

UNIVERSITATEA "POLITEHNICA" DIN TIMIȘOARA
Facultatea de Mecanică

Ing. Aurel TULCAN

TEZĂ DE DOCTORAT

BIBLIOTECA CENTRALĂ
UNIVERSITATEA "POLITEHNICA"
TIMIȘOARA

CONDUCĂTOR ȘTIINȚIFIC

Prof.Dr.Ing. Tudor ICLĂNZAN

Timișoara
-1999-

623.741
181 c

1

UNIVERSITATEA "POLITEHNICA" DIN TIMIȘOARA

Facultatea de Mecanică

Catedra de Tehnologia Construcțiilor de Mașini

Ing. Aurel TULCAN

**STUDIUL LINIILOR AUTOMATE FLEXIBILE
DE PRESARE LA RECE**

Conducător științific:

Prof.Dr.Ing. Tudor ICLĂNZAN

-1999-

CUPRINS

Introducere	4
1. LINII AUTOMATE DE PRESARE LA RECE	
1.1 Aspecte privind mecanizarea și automatizarea presării la rece	7
1.2 Linii automate de presare la rece. Considerații generale	8
1.3 Clasificarea liniilor automate.....	12
1.4 Linii automate care prelucrează semifabricat continuu	13
1.4.1 Linii automate de ștanțare-profilare	13
1.4.2 Linii automate de ștanțare-matrițare	17
1.5 Linii automate care prelucrează semifabricat individual	18
1.6 Concluzii	19
2. PRINCIPIILE FLEXIBILITĂȚII DE FABRICAȚIE PE SISTEME DE PRESARE LA RECE	
2.1 Considerații generale privind conceptul de flexibilitate	21
2.1.1 Automatizarea flexibilă a fabricației	21
2.1.2 Flexibilitatea. Indicatori de flexibilitate	23
2.1.3 Sistemul flexibil de fabricație	25
2.1.3.1 Considerații generale privind sistemul de fabricație	25
2.1.3.2 Caracteristici ale sistemului flexibil de fabricație	28
2.1.3.3 Clasificarea sistemelor flexibile de fabricație	30
2.1.3.3.1 Celula flexibilă de fabricație	30
2.1.3.3.2 Linia de transfer flexibilă	32
2.1.3.3.3 Atelierul flexibil	32
2.1.3.4 Caracteristici tehnice și efecte economice	33
2.2 Particularitățile aplicării principiilor de flexibilitate la procesele de presare la rece	34
2.2.1 Posibilități și limite ale flexibilității prelucrărilor prin presare la rece	35
2.2.1.1 Flexibilitatea în cadrul prelucrărilor de ștanțare	35
2.2.1.2 Flexibilitatea în cadrul prelucrărilor de matrițare	37
2.2.2 Scule de presare	39
2.2.3 Utilaje de presare	42
2.2.3.1 Prese de perforat și ronțait	43
2.2.3.1.1 Prese de perforat și ronțait pentru semifabricat tip foaie de tablă	44
2.2.3.1.1.1 Prese revolver (cu turelă)	44
2.2.3.1.1.2 Prese cu magazie liniară	46
2.2.3.1.2 Presă de perforat și ronțait pentru semifabricat tip bandă în rulou	47
2.2.3.1.2.1 Presă de perforat și ronțait cu unități de presare	47

2.2.3.1.2.2 Presă de perforat și ronțait cu ciclu inversat	49
2.2.3.2 Prese de îndoit (Abkant)	51
2.2.3.3 Mașini de profilat	53

3. SISTEME FLEXIBILE DE FABRICAȚIE PRIN PRESARE LA RECE

3.1 Caracterizare și definire a limitelor existente	55
3.2 Realizări în domeniu	58
3.2.1 Celule flexibile	58
3.2.1.1 Celulă flexibilă de ștanțare-matritare	58
3.2.1.2 Celulă flexibilă de îndoire	60
3.2.2 Linii automate flexibile	61
3.2.2.1 Linie automată flexibilă de ștanțare-îndoire	61
3.2.2.2 Linie automată flexibilă de ștanțare-profilare	63
3.2.3 Ateliere flexibile	65
3.2.3.1 Atelier flexibil specializat	65
3.2.3.2 Atelier flexibil complex	73

4. OBIECTIVUL CERCETĂRII

4.1 Oportunitatea realizării unor linii automate flexibile de presare la rece	77
4.1.1 Aspecte tehnice	77
4.1.2 Aspecte economice	78
4.1.3 Aspecte sociale	81
4.2 Probleme ce se cer identificate și rezolvate	82
4.2.1 Semifabricatul utilizat în cadrul liniei	83
4.2.2 Stabilirea procesului tehnologic pe linie	83
4.2.3 Scule de presare	85
4.2.4 Dispozitive de avans	87
4.2.5 Acumulatori de semifabricat	91
4.3 Metodologia de concepție a liniei	93
4.4 Măsuri privind îmbunătățirea operației de reglare a liniei	96

5. STUDIUL CELULEI DE BAZĂ

5.1 Exploatarea presei în regim automat	103
5.2 Soluții constructive de dispozitive de avans	105
5.2.1 Dispozitiv de avans cu clești cu came acționat de arborele principal al presei	105
5.2.2 Dispozitiv de avans cu clești cu acționare pneumatică	107
5.2.2.1 Sistemul de acționare	107
5.2.2.2 Determinarea cadenței dispozitivului	110
5.3 Adaptări pentru schimbarea rapidă a sculelor	113
5.4 Controlul și comanda celulei	117
5.5 Descriere instalație experimentală	118

6. PILOTAREA LINIEI AUTOMATE FLEXIBILE	
6.1 Aspecte privind modul de funcționare a liniei	120
6.1.1 Funcționarea în regim de lovituri comandate	120
6.1.2 Funcționarea cu intermitență în regim de lovituri repetate	122
6.2 Modelarea funcționării părții de comandă a liniei	123
6.2.1 Necesitatea modelării	123
6.2.2 Noțiuni de bază GRAFCET	124
6.2.3 Elaborarea Grafcet-ului de nivel 1	128
6.2.4 Elaborarea Grafcet-ului de nivel 2	135
6.3 Realizarea schemei electrice de comandă	144
7. CERCETĂRI EXPERIMENTALE PRIVIND CONSUMUL DE ENERGIE ELECTRICĂ PE LINIE	
7.1 Determinarea experimentală a consumului de energie electrică la presa PAI 40	148
7.1.1 Planificarea experimentului	149
7.1.2 Realizarea încercărilor	150
7.1.3 Interpretarea rezultatelor	150
7.2 Determinarea experimentală a consumului de energie electrică la presa PAI 6.3	162
7.2.1 Planificarea experimentului	162
7.2.2 Realizarea încercărilor	163
7.2.3 Interpretarea rezultatelor	163
7.3 Determinarea experimentală a consumului de energie electrică la derulor	172
7.4. Determinarea consumului de energie electrică pe linie	173
8. CONTRIBUȚII ORIGINALE	178
ANEXA 1 Determinarea economiei de manoperă la lucrul pe linii automate flexibile de ștanțare-matrițare	180
ANEXA 2 Program de calculator pentru calculul acumuloarelor de semifabricat și a corelării funcționării acestora - schema logică simplificată	184
ANEXA 3 Vedere asupra profilului și a modului de acțiune a camelor dispozitivului de avans	186
ANEXA 4 Caracteristici tehnice ale utilajelor din cadrul liniei	187
ANEXA 5 Schema electrică a dispozitivului de temporizare continuu reglabil	188
ANEXA 6 Valori ale parametrilor geometrici și funcționali ai liniei	189
Bibliografie	192

Introducere

Pe plan mondial, ca urmare a creșterii competitivității în condițiile unor piețe de desfacere din ce în ce mai exigente, producătorii industriali fac eforturi de realizare a unor productivități sporite, de îmbunătățire a calității și fiabilității produselor, de micșorare a costurilor de producție, de utilizare superioară a resurselor. În ultimii ani s-au impus ca atare cerințe tot mai mari asupra fabricației de piese. În același timp, industria zilelor noastre trebuie să facă față imperativelor de creștere în ritm rapid a productivității, de reducere accentuată a costurilor de fabricație și îmbunătățire a condițiilor de muncă. Competitivitatea este puternic influențată de capacitatea unui producător de a se adapta cu eforturi minime cerințelor pieței și de viteza de realizare a unui produs nou. O soluție la aceste probleme constă în extinderea automatizării prelucrării pieselor dincolo de obiectivele unui singur utilaj, prin interconectarea mai multor utilaje într-un flux comun de materiale și informațional. Această acțiune implică crearea de procese tehnologice orientate către automatizare.

Prin tema sa: **“Studiul liniilor automate flexibile de presare la rece”** prezenta teză de doctorat se încadrează în problematica prezentată mai sus și își propune să aprofundeze principalele direcții de acțiune în vederea automatizării sectorului de presare la rece în cadrul acțiunii de re tehnologizare, prin constituirea liniilor automate flexibile. Tema abordată în lucrare reprezintă o continuare a preocupărilor membrilor colectivului de cadre didactice din cadrul Laboratorului de presare la rece al catedrei de Tehnologia Construcțiilor de Mașini de la Universitatea “Politehnica” din Timișoara, în domeniul automatizării proceselor de prelucrare prin deformare plastică la rece.

Lucrarea este structurată pe 8 capitole, cuprinzând 197 pagini cu 162 figuri și 22 tabele, 6 anexe, 131 referințe bibliografice, din care 10 aparțin autorului (6 realizate singur și 4 în colaborare).

Capitolul 1 prezintă problematica liniilor automate de presare la rece pentru prelucrarea laminatelor subțiri, pornind de la definirea liniei și a structurii acesteia, analizarea principalelor aspecte legate de utilajele componente, echipamentul tehnologic interposturi, domeniul de aplicabilitate a lucrului din semifabricat continuu. De asemenea a fost elaborată o clasificare a acestor linii, urmată de analiza unor linii care prelucrează semifabricat continuu, respectiv individual, evidențiindu-se în final productivitatea dar și rigiditatea ridicată de care dispun, respectiv dificultatea reglării la schimbarea sarcinii de fabricație.

Capitolul 2 tratează principiile flexibilității de fabricație pe sisteme de presare la rece. În prima parte se prezintă conceptul de automatizare flexibilă, o sinteză de caracterizare a principalelor tipuri de sisteme de fabricație, urmată de definirea și clasificarea sistemelor flexibile de fabricație cu menționarea caracteristicilor tehnico-economice. Cea de a doua parte prezintă particularitățile aplicării principiilor de flexibilitate la procesele de presare la rece, studiind posibilitățile și limitele flexibilității prelucrărilor de ștanțare și matrițare, evoluția și prezentarea sculelor și a utilajelor de presare în scopul îmbunătățirii adaptabilității la cerințele unei producții diversificate.

În capitolul 3 se realizează o sinteză a stadiului actual privind caracterizarea și definirea limitelor existente a sistemelor flexibile de fabricație prin presare la rece, cu prezentarea comparativă a unor soluții constructive.

În capitolul 4, pe baza concluziilor desprinse în capitolele mai sus, s-a definit obiectivul tezei legat de oportunitatea realizării unor linii automate flexibile de ștanțare-matrițare (LAFSM) care utilizează semifabricat continuu până în ultimul post de lucru, pe baza ideii de revalorizare (reutilizare) a parcului de prese existent într-o întreprindere. În acest scop au fost tratate problemele legate de nivelul tehnic al utilajului, semifabricatul continuu, procesul tehnologic, scule de presare, dispozitive de avans, acumulate de semifabricat. Totodată s-a stabilit metodologia de concepție a liniei, iar pentru determinarea parametrilor geometrici și funcționali ai liniei s-a prezentat algoritmul de calcul și programul de calculator realizat în acest scop. În final s-a studiat aplicarea principiilor metodei S.M.E.D. la îmbunătățirea operației de reglare a liniei în vederea reducerii considerabile a timpului de efectuare a unui reglaj.

Odată stabilite principalele probleme legate de constituirea unei asemenea linii, s-a trecut la concepția și la realizarea practică, în cadrul Laboratorului de presare la rece al Catedrei de Tehnologia Construcțiilor de Mașini din cadrul Universității “Politehnica” din Timișoara, a unei LAFSM compusă dintr-un derulor de bandă și două celule de bază. În capitolul 5 s-a prezentat soluțiile constructive a celor două celule de bază construite fiecare pe o presă PAI 40, respectiv PAI 6.3 și echipate cu două dispozitive de avans cu clești, primul cu came acționat de la arborele principal al presei, iar cel de-al doilea cu acționare pneumatică, stabilind modul de funcționare a preselor în funcție de cadența dispozitivelor de avans. Totodată au fost luate în studiu adaptările care trebuiesc efectuate atât la utilaj cât și la scule în vederea schimbării rapide a sculelor.

În capitolul 6 s-au tratat problemele legate de pilotarea liniei. În acest scop s-au stabilit modurile de funcționare a liniei, după care s-a trecut la modelarea funcționării părții de comandă a liniei cu ajutorul modelului GRAFCET. Pornind de la grafcet-ul de nivel 1 (cel al specificațiilor funcționale) s-a elaborat grafcet-ul de nivel 2 (cel al specificațiilor tehnologice) pe baza căruia s-a conceput și materializat schema electrică a părții de comandă a liniei.

În capitolul 7 s-au efectuat o serie de cercetări experimentale privind determinarea consumului de energie electrică pe linie, respectiv pe produs, în funcție de consumul de energie electrică pe fiecare utilaj în parte. În cazul celor două prese s-a conceput un program experimental având ca și mărimi de intrare cadența și încărcarea presei, iar ca mărime de ieșire puterea consumată pentru diverse cazuri. Pe baza curbelor de putere au fost determinate energiile consumate pentru fiecare caz în parte, stabilind în final randamentul energetic al presei. În urma prelucrării statistice a datelor experimentale s-a determinat expresia modelului matematic al energiei totale consumate în proces. Pornind de la energiile totale consumate de fiecare utilaj în parte, s-a stabilit, pentru fiecare regim de funcționare a liniei, modelul matematic de calcul al consumului de energie electrică pe linie, evidențiind totodată regimul optim de funcționare din punct de vedere al consumului energetic.

Toate considerațiile teoretice și rezultatele experimentelor cuprinse în lucrare conduc la evidențierea **avantajelor** pe care le prezintă realizarea liniilor automate flexibile de ștanțare-matrițare. Elementele conținute în lucrare sunt în egală măsură rodul cercetărilor întreprinse de autor, singur sau în colectiv, de-a lungul anilor, în domeniul presării la rece, o parte fiind concretizate în lucrări științifice publicate și în contracte de cercetare.

Autorul exprimă mulțumiri tuturor celor care l-au sprijinit în finalizarea cercetărilor cuprinse în teza de doctorat, în primul rând față de conducătorul științific Prof.dr.ing. Tudor ICLĂNZAN pentru îndrumarea competentă și de înalt nivel pe tot parcursul pregătirii și finalizării lucrării, d-lui Prof.dr.ing. Ștefan ROSINGER, inițiatorul acestui domeniu de cercetare, pentru sprijinul și sfaturile competente oferite. Mulțumesc amândurora pentru contribuția majoră la formarea mea profesional științifică, cât și pentru ajutorul acordat în vederea realizarea părții practice a lucrării prin inițierea unor teme de cercetare materializate prin contracte de cercetare care au făcut posibilă finanțarea acesteia.

Totodată autorul aduce mulțumiri colegilor din colectivul de presare la rece pentru sprijinul direct și observațiile pertinente făcute pe parcursul desfășurării cercetărilor, și a celor din cadrul colectivului catedrei de Tehnologia Construcțiilor de Mașini din Facultatea de Mecanică, Conducerii S.C. ELBA S.A., S.C. Tehnomet S.A., I.C.E.M Timișoara pentru ajutorul dat în documentarea și rezolvarea temei prezentei lucrări.

LINII AUTOMATE DE PRESARE LA RECE

1.1 Aspecte privind mecanizarea și automatizarea presării la rece

Pe plan mondial se manifestă în prezent o serie de preocupări privind creșterea gradului de mecanizare¹ și automatizare² a proceselor tehnologice. Aceste preocupări își găsesc justificare și în domeniul prelucrărilor prin deformare plastică la rece. Modernizarea acestor prelucrări se poate realiza, în cadrul producției de serie, prin proiectarea unor *processe tehnologice intensive* constând în concentrarea operațiilor pe ștanțe și matrițe combinate cu acțiune succesivă sau simultană în limita unor complexități raționale a acestor scule și în limita capacității de presare a utilajelor (forță, putere, gabarit), a utilizării unor *ștanțe și matrițe cu mare flexibilitate tehnologică* (de grup sau modulate) în cadrul producției de serie mică, cât mai ales pe linia **mecanizării și automatizării operațiilor auxiliare** cum ar fi alimentarea sculelor cu semifabricate, transportul interoperațional, schimbarea și fixarea rapidă a sculelor, evacuarea pieselor și a deșeurilor, depozitarea etc..

Procesul de mecanizare și automatizare se poate desfășura în general pe următoarele direcții principale [10],[26],[45],[72]:

- *echiparea preselor universale cu accesorii corespunzătoare* (dispozitive de alimentare automată cu semifabricate, manipolatoare, etc.). În acest caz problema mecanizării și automatizării se soluționează distinct pentru piese obținute din semifabricate sub formă de bandă sau fâșie, din semifabricate individuale de dimensiuni relativ mici și din semifabricate individuale de dimensiuni mari (piese de tipul componentelor de caroserie);
- *realizarea proceselor de deformare pe utilaje automate* cu diferite grade de specializare;
- *automatizarea complexă*, caz în care procesele tehnologice sunt realizate pe linii de utilaje dispuse în ordinea succesiunii logice a operațiilor, în urma cărora se obține piesa finită. Aceasta reprezintă expresia cea mai completă de automatizare a proceselor de fabricație a pieselor obținute prin deformare plastică la rece. Datorită faptului că toate operațiile (de bază și auxiliare) se desfășoară fără intervenția directă a omului, aceste linii poartă denumirea de **linii automate**. Pe astfel de linii se pot prelucra, în cadrul producției de serie mare și de masă, piese de la cele cu dimensiuni relativ mici și configurație simplă până la piese de dimensiuni mari cu complexitate deosebită. Pentru a face rentabilă prelucrarea pieselor în producția de serie mijlocie-mică, este necesară concepția unor **linii automate flexibile**. Acestea trebuie să aibă în

¹ Introducerea, în procesele de producție, de mașini, mecanisme, aparate etc. pentru efectuarea unor operații, activități, înlocuindu-se prin aceasta sau făcându-se mai eficientă munca fizică sau intelectuală a omului.

² Echiparea unui sistem cu mijloace tehnice pentru conducerea și efectuarea automată a unei operații, sau a unui complex de operații, înlocuind astfel participarea nemijlocită a omului.

compunere utilaje prevăzute cu astfel de ștanțe, matrițe și accesorii care să le permită prelucrarea unei game de dimensiuni ale pieselor din aceeași familie, sau chiar cu configurație diferită.

Realizarea mecanizării și automatizării unui proces de prelucrare prin deformare plastică la rece prin adoptarea uneia sau alteia din aceste direcții, depinde, în principal, de *volumul de producție* și de *condițiile concrete de dotare tehnică* a întreprinderilor, decizia finală fiind luată pe baza unui calcul de eficiență. În cazul producției de masă a unor piese mici, de același tip, se recomandă automatizarea tuturor părților procesului tehnologic prin folosirea preselor automate speciale. Producțiile de serie mare pot fi asigurate și cu ajutorul unor prese automate universale sau cu prese universale echipate cu dispozitive și mecanisme pentru automatizare. Utilizarea preselor automate este economică uneori și în cazul seriilor mici, atunci când se grupează piesele de prelucrat pe principiul tehnologiei de grup, astfel încât, trecerea de la un produs la altul să se facă cu *minimum* de schimbări și reglări ale sculelor [72]. Pentru realizarea unor piese cu configurație complexă ce necesită mai multe operații este recomandată, atunci când este posibil, utilizarea preselor automate multipoziționale cu transfer, ce pot fi considerate ca niște *linii automate cu lungime minimă*. Atunci când soluțiile prezentate mai sus nu răspund cerințelor, se recomandă utilizarea **liniilor automate** [75],[76]. Acestea sunt eficiente, în general, pentru realizarea unor piese de dimensiuni mijlocii și mari în cazul unor producții de serie mare sau de masă, iar în anumite condiții chiar și pentru producții de serie mijlocie.

1.2 Linii automate de presare la rece. Considerații generale

De la început trebuie precizat faptul că, în literatura de specialitate, atât teoria generală a liniilor automate în construcțiile de mașini, cât și definirea compunerii acestor linii, este elaborată aproape exclusiv cu raportare la domeniul prelucrărilor prin așchiere. Problematika deformărilor plastice la rece, care are specificuri mult deosebite de așchiere, este puțin prezentată, totul se restrânge la redarea unui număr redus de exemple concrete de linii automate de presare la rece, fără generalizări și definiții de direcții de acționare. În continuare se impune a face precizarea că, *studiul* care urmează a fi efectuat în această lucrare se va referi doar la prelucrarea laminatelor subțiri.

Linia automată de presare la rece reprezintă un ansamblu de utilaje, conectate între ele, dispuse în ordinea succesiunii logice a operațiilor, în urma cărora se realizează prelucrarea automată a semifabricatului în vederea obținerii unei piese finite. În cadrul liniei intră, pe lângă prese, și alte utilaje (ex. mașini de profilat, instalații de sudare, cuptoare pentru recoaceri intermediare, etc.) necesare rezolvării complete, sau cât mai complete, a procesului tehnologic de fabricație. Liniile automate de presare la rece sunt utilizate, în general, în cadrul producțiilor de **serie mare și masă** pentru executarea unor piese cu configurație complexă pentru a căror execuție sunt necesare mai multe operații.

Funcționarea unei linii automate presupune efectuarea, *corelat în timp și spațiu*, a unor **mișcări principale** cu efecte tehnologice legate de modificarea de formă a

semifabricatului în fiecare post de lucru și a unor *mișcări secundare* de evacuare a obiectului prelucrării, transferul acestuia de la un post de lucru la cel următor, orientarea semifabricatului și alimentarea cu acesta a postului următor [45],[46]. În funcție de corelarea în timp dintre aceste mișcări, pe fiecare post de lucru de pe linie poate apărea una din următoarele situații:

- cele două mișcări sunt *legate* între ele, dar mișcărilor respective se execută în *timpi diferiți*, respectiv *se succed* unele pe altele;
- cele două mișcări sunt *reunite* între ele, transportul executându-se în decursul, respectiv prin procesul prelucrării (ex. mașina de profilat cu role);
- mișcărilor se realizează în *același timp*, dar *independent* unele de altele (ex. preșele rotorice).

Raportat la totalitatea posturilor de lucru ale unei linii automate, poate apare uniformitate sau diversitate de situații de corelări ale mișcărilor tehnologice și de transport. Acest lucru depinde de structura liniei automate care se precizează în concordanță cu procesul tehnologic stabilit, fiind luate în considerație:

- definirea numărului, tipurilor și succesiunea de amplasare a utilajelor de prelucrare;
- soluțiile de transport ale semifabricatului de la un post de lucru la cel următor.

Din punct de vedere al utilajelor de prelucrare care compun o linie automată, acestea se pot grupa după cum urmează:

- *funcție de destinație*:
 - ⇒ utilaje de presare de uz general (preșe normale de diverse tipuri constructive);
 - ⇒ utilaje speciale de presare (mașini de profilat, etc.);
 - ⇒ utilaje auxiliare (mașini de îndreptat cu role, foarfeci, etc.).
- *funcție de capacitatea productivă*:
 - ⇒ utilaje cu capacități productive egale sau apropiate;
 - ⇒ utilaje cu capacități productive mult diferențiate între ele.
- *funcție de corelarea dintre acțiunea de prelucrare și avansul semifabricatului*:
 - ⇒ utilaje care prelucrează semifabricat staționar (preșe);
 - ⇒ utilaje care prelucrează semifabricatul în mișcare de avans (mașini de profilat cu role, mașini de îndreptat, etc.).

La compunerea unei linii automate pot intra utilaje din aceeași grupă sau din grupe diferite. Liniile automate constituite din utilaje de uz general dispun de flexibilitate, fiind preferate în cazul unei producții diversificate. Introducerea în cadrul liniei a unui utilaj specializat conduce la o *reducere* a flexibilității liniei, dar și la o eventuală *creștere* a capacității productive ținând cont de faptul că acesta dispune în general de capacitate productivă ridicată. Realizarea unei linii automate numai din utilaje cu capacități productive C_p egale sau apropiate conduce la obținerea unei structuri liniare (monofir). În cazul în care utilajele dispun de capacități productive mult diferențiate, se va realiza o linie automată cu ramificații (fig.1.1), caz în care se va asigura rol de cumulare sau distribuire a semifabricatelor ce trec prin aceasta. Din punct de vedere al corelării dintre acțiunea de prelucrare și avans al semifabricatului, față de utilizarea unor utilaje din aceeași grupă, în cazul utilizării utilajelor din grupe diferite este necesar ca sistemul de

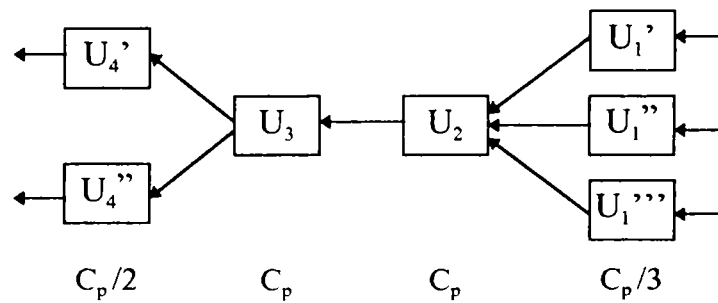


Fig.1.1 Linie automată cu ramificații

transport să cuprindă și acumuloare interposturi. Rezultă prin urmare, ca și element de structură a liniei automate, schematizarea din tabelul 1.1. Din acumuloarele interposturi urmează a se face alimentarea postului de lucru următor cu semifabricate orientate după cerințe determinate.

Tabelul 1.1 Elemente de structură a liniei automate

POST i		POST $i+1$
Modul de prelucrare a semifabricatului	Transport → Acumulare →	Modul de prelucrare a semifabricatului
Staționar		Staționar
În mișcare de avans		În mișcare de avans

Acumuloarele au construcții specifice funcției de felul semifabricatelor înmagazinate și cerința pentru orientarea acestora. În tabelul 1.2 se prezintă o caracterizare a acestora cu referire la complexitatea constructivă a acumulatorului și domeniul de aplicabilitate al acestuia. Se remarcă faptul că acumuloarele pentru semifabricate continue, sub formă de bucle (simple sau poligonale) se prezintă ca deosebit de avantajoase. De regulă, prezența acumuloarelor duce la *lungirea* liniilor automate. Acest lucru apare îndeosebi în cazul acumuloarelor cu menținerea orientată a semifabricatelor spațiale individuale, cât și a semifabricatelor spațiale continue.

Tabelul 1.2 Mod de caracterizare a acumuloarelor de semifabricat

Semifabricat	Orientare	Complexitate constructivă a acumulatorului	Domeniul de aplicabilitate
<i>individual</i>	fără	redușă	restrâns
	cu	diversă (de la redusă la foarte complexă)	larg
<i>continuu</i>	cu (implicit)	foarte redusă	universal

În ceea ce privește cerința pentru echipament tehnologic interposturi, cu funcții de evacuare a semifabricatului din postul i , transferul spre postul $i+1$, asigurarea orientării, respectiv alimentarea cu semifabricat a acestui din urmă post, datele în cauză se prezintă în tabelul 1.3.

Tabelul 1.3 Cerința pentru echipament tehnologic interposturi

Semifabricat	Cerință pentru echipament de				Flexibilitate sistem	Complexitate sistem
	Evacuare	Transfer	Orientare	Alimentare		
<i>individual</i>	DA sau NU (după caz)	DA	DA	DA	redușă sau deloc	medie
<i>continuu</i>	DA (NU)	NU	NU	NU (DA)	ridicată	redușă

Din cele prezentate mai sus se constată că semifabricatul continuu poate fi utilizat atât la realizarea produselor pe bucăți, cât și a celor continue. Tot semifabricatele continue sunt acelea pentru care echipamentul interposturi de transport prezintă complexitate constructivă redusă, asigurând în același timp flexibilitate ridicată a sistemului (tabelul 1.3), respectiv pentru care acumuloarele interposturi (în măsura în care sunt necesare) prezintă aceleași avantaje (tabelul 1.2).

Toate aceste considerente la un loc conduc la **concluzia** de a opta pentru realizarea de *linii automate de presare la rece care să lucreze din semifabricat continuu* (bandă în rulouri). În legătură cu această concluzie, se cere a se defini domeniul de aplicabilitate a lucrului din semifabricat continuu funcție de complexitatea de formă a produsului, ceea ce se reprezintă în tabelul 1.4. Se remarcă faptul că există unele produse spațiale, anume cele a căror formare impune retragerea semifabricatului din bandă după toate direcțiile, cum ar fi ambutisările adânci (grupa B) care nu se pot prelucra din semifabricat continuu de-a lungul întregii linii.

Tabelul 1.4 Domeniul de aplicabilitate a lucrului din semifabricat continuu

Forma produsului		Aplicabilitate
<i>plană</i>		universală
<i>spațială</i>	Grupa A	universală
	Grupa B	Nu

OBS:
Grupa A cuprinde produsele ce dispun de o zonă care poate rămâne atașată benzii până în ultimul post al liniei (ex. piese ștanțate cu îndoiri, reliefări, răsfrângeri orificii, etc.)
Grupa B cuprinde produsele a căror formă impune retragerea semifabricatului din bandă după toate direcțiile (ex. ambutisări adânci).

1.3 Clasificarea liniilor automate de presare la rece

Clasificarea liniilor automate de presare la rece se poate face din diverse puncte de vedere [46],[10],[26],[72],[50] cum ar fi:

a) *După felul semifabricatului și al produsului:*

⇒ linii pentru prelucrarea *produselor pe bucăți* pornind de la semifabricate individuale, de grup (foi de tablă, fâșii) sau continue (benzi în rulouri);

⇒ linii pentru *produse continue* (ex. balamale continue, lanțuri de zale plate sau circulare etc.) pornind de la semifabricate continue.

Schematizarea clasificării funcție de felul semifabricatului și al produsului se prezintă în fig.1.2. În general produsele pe bucăți sunt cele ce se întâlnesc în majoritatea covârșitoare a cazurilor, produsele continue fiind mai rare. Se observă că semifabricatul adecvat realizării oricărui produs este cel continuu.

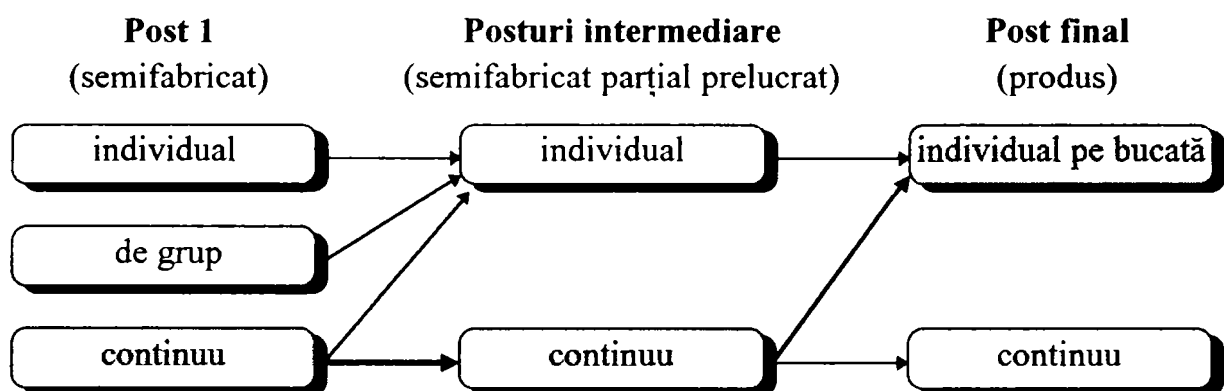


Fig. 1.2 Felul semifabricatului supus prelucrării și al produsului

b) *După specificurile tehnologice de fabricație a produselor, se pot întâlni:*

- ⇒ linii automate de fâșiere;
- ⇒ linii automate de ștanțare;
- ⇒ linii automate de îndoire;
- ⇒ linii automate de ștanțare-profilare;
- ⇒ linii automate de ștanțare-matrițare etc.

Uneori, în cadrul liniilor automate sunt introduse și posturi de lucru în care se efectuează și alte operații decât cele de deformare plastică la rece, cum ar fi: sudură, tratamente termice, deformări la cald, prelucrări prin așchiere, asamblări, etc.

c) *Din punct de vedere al fluxului tehnologic, sistemul poate fi :*

- ⇒ liniar;
- ⇒ circular;
- ⇒ în rețea.

În general se constată că marea majoritate a fluxurilor tehnologice sunt de tip liniar, celelalte fiind mai rar întâlnite.

d) *După gradul de flexibilitate al operațiilor tehnologice și al mișcărilor secundare:*

⇒ *linii automate speciale* pentru fabricarea unui anumit produs - linie rigidă;

⇒ *linii automate cu flexibilitate limitată* destinate realizării unui grup de piese de formă și dimensiuni apropiate;

e) *După varianta constructivă de mecanizare și automatizare a operațiilor auxiliare,* liniile automate pot fi împărțite în trei grupe:

⇒ *cu legătură rigidă*, situație în care echipamentele care asigură transportul pieselor de la un post de lucru (utilaj) la altul sunt legate rigid între ele. În acest caz, distanța între utilajele de presare trebuie să fie multipli întregi ai pasului de lucru, axa acestora fiind dispusă pe aceeași linie;

⇒ *cu legătură elastică*, când instalațiile și mecanismele de transfer (mâini mecanice, manipolatoare, etc.) nu sunt legate rigid între ele, fiind comandate de sesizoare și comutatoare acționate de piesele care se prelucrează;

⇒ *cu legătură mixtă*, caz în care între unele utilaje legătura se realizează elastic, comandată, iar între alte utilaje se realizează rigid.

1.4 Linii automate care prelucrează semifabricat continuu

14.1 Linii automate de ștanțare-profilare

Realizarea pieselor care dispun de îndoiri paralele cu axa longitudinală și care pot prezenta și unele prelucrări de ștanțare (perforări, șlituiri, crestări, etc.), respectiv de deformare plastică (imprimări, răsfrângerii, etc.) poate fi efectuată pe scule clasice montate pe presă (în cazul pieselor de lungime mică), respectiv pe prese de îndoit Abkant (piese de lungime mare). În cazul *seriilor mari* de fabricație devine *rațională* realizarea acestor tipuri de piese (de lungime mare și chiar și a celor mai scurte) pe **linii automate de ștanțare-profilare (LASP)** [46]. În afara profilelor deschise, pe LASP pot fi realizate și profile închise sub formă de tuburi sudate [55], care pot prezenta sau nu prelucrări de ștanțare.

Comparativ cu prelucrarea acestor tipuri de piese utilizând ștanțe și matrite de îndoit montate pe prese de uz general, respectiv pe prese de îndoit Abkant, soluția de ștanțare-profilare prezintă unele **avantaje** cum ar fi creșterea productivității muncii, micșorarea costurilor de producție, reducerea consumurilor energetice și de material, a cerinței de utilaj și spațiu de producție. Trebuie menționat faptul că prezența mașinii de profilat în cadrul liniei (fiind utilaj specializat) conduce la o reducere a flexibilității acesteia. Totodată, datorită faptului că reechiparea și reglarea mașinii de profilat se

realizează manual, fiind o operație laborioasă, aceasta conduce la imobilizarea liniei pe perioade mari de timp, ceea ce constituie un mare **dezavantaj** în ceea ce privește disponibilitatea acesteia.

Literatura de specialitate [46],[55],[57] cât și datele care rezultă din prospectele unor firme specializate [88],[81],[92],[109],[110] în producția de mașini de profilare cu role și respectiv de linii de ștanțare-profilare, pun în evidență o mare diversitate în ceea ce privește compunerea acestora. Liniile automate de ștanțare-profilare au ca și particularitate funcțională principală realizarea operațiilor pe un semifabricat *continuu* până în ultimul post, într-o succesiune determinată de dispunerea mașinilor în linie. Există însă situații în care se utilizează semifabricatul continuu până în postul anterior mașinii de profilat, post în care are loc *retezarea* benzii (ștanțate), profilarea urmând a se realiza pe semifabricat individual.

Arhitectura și dimensiunile unei LASP cât și a utilajelor componente sunt determinate de complexitatea formei piesei (pieselor în cazul în care linia dispune de o oarecare flexibilitate), de dimensiunile maxime ale pieselor prelucrate, de itinerarul tehnologic, de caracteristicile mecanice și tehnologice ale materialului prelucrat și nu în ultimul rând de mărimea seriei de fabricație. Pe baza itinerariului tehnologic și a utilajelor aferente prelucrărilor în cauză se pot preciza următoarele:

- *semifabricatul utilizat* este sub formă de bandă în rulou de lățime corespunzătoare lățimii desfășurate a piesei. Ruloul de bandă se așează pe un derulor de bandă simplu sau dublu (preferabil pentru a reduce perioada de staționare în vederea montării unui nou rulou), care poate fi cu sau fără acționare proprie.
- *îndreptarea benzii* se realizează cu ajutorul unei mașini de îndreptat cu role, cu acționare proprie.
- *prelucrarea semifabricatului* se face, bazat pe rațiuni tehnologice, după cum urmează:
 - ⇒ în primul rând, se vor realiza pe semifabricatul plan, staționar, toate prelucrările de ștanțare-matrițare necesare pentru constituirea formei piesei. Tot aici se vor realiza (dacă este cazul) și unele șlițuiri tehnologice între două piese (fig.1.3) necesare în scopul *ușurării* retezării, în ultimul post, a piesei profilate. Având în vedere că prelucrările se realizează pe un semifabricat staționar, este necesară echiparea acestui post cu un dispozitiv de avans intermitent al benzii, care să asigure avansul cu un pas la fiecare cursă dublă a presei. În cazul când este necesară realizarea unor prelucrări la distanțe mari unele de altele, pentru a nu utiliza prese de gabarit mare, acestea pot fi realizate cu ajutorul unor unități de presare dispuse în lungul benzii.
 - ⇒ în a doua etapă are loc profilarea benzii pe o mașină de profilat, prelucrare care se efectuează asupra semifabricatului în mișcare de avans;
 - ⇒ în final are loc retezarea piesei. Există și situații particulare când unele prelucrări de ștanțare-matrițare se realizează pe semifabricatul profilat, înaintea operației de retezare. Un exemplu în acest caz poate fi prelucrarea unor orificii precis distanțate între ele (fig.1.4), pe zone între care s-a produs deformarea plastică.

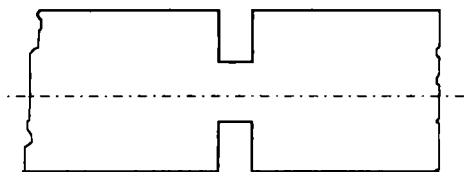


Fig.1.3 Realizarea de șlițuri tehnologice

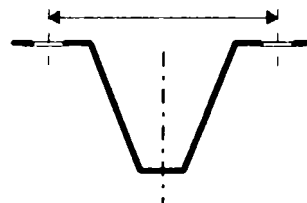


Fig.1.4 Realizarea de prelucrări pe semifabricatul profilat

Operația de retezare poate fi realizată pe semifabricat staționar cât și pe semifabricat aflat în mișcare. *Retezarea pe semifabricat staționar* se face cu ajutorul unei ștanțe de retezare montate pe o presă, sau se poate utiliza o unitate de presare. Ținând cont de faptul că mașina de profilat este cu funcționare continuă iar retezarea se face pe semifabricat staționar, rezultă că între cele două posturi de lucru este necesară amplasarea unui acumulator de semifabricat. Având în vedere faptul că în acumulator se înmagazinează semifabricat profilat, deci rigid, cu posibilități de inflexiune doar în zonele punțiilor de legătură dintre piese (obținute în urma șlițuirilor tehnologice), acesta se construiește sub formă de buclă poligonală de mare lungime (fig.1.5.a). Înlăturarea cerinței pentru asemenea acumuloare, scurtând astfel lungimea liniei automate, se poate obține realizând acțiunea de retezare din mers a piesei (fig.1.5 b).

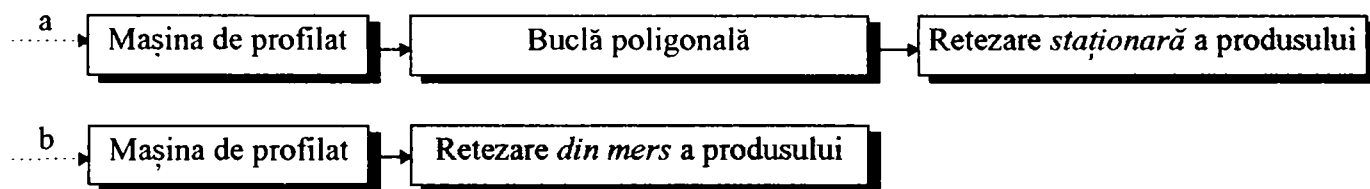


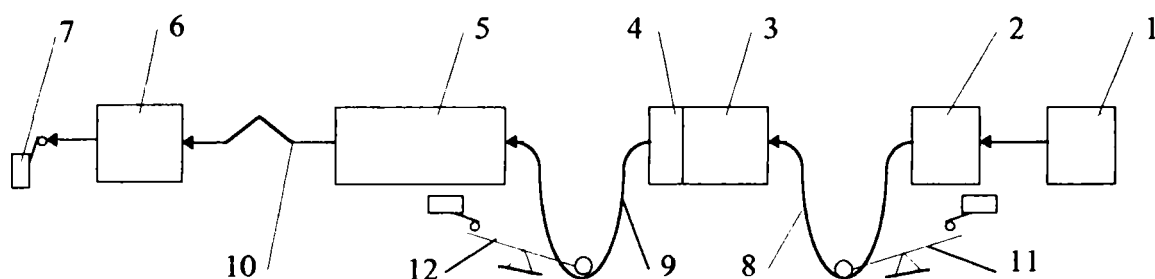
Fig.1.5 Mod de retezare a produsului

Retezarea din mers (pe semifabricat aflat în mișcare) poate fi realizată fie cu o șanță fixă montată pe o unitate de presare mobilă care execută în decursul tăierii o mișcare sincronă cu semifabricatul profilat, fie pe o șanță mobilă [51] montată pe o presă fixă, cu deplasarea ștanței sincron cu semifabricatul. Caracterizarea acestor sisteme de retezare din mers se prezintă în tabelul 1.5. Varianta de șanță mobilă montată pe utilaj fix, se poate aplica într-un domeniu mai restrâns decât varianta cu utilaj mobil și șanță fixă, dar acolo unde se poate folosi, este o soluție mai avantajoasă deoarece dispune de o construcție incomparabil mai simplă.

Tabelul 1.5 Caracterizarea sistemelor de retezare din mers

Utilaj	Șanța (în raport cu utilajul)	Domeniu de aplicabilitate	Complexitate constructivă
mobil	fixă	universal	foarte ridicată
fix	mobilă	relativ restrâns	redușă

In fig.1.6 se prezintă schema bloc de constituire a unei LASP care prelucrează semifabricat continuu până în ultimul post al liniei, cu retezarea staționară a produsului.



1-derulor de bandă; 2-mașină de îndreptat cu role; 3-presă; 4-dispozitiv de avans; 5-mașină de profilat; 6-unitate de retezare; 7-microîntrerupător de capăt; 8,9-acumulatori sub formă de buclă simplă; 10-acumulator sub formă de buclă poligonală superioară; 11,12-sistem de palpate bandă și de comandă utilaje învecinate

Fig.1.6 Schema bloc de constituire a liniei

Comanda de pornire și oprire a utilajelor 2, 3 și 5 este realizată, prin intermediul acumulatorilor de semifabricat sub formă de buclă simplă 8 și 9, de către sistemele de palpate și comandă 11 și 12. Între mașina de profilat 5 și unitatea de retezare 6 este amplasat un acumulator de semifabricat sub formă de buclă poligonală 10, comanda de pornire a unității de retezare fiind dată de către microîntrerupătorul de capăt 7, acționat de către produsul profilat.

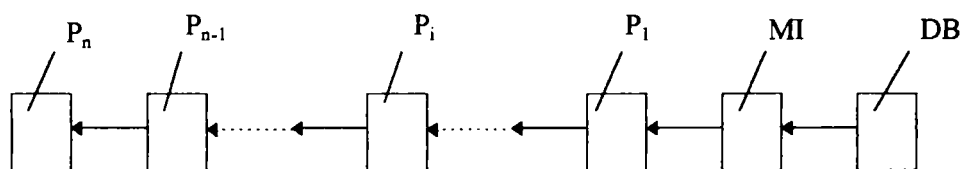
Utilizarea în cadrul liniei a unor utilaje cu prelucrare discontinuă, respectiv cu prelucrare continuă, de cele mai multe ori cu viteze de prelucrare având valori unice, necesită introducerea unor sisteme de acumulare pentru a face posibilă exploatarea liniei în regim continuu. Acționarea mașinii de profilat și a mașinii de îndreptare se recomandă să fie făcută prin motoare de turație reglabilă, pentru a se asigura, pe de o parte, reducerea la minim a frecvenței opririlor și pornirilor acestor mașini (prin egalări ale vitezelor de prelucrare), iar pe de altă parte, pentru a asigura un ritm de lucru care să conducă la utilizarea cât mai apropiată de capacitatea maximă a liniei. Atunci când este posibil se recomandă utilizarea în cadrul liniei a unor mașini care să permită reglarea continuă a parametrilor cinematici (cadență, viteză de prelucrare, etc.), permițând o mai mare flexibilitate în exploatarea liniei, cât și reducerea sau chiar eliminarea sistemelor de acumulare care măresc considerabil lungimea liniei. În cazul în care la același reglaj al liniei se prelucrează mai multe rulouri de bandă identice, se recomandă introducerea în cadrul liniei a unei unități de sudare bandă la capete, în scopul asigurării unei funcționări continue a liniei. În acest caz nu mai este necesară introducerea manuală a noului capăt de bandă prin fiecare utilaj din cadrul liniei, ceea ce conduce la reducerea considerabilă a timpului de staționare a liniei la schimbarea ruloului de bandă.

1.4.2 Liniile automate de ștanțare-matrițare

Liniile automate de ștanțare-matrițare³ (LASM) care utilizează semifabricat continuu sunt constituite în general pentru realizarea pieselor de dimensiuni mici și mijlocii, de formă plană sau spațială și care dispun de o zonă care poate rămâne *atașată* benzii până în ultimul post al liniei. Avantajele care decurg din utilizarea semifabricatului continuu până în ultimul post al liniei au fost prezentate la cap1.2. O problemă care apare la acest tip de linie constă în trecerea semifabricatului bandă de la forma plană la forma spațială. Prelucrările de ștanțare nu afectează în nici un fel planeitatea acestuia, pe când cele de matrițare conduc la obținerea unui semifabricat bandă de formă spațială. În acest caz apar probleme în ceea ce privește alimentarea automată a sculei cu semifabricat spațial, cât și evacuarea obiectului prelucrării din sculă. La stabilirea procesului tehnologic se va încerca pe cât posibil ca prelucrările de matrițare să se realizeze în ultimele posturi ale liniei.

Din punct de vedere al domeniului de aplicabilitate a unei LASM care folosește semifabricat continuu până în ultimul post de lucru se poate spune că pe o astfel de linie se poate realiza orice prelucrare de ștanțare cât și aproape toate prelucrările de matrițare, cu excepția ambutisărilor adânci (tabelul 1.4). În acest caz se impune asigurarea posibilității unei retrageri mari a materialului semifabricatului de-a lungul unui contur închis, ceea ce presupune ca înaintea acestei prelucrări să fie creată discontinuitatea totală a zonei utile a materialului semifabricatului față de restul benzii, deci *separarea* produsului în curs de formare (de semifabricatul bandă) într-un post intermediar al liniei. În cazul ambutisărilor de adâncime mică nu este necesară separarea semifabricatului de restul benzii, legătura dintre zona utilă de semifabricat și bandă se poate menține prin intermediul unor punți obținute prin crestarea convenabilă a semifabricatului în jurul zonei utile.

O linie automată de ștanțare-matrițare este constituită în general (fig.1.7) dintr-un derulor de bandă, o mașină de îndreptat banda și un număr de prese echipate cu dispozitive de alimentare, respectiv cu ștanțe sau matrițe adecvate prelucrărilor de efectuat. Acumulatoarele interposturi pot fi sub formă de buclă simplă până la presa P_i



DB -derulor de bandă; MI -mașină de îndreptat cu role; $P_{1...n}$ -prese

Fig.1.7 Structura unei LASM

(când banda este plană), respectiv sub forma unor bucle poligonale inferioare sau superioare între presele P_i și P_n (dacă banda devine spațială). Trecerea la realizarea unui alt produs, în cazul în care dispozitivele de alimentare, respectiv acumulatoarele de

³ Cuprinde operații de îndoire, ambutisare și fasonare (reliefare, răsfrângere, etc.) realizate pe matrițe.

semifabricat pot fi reglate în anumite limite, deci când linia dispune de o oarecare flexibilitate, presupune schimbarea sculelor și reglarea întregii linii. Această operație este consumatoare de timp datorită faptului că atât *echiparea* cât și *reglarea* în acest caz se face *manual*, ceea ce conduce la stagnarea liniei pe perioade mari de timp. În acest caz linia se utilizează în condiții de eficiență economică în cadrul *seriilor mari* de fabricație.

1.5 Linii automate care prelucrează semifabricat individual

În cazul liniilor automate de presare la rece care prelucrează semifabricate individuale, acțiunea de evacuare a produsului din postul i , transferul, orientarea și alimentarea postului $i+1$ se realizează prin mijloace tehnice mai *complicate*, care depind de *forma* și *dimensiunile* semifabricatelor. La prelucrarea semifabricatelor plane cât și spațiale de formă simplă (inele, cupe mărunte ambutisate, etc.) nu apar probleme deosebite. În acest caz alimentarea automată cu asemenea semifabricate se face cu *dispozitive clasice*, care permit lucrul în ritm ridicat, concordant cu regimul de funcționare cu lovituri repetate ale preselor. Ordonarea acestor semifabricate (acolo unde este cazul) în vederea trecerii lor la postul de lucru următor, de asemenea se poate realiza fără complicații. Echipamentele în cauză, în marea lor majoritate, dispun de o construcție simplă, fiind *specializate* după configurația și dimensiunile piesei. Datorită faptului că pot lucra în ritm ridicat având totodată un cost redus, utilizarea lor este rațională. Liniile automate sau semiautomate de presare de acest gen, au în compunerea lor echipamente de genul dispozitivelor de alimentare cu cursor, cu disc revolver, cu buncăre de diverse tipuri, transportoare-elevatoare, etc.

În cazul lucrului pe semifabricate spațiale individuale de formă complexă [31],[45],[46], acestea se pot realiza pe:

- *prese multipoziționale cu transfer*

Cu toate că presa multipozițională cu transfer reprezintă un utilaj special de presare, ea realizează funcții specifice unei linii automate, constituind un sistem tehnic de prelucrare automată cu mai multe posturi de lucru înglobate într-un singur utilaj. Este foarte eficientă la realizarea pieselor complexe de dimensiuni mici și mijlocii.

- *linii automate cu transportor-jgheab rigid*

În acest caz apare o legătură rigidă între prese constituită din transportorul-jgheab. Piesele se deplasează printr-o mișcare intermitentă cu pas constant pe toată lungimea liniei. În acest caz este necesar ca distanța dintre prese să reprezinte un multiplu al pasului de avans. Sistemul de transfer pas cu pas menține semifabricatele într-o poziție orientată, putând efectua și modificarea orientării acestora la trecerea de la un utilaj la cel următor. Alimentarea sculei cu semifabricate cât și evacuarea acestora se face de regulă cu ajutorul unor mecanisme de tipul mâinilor mecano-pneumatice.

- *linii automate deservite de manipolatoare*

Manipulatoarele realizează, în general, mișcări după un program rigid, realizând transferul semifabricatelor prin mișcări de translație și/sau rotație. Viteza acestora este relativ ridicată, asigurând astfel productivitate ridicată cât și precizie ridicată privind poziționarea semifabricatelor la postul de presare. La constituirea unei asemenea linii se dispune de regulă un manipulator la capătul liniei pentru alimentarea primului post cu semifabricate (de regulă plane), iar pe urmă câte un manipulator (între două posturi) pentru transferul semifabricatelor de la postul i la postul $i+1$. O asemenea linie dispune de flexibilitate redusă până la medie, fiind destinată fabricației de serie mare.

1.6 Concluzii

Utilizarea liniilor automate în cadrul proceselor de presare la rece conduce la obținerea unor **efecte principale** cum ar fi:

- creșterea productivității muncii;
- utilizarea rațională a posibilităților pe care le oferă utilajele de presare;
- reducerea ciclului de fabricație;
- creșterea preciziei de prelucrare;
- reducerea necesarului de utilaje, a spațiului de producție și de magazii interoperații;
- creșterea gradului de securitate a muncii.

Exploatarea utilajelor în regim automat față de cea în regim manual, când se folosește aproximativ 30% din capacitatea productivă (număr de curse duble) a utilajului, conduce la exploatarea acestora la o capacitate cât mai apropiată (sau egală) de cea nominală [72]. În acest caz se reduce timpul de realizare a unui reper, timp care nu mai depinde de timpul subiectiv de reacție al operatorului uman. Totodată precizia și calitatea operațiilor executate nu mai sunt influențate de operatorul uman. Datorită înlănțuirii operațiilor într-un flux are loc o reducere a personalului muncitor concomitent cu o creștere a productivității muncii. Scurtându-se timpul de obținere a unui produs la o anumită fază, scade timpul necesar realizării produsului, ceea ce conduce la eliberarea mai rapidă a utilajului și la disponibilizarea lui pentru alte produse. Acest efect este cu atât mai amplificat cu cât și *soluția de mecanizare și automatizare este una flexibilă*.

În general la realizarea unei linii automate se caută ca în fluxul de producție să fie introdus un semifabricat, iar în final să rezulte piesa, fără opriri intermediare și fără întoarceri. În acest caz utilajele sunt grupate pe fluxul de producție, distanțele dintre acestea fiind dictate de soluțiile de mecanizare și automatizare și nu pe considerente de protecția muncii (în prezența operatorului uman). Ne-existând opriri și/sau întreruperi ale fluxului de producție, dispar magaziile interoperații, ceea ce conduce la o reducere a spațiului de lucru necesar.

Efectul social al mecanizării și automatizării se manifestă prin eliminarea acțiunii directe a operatorului uman în procesul de producție (cu poluare sonoră ridicată) respectiv prin eliminarea prezenței sale *active* în zonele în care se efectuează deformarea. Acest lucru conduce la o diminuare a pericolului de accidentare, deci la o creștere a securității muncii fără investiții suplimentare. Totodată, personalul muncitor care va deservi un asemenea sistem va trebui să aibă o calificare mai ridicată.

Analizând critic aceste linii automate prin prisma **diversității de repere** ce pot fi executate, în condiții de **eficiență economică**, se constată că aceasta este în general *mică* datorită *dificultăților* mari ce apar la *reglare* atunci când se trece de la un tip de piesă la altul, chiar și atunci când procesul tehnologic diferă puțin. De aceea una din condițiile principale care se pun unei linii automate de presare la rece care dispune de o oarecare “elasticitate tehnologică” constă în *ușurința și simplitatea reglării* ei. Uneori, pentru a nu complica linia, unele operații -auxiliare sau de bază- din cadrul procesului tehnologic, pot fi executate chiar prin deservire manuală. În ceea ce privește **productivitatea** se constată că, aceasta este mai *scăzută* în cazul liniilor “*elastice*” comparativ cu cele *specializate* (rigide), deoarece o parte din timpul destinat procesului de lucru efectiv este întrebuințat pentru **echiparea și reglarea** liniei la trecerea de la o piesă la alta, operații care se realizează manual. Acest lucru conduce la *imobilizarea* liniei pe perioade mari de timp motiv pentru care liniile automate vor fi utilizate în cadrul producției de *serie mare și masă*. În cazul liniilor automate care dispun de o oarecare elasticitate tehnologică, acestea pot fi utilizate chiar și în cadrul producției de serie mijlocie.

PRINCIPIILE FLEXIBILITĂȚII DE FABRICAȚIE PE SISTEME DE PRESARE LA RECE

2.1 Considerații generale despre conceptul de flexibilitate

2.1.1 Automatizarea flexibilă a fabricației

În ultimii ani, producția de serie mare (automatizată rigid) se confruntă cu dificultăți tot mai mari datorită mobilității foarte mari a pieței, a cererilor acestora (fig.2.1), atât sub aspect cantitativ cât și calitativ, ceea ce impune producătorilor creșterea capacității de adaptare, de modificare rapidă a fabricației. Ceea ce constituia virtutea sistemelor de fabricație destinate seriei mari, cum ar fi spre exemplu tipizarea, standardizarea, loturile mari de produse de același tip fabricate în serie mare, au devenit principalul lor neajuns. Aceasta a făcut ca să apară preocupări tot mai intense pentru dezvoltarea unei noi calități a fabricației - *flexibilitatea*, care implică modificări radicale atât în domeniul tehnologiilor de fabricație, cât și în domeniul managementului, al conducerii și organizării producției.

Atunci când se urmărește ridicarea gradului de automatizare în domeniul fabricației de produse în serie mică și mijlocie, trebuie asigurat un compromis între două deziderate contradictorii: **flexibilitate** înaltă a utilajelor și **productivitate** ridicată. O soluție pentru acest compromis o oferă conceptul de *sistem flexibil de fabricație*, care beneficiază de o **automatizare flexibilă** [22],[37],[77]. Acesta are ca și scop realizarea de produse noi, la intervale scurte de timp, în cantități mici, dar la un preț de cost similar celui de serie mare.

Prin **automatizare flexibilă** se înțelege automatizarea proceselor de producție în scopul dezvoltării și producerii efective de produse cu o evoluție dinamică, în sensul modificărilor, îmbunătățirilor, adaptărilor rapide la cerințe tehnico-funcționale moderne [1],[4],[7],[14]. În acest scop, automatizarea flexibilă cuprinde întreg procesul de producție, de la planificarea pe termen lung vizând concepția de dezvoltare, construcție și proiectare a produselor, până la pregătirea și comanda fabricației, a transportului și a depozitării reperelor, incluzând procesul de măsurare, testare și control al produselor. Deci se poate spune că automatizarea flexibilă a deplasat accentele dinspre prelucrarea propriuzisă spre operațiile *adiacente* prelucrării în sine cum sunt: încărcarea, descărcarea, orientarea, poziționarea, măsurarea, transportul pieselor etc., adică spre domeniile unde erau localizate cele mai mari "rezerve" de productivitate.

