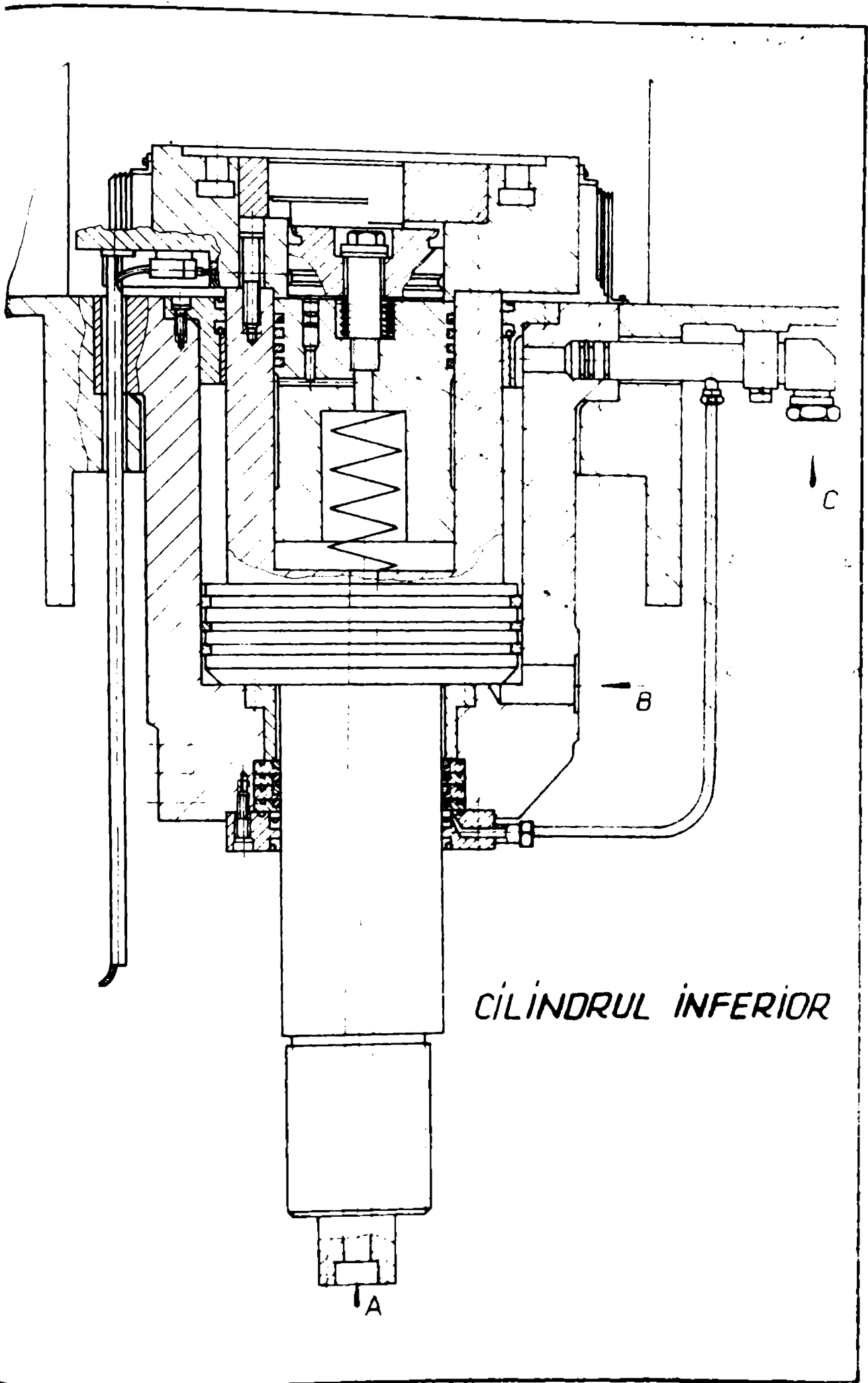
..//..

62. Popescu V. s.a. Tehnologia forjării  
Ed. tehnică 1980
63. Popov E.A. Osnovi teorii listovoi stampovki  
Maşinostroenie 1977.
64. Prager W. An introduction to plasticity Addison
65. Read, Jr. W.T. Dislocation in Crystals, Mc.Graw Hill  
Book, Company - New-York 1953.
66. Romanovski V.F. Stanţarea şi metritarea la rece  
(traducere din l.rusă) 1970.
67. Rossi M. Stampaggio a freddo delle lamiere Ed.  
Ulrico Hoepli Milano 1970
68. Rovinski N.G. Listoetampovocinie mehaniceskie pressii.  
Maşinostroenie 1966
69. Rovinski NG Stanţarea la rece în industria constr.  
de maşini (trad.l.rusă).  
ILT 1956
70. Schmidt E. Plasticity of crystals  
Ed. Hughes & Co London 1950
71. Skvortov AG Osnovikonstruirovania stampov dia  
hloдной listovoi stampovki  
Maşinostroenie Msk 1971
72. Smirnov SV Teoria obrabotki metallov davleniem  
Metalurgia Vsk 1973
73. Schumann H. Metalurgia fizică (traducere din l.ger-  
mană)  
Ed.Tehnică 1962
74. Schoek G. Dislocation Theory of Plasticity of Metals  
New-York 1958
75. Storojev W s.a. Teoria obrabotki metallov davleniem  
Maşinostroenie 1977.
76. Tabără V.s.a. Calculul proiectarea şi reglarea prese-  
lor, 1976.
77. Tabără s.a. Maşini pentru prelucrări prin deformare  
Ed.Did.şi Ped.1979.
78. Tarnovski I. s.a. Teoria obrabotki metallov davleniem  
GNTI - Moskva 1963
79. Teodorescu P.F. Probleme spaţiale în teoria elasticităţii  
Ed.Academiei RSR 1970.
80. Thomson E.s.a. Plastik deformation in metal procesing  
The Mac Millan Co  
New-York 1965
81. Timoshenko SR Teoria stabilităţii elastice (trad.din l.  
engleză) Ed.Tehnică 1967.
82. Tomlenov DA Mehanika professov obrabotki metallav  
Maşinostroenie 1963.
83. Turcuc I.s.a. Tehnologia debitării, decupării şi perfo-  
rării de precizie.  
Ed.Tehnică 1982.

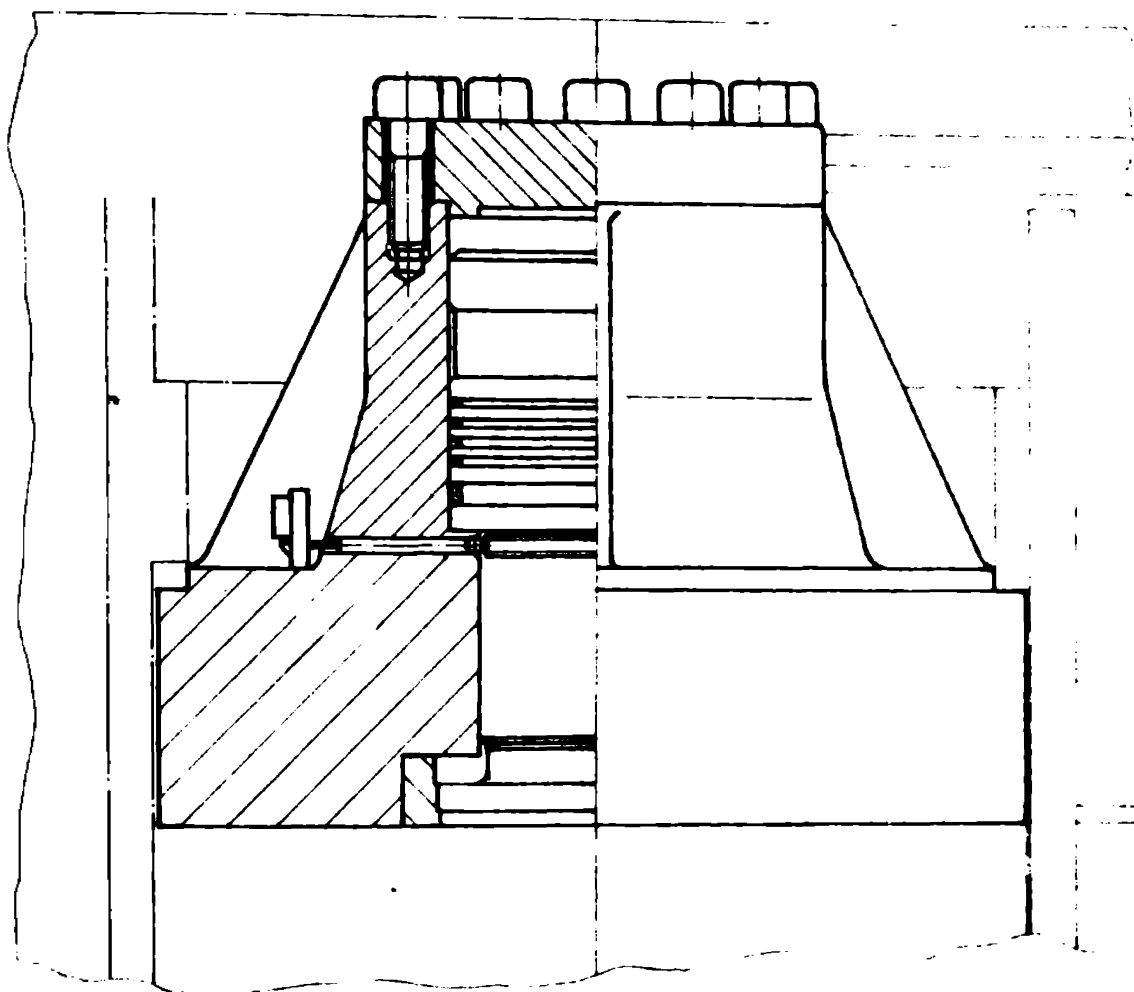
84. Tureac I., Cojocaru St. ș.a. Explicatsrea, întreținerea și repararea mașinilor de prel.met.prin def.plastică la rece.  
Ed. Tehnică 1984
85. Tureac I. Presse și mașini pt. prelucrarea tablilor 1973.
86. Von Bueren HG Imperfections in Crystals InterScience Publ. New-York 1960
87. Verguts H.ș.a. The pure plastic bending of laminated sheet metals.  
International Journal of Mechanical Sciences nr.1 1975
88. Visnevski N.S. Konstruktorско-технологические параметры штампов для холодной вырубкой со сжатием 1970.
89. Visinevski NS ș.a. Исследование процесса холодной вырубкой со сжатием.  
- Кузнечные станковочные производствo nr.1 1974.
90. Wang C.T. Applied Elasticity  
New-York 1951
91. Wicky S. Le découpage fin - La Machine Moderne, 1976
92. Wood RH Analysis of cup drawing process Mec. Eng. Science vol. 6 - 1964.
93. Zgură Gh.ș.a. Prel.metalelor prin def.la rece.  
Ed.Did. și red. 1977
94. Zgură Gh.ș.a. Tehnologia presării la rece.  
Ed.Did. și red. 1980
95. Zamfir Gh.ș.a. Presse cu excentric  
Ed. tehnică 1966
96. Zubtov B Listovaya stampovka  
Mașinostroenie 1967
97. Zurgavu C. Decuparea de precizie.  
Constr.de mașini nr.3 - 1973
98. Anuarul statistic al R.S.R. - 1979, 1980, 1981.
99. Blech und rohre
100. Conness economiques  
Edit.aub egica Cam.de Comert  
Ext.a RSh - 1981.
101. Schmid H. L'application du Decoupage de Precision  
BSR.
102. - " - Le découpage fin de l'acier et de metaux non ferreux-prospect.
103. - " - Technique actuelle du découpage de precision.
104. Matrize și șanțe pentru prelucrarea la rece BT 413-487-66 - ICIC I Bus.

- 105. Prognoza de dezvoltare a mdp și a procedurilor pe per.1986-2010.
- 106. Prospekte ce mașini ale firmelor elvețiene Schmidt, Feintool, Hyarel, Bssa.
- 107. Colectia de STAS-uri pt.metelurgie și construcția de mașini.
- 108. Informațion din anii 1971-1979.
- 109. Sistemul mdp a RSR.
- 110. Titan Marketing - Microstudii de conjunctură 1983.