Tehnica de producție automatizată flexibil cuprinde pe de o parte mașini cu comandă numerică, roboți industriali, sisteme de fabricație integrate pe diferite generații, și pe de altă parte tehnică informațională, calculatoare, tehnici de comunicație, etc.. Automatizarea flexibilă este utilizată în principal în procese de fabricație discontinue sau discrete, așa cum sunt cele din construcția de mașini: prelucrări prin așchiere, deformare plastică, sudură, asamblare/montaj etc.

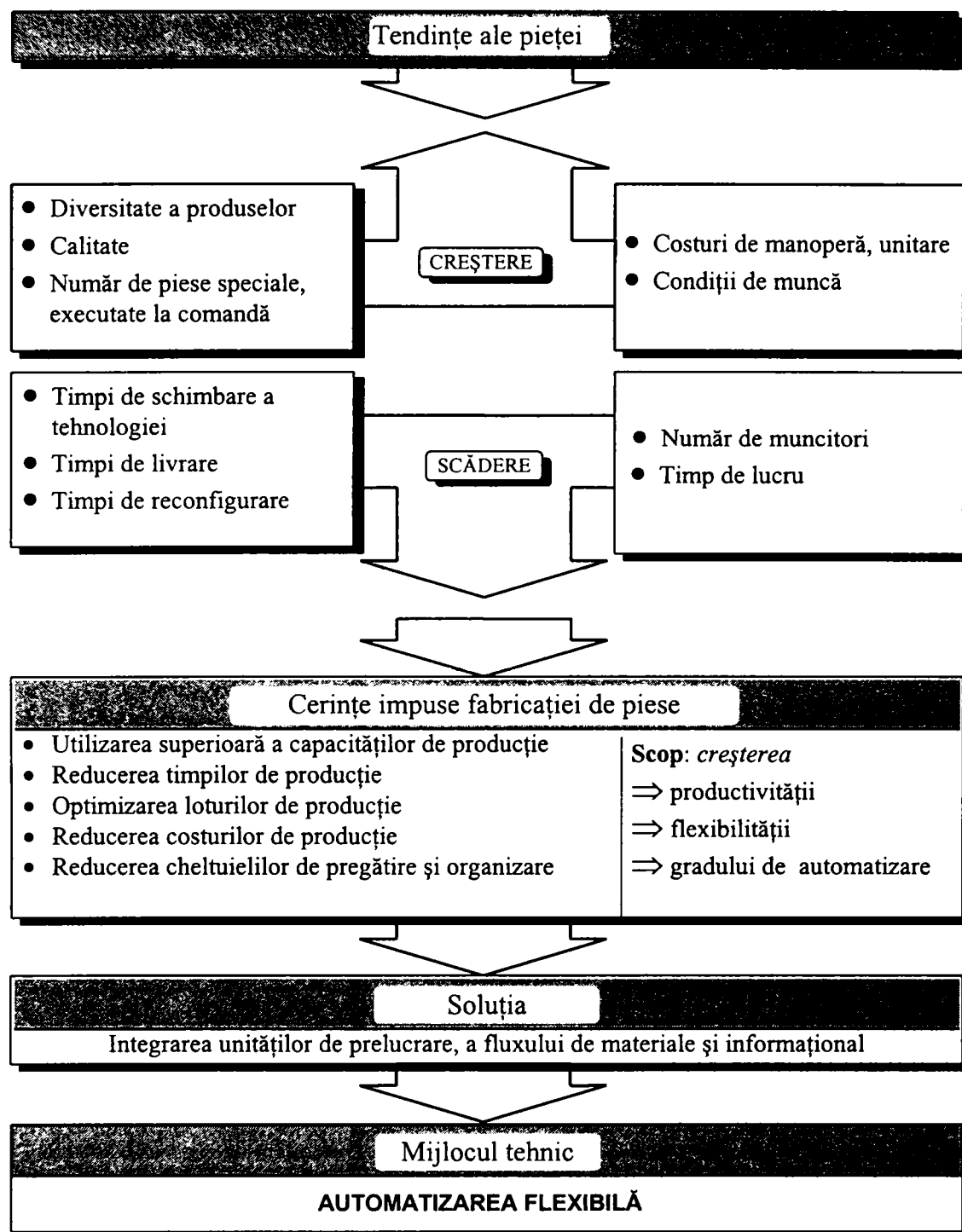


Fig. 2.1 Cerințe asupra fabricației de piese

2.1.2 Flexibilitatea. Indicatori de flexibilitate

Reprezentând o caracteristică opusă rigidității, **flexibilitatea** constituie în prezent o cerință solicitată în cele mai variate domenii ale tehnicii, fiind un *concept* de dată relativ recentă. Deși de mai mult timp se pune problema unor sisteme de producție mult mai suple, mai flexibile, decât cele în funcțiune, acest concept a devenit de actualitate după anii 1960-1970 odată cu dezvoltarea corespunzătoare a echipamentelor necesare [1],[6],[41].

Termenul de **flexibilitate** provine din termenul latin “flexibilis”, având semnificația de *suplu, variabil, capabil la modificări*. În domeniul problematicii producției industriale, termenul apare în legătură cu automatizarea fabricației, ca trăsătură ce definește *un sistem automat de fabricație bazat pe mașini “reconfigurabile”* atât pentru procesele de prelucrare, cât și pentru cele de transport al materialelor. În condițiile fabricației clasice se folosește noțiunea de *elasticitate tehnologică* [11],[29],[54].

Flexibilitatea poate fi definită ca și capacitatea sistemului de fabricație de *adaptare* la cerințele pieței, cu productivitate maximă și cheltuieli minime, în condițiile unei fabricații cu un grad parțial sau integral automat, putând fi exprimată printr-o serie de **indicatori** [11],[29],[37] cum ar fi:

- **Flexibilitatea de utilizare (F_U)** - reprezintă capacitatea unui sistem de fabricație de a executa diferite sarcini de fabricație dintr-un spectru limitat de asemenea sarcini. Ea poate fi măsurată luând în considerare sistemul de fabricație și nomenclatorul de sarcini diferite de fabricație ce urmează a fi realizate într-o succesiune temporară.

$$F_U = \frac{S_r}{S_p} \quad (2.1)$$

unde: S_r - numărul sarcinilor realizate;
 S_p - numărul sarcinilor posibil de realizat.

- **Flexibilitatea de adaptare (F_A)** - reprezintă capacitatea unui sistem de a se adapta, cu cheltuieli minime, la diferite sarcini de fabricație. Dacă modificarea stării sistemului se realizează manual ea poartă denumirea generică de *reechipare*.

Modificarea stării sistemului poate fi realizată în trei moduri:

- *prin transformare*, înlocuind elementele funcționale;
- *prin modificare*, selectând o anumită funcție dintr-un număr de funcții parțiale ce pot fi utilizate alternativ și care există în permanență în sistem;
- *prin reglare*, alegând o anumită valoare a unor parametri ce influențează funcționarea și care sunt permanent disponibili.

$$F_A = 1 - \frac{C_{mat} + C_{man} + V_{ef}}{V} \quad (2.2)$$

unde: C_{mat} - cheltuieli materiale de adaptare;
 C_{man} - cheltuieli de manoperă necesare pentru adaptare;
 V_{ef} - valoarea elementelor funcționale;

V - valoarea tuturor mijloacelor din sistem.

În timp ce la *reechiparea manuală* o parte importantă a cheltuielilor sunt “vizibile” și pot fi localizate în raport cu stațiile de lucru și cu momentul realizării reechipării, la *modificarea automată* a stărilor doar durata timpului de modificare se poate măsura direct, cheltuielile pentru modificarea stării fiind cuprinse în investiția inițială.

• **Flexibilitatea de acces (F_{AC})** - reprezintă capacitatea sistemului de a admite diferite trasee tehnologice, prin preluarea diferitelor sarcini de fabricație de către mijloacele de producție existente. Aceasta are și rolul de a asigura funcționarea sistemului în cazul unor avarii accidentale ale anumitor părți componente, prin modificări operate în dirijarea pieselor.

$$F_{AC} = \frac{F_t}{F_m} \quad (2.3)$$

unde: F_t - număr de trasee efective din punct de vedere al sarcinilor posibile;

F_m - numărul de trasee matematic posibile.

• **Flexibilitatea de redundanță (F_R)** - reprezintă proprietatea unui sistem de fabricație de a avea disponibile mai multe mijloace de producție pentru o aceeași sarcină tehnologică.

$$F_R = \frac{\sum C_{ri}}{N_{pi}} \quad (2.4)$$

unde: C_{ri} - cifra de redundanță a postului i care semnifică numărul de mijloace de producție care pot efectua sarcina de fabricație aferentă unui post de lucru;

N_{pi} - numărul de posturi de lucru din sistemul de fabricație.

• **Flexibilitatea de integrare structurală (F_I)** - reprezintă proprietatea unui sistem de fabricație de a-și modifica structura prin extindere, restrângere, modificarea amplasamentelor mijloacelor de producție.

$$F_I = \frac{N_r}{N_m} \quad (2.5)$$

unde: N_r - numărul variantelor de structură realizabile concret;

N_m - numărul variantelor de structură realizabile matematic.

• **Flexibilitatea de stocaj (înmagazinare) (F_S)** - reprezintă proprietatea unui sistem de a echilibra ciclurile de fabricație de durată diferită obținute pe diferite mijloace de producție conținute în sistemul de fabricație.

$$F_S = C_{pmax} - C_{pmin} \quad (2.6)$$

unde: C_{pmax} - capacitatea de producție maximă;

C_{pmin} - capacitatea de producție minimă, a două mijloace de producție montate în sistemul de fabricație în flux.

- **Flexibilitatea de programare (F_p)** - reprezintă proprietatea unui sistem de fabricație de a putea fi programat pentru funcționarea automată în condiții de variație a sarcinilor, fiind capabil să schimbe în mod automat sarcina de fabricație.

$$F_p = N_p \quad (2.7)$$

unde: N_p este numărul programelor care se pot schimba în mod automat.

2.1.3 Sistemul flexibil de fabricație

2.1.3.1 Considerații generale privind sistemul de fabricație

Sistemul de fabricație se poate defini ca mulțimea instalațiilor tehnice și mulțimea relațiilor dintre ele constituite în vederea rezolvării unei sarcini de fabricație. Într-o accepțiune “mai modernă” [29], poate fi definit ca “*totalitatea mijloacelor hard și soft care concură la realizarea unui proces de fabricație*”.

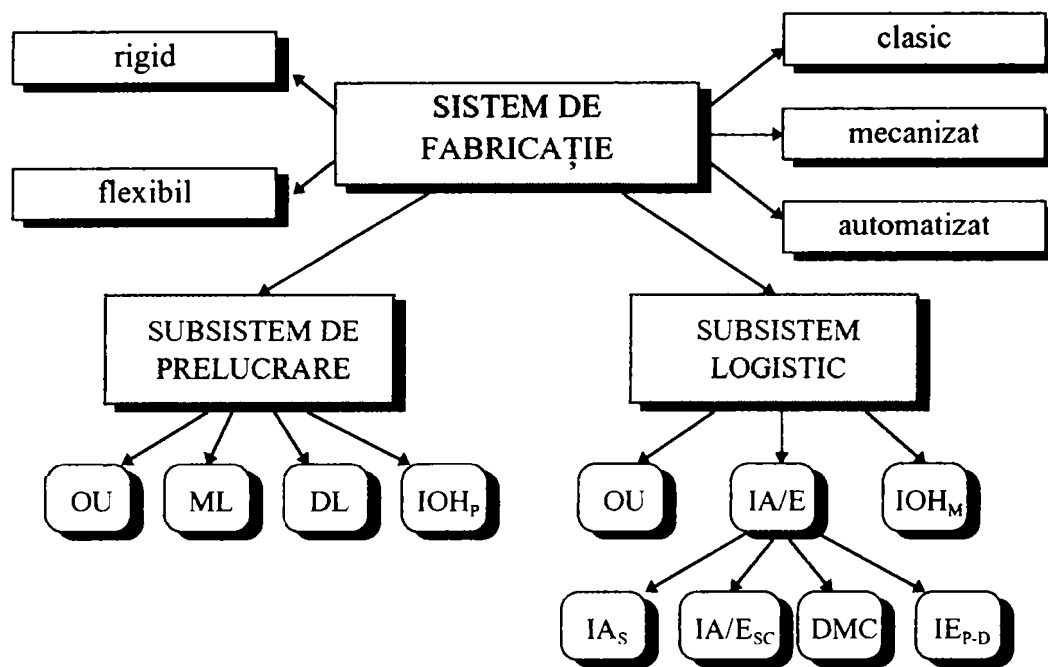
La fel ca și procesul de fabricație, sistemul de fabricație (fig.2.2) poate fi [11],[12],[29]:

- *clasic*, când operatorul uman are o prezență *activă* atât în activitățile legate de manipularea obiectului de lucru cât și în cele legate de operații de prelucrare;
- *mecanizat*, când prezența operatorului este necesară doar în activitățile de comandă, toate celelalte mișcări fiind realizate, potrivit comenzii, de către instalațiile mecanizate;
- *automatizat*, când operatorul are doar rolul de supraveghere a procesului, atât conducerea cât și desfășurarea operațiilor realizându-se fără intervenția sa.

În cadrul *sistemului de fabricație clasic*, operatorul uman îndeplinește în totalitate funcțiile subsistemului logistic privind manipularea obiectului de lucru, acest tip de sistem ne-având instalații aducătoare/evacuare (IA/E), și pentru operații humanoide (IOH). La *sistemul de fabricație mecanizat*, operațiile de manipulare sunt realizate de către IA/E, operatorul uman îndeplinind doar funcții de comandă manuală. În cadrul *sistemelor automatizate* funcțiile anterioare ale operatorului uman sunt preluate de către sisteme de conducere avansate.

Din fig.2.3 se poate observa că, în funcție de ușurința sau dificultatea de adaptare la noi sarcini de fabricație, sistemele de fabricație pot avea proprietăți de *flexibilitate* sau *rigiditate*. În cadrul producției de serie mare și masă, sistemele de fabricație au fost concepute pentru realizarea de produse identice în cantități foarte mari.

În scopul asigurării unui preț de cost cât mai mic al piesei, în condiții de productivitate ridicată, sistemele au beneficiat de o *automatizare rigidă*, apărând astfel **liniile de transfer**. Caracteristicile unei linii de transfer constau în *viteza mare* de prelucrare a reperelor dar și într-o *rigiditate mare*, mașinile care o compun fiind în general speciale. Pe o astfel de linie nu pot fi executate decât produse identice în limitele “fixate” în prealabil în momentul conceperii liniei, trecerea de la un produs la altul necesitând un timp de reglare lung (zile sau săptămâni). Realizarea unor produse noi este posibilă doar prin înlocuirea unor echipamente din cadrul liniei sau chiar a întregii linii.



OU - operator uman; **ML** - mașini de lucru; **DL** - dispozitive de lucru; **IOH_p** - instalație pentru operații humanoide de prelucrare. **IOH_M** - instalație pentru operații humanoide de manipulare (de mare complexitate); **IA/E** - instalație aducătoare/evacuare (operații de manipulare simple); **IA_s** - instalație aducătoare de semifabricat; **IA/E_{sc}** - instalație aducătoare/evacuare scule; **DMC** - dispozitive de măsurare și control; **IE_{p-d}** - instalație evacuare piese și deșeuri;

Fig. 2.2 Clasificarea și componența sistemelor de fabricație

La polul opus se află producția de serie mică și mijlocie destinată realizării de produse multiple în număr limitat, în loturi. Flexibilitatea sistemului este conferită de către mașinile unelte universale (ne-automate) care compun sistemul și de către operatorul uman a cărei calificare (policalificare) și experiență sunt determinante, flexibilitatea fiind asigurată în detrimentul productivității. De-a lungul anilor s-a căutat să se găsească un *echilibru* între *suplețe* și *performanță*, dar în general rezultatele nu au fost pe măsura așteptărilor [6].

Apariția comenzii numerice la mașini-unelte a condus la rezolvarea acestei contradicții dintre “universalitate-automatizare”, deschizând drumul spre sistemele automatizate flexibile. Sistemele de fabricație *automatizate flexibil* vor trebui definite în comparație cu sistemele de fabricație *automatizate rigid*. În timp ce sistemele automatizate rigid sunt de la început concepute pentru realizarea *unei singure* (sau a câtorva) *sarcini de fabricație*, sistemele automatizate flexibil sunt concepute în vederea realizării *mai multor sarcini diferite de fabricație*, în condiții de eficiență economică, fiind destinate producției de serie mică și mijlocie.

Orice încercare de a folosi sistemele automatizate flexibile în vederea realizării unei producții standard, de volum mare, este sortită eșecului, deoarece sistemele automatizate rigid sunt mai eficiente [40],[41]. Pentru diferite cazuri de fabricație, între soluțiile bazate pe sistemele automatizate rigide și cele automatizate flexibile poate exista un număr însemnat de soluții viabile economic (ținând cont de nivelul de dezvoltare a forțelor de producție caracterizat de raportul cost/performanță a mijloacelor disponibile) reprezentate de sisteme de fabricație intermediare, cu *flexibilitate generală mărită*. Ele se vor baza pe combinații, justificate economic, ale unor dispozitive automatizate cu

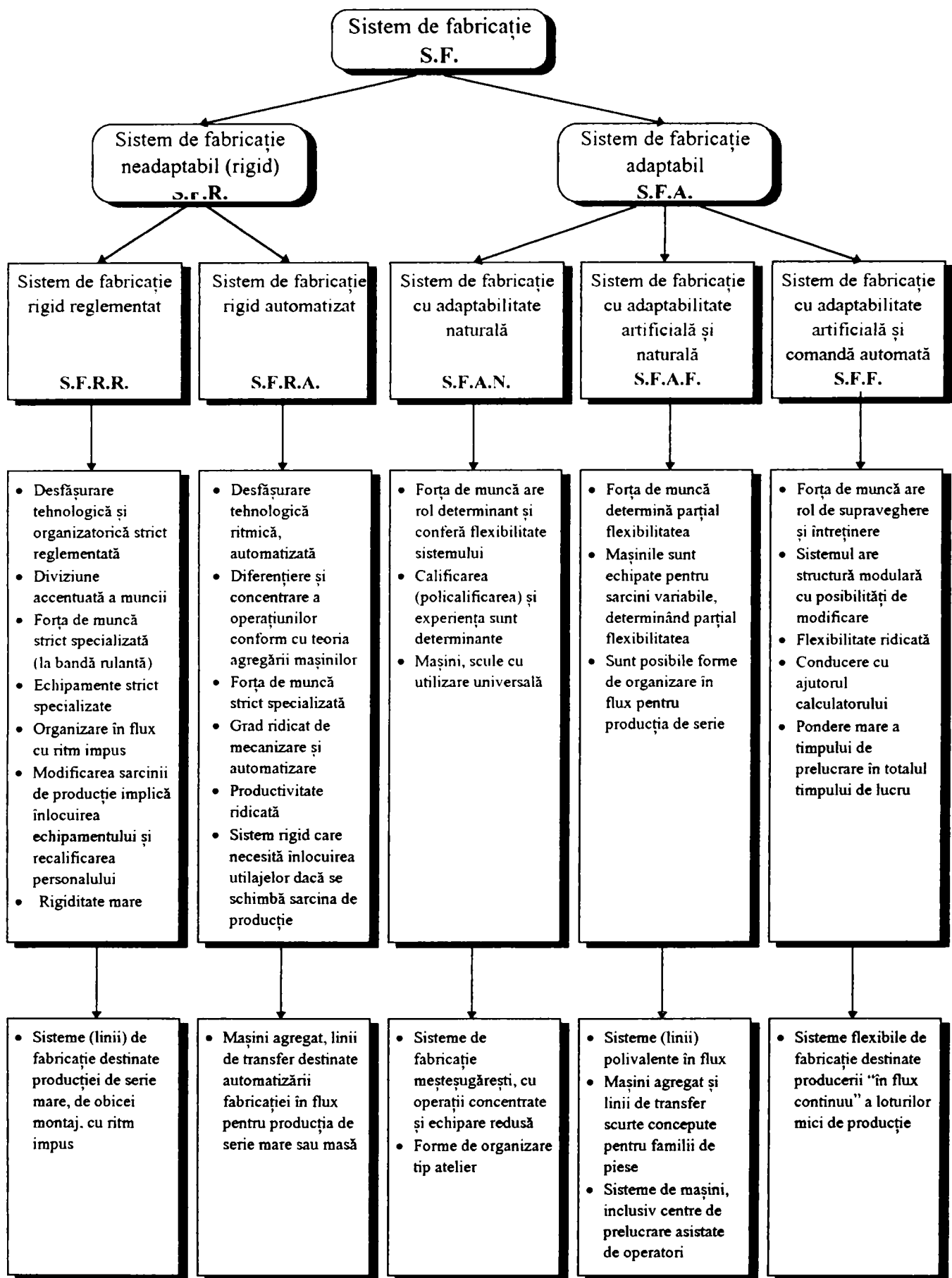


Fig. 2.3 Clasificarea sistemelor de fabricație după criteriul adaptabilității la variația sarcinii

dispozitive mecanizate și operatori, dispunând de procedee de reorganizare structurală predefinite și economic realizabile.

În tabelul 2.1 se prezintă o sinteză de caracterizare a principalelor tipuri de sisteme de fabricație, realizată cu ajutorul a trei criterii:

- *flexibilitate* (gradul de adaptare la diferite sarcini de fabricație);
- *costul sistemului*;
- *productivitatea sistemului*.

Fiecare tip de sistem caracterizat este *adekvat* unui anumit domeniu al cazurilor de fabricație, domeniu caracterizat prin mărimea seriei de fabricație. Se observă că în cadrul producției de serie mică și mijlocie, sistemul cel mai adecvat prin prisma flexibilității și a productivității este **sistemul flexibil de fabricație (SFF)**.

Tabelul 2.1 Sinteza de caracterizare a principalelor tipuri de sisteme de fabricație

		Flexibilitate	Costul sistemului	Productivitate	Domeniu
Sistem de fabricație adaptabil SFA	natural SFAN	mare și foarte mare	mic, mediu	scăzută	producție de unicate și serie mică
	artificial și natural SFAF	medie, mare	mediu, ridicat	medie	producție de serie mică și mijlocie
	artificial cu comandă automată SFF	mare	ridicat și foarte ridicat	mare și foarte mare	producție de serie mică și mijlocie
Sistem de fabricație neadaptabil (rigid) SFR	reglementat SFRR	foarte mică	mediu	medie	producție de serie mare
	automatizat SFRA	foarte mică	ridicat	mare și foarte mare	producție de serie mare și masă

2.1.3.2 Caracteristici ale sistemului flexibil de fabricație

Sistemele flexibile de fabricație și-au făcut apariția în contextul necesității obiective de creștere a exigențelor și performanțelor producției de serie mică și mijlocie (chiar unicat) la un nivel superior, știind că aproximativ 80% din producția actuală este caracteristică acestui tip de serie [6]. *O definiție exactă a unui sistem flexibil de fabricație nu s-a impus încă datorită diversității mari de aplicații existente în practică.* În continuare se prezintă o definiție dată de către Comisia economică ONU pentru Europa [19]:

“Un sistem flexibil de fabricație este un complex de mașini unelte CNC, sisteme automate de alimentare cu materiale și scule și sisteme automate de măsurare și testare, toate controlate de calculator, care, cu un minim de intervenție umană și un timp de reacție foarte scurt, poate prelucra orice reper aparținând unei anumite familii de reperi, pe baza unui program prestabilit”

Sistemul flexibil de fabricație (SFF) reprezintă deci un ansamblu integrat de mașini unelte (cu comandă numerică, cu ciclu automat, etc.) deservite de către un sistem automat de transport, manipulare și depozitare a semifabricatelor, pieselor finite, sculelor și instrumentelor, prevăzut cu echipamente automatizate de măsurare și testare, capabil să realizeze, sub comanda calculatorului electronic, prelucrarea simultană sau succesivă a unor piese diferite, aparținând unei familii de produse, în condiții de intervenție minimă a operatorului uman și cu timpi de reglare reduși. Aceasta este deja o diferență esențială în raport cu mașinile speciale sau liniile de transfer care nu pot executa decât produse identice în limite fixate în prealabil odată cu proiectarea liniei [6],[7]. Pentru fiecare reper de prelucrat există disponibile programe/piesă testate și memorate într-o unitate centrală care gestionează o bază de date comună.

Structural, un sistem flexibil conține fie mai multe mașini unelte diferite (care se completează reciproc), fie de același tip (care se pot substitui reciproc), ceea ce permite execuția automată a tuturor operațiilor de prelucrare asupra pieselor dintr-o clasă reprezentativă, fără întreruperi determinate de alimentări și reechipări la mașini. Sistemul flexibil poate îmbrăca forme și destinații foarte diferite, de la producția în cadențe ridicate până la cea de realizare a prototipurilor. Problema fabricației ca atare este foarte vastă și nu asigură o soluție unică. Sistemul flexibil de fabricație a fost constituit prin:

- aplicarea comenzii numerice la mașini-unelte;
- dezvoltarea unor tehnologii auxiliare variate necesare automatizării:
 - sistemul de transfer automat al sculelor;
 - transportul automat al pieselor și sculelor în sistem;
 - paletizarea;
 - depozite automate de piese, etc.
- introducerea calculatorului electronic pentru comanda sistemului.

SFF se diferențiază radical de sistemele de fabricație tradiționale prin următoarele **caracteristici definitorii** [29],[37]:

- flexibilitate ridicată, caracterizată prin capacitatea sistemului de (re)adaptare rapidă și optimală (cu eforturi minime) la modificările dimensiunilor geometrice ale piesei sau la schimbarea acesteia cu una similară sau din cadrul aceleiași familii de produse și de funcționare pe perioade mari de timp în condiții de eficiență economică și modificări structurale minime;
- grad de automatizare ridicat al mașinilor și sistemelor de manipulare/transport;
- capacitatea de a accepta semifabricate într-o ordine aleatoare;
- capacitatea de prelucrare simultană sau succesivă a unor piese diferite, utilizând scule și dispozitive de prindere/fixare necesare la o anumită mașină, la timpul potrivit și în secvența dorită;
- numărul de poziționări ale pieselor este mult mai mic decât în varianta clasică. Acest lucru se datorează faptului că în componența SFF intră, în general, mașini unelte cu comandă

numerică, centre de prelucrare la care numărul tipurilor de suprafețe de prelucrat este sensibil mai mare. *Tendința este de a folosi mașini unelte universale în pofida mașinilor unelte specializate;*

- amplasamentul mașinilor unelte este determinat de tipul instalațiilor adoptate pentru operații “humanoide”. Astfel, subsistemele de manipulare /transport pot fi compuse din roboți industriali de diverse tipuri, manipolatoare, vehicule ghidate automat, robocare, etc.
- realizează încărcarea intensivă a mașinilor ceea ce conduce la o reducere a numărului de mașini unelte comparativ cu sistemele clasice;
- posibilitatea de integrare etapizată;
- transmiterea de informații se face pe cale informatică, prin intermediul calculatorului, și nu pe cale verbală, scrisă, desenată ca și în sistemele clasice;
- autonomie funcțională pentru trei schimburi, fără intervenția operatorului uman pentru funcții direct productive;
- sunt utilizabile în domeniul producției de unicate, serie mică și mijlocie.

2.1.3.3 Clasificarea sistemelor flexibile de fabricație

După cum se observă în fig.2.4, **sistemele flexibile de fabricație (B)** sunt situate între *sistemele convenționale automate (A)* destinate producției de serie mare și masă și *sistemele convenționale neautomatizate (C)*, sau foarte puțin, destinate producției de serie mică. Sistemele flexibile pot fi împărțite [6],[7],[16],[22],[37] în trei mari categorii, neexistând totuși o *delimitare foarte precisă* între ele, după cum urmează:

- celulă flexibilă;
- atelier flexibil;
- linie de transfer flexibilă.

2.1.3.3.1 Celula flexibilă de fabricație

Ideea de celulă flexibilă s-a născut din dorința de a da o anumită *autonomie* mașinilor cu scopul de a le lăsa să funcționeze în anumite perioade de timp (pauze de odihnă, masă și chiar la sfârșitul zilei, până la epuizarea stocurilor, ceea ce constituie un câștig legat de creșterea sensibilă a timpului de exploatare), realizând astfel o *deconectare* dintre operator și mașina sa. Celula flexibilă reprezintă forma cea mai simplă de organizare a producției integrate.

O celulă flexibilă de fabricație poate fi compusă dintr-una (cazul celulei elementare, după [6] sau a modulului flexibil de fabricație, după [1]) sau mai multe mașini unelte, identice sau diferite, universale sau de construcție specială cu comandă numerică de tip CNC¹, prevăzută cu sisteme de manipulare automată a pieselor și a sculelor, post de depozitare tampon a pieselor, sistem de măsurare a pieselor prelucrate (eventual) și sistem de comandă

¹ Computer Numerical Control (comandă numerică cu calculatorul)

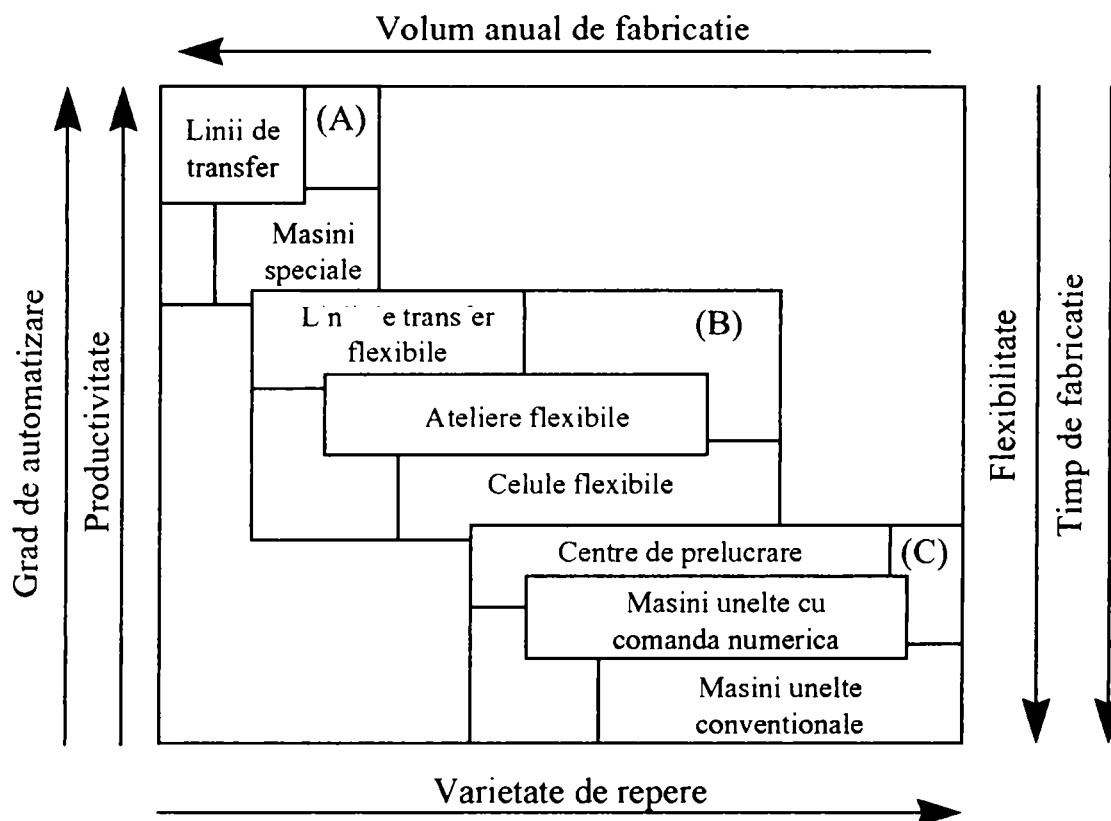


Fig. 2.4 Zona de interes a sistemelor flexibile de fabricație

directă prin calculator (DNC)² [6],[7],[30]. Există însă situații când este necesară introducerea și de posturi manuale, respectiv de mașini ne-automatizate, fiind considerate ca un subsistem al acestora. Din punct de vedere al gradului de automatizare, celulele flexibile pot fi:

- *de nivel inferior* - când funcționează cu operator;
- *de nivel superior* - când pot funcționa fără operator (de exemplu celulele robotizate).

Pilotarea (comanda) celulei este realizată de către comanda numerică, adesea asistată de unul sau mai multe automate programabile. La noile generații de mașini-unelte cu CNC, automatele programabile sunt integrate direct în comandă. Sistemul de pilotare trebuie să efectueze, în general, următoarele operații:

- recunoașterea pieselor;
- selecționarea în memorie a programului;
- executarea corecțiilor necesare și controlarea poziției reale a piesei pe mașină;
- selecționarea sculelor necesare și căutarea în arhiva centrală a parametrilor tehnologici și a caracteristicilor geometrice a sculei;
- dialogarea cu operatorul prin unitatea centrală de comandă.

În final se poate spune că celula flexibilă dispune de *flexibilitatea cea mai înaltă* bazată pe utilizarea mașinilor reconfigurabile rapid, care oferă posibilitatea de a realiza piese diferite într-o înlanțuire rapidă. Celulele flexibile de fabricație se utilizează cel mai frecvent în

² Direct Numerical Control (comandă numerică directă)

producția de unicate și de serie mică ca unități de prelucrare *autonome*, sau pot alcătui și unități de bază pentru atelierul flexibil (prin multiplicare).

2.1.3.3.2 Linia de transfer flexibilă

Automatizarea fabricației de serie mare s-a realizat, în cadrul atelierelor convenționale, în general cu ajutorul liniilor de transfer sau a mașinilor speciale. Și în acest caz au apărut (în ultimul timp) probleme legate de limitarea seriei și de variații ale tipurilor de produse realizate. Astfel, fără a atinge gradul de flexibilitate ale altor sisteme, liniile de înaltă producție (de transfer) au evoluat și ele spre o mai mare *suplete*, devenind astfel linii de transfer flexibile. Scopul a fost de a adăuga, pe lângă capacitatea de producție existentă (ridicată) a acestora, și o capacitate de adaptare rapidă la noi produse [6].

Linia de transfer flexibilă (numită adesea și *linie automată flexibilă*) este alcătuită dintr-un grup de mașini-unelte universale sau speciale și/sau diverse unități automate de lucru, dispuse de regulă într-o configurație de tip serie și interconectate prin intermediul unui sistem de transport al semifabricatelor. Principiul de bază al fabricației rămâne “apropiat” principiului de lucru al unei linii de transfer rigide, dar echipamentele au devenit interschimbabile rapid și în mod automat. Spre deosebire de liniile de transfer convenționale, pe o linie de transfer flexibilă se poate prelucra simultan sau secvențial un număr “limitat” de piese diferite, reglarea liniei realizându-se automat în momentul trecerii de la un tip de piesă la altul. Linia de transfer flexibilă este destinată, în general, prelucrării pieselor în producția de serie mare-mijlocie.

2.1.3.3.3 Atelierul flexibil de fabricație

Cel de-al treilea nivel al sistemului flexibil de fabricație îl reprezintă atelierul flexibil, destinat în general producției de serie mică/mijlocie. Atelierele flexibile sunt realizate prin reunirea mai multor celule flexibile și/sau linii de transfer flexibile, și chiar a unor posturi manuale pilotate ca și sistemele automate [6]. Arhitectura acestora diferă de la caz la caz (problema fabricației fiind foarte vastă nu asigură o soluție unică), în funcție de soluțiile de transfer alese. Din punct de vedere al flexibilității de care dispun, pot apărea două tipuri de ateliere [28]:

- *atelier flexibil specializat;*
- *atelier flexibil complex.*

Atelierul flexibil specializat constă din reunirea mai multor linii de transfer flexibile, fiind destinat realizării unei familii de produse constituite în general ca și variante dimensionale ale unui produs de bază. Acestea necesită în general aceleași tipuri de operații și în aceeași ordine. Structura unui asemenea atelier este în general liniară (mai multe sectoare liniare). Mașinile care intră în compunerea atelierului sunt adesea intermediare între mașinile universale cu comandă numerică și cele speciale. Având în vedere structura de tip liniar, pilotarea unui asemenea atelier nu ridică probleme deosebite. Totodată nu apar probleme de

conflict de prioritate între piese. Dezavantajul acestui tip de atelier constă în faptul că dacă apare o problemă la un post de lucru, aceasta perturbă funcționarea întregului atelier.

Atelierul flexibil complex este compus din mai multe celule flexibile fiind destinat realizării mai multor tipuri de produse, într-un câmp dimensional impus. În cadrul acestui tip de atelier transferul pieselor între celule, mașini, posturi de încărcare, stocare se realizează cu vehicule ghidate automat, robocare, etc. Cu ajutorul unui sistem informatic sofisticat și performant, acest tip de atelier realizează angajarea optimă a mașinilor asigurând o *adecvare aproape perfectă între cerință și capacitatea de producție*. Totodată un asemenea atelier dă fabricantului posibilitatea de a răspunde la o diversitate de produse, de a reduce întârzierile de fabricație și de a accepta o serie de modificări ale acestora survenite pe parcurs.

2.1.3.4 Caracteristici tehnice și efecte economice

Implementarea sistemelor flexibile de fabricație reprezintă o decizie strategică pe termen lung, cu implicații majore în planul structurilor tehnologice, organizatorice și funcționale ale întreprinderii industriale. SFF generează costuri mari de investiții care trebuie recuperate în cel mai scurt timp din economiile pe care acestea ar trebui să le determine. Trebuie spus de la început că SFF nu constituie o soluție universală, aplicabilă în orice condiții, așa cum se afirmă uneori, ci reprezintă un *mod de răspuns* la o anumită cerință. Supraestimarea importanței acestuia și adoptarea ideii că prin flexibilizarea fabricației se rezolvă automat toate problemele unei producții moderne, nu poate avea drept rezultat decât dotarea cu utilaje foarte sofisticate care să funcționeze cu o eficiență economică mai redusă decât a celor pe care le-au înlocuit [1],[6],[9],[22],[37],[40].

SFF sunt mai scumpe decât mașinile-unelte convenționale pe care le înlocuiesc, necesită o perioadă mai mare de timp pentru amortizarea investițiilor (în condiții de funcționare la parametri proiectați), conceperea, realizarea, montarea și punerea în funcțiune necesitând de asemenea o perioadă mare de timp. Din această perspectivă, avantajele potențiale pe care sistemele le pot oferi devin viabile numai în condițiile unei fundamentări științifice a deciziei de implementare. Factorii ce trebuie luați în considerare sunt:

- gradul de flexibilitate;
- varietatea sorto-tipo-dimensională a produselor ce urmează a fi realizate;
- încadrarea în limite restrictive de cost;
- volumul producției;
- tipul și numărul mașinilor și utilajelor;
- varianta optimă pentru sistemul de depozitare și transfer al pieselor și sculelor;
- recuperarea investițiilor în condiții de rentabilitate;
- cerințe suplimentare referitoare la pregătirea și perfecționarea forței de muncă etc.

Piesele “acceptate” de către un SFF sunt din ce în ce mai variate, atât în privința formei, cât și a dimensiunilor, pornind de la piese prismatice până la cele de revoluție, piese obținute prin diverse procedee (așchiere, deformări plastice, sudare etc.). Numărul de astfel de repere diferite ce pot fi prelucrate într-un SFF variază în limite largi, de la câteva bucăți la câteva zeci și sute (mii).

Efectele economice cele mai semnificative datorate utilizării SFF (față de sistemele pe care le înlocuiesc), conform datelor apărute în literatura de specialitate sunt:

- reducerea personalului direct productiv și creșterea productivității muncii;
- creșterea personalului tehnico-îngeresc;
- reducerea numărului de mașini unelte și creșterea complexității acestora;
- micșorarea spațiului de producție și a spațiilor auxiliare;
- reducerea timpului auxiliar și creșterea ponderii timpului de prelucrare din timpul total de lucru;
- reducerea timpului necesar pregătirii producției și a timpilor necesari reglării mașinilor unelte;
- reducerea consumurilor specifice;
- creșterea calității produselor;
- reducerea rebuturilor;
- reducerea stocurilor de materii prime și materiale;
- creșterea autonomiei funcționale până la durata a trei schimburi.

SFF asigură o calitate constantă și o precizie ridicată pieselor prelucrate, calitatea pieselor fiind o funcție dependentă în primul rând de performanțele mașinilor-unelte, sculelor, dispozitivelor, programelor piesă, calitatea operatorului ne mai constituind un factor major. Alte avantaje importante, dar mai dificil de cuantificat, constau în:

- realizarea unui proces de producție "transparent", ușor de supravegheat în toate punctele cheie;
- reducerea la minim a stocurilor de producție neterminată;
- reducerea duratei de asimilare în fabricație a produselor noi;
- instaurarea unei discipline noi la nivelul procesului de producție.

2.2 Particularitățile aplicării principiilor de flexibilitate la procesele de presare la rece

Și în cadrul producției realizate prin presare la rece au apărut în ultimii ani aceleași tendințe generale de creștere a varietății și complexității produselor în paralel cu scăderea volumului acestora. În acest context se impune realizarea unui volum mic de producție în condiții de eficiență economică maximă, cu timp de prelucrare cât mai mic și o productivitate ridicată, asigurând totodată și o calitate ridicată produselor. Pentru a răspunde acestor cerințe, *evoluția sistemelor de prelucrare prin deformare plastică la rece a fost și ea orientată în direcția automatizării flexibile*, preluând din experiența obținută în domeniul sistemelor flexibile de fabricație prin așchiere și adaptând-o condițiilor particulare ale prelucrărilor prin presare la rece.

2.2.1 Posibilități și limite ale flexibilității prelucrărilor prin presare la rece

În cadrul acestui studiu se impune în primul rând să precizăm modul de obținere a piesei. Se știe că la prelucrările de ștanțare-matrițare există o corelație *biunivocă* între scula de deformare și deformația (ca formă și dimensiuni) realizabilă cu aceasta [47],[48],[49]. Semifabricatul așezat între cele două subansambluri ale sculei, a cărei închidere/deschidere este realizată de către presă prin intermediul berbecului acestuia, se deformează sub acțiunea unei perechi de muchii sau fețe active asociate între ele, provocându-se tăierea (la ștanțare) sau deformarea plastică (la matrițare), după forme geometrice definite de geometria elementelor active ale sculei (poanson-placă activă). Se poate spune că, în general, pentru realizarea unui anumit tip de produs este necesară o anumită sculă, aceasta dispunând de monovalență în utilizare.

Un prim pas în căutarea flexibilității este de a identifica tipurile de produse și modul lor de realizare. Diversificarea produselor fabricate poate fi obținută prin modificări ale formei unor semifabricate identice sau diferențiate între ele, putând apărea astfel:

- produse apropiate între ele, care fac parte din aceeași familie și au ca element comun elementul de formă care se obține prin prelucrarea în cauză. Aceste produse pot fi obținute prin realizarea mai multor *prelucrări identice ca formă și dimensiuni* pe porțiuni diferite ale semifabricatului, a cărui dimensiuni pot varia și ele. Astfel, pe diferite porțiuni ale semifabricatului pot fi realizate perforări de orificii, nervurări, reliefări, etc., toate identice ca formă și dimensiuni (fiind realizate cu aceleași elemente active). Tot în această categorie intră și produsele care se obțin cu ajutorul acelorași elemente active, modificând doar dimensiunea inițială a semifabricatului și/sau reglajul preseii. Un exemplu în acest sens îl constituie produsele cave (ambutisate), cu sau fără flanșă, la care, păstrând forma și dimensiunea secțiunii transversale a porțiunii cave, se poate modifica dimensiunea flanșei și/sau înălțimea porțiunii cave prin modificarea cursei berbecului.
- produse complet sau parțial diferite între ele care necesită realizarea de *elemente de formă diferite ca geometrie și/sau dimensiuni*. În acest caz fiecare prelucrare în parte este realizată cu elemente active diferite ca formă și dimensiuni.

Se observă că flexibilitatea prelucrărilor produselor din prima categorie este datorată ca urmare a modificării dimensiunilor semifabricatului, sau a unor parametri de reglaj, respectiv prin deplasarea semifabricatului în raport cu scula în vederea realizării aceleiași prelucrări. Se impune în continuare a cerceta posibilitățile privind asigurarea unei flexibilități în cadrul prelucrărilor care reclamă scule cu elemente active de forme și dimensiuni diferite.

2.2.1.1 Flexibilitatea în cadrul prelucrărilor de ștanțare

Prin ștanțare, în urma acțiunii muchiilor tăietoare ale elementelor active ale sculei asupra semifabricatului, are loc tăierea acestuia conferind produsului un contur exterior sau interior definit ca formă și mărime. În funcție de prelucrarea care se execută, ștanțarea poate fi:

- cu formare de deșeu, acesta putându-se desprinde sub formă de:
 - ⇒ material monobloc, într-o singură bucată sau în mai multe bucăți, cum ar fi în cazul operațiilor de perforare, decupare, șlițuire, retezarea bilaterală a punțiței dintre două piese învecinate;
 - ⇒ așchii, în cazul calibrării prin tăiere;
- fără deșeu, în cazul operațiilor de crestare, retezare unilaterală a pieselor între care nu este prevăzută punțiță.

Analizând cazul ștanțării cu deșeu, s-a constatat că deșeul monobloc poate fi înlăturat și în mod succesiv sub forma unor bucăți mai mici ajungându-se astfel la posibilitatea generării “punct cu punct” a diverselor contururi. În literatura de specialitate această acțiune poartă denumirea de **ronțăire** și poate fi realizată prin deplasarea, asigurată de mecanismele preseii cu comandă numerică, după anumite traiectorii a sculei în raport cu semifabricatul sau a semifabricatului în raport cu scula. Prelucrarea se realizează cu ajutorul unei ștanțe simple care dispune de un poanson de secțiune transversală mică a cărei formă a părții active diferă în funcție de forma conturului de realizat. Având în vedere discontinuitatea acțiunii de tăiere,

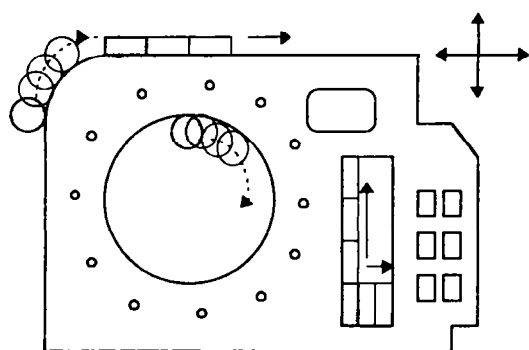


Fig. 2.5 Realizarea contururilor prin ronțăire

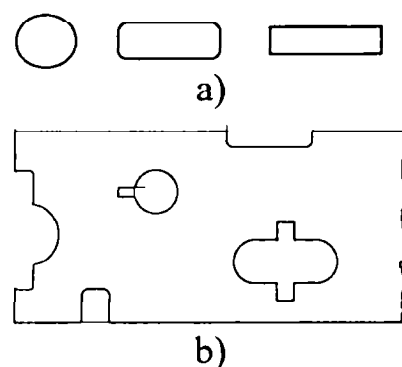


Fig. 2.6 Forme de contururi

în scopul obținerii unor suprafețe de tăiere cât mai netede, se va alege un pas de ronțăire în funcție de rugozitatea dorită. Totodată, contururile rectilinii vor fi realizate cu elemente active rectangulare, iar cele curbilinii cu elemente active circulare (fig.2.5). Pentru a reduce consumul de material, la prelucrarea contururilor exterioare, se recomandă utilizarea de elemente active cu lățime cât mai mică. Dimensiunea minimă a punțiței dintre piese va fi limitată pe considerent de rezistență a poansonului.

Realizarea contururilor unui produs poate fi obținută și prin generare de segmente. Astfel, utilizând ștanțe simple (aflate în dotarea preselor cu comandă numerică) cu elemente active având contur simplu (ex. fig.2.6.a), prin combinarea lor succesivă se pot obține diverse contururi (ex. fig.2.6.b). În acest caz flexibilitatea este limitată la combinațiile de forme ce se pot obține prin acțiunea succesivă a acestor ștanțe simple.

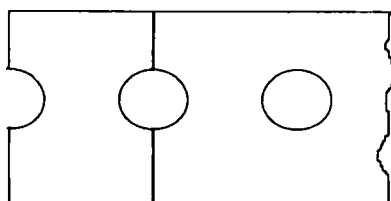


Fig. 2.7 Separare prin retezare după contur liniar

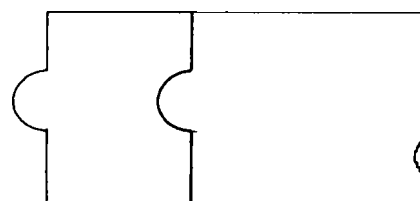


Fig. 2.8 Separare prin retezare a pieselor cu contururi conjugate

În cazul ștanțării fără deșeu, apare frecvent separarea fără deșeu a două piese. Două exemple foarte simple sunt ilustrate în fig.2.7 și fig.2.8. Primul, când separarea se face după o linie dreaptă (fig.2.7) nu ridică nici un fel de probleme, aceasta se poate realiza cu elemente active de retezare a căror lungime minimă trebuie să fie conformă cu lungimea de retezat. Pentru a exploata la maxim avantajele retezării fără deșeu atât pentru lungimi mici, cât și pentru lungimi mai mari, unele prese cu comandă numerică au fost prevăzute și cu unitate de retezare gen foarfecă ghilotină, având două lame tăietoare dispuse la 90° [125]. Separarea pieselor cu contururi oarecum conjugate între ele (fig.2.8) se face cu o sculă adecvată conturului piesei. În acest caz nu se poate vorbi de o flexibilitate a acestui gen de retezare. O oarecare flexibilitate s-ar putea obține totuși prin generarea conturului cu ajutorul unor elemente active cu muchii înclinate (gen foarfece cu vibrații). Și în acest caz apar limite legate de restricțiile privind valorile limită ale curburii conturului de tăiere, respectiv o serie de neajunsuri ale tăierii cum ar fi deformații suplimentare de îndoire ale materialului tăiat, calitate inferioară a suprafeței de tăiere.

În urma acestui studiu se pot desprinde următoarele **concluzii**:

- realizarea de produse ștanțate diferite prin modificarea poziției și numărului unor prelucrări identice pe diferite porțiuni ale semifabricatului poate fi realizată practic fără limite. În acest caz se dispune de flexibilitate ridicată;
- generarea prin ronțuire a unor contururi interioare sau exterioare piesei este practic posibilă pentru orice tip de contur. Dezavantajul unei asemenea prelucrări în comparație cu ștanțarea obișnuită constă în calitatea inferioară a suprafeței de tăiere (în unele cazuri) datorită discontinuității prelucrării și în creșterea timpului necesar pentru realizarea conturului. Dar această soluție nu înseamnă că nu este eficientă economic, în special în cadrul seriilor mici. Pentru a reduce timpul necesar generării conturului prin ronțuire, preșele cu comenzi numerice dispun (în regim de ronțuire) de cadențe foarte mari, uneori depășind 1000 cd/min [125].
- prelucrarea prin ronțuire este aplicabilă doar în cazul semifabricatelor plane. În cazul semifabricatelor spațiale acest lucru este dificil sau chiar imposibil de realizat datorită dificultăților în ceea ce privește asigurarea unui suport adecvat pentru fiecare piesă și care să realizeze o mișcare tridimensională în vederea aducerii semifabricatului în zona elementelor active, cât și legat de accesibilitatea limitată a elementelor active în zona de interes a semifabricatului spațial [48]. Pentru a elimina acest neajuns, unele prese de perforat și ronțuit cu comandă numerică sunt prevăzute și cu o unitate laser [130] capabilă să realizeze prelucrări pe semifabricate spațiale, cât și pe semifabricate plane în cazul unor contururi mari și de formă complexă, caz în care aceasta reprezintă o soluție mai economică [78] în comparație cu operația de ronțuire.

2.2.1.2 Flexibilitatea în cadrul prelucrărilor de matrițare

La prelucrarea de matrițare, în urma acțiunii elementelor active, are loc deformarea plastică a semifabricatului, deformare conformă cu geometria poansonului și a plăcii active a matriței. Deformarea se produce la volum constant, deci fără deșeu, în urma căreia se obțin

produse tridimensionale. Gradul de deformare aplicat trebuie să se ia în așa fel încât să nu se producă ruperea materialului.

Ținând cont de dependența dintre forma produsului și cea a elementelor active, matrițarea este caracterizată prin *rigiditate* în ceea ce privește posibilitatea de a obține produse diversificate (realizabile pe aceeași matriță). Totuși există unele posibilități în acest sens, dar numai pentru produse care se cuprind într-o plajă restrânsă de forme și dimensiuni.

O primă posibilitate constă în obținerea unei familii de produse care dispun de o deformare de aceeași formă, pornind de la *semifabricate de dimensiuni diferite*. În acest caz se impun adaptări doar în ceea ce privește poziționarea semifabricatelor pe matriță. Un exemplu în acest caz îl constituie vasele ambutisate fără flanșă (fig.2.9), de același diametru dar de înălțimi diferite (inferioare înălțimii piesei de bază), respectiv piesele îndoite sub aceleași unghiuri dar având lățimi diferite ale aripilor îndoite.

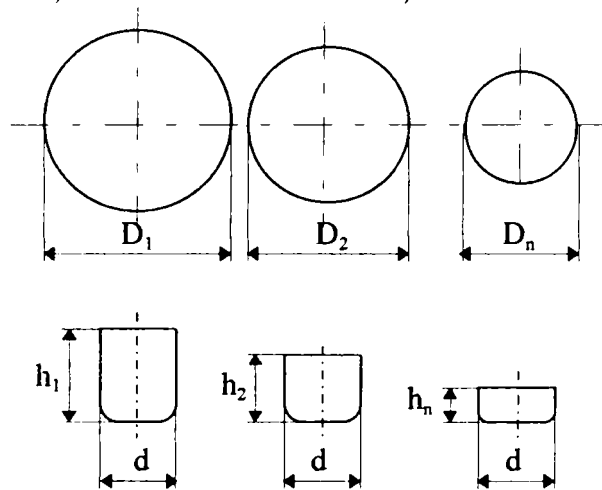


Fig. 2.9 Familie de produse pornind de la semifabricate diferite - același reglaj

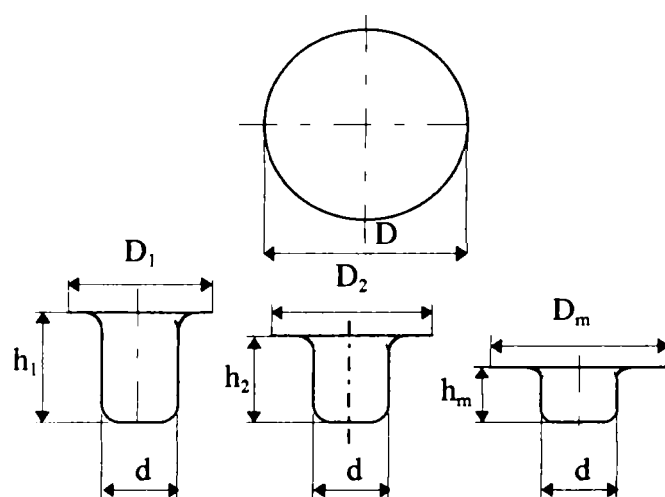


Fig. 2.10 Familie de produse pornind de la același semifabricat - reglaje diferite

Cea de a doua modalitate constă în *modificarea parametrilor de reglaj a preseii*, respectiv cursa berbecului. În acest caz, pornind de la același semifabricat se obțin produse diversificate, ca forme intermediare între semifabricat și produsul de bază. Un exemplu în acest caz îl constituie:

- vasele ambutisate cu flanșă (fig.2.10) de aceeași secțiune a zonei cave dar de înălțimi diferite, respectiv lățimi modificate ale flanșei;
- reliefări cu adâncime modificată;
- piese îndoite la diverse unghiuri, realizate în general pe prese de îndoit (abkant) cu comandă numerică.

În fine, o a treia modalitate constă în combinarea primelor două, deci schimbarea semifabricatului și modificarea reglajului preseii. Se observă că toate modalitățile mai sus prezentate, bazate pe modificarea semifabricatului și/sau modificarea reglajului preseii, conduc la realizarea de familii de produse matrițate cu *plajă de diversificare limitată*. În continuare se impune căutarea altor modalități de lucru care să conducă la o extindere a flexibilității operației.

Făcând o analogie cu prelucrarea prin șantare, se pune problema studierii *posibilității* de realizare a produselor matrițate prin *generarea formei*. În acest context, ținând cont de

dependența dintre matrița de deformare și produsul pe care îl realizează, se pot preciza următoarele:

- realizarea unei forme (a unei piese) prin generare reclamă ca pe porțiunea de semifabricat atacat într-o secvență să se producă o deformare conformă cu forma finală a produsului finit din zona respectivă. Acest lucru este necesar deoarece formele intermediare ale zonei în cauză, care ar urma să se deformeze ulterior, nu sunt admise datorită dificultăților de fixare și conducere după program a semifabricatului spațial.
- în cadrul unei secvențe de lucru, deformarea semifabricatului nu se produce strict numai în zona supusă prelucrării (de acțiune a elementelor active). Aceasta se răsfrânge, ca urmare a continuității de material, și asupra zonelor învecinate, deformările produse aici fiind mai mici decât în zona supusă prelucrării. Datorită continuității de material, la secvența următoare, când are loc deformarea din zona învecinată, se va produce o deformare și în zona deformată în cadrul secvenței anterioare, conducând astfel la modificarea formei acesteia. Se poate spune că piesa va dispune în final de o precizie redusă a formei.
- datorită atacului elementelor active pe porțiuni mici de semifabricat există riscul ca în unele situații să se depășească gradul de deformare admis de material și să se producă ruperea acestuia.

În final, pe baza celor prezentate mai sus și în literatura de specialitate [48], se poate trage **concluzia** că: *realizarea produselor matrițate prin generare de formă nu este posibilă*.

2.2.2 Scule de presare

Spre deosebire de sculele așchietoare care, în general, dispun de valențe multiple în utilizare, sculele de presare la rece dispun de *monovalență* în exploatare, existând o corelație biunivocă dintre ștanță sau matriță și produs. Altfel spus, pentru fiecare piesă trebuie proiectată și construită o sculă specială. Sculele de presare sunt în general grele și au dimensiuni mari ceea ce face dificilă manevrarea lor, reclamând totodată spații mari de înmagazinare. Un alt neajuns constă în faptul că acestea nu dispun de soluții tipizate larg răspândite pentru fixarea lor pe masa preseii. Sculele de presare sunt caracterizate în general prin complexitate și durabilitate ridicată, preț de cost mare, ceea ce le face rentabile în cadrul producției de serie mare și masă. Utilizarea lor în cadrul producției de serie mică și unicat este în general nerentabilă datorită monovalenței lor și a prețului de cost ridicat. O oarecare flexibilitate, prin acțiuni multiple asupra semifabricatului sau prin reglaje, o asigură ștanțele și matrițele modulate, cele universale, utilizate pe presele clasice, respectiv ștanțele cu poansoane de mică secțiune utilizate pentru prelucrarea prin ronțuire pe presele cu comenzi numerice.

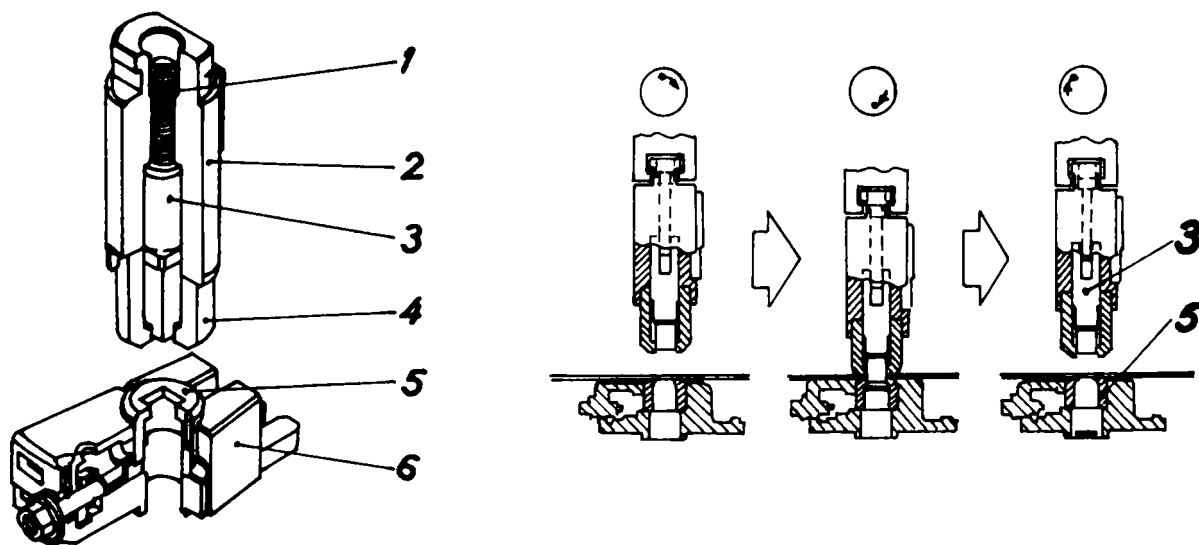
Sculele modulate se construiesc dintr-un set de elemente normalizate asigurând astfel interschimbabilitatea parțială sau totală a acestora. Construcția ștanțelor și matrițelor modulate se bazează pe utilizarea unor componente multifuncționale care permit simpla schimbare a elementelor active și reasamblarea adecvată a celorlalte părți constructive. Deși construcția acestora este mai complicată, ele prezintă avantajul că prin schimbarea succesivă a elementelor active funcție de forma și tipul piesei, plăcile de bază și de cap, sistemul de

ghidare și conducere a materialului pot fi reutilizate pentru realizarea unui număr mare de ștanțe și matrițe care diferă între ele din punct de vedere constructiv. Datorită gradului ridicat de mobilitate în adaptarea elementelor modulate, ștanțele și matrițele modulate sunt economice pentru producția de unicate, serie mică și chiar mijlocie.

Sculele universale dispun de posibilități de reglaj a poziției relative dintre semifabricat și elementele active cu ajutorul unor opritoare și rigle de ghidare mobile, respectiv de montare-demontare a perechilor de elemente active interschimbabile. Ele pot fi utilizate în execuția de reperi din cadrul aceleiași familii, și deși au un cost ridicat, acesta nu conduce la creșterea peste măsură a prețului de cost al pieselor [45].

Obs. În ambele cazuri reconfigurarea sculelor se face **manual**, pe bancul de reglaj, pentru fiecare sculă în parte fiind necesare alte *elemente active*.

Sculele de perforat și ronțait care echipează presele cu CNC sunt scule simple cu ajutorul cărora se pot realiza orificii, respectiv contururi de formă complexă prin generarea acestora. O astfel de sculă fig.2.11. este constituită dintr-un poanson și o placă activă sub forma unei pastile, montate fiecare în câte un “bloc tehnologic”. În funcție de tipul presei pe care o echipează și de producător pot apărea mai multe variante constructive, dar toate sculele lucrează în general după același principiu. Blocurile tehnologice sunt montate direct în magazia presei (la presele revolver [114],[127]) sau prin intermediul unor casete în cazul preselor cu magazie liniară [101], montarea și demontarea acestora realizându-se rapid și ușor prin simpla așezare manuală în postul respectiv.



1-șurub de reglaj, 2-suport poanson, 3-poanson, 4-inel de fixare și desprindere din poliuretan, 5-placă activă, 6-suport placă activă

Fig.2.11 Construcția și modul de lucru a unei scule de perforat și ronțait

Aceste scule sunt astfel concepute încât să ofere posibilitate de reglare rapidă și simplă. Un exemplu în acest sens îl oferă firma Wilson Tool (cel mai mare producător de asemenea scule) la care reglarea lungimii poansoanelor se face în câteva secunde, cu mâna, fără utilizarea nici unei unelte [115]. Totodată pentru a face față solicitărilor la care sunt

supuse sculele în regim de ronțuire (cadențe care pot depăși uneori 1000 cd/min) acestora le sunt conferite durabilități mai mari decât la cele clasice. O modalitate de realizare a acestui lucru constă în acoperirea lor cu nitrură de titan, caz în care durata de viață poate crește de 3-7 ori față de cea a sculelor convenționale.

Din punct de vedere al dimensiunii transversale a poansoanelor de perforare/decupare și ronțuire aceasta variază în limite largi, de la dimensiunea cea mai mică dată pe considerent de rezistență a poansonului până la dimensiunea cea mai mare dată de forța nominală a preseii. În tabelul 2.2 sunt prezentate sintetic rezultatele unui studiu efectuat pe un număr de sisteme flexibile din Japonia [34] privind dimensiunile minime/maxime a poansoanelor de formă circulară și rectangulară utilizate, iar în tabelul 2.3 frecvența de utilizare a acestora.

Tabelul 2.2 Dimensiunea minimă/maximă a poansoanelor

Dimensiune minimă		Dimensiune maximă	
Poansoane circulare			
Diametru d (mm)	Procent (%)	Diametru d (mm)	Procent (%)
0 < d ≤ 1	17.6	20 < d ≤ 40	17.6
1 < d ≤ 2	35.3	40 < d ≤ 60	17.6
2 < d ≤ 3	35.3	60 < d ≤ 80	11.8
3 < d ≤ 4	11.6	80 < d ≤ 100	23.5
		100 < d ≤ 120	29.5
Poansoane rectangulare			
Aria secțiunii transversale s (mm ²)	Procent (%)	Aria secțiunii transversale s (mm ²)	Procent (%)
0 < s ≤ 25	58.8	0 < s ≤ 500	11.8
25 < s ≤ 50	29.4	500 < s ≤ 1000	23.5
50 < s ≤ 75	5.9	1000 < s ≤ 1500	11.8
75 < s ≤ 100	5.9	1500 < s ≤ 2000	0
		2000 < s ≤ 2500	29.4
	
		6000 < s ≤ 6500	23.5

Tabelul 2.3 Frecvența de utilizare a poansoanelor

Poansoane circulare		Poansoane rectangulare	
Diametru d (mm)	Procent (%)	Aria secțiunii transversale s (mm ²)	Procent (%)
0 < d ≤ 5	49.4	0 < s ≤ 100	23.5
5 < d ≤ 10	8.4	100 < s ≤ 200	24.3
10 < d ≤ 15	5.5	200 < s ≤ 300	6.6
15 < d ≤ 20	23.0	300 < s ≤ 400	12.5
20 < d ≤ 25	0.9	400 < s ≤ 500	0.7
25 < d ≤ 30	12.8	500 < s ≤ 600	6.7
		600 < s ≤ 700	12.5
		700 < s ≤ 800	0.7
		800 < s ≤ 900	6.6
	
		1500 < s ≤ 1600	5.9

2.2.3 Utilaje de presare

Dezvoltarea utilajelor de presare poate fi reprezentată în 5 etape (fig.2.12) care reflectă cerințele economice respective și realizarea lor tehnică [56]. În cadrul producției de masă, automatizarea a fost esențială în scopul realizării unei productivități ridicate. Aceasta era dependentă de tipul utilajelor folosite (specializate dispunând în general de capacitate productivă ridicată), ceea ce o făceau inflexibilă, neadaptabilă.

În ultimii ani, condițiile pieței au impus tendința de **flexibilizare** a utilajelor în scopul îmbunătățirii flexibilității și adaptabilității la cerințele producției, asigurând pe cât posibil capacități productive ridicate.

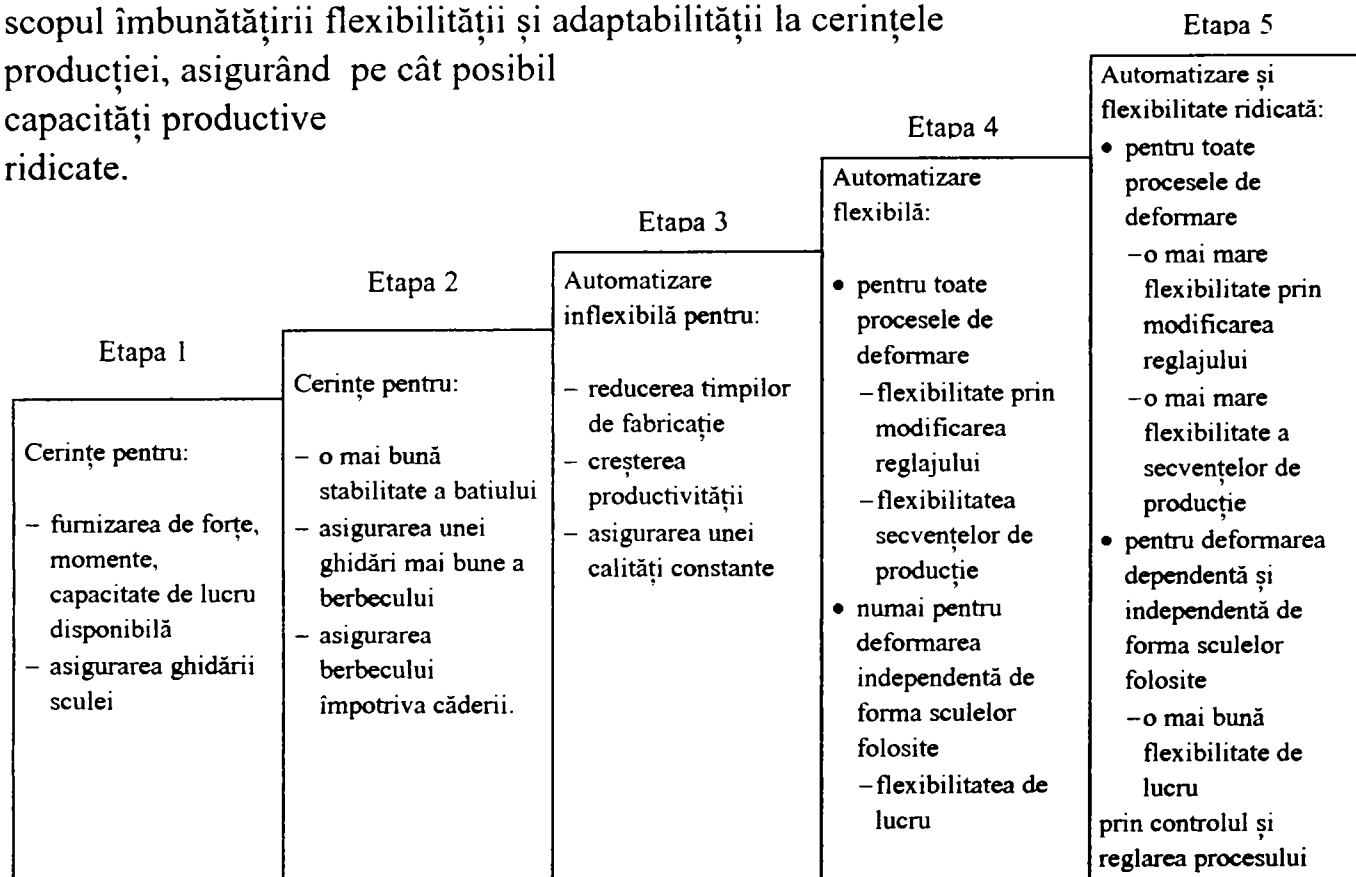


Fig. 2.12 Dezvoltarea utilajelor de presare

Astfel apare comanda după program a utilajelor de presare, care s-a extins după anii 1980 alături de cea a mașinilor unelte cu CNC și a centrelor de prelucrare prin așchiere. Această aplicare a comenzii numerice nu a fost posibilă decât cu prețul unei *schimbări legate de concepția utilajului și a sculei* [32],[38],[73]. În acest context funcția de deplasare și de poziționare a semifabricatului în dreptul sculei, încredințată până acum operatorului, trebuie să fie realizată automat de către dispozitivele utilajului. Altă evoluție necesară a constat în regândirea sistemului de montare și demontare a sculelor, la fel ca și concepția lor. Pe lângă îmbunătățirile care au fost aduse utilajelor clasice în scopul *automatizării flexibile* a acestora, apar din ce în ce mai des noi arhitecturi de utilaje, care dispun de un *grad ridicat de automatizare*, fiind capabile să satisfacă cele mai **diversificate producții** în condiții de **eficiență economică**. Cele mai mari realizări s-au obținut în cazul prelucrărilor de deformare *independente* de forma elementelor active a sculelor folosite (ex. ștanțarea prin generare de contur-ronțăire). În prezent se fac eforturi în vederea asigurării unei flexibilități și în cazul prelucrărilor care depind de forma elementelor active ale sculelor folosite (ex. piese cave, etc.). Pe plan mondial există o

varietate constructivă relativ mare de astfel de utilaje de presare, în continuare se vor lua în studiu doar principalele tipuri de utilaje care intră în compunerea sistemelor flexibile de presare a laminatelor subțiri.

2.2.3.1 Prese de perforat și ronțait

Presele de perforat și ronțait sunt utilizate în general în cadrul producției de *serie mică*. În acest caz se pune o importanță deosebită pe schimbarea rapidă a sculei, o bună accesibilitate a presei, programare rapidă și utilizarea de scule cât mai ieftine. Pe astfel de prese se pot realiza operații de ștanțare cât și unele prelucrări de fasonare cum ar fi reliefări, răsfrângeri, crestări, ambutisări de adâncime mică etc. Adâncimea maximă de deformare depinde de construcția presei, de exemplu în cazul preselor cu turelă aceasta este dată de dimensiunea maximă de deformare între turela superioară și cea inferioară, putând avea valori în general de 6...22 mm [62],[123]. Diversele variante constructive pot diferi între ele în funcție de modul de acționare, de forma batiului, magazia de scule, tipul semifabricatului prelucrat, modul de deplasare relativă între semifabricat-scula de prelucrare, etc.. Astfel se întâlnesc prese cu acționare mecanică sau hidraulică, cu batiul deschis, respectiv închis (cu rigiditate superioară), având magazia de scule liniară sau sub formă de disc. Semifabricatul utilizat poate fi sub formă de foaie de tablă sau bandă în rulou. În aproape toate cazurile semifabricatul este deplasat (de mecanismele presei) în zona de acțiune a elementelor active. Există însă utilaje la care pe lângă deplasarea semifabricatului se mai realizează o deplasare și de către capul de presare împreună cu scula de lucru.

Comanda după program a unei prese de perforat și ronțait cu CNC [58] constă în scrierea programului care cuprinde în esență următoarele secțiuni:

- descrierea elementelor geometrice ale piesei prin coordonatele specifice ale conturului, ale orificiilor sau elementelor fasonate (reliefări, crestări, răsfrângeri, mici ambutisări etc.), cât și a dimensiunilor de gabarit și de legătură;
- programarea selectării sculelor de lucru din magazia de scule;
- programarea parametrilor regimului cinematic de lucru a presei (lungimea curselor, cadența, numărul consecutiv a loviturilor active);
- programarea parametrilor dinamici: forța minimă de ștanțare-matrițare, forța de reținere, forța de extracție, temporizări etc.

Notă: Programarea secțiunilor mai sus amintite poate fi realizată atât de la consola mașinii sau mult mai comod printr-un sistem interactiv CAD³/CAM⁴ dacă presa este interfațată la un calculator de tip PC sau stație grafică.

³ Computer Aided Design (proiectare asistată de calculator)

⁴ Computer Aided Manufacturing (fabricație asistată de calculator)

2.2.3.1.1 Prese de perforat și ronțait pentru semifabricat tip foaie de tablă

2.2.3.1.1.1 Prese revolver (cu turelă)



Fig.2.13 Vedere de ansamblu presă

Din punct de vedere constructiv, presele revolver sau cu turelă pot fi cu batiu deschis sau închis, în fig.2.13 fiind prezentată o presă cu batiul închis [104],[108],[127],[117],[118]. Presa este echipată cu două mese în coordonate 1 și 3 (fig.2.14) care asigură prin servomotoarele cu răspuns rapid 2 și 4 deplasarea în plan a semifabricatului (coordonatele X,Y) cu control CNC al deplasării (control numeric al deplasării cu interpolator pentru realizarea prin ronțuire a conturilor exterioare sau a fantelor cu profil complex). Presa dispune de asemenea de un cap revolver 5 constituit din două discuri concentrice în care se montează, în cel de sus poansonul, iar în cel de jos pastilele care constituie plăcile active.

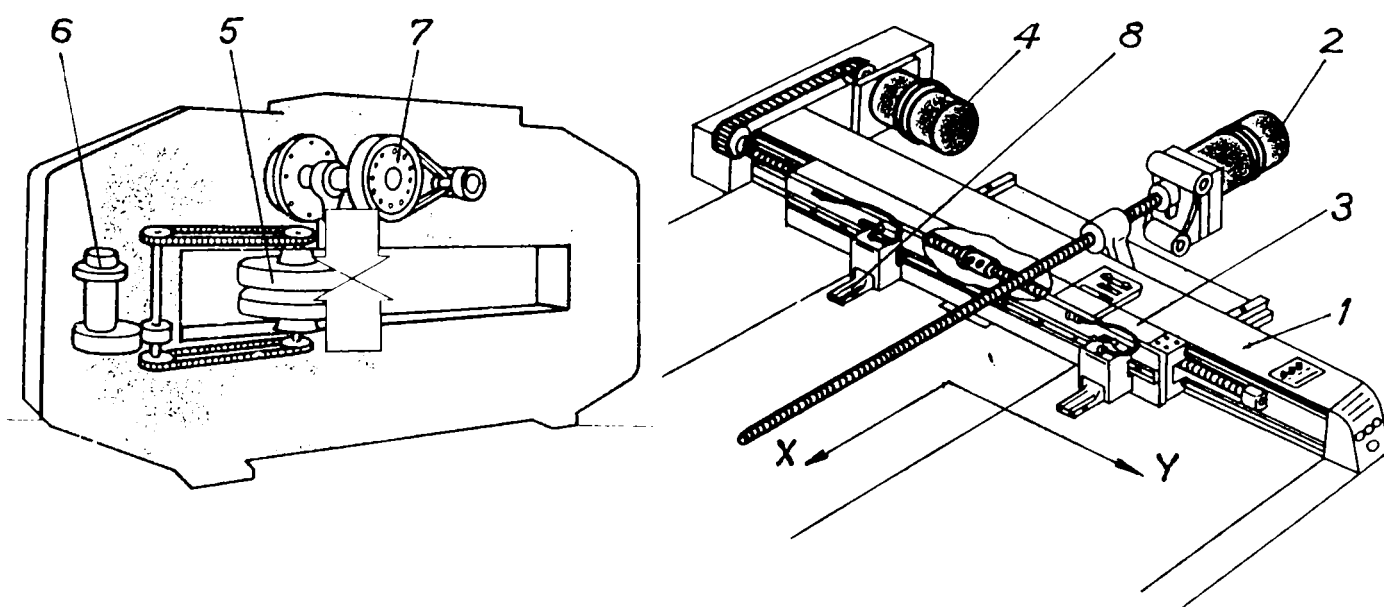


Fig.2.14 Vedere subansambluri presă

Acest cap revolver este acționat în ambele sensuri de un servomotor 6, pe drumul cel mai scurt. Capul revolver asigură realizarea coordonatei unghiulare a sculelor selectate. Presa este prevăzută în acționarea principală a berbecului cu un ambreiaj frână 7 de construcție specială cu inerție redusă, care permite cuplarea și decuplarea în sarcină și o mare finețe de poziționare a poansonului chiar și în cazul curselor lungi (pentru operații de fasonare) în timpul efectuării

operației. Semifabricatul sub formă de foaie de tablă este fixat rapid de către cleștii pneumatici 8 (în număr de 2 până la 4) dispuși pe mesele în coordonate, cu posibilitate de reglare manuală a poziției acestora, care permit realizarea prelucrărilor marginale prin înglobarea lor în capul revolver. Sistemul de comandă și control numeric permite cunoașterea erorilor de instalare, efectuează autoverificarea funcțiilor programate și prin memoriile încorporate ușurează programarea mașinii. Discul revolver (fig.2.15) permite înmagazinarea unui număr de scule simple și a câtorva scule multiple (fig.2.16), având posibilitatea de a realiza o triplă selecție după diametrul de bază a cozii poansonului. Utilizarea sculelor multiple [86],[114],[115],[125] conduce la reducerea timpului necesar rotirii turelei în scopul aducerii sculei în zona de lucru, fiind necesară doar rotirea sculelor în jurul axei proprii. Presele sunt dotate cu un număr ridicat de scule, dintre acestea fiind montate în magazia de scule (capacitate maximă în general de 72 de scule) numai cele care participă *direct* la realizarea piesei (pieselor) care se prelucurează. Montarea și demontarea unor astfel de scule se face rapid prin simpla instalare manuală în locașurile din cele două discuri.

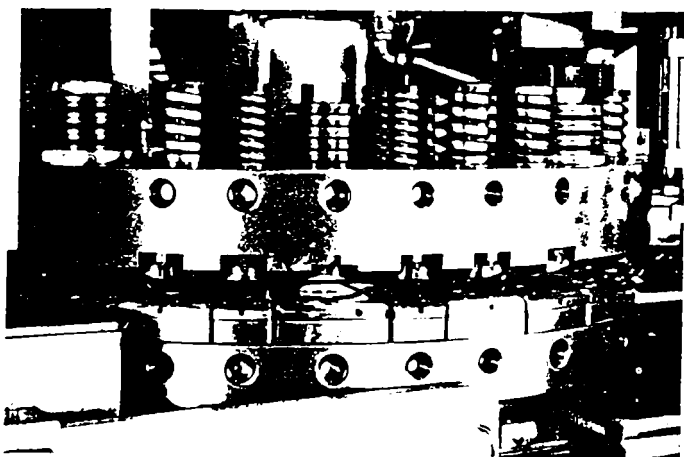


Fig.2.15 Vedere asupra discului revolver

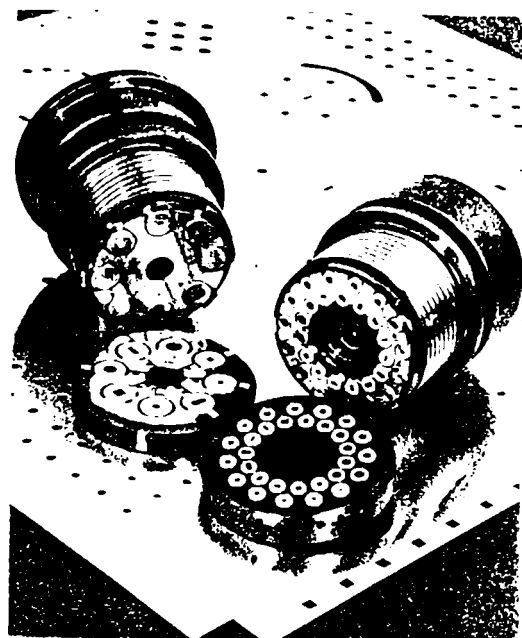


Fig. 2.16 Scule multiple

Pe o astfel de presă se pot realiza în general operații de ștanțare cum ar fi cele de perforare, decupare, ronțăire, cât și unele fasonări, astfel încât prin combinarea acestora să putem realiza practic orice tip de piesă (ștanțată). Piesele sunt reprezentate cu ajutorul unui editor grafic (CAD) după care are loc operația de croire asistată [105], în cadrul căreia se realizează o asemenea dispunere a pieselor cu scopul de a obține un coeficient de utilizare a materialului cât mai ridicat. În final se realizează programul de comandă numerică (CAM) ce urmează a fi transferat la presă prin sistemul DNC. Pentru a obține un coeficient de utilizare a materialului cât mai ridicat, se pot dispune pe formatul de tablă piese de același tip sau se poate realiza o croire combinată a mai multor tipuri de piese. Această croire combinată are **avantajul**, pe lângă cel prezentat mai sus, că se pot realiza în același timp *piese diferite, în cantități diferite (chiar și o bucată), în condiții de eficiență*. Calitatea suprafețelor prelucrate este bună în cazul operațiilor de perforare-decupare realizate cu scule de dimensiuni corespunzătoare. În cazul generării contururilor prin ronțăire piesa prezintă o suprafață de

forfecare ceva mai rugoasă, mărimea rugozității depinzând de forma poansonului utilizat (circular sau dreptunghiular) cât și de pasul de ștanțare utilizat.

Piesele astfel obținute, separate din deșeu, sunt evacuate prin intermediul unei plăci rabatabile cuprinsă în masa presei. Există însă situații când piesele rămân atașate de deșeu prin punțițe de dimensiuni mici, separarea lor efectuându-se în afara presei. Această situație este frecvent întâlnită la piese de dimensiuni mari care nu pot cădea prin orificiul din masa presei, sau atunci când există pericolul ca la retezarea ultimei punțițe piesa să-și piardă poziția precisă față de deșeu, putând rezulta cu o eventuală ciupitură.

2.2.3.1.1.2 Prese cu magazie liniară

Față de presele revolver, acest tip de prese (fig.2.17) au magazia de scule liniară (fig.2.18) a cărei capacitate este în general de 18 scule [128],[129],[130]. Sculele sunt montate în nișe casete (fig.2.19) care sunt pregătite în timp ce presa lucrează, montarea



Fig. 2.17 Vedere de ansamblu presă

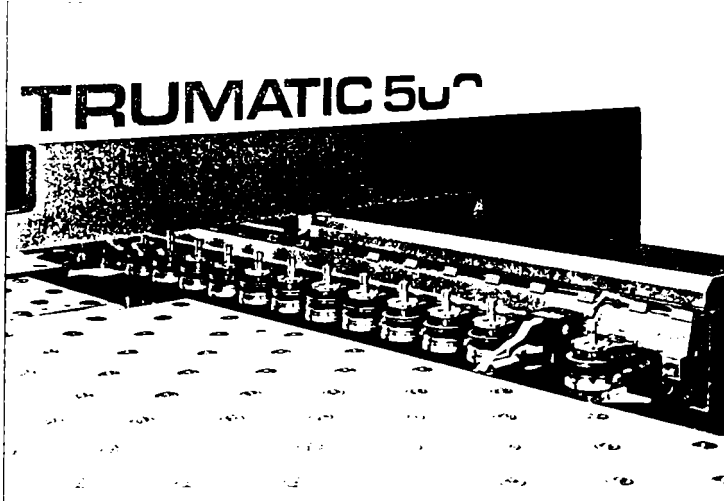


Fig.2.18 Magazie de scule

și demontarea acestora în magazie efectuându-se manual în câteva secunde. Schimbarea unei scule în capul de lucru (berbec) se face în mod automat (1...5 secunde) prin deplasarea magaziei până în apropierea capului de lucru urmată de introducerea

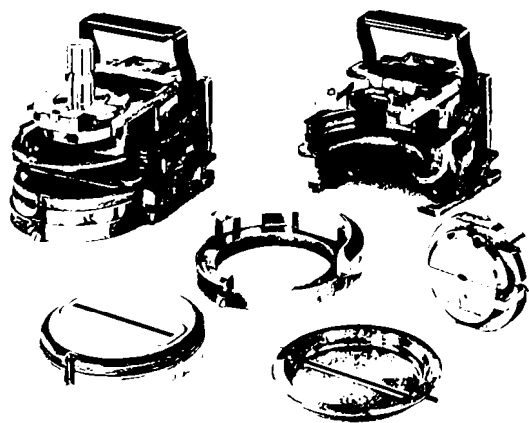


Fig.2.19 Casete port scule

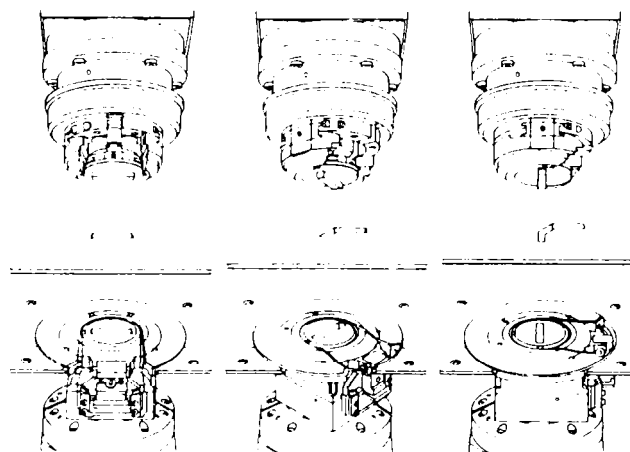


Fig.2.20 Realizarea fantelor prin rotirea sculelor

poansonului și a plăcii active în capul de lucru și fixarea hidraulică a acestora. Capul de lucru permite rotirea cu 360° a sculelor, inclusiv a celor multiple. Cu aceeași sculă (de formă necirculară) pot fi realizate diverse contururi prin simpla rotire a acesteia (fig.2.20) combinată cu deplasarea semifabricatului. Acest lucru conduce la creșterea *productivității* și a *flexibilității* de manieră considerabilă [23]. Totodată practica a demonstrat că prin rotirea acestora, numărul de scule utilizabile în proces poate fi redus la o treime.

În final se poate trage **concluzia** că aceste prese de perforat și ronțait care prelucrează semifabricat foaie de tablă, indiferent de forma lor constructivă, dispun de o *flexibilitate ridicată* în ceea ce privește posibilitatea de a realiza prin ștanțare practic orice contur cât și unele prelucrări de matrițare. Trecerea de la un tip de piesă la altul se face în mod *automat*, într-un timp foarte scurt, motiv pentru care utilizarea lor este *eficientă* în cadrul unei producții foarte diversificate, de serie mică și unicat. Totodată aceste prese dispun de o *productivitate* ridicată datorită numărului mare de curse duble pe minut de care dispun atât în regim de perforare cât mai ales în regim de ronțuire.

2.2.3.1.2 Prese de perforat și ronțait pentru semifabricat tip *bandă în rulou*

2.2.3.1.2.1 Presă de perforat și ronțait cu unități de presare

Presă servește la obținerea de piese ștanțate, care pot să prezinte și mici fasonări, pornind de la semifabricat bandă. Ea poate fi realizată în două variante constructive: cu una sau două unități mobile de presare. În fig. 2.21 se prezintă o presă compusă din două unități mobile 1 și 2 comportând fiecare șase sau zece cilindri hidraulici 4, cu lovituri rapide [90],[112].

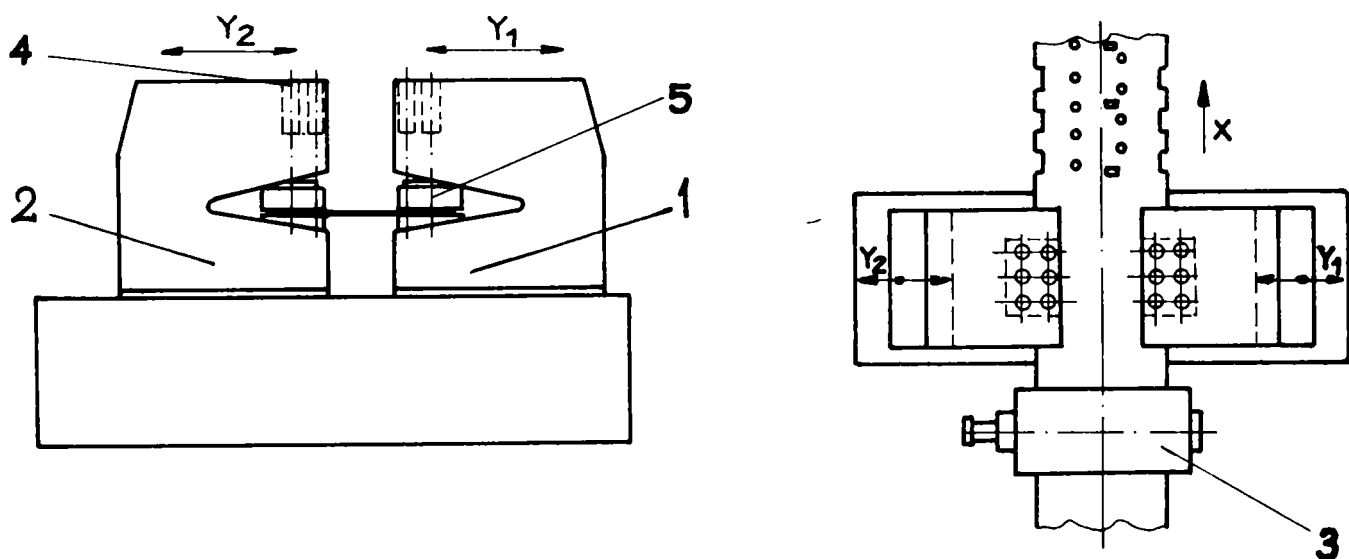
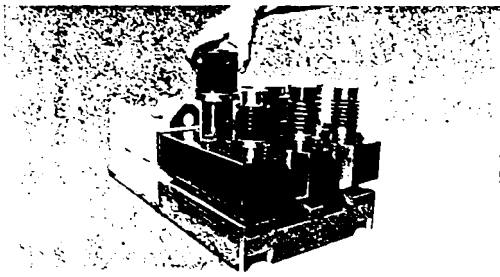


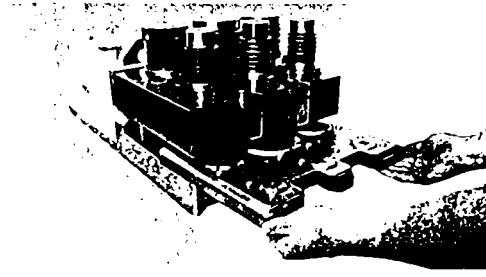
Fig.2.21 Vedere de ansamblu presă

Cele două unități mobile se deplasează după direcția transversală a benzii, realizând mișcările Y_1 respectiv Y_2 . Avansul benzii este asigurat de către dispozitivul de avans cu role 3, cu comandă numerică, care asigură deplasarea longitudinală a benzii după axa X. Presă utilizează scule interschimbabile, de tip cartuș (poanson-placă activă), amplasate

într-o casetă 5 care poate avea șase până la zece locuri. Pregătirea unei astfel de casete (Fig.2.22) se realizează, în timp ce presa lucrează (în timp mascat).



a- schimbarea poansoanelor



b-schimbarea plăcilor active

Fig.2.22 Etapele privind pregătirea unei casete

Schimbarea casetei vechi și montarea celei noi sub cilindrii hidraulici, cu schimbarea programului se poate realiza în mai puțin de 5 minute. Modul de lucru al acestei prese este prezentat în figura 2.23.

<p>ȘLIȚUIRE SIMETRICĂ</p> <p>Cele două unități mobile realizează simultan șlițuirea marginilor piesei</p>		
<p>PERFORARE CENTRALĂ</p> <p>Unitatea mobilă Y_1 efectuează perforări la centrul benzii</p>		
<p>RONȚĂIRE LATERALĂ</p> <p>Unitatea Y_1 efectuează ronțuirea la 400 cd/min pe partea dreaptă a benzii</p>		
<p>RONȚIRE CENTRALĂ</p> <p>O jumătate de cerc este efectuată de Y_1, după care ni</p>		

Fig.2.23 Mod de lucru presă

Prin combinarea acestor prelucrări se poate realiza o înlănțuire de piese diferite cum ar fi cele din fig.2.24. Grație operației de ronțuire, pornind de la aceeași lățime a benzii, se pot obține și piese diferite de lățimi mai mici (exemplu piesa 1) legate între ele prin punți care vor fi retezate în final. Lățimea maximă a pieselor care pot fi realizate pe astfel de

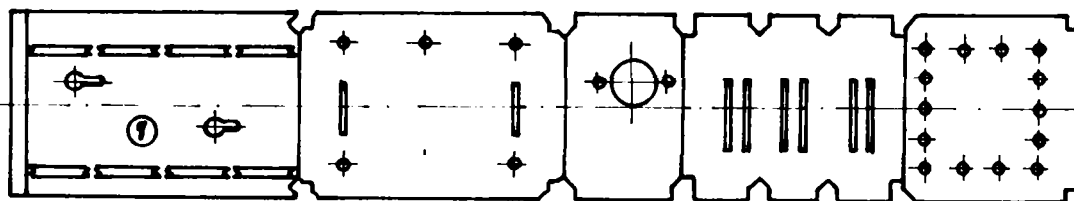


Fig. 2.24 Exemplu de piese realizabile

prese poate varia între 330...520 mm pentru cele cu o unitate de presare, respectiv între 660...1020 mm pentru cele cu două unități, grosimea maximă fiind limitată la 2 mm.

Prin comanda numerică se asigură controlul asupra:

- deplasării transversale a unităților mobile (axa Y_1, Y_2);
- deplasării longitudinale a benzii (axa X);
- selecționării sculelor la fiecare secvență operatorie;
- memorizarea operațiilor.

În final se poate **concluziona** că, această presă, cu două unități de presare care lucrează independent una de cealaltă de fiecare parte a benzii, prezintă următoarele **avantaje**:

- *flexibilitate ridicată* prin combinarea aproape infinită a sculelor sale de bază și prin schimbarea rapidă a acestora;
- *productivitate ridicată* dată de cadențele de lucru ridicate care pot ajunge până la 400 cd/min în regim de ronțuire,

ceea ce o face eficientă în cadrul producțiilor diversificate, de serie mică când se folosește semifabricat bandă în rulou.

2.2.3.1.2.2 Presă de perforat și ronțait cu ciclu inversat

Construcția unei astfel de prese destinată prelucrării semifabricatelor continue din bandă este prezentată în fig.2.25. Arborele cotit este amplasat în partea de jos a batiului și acționează asupra culisoului presei, ghidat pe patru coloane, prin intermediul a două biele, fapt ce conduce la obținerea unor **avantaje** cum ar fi [102]:

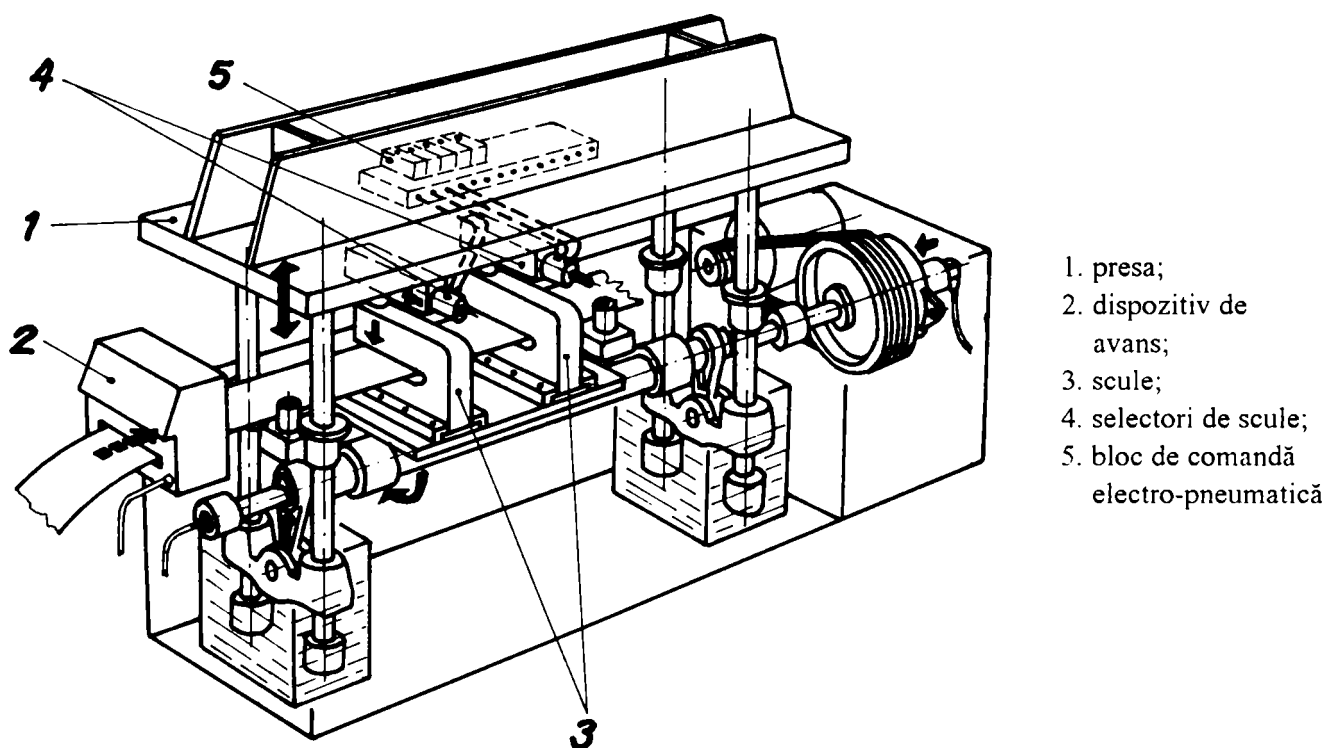


Fig. 2.25 Vedere de ansamblu presă

- creșterea duratei de viață a sculelor datorită eliminării jocului și creșterii preciziei de ghidare;
- îmbunătățirea calității producției și a mediului datorită absenței vibrațiilor și a funcționării silențioase a presei;
- accesibilitate maximă a mesei atât pentru dispozitivul de alimentare cât și pentru schimbarea rapidă a sculelor;
- posibilitatea de a prelucra metale cu suprafața delicată (vopsită, lăcuită etc.), gata pentru utilizare, fără a exista pericolul de ungere cu ulei a acestora.

Culisoul presei este echipat cu 5 până la 20 de selectori de scule deserviți de comanda numerică CNC a dispozitivului de avans. La fiecare avans al dispozitivului realizat cu

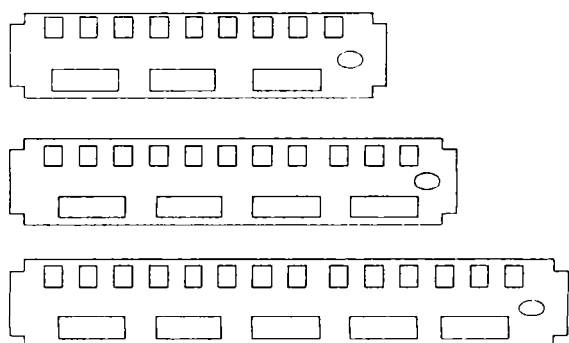


Fig. 2.26 Exemplu de familie de piese

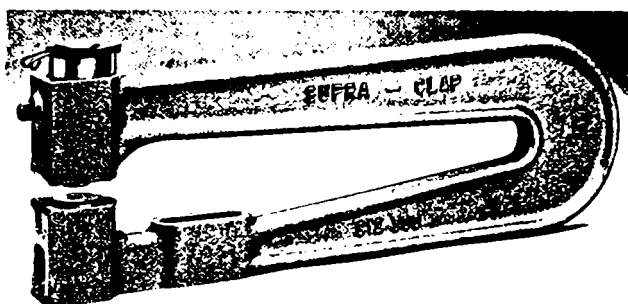


Fig.2.27 Unitate de perforare

precizia de ± 0.05 mm, CNC comandă unul sau mai mulți selectori care introduc o cală între culisou și sculele de perforare, realizând astfel la fiecare ciclu al presei operațiile de perforare programate. Acest principiu de lucru permite producerea de familii de piese (exemplu fig.2.26) comportând operații repetitive și variante dimensionale fără schimbarea sculelor. Separarea piesei la sfârșitul operației este realizată de o sculă de retezare. Comanda numerică conservă în memorie, pentru fiecare piesă, lungimile de avans și selecția sculelor. In fig. 2.27 se prezintă o unitate de perforare utilizată pe o astfel de presă [26],[94]. Aceasta se compune dintr-un suport sub forma unei potcoave având deschiderea în funcție de lățimea benzii care se prelucurează. In fiecare sculă pot fi montate și demontate (succesiv) cu ușurință un număr de elemente active *schimbabile* de tip poanson-placă activă, a căror dimensiune poate varia între anumite limite (de exemplu $\Phi 7...12$ mm pentru cea din fig.2.27), ceea ce le asigură un grad mare de universalitate.

Selectorul de scule (fig.2.28) este un ansamblu mecanic robust în care o cremalieră

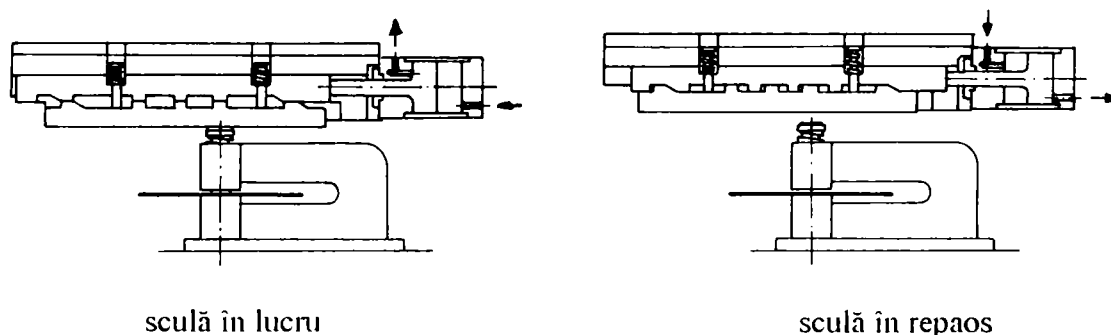


Fig. 2.28 Mod de lucru selector de scule

este acționată de un cilindru pneumatic pentru a face să varieze înălțimea de lovire. Selecția se face în același timp cu avansul, la o cadență de 60...300 cd/min. Poziția cremalierii este controlată la fiecare avans în funcție de ordinul dat de comanda numerică, ceea ce garantează lucrul în perfect sincronism și securitate.

În final se poate **concluziona** că:

- *domeniul de utilizare* al unei astfel de prese este cel de obținere a pieselor ștanțate de formă dreptunghiulară cu lățimea maximă cuprinsă între 350...1050 mm, iar lungimea până la 5000 mm. Astfel se pot realiza diferite familii de piese care comportă operații repetitive, putând avea variații dimensionale după lungime;
- *flexibilitatea* prelucrărilor este asigurată prin posibilitatea acționării în combinații a diferitelor scule montate pe masa preseii. Totuși, posibilitatea de a obține prin ronțuire contururi de diverse forme este *limitată* datorită faptului că aceasta se poate realiza doar după o axă, în lungul benzii;
- *productivitatea* preseii este ridicată atât datorită cadențelor de lucru care pot ajunge până la 300 cd/min, cât și datorită faptului că la o cursă dublă pot fi acționate mai multe scule dispuse în lungul mesei preseii, realizând *simultan* diverse prelucrări pe suprafața piesei. Acest lucru conduce la obținerea de viteze de avans ale benzii de valori ridicate;
- din punct de vedere al *eficienței economice*, se recomandă utilizarea preseii în vederea realizării familiilor de piese în general în cadrul producției de serie mijlocie, putând merge chiar spre seria mică. Astfel că după ce sculele au fost montate și programele de lucru au fost încărcate, presa poate lucra în continuu, fără supraveghere, până la terminarea ruloului de bandă.

2.2.3.2 Prese de îndoit (Abkant)

Aceste prese servesc la îndoirea profilurilor lungi cât și la realizarea unor piese tip cutie. Ținând cont de complexitatea operațiilor de îndoire, de dificultatea în a realiza piese precise, de timpul ridicat necesar efectuării reglajului, cât și pentru a face față diversității mari de produse în condiții de eficiență s-a impus *automatizarea* și *flexibilizarea* pe cât posibil a acestor prese printr-o serie de îmbunătățiri constructive, respectiv prin introducerea comenzii numerice [100],[121],[122]. Vederea de ansamblu a preseii este prezentată în fig.2.29, iar cea a sistemului de opritoare (din spate) în fig.2.30. După cum se observă din cele două figuri, presa este prevăzută cu mai multe axe comandate numeric după cum urmează:

- Y_1 - Y_2 , asigură reglajul în profunzime a culisoului preseii cu scopul de a menține paralelismul dintre poanson și placa activă;
- X_1 - X_2 , asigură poziționarea opritoarelor din spate față de linia de îndoire, permițând realizarea îndoierilor paralele cât și sub un anumit unghi;
- X_3 - X_4 , asigură poziționarea opritoarelor din față (valabil doar la unele variante constructive);
- R_1 - R_2 , asigură poziționarea pe verticală a opritoarelor;
- Z_1 - Z_2 , asigură poziționarea laterală a opritoarelor în zona în care are loc îndoirea;
- V , asigură bombarea mesei în scopul obținerii unei îndoiri perfecte pe toată lungimea acesteia.

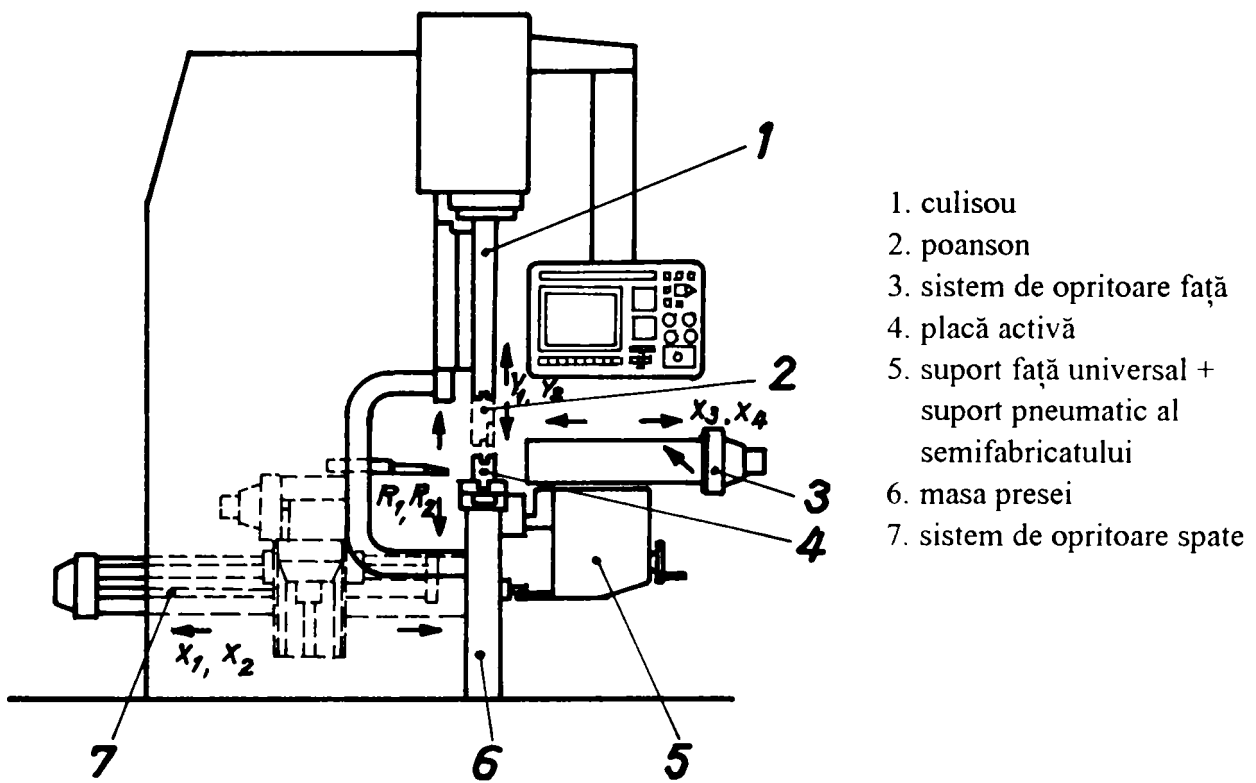


Fig. 2.29 Vedere de ansamblu presă

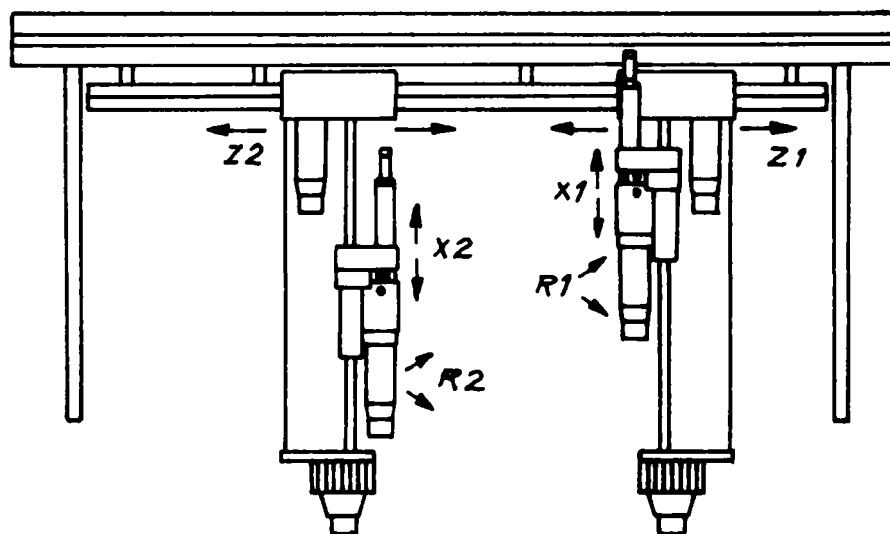


Fig. 2.30 Sistem de opritoare spate

Comanda numerică este capabilă să programeze și să controleze următorii parametri:

- reglarea adâncimii de pătrundere a culisoului;
- înclinarea culisoului;
- viteza de lucru;
- forța de îndoire;
- punctul mort superior cu ocazia returului și punctul de schimbare a vitezei culisoului în raport cu fața superioară a semifabricatului (viteză de apropiere rapidă - viteză de lucru);
- timpul de menținere sub presiune în poziția inferioară;
- distanța de decomprimare;

- viteza de decomprimare;
- reculul opritorului din spate;
- timpul de așteptare pentru poziționarea axelor.

Stabilirea succesiunilor necesare în vederea obținerii piesei îndoite se realizează automat de către comanda numerică. Profilul piesei se desenează cu ajutorul unui editor grafic. După ce profilul a fost introdus, calculatorul calculează secvența optimă a operațiilor de îndoire și furnizează o soluție fără risc de coliziune între piesă și presă. Programul ține cont de configurația preseii (fiind cuprinse și accesoriile) și de geometria sculelor. Dintre toate secvențele de îndoire posibile, calculatorul o alege pe cea mai favorabilă. Secvențele de lucru pot fi introduse și manual, de către operator, după care se poate face o verificare prin simulare. Programele de lucru pot fi realizate direct de la pupitrul preseii sau pot fi preluate prin cablu, prin sistemul DNC, de la un calculator existent în biroul de proiectare.

Sculele utilizate (poanson-matriță) sunt în general de lungime mare. Ele pot fi specializate pentru un anumit tip de îndoiri sau pot fi universale. În scopul ușurării montării și demontării acestora, elementele active de lungime mare pot fi realizate din segmente de lungime mică, prevăzute cu sisteme de indexare și fixare rapidă [89],[131]. Există situații când pentru realizarea unor piese complexe gen cutii, sertare etc. (de dimensiuni mai mici) sunt necesare mai multe tipuri de scule de forme și dimensiuni diferite. Acestea se vor monta de-a lungul culisoului preseii, respectiv pe masă, urmând ca piesa să fie transferată dintr-o poziție în alta, de-a lungul preseii, în vederea realizării îndoirilor respective. În acest caz are loc o reducere considerabilă a timpilor auxiliari.

În final se poate **concluziona** că pe o astfel de presă se pot realiza piese de forme diferite (utilizând scule adecvate), cu precizie ridicată, piese care prezintă îndoiri paralele sau sub un anumit unghi, atât în sus cât și în jos. Utilizarea unui suport pneumatic pentru semifabricat (la anumite variante constructive), fixat pe suportul din fața preseii, cu rol de susținere a semifabricatele de dimensiune mare în timpul operației de îndoire oferă un plus de precizie pieselor îndoite. Datorită posibilităților de reglare a poziției de coborâre a poansonului față de matriță, se pot obține cu aceeași sculă, prin așa zisa “îndoire în aer”, piese având unghiul de îndoire cuprins între 180°, respectiv unghiul matriței. Inclinarea culisoului permite producerea de piese speciale și compensarea variațiilor de grosime a semifabricatului. Trecerea de la un tip de piesă la alta se face rapid, grație comenzii numerice timpii de reglare și reconfigurare sunt reduși la minim, ceea ce face eficientă utilizarea preseii în condiții de fabricație flexibilă. Totuși *productivitatea* depinde în cele mai multe cazuri de calificarea și cunoștințele operatorului. Acest lucru apare ca urmare a faptului că deplasarea semifabricatului în cursul îndoirii nu poate fi efectuată întotdeauna (decât în anumite cazuri funcție de forma și dimensiunile piesei, modul de îndoire) de către un dispozitiv automat de tip robot industrial, motiv pentru care această operație este realizată manual de către operator.