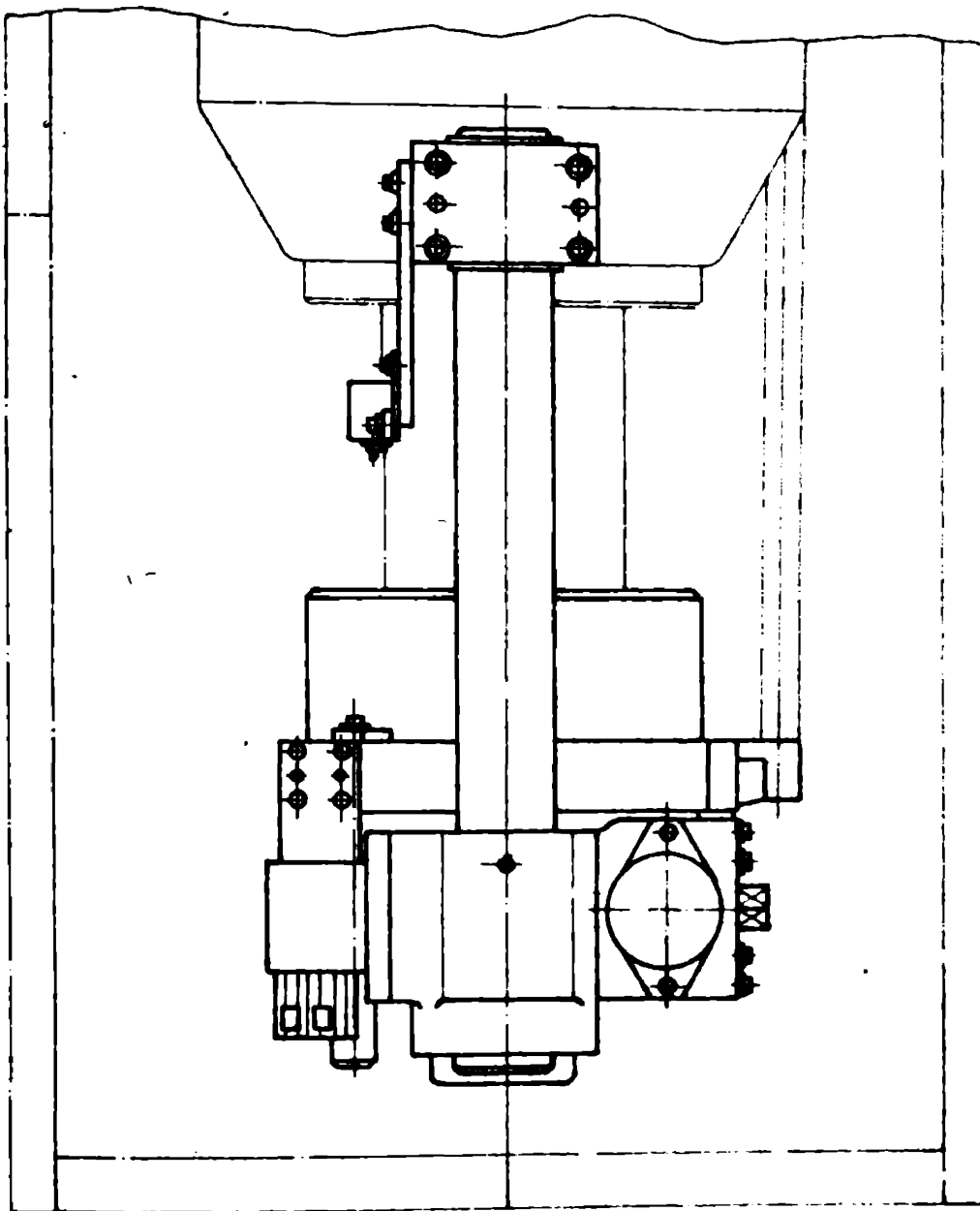




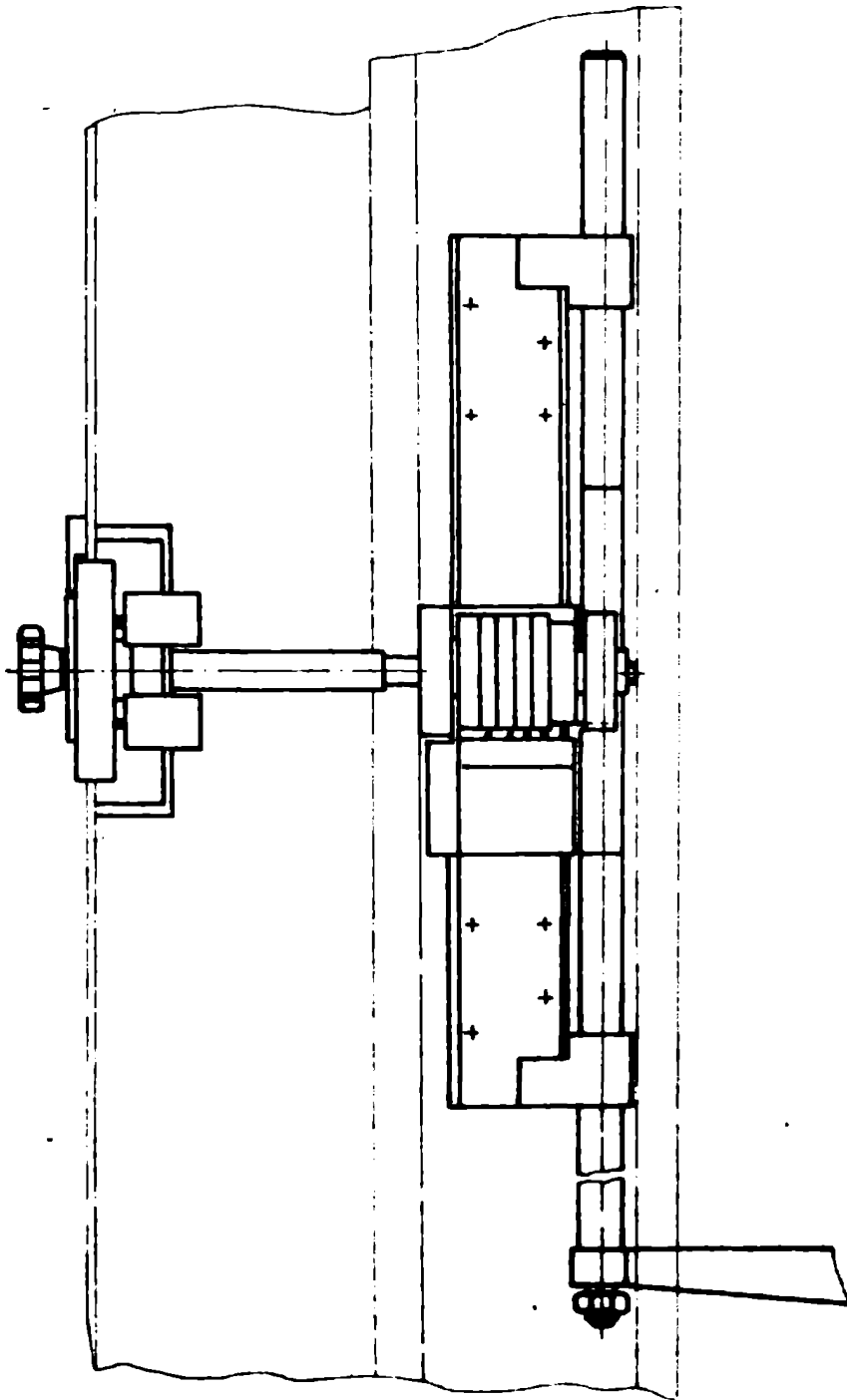
*CILINDRUL INFERIOR*



*CILINDRUL SUPERIOR*



*DISPOZITIV REGLARE CURSĂ*



**ARBORE DE COMANDĂ**

... pentru regajare

... cu cursa elastica

Sistem de amortizare a  
sacurilor amplasat in  
axa ghiciei

Cleste mobil

Cleste fix

Rolă fixă de  
conducere

Rolă cu înălțime  
reglabilă pentru  
conducere

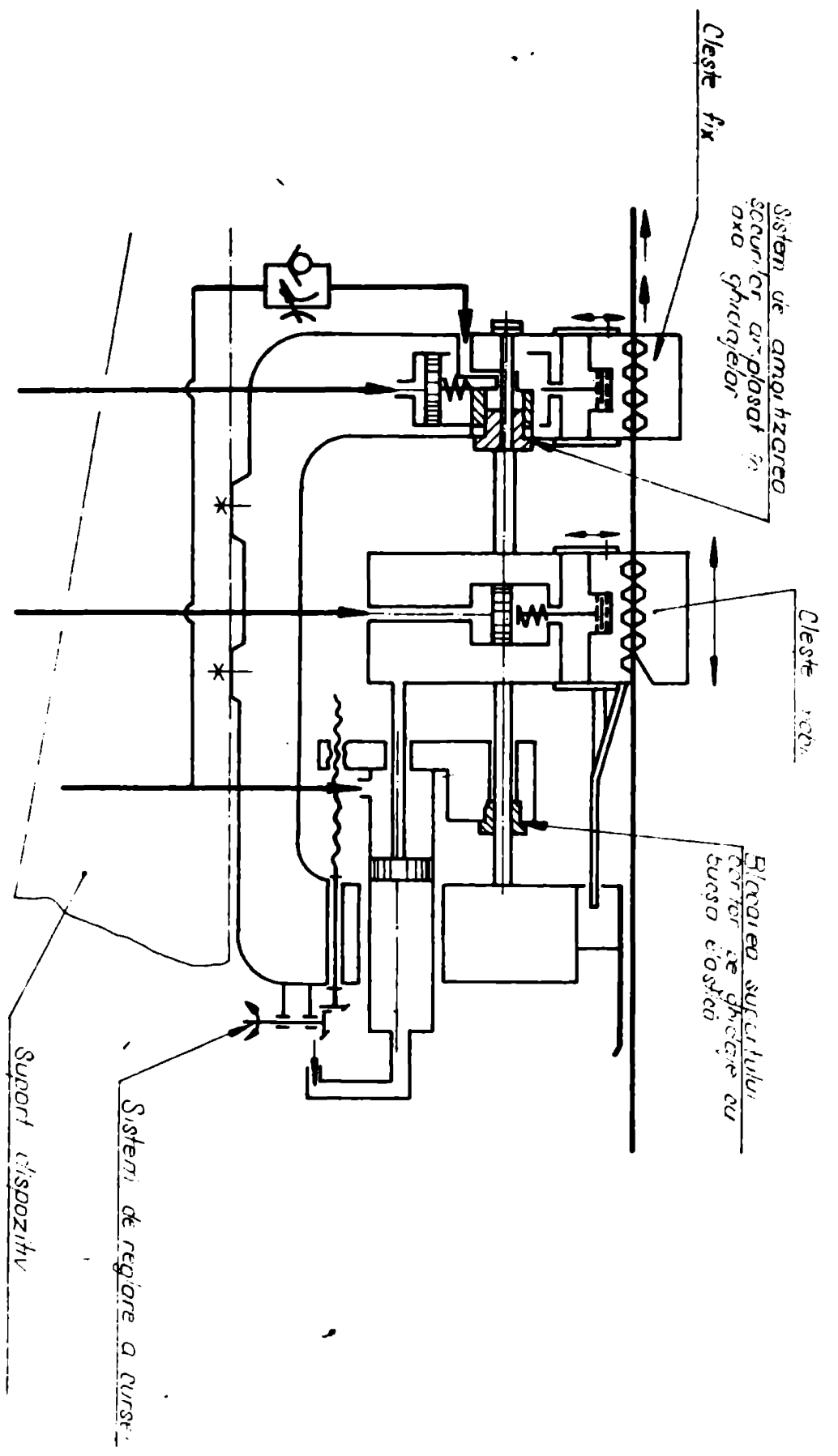
Role cu pișă mobilă  
prevăzută de arcuiri pe fibbă

Sistem de reglare a cursei

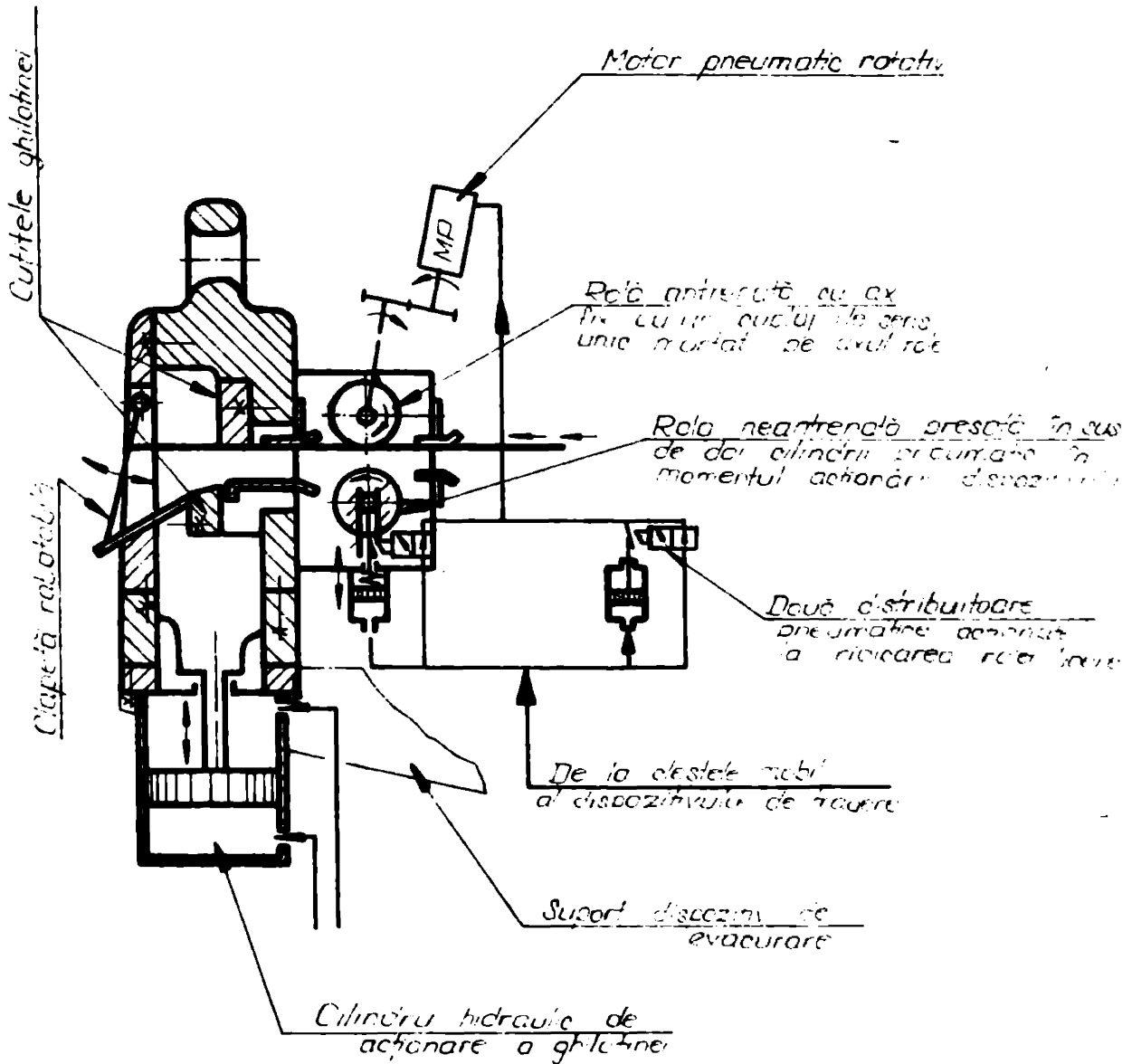
Excesiv pe bobina  
pruse

# DISPOZITIV DE ALIMENTARE

... ..