2.2.3.3 Mașini de profilat

Mașinile de profilat fac parte din categoria utilajelor specializate, de mare productivitate, fiind destinate realizării profilelor lungi pornind de la semifabricat fâșie sau bandă în rulou. Realizarea profilului presupune trecerea semifabricatului, de-a lungul

mașinii, prin mai multe perechi de role. Pentru fiecare tip de profil este necesar un tren de role, trecerea de la un profil la altul presupunând schimbarea rolor. Schimbarea și reglarea trenului de role este o operație laborioasă, ceea ce conduce la staționarea utilajului pe o perioadă mare de timp. Utilizarea mașinilor de profilat în cadrul liniilor automate flexibile conduce la *reducerea* flexibilității liniei, respectiv la *staționări* pe perioade îndelungate de timp a întregii linii la trecerea în vederea fabricării unui nou produs.

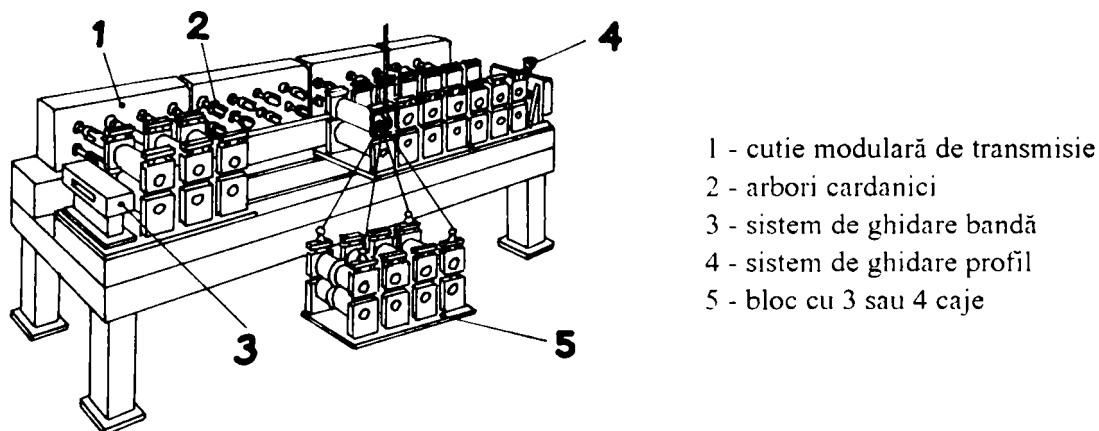


Fig. 2.31 Mașină de profilat în construcție modulară

În scopul diminuării acestui neajuns, s-a trecut la realizarea în construcție modulară a acestor mașini [92]. În acest caz, cutiile de transmisie și blocurile de deformare sunt realizate pe module formate din 3 sau 4 caje de deformare (fig. 2.31), sistemele de ghidare a benzii la intrare și a piesei la ieșire fiind incluse în modulele de la extremități. Trecerea de la un tip de piesă la altul se face prin schimbarea modulelor existente pe mașină (aproximativ 5 min/modul) cu cele necesare pentru piesa următoare. Acest lucru presupune existența în dublu exemplar a tuturor modulelor. Schimbarea rolor pentru piesa următoare și reglajul acestora se efectuează pe bancul de reglaj pentru fiecare modul în parte, timp în care mașina lucrează. **Avantajul** acestui mod de lucru constă în aceea că se reduce foarte mult timpul de staționare a mașinii, acesta fiind practic egal cu timpul necesar schimbării modulelor.

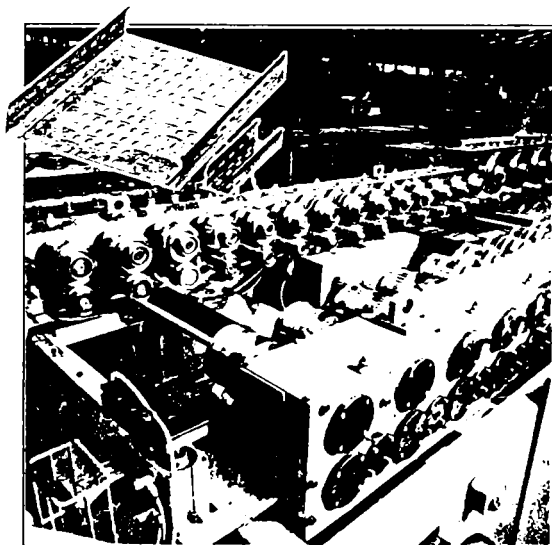


Fig. 2.32 Mașină de profilat dublă

O oarecare *flexibilitate* este asigurată de către mașinile de profilat duble (fig.2.32). Acestea permit executarea unor familii de piese de lățimi diferite, piese care prezintă îndoiri numai pe margini [81],[88]. Reglajul este realizat între două extreme, fie manual, fie automat printr-o axă comandată numeric. **Avantajul** acestor mașini constă în faptul că odată reglate rolele pe cele două margini, se pot obține în mod automat piese de lățimi diferite prin simpla reglare (automată) a poziției uneia dintre marginile mașinii.

SISTEME FLEXIBILE DE FABRICAȚIE PRIN PRESARE LA RECE

3.1 Caracterizare și definire a limitelor existente

Apariția sistemelor flexibile de fabricație destinate prelucrărilor prin deformare plastică la rece a fost posibilă ca urmare a introducerii comenzii numerice la utilajele de presare. Pentru a putea fi integrate într-un sistem flexibil, utilajele de presare au suferit o serie de modificări în ceea ce privește configurația lor (vezi cap.2.2.3). Accentul s-a pus pe simplitate constructivă (pe cât posibil), compactizare și flexibilitate, în scopul unei conduceri și programări ușoare. Utilajele dispun în general de un nivel ridicat de tipizare, standardizare și modularizare, asigurând precizii de prelucrare ridicate, o bună rigiditate termică și dinamică, versatilitate și fiabilitate, precum și productivități sporite, subordonându-se principiilor de integrare etapizată în structura unui sistem flexibil. În prezent, pe plan mondial se constată o creștere a numărului de sisteme flexibile de prelucrare prin deformare plastică la rece ca urmare a presiunii crescânde a pieței care forțează întreprinderile să producă, în serii tot mai mici, piese ieftine și de calitate, într-un timp scurt și cu costuri cât mai mici. Domeniul de aplicație este foarte extins, de la articole de bucătărie la mobilier metalic, de la echipamente electrice și electronice la automobile, etc. Varietatea de repere realizabile pe aceste sisteme este mare, în fig.3.1 se prezintă numărul de repere realizabile pe câteva sisteme luate în studiu [34], iar în fig.3.2 mărimea lotului. Se observă că cele mai multe sisteme luate în studiu pot realiza între 100 și 5000 de repere diferite, și chiar peste, în loturi în general mai mici de 3000 de bucăți, putând ajunge uneori chiar și la loturi mai mici de 10 bucăți.

Număr de piese diferite

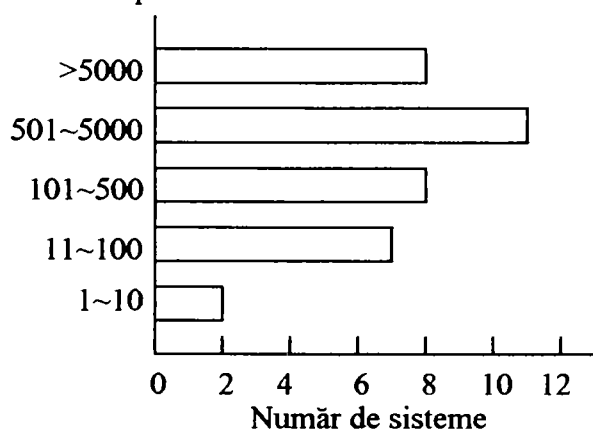


Fig.3.1 Varietate de piese

Număr de piese / lot

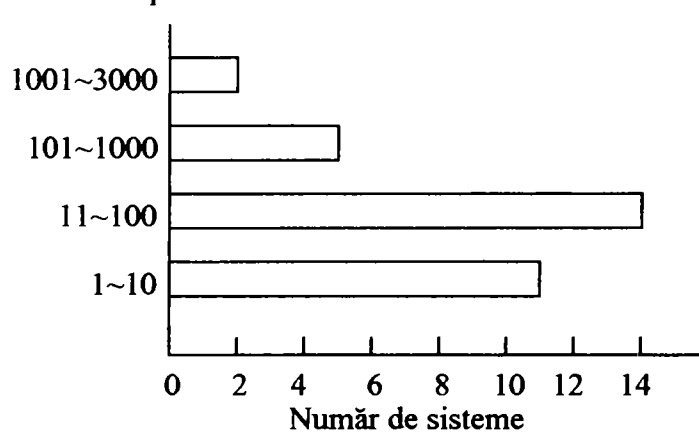


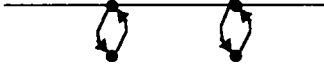



Fig.3.2 Mărimea lotului

Din punct de vedere al fluxului tehnologic, sistemele pot avea o structură: liniară, circulară, în rețea și arborescentă. Din literatura de specialitate [5],[34],[53],[106] se constată că majoritatea fluxurilor tehnologice sunt de tip liniar, care la rândul său admite mai

multe variante prezentate în tabelul 3.1. În prezent apare o tendință de creștere a ponderii tipului circular și a celui arborescent, respectiv în rețea.

Tabelul 3.1 Clasificarea tipului liniar

Tip	Exemplu
Drept (serie)	
Paralel	
În derivație	
Mixt	

În ceea ce privește utilajele de presare care compun aceste sisteme, se constată că majoritatea sistemelor au în componența lor cel puțin o presă de perforat și ronțait care poate fi completată cu o unitate de tăiere cu laser sau plasmă, respectiv o foarfecă. Pe lângă aceste utilaje de prelucrare prin tăiere mai pot apărea prese de îndoit, mașini de profilat, echipamente de sudare, de asamblare, etc. Aceste utilaje sunt conectate între ele printr-un sistem logistic al semifabricatului, pieselor finite, sculelor, instrumentelor de măsură și control, comanda întregului sistem fiind realizată cu ajutorul calculatorului electronic. Soluțiile tehnice realizate pentru automatizarea flexibilă a sistemului logistic diferă de la un sistem flexibil la altul, fiind condiționate în principal de următorii factori:

- tipul pieselor prelucrate și a semifabricatului utilizat;
- tipul sistemului de transport al pieselor și sculelor;
- tipul, numărul și configurația utilajelor;
- probleme de interfațare, standardizare și integrare;
- gradul de flexibilitate și automatizare.

Cele mai utilizate echipamente sunt conveioarele, cărucioarele de diverse tipuri, vehicule ghidate automat, manipolatoare, roboți, etc. [22],[34],[77]. Numărul sistemelor care utilizează în special roboți este în general mai mic deoarece utilizarea unui robot la manipularea semifabricatelor din tablă sau a produselor nu este întotdeauna justificată economic. Robotul este un echipament care dispune de o flexibilitate ridicată, având capacitatea de a realiza după un ciclu programat oarecare totalitatea funcțiilor cerute de trecerea dintr-un post în altul al obiectului prelucrării. Durata ciclului de mișcări ale robotului care efectuează evacuare, transfer, orientare și alimentare cu semifabricate, este relativ ridicată, ajungându-se uneori în situația ca în ciuda creșterii productivității muncii să scadă producția orară a presei robotizate în raport cu cea a unei prese manual deservite. Acest efect negativ, desigur nu apare la executarea operațiilor cu *time de bază ridicat* cum este cazul ambutisărilor adânci, îndoiri pe prese de îndoit (abkant), etc. Dat fiind faptul că robotul este un echipament scump, pretentios și sub raportul întreținerii, se recomandă ca să fie utilizat numai atunci când este obligatorie cerința de deservire cu robot, deci când este necesară o adaptare rapidă la un nou tip de piesă [33]. În cazul

utilizării semifabricatelor continui (vezi cap.1) nu mai este necesar nici un echipament de transfer interposturi, toate operațiile de evacuare, transfer, orientare fiind realizate în timpul alimentării de către dispozitivul de avans, de cele mai multe ori continuu reglabil, condus de calculator [97].

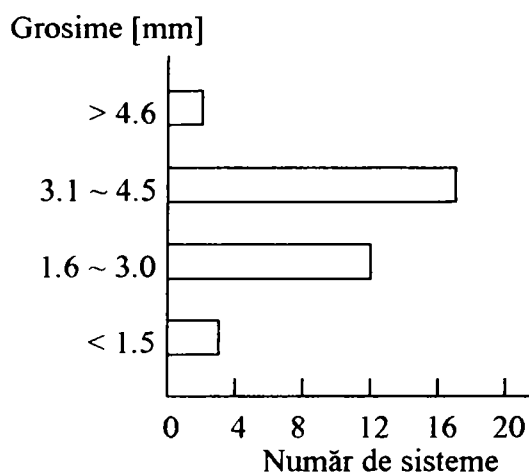
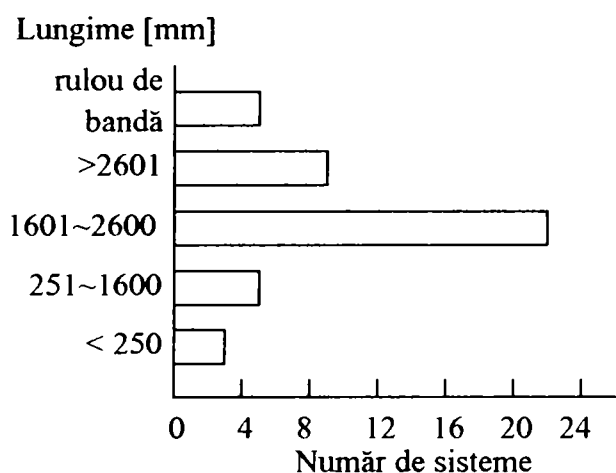


Fig.3.3 Dimensiunea maximă a semifabricatului Fig.3.4 Grosimea maximă a semifabricatului

Dimensiunea maximă după direcție longitudinală și transversală a semifabricatelor utilizate frecvent în cadrul acestor sisteme flexibile este prezentată în fig.3.3. O serie de sisteme utilizează semifabricat individual de diferite dimensiuni funcție de dimensiunea piesei, obținut prin debitarea foilor de tablă. Cele mai multe sisteme folosesc însă semifabricat foaie de tablă de dimensiuni mari, în general până la 2.6 m (și chiar mai mari), din care sunt realizate mai multe piese. Dispunerea pieselor identice sau diferite pe formatul de tablă (croirea) este realizată în cele mai multe cazuri cu ajutorul sistemelor asistate de calculator (CAD/CAM) utilizând programe specializate, atât pentru prese de perforat și ronțait, cât și pentru unități de tăiere cu laser, plasmă, etc. [105]. În afara semifabricatelor individuale sau foaie de tablă există o serie de sisteme care folosesc semifabricat bandă în rulou. În ceea ce privește grosimea semifabricatelor, prin prisma forței din proces care nu poate să depășească o anumită valoare admisă de utilaje, se observă din fig.3.4 că toate sistemele sunt capabile să prelucreze semifabricate cu grosime mai mică de 1.5 mm, dar există și sisteme capabile să prelucreze semifabricate cu grosimi mult mai mari.

Din punct de vedere al preciziei pieselor, aceasta variază în general între 0.1...0.3 mm, dar unele sisteme pot realiza și precizii mai mari (sub 0.1mm) [34]. Precizii ridicate se obțin ca urmare a folosirii sistemelor de control activ privind forma și dimensiunea piesei, poziționarea semifabricatului față de elementele active ale sculei, determinarea gradului de uzură a sculei, etc. S-a constatat că cei mai mulți producători adoptă un sistem de măsurare 100% în timpul prelucrării pentru detectarea problemelor ce se ivesc în timpul derulării procesului, în timp ce alții adoptă un control doar parțial. Legat de determinarea gradului de uzură a elementelor active, unele sisteme sunt dotate cu senzori care măsoară variația forței în timpul procesului, alte sisteme realizează o contorizare a numărului de prelucrări. Există și sisteme la care înlocuirea sculelor uzate este frecvent realizată pe baza constatării vizuale sau prin măsurarea bavurii pe piesă.

Tabelul 3.2 Grad de exploatare a sistemelor

Număr de ore (h) de funcționare pe zi	Procent număr de sisteme
$h < 8$	20 %
$8 \leq h < 12$	20 %
$12 \leq h < 16$	50 %
$16 \leq h < 24$	5 %
$h = 24$	5 %

În ceea ce privește gradul de exploatare a sistemelor (tabelul 3.2) acesta diferă de la caz la caz. Dacă unele firme își exploatează sistemele în medie 8 ore/zi, altele reușesc să le exploateze 24 ore/zi. În cele mai multe cazuri însă, gradul de exploatare al sistemelor este cuprins între 12...16 ore/zi. Utilizarea acestora sub un anumit număr de ore conduce de regulă la creșteri substanțiale ale costurilor de producție.

3.2 Realizări în domeniu

Pe plan mondial există o varietate mare de soluții constructive de sisteme flexibile de presare la rece, sisteme care diferă între ele în funcție de felul semifabricatului și al produsului, de specificurile tehnologice de fabricație, de sistemul logistic, de gradul de automatizare și flexibilitate de care dispun, etc.. În continuare se vor prezenta câteva exemple de asemenea sisteme grupate pe cele trei categorii: celule flexibile, linii automate flexibile și ateliere flexibile.

3.2.1 Celule flexibile

3.2.1.1 Celulă flexibilă de ștanțare-matrițare

Celula flexibilă de ștanțare prezentată în fig.3.5, realizată în jurul unei prese de perforat și ronțait cu turelă (vezi cap.2.2.3.1.1), servește la realizarea în ciclu automat a pieselor ștanțate, care pot să prezinte și mici deformări. Celula este capabilă de a realiza în orice moment orice tip de piesă și în orice cantitate dorim, în funcție de programele lansate în execuție. Ea dispune de o flexibilitate și un grad de automatizare ridicat [96],[97],[113].

De la un depozit de semifabricat cu rafturi, prevăzut cu sistem automat de încărcare/descărcare, semifabricatul sub formă de pachet de foi de tablă 1 este așezat pe două cărucioare elevatoare 2, ghidate pe șine, care se vor deplasa până în dreptul manipulatorului de alimentare 3. Aceste cărucioare sunt prevăzute cu separatori magnetici 4 în vederea separării foilor de tablă una de cealaltă [103]. În paralel cu separatorii magnetici mai pot fi folosiți și separatori mecanici de exemplu sub forma unei perii de sârmă care se rotește la marginea pachetului de tablă realizând separarea mecanică a foilor de la suprafața pachetului. Pentru a păstra constantă distanța dintre manipulatorul de alimentare și pachetul de tablă, sistemul este prevăzut cu un senzor a cărui semnal va comanda motorul hidraulic a cărucioarelor elevatoare în momentul în care o tablă este extrasă din pachet, reducând astfel distanța creată până la valoarea prescrisă. După fixarea foii de tablă, manipulatorul de

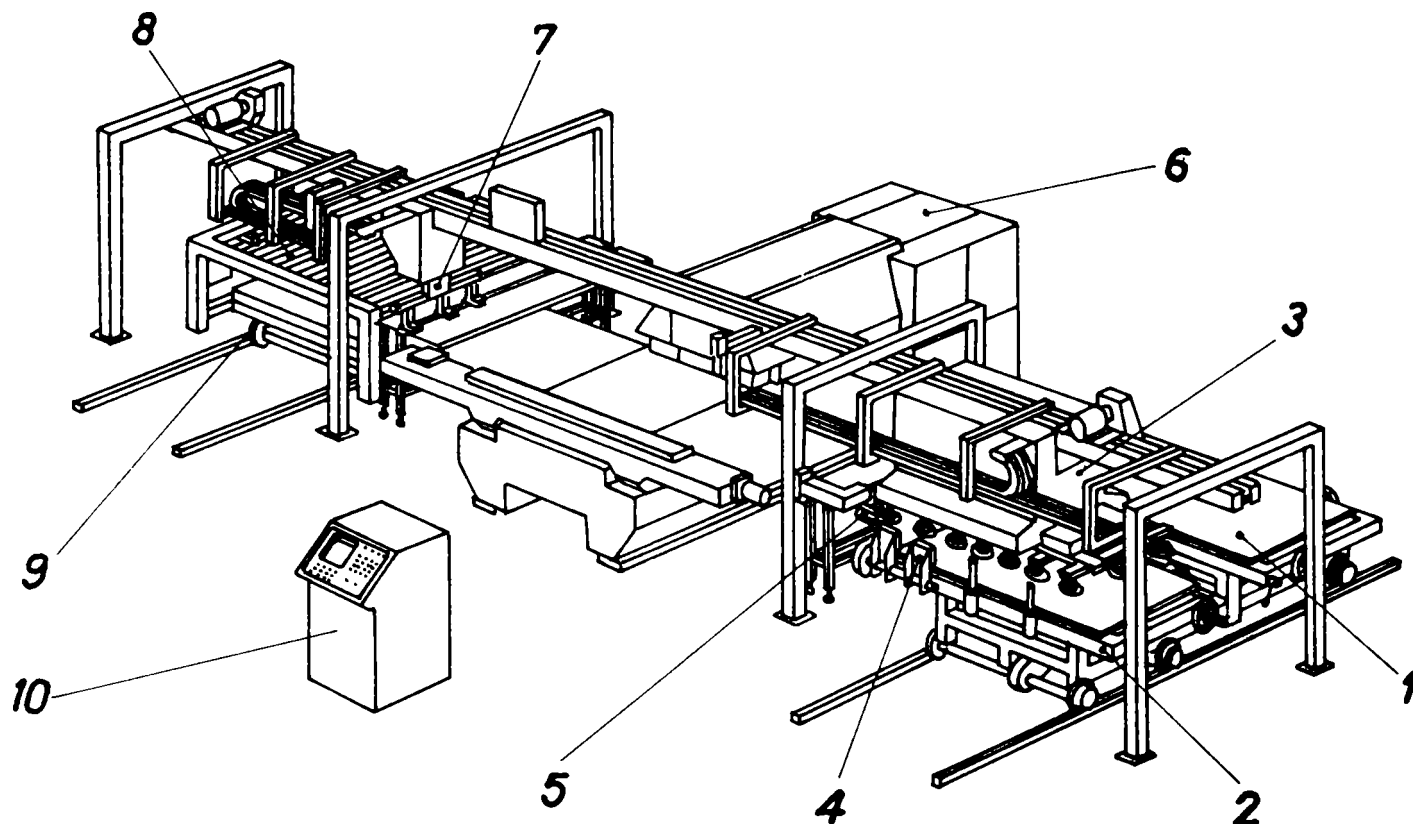


Fig.3.5 Vedere de ansamblu celulă flexibilă

alimentare cu ventuze 3 realizează o mișcare vibratorie în scopul dezlipirii unei eventuale foi care s-a lipit, iar apoi trece foaia de tablă printr-un sistem de detectare a grosimii 5 care garantează transferul unei singure foi, aducând-o în final pe masa preseii 6 unde va fi fixată de către cleștii preseii în vederea prelucrării. În cazul în care sistemul de detectare sesizează o grosime mai mare (de ex. două foi de tablă lipite) va da un semnal care conduce la oprirea alimentării cu semifabricat. Foaia de tablă prelucrată este preluată de către un manipulator cu clești 7, care o va evacua în afara zonei de lucru a preseii, pe un conveior cu role 8, urmând a fi așezată pe un cărucior elevator 9. În momentul în care presa devine liberă, manipulatorul de alimentare cu ventuze 3 aduce o nouă foaie de tablă și ciclul se reia din nou până la epuizarea semifabricatelor de pe cele două cărucioare. Comanda întregii celule se poate realiza de la panoul de comandă 10. În tabelul 3.3 sunt prezentate principalele caracteristici ale acestei celule.

Tabelul 3.3 Caracteristici tehnice

Dimensiunea minimă a foii de tablă	300 x700 mm
Dimensiunea maximă a foii de tablă	1250 x2500 mm
Grosimea tablei	0.6...3.2 mm
Greutatea maximă a tablei	75 kg
Greutatea maximă a pachetului (inclusiv paleta)	3000 kg
Înălțimea maximă a pachetului (inclusiv paleta)	320 mm
Viteza maximă a dispozitivului de alimentare	80 m/min
Viteza maximă a dispozitivului de descărcare	50 m/min

Celula prezentată mai sus este destinată satisfacerii în condiții de *eficiență economică* a cerințelor unei producții diversificate, în **loturi mici** de piese (în general), ca urmare a *flexibilității* și a *gradului de automatizare ridicat* de care dispune. Manipulatoarele de alimentare și evacuare cu care este dotată celula permit:

- eliberarea operatorului în afara seriilor mici de piese cu ciclu scurt;
- automatizarea în totalitate a presei pentru serii de piese mai importante;
- lucrul fără operator în afara programului de lucru, noaptea, în week-end sau în timpul orelor de repaos.

3.2.1.2 Celulă flexibilă de îndoire

Această celulă flexibilă de îndoire (fig.3.6) este destinată realizării profilurilor complexe prin îndoiri succesive, cât și a unor piese de tipul cutiilor, ramelor etc., prin îndoiri de colț după linii concurente [98],[100]. Manipulatorul de încărcare 1 prevăzut cu ventuze preia un semifabricat (ștanțat) din pachetul 2 și îl aduce în apropierea presei (abkant) de îndoit cu comandă numerică 3 (vezi cap.2.2.3.2), de unde va fi preluat de către robotul 4 și fixat prin

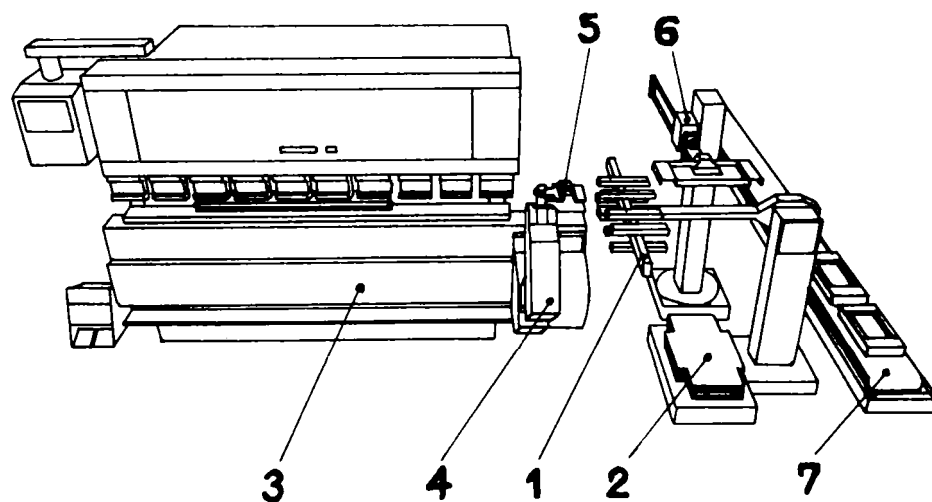


Fig.3.6 Vedere de ansamblu celulă flexibilă de îndoire

intermediul cleștelui 5. Acest robot este ghidat pe batiul presei și realizează poziționarea semifabricatului în funcție de succesiunea îndoirilor. În momentul care piesa este complet îndoită, robotul se retrage la marginea presei de unde un manipulator de descărcare cu clești 6 preia piesa și o așază pe o bandă transportoare 7 care va transporta pachetele de piese în exteriorul celulei unde vor fi depozitate. Precizia de poziționare a semifabricatului în vederea realizării îndoirilor este asigurată de robotul 4 și de sistemul de opritoare amplasat în spatele presei.

În fig.3.7 se prezintă schema de principiu a robotului cât și axele acestuia gestionate simultan de către comanda numerică. Precizia de poziționare a piesei dată de robot este de ± 0.1 mm, iar dimensiunile maxime ale semifabricatului sunt de 500x800x2.3 mm. Robotul este prevăzut cu un sistem care permite schimbarea rapidă (manuală) a cleștelui în cazul când schimbarea tipului piesei de prelucrat reclamă acest lucru. Coborârea culisoului presei se realizează numai în momentul în care semifabricatul poziționat de către robot atinge cele

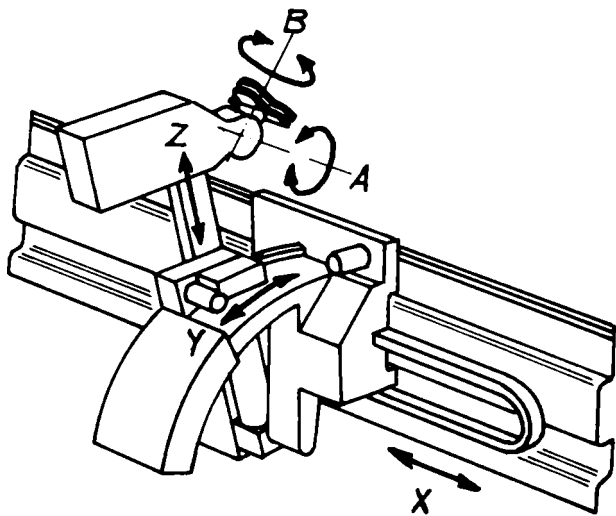


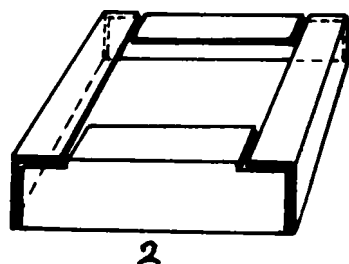
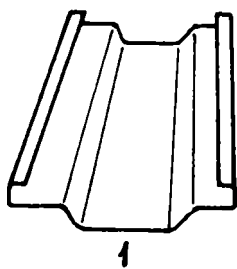
Fig.3.7 Vedere de ansamblu robot

În **concluzie**, celula de îndoire prezentată mai sus este capabilă să realizeze în mod *automat* piese îndoite de forme și dimensiuni diferite, asigurând o precizie de îndoire ridicată. Ea dispune de o *flexibilitate ridicată* putând realiza o gamă largă de piese îndoite în condiții de *eficiență economică* sporită.

3.2.2 Linii automate flexibile

3.2.2.1 Linie automată flexibilă de ștanțare-îndoire

Linia este destinată realizării în ciclu automat a unui număr ridicat de piese de forme și dimensiuni diferite pornind de la semifabricat sub formă de bandă în rulou. Două tipuri de piese realizate pe această linie sunt prezentate în fig.3.8, una prezentând îndoiri numai pe două laturi iar cealaltă pe toate cele patru laturi [99].



1. Corp de iluminat

- tablă lăcuită grosime 0.6 mm;
- două margini îndoite, patru îndoiri/margine;
- timp de pregătire: fără;
- timp de producție: 8 sec.

2. Cutie sertar

- grosime 1.2 mm;
- patru margini îndoite - două îndoiri/margine;
- p . . . p . . . g . . . : 10;
- timp de producție: 20 sec.

Fig.3.8 Tipuri de repere realizabile pe linie

Linia (fig.3.9) este compusă dintr-un derulor de bandă 1 pe care se așează ruloul de bandă a cărei poziție față de axa liniei este controlată numeric. În continuare banda intră în mașina de îndreptat cu role 2 unde are loc îndreptarea acesteia după direcție transversală, urmând ca în postul următor să se efectueze operațiile de ștanțare de către presa 4 [112] (vezi cap.2.2.3.1.2.1). Avansul benzii este asigurat de către dispozitivul de avans cu role 3, cu

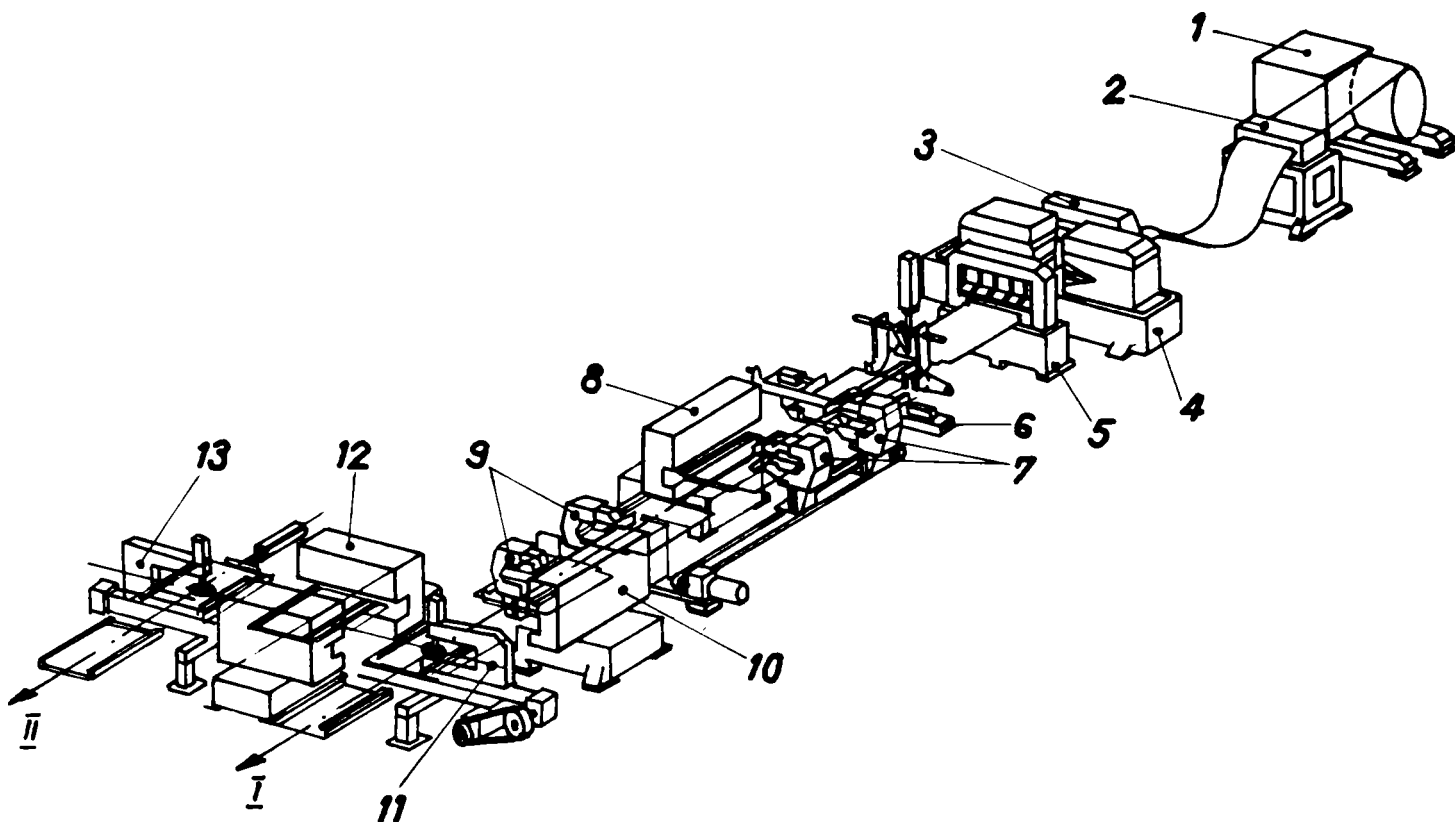


Fig.3.9 Linie automată de ștanțare-îndoire

comandă numerică, care asigură deplasarea longitudinală a benzii. Datorită faptului că presa lucrează cu avans intermitent iar mașina de îndreptat cu avans continuu, se impune existența între aceste două posturi a unui acumulator de semifabricat sub formă de buclă simplă. Operațiile de ștanțare sunt realizate de către presa 4 care este compusă din două unități mobile comportând fiecare șase sau zece cilindri hidraulici, cu lovituri rapide. Cele două unități mobile se deplasează după direcția transversală a benzii, realizând prelucrările de ștanțare.

După efectuarea operațiilor de ștanțare, piesa ștanțată este retezată la lungime de către foarfeca 5, urmând să fie transferată pe masa de prepoziționare 6, ca și semifabricat individual. De aici primul sistem de transfer longitudinal 7 o preia și o introduce în presa de îndoit 8 de tip abkant unde vor fi realizate îndoirile după direcție longitudinală pe o primă margine a piesei. Presa permite realizarea îndoirilor simple sau multiple prin deplasare succesivă, îndoiri care pot fi realizate atât în sus cât și în jos. La încheierea acestei operații piesa va fi preluată de cel de-al doilea sistem de transfer longitudinal 9 care o va introduce în presa de îndoit 10 unde se vor realiza îndoirile longitudinale pentru cea de a doua margine a piesei. În cazul în care piesa reclamă îndoiri numai după direcție longitudinală ea va fi transferată spre primul dispozitiv de transfer transversal 11, respectiv spre postul de depozitare (I).

Dacă piesa reclamă și îndoiri după direcție transversală, atunci dispozitivul 11 o preia și o introduce în cele două prese de îndoit 12, dispuse transversal, unde se vor realiza în mod succesiv îndoirile după direcție transversală a celorlalte două margini. Piesa finită va fi preluată de cel de-al doilea dispozitiv de transfer transversal 13 urmând a fi transferată spre cel de-al doilea post de depozitare (II).

Din cele prezentate mai sus se observă că fiecare echipament în parte dispune de o *flexibilitate ridicată* și de un grad de *automatizare ridicat* ceea ce conferă și liniei, la rândul ei, o flexibilitate și un grad de automatizare ridicat. Toate echipamentele sunt interconectate între ele, comanda liniei efectuându-se de la un terminal unic, asigurând dialogul om/mașină. Toate funcțiile și datele de producție sunt memorate pentru gestiune, exploatare, programare, diagnosticare și întreținere. Aceste funcțiuni diferite sunt repartizate în pagini, afișate pe ecranul operatorului, ușurându-i astfel munca. Ansamblul poate fi la rândul său conectat la o rețea de pe nivelul ierarhic superior asigurând comunicarea cu o parte sau cu toată uzina pentru o gestiune centralizată.

Linia este capabilă să realizeze, după montarea ruloului de bandă (care se efectuează manual) și după introducerea programelor aferente, mai multe tipuri de piese de la serii mari până la unicate, fără supraveghere, atât ziua cât și noaptea, până la terminarea ruloului de bandă. In concluzie, principalele **avantaje** ale acestei linii sunt:

- flexibilitatea ridicată dată de presa de ștanțare prin combinarea practic infinită a sculelor sale de bază și prin schimbarea rapidă a acestora, cât și de presele de îndoit;
- productivitate ridicată dată de cadențele de lucru ridicate cât și de reducerea la minim a timpilor morți;
- rentabilitate prin capacitatea sa de a produce în continuu în funcție de programele încărcate, fără supraveghere, atât ziua cât și noaptea, până la terminarea ruloului de bandă.

3.2.2.2 Linie automată flexibilă de ștanțare-profilare

Linia (fig.3.10) este destinată realizării în ciclu automat, în cadrul producției de serie mică-mijlocie, a pieselor profilate prevăzute cu orificii perforate, cum ar fi de exemplu corpurile de iluminat, [85],[87],[102].

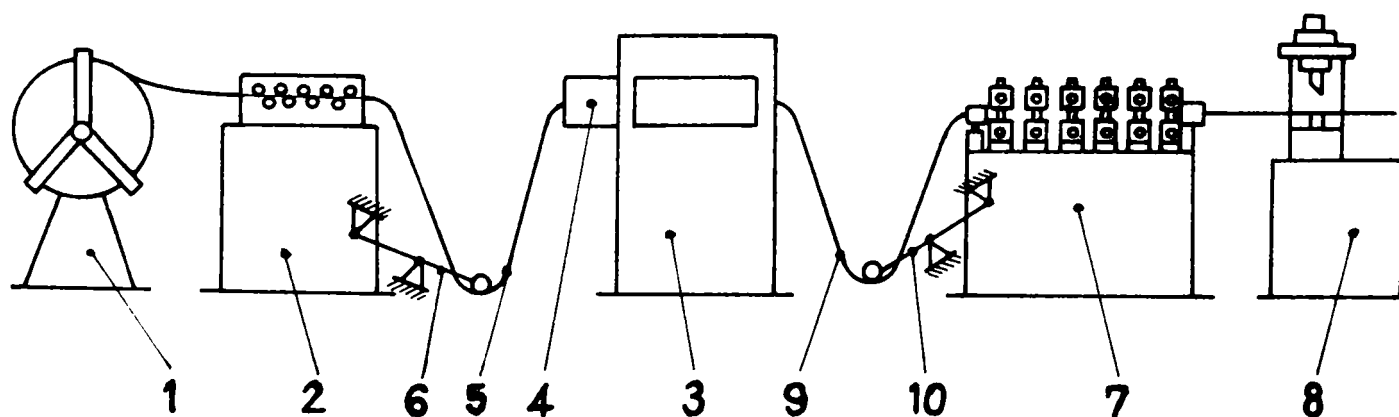


Fig. 3.10 Schemă bloc linie

Semifabricatul sub formă de bandă în rulou de lățime *corespunzătoare* lățimii desfășurate a piesei este așezat pe derulorul de bandă 1, fără acționare proprie, după care intră în mașina de îndreptat cu role 2 unde are loc îndreptarea benzii după direcție transversală. Prelucrările de ștanțare sunt realizate de către presa 3. Avansul precis al semifabricatului

(± 0.05 mm) în vederea realizării perforărilor este realizat de către dispozitivul de avans 4, comandat numeric, montat la intrarea în presă. După efectuarea operațiilor de ștanțare, banda intră în mașina de profilat 7 unde are loc deformarea succesivă a acesteia prin trecerea printre mai multe perechi de role obținându-se în final profilul continuu care va fi retezat la lungime de către unitatea mobilă de ștanțare 8, piesele urmând a fi evacuate pe o bandă transportoare. Între mașina de îndreptat și presă, cât și între presă și mașina de profilat sunt realizate două acumuloare de semifabricat sub forma de buclă simplă 5, 9 a benzii plane, flexibile. Pornirea și oprirea mașinii de îndreptat și a celei de profilat este comandată de sistemul de palpare 6, respectiv 10. Linia funcționează în regim automat până la terminarea benzii din rulou în condiții de productivitate sporită datorită vitezelor de lucru ridicate. Componentele liniei sunt legate prin DNC la un calculator care conduce întregul proces de pe linie.

Flexibilitatea liniei este dată de flexibilitatea ridicată a elementelor care o compun. Astfel, în vederea creșterii posibilităților de realizare a diverselor orificii pe suprafața pieselor, linia conține o presă CNC (prezentată în cap.2.2.3.1.2.2) capabilă să realizeze trecerea de la o piesă la alta utilizând scule simple, deci în condiții de eficiență. Presa poate lucra în regim de 300 cd/min fiind capabilă de a răspunde la productivitatea ridicată a mașinii de profilat. Presa permite producerea de familii de piese ștanțate comportând operații repetitive și variante dimensionale prin combinarea sculelor. Comanda numerică conservă în memorie, pentru fiecare referință, lungimile de avans și selecția sculelor.

În ceea ce privește profilarea, aceasta este realizată de o mașină de profilat cu arbori cardanici, comandată numeric, de mare productivitate, realizată în construcție modulară (vezi cap.2.2.3.3). Această construcție modulară a mașinii de profilat permite trecerea de la fabricarea unui tip de piesă la altul într-un timp scurt, legat doar de schimbarea blocurilor care compun mașina, schimbarea rolor de profilare și reglarea lor efectuându-se în exterior în timp ce mașina lucrează.

Produsul astfel profilat urmează a fi tăiat la lungime de către unitatea mobilă de rețezare. Detectarea lungimii de tăiere dorită poate fi realizată prin indexare mecanică sau prin poziționare electronică. Prima soluție (fig.3.11) necesită realizarea unei perforări prealabile în semifabricat. În momentul în care indexorul A intră în orificiu se comandă tăierea. Căruciorul pe care este montată unitatea de presare se deplasează odată cu produsul, realizând rețezarea acestuia din mers. Dezavantajul acestei soluții constă în faptul că trebuie realizat un orificiu în care intră indexorul, orificiu care va rămâne pe piesă.

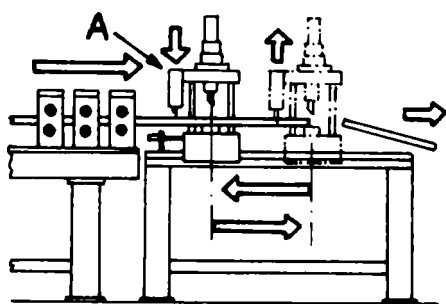


Fig.3.11 Indexare mecanică

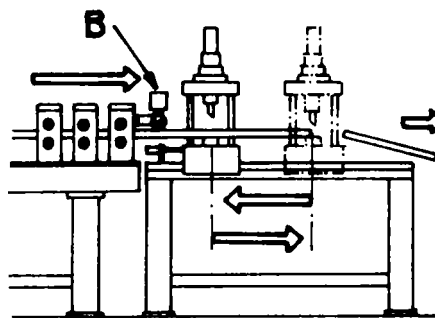


Fig.3.12 Poziționare electronică

Metoda de poziționare electronică (fig.3.12) folosește un senzor rotativ electronic B care măsoară lungimea programată. Comanda tăierii este realizată în momentul în care căruciorul se deplasează sincron cu produsul. Această soluție elimină toate constrângerile asupra produsului, precizia de tăiere la lungime fiind ridicată, putându-se realiza practic prin comanda numerică orice lungime de piesă dorim. Elementele active utilizate pentru retezare au forma profilului de retezat. În cazul profilelor deschise există situații când nu se pot utiliza elemente active apropiate de forma profilului deoarece acestea ar deforma profilul în zona de tăiere. Pentru a rezolva această problemă se poate efectua câte o șlițuire, între două piese, pe fiecare parte a benzii, legătura dintre acestea fiind realizată prin intermediul unei punțițe plane. Separarea celor două piese profilate se va face prin retezarea punțiței folosind elemente active de formă simplă.

În conformitate cu cele prezentate mai sus, pornind de la un rulou de bandă de o anumită lățime, linia este capabilă de a realiza piese profilate de diverse lungimi prevăzute cu orificii perforate, în condiții de *productivitate ridicată*. Datorită construcției modulare a mașinii de profilat și a posibilității de a echipa presa cu diferite unități de ștanțare de complexitate constructivă redusă, reglarea liniei în vederea fabricării unui alt reper se face într-un timp scurt, linia dispunând de un *grad de flexibilitate ridicat*. Linia este capabilă să lucreze în ciclu automat, fără supravegherea operatorului, până la terminarea ruloului de bandă.

3.2.3 Ateliere flexibile

3.2.3.1 Atelier flexibil specializat

I Definirea atelierului

Acasă tip de atelier [79] este un atelier de fabricare suportilor pentru căile de cabluri [132], a căror formă este prezentată în fig.3.13. Sistemul este capabil să realizeze în ciclu automat o serie de repere din această familie în ceea ce privește dimensiunile $L \times l \times h$, cât și în ceea ce privește forma, dimensiunile, numărul și modul de amplasare al orificiilor.

Atelierul este definit tehnic prin *racordarea* a trei poli de producție permițând fabricarea:

- Tablelor perforate pornind de la bandă în rulou sau de la foi de tablă (fig.3.14)
- Fâșiilor pline sau perforate pornind de la foi de tablă din material magnetic (fig.3.15)
- Produselor profilate pornind de la fâșii perforate (fig.3.16.)

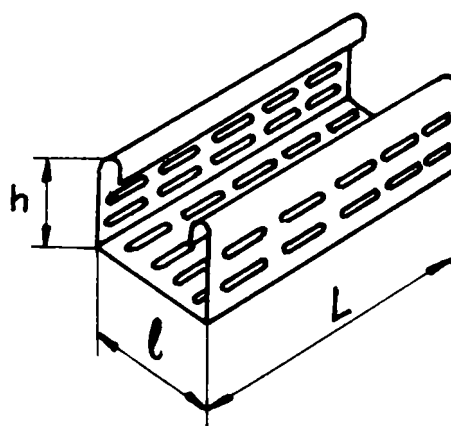


Fig.3.13 Tip de reper realizabil

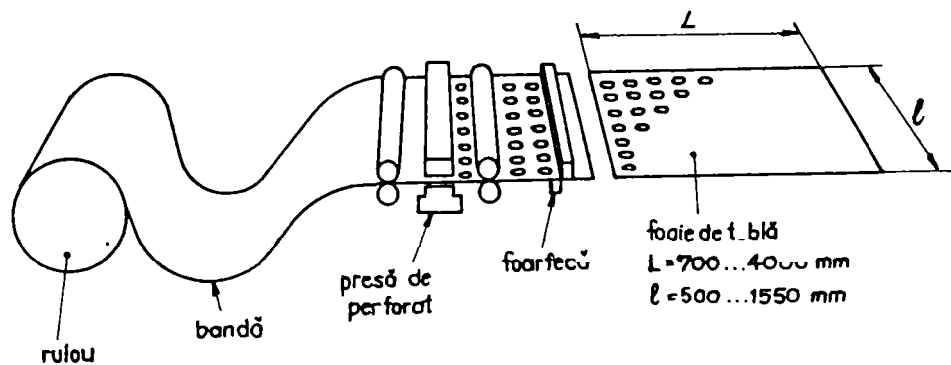


Fig.3.14 Realizarea tablelor perforate

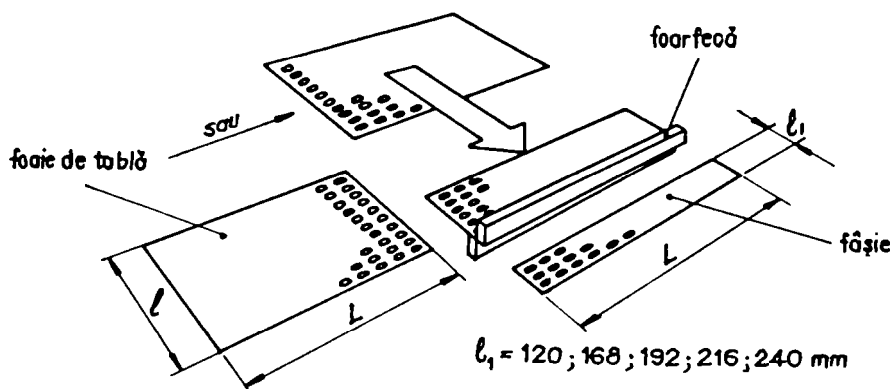


Fig.3.15 Realizarea fâșiilor, perforate sau nu

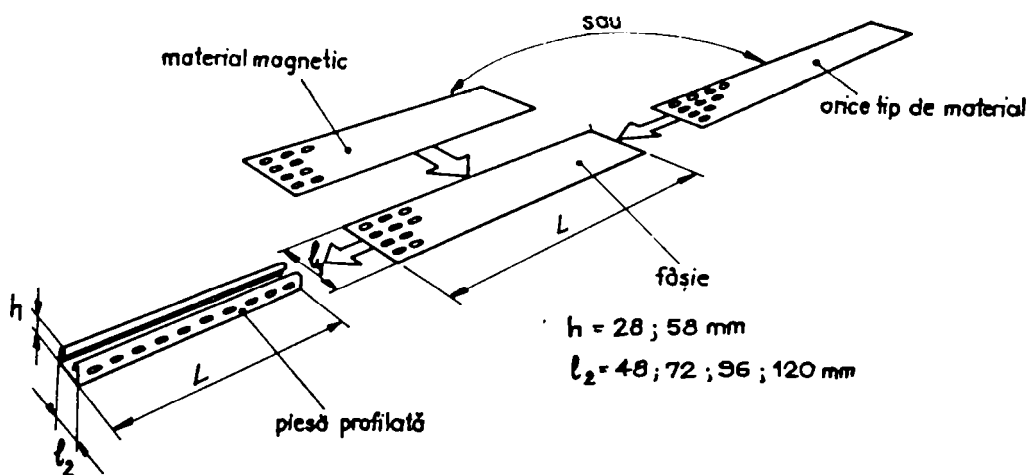


Fig.3.16 Realizarea produselor profilate

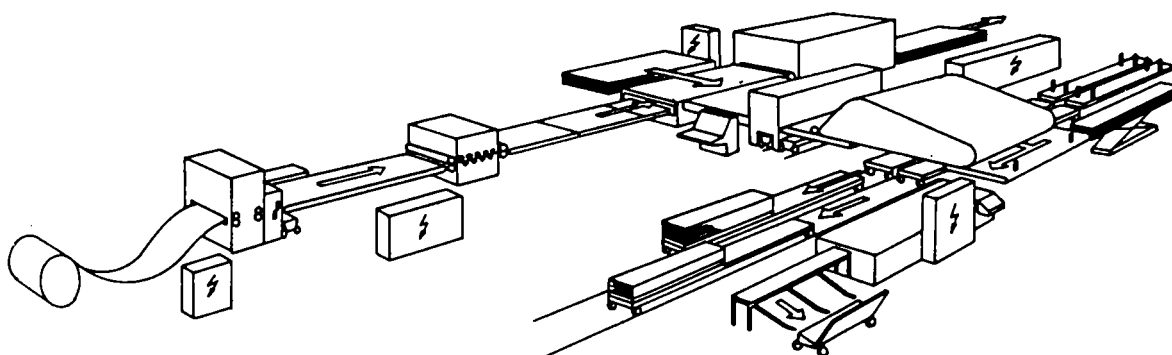


Fig.3.17 Vedere de ansamblu a atelierului

II Descrierea atelierului

După cum se vede din fig.3.17, acest atelier de prelucrare a semifabricatelor din tablă este constituit din 3 linii de fabricație:

II-1 Linie de fabricație a tablelor perforate pornind de la bandă în rulou sau de la foi de tablă

Linia (fig.3.18) este constituită dintr-un derulor de bandă pe care se așează ruloul de bandă 1, din material magnetic sau nu, provenind de la magazia de semifabricate. Banda intră în presa de perforat 2 prevăzută cu un dispozitiv de alimentare cu role 3 gestionat de o comandă numerică. După realizarea perforării, banda va fi tăiată la lungime de către foarfeca 4 pentru realizarea unei foi de lungime L. În acest moment presa se oprește la punctul mort

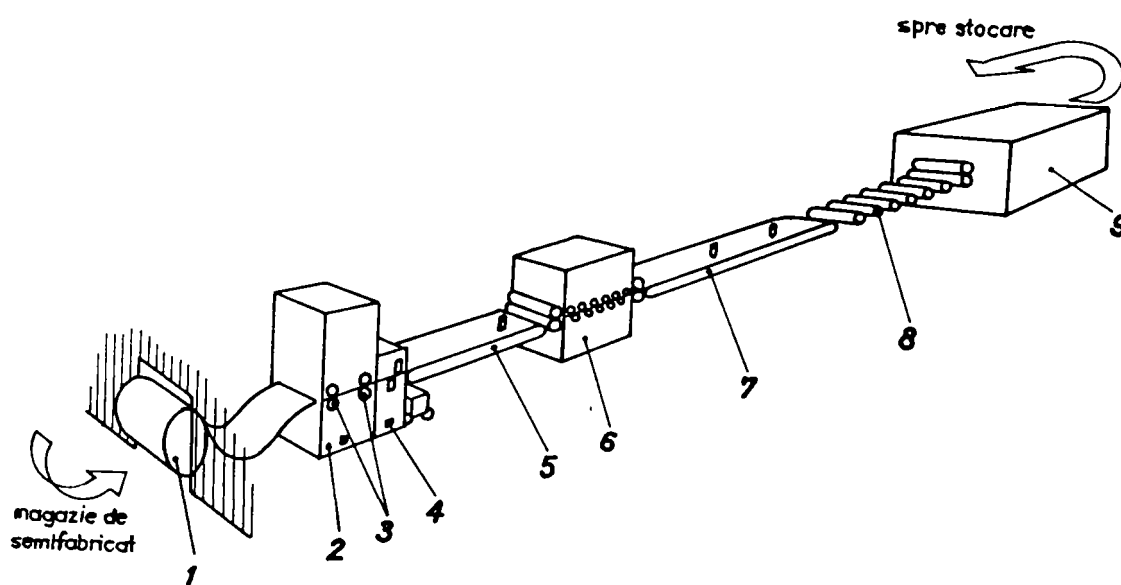


Fig.3.18 Linie de perforare

inferior, cu poansoanele fixate în orificii, pentru a asigura o poziție precisă a semifabricatului în foarfecă în vederea tăierii la lungimea și cu precizia dorită. Comanda presei 2 cât și a foarfecii 4 este realizată de către un automat programabil. În continuare foaia perforată va fi transportată de către conveiorul cu bandă 5 către mașina de îndreptat cu role 6 prevăzută cu dispozitiv de intrare-ieșire cu role. La ieșirea din mașina de îndreptat, foaia este transportată de către conveiorul cu bandă 7 respectiv conveiorul cu role 8 spre dispozitivul de stivuire 9 care așază foile pe o paletă după care vor fi evacuate de către un cărucior elevator în zona de stocare. Cel de-al doilea conveior 8, pe partea liniei de forfecare, trebuie să asigure angajarea foilor la două nivele diferite:

- nivelul de jos conduce foaia spre dispozitivul de stivuire 9;
- nivelul de sus conduce foaia pe masa de prepoziționare din cadrul liniei de forfecare.

II-2 Linie de forfecare a fâșiilor pornind de la foi de tablă din material magnetic

Paleta formată dintr-un pachet de foi perforate 1 (văzute anterior) sau pline este adusă pe linie (fig.3.19) cu ajutorul unui cărucior elevator. Foile sunt separate una câte una de către

un dispozitiv de separare magneto-mecanic gestionat de un automat programabil și sunt dirijate una după alta de către un dispozitiv cu magneți, pe masa de prepoziționare 2 prevăzută cu role antrenate în mișcare de rotație, cu ghidare longitudinală și transversală a fâșiei. Această masă de prepoziționare are 3 funcțiuni:

- trebuie să asigure poziționarea pe X și pe Y, pe nivelul de sus, a unei foi provenind din dispozitivul de separare foi al liniei de forfecare;
- trebuie să asigure conveierea și poziționarea pe X și Y, pe nivelul de sus, a unei foi provenind de la linia de perforare. În ambele cazuri, tabla astfel poziționată trebuie să fie luată din nou de magneți, ceea ce implică ca masa să aibă elementele de susținere și de conveiere amagnetice.
- trebuie asigurat transportul de-a lungul nivelului de jos a unei foi provenind de la linia de perforare spre dispozitivul de stivuire foi.

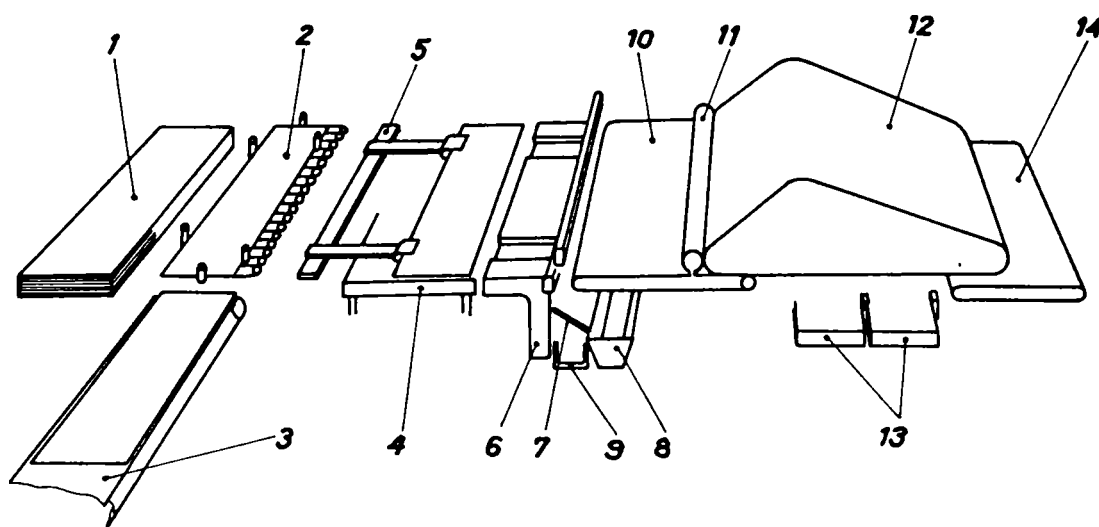


Fig.3.19 Linie de forfecare

De pe masa de prepoziționare, foaia de tablă este preluată de către dispozitivul de alimentare prevăzută cu un sistem magnetic, care se deplasează pe o cale de rulare, și adusă pe masa de alimentare 4 unde va fi fixată de un dispozitiv de alimentare cu clești 5 care o împinge pas cu pas (programat) în foarfeca 6 unde se realizează debitarea în fâșii. Produsele înguste sunt recuperate în containerul 8 iar deșeurile vor fi eliberate în containerul cu deșeurii 9. Fâșiile corespunzătoare vor fi reținute de către conveierul 10 și transportate spre conveierul magnetic 12. Acest lucru este realizat de conveierul cu bandă 10, montat pe glisiere, care poate realiza mișcarea de avans și retragere. Pentru a îndepărta resturile de îndreptare și fâșiile înguste, conveierul se retrage 100 mm în medie lăsând astfel să apară o deschidere prin care vor cădea resturile și fâșiile înguste pe un oblon pivotant 7 care le va separa și dirija spre unul din cele două containere.

La ieșirea din foarfecă, fâșiile sunt evacuate pe conveierul cu bandă 10 unde vor fi repositionate bucată cu bucată de către opritorii de poziționare 11, după care vor fi transportate de către conveierul magnetic 12 la un loc programat corespunzând punctului lor de cădere în unul din cele două compartimente a celor două palete 13 unde vor fi stivuite. Sub conveierul magnetic, două cărucioare elevatoare aduc paletele goale, pregătite în prealabil, și evacuează paletele pline în zona de stocare.

Cele două palete sunt susținute de două cărucioare independente care asigură transportul și poziționarea lor. Dirijarea paletelor, deci manevrarea cărucioarelor este automată, operatorul ne-având decât trei sarcini de efectuat:

- depunerea paletelor goale în zona de stocare și pregătire;
- reglarea poziției tijelor de ghidare în funcție de lățimile fâșiilor programate;
- evacuarea paletelor pline.

Sistemul este capabil:

- să dirijeze automat cărucioarele pe care sunt așezate paletele spre postul lor de așteptare respectiv în fața conveiorului magnetic;
- să poziționeze automat fiecare dintre cărucioarele selecționate sau ambele simultan sub conveiorul magnetic și în același timp să evacueze în afara liniei cărucioarele pline, dacă acestea există;
- să dirijeze căruciorul sau cărucioarele pline spre postul lor de descărcare, unde operatorul cu ajutorul unui cărucior elevator va descărca paletele pline și le va transporta la locul lor de depozitare;

Legătura dintre linia de forfecare și cea de profilare este asigurată prin conveiorul 14.

II-3 Linia de profilare

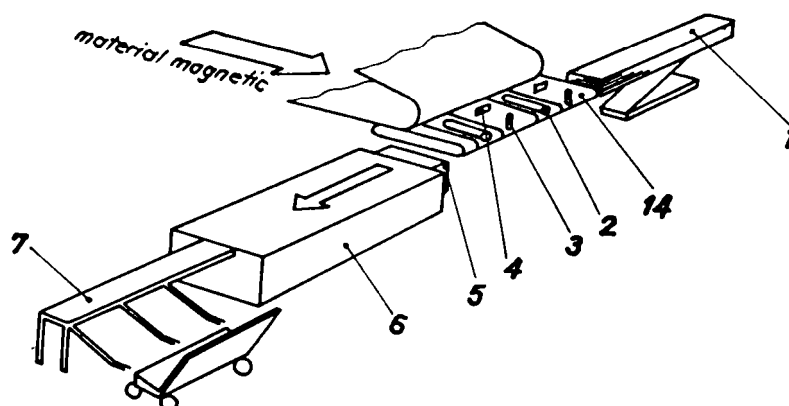


Fig.3.20 Linie de profilare

Paleta (fig.3.20) conținând un pachet de fâșii 1 (din orice tip de material) este adusă la postul de lucru de către operator, cu ajutorul unui cărucior elevator. Fâșiile sunt transferate manual una după alta pe o masă de prepoziționare constituită din conveiorul cu benzi 14 și sistemul cu role 2. Această masă de prepoziționare este echipată cu opritoarele 3, comandate numeric, care au rolul de a poziționa fâșiile în raport cu axa mașinii de profilat 6. În cazul angajării manuale a fâșiilor, masa este prevăzută și cu elementele de ghidare 4 a fâșiei. În momentul în care mașina de profilat este liberă, fâșia astfel poziționată va fi transferată spre ea. Pentru a realiza acest lucru, cilindrii 2 antrenati în mișcare de rotație se ridică cu 1-2 cm pentru a dezlipi fâșia de conveiorul 14 și pentru a o deplasa spre dispozitivul 5 prevăzut cu role de antrenare în vederea facilitării introducerii fâșiei în mașina de profilat. Produsele profilate sunt evacuate pe masa 7 și împachetate manual.

III Moduri de funcționare

III-1 Funcționarea în linie

Acest mod de lucru permite funcționarea fiecărei linii independent de celelalte, simultan sau în timpi diferiți (fig.3.21a), putându-se realiza:

III-1.1 Fabricarea foilor perforate pornind de la bandă în rulou sau foaie de tablă - pe linia de ștanțare;

III-1.2 Fabricarea fâșiilor pornind de la foi din material magnetic - pe linia de forfecare;

III-1.3 Fabricarea produselor profilate pornind de la fâșii - pe linia de profilare.

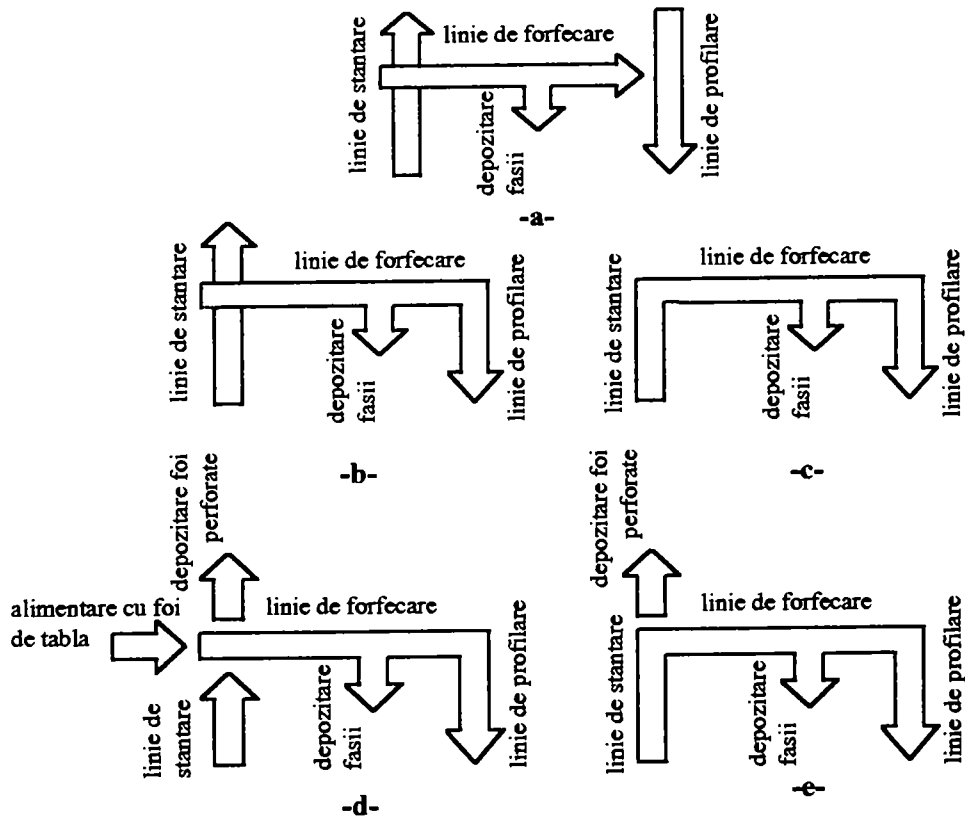


Fig.3.21 Moduri de funcționare

III-2 Funcționarea în derivație

III-2.1 Realizarea produselor profilate și/sau a fâșiilor pornind de la foaie de tablă

Acest mod de funcționare (fig.3.21b) este o completare la modul de funcționare III-1.2 unde anumite fâșii programate nu sunt stocate în palete ci își continuă cursa lor pe un conveior până la linia de profilare, de unde vor fi preluate de aceasta, transferate spre mașina de profilat, obținându-se în final produsele profilate care vor fi evacuate pe o masă și împachetate manual. In acest caz linia de ștanțare poate funcționa independent sau poate fi oprită.

III-2.2 Realizarea fâșiilor sau a produselor profilate pornind de la bandă în rulou

Tabla neperforată provenind de la un rulou (fig.3.21c) este perforată în presa de perforat, tăiată pe foarfecă pentru a forma o foaie care va fi transportată de-a lungul mașinii de îndreptat spre masa de prepoziționare. De aici foaia de tablă este preluată de linia de forfecare unde va fi debitată în fâșii. Aceste fâșii pot fi depozitate în palete sau pot să-și continue drumul spre linia de profilare unde vor fi introduse în mașina de profilat, obținându-se produsele finite care vor fi împachetate manual.

III-3 Funcționarea încrucișată

Este o combinație a tuturor modurilor de funcționare văzute precedent unde fiecare linie de producție poate lucra separat sau combinată cu alta.

III-3.1 Presa de perforat este o frână la cadența globală

Acest mod (fig.3.21) permite obținerea fâșiilor sau a produselor profilate plecând de la semifabricat provenind alternativ de la presa de perforat sau de la dispozitivul de separare de pe linia de forfecare, deci provenind alternativ de la un rulou de bandă sau de la un pachet de foi de tablă. Aportul acestor foi de tablă, la momente date, permite umplerea spațiilor create în dirijarea foilor provenind de la presă datorită cadenței reduse a acesteia sau în timpul schimbării ruloului de bandă.

III-3.2 Mașina de profilat e o frână la cadența globală

Pentru evitarea încetirii presei de perforat, acest mod de lucru (fig.3.21e) permite furnizarea foilor spre mașina de profilat până la saturare, pentru ca în continuare să le dirijeze spre dispozitivul de stivuire de la linia de profilare până în momentul în care mașina de profilat redevine liberă.

IV Descrierea sumară a elementelor de automatizare

Automatizarea este determinată de modurile de funcționare definite la punctul III, fiind indispensabil pentru fiecare din liniile de fabricație de a putea lucra în mod automat independent una de alta, având propriul lor post de comandă. Mașinile din cadrul unei linii trebuie deopotrivă să aibă propriul lor post de comandă cu selector auto/manu.

Postul de comandă principal este situat pe linia de forfecare. El pilotează celelalte posturi de comandă și comunică cu ele prin intermediul unei rețele. La fiecare din posturile lor de lucru sau în circuitul de supraveghere, operatorii trebuie:

- să aibă o vedere de ansamblu asupra atelierului și asupra locurilor nevralgice. În acest caz vor fi amplasate camere video la intrarea în presa de perforat, la dispozitivul de stivuire de pe linia de ștanțare, la dispozitivul de separare de pe linia de forfecare, la intrarea în mașina de profilat.

- să cunoască modul sau modurile de funcționare selecționate;
- să cunoască starea de avansare a comenzilor în curs (exemplu: pentru anticiparea pregătirii utilajelor decide alegerea unui mod de funcționare, etc.);
- să fie avertizați mereu de defecțiunile de funcționare;
- să poată trece ușor de la un mod de funcționare la altul în caz de problemă.

Descrierea elementelor de automatizare pentru fiecare linie se face după cum urmează:

IV-1 Pe linia de ștanțare

- 1 automat programabil pentru comanda presei de perforat cu dispozitivul de avans cu role și a foarfecii;
- 1 dulap de putere pentru conveioare, mașina de îndreptat și dispozitivul de stivuire;
- 1 post de vizualizare și de selectare a circuitului cu cele patru camere video;

VI-2 Pe linia de forfecare

- 1 automat programabil pentru gestionarea dispozitivului de separare foi;
- 1 dulap de putere pentru dispozitivul de alimentare cu magneți, masa de prepoziționare, foarfeca cu dispozitivul său, diversele conveioare, dirijarea cărucioarelor cu palete;
- 1 pupitru de comandă cuprinzând în principal:
 - comanda numerică NUM 1060. Cele 2 axe conduse de comanda numerică (dispozitivul din fața foarfecii și transferul foilor) sunt independente.
 - sistem optic de semnalizare a defecțiunilor;
 - selectarea modului de aranjare în palete cu vizualizarea acestui mod;
 - comenzile relative ale atelierului cu selecționarea modurilor de funcționare;
 - oprirea de urgență;
- 1 sistem de vizualizare în continuu a dispozitivului de stivuire a fâșiilor cu cameră și monitor video, independent de circuitul de vizualizare a atelierului cu cele 4 camere.
- 1 afișaj cu leduri care arată starea instalației, avansarea produsului, defecțiunile importante;
- 1 post de vizualizare și de selectare a circuitului cu patru camere.

IV-3 Pe linia de profilare

- 1 dulap de comandă cu consolă de programare care gestionează două axe, comandând poziția capetelor de profilare a fiecărei mașini în raport cu axa sa;
- 1 dulap de comandă care asigură:
 - comanda conveiorului care recuperează fâșiile de sub conveiorul magnetic pentru a le transfera pe dispozitivul de poziționare de pe linia de profilare, asigurând și gestiunea stocului tampon;
 - comanda dispozitivului propriu-zis cu opritoarele de poziționare, rolele de antrenare împreună cu sistemul de ridicare și elementele de ghidare a benzii;

Linia de profilare trebuie condusă de maniera cea mai autonomă posibilă, deci fără să treacă prin comanda numerică NUM 1060.

După cum se poate vedea acest atelier a fost realizat prin *reunirea* a trei linii de producție existente, lucru care a condus la posibilitatea realizării în regim automat a produselor profilate respectiv a unor fâșii pornind atât de la semifabricat foaie de tablă cât și bandă în rulou, în condiții de productivitate ridicată. Utilajele care compun atelierul sunt **utilaje clasice** (existente în întreprindere) care au suferit o serie de modificări constructive pentru a putea fi integrate într-un sistem automatizat. Pilotarea lor se face în general cu ajutorul automatelor programabile, dulapuri de putere (comenzi electro-pneumatice) și cu ajutorul comenzii numerice (pe linia de ștanțare).

3.2.3.2 Atelier flexibil complex

Acest tip de atelier flexibil (fig.3.22) este destinat realizării de piese ștanțate plane sub un control complet computerizat, în orice cantitate (chiar în serii de câte o bucată), exact la momentul dorit, 24 de ore pe zi [5],[25]. Atelierul este compus din trei celule flexibile 1,2,3 și o unitate individuală de lucru 4. Transportul semifabricatelor și a pieselor în interiorul atelierului este realizat de către un sistem de transport cu vehicule ghidate automat 5, a căror alimentare cu semifabricat este efectuată de la depozitul cu rafturi 6 de către sistemul de încărcare/descărcare 7.

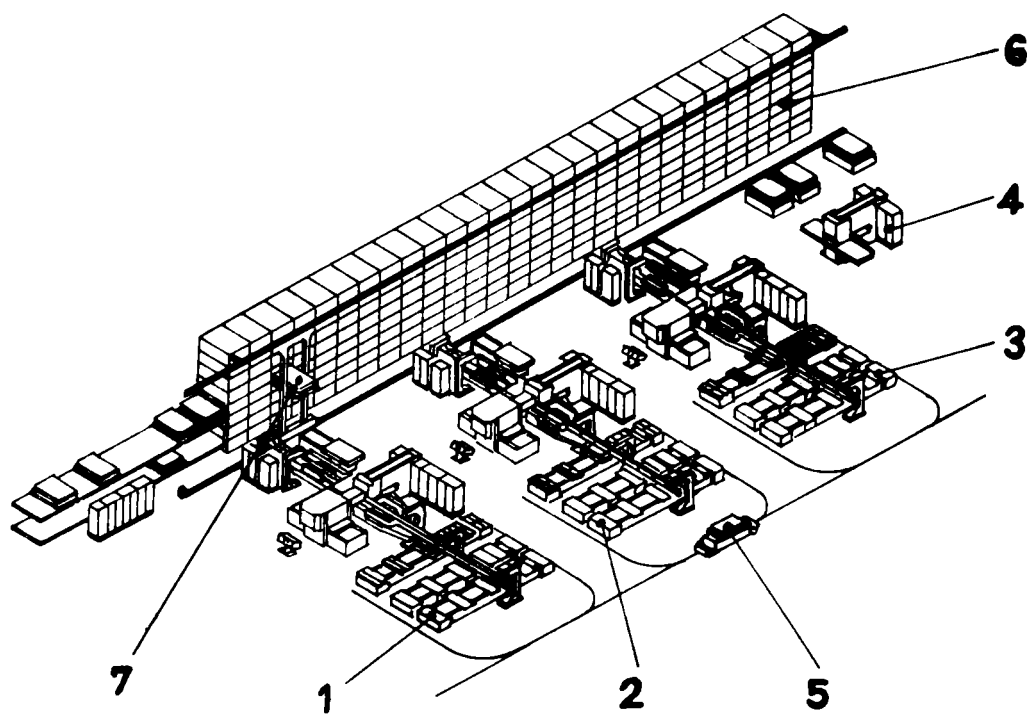


Fig.3.22 Vedere de ansamblu atelier

Fiecare celulă flexibilă (fig.3.23) este echipată cu o presă CNC TRUMATIC 260. Alegerea acestei prese s-a datorat capacității sale de a programa încărcarea tuturor sculelor sub orice unghi, a numărului ridicat de curse duble/minut a culisoului presei, respectiv a productivității și a gradului de automatizare ridicat. Schimbarea sculelor este realizată în mod automat de către sistemul Trumatool care are acces constant la mai mult de 100 de scule

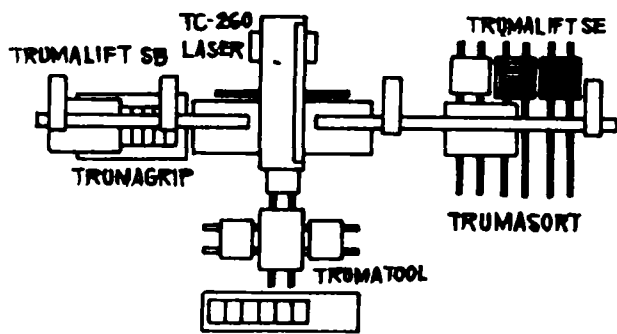


Fig.3.23 Vedere de ansamblu celulă flexibilă

pot fi instalate în timp ce presa funcționează, astfel timpul de instalare este transformat în timp de producție.

Presa este alimentată cu semifabricat în mod automat de către unitatea de încărcare Trumalift SB. Un vehicul ghidat automat depozitează pachetul de tablă direct sub unitatea de încărcare, fără a mai fi nevoie de nici un alt echipament de transport. Acest lucru conduce atât la o reducere a spațiului, cât și la reducerea timpului de încărcare. Separarea foilor de tablă se realizează cu ajutorul unor magneți în cazul pieselor feromagnetice, iar în cazul celorlalte materiale cu ajutorul unui dispozitiv de separare mecanic integrat în unitatea de încărcare. Foile de tablă lipite sunt automat detectate urmând ca procedura de separare să se repete încă o dată.

Piesele finite sunt evacuate prin intermediul unei plăci rabatabile integrată în masa preseii, pe un sistem de benzi transportoare. Cea de-a doua opțiune o reprezintă unitatea de evacuare Trumalift SE echipată cu un dispozitiv cu ventuze, care pot fi programate individual. Toate piesele descărcate în acest mod sau prin intermediul plăcii rabatabile sunt depozitate în 24 stații de sortare ale dispozitivului de sortare Trumasort. Transportul pieselor finite la următoarea etapă a procesului de fabricație sau în depozitul tampon este realizată de către un vehicul ghidat automat conectat la stația de transfer corespunzătoare a dispozitivului de sortare. Deșeurile tip "schelet" rezultat în urma prelucrării este evacuat din presă de către dispozitivul Trumagrip și așezat pe o paletă. Când aceasta s-a umplut sau o schimbare a materialului este iminentă, paleta cu deșeurile este automat transportată la depozitul cu rafturi urmând ca o nouă paletă să fie pregătită.

Principiul flexibilității maxime nu este valabil doar pentru cele 3 celule flexibile ci pentru întregul proces de fabricație. O unitate de lucru TRUMATIC 240 *neautomată* este inclusă în fluxul automat al materialului și informației pentru piesele *problematic* ce nu pot fi fabricate în mod automat datorită dimensiunilor lor sau a procesului de prelucrare. Sub control computerizat semifabricatul este transferat din depozit la presă urmând a se încărca programul de comandă numerică. Operatorul primește un listing cu operațiile pe care trebuie să le efectueze, urmând ca în final să introducă de la terminalul său datele referitoare la piesa prelucrată.

În ceea ce privește buna funcționare a atelierului, un sistem integrat de diagnosticare ajută la localizarea erorilor ce pot apărea. Controllerul celulei de control coordonează dispozitivele de automatizare din cele 3 celule flexibile de fabricație. Dacă calculatorul central se defectează, celula de control va prelua unele din funcțiile acestuia realizând

unitatea de sortare a celulei de fabricație avută în vedere. Odată îndeplinite aceste condiții prealabile, se realizează croirea automată a tablei fără intervenția operatorului, urmând ca aceasta să fie încărcată automat și prelucrată. Acest proces de croire are loc întotdeauna cu una până la două table în avans. După ce ultima piesă cu număr de identificare stabilit a fost fabricată, paleta corespunzătoare este eliminată și transportată la următoarea operație prin intermediul calculatorului central. În același timp o nouă paletă este adusă din depozitul tampon și la momentul potrivit, o nouă paletă este furnizată acestei stații. La prelucrarea următoarei table, sistemul de croire va sesiza stația depozit care a fost golită și automat va lua noi piese din lotul pentru croire. Acest flux continuu al pieselor va continua fără întrerupere până la următoarea schimbare a materialului. După fiecare operație se realizează retransmiterea informațiilor spre sistemul de planificare și control.

Un astfel de atelier flexibil, integrat în structura unui sistem CIM, conduce la realizarea unei producții de vârf ca urmare a creșterii flexibilității și a transparenței întregului proces de producție. Atelierul dispune de un *grad de automatizare ridicat* și de o *flexibilitate maximă*. Caracteristica de bază a acestui tip de atelier flexibil constă în varietatea mare de piese realizabile în loturi mici (chiar și unicate) într-o ordine aleatoare. Utilajele și echipamentele, tehnicile de programare ale sistemului de transport și calculatoarele permit realizarea pieselor exact la momentul dorit ("Just in time") și în cantitatea dorită.

OBIECTIVUL CERCETĂRII

4.1 Oportunitatea realizării unor linii automate flexibile de presare la rece

Pe plan mondial, cu raportare la țările dezvoltate industrial, automatizarea prelucrărilor prin presare la rece este mult avansată. Sistemele realizate de o serie de firme din aceste țări (vezi cap.2 și 3) dispun în general de o automatizare flexibilă și asigură un nivel tehnic ridicat. Ele sunt capabile să realizeze, în condiții de eficiență economică, producții diversificate dispunând totodată de capacități productive ridicate. Trecerea de la un tip de produs la altul se face, în general, prin echipare și reglare automată, ceea ce face ca timpii de staționare să fie mici.

Pe plan național sunt unele realizări în ceea ce privește automatizarea prelucrărilor prin presare la rece, cu precădere în cadrul producțiilor de serie mare și masă. În acest context au fost realizate, de către unele colective de cercetare-proiectare, colective uzinale, linii automate rigide sau cu flexibilitate limitată de interes pentru unele unități industriale, dar cu performanțe în general sub nivelul mondial. Problema care se pune în prezent este aceea de automatizare a sectorului de presare atât în cadrul producțiilor de serie mare, cât mai ales în cadrul producțiilor diversificate, de serie mică și mijlocie. Un prim răspuns la această problemă ar fi importul de sisteme flexibile care să răspundă acestor cerințe. Acest import presupune *eforturi financiare considerabile*, dat fiind prețul de cost ridicat al acestor sisteme, efort pe care nu toate întreprinderile (mai ales cele mici și mijlocii) l-ar putea suporta. Un al doilea răspuns ar putea consta în *realizarea unor linii automate flexibile pe baza ideii de revalorizare (reutilizare) a parcului de prese existent într-o întreprindere*. În acest context, **obiectivul tezei constă în studiul privind realizarea liniilor automate flexibile de ștanțare-matrițare (LAFSM) care prelucrează semifabricat continuu până în ultimul post**. În vederea realizării acestui demers, trebuie luate în studiu o serie de aspecte de natură tehnică, economică și socială.

4.1.1 Aspecte tehnice

În ceea ce privește dotarea tehnică a întreprinderilor, trebuie menționat faptul că marea majoritate a utilajelor sunt de tipul preselor de uz general. Acestea permit efectuarea, prin echiparea cu scule corespunzătoare, a oricăror prelucrări de ștanțare-matrițare, conducând astfel la obținerea unor produse distincte, respectiv cu forme și dimensiuni de o varietate practic infinită, apărând limitări de obicei doar sub raport dimensional. Mișcarea pe care presa o imprimă sculei este invariabilă ca și traiectorie, fiind cea rectilinie alternativă a berbecului presei. Legat de *nivelul tehnic* al preselor se constată că acesta este în general scăzut, presele realizând în regim automat, în cele mai multe cazuri, doar mișcarea pe verticală a berbecului. Presele nu dispun de "inteligentă", în majoritatea cazurilor reglarea mărimii cursei, a poziției berbecului se realizează

manual [58],[72]. Totodată numărul de curse duble pe minut al presei este fix, el nu poate fi reglat decât prin modificări constructive în lanțul de transmitere a mișcării. Acestea nu dispun de magazii de scule, montarea și demontarea sculelor realizându-se tot manual.

Nivelul de performanță, sub raportul productivității și a eficienței unei linii automate flexibile construită pe prese de uz general, va fi puternic influențat de timpii în care se vor realiza *schimbările necesare de scule* în vederea trecerii la realizarea unui nou produs, și *reglajele* care se impun cu aceste ocazii, însoțită, în paralel, de *maximizarea gradului de încărcare* și a *coeficientului de utilizare* a preselor. Se impune însă a se face precizarea că *automatizarea* unui asemenea sistem complex de fabricație poate fi *totală* sau *parțială*, deschizând posibilitatea creării unor sisteme în a căror structură apar și componente (de exemplu: prese sau scule) care, din punct de vedere constructiv-funcțional, *nu răspund cerințelor unei totale automatizări* (de ex. privind montarea-demontarea sculelor pe prese, sau reglajul cursei berbecului presei) [47]. Acest lucru nu împiedică constituirea unor linii automate flexibile de ștanțare-matrițare, **parțial automatizate**, cu *performanțe net superioare* fabricației adoptate în prezent în majoritatea covârșitoare a sectoarelor de presare la rece ale unităților industriale.

4.1.2 Aspecte economice

Față de cazul preselor individuale manual deservite, exploatarea acestora în regim automat prin conectarea lor în cadrul unei linii automate flexibile conduce, din punct de vedere economic, la:

⇒ *creșterea productivității muncii* datorată utilizării raționale a posibilităților pe care le oferă preșele în ceea ce privește capacitatea productivă ca urmare a lucrului după un ritm constant, superior ritmului în care utilajele individuale, manual deservite, lucrează în regim de lovituri singulare. Acest fapt conduce la o micșorare a timpului de fabricație a unui produs, ceea ce conduce la disponibilizarea liniei în vederea fabricării altui produs. Totodată are loc o reducere a timpului de funcționare a preselor față de cazul clasic, ceea ce conduce la *disponibilizarea unui număr ridicat de utilaje*, având implicații asupra creșterii capacității productive a întreprinderii. Sporul de productivitate conduce și la o reducere a personalului muncitor, respectiv la o *reducere semnificativă a cheltuielilor cu manopera*.

⇒ *reducerea consumului de energie electrică* pe produs determinat de încărcarea corespunzătoare a fiecărei prese, cât mai ales datorită funcționării acestora după un ritm superior al loviturilor de berbec (vezi cap.7).

Deci, se poate spune că în cazul utilizării unei linii automate flexibile, *costul fabricației* se reduce semnificativ față de cazul clasic, neautomatizat.

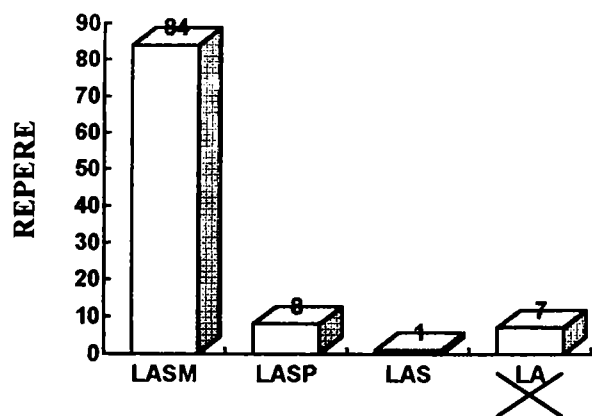
Acest lucru a fost pus în evidență în urma unui *studiu de caz* efectuat la societatea SC. ELBA SA. Timișoara, societate la care procedeul tehnologic de bază este cel al prelucrărilor prin presare la rece [46],[50]. Cercetările s-au concretizat asupra unui eșantion reprezentativ de 100 repere, respectiv aproximativ 3% din paleta celor produse în unitatea în cauză. Nominalizarea acestor repere s-a făcut de către S.C. ELBA S.A.

pentru a preveni selecția subiectivistă, favorizantă a acestora de către membrii colectivului de cercetare. S-a cerut ca nominalizarea să se refere la repere a căror execuție, în principiu, să se poată realiza pe linii automate care prelucrează semifabricate continue subțiri, deci excluzându-se produsele ce se obțin prin ambutisări adânci. Studiul datelor primare ale eșantionului de 100 de repere, orientat spre probleme de interes tehnologic, respectiv al execuției acestora, a privit:

- definirea gradului de flexibilitate al liniilor automate care să rezolve, în condiții optime, cerințele de producție ale întreprinderii;
- stabilirea tipului de linie automată adecvată execuției fiecărui reper în parte;
- orientări privind tipurile constructiv-funcționale de echipament tehnologic cu care se impune înzestrarea posturilor de lucru ale liniilor automate, în cadrul fabricației reperelor în parte.

Analiza efectuată cu referire la mărimea seriilor de fabricație, incluzând o dispersie pronunțată de la serii mici până la serii mari, a condus la prima cerință legată de ideea *automatizării producției*, anume aceea de a realiza *linii automate de mare flexibilitate*. Ținând seama de natura prelucrărilor cerute, definite în baza elaborării de variante de procese tehnologice de execuție pentru fiecare reper în parte, a rezultat cerința (fig.4.1) pentru:

- linii automate de ștanțare-matrițare în cazul a 84% din repere;
- linii automate de ștanțare-profilare în cazul a 8% din repere, realizarea restului de 8% din repere necesitând, în parte, linii automate speciale (1%) respectiv în parte a condus la excluderea acestora din domeniul de interes al execuției din bandă, ele fiind realizate prin revalorificarea deșeurilor individuale rezultate la fabricația altor repere.



LASM - linii automate de ștanțare-matrițare;
LASP - linii automate de ștanțare-profilare;
LAS - linii automate speciale;
LA - linii automate.

Fig.4.1 Tipuri de linii automate

Studiul s-a axat în continuare numai pe reperele care se pot realiza pe linii automate flexibile de ștanțare-matrițare. În acest context, sunt necesare linii construite pe 1 până la 4 prese, cele mai multe repere fiind realizabile pe o linie cu 1, respectiv 2 prese. Oportunitatea creării acestor linii automate flexibile s-a definit în baza evidențierii *efectelor tehnico-economice* pe care le atrage după sine re tehnologizarea indicată, un obiectiv important fiind creșterea productivității muncii. Cu raportare la cele 84 repere care se pretează prelucrării pe linii automate flexibile de ștanțare-matrițare și care au fost

luate în studiu, s-au efectuat calculele de normare în condițiile prelucrării acestora pe asemenea linii. *Norma de timp* s-a precizat în concordanță cu relația cunoscută:

$$N_T = \frac{T_{pi}}{n} + T_u \quad [\text{min/buc}] \quad (4.1)$$

unde: T_{pi} - timpul de pregătire-încheiere [min];

n - numărul de piese din lot;

T_u - timpul unitar [min/buc].

În cadrul timpului de pregătire-încheiere (T_{pi}) sunt însumați timpii pentru:

- montarea ruloului de bandă pe derulor;
- introducerea capătului de bandă în mașina de îndreptare cât și în sculele din posturile de lucru ale liniei automate;
- montarea, reglarea, efectuarea pieselor de probă și demontarea sculelor pe prese cât și a dispozitivelor de avans ale benzii, valorile cu care s-a operat fiind preluate din [82].

Principalele date de calcul sunt prezentate în tabelul 1, Anexa 1. Timpul unitar (T_u) s-a precizat prin *majorarea cu 20%* a duratei cursei duble a berbecului presei de comandă de pe linie, majorare făcută pentru a se acoperi cerința unor eventuale *reglaje* din decursul executării lotului de piese, pentru deservirea locului de muncă, etc. În concordanță cu acest lucru, calculul s-a efectuat având drept bază de plecare, caracteristicile:

- presei PAI 25 la linia cu un singur post de presare, rezultând *0.010 min/lovitură*;
- presei PAI 63 la linia cu două posturi de presare, rezultând *0,013 min/lovitură*.

În vederea definirii *manoperei totale* legate de prelucrările de presare, s-au definit și timpii de control tehnic calitativ CTC, adoptându-se pentru toate cazurile o valoare de *0,0115 min/buc*, care echivalează cu *dublul* valorii medii acordate în cadrul prelucrărilor pe prese individuale. Pentru operațiile de fâșiere ale benzilor late de la care pornesc prelucrările, s-a adoptat valoarea medie după care sunt normate în prezent aceste lucrări la SC ELBA SA, anume $N_T = 0,0050 \text{ min/buc}$ și timp de control CTC de *0,0015 min/buc*.

Pentru cazul prelucrării aceluiași reper în condițiile actuale de lucru (proces neautomatizat), s-au extras din fișele tehnologice existente în această întreprindere, valorile normei de timp pentru prelucrare respectiv CTC. Ținând seama de producția anuală a reperelor în cauză, s-a determinat manopera necesară pentru operațiile de presare ale acestora, în variantele de proces actual (neautomatizat), respectiv lucrul pe linie automată, evidențiindu-se *economia anuală de timp* care se obține în urma re tehnologizării, situație prezentată în tabelul 2, Anexa 1. Rezultă că manopera anuală (fig.4.2) se reduce la numai **11 %** din cea actuală. În ceea ce privește durata de funcționare a preselor (fig.4.3) se reduce doar la **13.6 %** din durata lor de funcționare actuală.

Obs. Rezultatele obținute în urma acestui studiu legate de economia de manoperă și de timpul de funcționare a utilajelor constituie *argumente hotărâtoare* privind oportunitatea realizării acestor **linii automate flexibile de ștanțare-matrițare**, în cadrul acțiunii de re tehnologizare a sectoarelor de presare.

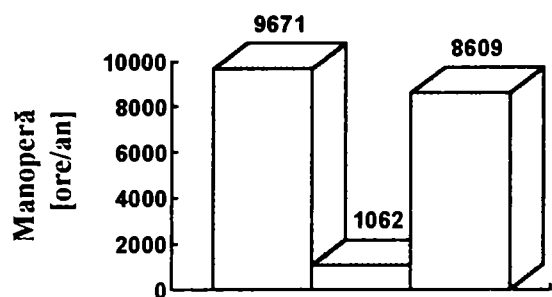
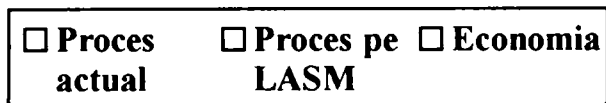


Fig.4.2 Manopera anuală

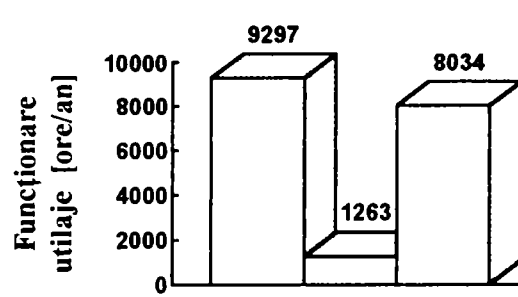


Fig.4.3 Timp de funcționare utilaje

Din punct de vedere al *investiției* care se impune a fi realizată la constituirea unor linii automate flexibile de acest gen, aceasta este mult mai mică decât dacă re tehnologizarea s-ar face prin import de asemenea sisteme flexibile. În acest caz utilajele de presare există și constituie o **resursă re folosibilă**. Investițiile ce se vor realiza privesc în mare achiziționarea unui derulor de bandă și a unei mașini de îndreptat banda, respectiv echiparea preselor din compunerea liniei cu dispozitive de avans, sisteme de montare și demontare rapidă a sculelor, și cu diverse echipamente de comandă și control a liniei. Trebuie menționat faptul că în ceea ce privește sculele de presare în unele cazuri particulare există re pere pentru care actualele scule pot fi folosite *nemodificate* și pe presele de pe linia automată, deci fără cheltuieli suplimentare. O a doua situație constă în reutilizarea sculelor, necesitându-se doar unele *completări-modificări* ale acestora în general în ceea ce privește sistemul de conducere a semifabricatului continuu prin sculă. În cele mai multe cazuri însă sunt necesare scule *complet modificate*. Pentru a nu duce la cheltuieli suplimentare mai mari, și oricum nu imediate, se poate realiza o transpunere a fabricației pe linia automată a acestor re pere în momentul în care sculele actuale, în baza uzurii lor în timp, oricum ar trebui să fie scoase din exploatare și înlocuite cu altele. Mărimea cheltuielilor legate de echiparea liniei cu scule adecvate se poate preciza doar în cazul elaborării tehnologiei concrete și complete pentru fiecare reper de interes, în funcție de ritmul ce se impune acțiunii de re tehnologizare, ținând cont de disponibilitățile financiare (de moment) ale întreprinderii.

4.1.3 Aspecte sociale

În plan social apar schimbări profunde, concomitent cu schimbările importante care au loc la nivelul bazei tehnice. Astfel prin introducerea liniilor automate flexibile rolul operatorilor se modifică substanțial față de cazul clasic, unde aceștia aveau un rol strict de execuție a unor sarcini simple de manipulare, transport, depozitare a semifabricatelor și pieselor, respectiv de comandă a presei, cel mai adesea cronometrate la minut și repetate de sute de ori. Desființarea acestor locuri de muncă care necesită eforturi fizice mari, cu grad de pericolozitate ridicat, murdare, plictisitoare, cu vibrații și șocuri, cu cicluri scurte și monotone, va influența pozitiv starea de sănătate și capacitatea

de muncă a personalului. Introducerea automatizării are deci ca și consecință reducerea rolului muncii fizice și creșterea în importanță a celei intelectuale. În acest context, operatorii care vor deservi aceste linii au sarcini de reglare, control și supraveghere a funcționării utilajelor, de mentenanță, fiind organizați de regulă în echipe. Astfel apare un nou tip de muncitor calificat, cu profil de pregătire sensibil diferit de cel al muncitorului care realiza deservirea manuală a presei. Pregătirea forței de muncă în acest caz diferă de pregătirea tradițională, deoarece capătă un caracter tot mai “intelectualizat”, tinzând să devină polivalentă. Introducerea liniilor automate flexibile conduce la reducerea drastică a numărului de personal direct productiv, dar concomitent cu acest lucru are loc o creștere a nivelului de calificare și cunoștințe ale muncitorului. Trebuie precizat că recalificarea și reconversia profesională este necesară atât ca urmare a faptului că dispar locuri de muncă, fiind vizată în primul rând forța de muncă necalificată sau puțin calificată, cât și pentru a face față noilor cerințe.

4.2 Probleme ce se cer identificate și rezolvate

Linia automată flexibilă de ștanțare-matritare, ca și oricare sistem flexibil de fabricație se compune dintr-o *parte de comandă* (vezi cap.6) și o *parte operativă (de execuție)*. Partea operativă la rândul ei se compune dintr-un *sistem de prelucrare* care cuprinde instalațiile de prelucrare și control și un *sistem logistic*, care cuprinde instalații de transport, manipulare și depozitare (vezi cap.2.1.3). Schema bloc de constituire a unei asemenea linii este prezentată în fig.4.4.

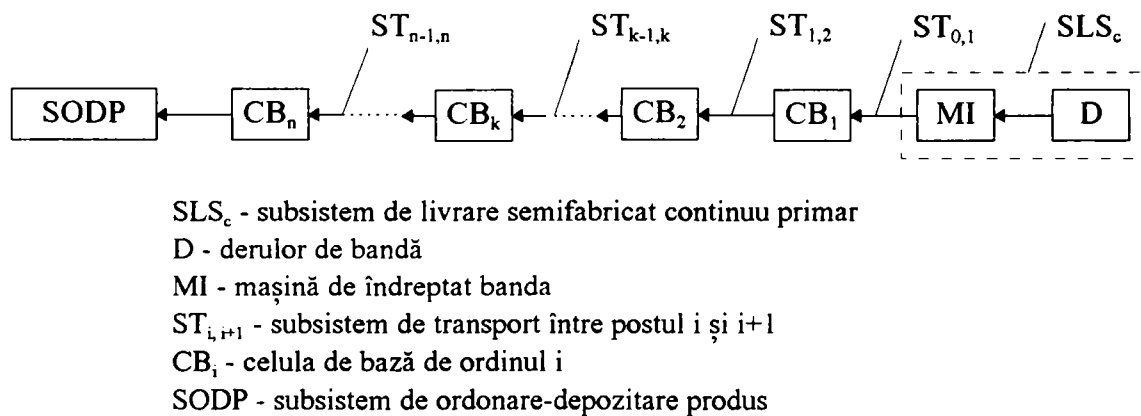


Fig. 4.4 Schema bloc de constituire a liniei

Subsistemul de livrare semifabricat continuu sub formă de bandă în rulou, constituit dintr-un derulor de bandă și o mașină de îndreptat banda, asigură alimentarea primului post de presare din cadrul liniei constituit din celula de bază CB₁. Fiecare celulă de bază (vezi cap.5) este construită în jurul unei prese de uz general. Transportul semifabricatului continuu de la o celulă de bază la alta se face prin intermediul sistemului de transport ST_{i,i+1}. Linia este prevăzută la sfârșit cu un sistem de ordonare-depozitare a produsului finit.

Un aspect important care apare la constituirea unei asemenea linii constă în stabilirea gradului de automatizare al liniei. În vederea realizării acestui lucru este foarte important să se realizeze o corelare între *costurile* automatizării și *economiile* obținute ca și efect al automatizării. În scopul asigurării unui nivel *rațional* al automatizării se va putea *opta* în

final pentru o *automatizare totală sau parțială*. În continuare se vor trata principalele aspecte legate de transpunerea fabricației pe o linie automată flexibilă de ștanțare-matrițare.

4.2.1 Semifabricatul utilizat în cadrul liniei

Semifabricatul utilizat în cazul liniei este sub formă de bandă în rulou. În majoritatea cazurilor lățimea benzii necesară pentru realizarea unui tip de piesă diferă de lățimile standardizate de bandă livrate de către producători. În aceste cazuri se impune fâșierea benzilor late de lățime standard (semifabricatul continuu primar) în benzi mai înguste de lățime corespunzătoare. Fâșierea benzilor se face pe linii de fâșiere care sunt constituite dintr-un derulor de bandă, mașină de îndreptare, o foarfecă cu discuri și un înfășurător pentru benzile obținute la noile dimensiuni. O problemă care poate apare în cazul trecerii la utilizarea semifabricatului tip bandă constă în dotarea cu o asemenea linie. Există situații în care secția de presare nu dispune de o asemenea linie de fâșiere. În acest caz se impune fie achiziționarea unei asemenea linii, ceea ce implică cheltuieli de investiție, sau realizarea fâșierii benzilor în colaborare cu alte firme.

În continuare se prezintă unele aspecte privind costul, respectiv consumul specific de material în cazul utilizării semifabricatului bandă, după cum urmează:

- utilizarea benzilor în locul fâșiilor drept semifabricat de la care pornește prelucrarea de ștanțare-matrițare are ca și consecință:
 - ⇒ evitarea pierderilor de capete ale fâșiilor;
 - ⇒ semifabricatul bandă este de precizie superioară, ceea ce permite în numeroase cazuri execuții prin retezare în loc de decupare, adică fără pierderi de material prin punțile laterale (avem în vedere că fâșierea benzilor pe foarfecele cu role este de precizie mult mai mare decât debitarea fâșiilor pe ghilotine);
- în cazul unor repere ambutisate, utilizarea semifabricatului bandă în locul celui individual impune o anumită creștere a punților intermediare spre a se realiza creșteri sau perforări, cu scop tehnologic, între piese;
- la liniile construite pe mai multe prese, în scopul asigurării unei rezistențe și a unei rigidități superioare a benzii la trecerea acesteia în lungul liniei automate se impune mărirea punții laterale.

Avantajele pe de o parte și dezavantajele pe de altă parte care apar la lucrul din bandă se pot considera că se egalează între ele, motiv pentru care se poate aproxima că, în cele două variante de lucru (semifabricat fâșie-bandă) consumul specific de material este apropiat. Avantajul major al utilizării semifabricatului bandă este acela că determină o *simplificare tehnologică* a liniei.

4.2.2 Stabilirea procesului tehnologic pe linie

Procesul tehnologic de execuție a unei piese în cadrul fabricației pe o linie automată flexibilă de ștanțare-matrițare poate suporta *diferențe esențiale* față de cel adoptat la o fabricație neautomatizată. În acest caz, la stabilirea procesului tehnologic, în afara considerentelor uzuale tehnico-economice și tehnologice, trebuie să se asigure:

- o asemenea combinare a prelucrărilor pe operații (pe posturi de lucru), respectiv să se determine numărul și succesiunea operațiilor astfel încât să rezulte scule și dispozitive aferente cu complexitate constructivă rațională (simplă până la medie), deci să intervină probabilitate minimă de avarii ce ar conduce la stagnarea întregii linii de fabricație;
- menținerea continuității de semifabricat până în ultimul post de lucru;
- condiții de alimentare/evacuare automată în/din postul de lucru, a obiectului prelucrării cât și a deșeurilor care apar în cursul fabricației.

O problemă care apare la stabilirea procesului tehnologic constă în trecerea semifabricatului bandă de la *forma plană* la *forma spațială*. Prelucrările de ștanțare nu afectează în nici un fel planeitatea acestuia, pe când cele de matrițare conduc la obținerea unui semifabricat bandă de formă spațială. Lucrul pe semifabricat plan, față de cel spațial, prezintă o serie de *avantaje* cum ar fi complexitatea mai redusă a sculei, ușurința privind alimentarea automată cu semifabricat, respectiv evacuarea obiectului prelucrării din sculă, cât și simplitatea dispozitivelor de avans și a acumulatorilor interposturi. Din acest motiv, la stabilirea succesiunii prelucrărilor este recomandabil ca *prelucrările de matrițare să fie plasate în partea finală* a procesului. În funcție de succesiunea prelucrărilor stabilite în urma procesului tehnologic, pot apărea, în ceea ce privește forma semifabricatului continuu în lungul liniei, două situații prezentate în fig.4.5. Cazul (-a-) reprezintă cazul general când începând din postul de lucru de ordinul i (este de dorit ca i să fie cât mai apropiat de n) semifabricatul devine spațial ca urmare a prelucrărilor de

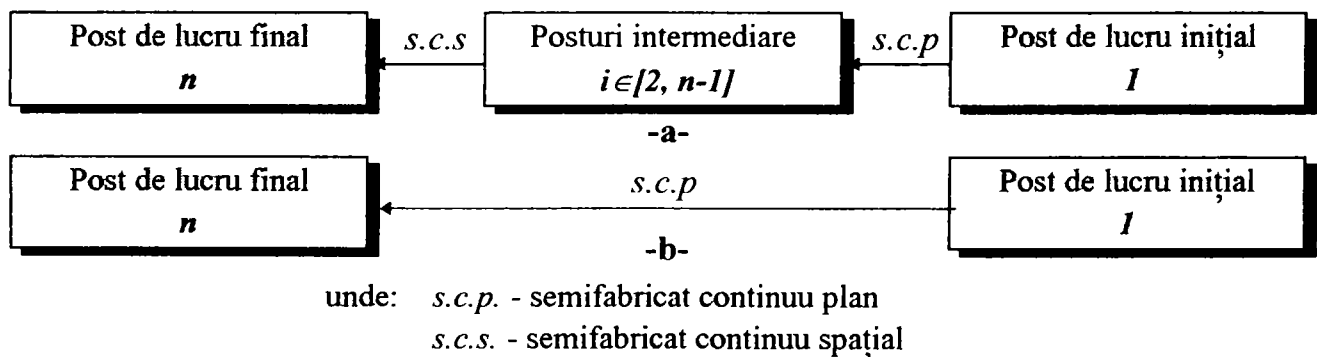


Fig.4.5 Forma semifabricatului bandă în lungul liniei

matrițare. Există și situații particulare (cazul -b-) când aceste prelucrări de matrițare pot fi realizate exclusiv în ultimul post al liniei.

La stabilirea succesiunii prelucrărilor și a grupării acestora trebuie să se țină cont de o serie de aspecte cum ar fi:

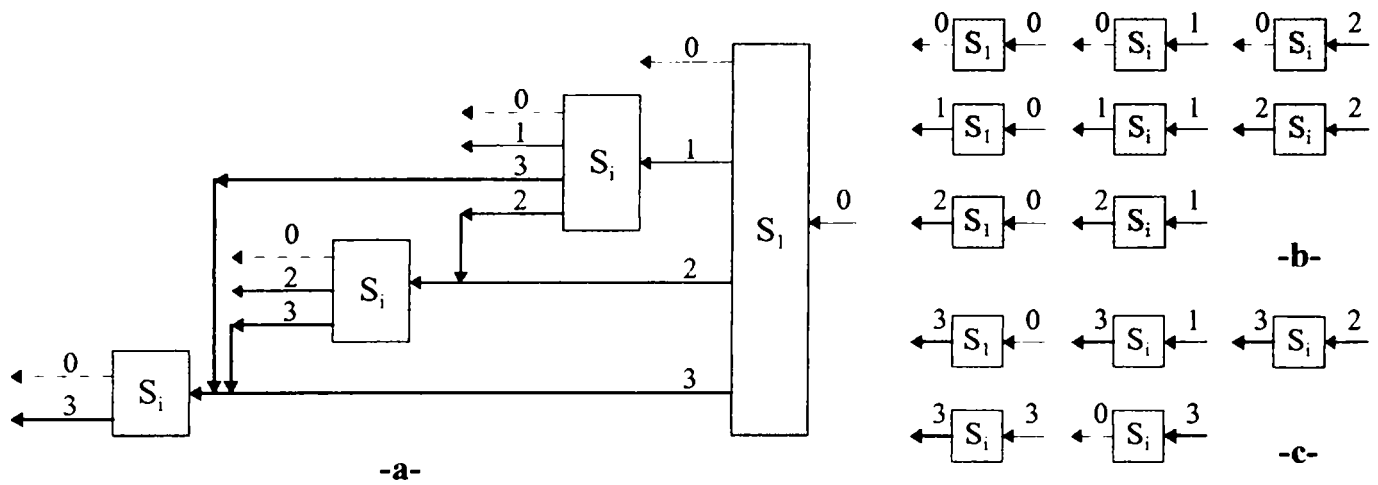
- *simultaneitățile și succesiunile* obligate pe considerent tehnologic ale unor prelucrări. Astfel pot apărea, în afara prelucrărilor care pot fi realizate în oricare post al liniei, prelucrări care trebuiesc realizate:
 - ⇒ obligatoriu în același post (ex. orificii cu distanțe între ele precis tolerate);
 - ⇒ obligatoriu după o succesiune dată (ex. perforare urmată de o răsfrângere);
 - ⇒ obligatoriu în postul final (prelucrările care conduc la separarea piesei față de semifabricatul continuu).

- *poziția, forma și înălțimea denivelărilor* care urmează a fi realizate pe semifabricat în raport cu direcția și sensul de avans a acestuia, prin prisma posibilității translatații semifabricatului spațial prin scule, respectiv a complexității constructive a acestora. Din acest punct de vedere pot apărea următoarele tipuri de denivelări:
 - ⇒ *denivelări mici*, de ordinul a câtorva mm, cum ar fi spre exemplu orificiile mici obținute prin perforare cu răsfrângere, nervurări de mică adâncime, etc. În acest caz alimentarea/evacuarea semifabricatului în/din sculă se poate face prin translatarea acestuia prin spațiile uzuale create de riglele de ghidare.
 - ⇒ *denivelări mari* care se pot grupa în:
 - a) denivelări care permit introducerea sau/și evacuarea din sculă a semifabricatului spațial prin simpla translatare orizontală. Acest caz (particular) se referă în general la îndoirile după linii de îndoire paralele cu direcția de avans.
 - b) denivelări care permit introducerea sau/și evacuarea din sculă a semifabricatului spațial doar prin *combinarea* unei mișcări pe verticală (de ridicare și coborâre) cu translația pe orizontală a acestuia. În această grupă intră îndoirile după direcții neparalele cu direcția de avans a semifabricatului, răsfrângeri de înălțime mare, ambutisări, etc.

În general se recomandă ca prelucrările din grupa b) să nu fie amplasate grupat (în posturi succesive ale aceleiași scule) cu prelucrări de ștanțare. Deplasările pe verticală repetate ale semifabricatului ar putea avea ca efect o reducere a preciziei prelucrărilor de ștanțare. Din punct de vedere al sculei aceasta ar trebui să dispună de elemente mobile suplimentare, care să asigure o poziționare corectă a semifabricatului în vederea prelucrării. Pe cât posibil se recomandă *separarea* celor două grupe de prelucrări. Aceste considerente nu exclud în totalitate posibilitatea realizării unor prelucrări de ștanțare pe semifabricat spațial, precum și posibilitatea asocierii unor prelucrări de ștanțare cu unele de deformare în posturi de ordin i și mai ales în postul final. În acest caz scula cu care se va echipa acest post va fi o sculă combinată cu acțiune succesivă sau simultană care va executa atât prelucrarea de deformare plastică cât și pe cea de decupare sau retezare a piesei.

4.2.3 Scule de presare

O primă condiție care se pune sculelor de presare care urmează să fie montate pe linie constă în asigurarea *translatării cu ușurință* a semifabricatului continuu în lungul sculei. În cazul semifabricatelor plane nu apar probleme legate de acest aspect, în schimb apar în cazul semifabricatelor spațiale în funcție de forma, poziția și dimensiunea denivelărilor. Pe baza grupării realizată la cap.4.2.2 și luând în considerare eventualele modificări de formă ale semifabricatului, prin trecerea acestuia dintr-o grupă în alta cu ocazia traversării prin posturile liniei, se pot obține mai multe tipuri constructive de scule (fig.4.6a) în ceea ce privește sistemul de conducere al semifabricatului.



S_1 -scula de pe prima presă; S_i -scule de pe presele ulterioare

← alimentare / evacuare (din sculă) semifabricat: 0-plan; 1-spațial cu denivelări mici; 2-spațial cu denivelări mari (grupa a); 3-spațial cu denivelări mari (grupa b)

Fig.4.6 Concepția sculelor în funcție de denivelările semifabricatului

Sculele care sunt alimentate și din care este evacuat semifabricat plan (simbol 0), semifabricat spațial cu denivelări mici (1), semifabricat spațial cu denivelări mari- grupa a (2) pot fi concepute, în ceea ce privește sistemul de conducere a semifabricatului, conform cu varianta clasică a ștanțelor și matritelor. În fig.4.6b sunt prezentate situațiile posibile care pot apare în acest caz. În cazul semifabricatelor cu denivelări mici este *obligatorie* prezența în sculă a *ridicătoarelor de bandă*, având rolul de a ridica banda pe o înălțime mai mare (cu 1...2 mm) decât cea a denivelărilor, în scopul facilitării deplasării benzii. Chiar și în cazul semifabricatelor plane, când nu se impune prezența ridicătoarelor de bandă, acestea sunt totuși recomandate. Acest lucru poate fi motivat prin dorința de a evita eventualele rezistențe suplimentare provocate de agățarea bavurilor ce pot apărea în lungul conturilor ștanțate de pe semifabricat.

În cazul semifabricatelor spațiale cu denivelări mari -grupa b prezența ridicătoarelor de bandă nu mai este eficientă. În acest caz, în vederea asigurării alimentării, respectiv evacuării semifabricatului din sculă (fig.4.6c), aceasta va trebui să aibă o construcție specială, fiind prevăzută cu *sisteme de conducere mobile*. Aceste sisteme de conducere mobile trebuie să permită:

- ⇒ intrarea/ieșirea semifabricatului în/din sculă la o înălțime definită deasupra suprafeței superioare a elementului activ inclus în subansamblul inferior al presei;
- ⇒ coborârea semifabricatului pe elementul activ inferior în vederea efectuării operației în cauză.