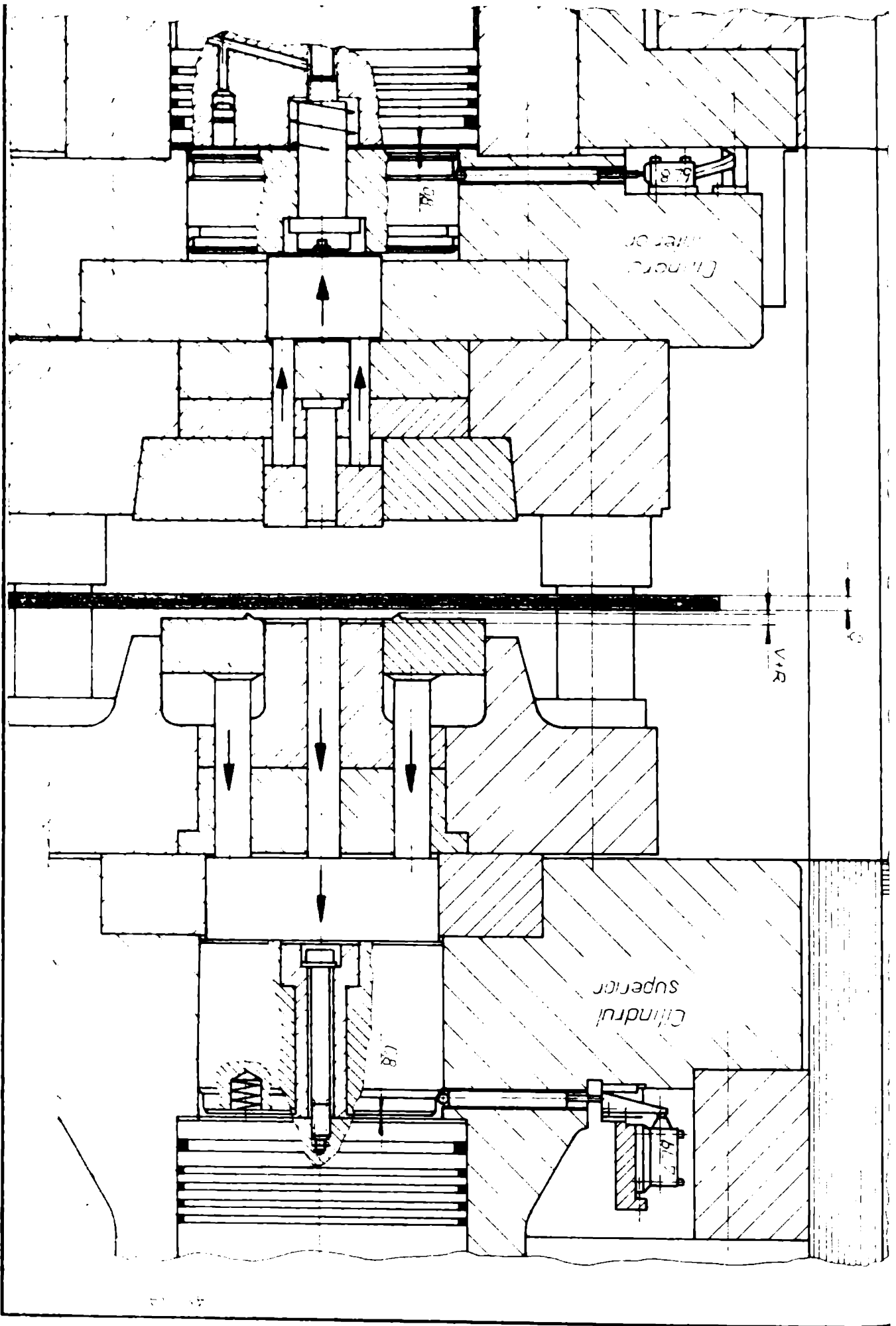


# DISPOZITIV DE TRAGERE



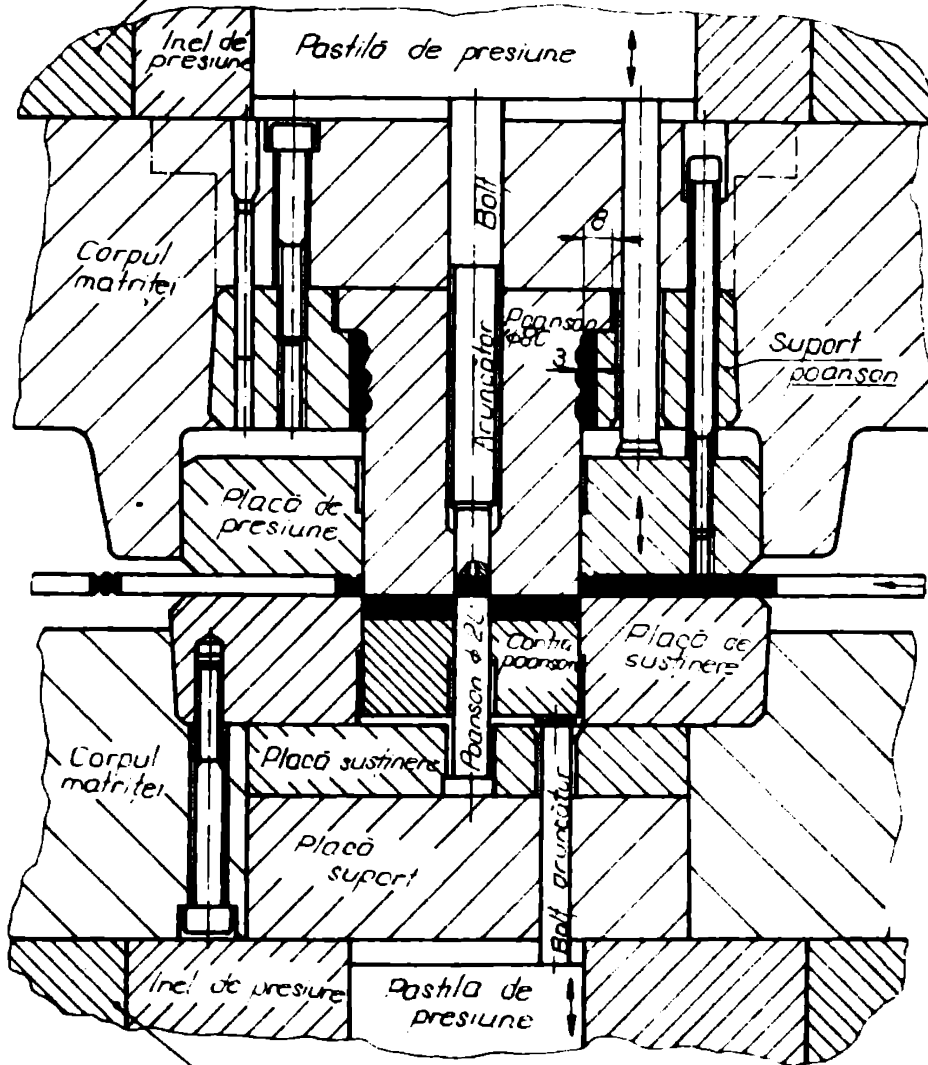
# FOARFECĂ GHILOTINA CU DISPOZITIV DE EVACUARE

De la firma ...



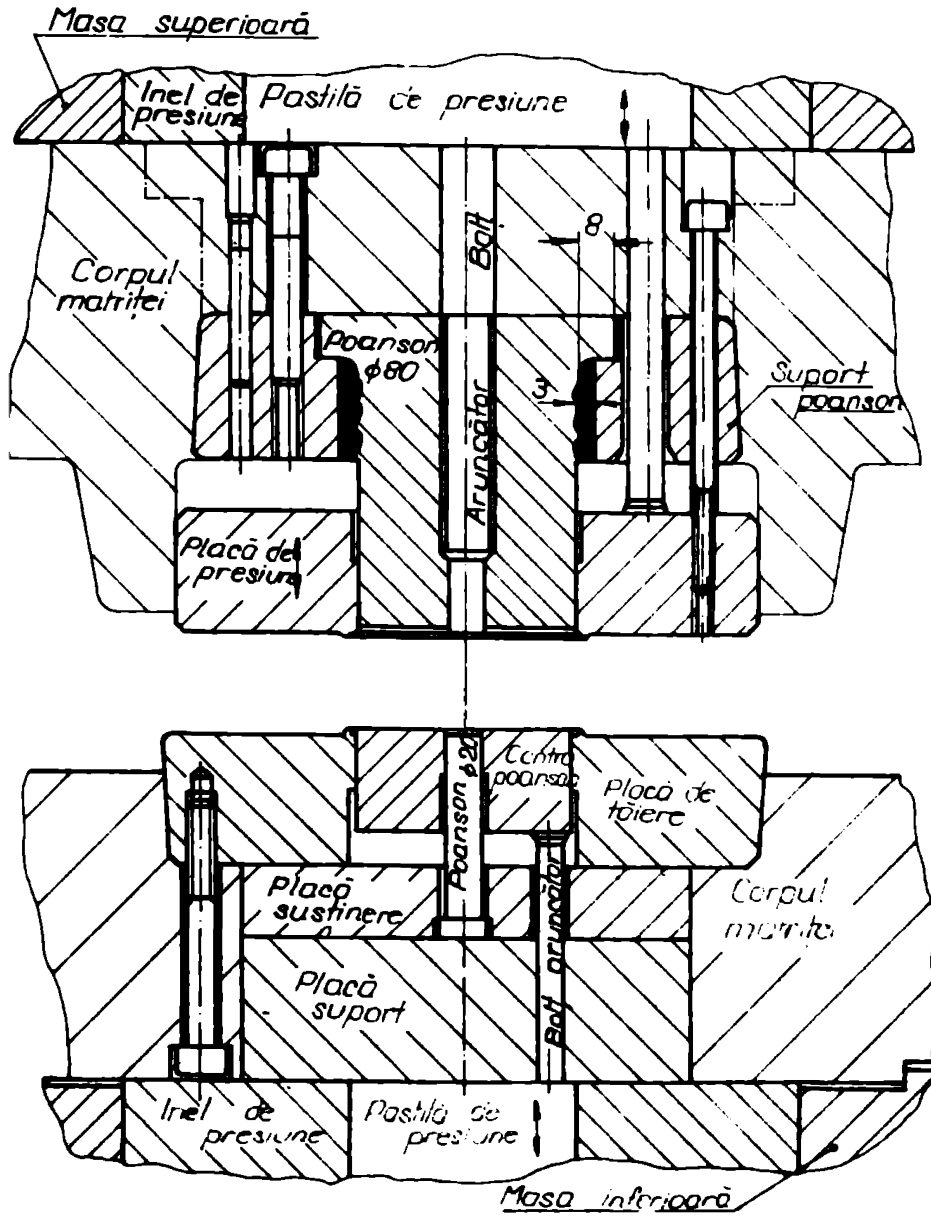


Masa superioară



Masa inferioară

## MATRIȚA ÎNCHISĂ



**MATRIȚA DESCHISĂ**

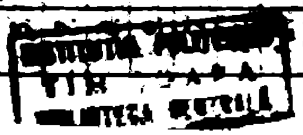
**Tabel cu valorile efective  
obținute la decuparea fină a reperului: „Placă obturatoare”**

Presă: PDF 100/50/25.

Nr. piesă	Călibre		Dimensiuni				Determinarea găbită a forțelor						Vite - Tip de ungere		Bavură		Dist. ghidaj poanson	Rugozitate Ra				
	Grăs. mat	Punții min.	Unghi grade	Dimens. ghidaj Lungime mm	Joc sculă mm	Pres. hidr. daN/cm <sup>2</sup>	Sect. cil. cm <sup>2</sup>	Pqp. KN	Pres. hidr. daN/cm <sup>2</sup>	Pg. KN	Pres. hidr. daN/cm <sup>2</sup>	Sect. cil. cm <sup>2</sup>	Pc. KN	luacru mm/s	ulei; emulsie	Max. mm			Min. mm			
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
1	OL 371	3	4,5	105°	163	conform		377		227	201	456	50	95	475							
2	STAS		Măsurătoare	incorectă		5,3	567		213	219		440				12		0,080	0,040			
3	500/2-80		Măsurătoare	incorectă			162		610	219		440				8		0,120	0,010			
4							158		595	221		444				8,6		0,070	0,010			
5							54		203	219		456						0,030	0,005			
							167		629			438				7		0,060	0,010			
										218								0,090	0,015			
																		0,090	0,010			
																		0,100	0,030			

Pc = 2,62 daN/mm

Notă: Valorile notate numai la începutul tabelului sînt cele corecte pentru toate încercările.



0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
13	OL 37.1	3	4,5	105	163	performanță	158	377	599	218	201	438	50	95	475	8	ulei	0,060	0,040	2,5	0,8
14	STAS					tabele	167		629							6,7		0,100	0,010		0,8
15	900/2-80					5,3			285	224		452						0,110	0,015		1,3
16																		0,120	0,030		1,3
17							165		622							7,5		0,100	0,030		0,8
18										221		444						0,150	0,010		0,8
19							186,3		702,3							5,7					
20																		0,080	0,010		1,3
21																		0,070	0,040		0,8-1,3
22							120,6		488							15					
23										178		357									
24							129		486							86					
25										184		404						0,110	0,005		1,3
26							127		478							10		0,090	0,010		1,3
27							124		467									0,040	0,015		0,8-1,3
28							127		478									0,050	0,005		0,8
29							124		467									0,040	0,020		0,8
30							120		452									0,080	0,010		0,8
31																		0,090	0,050		0,8
32										138		277						0,090	0,050		0,8
33							115		433									0,100	0,015		0,8
34																		0,110	0,010		1,3

0.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.
35.	OL 37.1	3	4,5	105	163	conform	119	377	448	138	201	277	50	95	475	10	ulei	0,100	0,040	2,5	1,3
36.	STAS	.	.	.	.	tabel	124	.	467	.	.	.	.	.	.	.	.	0,060	0,000	.	1,3
37.	500/2-80	.	.	.	.	5,3	121,5	.	458	.	.	.	.	.	.	.	.	0,070	0,000	.	1,3
38.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	173	.	347	.	.	.	.	.	0,120	0,005	.	0,8
39.	.	.	.	.	.	.	122	.	459	.	.	.	.	.	.	.	.	0,050	0,010	.	.
40.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,030	0,005	.	0,8
41.	.	.	.	.	.	.	119	.	448	.	.	.	.	.	.	.	.	0,060	0,000	.	0,8
42.	.	.	.	.	.	.	105	.	395	.	.	.	.	.	.	.	.	0,060	0,020	.	1,3
43.	.	.	.	.	.	.	115	.	433	.	.	.	.	.	.	.	.	0,060	0,040	.	0,8
44.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	157	.	315	.	.	.	.	.	0,030	0,000	.	0,8
45.	.	.	.	.	.	.	119	.	448	.	.	.	.	.	.	.	.	0,060	0,030	.	0,8
46.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10(IN)	.	0,020	0,005	.	1,3
47.	.	.	.	.	.	.	108	.	407	.	.	.	.	.	.	IN	.	0,010	0,005	.	.
48.	.	.	.	.	.	.	102,6	.	386	.	.	.	.	.	.	IN	.	0,030	0,010	.	.
49.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	101	.	203	.	.	.	IN	.	0,050	0,010	.	.
50.	.	.	.	.	.	.	86	.	324	.	.	.	.	.	.	12IN	.	0,020	0,005	.	.
51.	.	.	.	.	.	.	70	.	78	.	.	156	.	.	.	IN	.	0,070	0,005	.	.
52.	.	.	.	.	.	.	.	.	2639	.	.	.	.	.	.	IN	.	0,030	0,020	.	.
53.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,040	0,000	.	1,3
54.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
55.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	15	.	0,010	0,005	.	1,3
56.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	IN	.	0,005	0,000	.	.

Notă: IN - decupare completă pe exterior și nepătrunsă pe conturul găurilor.

0.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
57.	OL 37.1	3	4,5	105°	183	panoram	70	377	2639	78	201	156	50	95	475	IN	ulei	0,010	0,005	2,5	
58.	STAS					tabel										N					
59.	500/2-80					5.3										N					1,3
60.																					
61.																N					
62.																N					
63.																N					
64.																N					
65.																N					
66.																N					
67.																N					
68.							92	3468								IN					
69.							54	2035								10		0,120	0,005		1,3
70.									390			78				13		0,030	0,005		28-1,3
71.							57	214,8										0,020	0,005		0,8
72.	AI 99, STAS									320		64						0,110	0,020		0,4
73.	8852 2-80						38	143,2										0,090	0,005		0,4
74.	Tip HD						30	113										0,110	0,005		0,4
75.	STAS 7008-80											404						0,080	0,005		0,4
76.	OL 52.1									219											
77.	STAS						140	5278											0,005	0,000	
78.	500/2-80																		0,080	0,000	

Notă: N - decupare nepătrunsă pe tot conturul piesei.

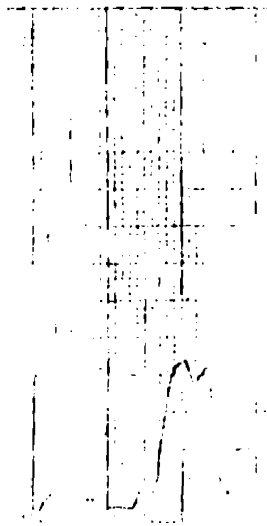
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
79	OL 52,1	3	4,5	25	163	conform	146	377	550,4	219	201	404	50	95	495	8	ulei	0,060	0,005	2,5	
80	STAS					tabe/				151		303				12		0,050	0,005		
81	500/2-80					5.3	92		346	208		418				10		0,060	0,000		
82							112		422									0,040	0,005		
83																					
84							191		456	194		385				8,6		0,050	0,010		
85							135		508,9	178		357				9,5		0,040	0,000		
86																		0,060	0,010		
87																		0,040	0,010		
88																		0,040	0,000		
89							113		426	154		303				9,2		0,040	0,005		
90										151								0,050	0,040		
91							154		580									0,080	0,010		
92										138		277						0,070	0,010		
93							146		550							10					
94										116		233				10,9		0,040	0,015		
95							84		316												
96										13,5		27						0,060	0,010		
97																		0,080	0,005		
98										51,3		103						0,050	0,005		
99							121,5		460									0,100	0,005		
100										67,5		135						0,090	0,005		

0.	1	2	3	4.	5.	6.	7	8	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21
101.	OL 52J	3	4,5	105	163	conform	111	377	418	675	201	135	50	95	475	10,9	ulei	0,070	0,010	2,5	
102	STAS					tabel				46		92				12		0,060	0,005		
103	500/2-80					53			388									0,090	0,005		
104										32		64						0,040	0,005		
105							94		354,3	13,5		27				10,9		0,020	0,010		
106																					
107							84		316							13		0,040	0,010		
108										12,5		25						0,020	0,010		
109							78		294									0,040	0,010		
110										11		22						0,020	0,005		
111																		0,060	0,010		
112+							AUTOMAT														
127.							129,3		487	177,6		356				-10					
	Am 63	0,5					27	377	101,7	43,2		86				6,7		0,100	0,010		
	STAS 95-80	1					67,5		244	118,8						5,7					
		15					94,5		356							6					