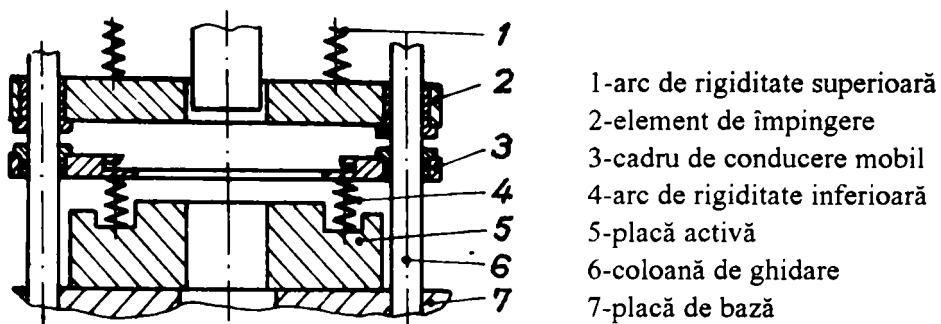


Fig.4.7 Mod de amplasare elemente de conducere mobile

Elementele de conducere (fig.4.7) se amplasează pe arcuri, împingerea în jos a acestora realizându-se de către un element de împingere montat tot pe suport elastic și legat de subansamblul superior al sculei. Poziționarea corectă a semifabricatului în sculă, în toate cazurile, se va face de regulă cu ajutorul căutătorilor.

Un alt aspect important în ceea ce privește sculele utilizate pe o linie automată de presare la rece constă în a le asigura o fiabilitate ridicată în vederea reducerii la minim a numărului opririlor liniei, respectiv a intervalului de reglaj, datorită defecțiunilor accidentale și/sau a necesității reascuțirii acestora. În scopul limitării acestor influențe asupra liniei, se prevede un ansamblu de măsuri tehnice și organizatorice. Astfel se va organiza producția în loturi de piese egale cu submultipli ai valorilor de durabilitate a sculelor, astfel încât între reascuțirile normale să nu trebuiască să fie efectuate reascuțiri care să determine oprirea liniei. Se va aplica un complex de măsuri care să contribuie la mărirea fiabilității sculelor, începând de la gruparea judicioasă a prelucrărilor pe scule și posturi de lucru la proiectare, încât acestea să fie cât mai simple și cât mai robuste, asigurând apoi materiale și tratamente termice corespunzătoare unor durabilități sporite și efectuând o întreținere adecvată a sculelor. Nu în ultimul rând, acolo unde seriile de fabricație o justifică, se execută dubluri ale sculelor care să fie în permanență apte de a înlocui sculele defectate accidental.

4.2.4 Dispozitive de avans

Dispozitivele pentru avansul automat al benzilor prezintă o importanță deosebită, deoarece ele permit automatizarea completă a procesului de presare. Fiind vorba despre un semifabricat *continuu*, mișcarea de avans a acestuia (exceptând pentru unele cazuri ultimul post al liniei) soluționează *simultan alimentarea* cât și *evacuarea*, ne mai fiind necesară nici o cerință privind **transferul** respectiv **orientarea** semifabricatului, acestea rezultând în mod implicit. Aceste dispozitive trebuie să îndeplinească următoarele cerințe funcționale:

- să permită reglajul mărimii pasului de avans;
- să permită reglajul după diferite grosimi și lățimi de bandă;
- să permită fixarea și avansul benzii spațiale;
- să realizeze sincronizarea avansului benzii în raport cu mișcarea berbecului presei;
- să realizeze precizia necesară.

Dispozitivele de avans pot fi clasificate după următoarele criterii:

- Funcție de modul de acțiune al dispozitivului asupra benzii:
 - ⇒ cu acțiune unilaterală
 - ⇒ cu acțiune bilaterală
- Funcție de modul de lucru:
 - ⇒ prin tragere
 - ⇒ prin împingere
- Funcție de construcția dispozitivului:

- ⇒ cu role
- ⇒ cu clești
- ⇒ cu cârlige, etc.

- Funcție de modul de acționare al dispozitivului:

- ⇒ acționat de la berbecul presei
- ⇒ cu acționare proprie

În cazul liniilor automate flexibile de ștanțare-matrițare, se recomandă ca dispozitivele să lucreze prin *tragere*, dat fiind *rigiditatea redusă* a semifabricatului. Acest lucru poate apărea chiar din primul post al liniei când secțiunea benzii este slăbită ca urmare a unor prelucrări de ștanțare. Dacă în ultimul post de lucru al liniei separarea piesei se face prin retezare (caz în care din sculă nu mai iese deșeu continuu), atunci se impune ca dispozitivul să lucreze prin împingerea benzii.

Un alt aspect care trebuie luat în considerare la alegerea tipului de dispozitiv constă în faptul că, exceptând cazul executării pieselor plane, începând de la un anumit post de lucru semifabricatul continuu devine spațial. În acest caz dispozitivele trebuie să permită includerea *denivelărilor benzii*. Totodată elementele de fixare (mobile) a benzii vor trebui să acționeze într-o zonă în care, după direcția longitudinală a benzii spațiale, nu se provoacă denivelări, evitându-se astfel ciocnirea dintre elementele de fixare și denivelări. Aceste zone sunt plasate în general la marginea benzii, fiind constituite din punțile laterale ale benzii, dar în funcție de forma concretă a benzii cu denivelări pot să apară și în altă parte.

Dispozitivele cele mai adecvate acestui scop sunt dispozitivele cu clești, de clasă superioară, la care are loc *separarea în timp* a acțiunii de fixare (eliberare) a semifabricatului în raport cu translatarea acestuia. Esența comună a acestor dispozitive constă în strângerea semifabricatului bandă într-un *clește mobil* și apoi translatarea acestuia de către cleștele respectiv. Totodată un al doilea *clește fix* al dispozitivului imobilizează semifabricatul pe perioada de timp cât se realizează cursa de retragere a cleștelui mobil. Fixarea și eliberarea semifabricatului se realizează independent de

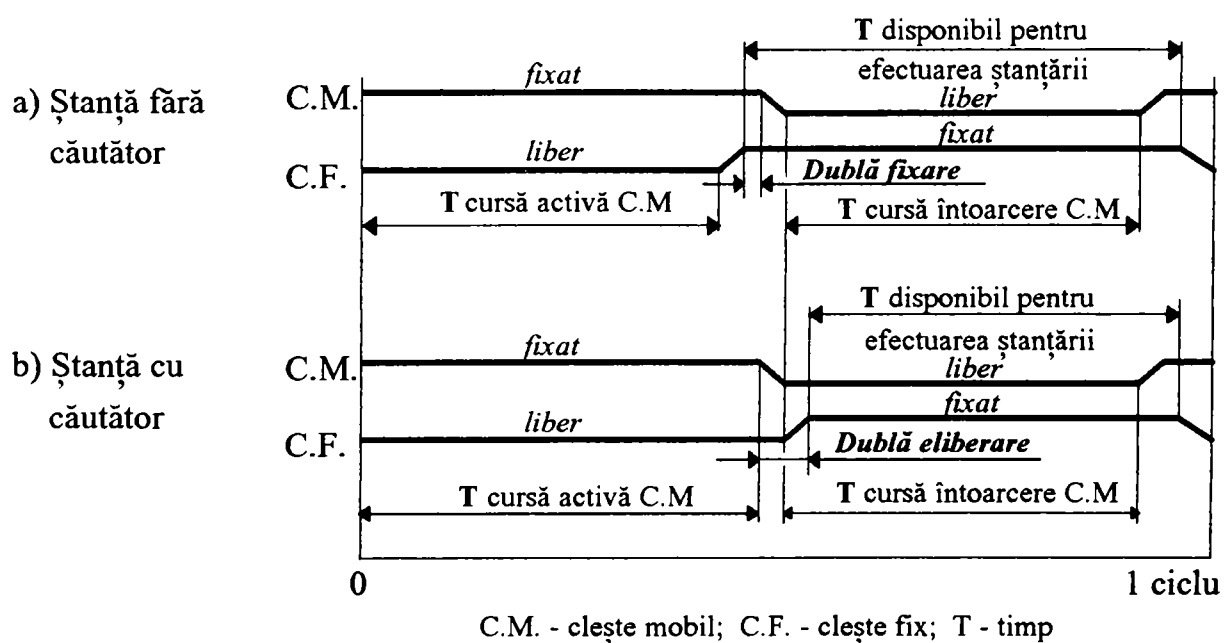
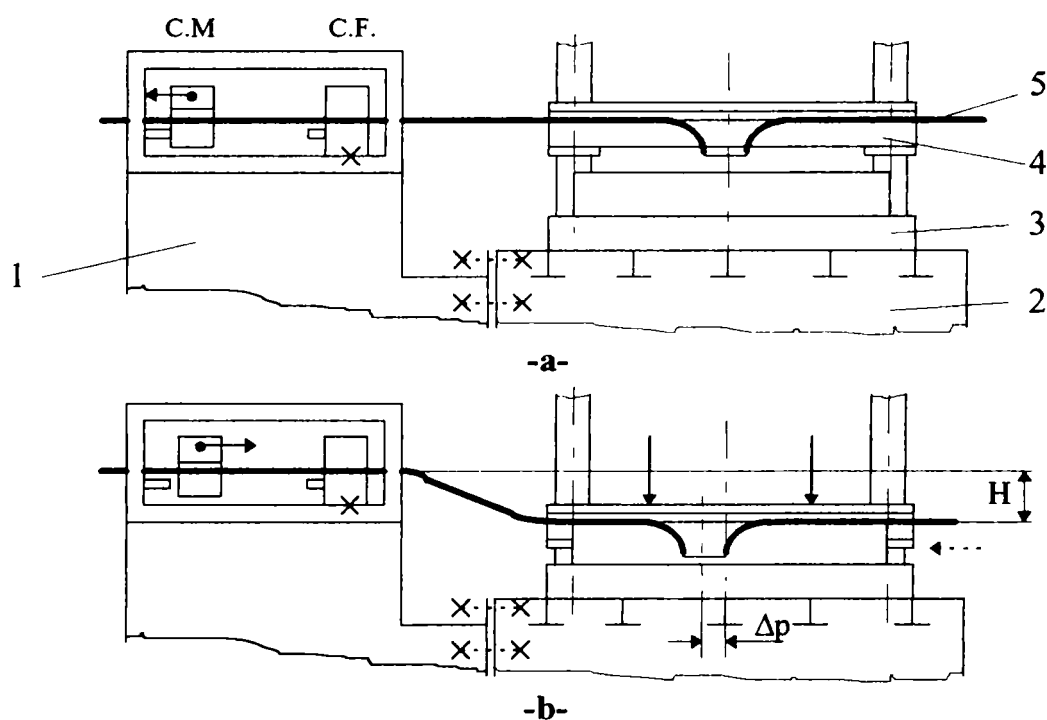


Fig.4.8 Ciclograma de lucru

mișcarea de avans, dar corelat cu mișcarea berbecului preseii. Ciclul de lucru al celor două dispozitive este în funcție de sculele pe care le deservește, acestea putând fi cu sau fără căutător. În fig.4.8 se prezintă ciclograma de lucru pentru cele două cazuri.

În cazul ștanțelor fără căutători, semifabricatul va fi fixat în orice moment fie în cleștele mobil (avans), fie în cleștele fix (prelucrare), iar pe intervale scurte de timp (la capete de cursă) în ambii clești, realizând așa numita **dublă fixare** care împiedică o eventuală alunecare a benzii în momentul reversării acțiunii de fixare/eliberare a celor doi clești. Lucrul după varianta a doua (ștanță cu căutători) necesită o precizie mai redusă a cursei cleștelui mobil deoarece la coborârea berbecului (închiderea sculei) se va elibera semifabricatul de către ambii clești pentru a fi posibilă ajustarea poziției benzii prin căutătorii prevăzuți în construcția sculei. La capătul cursei de avans cleștele mobil va elibera banda, cleștele fix fiind liber, realizându-se astfel **dubla eliberare** a benzii. După acțiunea căutătorului are loc fixarea benzii de către cleștele fix (prelucrare), timp în care cleștele mobil efectuează cursa de retragere.

Un alt aspect care trebuie luat în studiu se referă la construcția și modul de funcționare a dispozitivului de avans. În cazul benzilor plane, a celor cu denivelări mici, cât și a celor cu denivelări mari (grupa a) (cap.4.2.2), când introducerea sau evacuarea obiectului prelucrării în și din sculă se face în baza mișcării orizontale de avans a benzii, construcția și funcționarea dispozitivului nu ridică nici un fel de probleme. Eroarea de poziționare a benzii în sculă în acest caz este dată de precizia de lucru a dispozitivului.



1-dispozitiv de avans; 2-masa preseii; 3-sculă; 4-cadru mobil; 5-semifabricat spațial

Fig.4.9 Modul de deplasare a benzii la coborârea cadrului mobil al sculei

Probleme apar însă în cazul benzilor cu denivelări mari (grupa b), caz în care scula de deformare se prevede cu un cadru mobil de conducere a semifabricatului (fig.4.9a), care efectuează mișcări de ridicare și coborâre a benzii (de cursă H) corelate cu denivelările semifabricatului spațial. Aceste mișcări duc la pierderea preciziei de poziționare (de pas)

a semifabricatului în sculă (dată de dispozitiv) ca urmare a deplasării benzii în sculă (fig.4.9b), deplasare (Δp) care este direct proporțională cu mărimea cursei H.

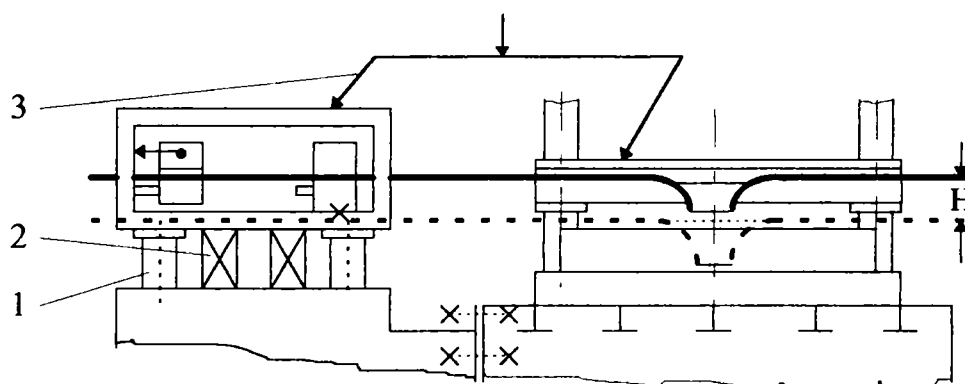
Eliminarea acestui neajuns se poate face în două moduri, în funcție de tipul sculei pe care o deservește dispozitivul:

- *Dispozitiv de avans pentru sculă cu căutători* - caz în care semifabricatul trebuie imobilizat pe cadrul mobil al sculei, iar schema de automatizare a dispozitivului trebuie să asigure următoarea succesiune a fazelor în timpul unei curse duble a berbecului:

- ⇒ la cursa de coborâre a berbecului, dispozitivul realizează *dubla eliberare*, dar numai după ce vârful căutătorului a pătruns în orificiul în care operează;
- ⇒ după ajustarea de poziție realizată de căutători, elementele de fixare proprii ale sculei imobilizează semifabricatul;
- ⇒ coboară cadrul mobil împreună cu semifabricatul fixat pe el și se realizează prelucrarea;
- ⇒ la cursa de ridicare a berbecului, după ce cadrul mobil ajunge în poziția superioară, și înaintea eliberării semifabricatului de către elementele de fixare a sculei, cleștele mobil fixează banda;
- ⇒ realizarea cursei de avans de către cleștele mobil în momentul în care banda este liberă în sculă.

Acest lucru presupune utilizarea de elemente de comandă de calitate ridicată (de exemplu: microlimitatoare sensibile cu o cursă de acționare mică, relee rapide, distribuitoare cu comutare rapidă, etc.).

- *Dispozitiv de avans pentru sculă fără căutători* - caz în care banda este fixată în permanență de către dispozitiv care lucrează cu dublă blocare. Evitarea deplasării benzii în sculă la coborârea cadrului mobil, poate fi realizată prin deplasarea sincronă, pe verticală, a dispozitivului cu cea a cadrului mobil. Realizarea acestui lucru presupune



1-coloane de ghidare dispozitiv; 2-elemente elastice;
3-element de acționare suport clești-cadru mobil sculă

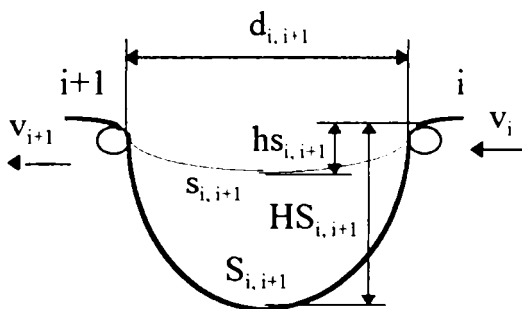
Fig.4.10 Deplasarea sincronă a dispozitivului împreună cu cadrul mobil al sculei

amplasarea suportului celor doi clești pe patru coloane de ghidare și rigidizarea corespunzătoare a acestuia cu cadrul mobil al sculei (fig.4.10). Erorile de poziționare a semifabricatului în sculă în acest caz vor fi date de precizia de avans a dispozitivului.

4.2.5 Acumulator de semifabricat

Rolul acumulatorilor de semifabricat bandă este de a compensa diferențele dintre vitezele de avans ale semifabricatului de-a lungul liniei ca urmare a faptului că de cele mai multe ori în cadrul liniei sunt asociate utilaje având capacități productive mult diferențiate între ele, respectiv care prelucrează semifabricatul în mișcare de avans cu utilaje care prelucrează același semifabricat staționar.

Modelul matematic de calcul al acumulatorului de bandă cu buclă simplă a fost stabilit în literatură [20],[21],[59] pe baza parametrilor geometrici, iar funcțiile acestuia



- $i, i+1$ - utilaje între care este amplasat acumulatorul;
- v_i, v_{i+1} - vitezele de avans ale benzii prin spațiul de lucru a celor două utilaje;
- $d_{i,i+1}$ - distanța dintre reazemele buclei acumulatorului;
- $s_{i,i+1}$ - lungimea buclei de siguranță;
- $S_{i,i+1}$ - lungimea buclei de acumulare.
- $hs_{i,i+1}$ - adâncimea buclei de siguranță;
- $HS_{i,i+1}$ - adâncimea buclei de acumulare;
- $R_{i,i+1} = S_{i,i+1} - s_{i,i+1}$ - rezerva de material.

Fig.4.11 Parametri geometrici ai acumulatorului

pe baza analizei situațiilor care pot apărea între vitezele v_i și v_{i+1} (fig.4.11) considerate continue sau viteze medii de avans, după cum urmează:

Caz 1: $v_{i+1} > v_i \Rightarrow$

- oprirea utilajului $i+1$ când bucla tinzând spre lungimea $d_{i,i+1}$ atinge lungimea de siguranță $s_{i,i+1}$
- pornirea utilajului $i+1$ când bucla a atins lungimea de acumulare $S_{i,i+1}$

Caz 2: $v_{i+1} < v_i \Rightarrow$

- pornirea utilajului i când bucla tinzând spre lungimea $d_{i,i+1}$ atinge lungimea de siguranță $s_{i,i+1}$
- oprirea utilajului i când bucla a atins lungimea $S_{i,i+1}$.

De-a lungul liniei pot apărea de regulă două sau mai multe acumulatori de bandă, caz în care se impune o *corelare* a funcționării acestora. Aceasta permite asigurarea unor timpi de funcționare constanți ai fiecărui utilaj între două opriri succesive. Nerespectarea corelării între rezervele de material ale acumulatorilor poate conduce la opriri mai frecvente ale anumitor utilaje de pe linie. De asemenea se pot prevedea între unele utilaje rezerve de material nejustificat de mari. În cazul în care apar diferențe mari între două acumulatori vecini, datorită diferenței de greutate dintre materialul acumulat în cele două acumulatori, la dubla eliberare a dispozitivului (dacă deservește sculă cu căutători) când căutătorul a intrat cu porțiunea sa conică sau parabolică în orificiul în care operează este posibilă modificarea conturului vizat de căutător ca urmare a deformării acestuia, situație ce trebuie evitată deoarece introduce erori de pas importante.

Stabilirea timpilor de funcționare ai utilajelor se face pornind de la constatarea că prin fiecare utilaj trece aceeași cantitate de material Q .

$$T_{f,i} = \frac{Q}{v_i} \quad (4.2)$$

respectiv:

$$T_{f,i+1} = \frac{Q}{v_{i+1}} \quad (4.3)$$

Între timpii de funcționare ai celor două utilaje, se poate stabili corelarea:

$$T_{f,i+1} = T_{f,i} \frac{v_i}{v_{i+1}} \quad (4.4)$$

Presupunând acum o rezervă de material $R_{i,i+1}$, se pot defini timpii de funcționare între două perioade de staționare,

$$t_{f,i} = \frac{R_{i,i+1}}{v_i - v_{i+1}}, \text{ dacă } v_i > v_{i+1} \quad (4.5)$$

$$t_{f,i+1} = \frac{R_{i,i+1}}{v_{i+1} - v_i}, \text{ dacă } v_{i+1} > v_i \quad (4.6)$$

respectiv timpii de staționare între două perioade de funcționare:

$$t_{s,i} = \frac{R_{i,i+1}}{v_{i+1}}, \text{ dacă } v_i > v_{i+1} \quad (4.7)$$

$$t_{s,i+1} = \frac{R_{i,i+1}}{v_i}, \text{ dacă } v_{i+1} > v_i \quad (4.8)$$

Calculul parametrilor geometrici ai acumulateorilor din cadrul liniei și corelarea funcționării acestora este anevoioasă și mare consumatoare de timp. În vederea diminuării substanțiale a volumului de muncă și a timpului necesar privind calculul acumulateorilor și corelarea funcționării acestora cu scopul reducerii la minim a opririlor și a creșterii timpilor de funcționare a utilajelor, *s-a conceput și realizat* un **program de calculator** scris în limbajul QBasic [65], a cărui schemă logică simplificată este prezentată în anexa 2.

Algoritm de calcul

Programul lucrează interactiv, succesiunea etapelor fiind următoarea:

- se precizează distanțele dintre utilaje d_i , vitezele v_i de avans ale benzii prin spațiul de lucru și adâncimea maximă H_{\max} a buclelor acumulateorilor;
- se determină lungimea buclelor de siguranță s_i dintre utilajele de pe linie în funcție de mărimea vitezelor de avans ale benzii prin spațiul de lucru;
- se calculează șirul diferențelor de viteze $|\Delta v_{i,i+1}| = |v_i - v_{i+1}|$ și se determină $|\Delta v_{i,i+1}|_{\max}$ din șir;
- se calculează bucla de acumulare $S_{i,i+1}$ în funcție de adâncimea H_{\max} și se calculează rezerva de material $R_{i,i+1}$;
- se calculează în funcție de $R_{i,i+1}$ toate celelalte rezerve de material și lungimile tuturor buclelor de acumulare aferente;

- se determină adâncimile $H_{i,i+1} > H_{\max}$, se egalează $H = H_{\max}$ și se recalculează pentru acel caz bucla de acumulare S și rezerva de material R , care va deveni $R_{i,i+1}$. Cu această nouă valoare se recalculează rezervele de material dintre utilaje, reiterându-se calculul până când toate adâncimile rezultate vor fi mai mici decât H_{\max} ;
- se calculează în final timpii de funcționare $t_{f,i}$ și staționare $t_{s,i}$ ai tuturor utilajelor de pe linie;
- se calculează indicele de funcționare a fiecărui utilaj: $I_{f,i} = t_{f,i} / t_{f,\max}$ indice subunitar cu care se poate aprecia durata efectivă de funcționare a unor utilaje în funcție de durata totală de funcționare a liniei;
- se rețin apoi adâncimile buclelor de siguranță h_s , respectiv de acumulare H_S pentru a cunoaște pozițiile în care elementele palpatoare vor trebui să comande pornirea sau oprirea utilajelor de pe linie.

Utilizarea acestui algoritm de calcul în cadrul unei linii automate flexibile asigură funcționarea optimă a acesteia prin reducerea la minim a numărului opririlor utilajelor. Totodată permite stabilirea duratei de funcționare a fiecărui utilaj, respectiv indicele de funcționare în funcție de durata totală de funcționare a liniei. Programul oferă posibilitatea rapidă de evaluare optimă a caracteristicilor funcționale ale utilajelor componente ale liniei. Acesta poate fi utilizat atât în faza de concepție a liniei în scopul stabilirii variantei optime, cât și în cadrul unor linii existente, când au loc modificări ale caracteristicilor funcționale ale echipamentelor în vederea trecerii la fabricarea unui nou produs. În aceste cazuri, pe baza valorilor obținute, se pot opera foarte rapid modificările impuse asupra poziției microîntrerupătoarelor de comandă a utilajelor.

4.3 Metodologia de concepție a liniei

Literatura de specialitate este unanimă în aprecierea că proiectarea unui sistem flexibil este precedată de analiza *sarcinii de producție*. Sistemele flexibile sunt proiectate pentru o anumită familie de repere, deci nu există sisteme flexibile “în general” [1],[28]. Analiza sarcinii de producție va consta în gruparea pieselor considerate (pe baza unor criterii) în familii realizabile pe același ansamblu de producție automatizată pentru a se ajunge în final la definirea unei structuri generale de sistem.

Raportându-ne în continuare la piesele care se obțin prin prelucrări de ștanțare-matrițare realizabile pe o linie automată flexibilă de ștanțare-matrițare constituită din prese de uz general, din punct de vedere al deformării nu apar probleme, familia este foarte mare putând cuprinde practic orice formă de piesă realizabilă pe ștanță sau matriță, cu excepția ambutisărilor de adâncime mare (vezi cap.1). În acest caz apar limitări doar din punct de vedere al dimensiunilor și a complexității formei piesei (vezi cap.4.2.2). Piesele care sunt luate în studiu pot fi împărțite în două categorii:

- piese care sunt în fabricație pe utilaje neautomatizate și cărora le este stabilit un proces tehnologic (în acest caz se dispune de o sumă de informații importante);
- piese care nu sunt încă fabricate în întreprindere, dar care urmează a fi introduse în fabricație.

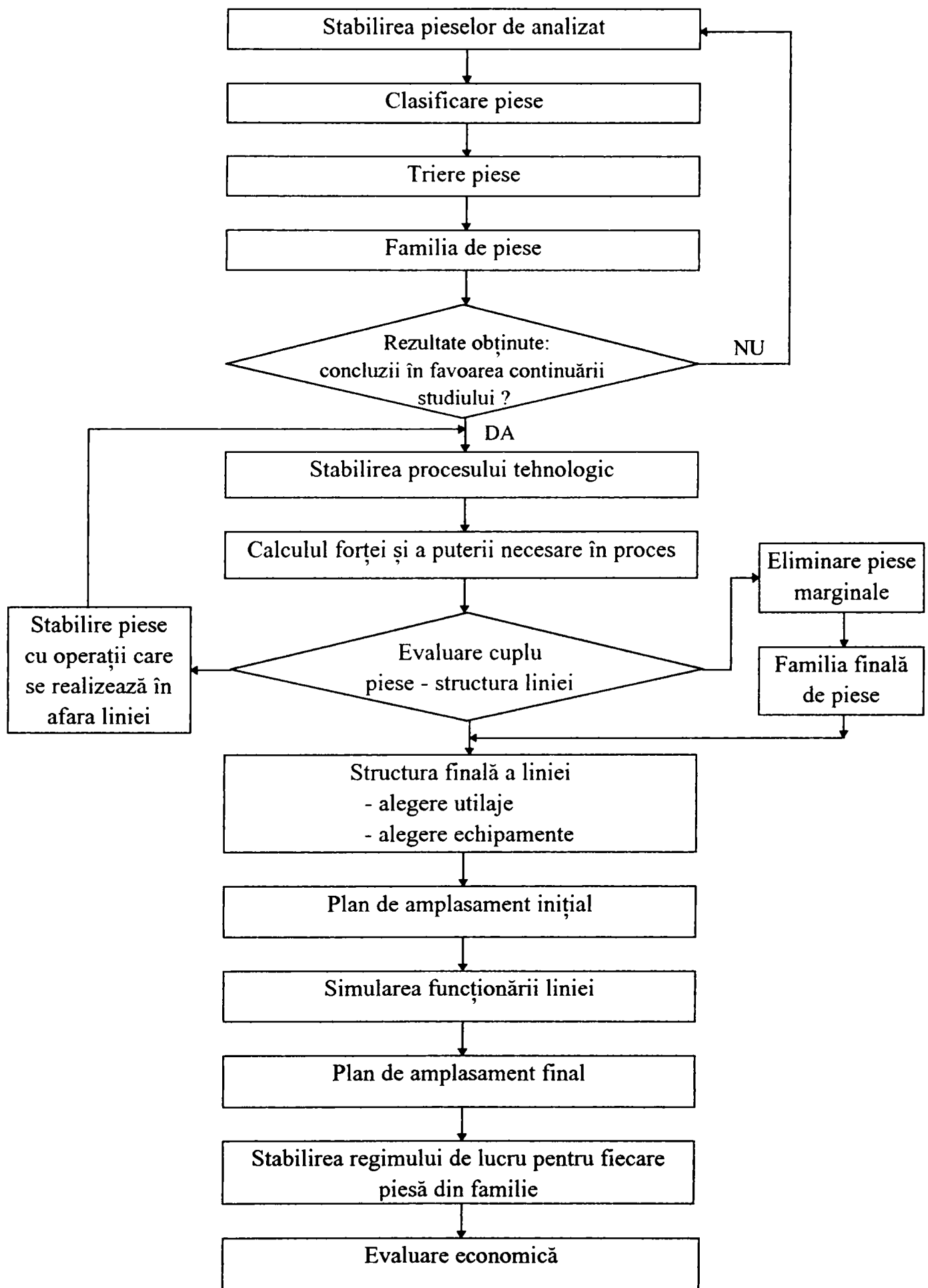


Fig.4.12 Organigramă privind concepția unei linii automate flexibile de ștanțare-matrițare

Odată stabilite piesele care fac obiectul studiului privind transpunerea fabricației pe o linie automată flexibilă de ștanțare-matrițare (fig.4.12), se impune clasificarea acestora plecând de la o serie de criterii cum ar fi:

- dimensiunea semifabricatului/pieseii
- complexitatea de formă
- volum anual de fabricație
- mărimea loturilor, etc.,

urmată de o primă triere (în funcție de obiectivul urmărit) și de constituire a familiei de piese. Pentru fiecare piesă din familie se stabilește procesul tehnologic în conformitate cu cele prezentate la cap.4.2.2, rezultând în final numărul de posturi de presare necesare pentru fiecare piesă. În continuare, pe baza procesului tehnologic stabilit, se va calcula forța și puterea necesară pentru realizarea piesei, pe fiecare post de presare.

Având deja toate datele necesare se trece la stabilirea *structurii liniei* prin prisma numărului n de posturi de presare și a preselor care vor intra în compunerea liniei. În vederea realizării acestui lucru, ținând cont de *limitele de flexibilitate alese*, în ceea ce privește numărul de posturi de presare și de încărcarea maximă din fiecare post, se vor elimina piesele așa zise marginale, fie ca urmare a procesului tehnologic prea lung (sau prea scurt), fie ca urmare a forțelor sau puterii necesare în proces mai mari decât cele admise de prese, stabilind astfel familia finală de piese realizabile pe linie. Tot în această etapă se vor stabili piesele care se vor realiza parțial pe linie, urmând ca anumite operații să se realizeze în afara ei. Piesele a căror proces tehnologic este mai scurt (număr de posturi de presare necesar $k < n$) decât procesul tehnologic aferent piesei cele mai complexe din familie, vor putea fi realizate pe linie ca urmare a posibilității fracționării acesteia. În acest caz se va acționa doar asupra sistemului de comandă electrică a liniei, realizând desprinderea ultimelor $n-k$ prese de primele k prese, permițându-se utilizarea acestora fie ca și o a doua linie (adecvată prelucrării automate a unei piese care necesită $n-k$ posturi), fie ca și prese individuale.

Odată stabilit numărul și tipul preselor care compun linia, se trece la alegerea echipamentelor necesare care compun linia (dispozitive de avans, sisteme de fixare rapidă scule, sistem privind transportul sculelor de la magazie la prese, sisteme de comandă și control, etc.) în funcție de gradul de automatizare dorit, urmată de stabilirea planului de amplasament inițial. În ceea ce privește modul de amplasare al preselor, acestea vor putea fi amplasate:

- frontal, caz în care semifabricatul continuu se deplasează, de la o presă la alta, prin ferestrele (deschiderile) laterale ale batiului acestora (fig. 4.13a);
- succesiv, când semifabricatul continuu urmează a se deplasa prin deschiderile din față și spate ale presei (fig. 4.13b);

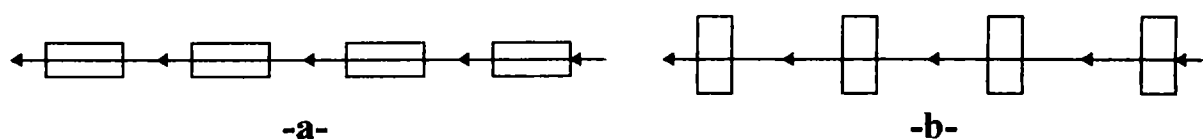


Fig.4.13 Mod de amplasare a preselor

După stabilirea planului de amplasament inițial (distanțe dintre utilaje, adâncime maximă a buclelor de acumulare) se trece la simularea funcționării liniei pe baza celor prezentate la cap.4.2.5 (cu ajutorul programului de calculator conceput în acest scop) stabilind astfel, pe baza indicilor de funcționare a utilajelor din cadrul liniei, planul de amplasament final, respectiv regimul de lucru al liniei pentru fiecare piesă în parte. În final se poate face o evaluare economică legată de investiția realizată și de beneficiile care se obțin prin transpunerea fabricației pe linia automată flexibilă de ștanțare-matrițare.

4.4 Măsuri privind îmbunătățirea operației de reglare a liniei

Prelucrările de presare la rece sunt caracterizate în general prin timpi de bază foarte mici în schimb timpii auxiliari și de pregătire-încheiere sunt mari. Micșorarea acestora devine *obiectiv de primă importanță* în acțiunile de trecere de la fabricația unui produs la altul, în condiții de eficiență tehnico-economică ridicată. Trecerea de la un tip de produs la altul presupune oprirea liniei și reglarea acesteia. În cazul în care utilajele care compun linia nu dispun de posibilități de reglare automată, timpul necesar ca urmare a reglării manuale a liniei este ridicat. În condițiile unei fabricații diversificate, ponderea timpului datorat reglajelor asupra timpului de realizare a unui produs va avea o influență semnificativă. În aceste condiții se poate spune că *reglajul este elementul critic în ceea ce privește schimbarea fabricației*. Cu cât timpul de reglare va fi mai scurt, producția pe linie se va putea organiza, în condiții de eficiență, în loturi din ce în ce mai mici. Pentru a reduce acest timp se impun o serie de măsuri cu caracter tehnic și organizatoric. Realizarea acestui lucru se poate face aplicând principiile care stau la baza *metodei S.M.E.D.*¹ [60],[61]. Primul pas care se face în realizarea acestui demers constă în împărțirea operațiilor de reglare în două categorii:

- *reglaje interne* (ex: montarea și demontarea sculei) care nu pot fi executate decât dacă presa (linia) este oprită;
- *reglaje externe* (ex: transportul sculei după utilizare la locul de depozitare, sau aducerea unor scule noi la prese) care pot fi efectuate când linia funcționează.

În acest caz, procedura de îmbunătățire a operației de reglare a liniei constă în trei stadii prezentate în fig.4.14. În cazul fabricației tradiționale, de cele mai multe nu se face o distincție clară între reglajele interne și externe, acestea fiind amestecate. În cele mai multe cazuri poate apărea o risipă mare de timp datorată unor factori de ordin organizatoric. De exemplu, sculele și accesoriile necesare sunt aduse la prese după ce reglajul intern a fost început (presa este oprită în vederea reglării), sau se constată că acestea nu sunt corespunzătoare (sculă uzată, elemente de fixare necorespunzătoare, etc). Sculele care au fost demontate sunt transportate spre magazia de scule în timp ce prelele sunt în continuare oprite. Pentru a putea programa aplicația SMED trebuie studiate în detaliu condițiile *reale* din atelier.

¹ Single Minute Exchange Die = schimbarea sculei într-un număr de minute compus dintr-o singură cifră.

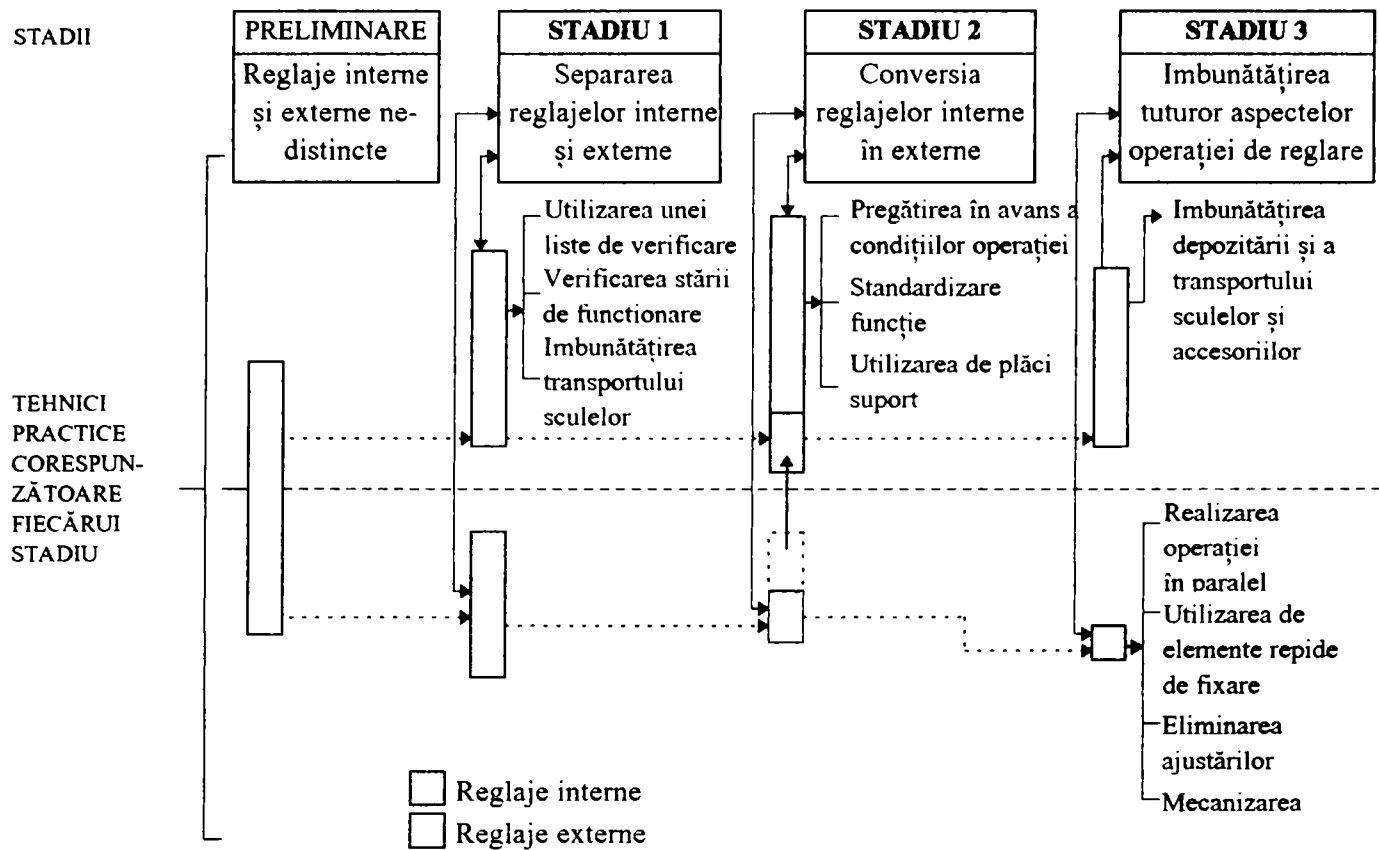


Fig.4.14 Stadii privind îmbunătățirea reglajelor utilizând metoda S.M.E.D.

STADIUL 1: Separarea reglajelor interne de cele externe

Pasul cel mai important spre aplicația SMED este de a separa reglajele interne de cele externe. În continuare se prezintă câteva tehnici a căror eficiență constă în a ne asigura că operațiile care pot fi realizate în reglaj extern sunt *într-adevăr* efectuate în timp ce linia funcționează.

a) *Utilizarea unei liste de verificare* pentru fiecare utilaj în parte. Această listă va cuprinde numele piesei care se va prelucra, codul sculei, o listă de accesorii necesare pentru montarea și demontarea sculei, modul de montare a sculei, parametri de reglaj, etc. Având toate aceste date, dintr-o singură privire, operatorul va ști de ce are nevoie pentru efectuarea reglajului și dacă lipsește un anumit component. Lista de verificare ne spune dacă toate elementele sunt aduse la presă, sau locul unde se pot găsi, dar nu ne spune dacă sunt în perfectă stare de funcționare.

b) *Verificarea stării de funcționare*

Aceasta presupune verificarea dacă fiecare component este în stare de funcționare. Este foarte important ca remedierea unor defecțiuni a unor componente să se facă *înaintea* începerii reglajului intern.

c) *Îmbunătățirea transportului sculelor*

Sculele trebuie extrase din magazia de scule și transportate la prese, apoi aduse din nou la magazie la terminarea lotului. Aceasta trebuie să se facă în reglaj extern fie de către

operator în timpul funcționării liniei, fie de către un alt operator însărcinat cu transportul. Aceasta presupune:

- plasarea noii scule lângă presă înainte de oprirea acesteia;
- demontarea vechii scule, extragerea de pe masa presei și așezarea pe un cărucior lângă presă;
- introducerea noii scule pe masa presei;
- transportarea vechii scule la magazie după ce reglajul a fost terminat și presa a fost pusă în funcțiune.

STADIUL 2: Convertirea reglajelor interne în reglaje externe

a) Pregătirea în avans a condițiilor operației

Un exemplu în acest caz îl constituie alimentarea liniei cu semifabricat. Pentru a reduce la minim timpul de montare a ruloului, acesta trebuie adus și așezat lângă derulor, pe un cărucior de încărcare. În momentul în care s-a terminat un lot se extrage ruloul vechi și se montează ruloul nou. Ca și soluție tehnică de convertire a reglajului intern în reglaj extern o constituie derulorul dublu. În acest caz cel de-al doilea rulou de bandă se poate monta pe mandrina liberă în timp ce cealaltă mandrină lucrează [90]. La schimbarea ruloului este necesară introducerea și poziționarea, în fiecare sculă și dispozitiv din cadrul liniei, a capătului de bandă. Această operație se realizează manual, fiind destul de dificilă. În cazul în care s-a terminat ruloul de bandă, dar procesul continuă pe linie, se recomandă fixarea noii benzi de capătul precedentei. Aceasta elimină cerința de poziționare manuală (în reglaj intern) la fiecare schimbare a ruloului reducând considerabil timpul de reglaj intern.

b) Standardizare funcție

Se poate constata din ce în ce mai mult că este evidentă cerința unei standardizări a operațiilor de reglare. Un mod de a rezolva acest lucru constă în standardizarea mărimii și dimensiunilor sculelor și a accesoriilor necesare, dar această metodă numită *standardizare de formă* este costisitoare [60]. De cealaltă parte, *standardizarea funcției* unifică numai părțile a căror funcții sunt necesare în raport cu operațiile de reglare. Toate funcțiile individuale sunt analizate una câte una. Ansamblul de operații poate fi împărțit în elemente de bază cum ar fi de exemplu fixarea, centrarea etc. În continuare trebuie selectate operațiile care au nevoie de a fi standardizate. Se va face totodată o distincție clară între elementele care pot fi standardizate și cele care necesită modificări de reglare.

În procedura de reglare a unei prese, reglarea poziției cursei berbecului este aspectul cel mai critic și cel mai exigent al reglajului presei, reclamând un grad ridicat de precizie. În cazul operațiilor de ștanțare, o mică eroare poate fi acceptată. În cazul operațiilor de matrițare (ambutisare, îndoire etc.) reglarea unei poziții prea sus a berbecului conduce la obținerea unor piese imperfecte, iar reglarea prea jos poate conduce la deteriorarea sau chiar distrugerea sculei. Toate problemele de reglare a cursei

pot fi rezolvate prin *standardizarea înălțimii sculei* (fig.4.15) [77]. În acest caz, înălțimea diferitelor scule va trebui să fie identică, în funcție de gabaritul preseii considerate. Când înălțimile sculelor sunt standardizate, odată cursa preseii reglată, nu mai este necesar de a face noi reglaje. Aceasta va conduce la eliminarea operațiilor oboseitoare și exigente, iar timpul de reglare va fi redus de manieră substanțială. O anumită problemă apare când scula este reascuțită. În acest caz pentru a menține scula la înălțimea inițială trebuie utilizate adaosuri mai înalte, funcție de cât s-a îndepărtat la rectificare.

În cazul în care și *înălțimea de fixare a sculelor este standardizată*, fixarea acestora se poate realiza cu aceleași elemente de fixare (ex: șuruburi și bride), ceea ce conduce la:

- reducerea substanțială a timpului de reglare;
- elimină căutarea de șuruburi și adaosuri de o anumită înălțime pentru așezarea bridelor;
- elimină cerința de a ajusta înălțimea șuruburilor și a adaosurilor.

Pentru realizarea acestui lucru se pot folosi adaosuri de o anumită înălțime astfel încât înălțimea H a sculelor să fie aceeași, respectiv înălțimea de fixare a acestora h să se păstreze constantă.

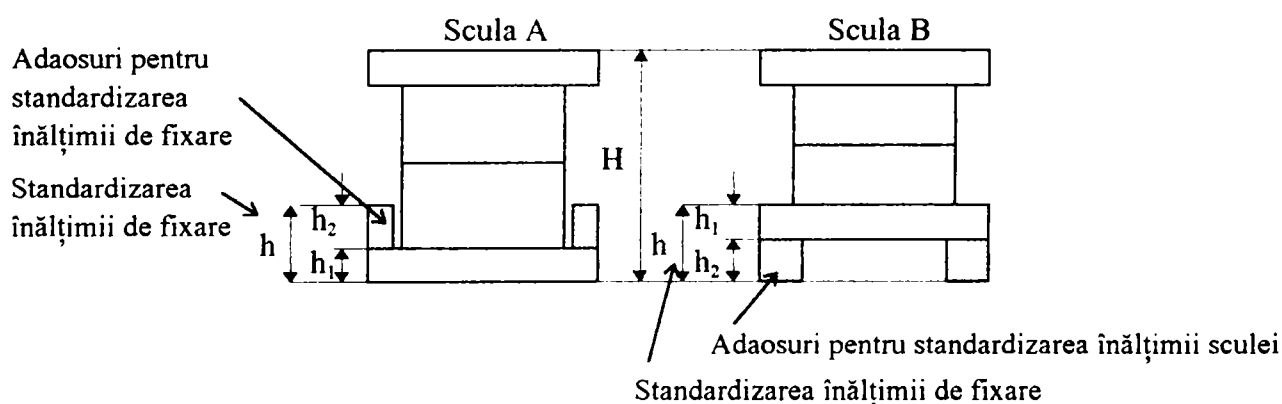


Fig.4.15 Standardizarea înălțimii sculei și a elementelor de fixare

O altă problemă care apare la montarea sculei constă în *centrarea* acesteia pe masa preseii, respectiv alinierea cepului sculei cu orificiul din berbecul preseii. Acest lucru se poate rezolva simplu prin fixarea pe masa preseii a unor elemente de poziționare-centrare, un exemplu fiind prezentat în fig.4.16. Realizarea unei cote K de la axa cepului (centrului

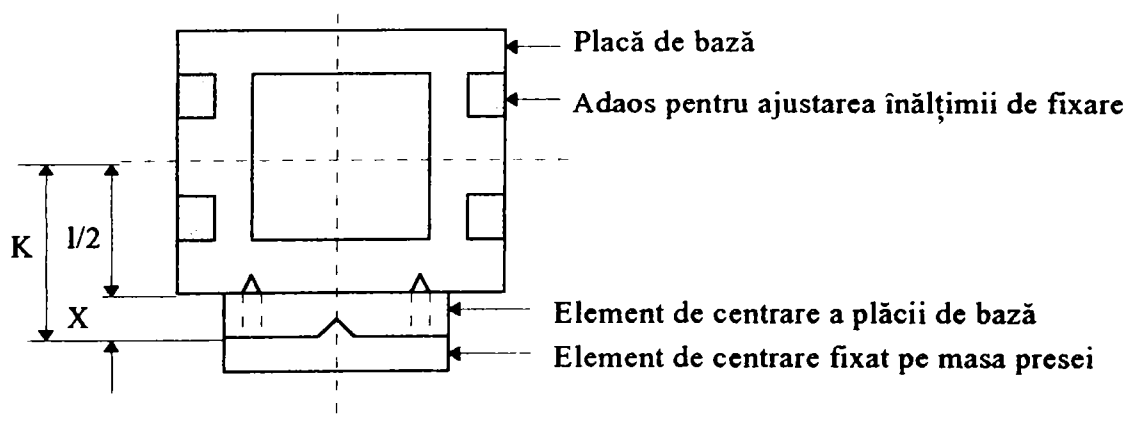


Fig.4.16 Centrarea sculei pe masa preseii

de presiune) și a orificiului din berbec, la marginea elementului de centrare fixat pe masa presei se face prin introducerea unui element de centrare de lățime X corespunzătoare fiecărei scule. Utilizarea acestei modalități de centrare poate duce la eliminarea cepului, dar în acest caz se impune o altă modalitate de fixare a subansamblului superior pe berbec.

c) Utilizarea de plăci suport

O altă posibilitate de transformare a reglajelor interne în reglaje externe constă în utilizarea unor plăci suport. Pe aceste plăci suport de lungime, lățime și grosime constantă se va monta și fixa scula pe bancul de reglaj (în reglaj extern), urmând ca tot pachetul să fie introdus apoi pe masa presei. Centrarea și fixarea acestuia se va realiza foarte rapid ținând cont de cele prezentate mai sus.

STADIUL 3: Îmbunătățirea tuturor aspectelor operațiilor de reglare

După parcurgerea stadiilor 1 și 2 se poate trece la îmbunătățirea generală a fiecărei operații elementare de reglare. Aceste stadii nu trebuiesc obligatoriu tratate unul după celălalt, ele pot fi tratate și simultan.

a) Îmbunătățirea radicală a operațiilor externe

Se referă în general la îmbunătățiri privind depozitarea și transportul pieselor, semifabricatelor, sculelor și diverselor accesorii. În ceea ce privește depozitarea sculelor, se pot utiliza magazine de scule automate cu cuiburi, aliniat după orizontală și verticală. În fiecare cuib (cu poziție și coordonate definite) va fi depozitată o anumită sculă, care va avea o poziție bine definită față de cuib. Scula poate fi preluată din magazie cu ajutorul unui manipulator și va fi depusă pe un cărucior elevator [124] care o va transporta la presă. Utilizarea căruciorului elevator este recomandată în cazul în care linia este compusă din prese a căror mese au înălțimi diferite. Pentru a reduce durata schimbării sculei se recomandă utilizarea unui cărucior cu două poziții. Acesta se va opri în fața presei în dreptul poziției libere pentru a extrage scula de pe masa presei, după care se deplasează puțin pentru ca scula nouă așezată în cea de a doua poziție să fie introdusă pe masa presei.

b) Îmbunătățirea reglajelor interne

1. Realizarea operației în paralel

O primă modalitate de reducere a timpului de reglaj intern constă în realizarea operației de reglare în paralel de mai mulți operatori. Această situație apare în general la reglarea preselor mari unde se lucrează atât în fața presei cât și în spate. Utilizarea unui singur operator în acest caz ar duce la creșterea timpului de reglaj ca urmare a necesității

deplasării acestuia în jurul presei. În cazul reglării în paralel trebuie luate în plus măsuri de securitate a operatorilor, fiecare operator trebuind să semnaleze celorlalți operatori când a terminat o operație.

2. Utilizarea de elemente rapide de fixare

Metoda fixării sculei cu șuruburi și bride nu este valabilă decât în cazul standardizării înălțimii de fixare a sculei. În acest caz fixarea se poate face rapid prin strângerea piuliței ca urmare a efectuării unei rotații complete. La defixarea sculei piulița se deșurubează tot cu un tur pentru a reduce la minim timpul de fixare/defixare. Dar fixarea poate fi realizată și cu alte mijloace nu numai cu șuruburi. Este foarte important de a analiza funcțiile de bază și de a găsi metoda de fixare cea mai puțin costisitoare și cea mai comodă.

3. Eliminarea ajustărilor

Eliminarea ajustărilor (modificarea valorii reglajului) semnifică efectiv *eliminarea* acestora și nu o reducere a timpului care le este alocat. Cea mai mare dificultate a operației de reglare constă în *ajustarea* corectă a echipamentului. În cazul în care reglajele sunt făcute de manieră intuitivă, întotdeauna este necesară efectuarea unor încercări și apoi corectarea (ajustarea) reglajului. Frecvența și mărimea seriei de încercări și de ajustări depinde în general de abilitatea reglorului. Trebuie specificat faptul că aceste ajustări nu constituie o operație independentă, pentru a le elimina trebuie să facem un pas în urmă și să îmbunătățim primele stadii (etape) ale reglajului intern, de așa natură încât acesta să nu mai depindă pe cât posibil de abilitatea reglorului. Este foarte important ca reglajul să fie realizat precis chiar din primul moment, caz în care nu mai este necesară efectuarea de încercări. O posibilitate de a ne debarasa de ajustări este de a proceda la măsurări precise folosind scale gradate, aparate de măsură, sau chiar calibre atunci când reglajele trebuie efectuate la anumite valori fixe.

4. Mecanizarea

Se poate apela la mecanizare numai după ce s-a încercat totul pentru îmbunătățirea reglajelor cu metodele descrise mai sus. Este de evitat utilizarea mecanizării de la început. Acest lucru poate fi argumentat prin faptul că a mecaniza o operație de reglare ineficace va duce la reduceri de timp, dar se face puțin pentru a remedia defectele de bază a unui proces de reglare prost conceput. *Este mult mai eficient să mecanizăm reglajele care au fost mai întâi raționalizate (îmbunătățite).*

Mecanizarea poate fi aplicată în cazul manipulării sculelor (în special a sculelor grele) prin utilizarea unor cărucioare elevatoare, conveioare cu role, căi de rulare (acționate pneumatic sau hidraulic) introduse în canalele T din masa presei, cât și legat de fixarea/defixarea rapidă a sculelor utilizând elemente de fixare/defixare acționate hidraulic sau pneumatic. O altă problemă privind mecanizarea se referă la posibilitatea

reglării automate a mărimii și poziției cursei berbecului prin unele modificări constructive aduse presei.

În final se poate **concluziona** că, aplicarea **metodei S.M.E.D** în cadrul liniilor automate flexibile de ștanțare-matrițare oferă calea spre o producție diversificată realizată în loturi mici, la nivel de stocuri minime, permițând astfel trecerea rapidă în vederea realizării unui alt produs. În acest caz, timpii de producție pot fi reduși în mod considerabil chiar dacă numărul de reglaje crește, deoarece *scade considerabil timpul de efectuare a unui reglaj*.

STUDIUL CELULEI DE BAZĂ

Celula de bază (numită și elementară) este cea mai mică unitate flexibilă fiind compusă în general dintr-o mașină multi-operatorie și un sistem de încărcare/depozitare care asigură autonomia de funcționare dorită [6]. În cadrul liniilor automate flexibile de ștanțare-matrițare, celula de bază este constituită din:

- presa de uz general;
- dispozitivul de avans (care realizează funcția de alimentare, transfer, orientare, evacuare obiect de lucru), asigurând astfel autonomia dorită a presei;
- scula și accesoriile pentru schimbare rapidă;
- soluții constructive privind evacuarea pieselor și deșeurilor; așezarea ordonată a pieselor;
- echipament de comandă și control.

5.1 Exploatarea presei în regim automat

Din punct de vedere al modului de funcționare a unei prese, aceasta poate să funcționeze în *regim de lovituri singulare* și în *regim de lovituri repetate*. La exploatarea presei în regim automat este de dorit ca aceasta să funcționeze la capacitatea productivă nominală, care este egală cu numărul de curse duble pe minut ale presei (n) realizabil în

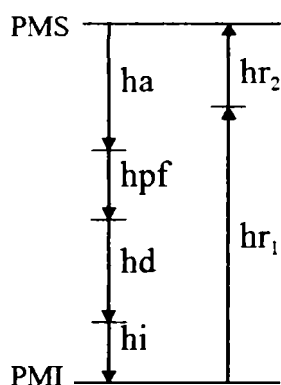


Fig.5.1 Divizare cursă berbec

regim de lovituri repetate. Pentru a putea fi exploatată în regim de lovituri repetate trebuie ca dispozitivul de avans să dispună de un număr de curse duble pe minut cel puțin egal cu cel al presei. În cazul în care acesta este mai mic decât numărul de curse duble pe minut al presei, aceasta va fi exploatată în regim de lovituri singulare, situație în care se reduce capacitatea productivă la o valoare mai mică decât cea nominală.

Variația capacității productive este funcție de durata ciclului de mișcări pe care-l realizează instalația de presare. În acest caz trebuie să se aibă în vedere durata acțiunii de alimentare t_{al} cu semifabricat și de evacuare t_{ev} a piesei executate, respectiv a deșeurilor, din scula montată pe presă, cât și durata unei curse duble a berbecului presei [46]. Acțiunile de alimentare și evacuare trebuie corelate cu mișcarea berbecului presei, respectiv cu cea a subansamblului superior al sculei. Realizarea acestui lucru presupune divizarea spațiului corespunzător unei curse duble a berbecului (fig.5.1) după cum urmează:

- cursa de coborâre:
 \Rightarrow **ha** - spațiul de apropiere față de semifabricat, adică spațiul cuprins între punctul mort superior (PMS) și nivelul cel mai de jos a culisoului presei pentru care mai este posibilă introducerea semifabricatului în sculă;

⇒ **h_{pf}** - spațiul de pătrundere-fixare semifabricat, adică porțiunea de cursă din continuarea spațiului ha și până în momentul în care începe acțiunea de deformare a semifabricatului. În anumite situații concrete de ștanțare-matrițare, înălțimea acestui spațiu poate varia între zero și o anumită valoare dată de construcția sculei.

⇒ **hd** - spațiul corespunzător acțiunii de deformare a semifabricatului;

⇒ **hi** - spațiul de împingere a piesei sau deșeurii.