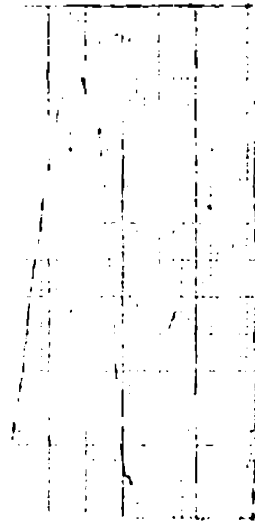




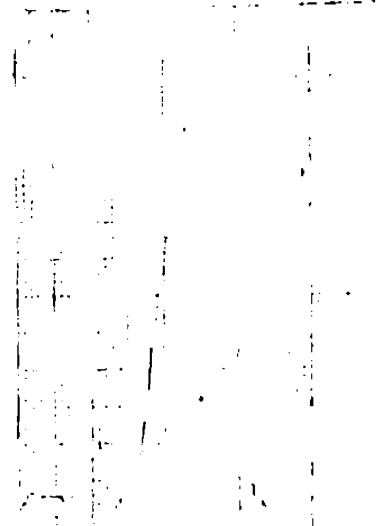
Diagrame  $P_{cp}$   
Decupare piese singulare



nr. piesei 2



6



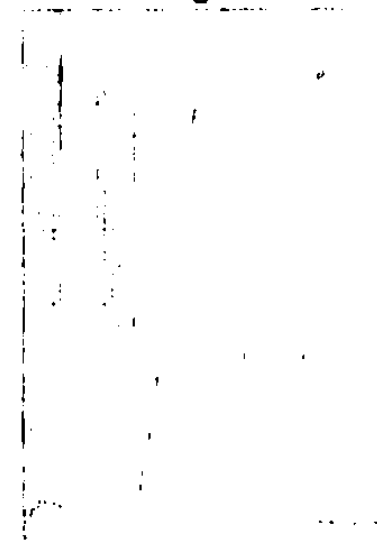
8



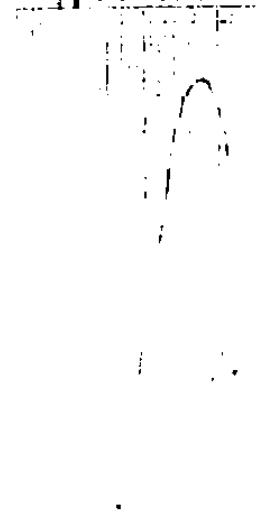
nr. piesei 10



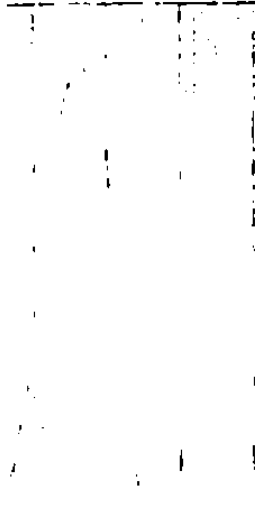
11



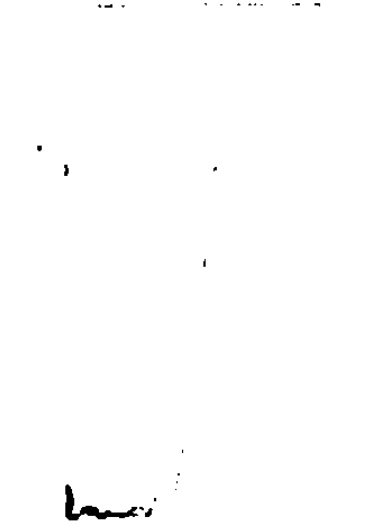
13



nr. piesei 14

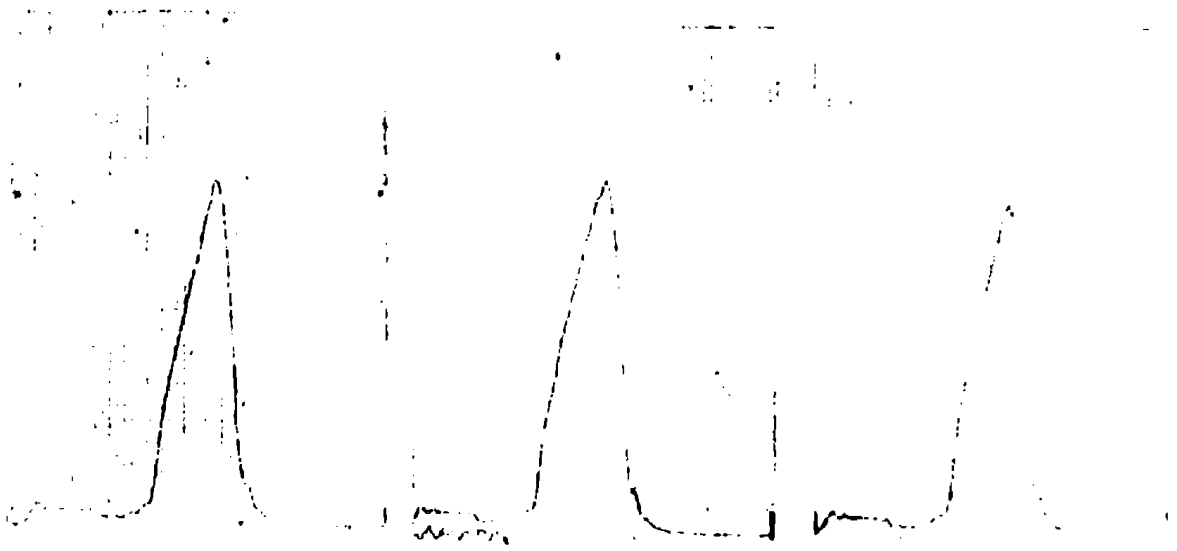


17



22

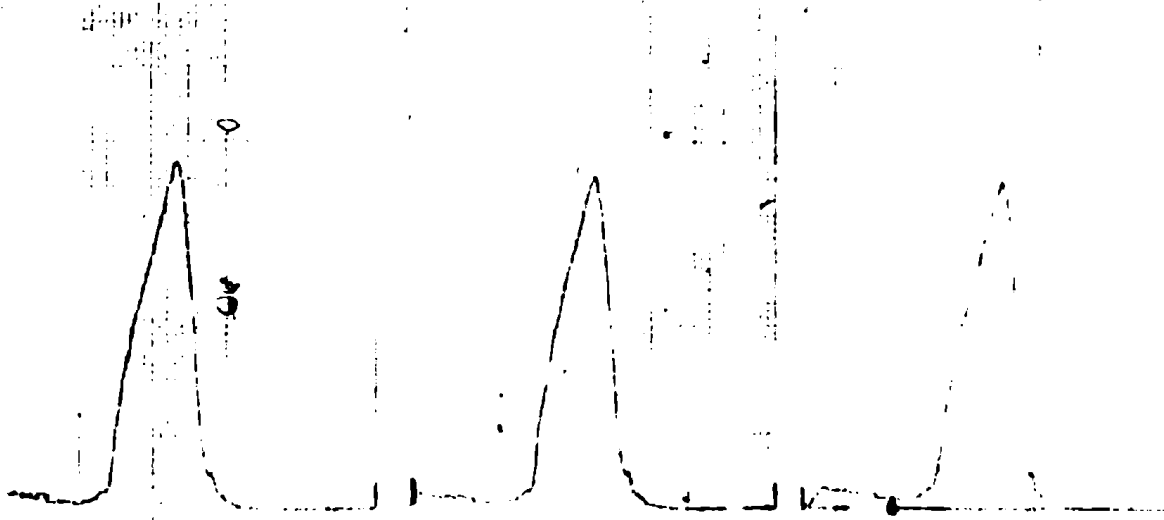
Diagrame  $P_{cp}$   
Decupare piese singulare



nr. piesă 26

24

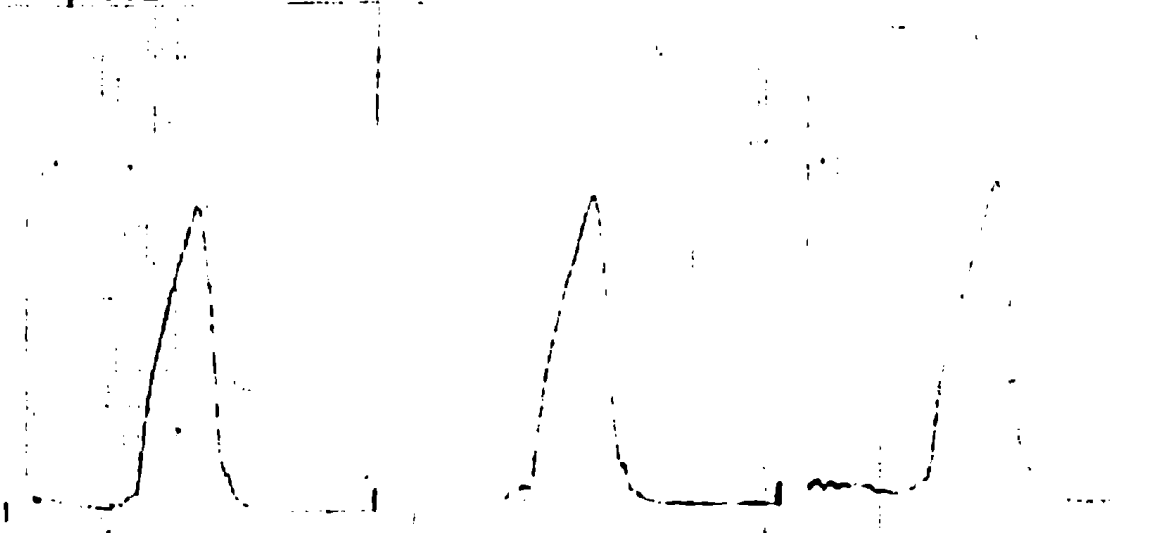
27



nr. piesă 28

29

30



nr. piesă 33

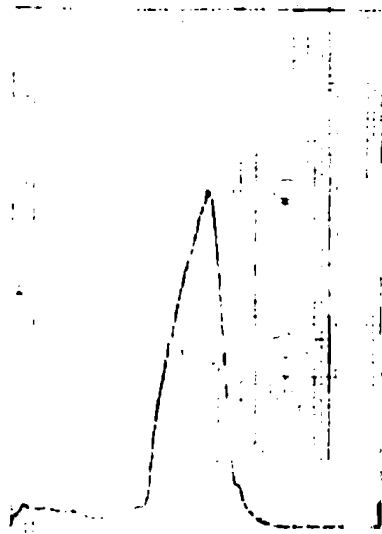
34

35

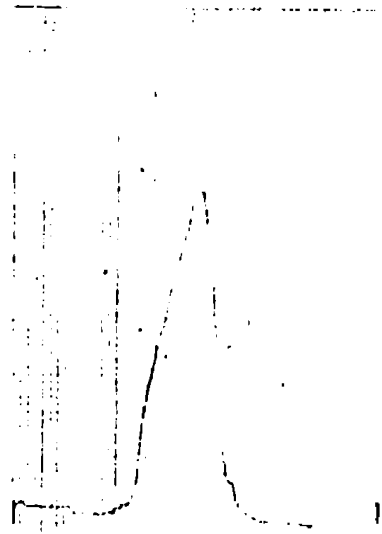
# Diagrame $P_{cp}$ Decupare piese singulare



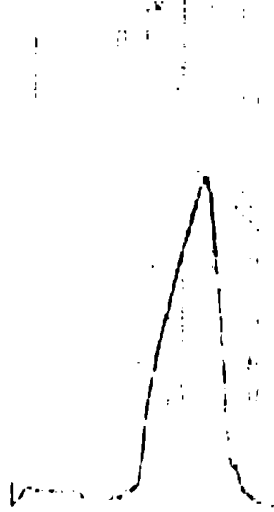
nr. piesei 36



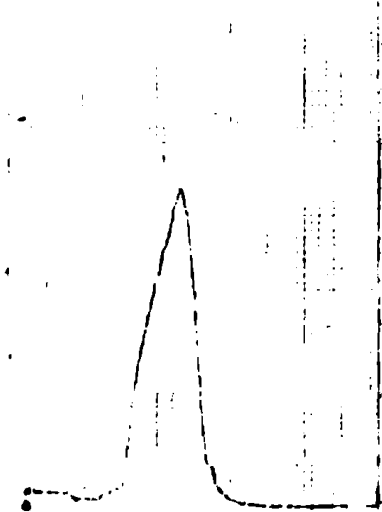
37



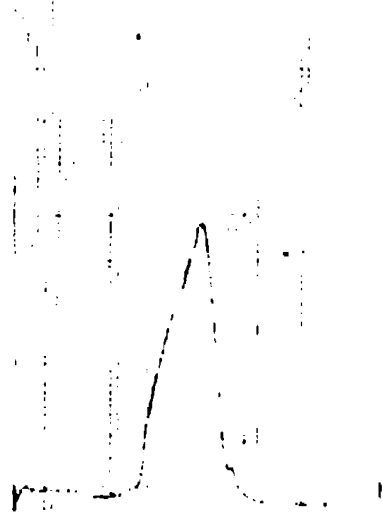
39



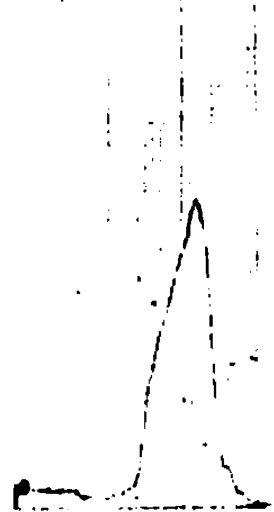
nr. piesei 40



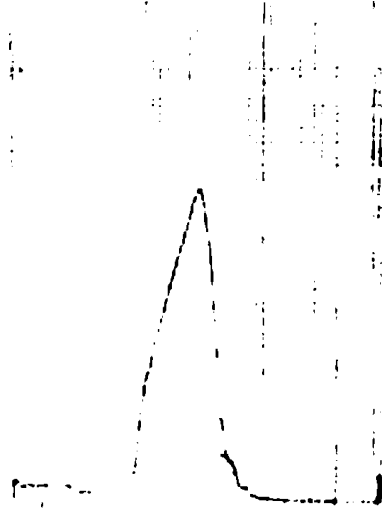
41



42



nr. piesei 43

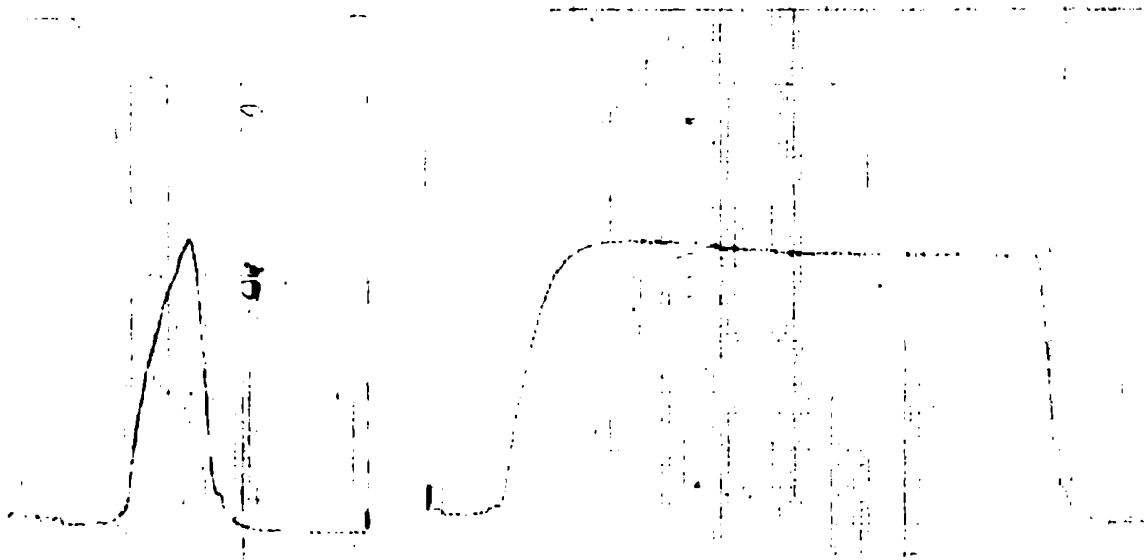


45



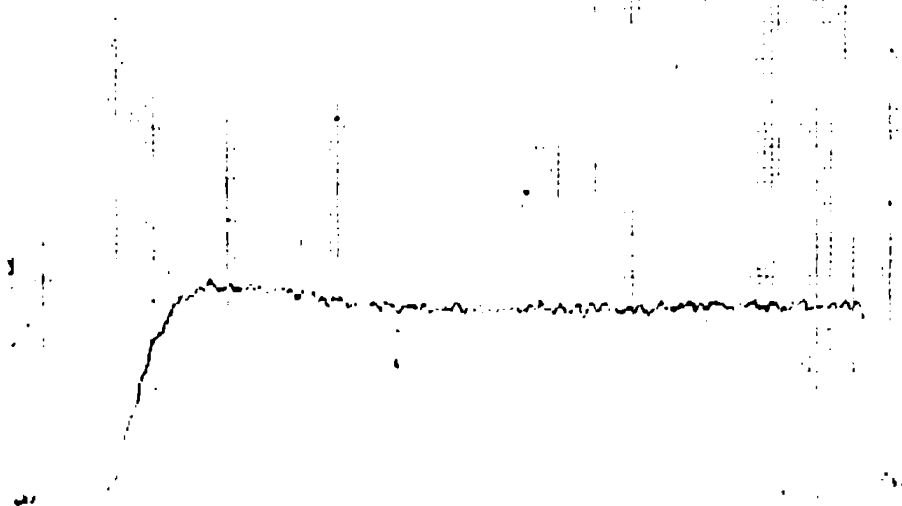
46

# Diagrame $p_{cp}$ Decupare piese singulare



nr. piesei 47

48



nr. piesei

51

$x=0,25$

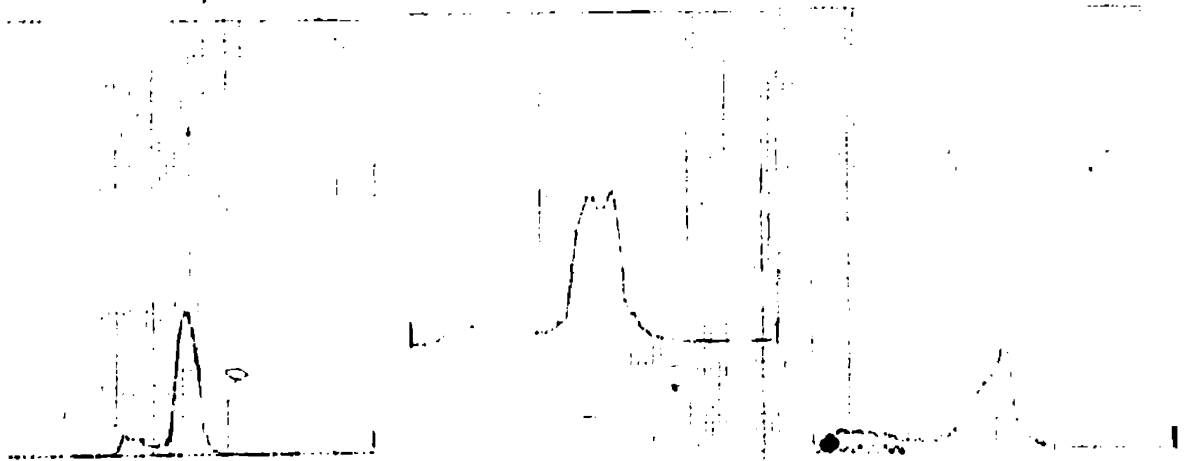
nr. piesei 50

68

Diagrame  $p_{cp}$   
Decupare piese singulare

x=0,5

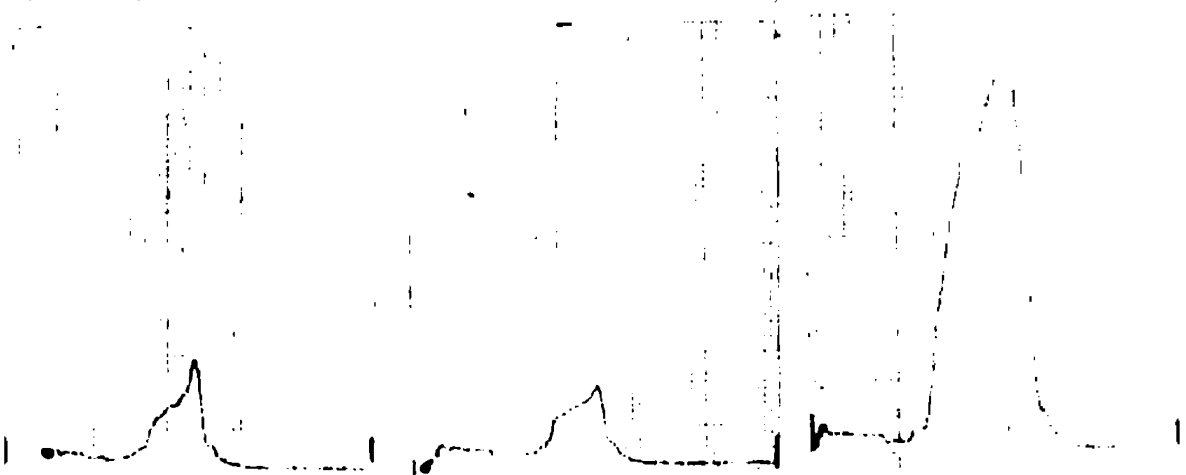
x=0,25



nr. piesă 69<sup>3</sup>

71

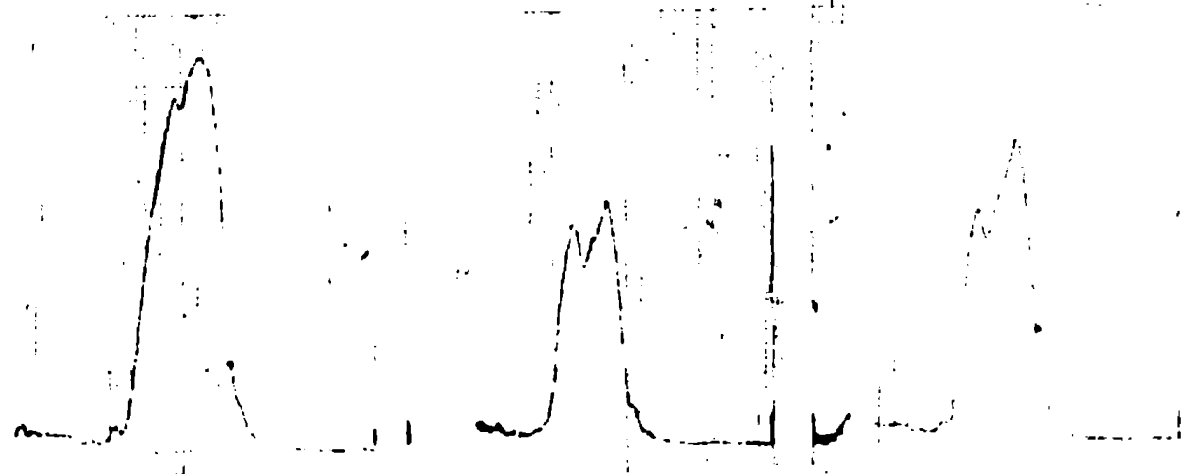
73



nr. piesă 74

75

77



nr. piesă 79

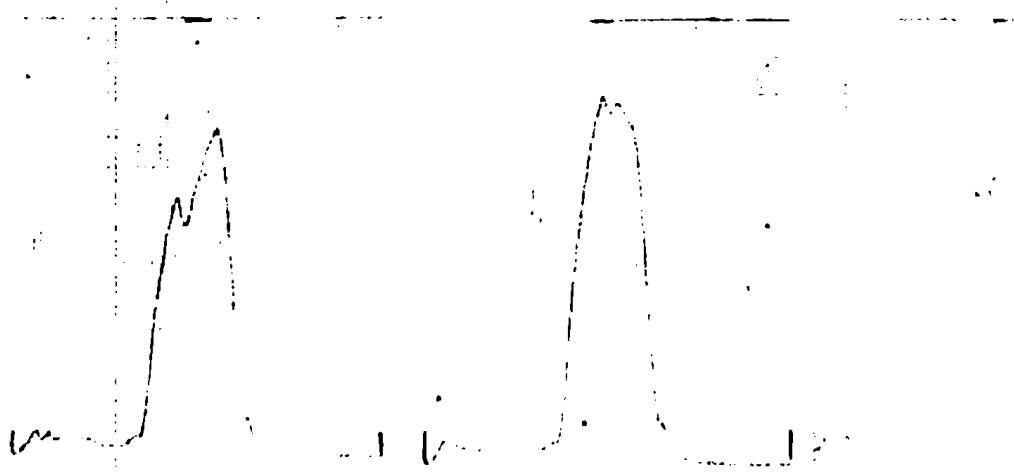
81

83

# Diagrame $P_{cp}$

Decupare piese singulare

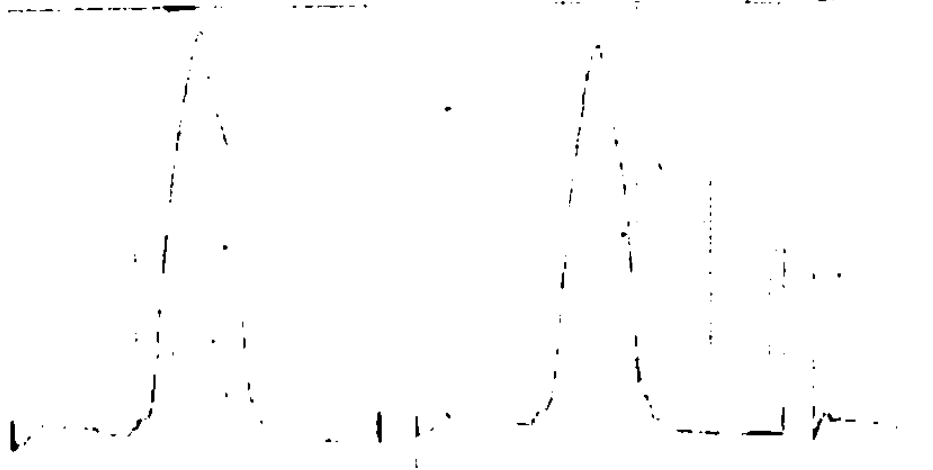
$x=0,25$



nr. piesă 85

87

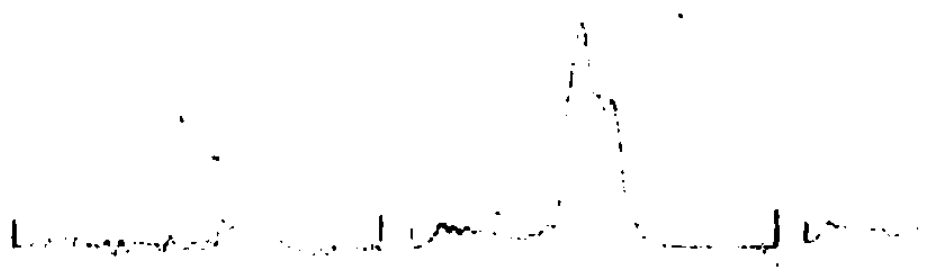
89



nr. piesă 91

93

95



nr. piesă 96

97

99

Diagrame  $P_{cp}$   
Decupare piese singulare



nr. piesă 101



103



nr. piesă 105



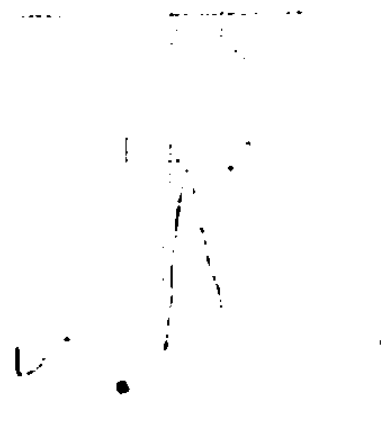
107



108



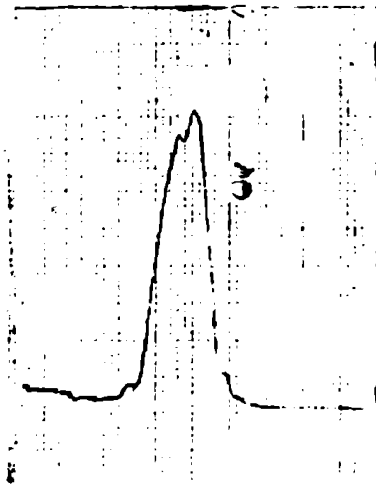
nr. piesă 109



111



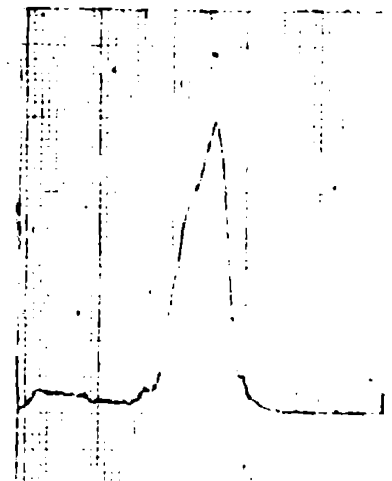
# Diagrame $P_{cp}$ Decupare piese singulare



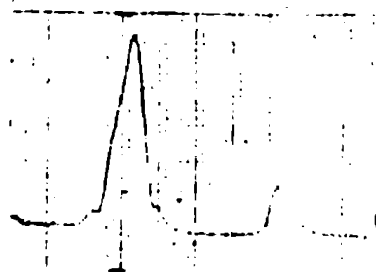
inox 15



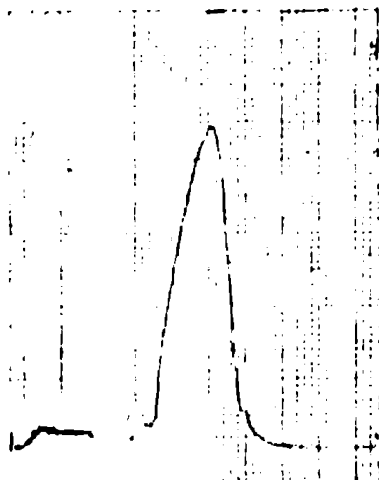
TDA 0,5



TD 15



TDA 1



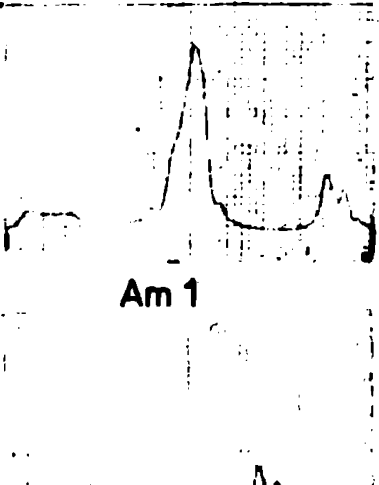
TDA 2



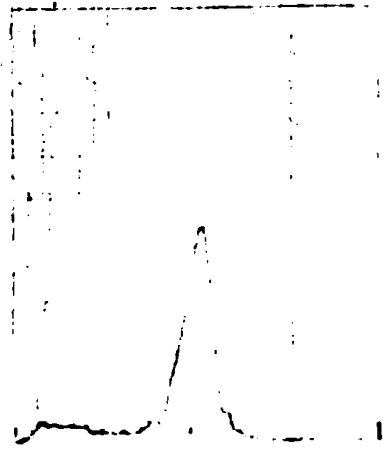
Am 0,5



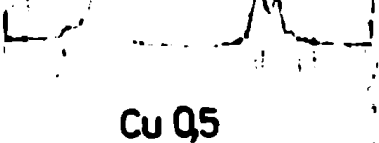
Am 15



Am 1

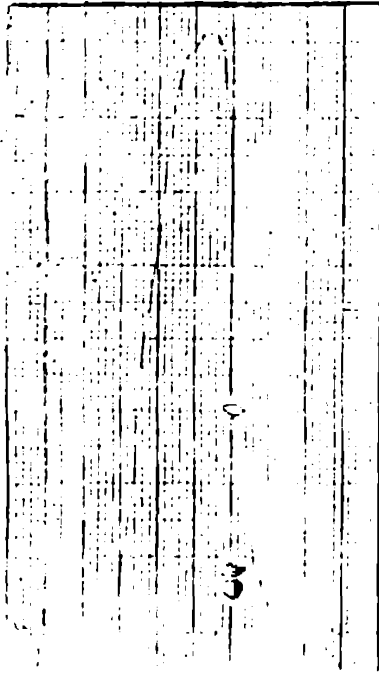


Cu 15

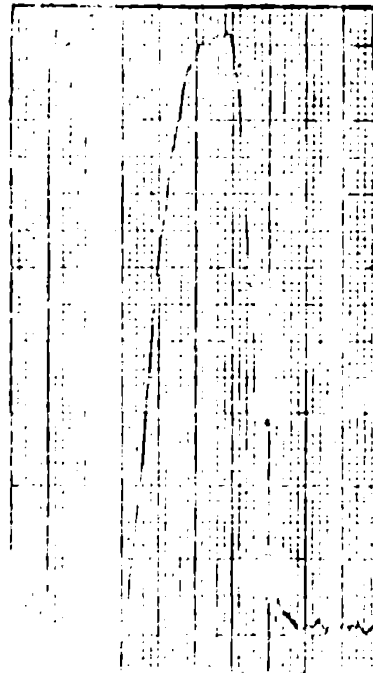


Cu 0,5

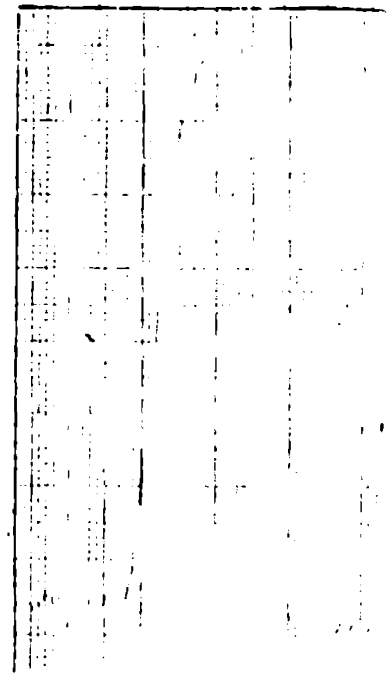
# Diagrame $p_g$ Decupare piese singulare