• cursa de ridicare:

⇒ **hr₁**- spațiul necesar revenirii berbecului presei de la punctul mort inferior (PMI) până într-un punct de la care apare posibilitatea nestânjenită a introducerii unui nou semifabricat, respectiv a evacuării piesei sau deșeurii obținut (la scoaterea inversă a acestora);

⇒ **hr₂**- spațiul reprezentând porțiunea de cursă din continuarea spațiului hr₁ până la PMS.

Aceste spații sunt ilustrate și în fig.5.2 unde s-a luat ca și exemplu cazul ștanțării. Ținând cont de faptul că în cadrul liniei se prelucrează semifabricat continuu, cele două acțiuni de alimentare cu semifabricat și evacuare piesă se suprapun, realizându-se simultan. Deșeurile vor fi evacuate prin cădere prin orificiul din masa presei. Din cele prezentate

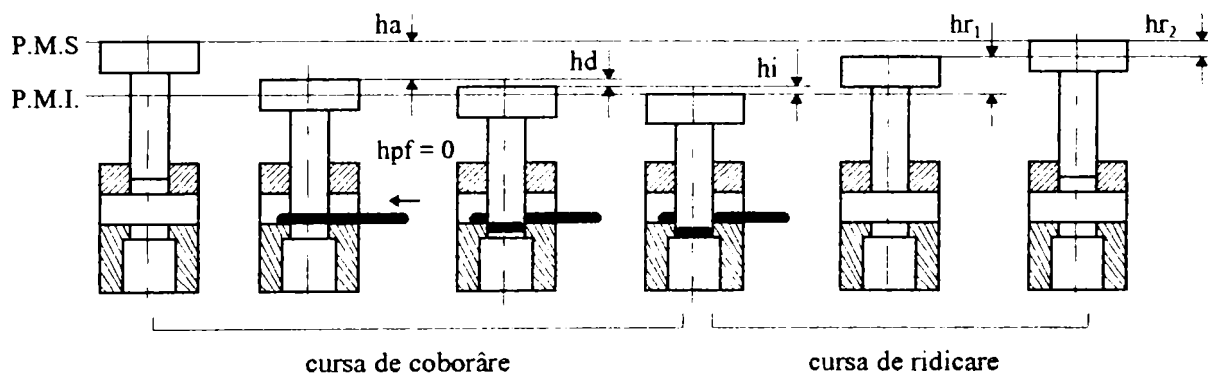


Fig.5.2 Divizarea cursei berbecului în cazul ștanțării

mai sus se observă că *alimentarea cu semifabricat este posibilă doar când berbecul presei se găsește în interiorul spațiilor definite de ha și hr₂*. Notând timpii corespunzători parcurgerii acestor spații cu t_{ha} și t_{hr2} rezultă ca și condiție pentru ca presa să poată funcționa în **regim de lovituri repetate** ca:

$$t_{al} < t_{ha} + t_{hr2} \quad (5.1)$$

În funcție de durata acțiunii de alimentare dată de către dispozitivul de avans pot apărea următoarele situații:

1. $t_{al} < t_{ha}$ - alimentarea cu semifabricat se poate realiza folosind dispozitive de avans având *mișcarea sincronizată* cu cea a berbecului presei și care pot fi acționate pe orice cale (pneumatic, electric, etc.). În acest caz există posibilitatea obținerii unui semnal de oprire automată a presei (înainte ca berbecul să atingă PMS) în cazul unei întârzieri accidentale.

2. $t_{ha} < t_{al} < t_{ha} + t_{hr2}$ - în acest caz dispozitivul de avans trebuie să fie *acționat de către berbec* (arborele presei) printr-o *legătură rigidă*. Se exclude astfel posibilitatea atacului unui semifabricat încă neintrodus în locașul său din sculă.

În situația în care

$$t_{al} > t_{ha} + t_{hr2} \quad (5.2)$$

presa va trebui să lucreze în **regim de lovituri singulare**, impunându-se o *staționare* a berbecului la PMS pe o durată:

$$t_{st} > t_{al} - (t_{ha} + t_{hr2}) \quad (5.3)$$

În acest caz timpul dintre două lovituri consecutive ale berbecului presei va fi:

$$t_1 = \frac{1}{n} \cdot q + t_{st} \quad (5.4)$$

unde $q = 1.05 \dots 1.45$ reprezintă coeficientul de majorare a timpului unei curse duble în funcție de tipul cuplajului cu care este prevăzută presa [52].

Capacitatea productivă efectivă a presei în cazul funcționării în regim de lovituri singulare va fi:

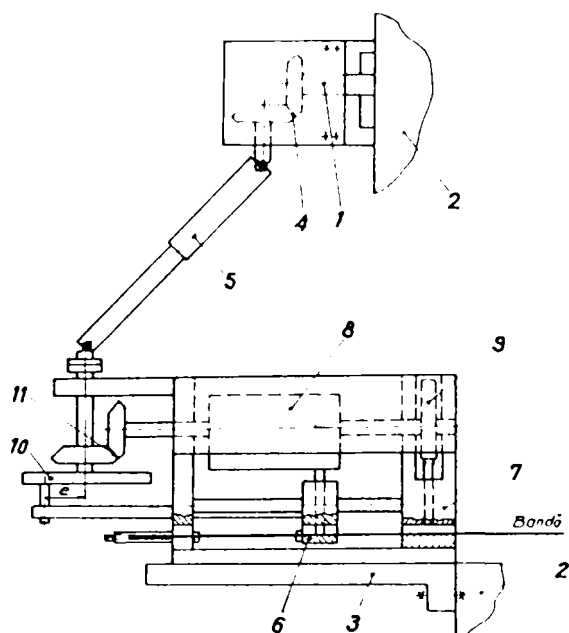
$$C_{pef} = \frac{1}{t_1} = \frac{n}{q + n \cdot t_{st}} \quad (5.5)$$

5.2 Soluții constructive de dispozitive de avans

În practică există mai multe soluții constructive de dispozitive de avans care pot echipa preșele de uz general care intră în componența unei linii automate flexibile de ștanțare-matrițare. Cerințele unui astfel de dispozitiv cât și alegerea sa se face în conformitate cu cele prezentate la cap.4.2.4, respectiv la cap.5.1. În continuare se vor prezenta două soluții constructive de dispozitive de avans realizate în cadrul laboratorului de Presare la rece de la Universitatea “Politehnica” din Timișoara.

5.2.1 Dispozitiv de avans cu clești cu came acționat de arborele principal al presei

Dispozitivul de avans cu clești cu came prezentat în fig.5.3 este montat pe o presă cu excentric PAI 40. Acționarea acestui dispozitiv se realizează în mod direct de la arborele principal 1 al presei 2 prin intermediul unui mecanism de antrenare, dispozitivul de avans fiind așezat pe un suport reglabil 3 fixat pe batiul presei, cu ajutorul căruia se reglează poziția pe orizontală și verticală a dispozitivului față de scula montată pe presă. Mecanismul de antrenare asigură transmiterea sincronă a rotației arborelui principal al presei la dispozitivul de avans bandă, servindu-se în acest scop de un angrenaj conic 4 montat la capătul arborelui principal și o transmisie bicardanică 5 cuprinzând o tijă



- 1- arbore principal
- 2- batiu presă
- 3- suport reglabil
- 4- angrenaj conic
- 5- transmisie bicardanică
- 6- corp de avans (clește mobil)
- 7- corp de fixare-imbilizare (clește fix)
- 8, 9- came spațiale
- 10- sistem de tragere-împingere bandă
- 11- angrenaj conic

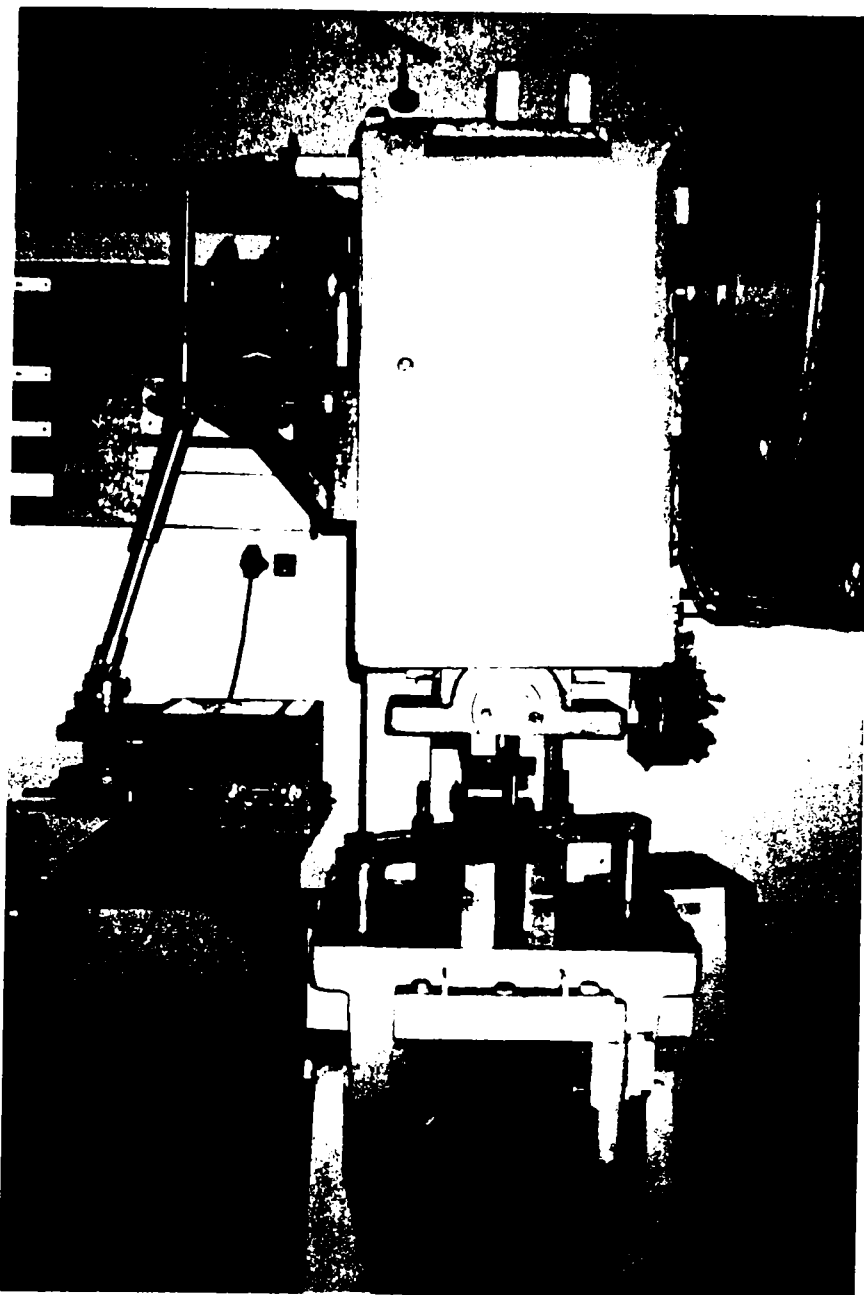


Fig.5.3 Dispozitiv de avans cu clești cu came

telescopică.

Dispozitivul propriu-zis este alcătuit dintr-un corp de avans 6 (cleștele mobil), respectiv un corp de fixare-imbilizare 7 a semifabricatului (cleștele fix). În cadrul fiecărui corp sunt dispuse elemente proprii de fixare a semifabricatului acționate de către camele spațiale 8 și 9. Avansul este realizat prin intermediul sistemului (cu excentric) de tragere/împingere 10 al semifabricatului, fiind asigurată o legătură rigidă între acesta și mișcarea de rotație a celor două came prin intermediul angrenajului conic 11. Consecința acestei acționări este *siguranța fixării corespunzătoare a benzii înainte de începerea avansului acesteia* și realizarea desfășurării fazelor în conformitate cu o ciclogramă de timp impusă.

Dispozitivul este prevăzut cu limitatoare de cursă reglabile în vederea reglării mărimii pasului de avans. Astfel pentru obținerea unui pas p , se reglează distanța dintre limitatoare egală cu p , iar la discul excentric 10 se reglează o excentricitate $2e = p +$

3...5 mm. Acest lucru este posibil deoarece acționarea sistemului de tragere/împingere este elastică, fiind realizată prin intermediul a două arcuri de compresiune, ceea ce:

- conduce la înlăturarea influenței jocurilor din articulații;
- determină forță constantă de contact între elementele de tamponare;
- asigură întârzierea revărsării sistemului de avans la capetele de cursă.

Dispozitivul poate deservi atât scule cu căutători când lucrează cu *dublă eliberare* la sfârșitul cursei de avans, cât și fără când lucrează cu *dublă blocare* la ambele capete ale cursei, trecerea de la un tip de sculă la altul se face prin schimbarea camelor 8 și 9. Proiectarea camelor pentru cele două cazuri a fost prezentată în detaliu în [46], în anexa 3 fiind prezentată o vedere asupra profilului și a modului de acțiune a acestora. Caracteristicile tehnice ale dispozitivului sunt prezentate în tabelul 5.1.

Tabelul 5.1 Caracteristici tehnice ale dispozitivului

Pasul de avans	0..120 mm
Lățimea minimă/maximă a benzii	0...150 mm
Grosimea maximă a benzii	2,5 mm
Cadența maximă (dată de presă)	80 cd/min

5.2.2 Dispozitiv de avans cu clești cu acționare pneumatică

Acesta face parte din categoria dispozitivelor de precizie, fiind cu acționare proprie, independent de berbecul presei, dar în perfect sincronism cu acesta. Dispozitivul fig.5.4, montat pe presa PAI 6.3, poate fi folosit atât pentru avansul benzilor plate cât și pentru avansul benzilor spațiale [66]. În fig.5.5 se prezintă schema simplificată a dispozitivului. Acesta se compune din corpul 1 pe care este montat cleștele fix 2. Corpul 1 este fixat pe suportul reglabil 3 care permite poziționarea pe orizontală și verticală a dispozitivului față de scula montată pe masa presei 4. Pe corpul 1 este fixat cadrul 5 pe care poate culisa căruciorul 6 care conține cleștele mobil 7. În interiorul corpului 1 se află un cilindru pneumatic cu dublu efect 8 care deplasează căruciorul 6 împreună cu cleștele mobil 7 și a cărui cursă poate fi prestabilită cu ajutorul unor limitatoare de cursă reglabile 9. Acționarea celor doi clești se face pneumatic cu ajutorul unor membrane care închid și deschid alternativ cei doi clești realizând fixarea, respectiv eliberarea benzii 10.

5.2.2.1 Sistemul de acționare

Sistemul de acționare a unui astfel de dispozitiv poate fi pur pneumatic sau electro-pneumatic [16],[43],[91],[119]. În acest caz s-a optat pentru varianta de acționare electro-pneumatică. Situația prezentată în fig.5.6 corespunde retragerii cleștelui mobil spre dreapta (dispozitivul lucrând prin împingere) până la închiderea microlimitatorului

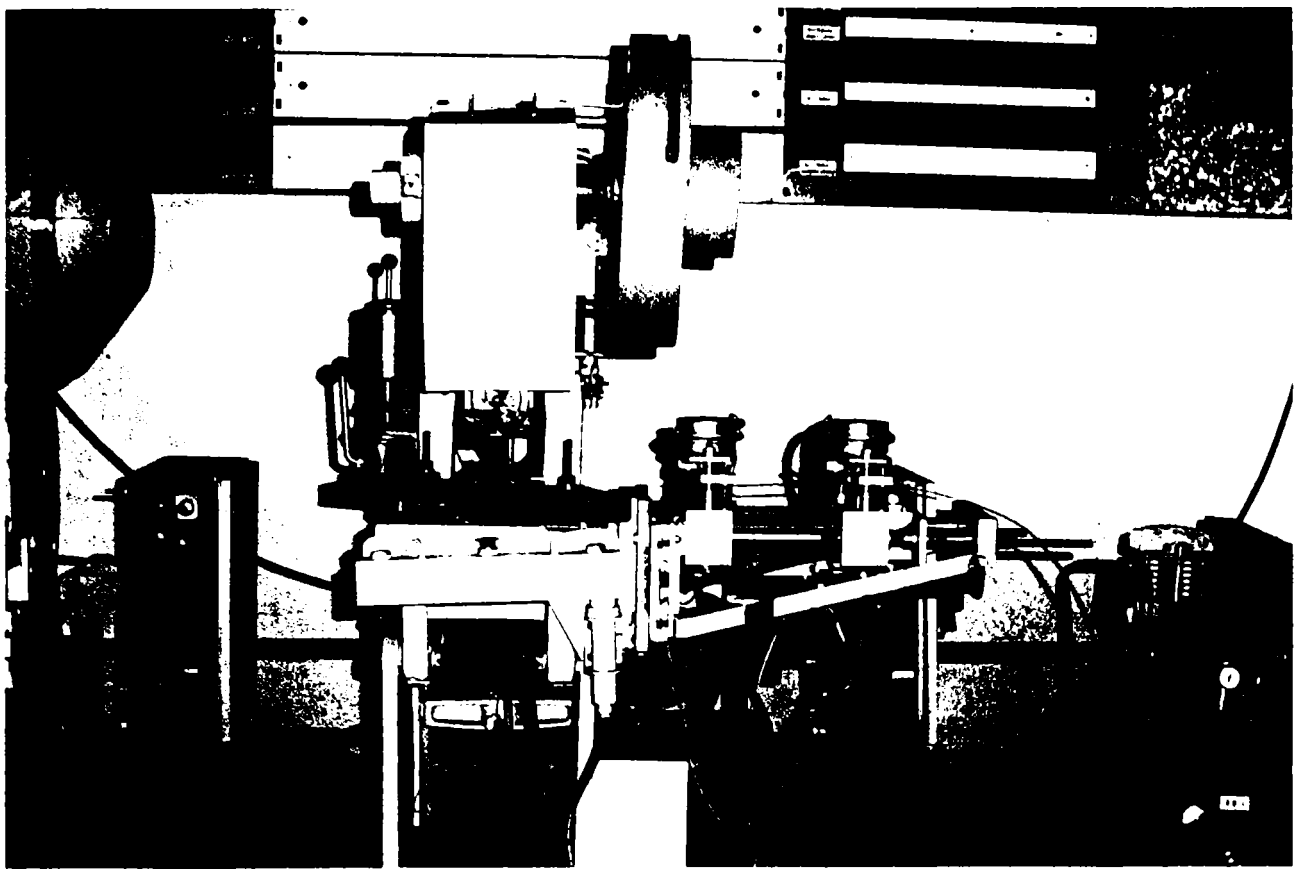


Fig.5.4 Vedere de ansamblu dispozitiv

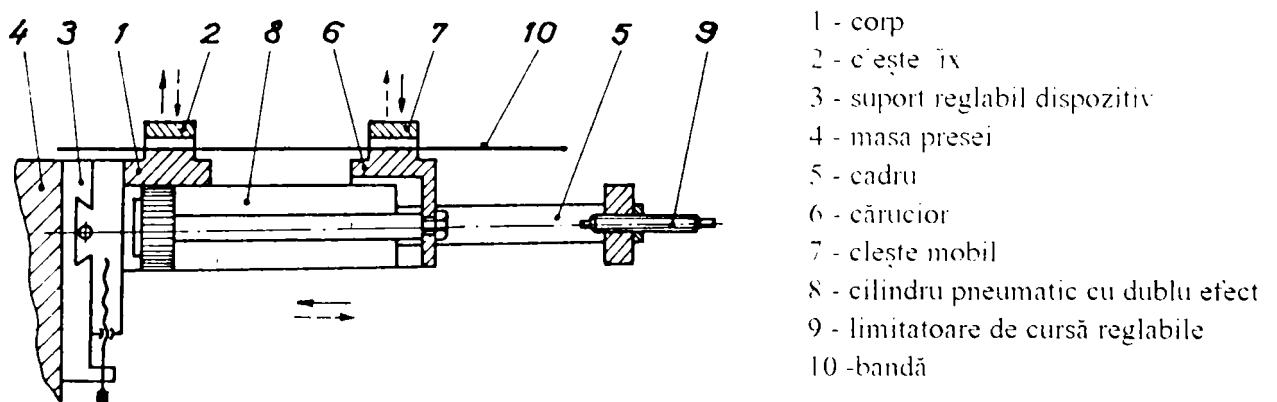
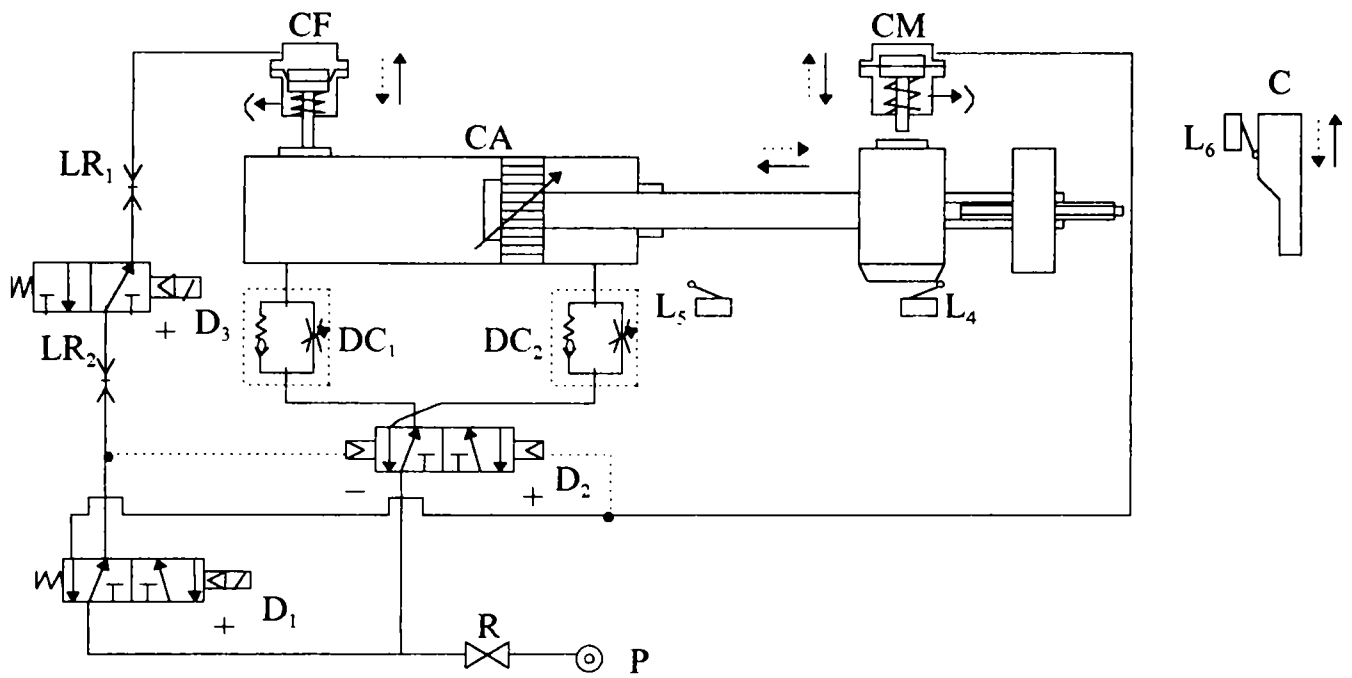
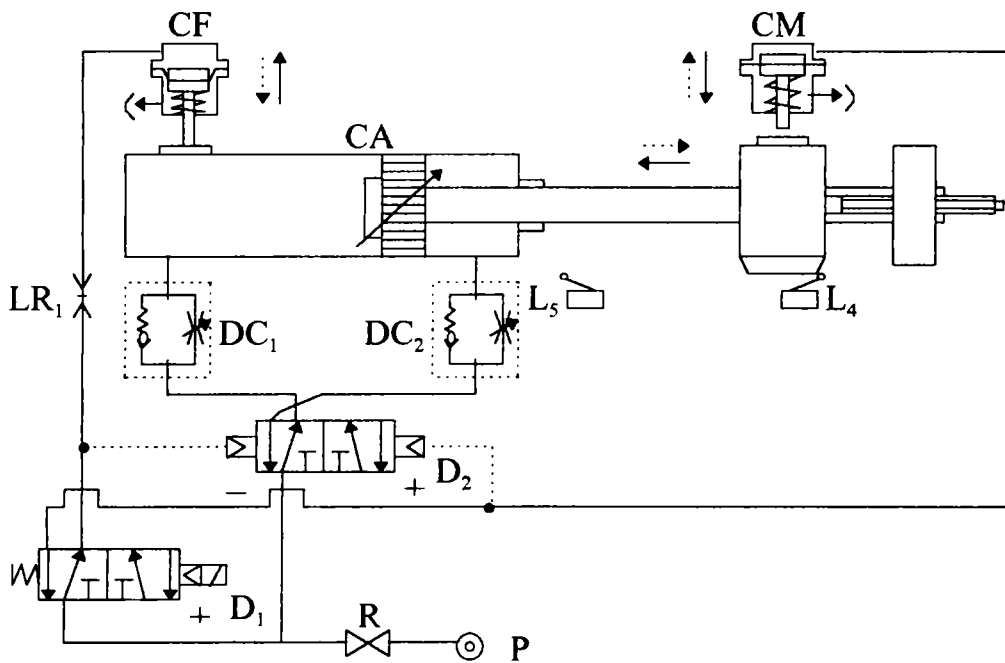


Fig.5.5 Schema simplificată a dispozitivului

L_4 care comandă deplasarea distribuitorului D_1 spre stânga urmată de reversarea mișcării cleștelui mobil. La sfârșitul acțiunii de avans are loc închiderea microlimitatorului L_5 care comandă reversarea mișcării cleștelui mobil (D_1 în poziție normală), respectiv dă un semnal presei în vederea efectuării unei curse duble. Separarea acțiunii de avans/retragere față de cea de închidere/deschidere a cleștilor se realizează cu ajutorul distribuitorului pilotat D_2 . Dispozitivul poate deservi atât scule cu căutători când realizează dubla eliberare, cât și scule fără căutători. Trecerea de la un mod de lucru la altul se face cu ajutorul distribuitorului D_3 cu comandă electrică care poate fi inclus pe circuitul cleștelui fix cu ajutorul celor două perechi de cuple rapide LR_1 - LR_2 . Semnalul de comandă este dat de microlimitatorul fine de cursă L_6 (fig.5.6a), acționat de cama C montată pe berbecul presei. În momentul în care se utilizează o sculă fără căutători (fig.5.6b), are loc *reconfigurarea*



a) cu dublă eliberare, pentru sculă cu căutători



b) fără dublă eliberare, pentru sculă fără căutători

CA-cilindru de avans; CF-clește fix; CM-clește mobil; DC₁, DC₂-drosele de cale; C-camă montată pe berbecul presei; LR₁, LR₂-legături rapide; D₁, D₃-distribuitoare cu comandă electrică; D₂-distribuitoare cu comandă pneumatică; R-robinet; L₄, L₅, L₆-microlimitatoare fine de cursă

Fig.5.6 Schemă de acționare dispozitiv pneumatic

schemei de acționare a dispozitivului prin “scoaterea” din circuit a distribuitorului D₃ și realizarea legăturii cu ajutorul cuplei rapide LR₁.

Reglarea dispozitivului presupune:

- *reglarea mărimii pasului*: se comandă oprirea căruciorului mobil la sfârșitul acțiunii de avans după care se reglează distanța dintre limitatoarele de cursă 9 (fig.5.5).;
- *reglarea vitezei de avans/retragere (cadența dispozitivului)*: se efectuează cu ajutorul a două drosele de cale DC₁, DC₂ montate pe circuitul cilindrului de avans CA;
- *reglarea distanței dintre tampoanele de fixare a benzii*: se face prin înșurubarea acestor tampoane la distanța dorită în funcție de lățimea benzii și de dispunerea orificiilor/denivelărilor pe bandă.

5.2.2.2 Determinarea cadenței dispozitivului

În conformitate cu cele prezentate la cap.5.1, exploatarea în regim automat a unei prese se poate face în două moduri diferite:

- cu folosirea tuturor curselor proiectate, caz în care numărul prelucrărilor (fig.5.7a) executate în unitatea de timp este egal cu numărul curselor duble proiectate ale preseii;
- cu folosirea unui număr mai mic de curse duble decât cel proiectat, dar la intervale de timp egale, de exemplu la două curse duble (fig.5.7b).

Pentru a putea stabili modul de funcționare a preseii pe care este montat dispozitivul se impune determinarea numărului de curse duble pe minut pe care le

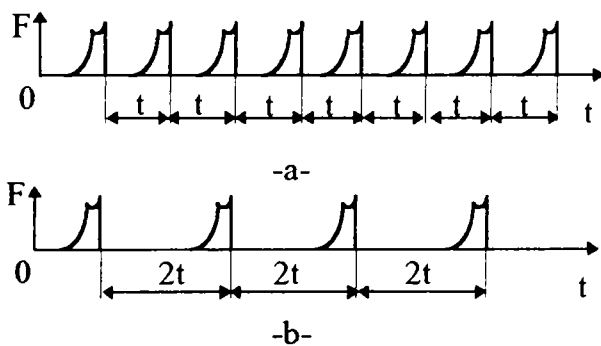


Fig.5.7 Regim de exploatare automată a preseii

încât rezultatele să poată fi prelucrate statistic prin metoda suprafețelor de răspuns [18],[36],[63],[83].

Prelucrarea automată a rezultatelor măsurate pentru cadență a permis stabilirea coeficienților de regresie, respectiv a următoarei relații de calcul:

$$C = 76.0295 - 0.343855 P + 11.4179 p - 0.295034 G - 0.0861111 P \cdot p + 0.00109428 P \cdot G + 0.0340909 p \cdot G \quad (5.6)$$

Analizând diagrama Pareto din fig.5.8 se observă că toți parametrii luați în considerare influențează în mod semnificativ valoarea cadenței de lucru. Ponderea cea mai mare o are pasul de lucru, creșterea acestuia conducând la o scădere semnificativă a cadenței. Cel de-al doilea factor este presiunea care are o influență direct proporțională, creșterea acesteia conducând la creșterea cadenței. Greutatea benzii are o influență invers proporțională, de valoare mică. Interacțiunile de ordin doi sunt relativ mici.

Tabelul 5.2 Matricea program pentru determinarea cadenței dispozitivului

Nr. exp	Conținutul experimentului						Răspuns măsurat
	Codificat			Valori naturale			Cadența C [cd/min]
	x ₁	x ₂	x ₃	Pas P [mm]	Presiune p [bar]	Greutate G [N]	
1	0	0	0	55	5	35	93
2	-1	-1	+1	10	4	68	100
3	+1	+1	-1	100	6	2	60
4	+1	-1	-1	100	4	2	50
5	+1	-1	+1	100	4	68	48
6	0	0	0	55	5	35	93
7	-1	-1	-1	10	4	2	114
8	+1	+1	+1	100	6	68	58
9	-1	+1	+1	10	6	68	120
10	-1	+1	-1	10	6	2	135
11	0	0	0	55	5	35	93

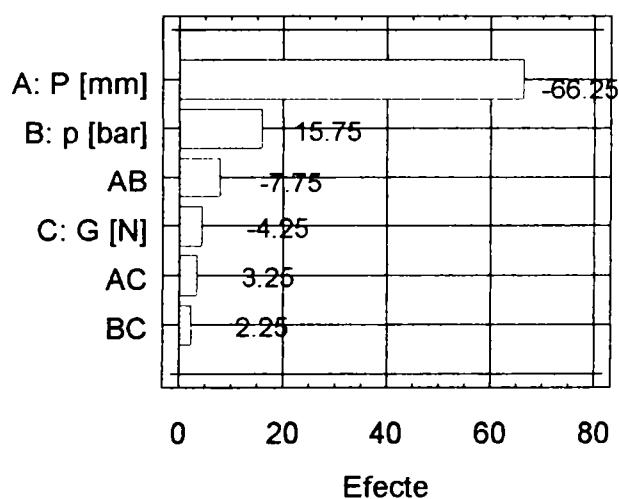


Fig.5.8 Diagrama Pareto pentru cadență

În fig.5.9 s-a reprezentat dependența $C = f(P, p, G)$ atât în spațiu tridimensional, cât și în plan, prin secționarea convenabilă a acestor suprafețe. Reprezentarea grafică în spațiu tridimensional permite o apreciere calitativă a modului în care fiecare parametru influențează funcția scop. Secțiunile realizate convenabil prin aceste suprafețe permit obținerea unor grafice utilizabile în condiții practice.

Având în vedere datele din tabelul 5.2, se constată că numărul de curse duble pe minut realizate de dispozitiv este mai mic decât cel al

presei, rezultând un grad de utilizare de 40...85% din totalul curselor presei, în funcție de mărimea pasului realizat. Ținând cont de acest lucru, dispozitivul este cel care va comanda presa, care va lucra în regim de lovituri singulare conform diagramei din fig.5.7b la un anumit interval de timp funcție de cadența reglată. Caracteristicile tehnice ale dispozitivului sunt prezentate în tabelul 5.3.

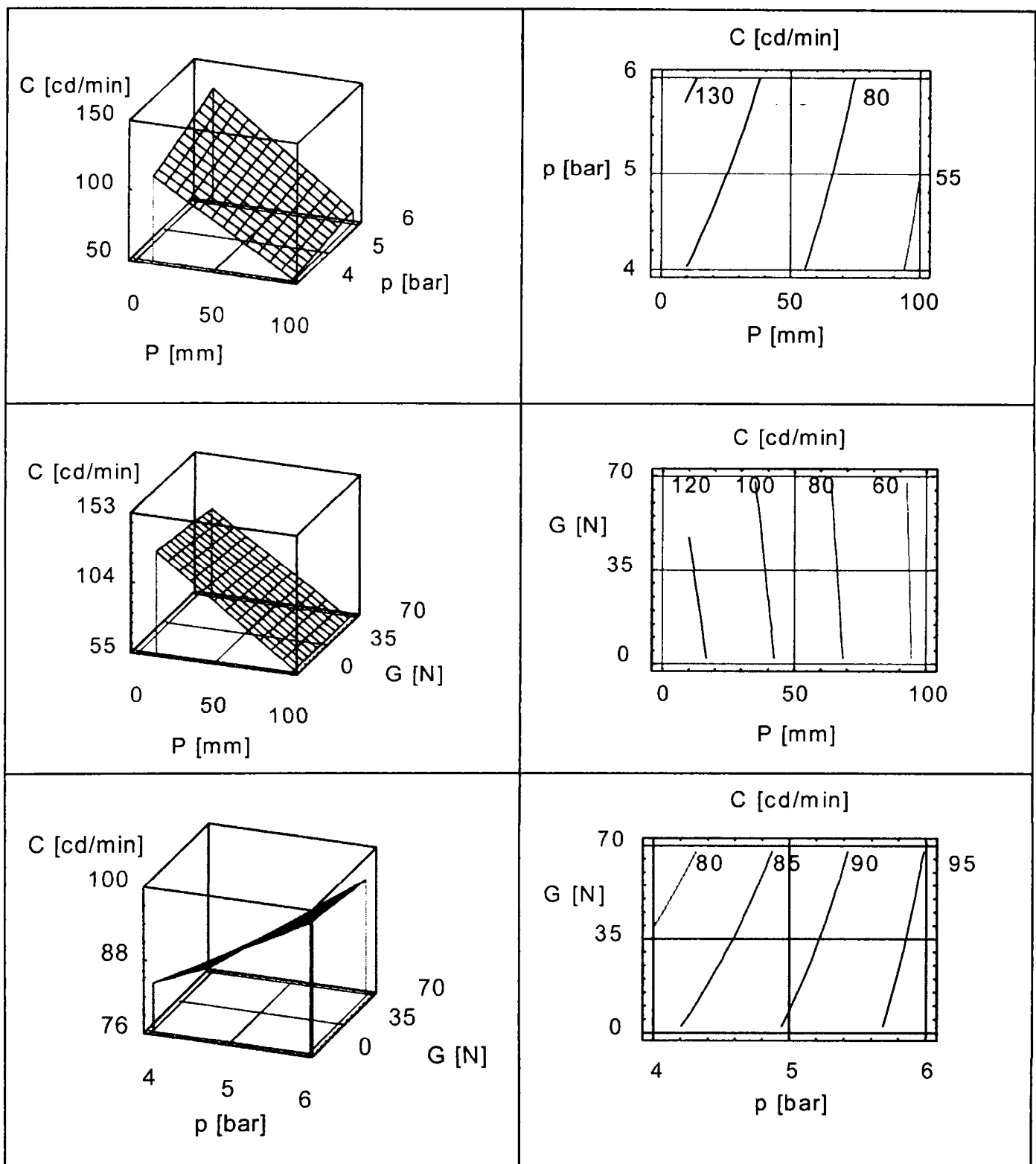


Fig.5.9 Variația cadenței funcție de pas, presiune și greutate bandă

Tabelul 5.3 Caracteristicile tehnice ale dispozitivului

Pasul de avans	0...100 mm
Lățimea minimă/maximă a benzii	25...150 mm
Grosimea maximă a benzii	5 mm
Inălțimea maximă a denivelărilor benzii spațiale	- în sus - în jos
	20 mm 15 mm
Cadența maximă	135 cd/min
Presiunea de lucru	4...6 bar

5.3 Adaptări pentru schimbarea rapidă a sculelor

Acest lucru presupune standardizarea funcției de fixare a sculei, respectiv introducerea și fixarea rapidă pe masa presei, în conformitate cu principiile prezentate la cap.4.4. În acest caz, pentru standardizarea înălțimii de fixare a sculei pe masa presei, se vor utiliza două plăci suport 1 și 10 (fig.5.10). Dimensiunile ($a \times b \times h$), respectiv ($a' \times b' \times h'$) se vor corela cu dimensiunile mesei, respectiv berbecului presei și cu dimensiunile elementelor de fixare care vor realiza fixarea acestui “bloc” pe masa, respectiv berbecul presei. Operația de fixare a sculei pe cele două plăci suport se face pe

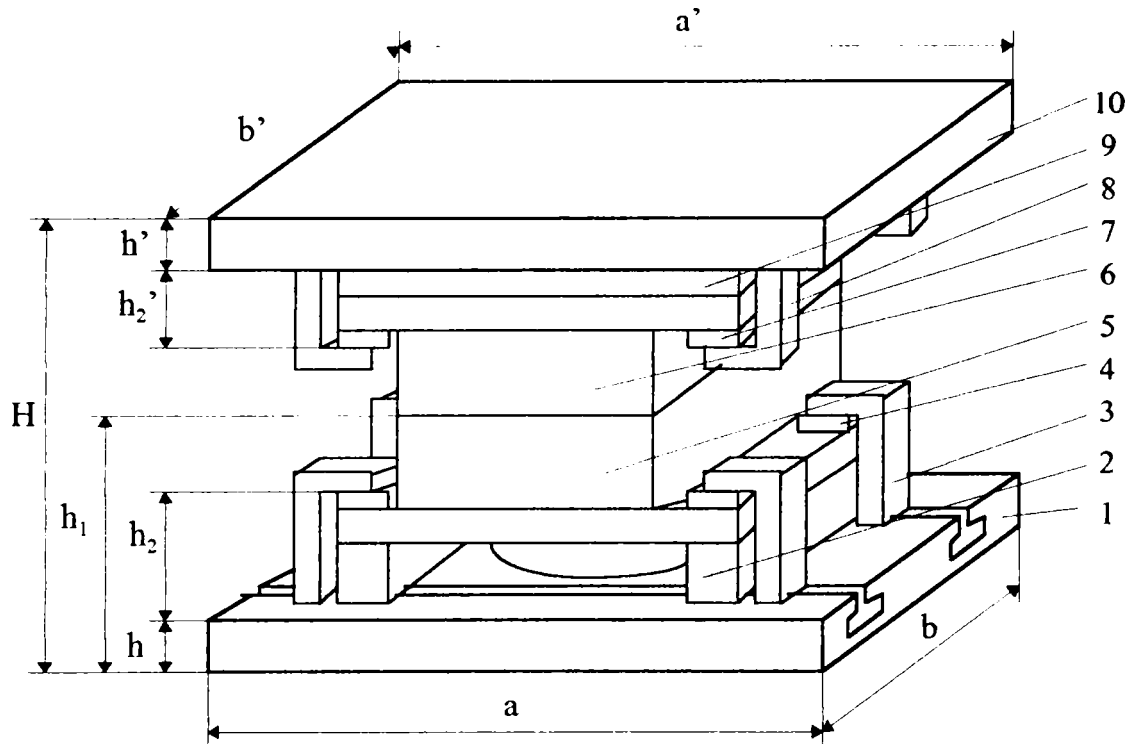


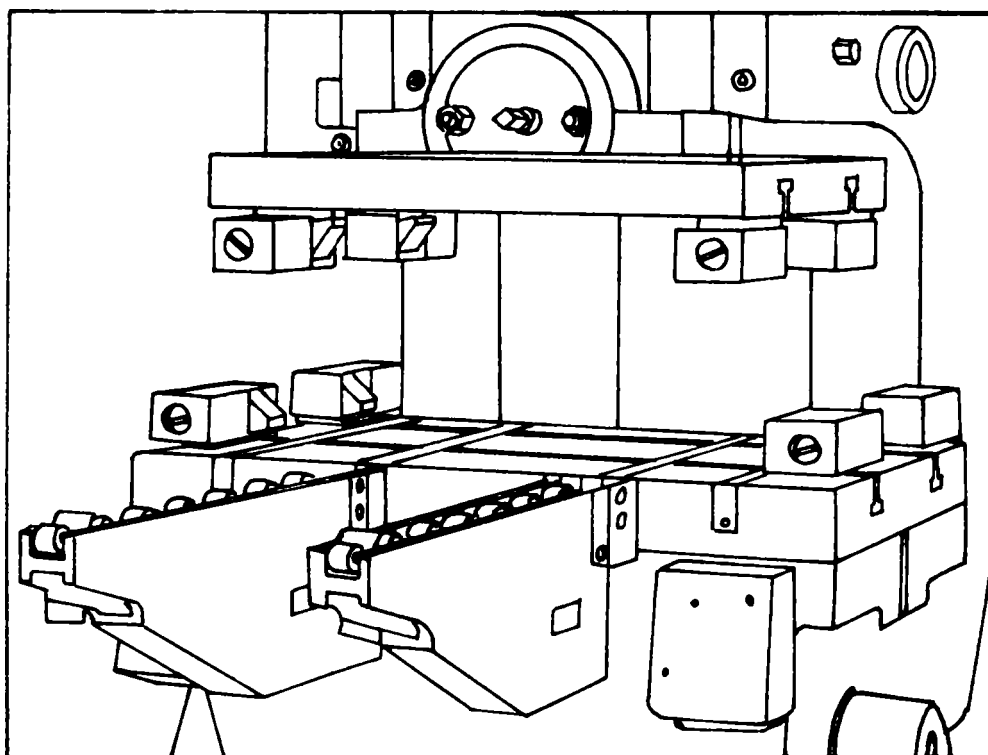
Fig.5.10 Vedere de ansamblu “bloc” sculă

bancul de reglare, în *reglaj extern*. Deoarece sculele sunt alimentate cu semifabricat bandă de către dispozitivele de avans, se recomandă (atunci când este posibil) standardizarea înălțimii h_1 de conducere a benzii. Acest lucru este necesar pentru a elimina reglarea poziției pe verticală a dispozitivului de avans (care se face în reglaj intern). Asigurarea înălțimii h_1 se face prin introducerea, între subansamblul inferior 5 al sculei și placa suport inferioară 1, a unor adaosuri 2. Standardizarea înălțimii sculei la cota H , în vederea eliminării reglării poziției cursei berbecului, se face prin introducerea, pe lângă adaosul 2, a unui adaos 9 între subansamblul superior 6 și placa suport 10.

Fixarea celor două subansambluri pe plăcile suport se face cu ajutorul elementelor de fixare 3 și 8. Aceste elemente de fixare pot fi sub forma unor șuruburi și bride, sau sub forma unor bride speciale. În cazul utilizării bridelor speciale, se impune și standardizarea înălțimii de fixare h_2 , respectiv h_2' . Realizarea acestui lucru se poate face cu ajutorul adaosurilor 4, respectiv 7.

Un astfel de “bloc” este adus de către un cărucior elevator până în fața presei, urmând a fi transferat pe masa acesteia. Pentru a realiza acest lucru, în condiții de rapiditate și siguranță, se va folosi o pereche de console 1 (fig.5.11) ce se fixează pe

partea frontală a mesei presei, console prevăzute cu elemente de rulare. Deplasarea blocului se poate face manual prin împingere, sau automat (la scule mari și grele) prin utilizarea cărucior prevăzut cu conveior cu role [24].



- 1-console
- 2-căi de rulare
- 3-bride

Fig.5.11 Elemente de introducere și fixare rapidă a sculei pe presă

Pentru a ușura introducerea sculei pe masa presei se vor folosi mai multe căi de rulare 2 (fig.5.11) montate în canalele T ale mesei presei. Aceste căi de rulare sunt alcătuite dintr-o înșiruire de module de rulare (fig.5.12), ce sunt compuse dintr-o bilă sau rolă 1 și un suport 2. Mai multe module de rulare sunt introduse într-un cadru 1 (fig.5.13), având rolul de a menține scula deasupra mesei la cota $C=1$ mm [93]. Acest lucru conduce la reducerea coeficientului de frecare dintre suprafața de așezare a sculei și masa presei, ca urmare a transformării coeficientului de frecare de alunecare într-unul de rostogolire.

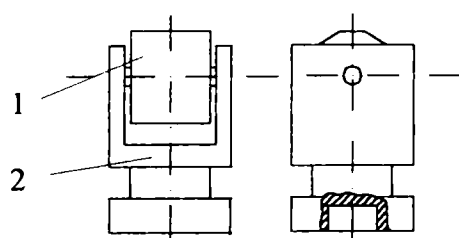


Fig.5.12 Modul de rulare

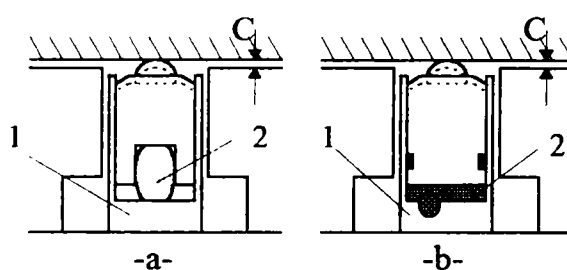


Fig.5.13 Vedere frontală cale de rulare

Mentținerea la această cotă se poate realiza cu ajutorul unor tampoane de cauciuc (capabile să învingă greutatea sculei) montate dedesubtul fiecărui modul (fig.5.13a), respectiv cu ajutorul presiunii hidraulice sau pneumatice (la scule grele) existentă în camera 2 (fig.5.13b). În momentul fixării sculei are loc comprimarea acestor tampoane din cauciuc, sau se anulează presiunea din camera 2, urmând ca scula să se așeze pe masa

presei. Fixarea căilor de rulare în canalele T ale mesei presei (fig.5.14) se face cu ajutorul unor elemente de fixare cu strângere verticală sau laterală.

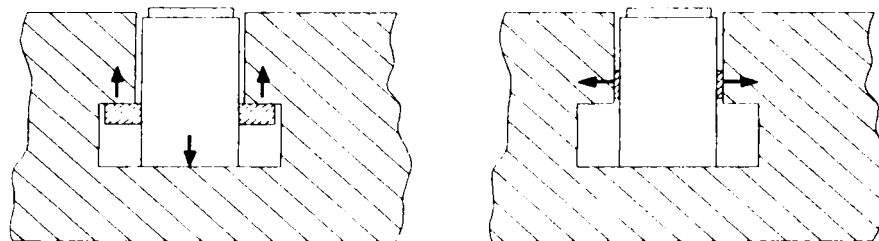


Fig.5.14 Mod de fixare suportți în canalele din masa presei

În ceea ce privește fixarea/defixarea rapidă a sculei pe/de pe masa presei, din literatura de specialitate [3],[93],[106],[116],[120],[124],[126] se constată că soluțiile cele mai utilizate în prezent constau în folosirea unor bride montate pe masa presei, respectiv pe berbec (fig.5.11). Acționarea acestora se poate face pe cale mecanică, hidraulică sau pneumatică.

În (fig.5.15) se prezintă o variantă de acționare mecanică prin utilizarea unor elemente elastice de tip arc elicoidal de compresiune, arcuri taler sau elastomeri. Avantajul acestor soluții constă în complexitate constructivă redusă. Fiecare soluție constructivă în parte prezintă un *dezavantaj major* și anume acela că nu reușește să asigure în același timp forță de fixare F suficientă pe o anumită cursă S [126]. Defixarea bridelor în vederea extragerii sculei se poate face hidraulic sau pneumatic. Tot în această categorie intră și bridele care realizează fixarea prin intermediul unui mecanism cu excentric. Fixarea și defixarea bridei se face prin rotirea manuală a unui excentric.

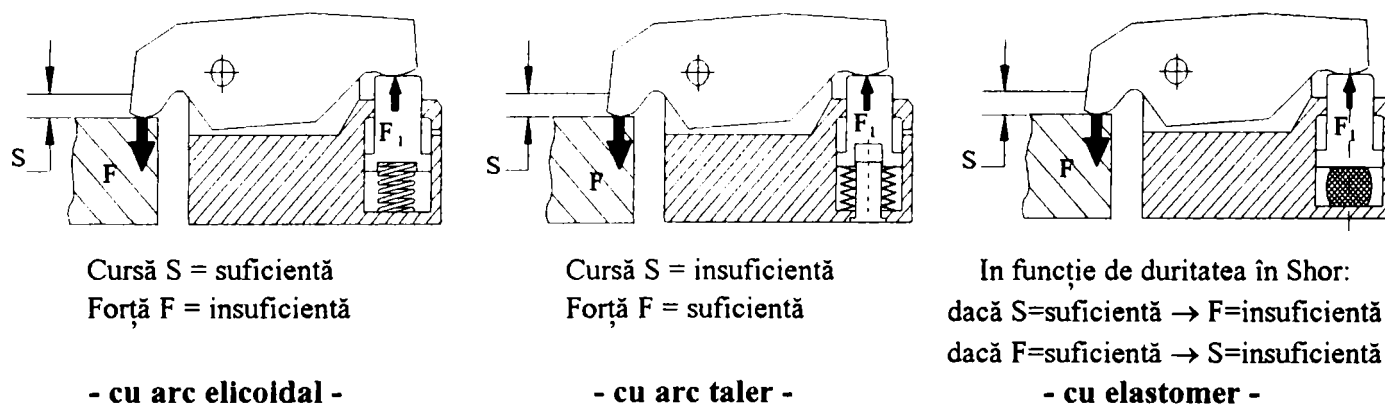


Fig.5.15 Modalități de fixare mecanică cu elemente elastice

O altă variantă este cea a acționării hidraulice a bridelor (cazul cel mai frecvent întâlnit în practică). În acest caz fiecare presă trebuie să dispună de un grup hidraulic și de elemente de legătură flexibile între grup și bride. Soluția prezintă unele dezavantaje legate de faptul că elementele flexibile care leagă blocul hidraulic de bridele montate pe berbec, sub presiune devin dure și rigide, și pot "obosi" repede la variațiile de curbare la care sunt supuse de către berbecul presei, existând pericolul de a se fisura, cu toate consecințele care ar urma. În scopul obținerii unui nivel de siguranță satisfăcător (privind fixarea), este necesar de a realiza pentru fiecare presă circuite hidraulice independente și de a controla în permanență presiunea pe fiecare circuit. În acest caz instalația necesită un grup hidraulic cu distribuție complexă.

În fig.5.16 se prezintă o variantă de bridă semi-autonomă [93],[126] care elimină dezavantajele de mai sus. Fiecare bridă posedă propria sa energie de fixare prin utilizarea unei cantități de azot introdusă în corpul său, eficacitatea fixării sculei fiind direct legată de performanțele fiecărei bride. În acest caz fiabilitatea instalației nu mai depinde de elementele exterioare complexe cum ar fi grupurile hidraulice. Brida se află tot timpul în poziția *fixat* datorită forței de acțiune pe care o exercită azotul aflat sub presiune.

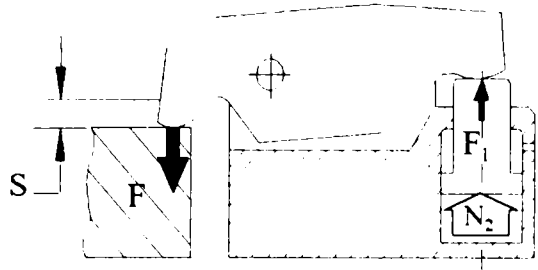


Fig.5.16 Fixare cu azot comprimat

Eliberarea bridei în vederea introducerii sau extragerii sculei se realizează cu ajutorul unui lichid sub presiune. Instalația folosită este simplă (fig.5.17), ea fiind necesară doar în momentul defixării bridei. Instalația conține un generator de presiune pneumo-hidraulic, de construcție simplă (pompe simple, fără

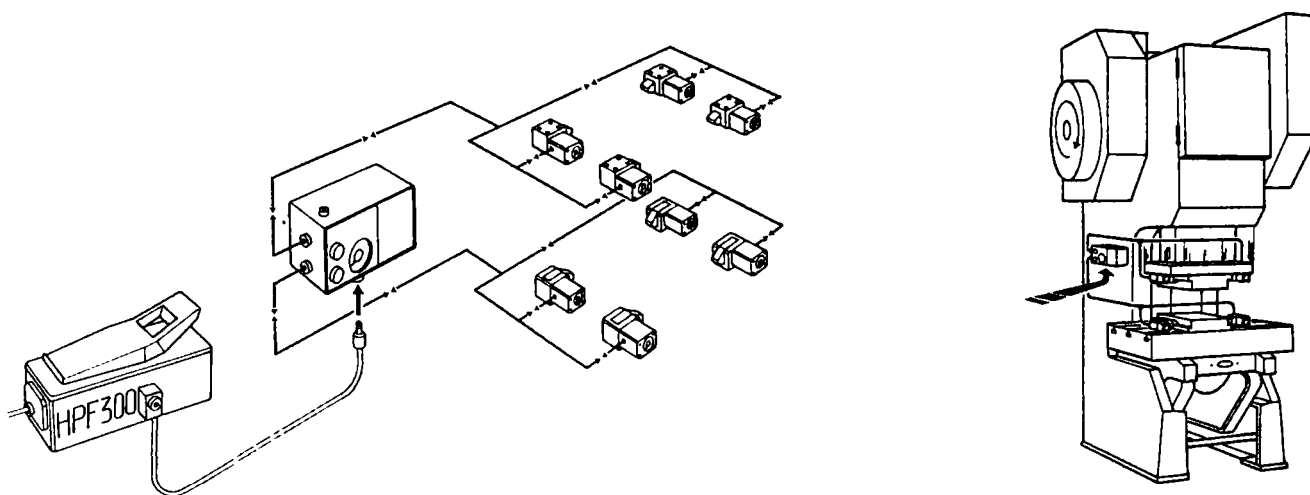


Fig.5.17 Instalație folosită la defixarea bridelor

distribuție sofisticată). Datorită faptului că solicitarea instalației are loc numai la defixarea bridei, generatorul poate fi folosit la toate presele din cadrul liniei. Comanda pentru eliberare este dată de către operator, prin apăsarea unei pedale. Durata de viață a unei bride este de ordinul milioanei de cicluri. În cazul în care presiunea azotului scade, completarea cu azot se face simplu, de la o butelie. Verificarea presiunii azotului se face în permanență printr-un sistem electric de control.

OBS: Acest tip de bridă este recomandată a fi folosită în cadrul liniilor automate flexibile de ștanțare-matritare datorită performanțelor sale ridicate și datorită faptului că nu necesită instalație hidraulică complicată și scumpă.

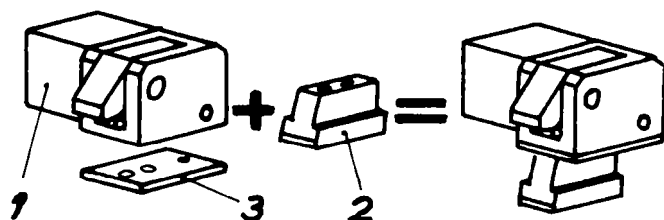


Fig.5.18 Elemente componente ale bridei

M..... p....., p.....
berbecul preseii se face prin fixarea corpului 1 al bridei (fig.5.18) de suportul 2 în formă de T, care intră în canalele din masa, respectiv berbecul preseii. Corpul bridei are posibilitatea de a se roti față de suport (în funcție de poziția sculei). Fixarea elementelor

componente se face cu ajutorul unui șurub cu rezistență mare. Bridele servesc la fixarea celor două plăci suport de grosime h și h' . În eventualitatea în care se ajunge la utilizarea unor plăci suport de grosime mai mare, între corpul 1 și suportul 2 se va introduce o placă distanțier 3 de grosime corespunzătoare.

5.4 Controlul și comanda celulei

În cadrul liniilor automate de presare la rece, pentru buna desfășurare a procesului, acestea sunt prevăzute cu o serie de echipamente de comandă și control amplasate în punctele critice. Aceste echipamente pot fi sub formă de camere video, care pot oferi o imagine de ansamblu a întregului sistem, sau numai a anumitor zone așa-zise *fierbinti*, respectiv celule fotoelectrice sau întrerupătoare de construcție adecvată scopului. Acestea au rolul de a verifica efectuarea corectă a unor acțiuni din cadrul liniei (ex. alimentare-evacuare, transfer, orientare a semifabricatului, etc.) și de a semnala, respectiv stopa anumite acțiuni, când se constată abateri de la buna funcționare a acestora (vezi cap.6).

O problemă care apare în cadrul celulei de bază constă în determinarea gradului de uzură al sculei. Cea mai simplă și rapidă metodă de determinare a gradului de uzură al sculei constă în *controlul vizual*, respectiv prin măsurarea bavurii pe piesă. În momentul în care înălțimea bavurii atinge o anumită valoare se reascute scula. O altă posibilitate constă în *contorizarea* numărului de curse duble realizate de presă, deci pe baza numărului de piese efectuate. La un anumit număr stabilit, scula trebuie demontată și reascuțită. Cea de a treia modalitate constă în utilizarea unor traductoare care detectează supraîncărcarea preseii. Un exemplu de asemenea traductor [107] se prezintă în fig.5.19.