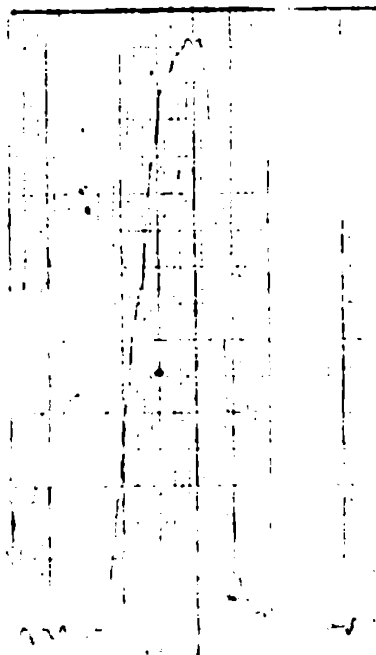
nr. piesă 3



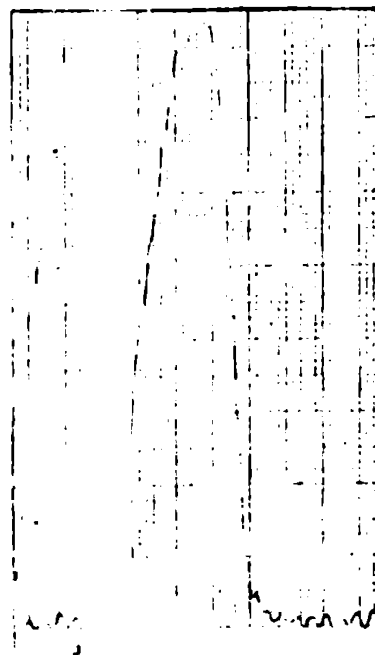
5



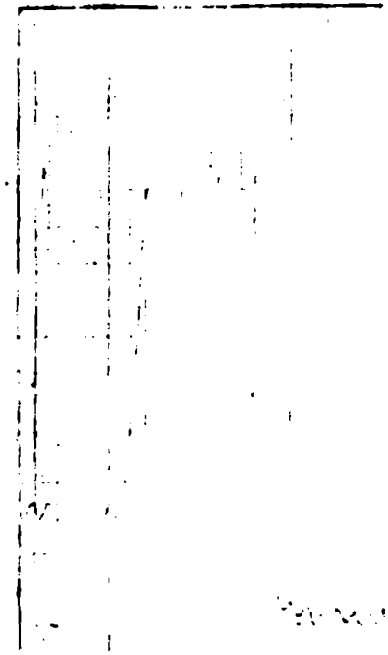
7



nr. piesă 12

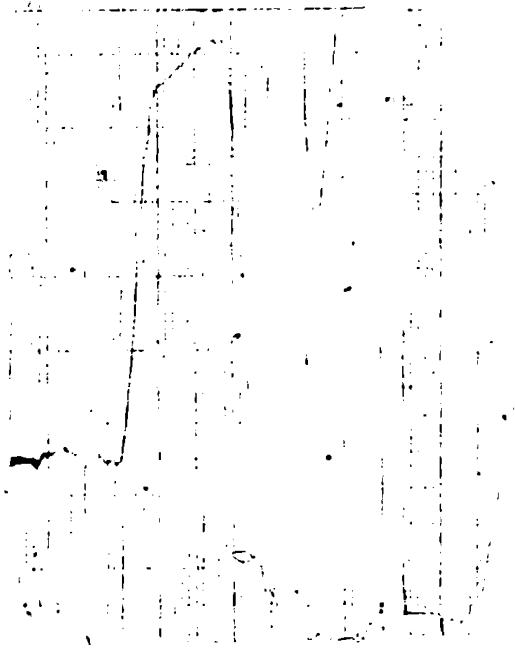


15

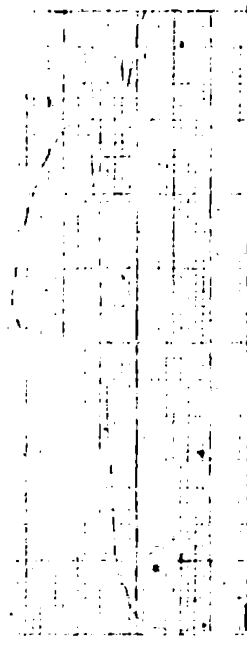


16

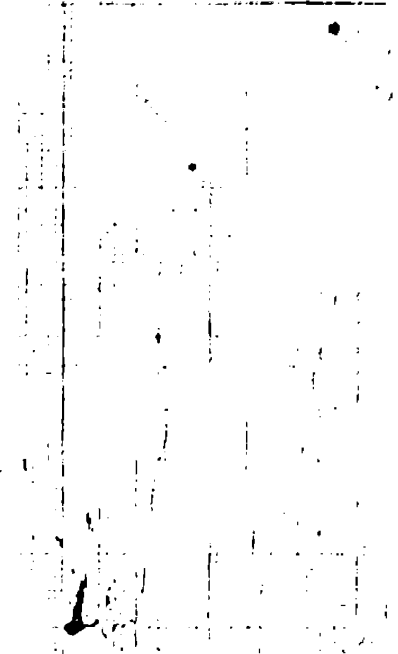
# Diagrame $p_g$ Deșupare piese singulare



nr. piesă 183



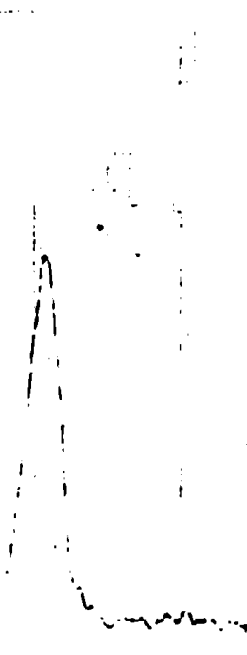
19



21



nr. piesă 25



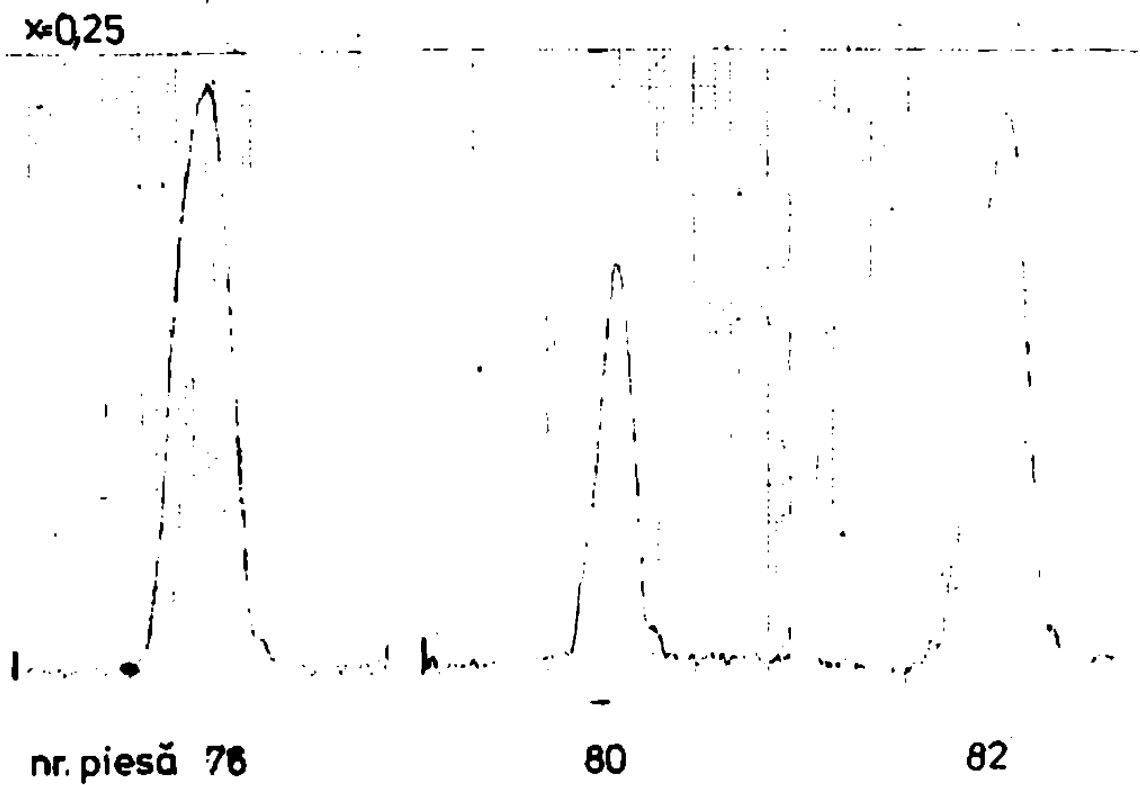
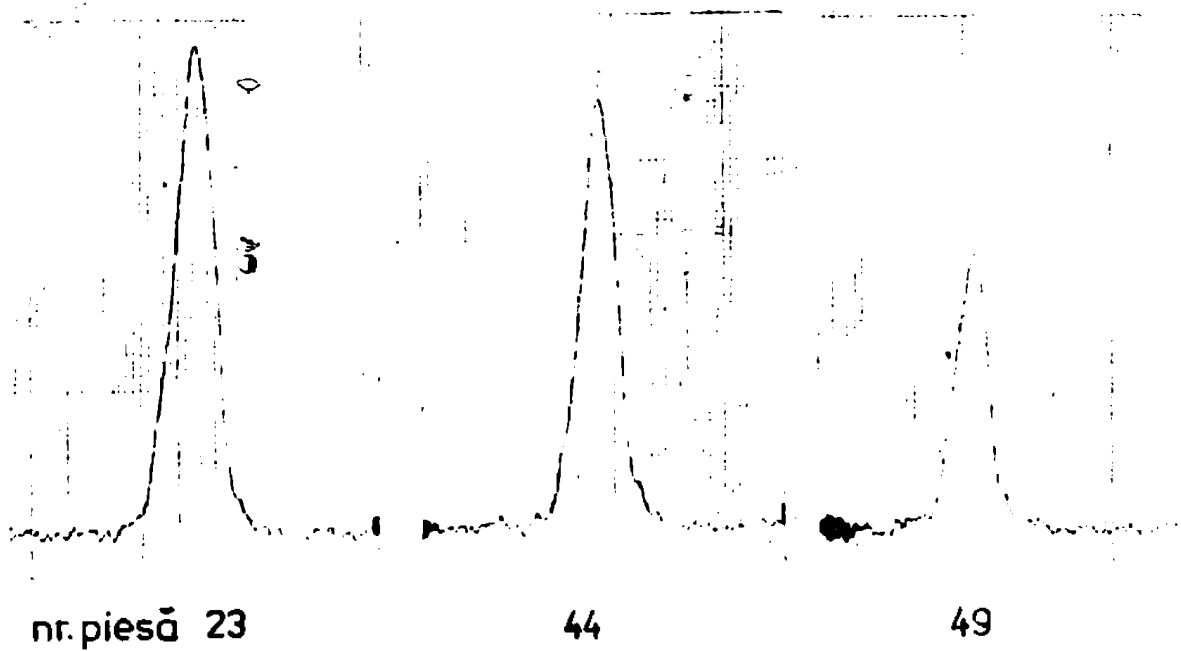
32



38

# Diagrame $p_g$

## Decupare piese singulare



Diagrame Pg  
Decupare piese singulare

x=0,5

x=0,25

nr. piesă 70

72

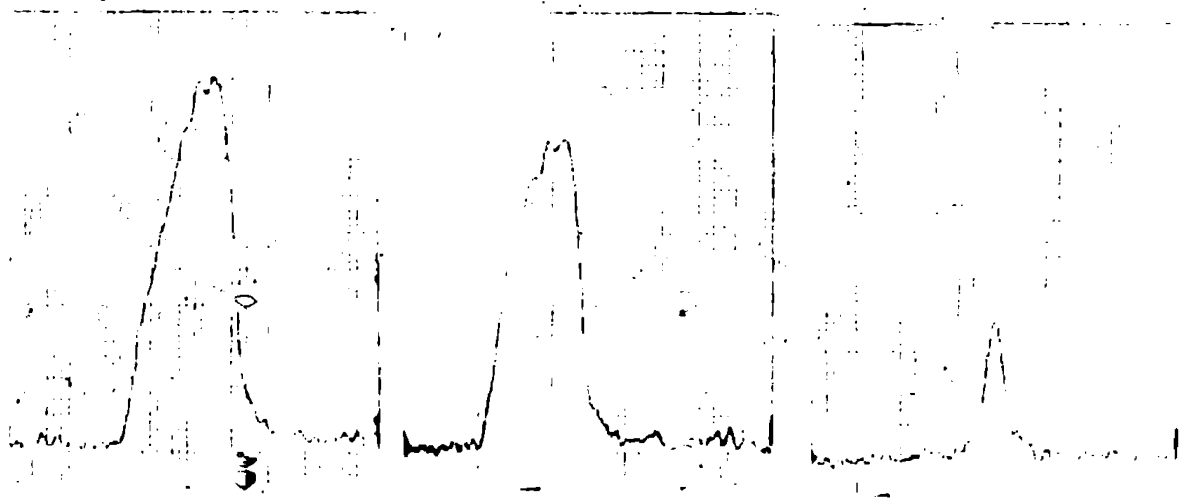
78

nr. piesă 84

86

90

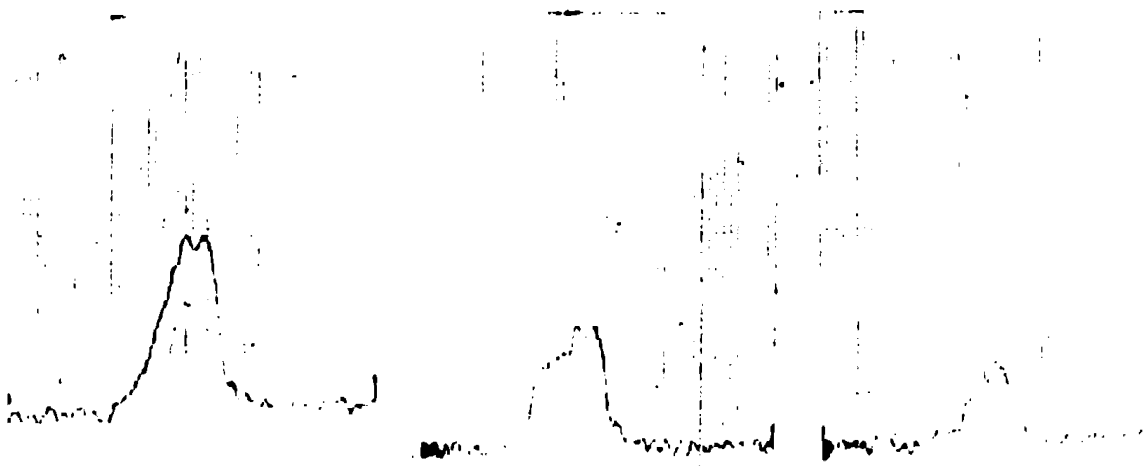
### Diagrame $P_g$ Decupare piese singulare.



nr. piesă 92

94

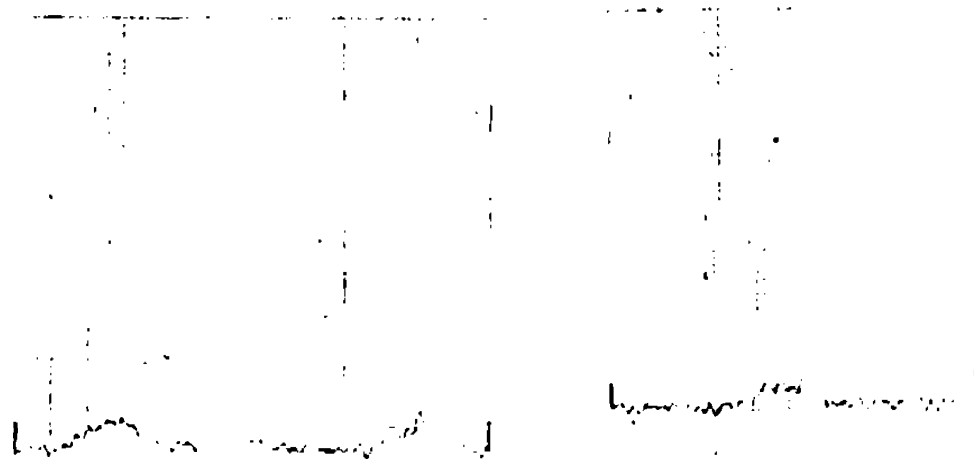
98



nr. piesă 100

102

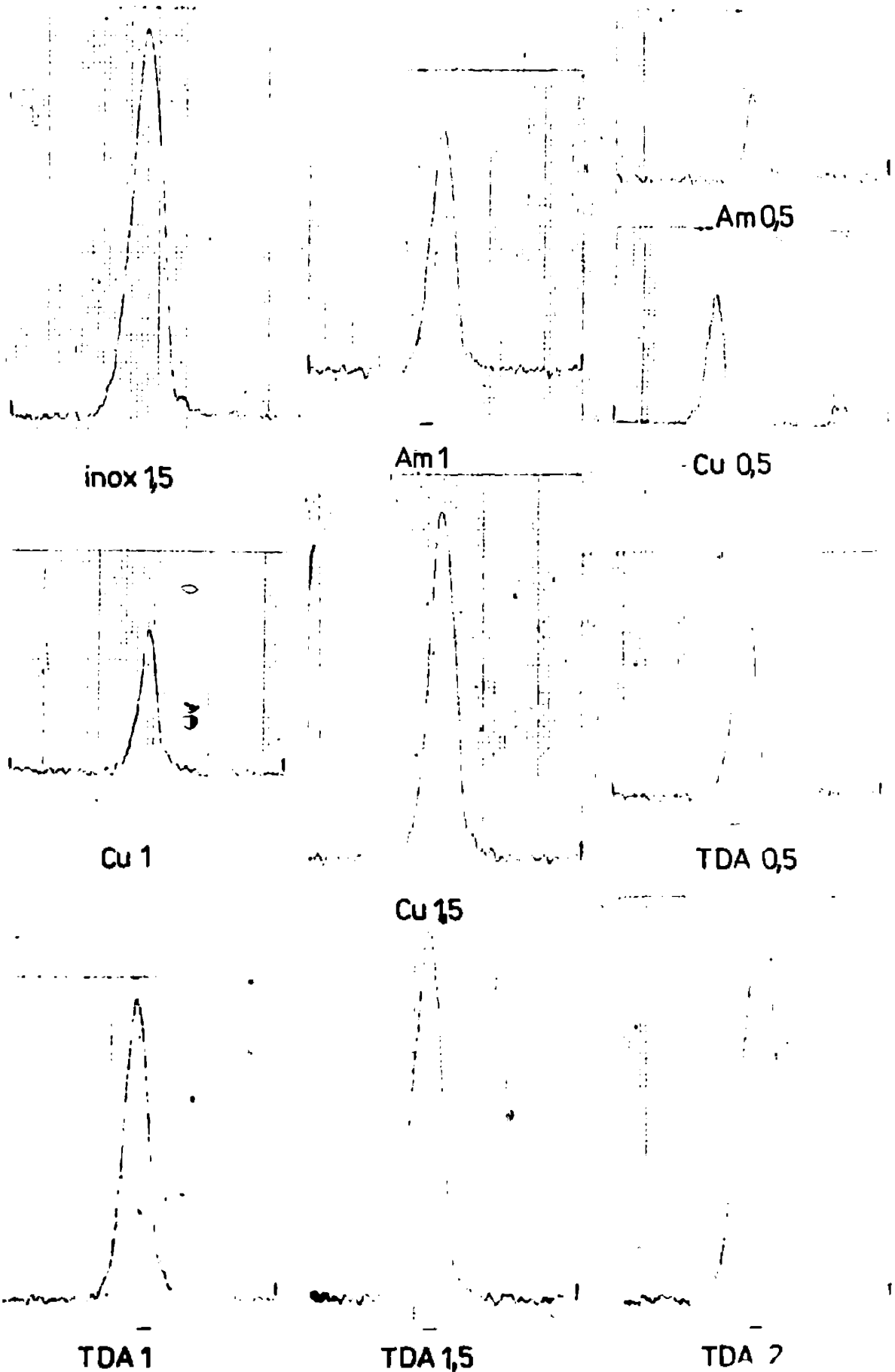
104



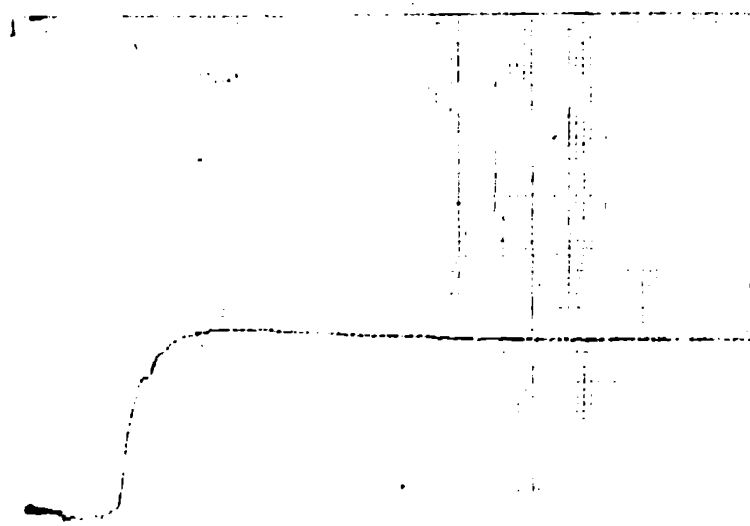
nr. piesă 106

110

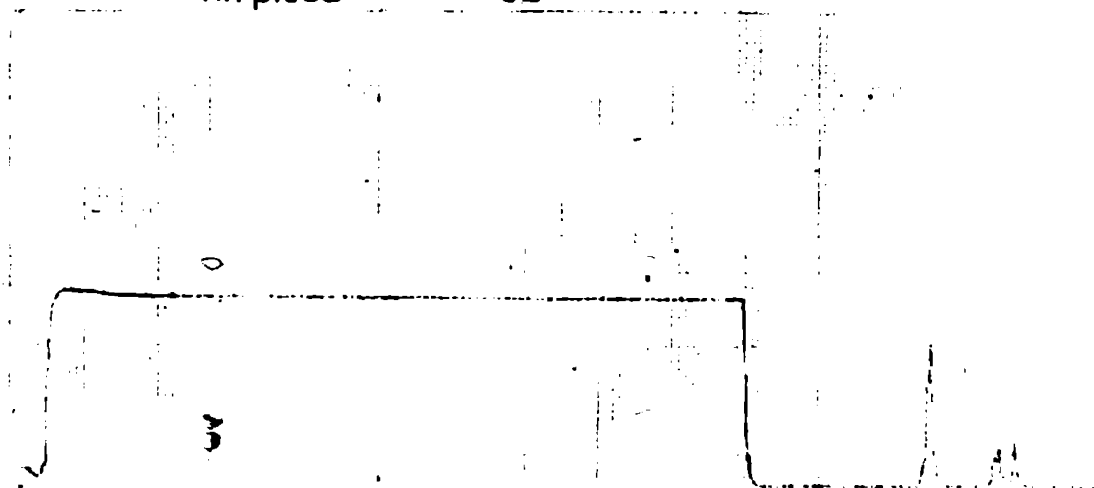
Diagrame  $p_g$   
Decupare piese singulare



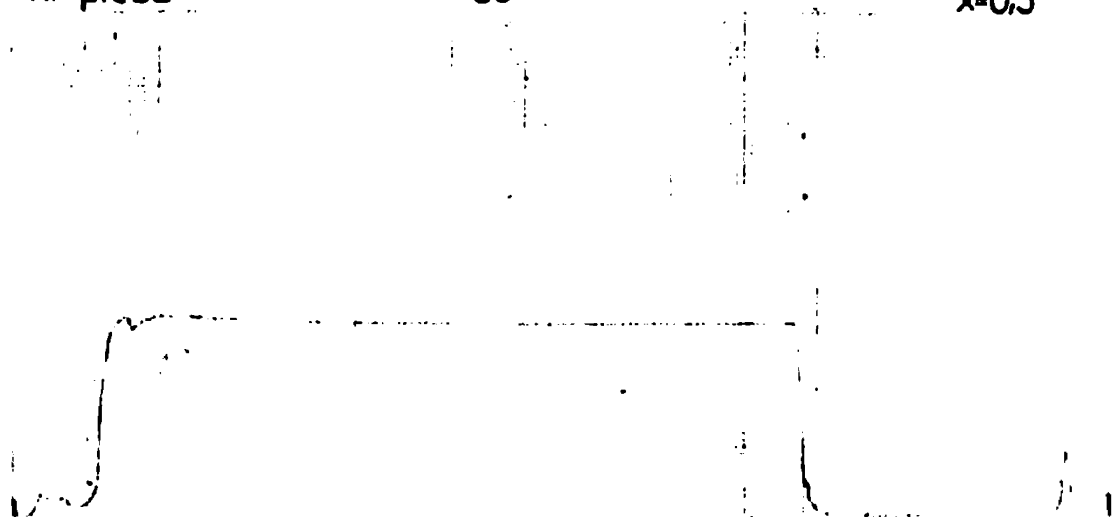
# Decupare incompletă



nr. piesă 52



nr. piesă 53 x=0.5

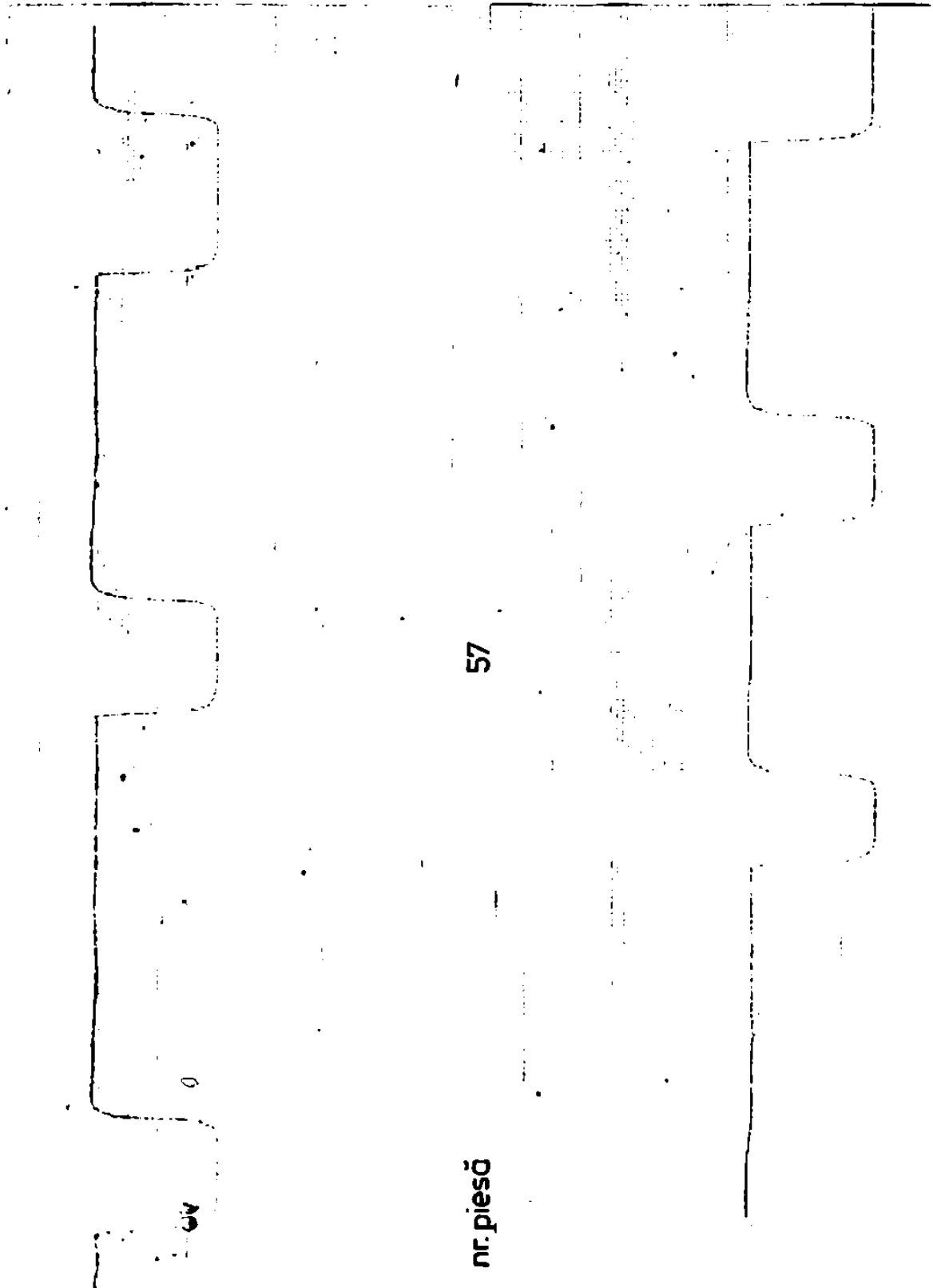


nr. piesă 63



Decupare incompletă  
ciclu automat

x=0,5



57

58

nr. piesă

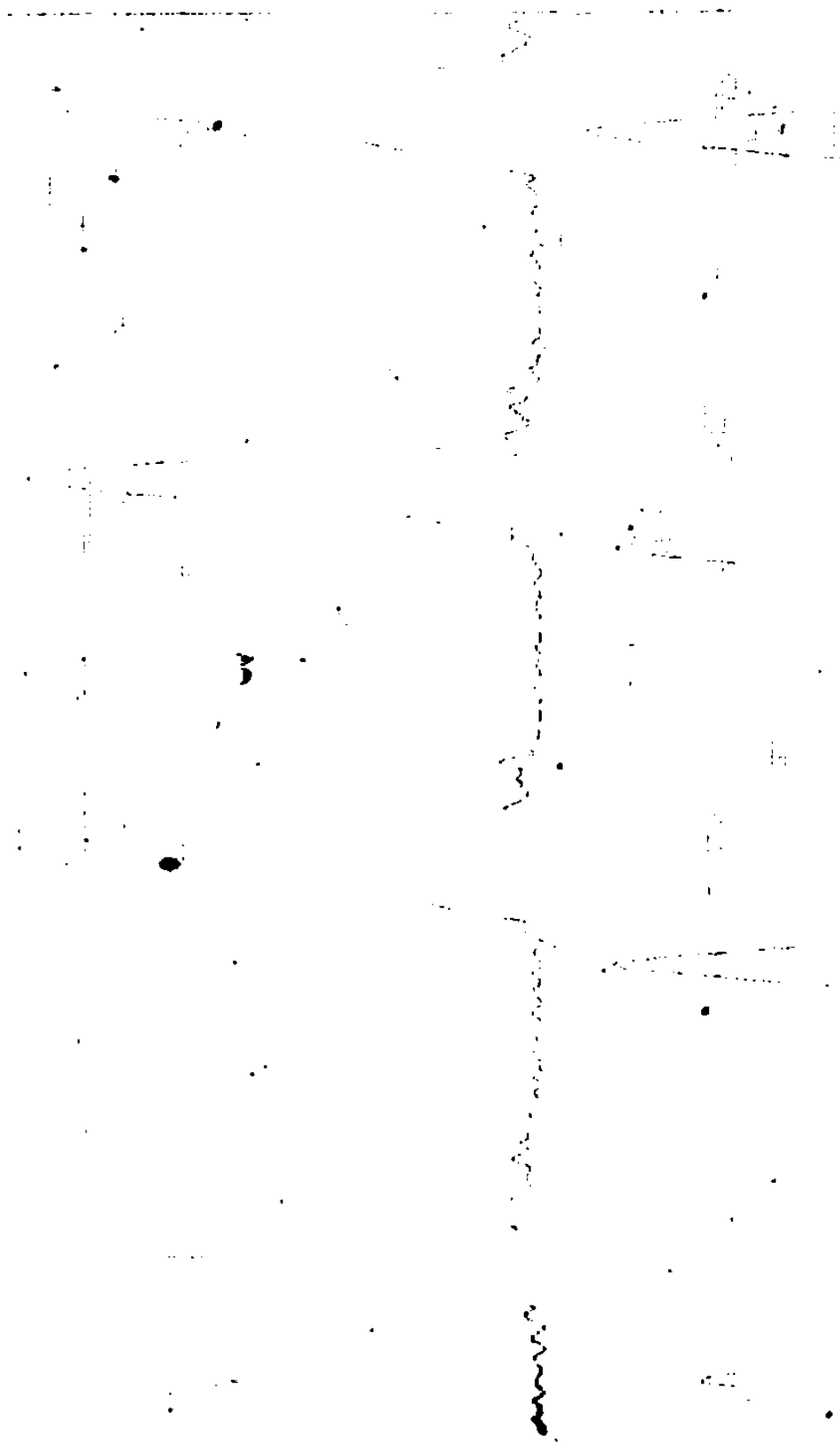
nr. piesă

Decupare piese  
în ciclu automat

Anexa 12

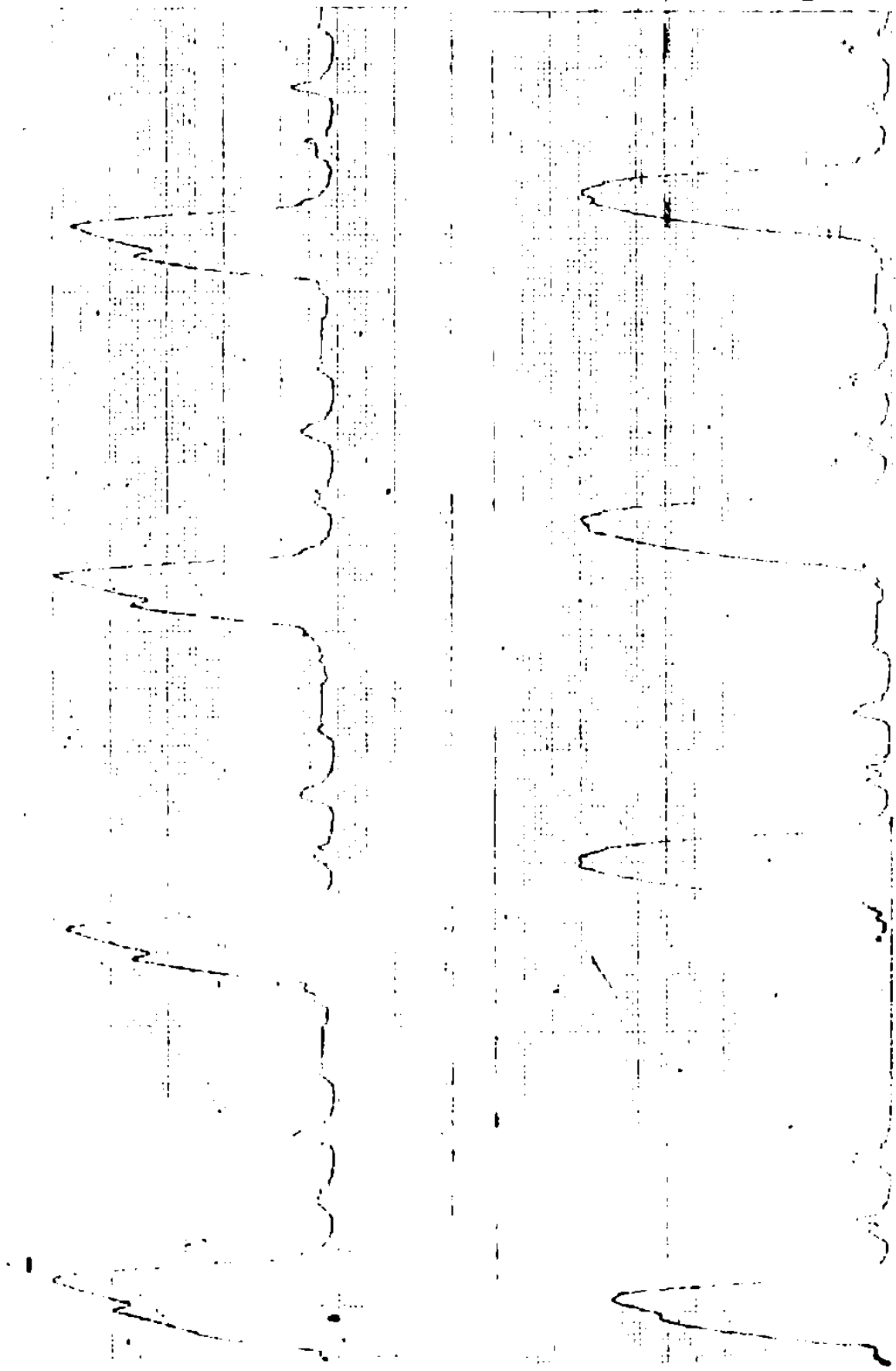
Pag 17/19

OL52.3



Decupare piese  
In ciclu automat

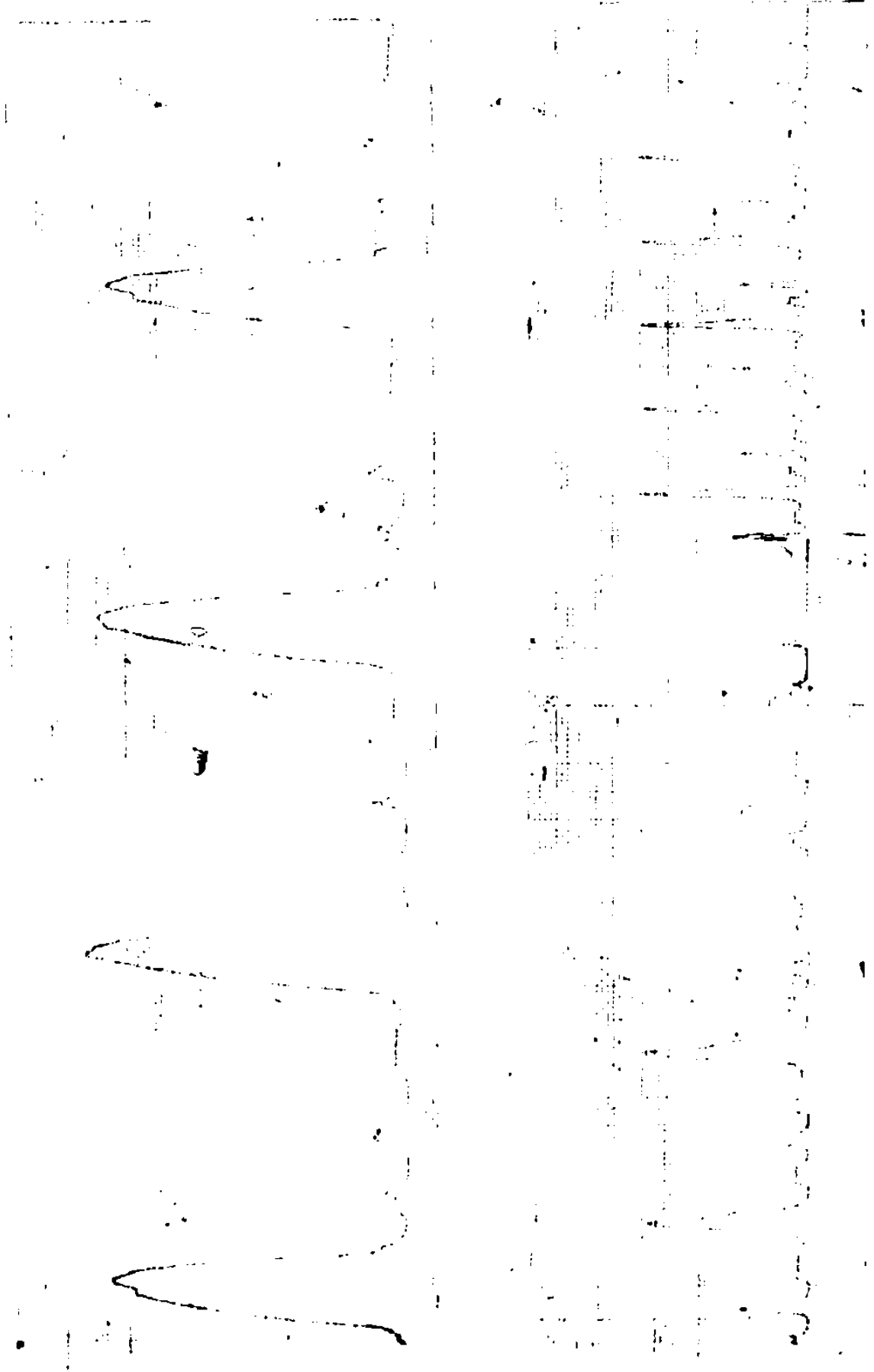
OL 52



Decupare piese

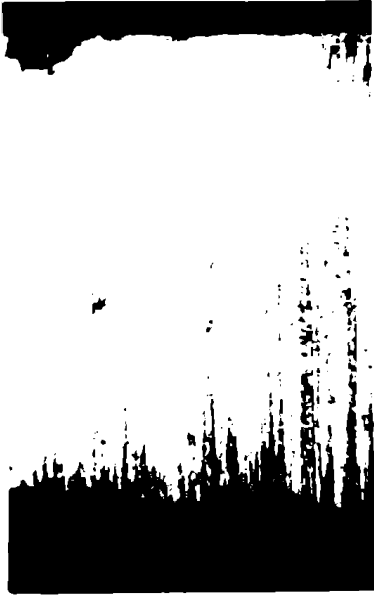
În ciclu automat

OL 52.3

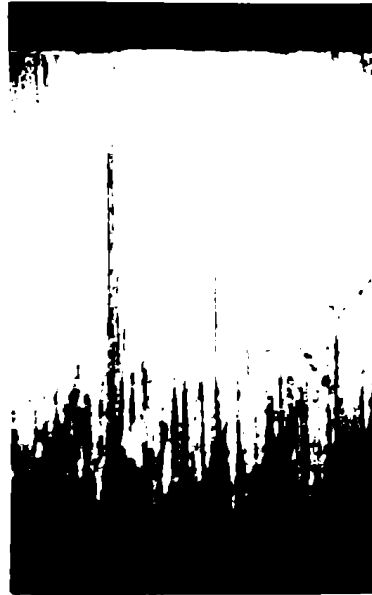


x=1

x=0,5



ø 80×15 Rondelă TDA



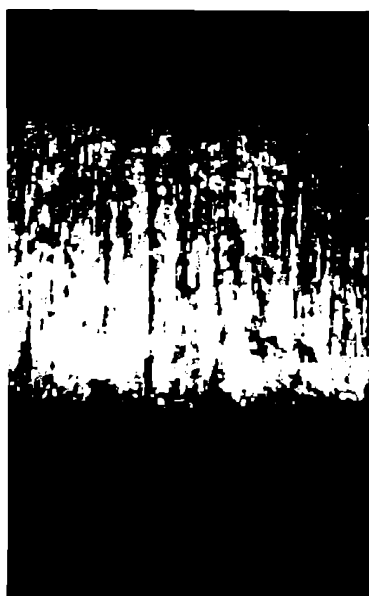
Placă obt. TDA



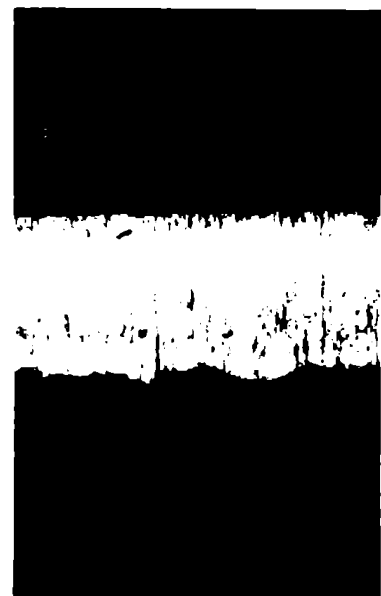
Placă obt. Al x=16



Placă obt. nr.16



Placă obt. nr.36



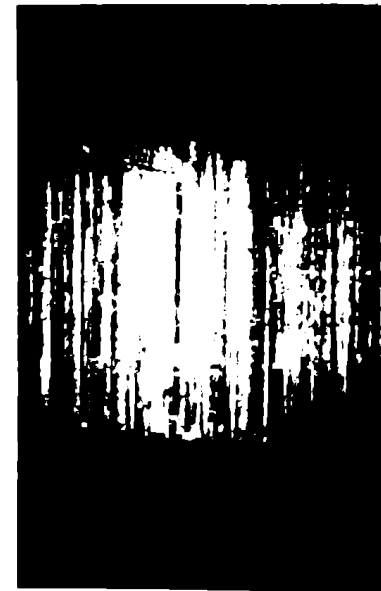
Placă obt. inox15 x=6,3



Placă obt nr 94



Placă obt Cu,15



Placă reg.centrif OL42  
x=6,3

# Anexa 13

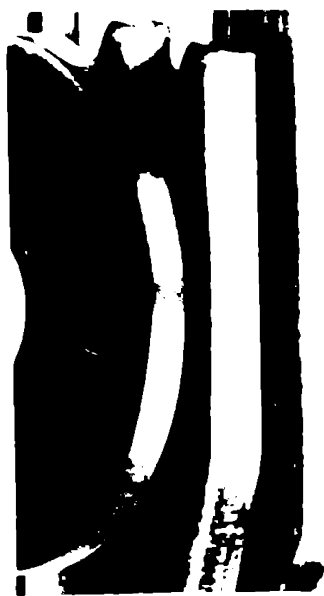
Fila 2/2



Placă obturatoare OL



Placă obturatoare Al



Rondelă  $\phi$  80x3



Rondelă  $\phi$  80