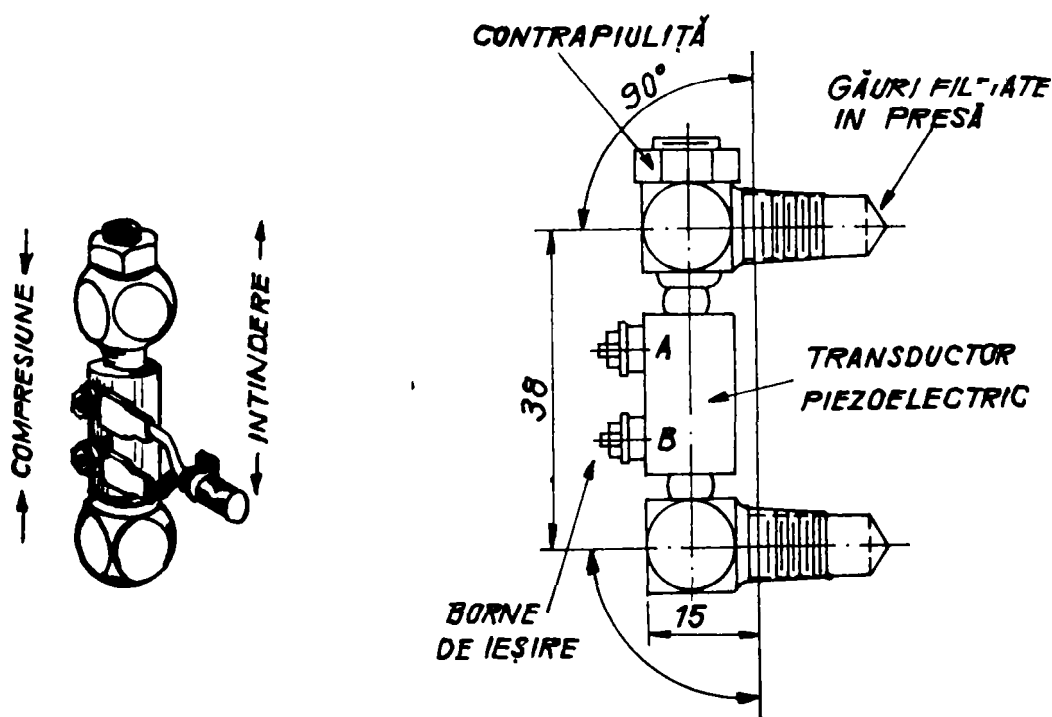


Fig.5.19 Traductor pentru determinarea supra sau subîncărcării preseii

Acesta este format dintr-un transductor piezoelectric montat pe batiul preseii (solicitat la întindere) sau pe bielă (solicitată la compresiune). În cazul unor modificări de

lungime, transductorul piezoelectric dă un semnal electric de ieșire proporțional cu supraîncărcarea presei, semnal captat de o cutie de comandă și control etalonată în prealabil, când scula este ascuțită. Apariția unei uzuri la sculă conduce la creșterea forței necesare în proces. Traductorul înregistrează imediat această creștere a forței, iar în momentul în care forța depășește valoarea admisă are loc oprirea în vederea reascuțirii sculei. Avantajul utilizării acestui traductor constă în faptul că se poate stabili cu exactitate momentul în care este necesară ascuțirea sculei. Stabilirea empirică a unor perioade de ascuțire a sculei poate duce la ascuțiri mai frecvente cu consecințe negative în ceea ce privește durata de viață a sculei cât și a costului.

Traductorul poate fi utilizat și pentru detectarea unei subîncărcări, adică a unor eforturi inferioare unei valori prestabilite. Aceasta poate rezulta ca urmare a opririi alimentării cu semifabricat, ruperea accidentală a unui poanson, dereglarea berbecului sau a bielei, etc. În momentul în care se înregistrează o supraîncărcare excesivă sau o subîncărcare a presei, cutia de control dă un semnal în vederea opririi presei în scopul protejării acesteia și a sculei.

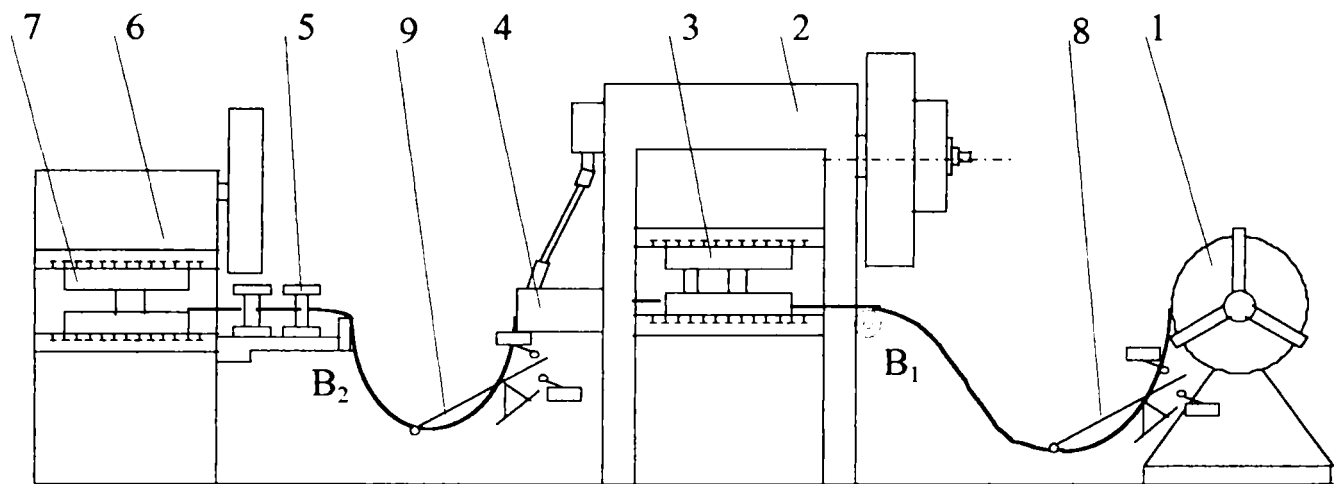
În final putem spune că utilizarea unor asemenea traductori în cadrul liniei automate flexibile de ștanțare-matrițare este foarte eficientă atât pentru stabilirea exactă a momentului în care este necesară ascuțirea sculei cât și pentru exploatarea în siguranță a utilajelor din cadrul liniei.

5.5 Descriere instalație experimentală

Linia automată de ștanțare-matrițare realizată în laboratorul de presare la rece de la Universitatea "Politehnica" din Timișoara (fig.5.20, 5.21) se compune din două celule de bază construite pe două prese cu excentric de uz general PAI 40, respectiv PAI 6.3



Fig.5.20 Linie automată de ștanțare-matrițare



1-derulor de bandă cu acționare proprie; 2-presa PAI 40; 3,7-scule de presare; 4-dispozitiv de avans acționat de la arborele presei; 5-dispozitiv de avans pneumatic; 6-presa PAI 6.3; 8,9-palpatoare de comandă; B₁,B₂-acumulatoare de semifabricat sub formă de buclă simplă

Fig.5.21 Vedere de ansamblu instalație experimentală

(existente în laborator), respectiv un derulor de bandă cu acționare proprie pe care se montează ruloul de bandă. Caracteristicile tehnice ale acestora sunt prezentate în anexa 4. Conexiunea dintre utilaje este realizată de către semifabricatul bandă prin intermediul a două acumulatoare de semifabricat (în scopul asigurării unei viteze medii de avans a benzii de-a lungul liniei) prevăzute fiecare cu câte un sistem de palpate cu rol de comandă a utilajelor (vezi cap.6).

Alimentarea automată a sculelor cu semifabricat se realizează de către cele două dispozitive de alimentare cu care sunt echipate presele. Primul dispozitiv este acționat direct de la arborele principal al presei printr-o legătură mecanică (vezi cap.5.2.1), la fiecare cursă dublă a presei realizând avansul benzii cu un pas. Cel de-al doilea dispozitiv (vezi cap.5.2.2) este cu acționare electro-pneumatică. Deoarece dispozitivul dispune de o cadență inferioară presei, acesta va lucra în regim de lovituri repetate (reglabile), urmând ca la sfârșitul fiecărei curse de avans să dea o comandă presei în vederea efectuării unei curse duble. Ambele dispozitive pot deservi atât scule cu căutători când la sfârșitul cursei de avans trebuie să realizeze dubla eliberare a benzii în vederea acțiunii căutătorului, cât și scule fără căutători. În general se recomandă ca în al doilea post al liniei automate, sculele să fie prevăzute cu căutători, dispozitivul de alimentare urmând să lucreze cu dublă eliberare. Acest lucru are ca și scop poziționarea cât mai ușoară a semifabricatului (având deja prelucrări realizate în postul 1) în sculă, cât și pentru realizarea precisă a piesei ținând cont că erorile de pas realizate de dispozitive se cumulează, iar la un număr mare de pași poate apărea situația în care eroarea cumulată să depășească toleranța prescrisă la piesă. Pe scula montată pe prima presă se vor realiza prelucrările de ștanțare, iar pe cea de a doua sculă se vor realiza prelucrările de matrițare și cele finale de separare a piesei. Piesele vor fi evacuate prin cădere liberă prin orificiul din masa presei sau pe deasupra plăcii active când piesele sunt suflate cu ajutorul unui jet de aer comprimat.

PILOTAREA LINIEI AUTOMATE FLEXIBILE

6.1 Aspecte privind modul de funcționare a liniei

La stabilirea modului de funcționare a unei linii automate flexibile trebuie să se pornească de la condiția asigurării unei **viteze medii de prelucrare**, de *valoare identică* pentru toate utilajele din cadrul liniei. Asigurarea aceleiași valori ale vitezei medii de prelucrare echivalează cu efectuarea prelucrărilor specifice fiecărui post de lucru, asupra aceleiași număr de semifabricate (virtual individualizate, din care va rezulta câte o piesă) în decursul aceluiași interval de timp. Din punct de vedere al exploatării preselor la nivelul caracteristicilor lor tehnice, este evident că soluția *ideală* ar fi ca toate presele să funcționeze în regim de *lovituri repetate*. Acest lucru este posibil dacă toate presele din cadrul liniei ar dispune de același număr de curse duble pe minut. Chiar și în acest caz pot apărea situații când numărul de curse duble pe minut a preselor nu se asigură cu perfecțiune la o valoare indicată, înregistrându-se abateri variabile de la acest număr, din diverse cauze, cum ar fi, de exemplu, alunecările de curele din sistemul transmiterii mișcării de la motorul electric la lanțul cinematic rigid al presei [46], reducerea cadenței preselor ca urmare a încărcării diferite a acestora, etc..

6.1.1 Funcționarea în regim de lovituri comandate

În cadrul acestui mod de funcționare, presa cea mai *lentă* din cadrul liniei devine *presă de comandă*, presă care va lucra în regim de *lovituri repetate*. Celelalte prese vor lucra în regim de *lovituri singulare*, de *același ritm* cu cel al presei de comandă [68]. Se poate spune că, în acest caz, cadența liniei este dată de către presa de comandă, care este în general prima presă din cadrul liniei.

Problema care se pune constă în definirea corelației ce trebuie asigurată între cadența presei de comandă și cadențele preselor comandate, deoarece se știe că numărul de curse duble pe minut realizate în regim de lovituri singulare este inferior celui realizat de aceeași presă, dar care lucrează în regim de lovituri repetate. Diminuarea acestui număr de curse duble pe minut este în funcție de tipul cuplajului utilizat în construcția presei, și se exprimă printr-un coeficient q [52] a cărui valori sunt prezentate în tabelul 6.1

Tabelul 6.1 Valori ale coeficientului q

Felul cuplajului	q
- cu fricțiune	1.05
- cu o singură ghiară	1.45
- cu două ghiare	1.25
- cu trei ghiare	1.17
- cu patru ghiare	1.13

În consecință rezultă corelația

$$q \cdot n_{\text{comandă}} \leq n_{\text{comandat}} \quad (6.1)$$

în care $n_{\text{comandă}}$ și n_{comandat} reprezintă caracteristica presei de comandă, respectiv a preselor comandate de aceasta. Pentru *siguranță în funcționare* se recomandă să se ia

$$1.2 q \cdot n_{\text{comandă}} \leq n_{\text{comandat}} \quad (6.2)$$

Din relația (6.2) se observă că presa de comandă trebuie să fie o presă mai lentă decât restul preșelor care sunt comandate. Problema se poate soluționa fie prin includerea în linie a unui utilaj cu caracteristici tehnice adecvate condiției (6.2), fie prin modificarea caracteristicii tehnice a presei de comandă. Această modificare se poate realiza pe două căi; *mecanic* prin efectuarea unor schimbări în lanțul cinematic al presei, sau *electric* prin introducerea în circuitul de comandă al berbecului presei a unui dispozitiv de temporizare electronic continuu reglabil. **Soluția cea mai adecvată acestui scop este cea electrică.**

În cadrul liniei automate prezentate la cap. 5.5 (fig.5.21), presa de comandă este presa PAI 40 ca fiind prima presă din compunerea liniei și cea mai lentă. Această presă, la care au fost efectuate unele schimbări corespunzătoare în lanțul cinematic, poate funcționa în regim de lovituri repetate cu o cadență de 80 cd/min, dar și în regim de lovituri singulare. Modificarea numărului de curse duble pe minut a presei în regim de lovituri singulare se face cu ajutorul unui dispozitiv de temporizare electronic reglabil (anexa 5). Presa comandată în acest caz, prin intermediul dispozitivului pneumatic, va fi presa PAI 6.3 care dispune de o cadență de 160 cd/min. Ținând cont de numărul de curse duble a celor două prese și de coeficientul q al presei comandate, se observă că inegalitatea (6.2) este adevărată, deci presa comandată poate lucra în regim de lovituri singulare după un ritm impus de presa de comandă care va lucra în regim de lovituri repetate. Vederea de ansamblu a liniei, cu sistemul de acumulare-distribuire a semifabricatului este prezentată în fig.6.1.

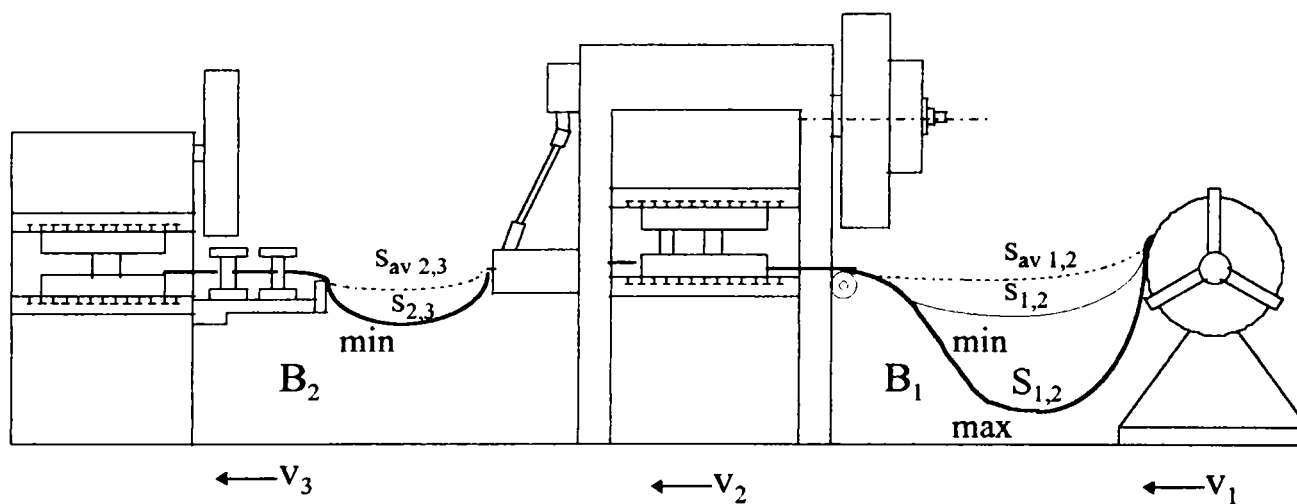


Fig.6.1 Linie automată - funcționare în regim de lovituri comandate

Comparând viteza semifabricatului prin cele 3 posturi ale liniei (vezi anexa 6) se observă din relația (6.3) că derulorul va lucra cu intermitență (între lungimea minimă și maximă a buclei B_1), în timp ce presa PAI 40 va lucra fără oprire în regim de lovituri repetate, la sfârșitul *fiecărei* curse duble dând o comandă dispozitivului pneumatic, care la rândul lui va comanda presa PAI 6.3.

$$v_1 > v_2 \cong v_3 \quad (6.3)$$

Datorită faptului că dispozitivul lucrează după o cadență dată de presa de comandă, între acestea nu mai este necesar nici un acumulator de semifabricat. Se impune totuși realizarea unei bucle de siguranță $s_{2,3}$ calculată conform relației (6.4).

$$\begin{aligned} s_{1,2} &= d_{1,2} + 3p_{1,2} \\ s_{2,3} &= d_{2,3} + 3p_{2,3} \end{aligned} \quad (6.4)$$

În vederea funcționării în siguranță a liniei, între cele trei utilaje se impune realizarea unor bucle de avarie a căror lungimi sunt date de relația (6.5):

$$\begin{aligned} s_{av1,2} &= d_{1,2} + p_{1,2} \\ s_{av2,3} &= d_{2,3} + p_{2,3} \end{aligned} \quad (6.5)$$

urmând ca în cazul atingerii *accidentale* a acestor lungimi să se realizeze *oprirea automată* a liniei.

6.1.2 Funcționarea cu intermitență în regim de lovituri repetate

În acest caz presele care compun linia automată funcționează, cu intermitență, în regim de lovituri repetate independent unele de altele, situație în care rolul preseii de comandă se schimbă. Comanda utilajelor (pornirea sau oprirea) se face prin intermediul acumuloarelor de bandă în conformitate cu cazul 1 sau 2 prezentat la cap.4.2.5).

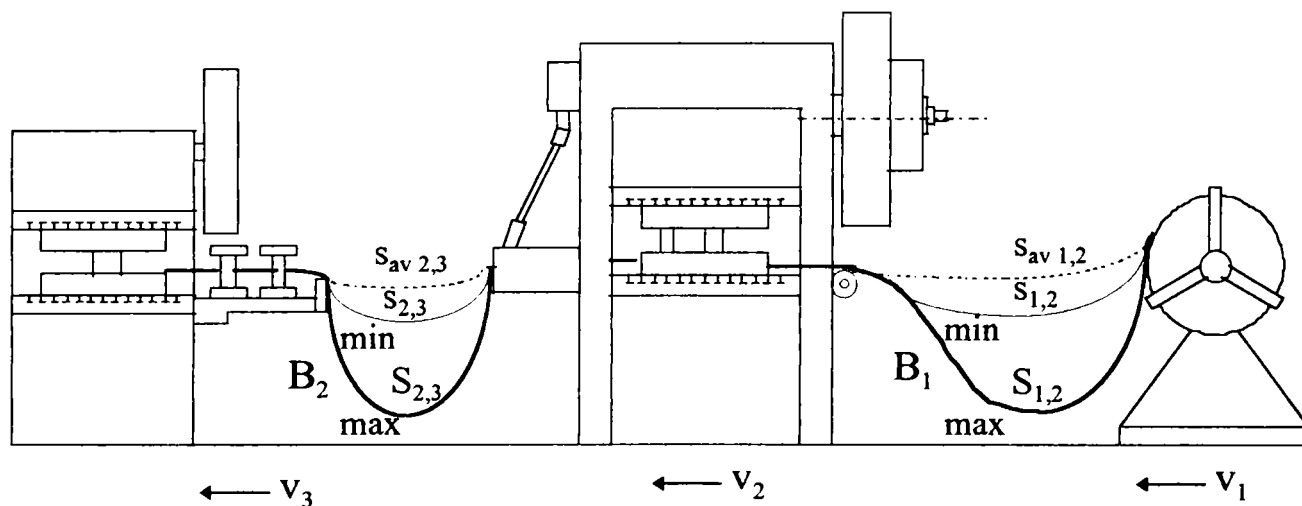


Fig.6.2 Linie automată - funcționare în regim de lovituri repetate

Ținând cont de caracteristicile utilajelor și echipamentelor care compun linia prezentată în fig.6.2, se constată, pe baza raportului vitezelor (vezi anexa 6), existența a două situații posibile:

Situația A: $v_3 > v_2 < v_1$ pentru valori ale pasului $p \leq 70$ mm (vezi cap.5.2.2.2)

În acest caz presa PAI 40 va lucra fără oprire în regim de lovituri repetate, iar derulorul și presa PAI 6.3 vor lucra cu intermitență, primul conform cazului 2, iar presa PAI 6.3 conform cazului 1.

Situația B: $v_3 < v_2 < v_1$ pentru valori ale pasului $p > 70$ mm

În această situație dispozitivul pneumatic care comandă presa PAI 6.3, fiind mai lent, va lucra fără oprire în regim de lovituri repetate (presa PAI 6.3 lucrând în regim de lovituri singulare la același interval de timp dat de dispozitiv), iar derulorul și presa PAI 40 vor lucra cu intermitență, ambele conform cazului 2.

6.2 Modelarea funcționării părții de comandă a liniei

6.2.1 Necesitatea modelării

Automatizarea în cadrul producției industriale (cazul sistemelor flexibile de fabricație și în general toate procedeele cu caracter secvențial) pune astăzi probleme de complexitate crescândă pentru care metodele vechi nu mai oferă răspunsuri satisfăcătoare. Față de aceste probleme noi au apărut diferite **unelte grafice** care repun totul pe noțiuni de *stări*, *tranziții* între stări, *condiții*, *evenimente*. Ele permit descrierea funcțiilor cu evoluție paralelă în timp, și totodată sincronizarea sau coordonarea între aceste funcții. Ținând cont de gradul de complexitate relativ ridicat privind modul de funcționare a unei linii automate de presare la rece constituită din mai multe utilaje interconectate între ele, este necesar ca, în vederea asigurării unui maxim de acuratețe în faza de concepție a sistemului automatizat, premiză a funcționării sale eficiente ulterior, să fie utilizate aceste *tehnici moderne* de modelare.

Modelarea funcționării părții de comandă a liniei pornește întotdeauna de la analiza *caietului de sarcini*, care trebuie să precizeze funcțiile specifice ale părții de comandă, ținând cont de modalitățile acesteia de realizare și utilizare. Funcționarea liniei poate fi descrisă cu ajutorul unor diagrame funcționale care permit descrierea tuturor comportamentelor așteptate din partea părții de comandă în raport cu totalitatea evenimentelor sau informațiilor provenind din procesul automatizat. În practică se întâlnesc mai multe tehnici de modelare cum ar fi, spre exemplu, cele bazate pe Rețele Petri, pe sisteme de adunare a vectorilor, pe diferite tipuri de grafuri: GRAFCET, UCLA, LOGOS [9]. Toate aceste tehnici au anumite laturi comune, fiind totuși diferențiate de unele particularități.

Analizând aceste tehnici, în special cele bazate pe Rețele Petri și GRAFCET (care folosesc metode relativ apropiate) [2],[13],[17],[42], prin prisma avantajelor și dezavantajelor privind modelarea sistemelor automate a căror evoluție poate fi exprimată secvențial, s-a ajuns la **concluzia**, *ca modelarea funcționării părții de comandă a liniei automate să fie realizată cu ajutorul GRAFCET-ului*. Acesta oferă posibilități superioare de interpretare, ușurință în utilizare, este un mijloc eficace de dialog între automatician și beneficiarul automatizării, pe tot parcursul modelării, de la specificațiile caietului de sarcini până la implementarea finală. El permite obținerea unui *model lizibil*, punând în evidență paralelismele și sincronizările care pot apare, fiind ușor de înțeles de către persoane cu pregătire de specialitate diferită, atât în faza de concepție, cât și în timpul exploatarei sau la modificarea părții automatizate, prin utilizarea unui *limbaj descriptiv*

independent de aspectele tehnice. Totodată este de un real ajutor în localizarea imediată a unor anomalii care pot apărea în timpul funcționării liniei.

6.2.2 Noțiuni de bază GRAFCET

GRAFCET-ul este un instrument de *descriere grafică* a comportamentului așteptat de la partea de comandă față de evenimentele sau informațiile provenite de la un proces automatizat [8],[13],[17],[39],[74],[80]. El permite detectarea incoerențelor, evitarea blocajelor sau a conflictelor în funcționare. În plus, la fiecare etapă de elaborare a sa, această diagramă poate fi rafinată, corectată sau modificată, fără a necesita repunerea în cauză a părților deja studiate. GRAFCET-ul stabilește o corespondență cu caracter secvențial și combinatoriu între:

- **intrări**, adică transferurile de informații de la *partea operativă PO* spre *partea de comandă PC*;
- **ieșiri**, adică transferurile de ordine de la **PC** spre **PO** (fig.6.3).

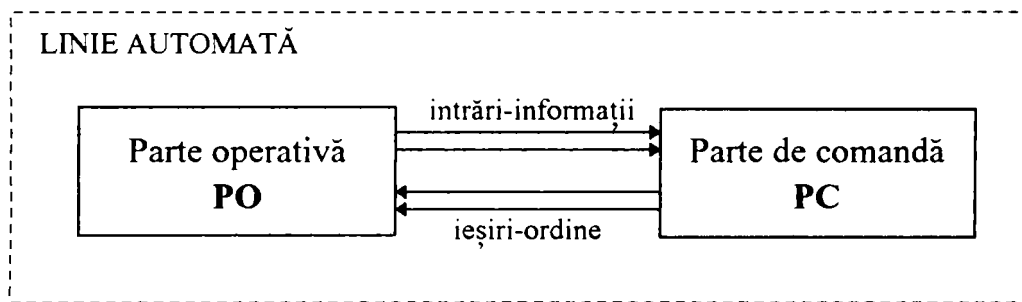


Fig.6.3 Descompunere linie automată

Raportându-ne la linia flexibilă de ștanțare matrițare, **partea operativă** reprezintă partea de linie care cuprinde partea mecanică (prese, dispozitive de avans, etc.), elementele de acționare (organele motoare), senzori, etc. **Partea de comandă** regrupează toate componentele de tratare a informației utilizate pentru funcționarea părții operative. Ea va transmite *comenzi* și va primi *informații* asupra stării procesului de lucru. La aceste două părți mai este legat un al treilea element: partea operator sau pupitrul. **Pupitrul** permite operatorului să intervină în ceea ce privește modul de funcționare a liniei automate, oprirea de urgență, etc.

Grafcet-ul este destinat să reprezinte automatisme logice, adică sisteme în care informațiile au un caracter “*tot sau nimic*”. În acest caz se utilizează algebra Booleeană în care o variabilă **a** poate să aibă doar două valori: **0** sau **1**. Complementul variabilei **a** va fi notat **a'** sau \bar{a} . Dacă $a = 0$ atunci $a' = \bar{a} = 1$ iar dacă $a = 1$ atunci $a' = \bar{a} = 0$.

Suma logică (funcția SAU) a două variabile **a** și **b** se notează $a + b$, iar *produsul logic* (funcția ȘI) este notat $a \cdot b$ sau ab .

Un GRAFCET este constituit din:

- elemente grafice de bază;*
- o interpretare;*
- reguli de evoluție.*

A. Elemente grafice de bază

A1 Etape

Etapa este simbolizată grafic printr-un pătrat (fig.6.4) având un reper numeric plasat în partea sa superioară. O etapă poate fi activă sau inactivă. Etapele care trebuie să fie active în momentul în care se pune în funcțiune sistemul sunt reprezentate printr-un pătrat dublu și poartă denumirea de *etape inițiale*. Sistemul automatizat este definit la un moment dat prin ansamblul etapelor active, ansamblu care poartă denumirea de *situație a GRAFCET-ului*.



Fig.6.4 Mod de reprezentare etapă

Etapelor (*ieșirile* sistemului) le sunt asociate *acțiuni* de efectuat, care pot fi efectuate numai când etapa respectivă este *activă*. Fiecărei etape i se mai poate asocia o variabilă internă (sau de stare) X_i a cărei valoare este: $X_i = 1$ dacă etapa i este activă, iar $X_i = 0$ dacă etapa i este inactivă.

A2 Tranziții

Tranzițiile, reprezentate printr-o linie orizontală îngroșată (fig.6.5), indică posibilitățile de evoluție ale sistemului între etape. Tranziția poate fi considerată ca o barieră care se deschide sau se închide. Fiecărei tranziții îi este asociată o *condiție logică* numită *receptivitate*. Receptivitatea (R_i) scrisă sub forma unei condiții logice este o funcție combinatorie de informații logice (variabile de intrare ale grafcet-ului, respectiv stare internă-variabila X_i). Aceste informații pot proveni din exteriorul sistemului automat (de exemplu comenzile unui operator), din partea operativă (semnalele unor senzori), sau de la elementele interne ale părții de comandă (temporizatoare, numărătoare, etc.).

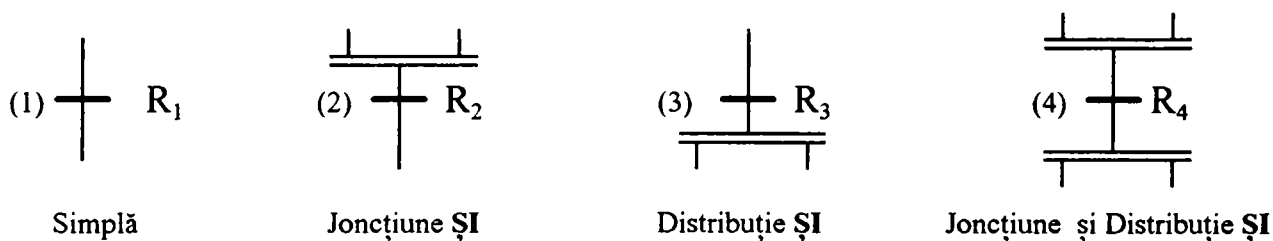


Fig.6.5 Reprezentare tranziție

A3 Legături orientate

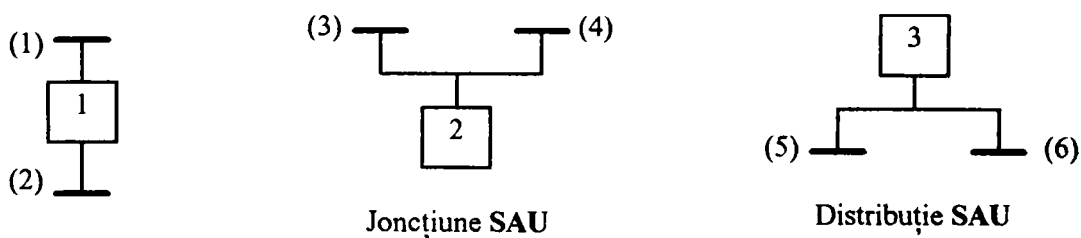


Fig.6.6 Reprezentarea legăturilor orientate

Legăturile orientate (fig.6.6) arată căile de evoluție a stării GRAFCET-ului. Acestea leagă între ele etapele și tranzițiile, structurate într-o rețea alternantă, care constituie scheletul secvențial grafic al GRAFCET-ului. Sensul general de parcurs este de sus în jos. Săgețile se folosesc doar pentru liniile care pornesc de jos în sus, cu excepția cazului când sunt necesare pentru o mai bună înțelegere.

În fig.6.7 se prezintă modul de reprezentare grafică a unui GRAFCET. Din punct de vedere al sintaxei, trebuie respectată alternanța *etapă* → *tranziție* și *tranziție* → *etapă*.

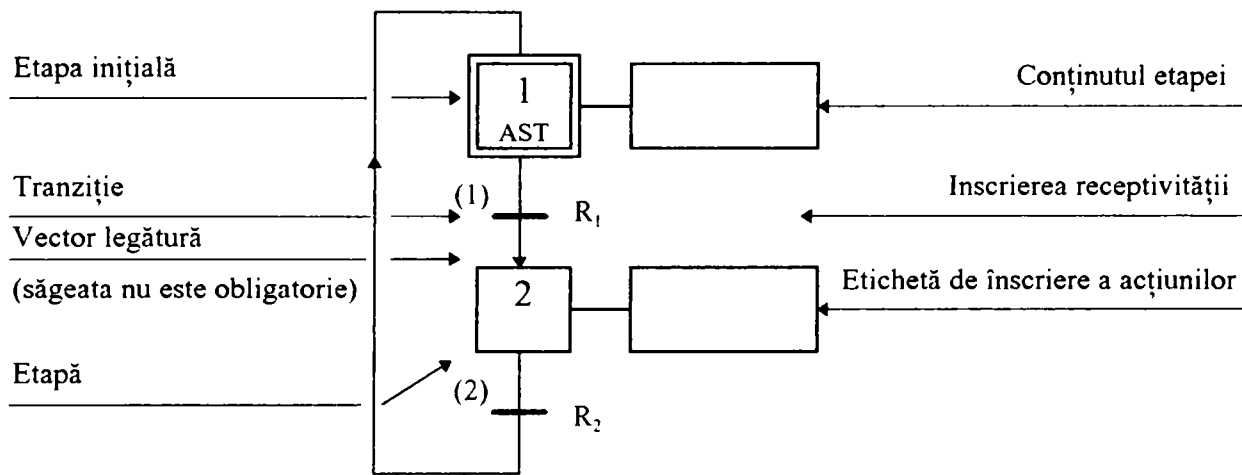


Fig.6.7 Mod de reprezentare GRAFCET

B. Interpretare GRAFCET

Constă din traducerea comportamentului părții de comandă față de intrările și ieșirile sale, interpretare care este caracterizată de:

- **acțiuni** asociate *etapelor*; care pot fi:
 - ⇒ **acțiuni la nivel** care indică o stare (de exemplu: clește deschis)
 - ⇒ **acțiuni impulsionale** - care reprezintă un ordin (de exemplu: deschide cleștele)
 - **receptivități** asociate *tranzițiilor*, care pot reprezenta:
 - ⇒ **o condiție logică** care este o funcție booleană de variabile externe și interne (de exemplu: $a' + b \cdot X_4$). Receptivitatea poate fi și timpul, caz în care este suficientă mențiunea t , urmată de originea și durata sa. Originea este momentul ultimei activări a unei etape anterioare. Reprezentarea este următoarea $t/i/\Delta$ și reprezintă timpul Δ scurs de la ultima activare a etapei i .
 - ⇒ **un eveniment extern** care reprezintă o schimbare de stare a unei variabile externe putând fi un front crescător sau descrescător al acesteia (sau a unei funcții de variabile externe). Exemplu: $\uparrow a$; $\downarrow(a + b)$; $\uparrow(t/8/10s)$.
 - ⇒ **un eveniment și o condiție**, reprezentând cazul general (exemplu: $\uparrow a \cdot (b + X_3)$)
- Notă: Simbolul \uparrow este prioritar față de simbolurile \cdot și $+$

C. Reguli de evoluție

Definesc în mod clar comportamentul *dinamic* al părții de comandă astfel descrisă.

Regula 1: inițializarea

Inițializarea precizează etapele active (= etapele inițiale) la începutul funcționării.

Regula 2: străbaterea unei tranziții

O tranziție poate fi *validată* sau *nevalidată*. Ea este *validată* când toate etapele imediat precedente legate la aceasta *sunt active*.

O tranziție poate fi străbătută *numai* dacă sunt îndeplinite cele două condiții:

- **tranziția este validată**, și
- **receptivitatea asociată este adevărată** (adică egală cu 1).

Când cele două condiții de evoluție sunt *reunite*, tranziția *poate fi* străbătută și este *obligatoriu* străbătută.

Regula 3: evoluția provocată prin străbaterea unei tranziții

Străbaterea unei tranziții provoacă simultan:

- **dezactivarea tuturor** etapelor imediat precedente legate la această tranziție;
- **activarea tuturor** etapelor imediat următoare legate la această tranziție, un exemplu de evoluție fiind prezentat în fig.6.8.

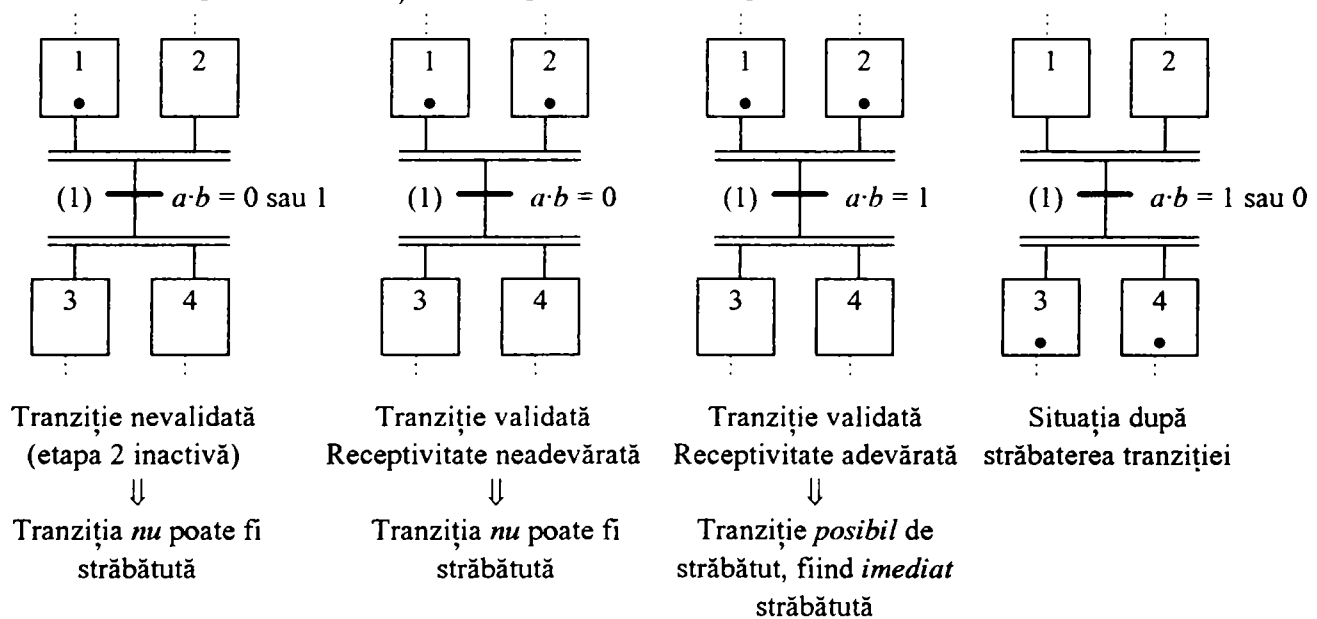


Fig.6.8 Evoluția unei situații

Regula 4: evoluții simultane

Mai multe tranziții *ce pot fi* simultan străbătute *sunt* simultan străbătute.

Regula 5: activarea și dezactivarea simultană

Dacă, în cursul funcționării sistemului, o aceeași etapă trebuie să fie simultan activată și dezactivată, ea va rămâne *activă*.

6.2.3 Elaborarea Graficet-ului de nivel 1

În primă fază, modelarea pornește de la realizarea de graficet-uri de nivel 1, cel al *specificățiilor funcționale*, care caracterizează reacțiile părții de comandă față de informațiile primite de la partea operativă în scopul de a face înțeles care va trebui să fie rolul părții de comandă care se va construi. În acest context trebuie definite de manieră clară și precisă toate *funcțiile, informațiile și comenzile* implicate în automatizarea părții operative, fără a se specifica în acest moment *modul de materializare* a acestora din punct de vedere tehnologic.

În continuare trebuie precizat faptul că la stabilirea modului de funcționare a unei linii automate de presare la rece care prelucrează semifabricat tip bandă, respectiv la conceperea părții de comandă trebuie să se asigure:

- *posibilitatea acționării aparte a fiecărui utilaj* din cadrul liniei, de interes atât în faza de reglaj cât și în cazul funcționării independente a utilajelor;
- *funcționarea în regim automat* a liniei, în tot ansamblul ei, impunându-se egalarea vitezei medii de prelucrare a semifabricatului continuu în cadrul fiecărui post de lucru a liniei;
- *oprirea automată* a liniei când se constată abateri față de procesul normal de lucru.

Ca și date ale problemei se are în vedere că (vezi cap.5):

- derulorul de bandă este cu acționare proprie;
- presele dispun de instalații proprii de acționare;
- dispozitivele de avans lucrează în perfect sincronism cu berbecul preselor;
- transferul semifabricatului continuu între posturile liniei inclusiv orientarea acestuia în scule nu necesită nici o acțiune aparte prin comanda liniei automate, ele obținându-se implicit prin alimentarea-evacuarea obiectului prelucrării în și din cele două scule.

Ținând cont de cele prezentate la cap.6.1, se constată că, în afara modului de funcționare în regim de reglaj, linia poate funcționa automat atât în regim de lovituri comandate (fig.6.1), cât și în regim de lovituri repetate (fig.6.2) în funcție de raportul vitezelor prin cele două utilaje de presare.

În scopul abordării mai ușoare a procesului de modelare a liniei, s-a conceput o organigramă, prezentată în fig.6.9, legată de modul de punere în funcțiune a liniei. Pornind de la aceasta, în vederea realizării unor modele de dimensiuni *acceptabile*, diversele faze în funcționarea liniei au fost descrise prin mai multe graficet-uri ierarhizate între ele [69].

Astfel, pornirea și oprirea liniei a fost descrisă (fig.6.10) prin graficet-ul **G1** (graficet *master*), care este totodată și graficet de *siguranță* în exploatare. În cazul atingerii buclilor de avarie sau la ruperea accidentală a benzii perforate, situată între cele două prese, prin intermediul acestui graficet se comandă oprirea automată a liniei. Aceasta se realizează cu ajutorul macroacțiunii "*Forțează*" asociată etapei 10, macroacțiune care obligă graficetul G5 (graficet *slave* față de G1), indiferent de *situația* în care se află, să

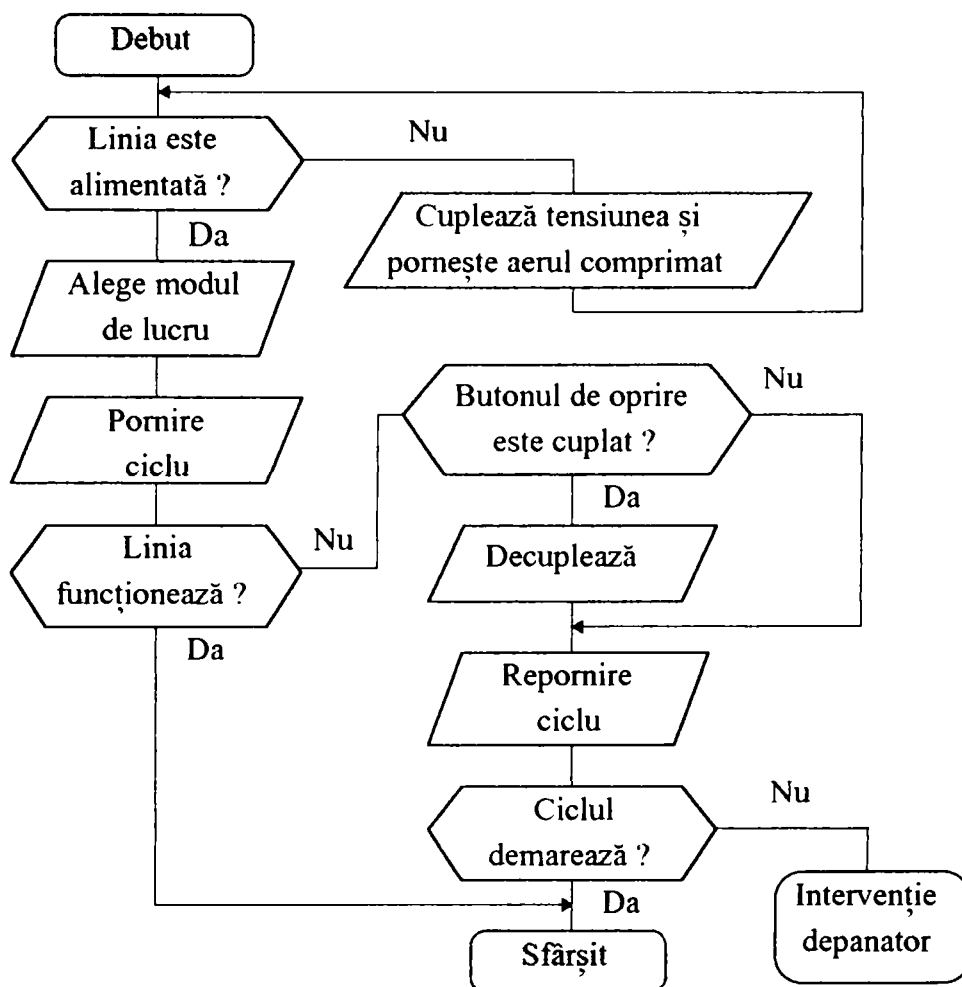


Fig.6.9 Organigramă privind punerea în funcțiune a liniei

treacă în etapa 50, etapă în care linia nu mai funcționează. În fig.6.11...6.13 sunt reprezentate graficeturile **G2**, **G3**, **G4** care descriu modul de funcționare al motoarelor electrice a preselor, respectiv alimentarea cu aer comprimat. Descrierea modului de funcționare al liniei este prezentată în fig.6.14 prin intermediul unui graficet principal **G5**. După punerea liniei sub tensiune ($X_{11}=1$) se poate alege unul din cele patru moduri de funcționare a liniei prezentate la nivel de macroetape (52...55). Pentru fiecare mod de funcționare s-a realizat o descriere detaliată sub forma unor graficet-uri de sarcină **G5.1...G5.4** prezentate în fig.6.15...6.18. Odată ales modul de funcționare prin activarea uneia din macroetapele 52...55 din graficet-ul principal, are loc, în cadrul graficet-ului de sarcină respectiv, activarea *simultană* a tuturor etapelor aflate în aval legate de prima tranziție, a cărei receptivitate, reprezentată prin starea internă a macroetapei activate, este adevărată. În cadrul fiecărui graficet de sarcină este descrisă, de la stânga la dreapta, funcționarea derulorului de bandă, a presei PAI40 (presa 1 din cadrul liniei), a dispozitivului pneumatic și a presei PAI6.3 (presa 2), evoluția fiecăreia dintre acestea desfășurându-se în paralel cu celelalte. În cadrul dispozitivului pneumatic se observă descrierea a două variante funcționale: cu dublă eliberare și fără dublă eliberare. Alegerea uneia dintre variante implică automat anularea celeilalte, prin condițiile care au fost impuse la etapele 130...430, respectiv 140...440. Gestiunea numărului de piese realizate pe linie se face cu ajutorul unui numărator a cărei funcționare este descrisă prin graficet-ul

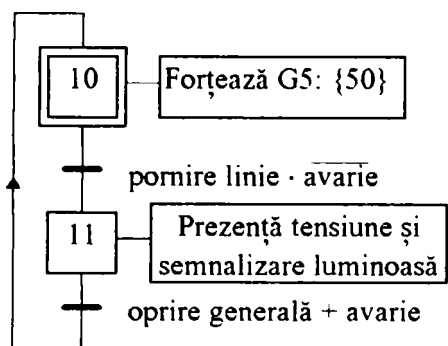


Fig.6.10 Grafcet funcțional de siguranță - G1

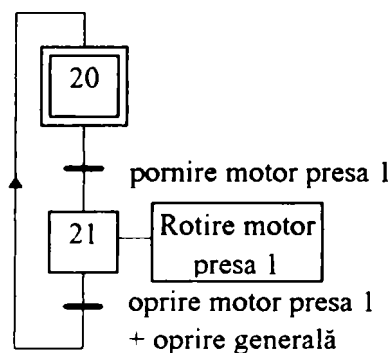


Fig.6.11 Grafcet funcțional motor presă 1 - G2

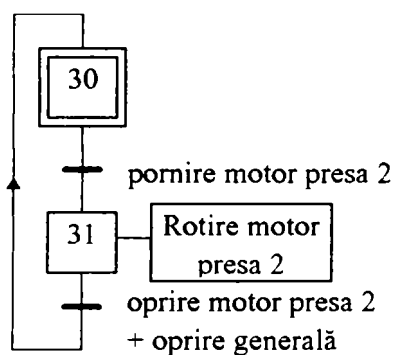


Fig.6.12 Grafcet funcțional motor presă 2 - G3

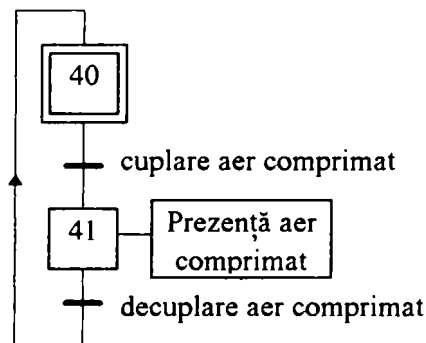
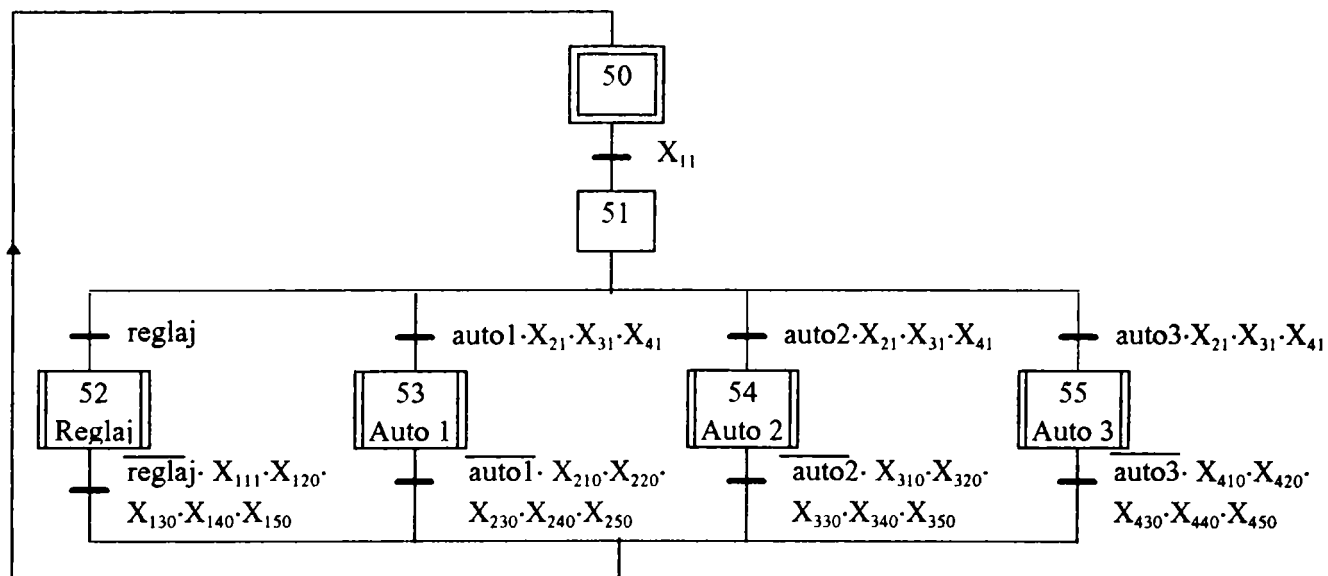
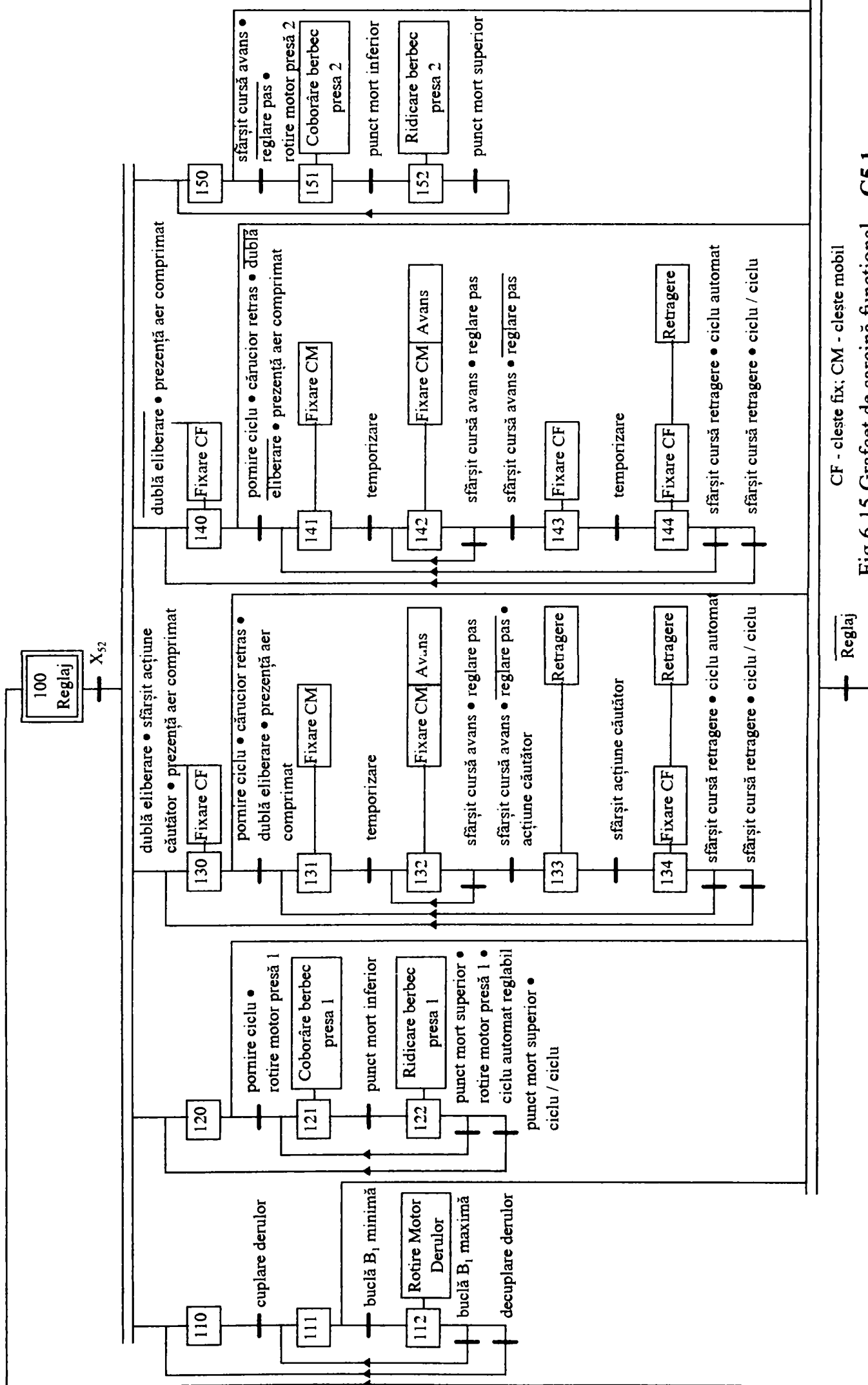


Fig.6.13 Grafcet funcțional aer comprimat - G4



unde: Auto 1 - funcționare în regim de lovituri comandate
 Auto 2 - funcționare în regim de lovituri repetate ($v_3 > v_2 < v_1$)
 Auto 3 - funcționare în regim de lovituri repetate ($v_3 < v_2 < v_1$)

Fig.6.14 Grafcet principal funcțional privind modurile de funcționare a liniei - G5



CF - cleste fix; CM - cleste mobil

Fig.6.15 Grafceet de sarcină funcțional - G5.1

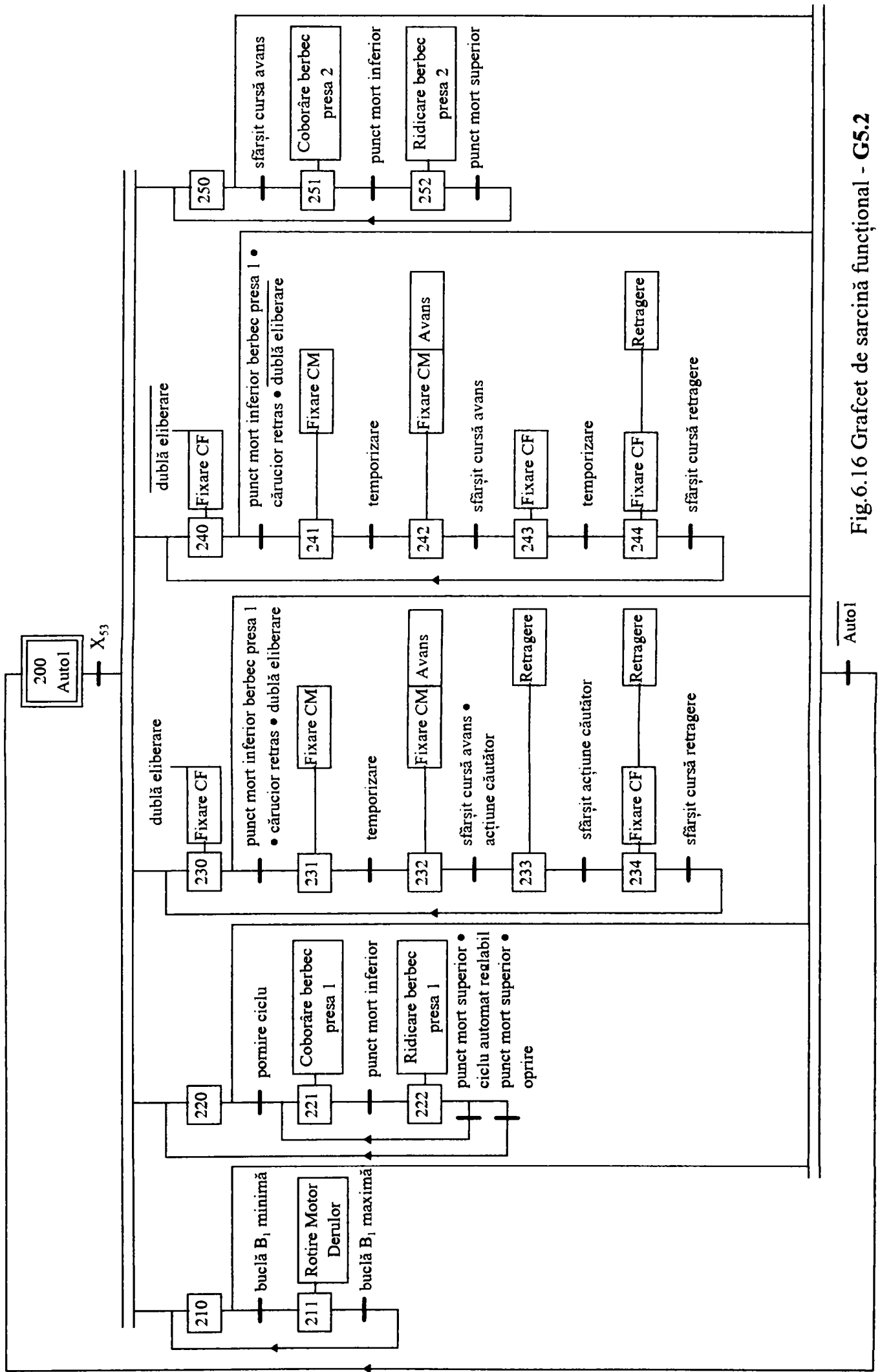


Fig.6.16 Graficet de sarcină funcțional - G5.2

Auto1

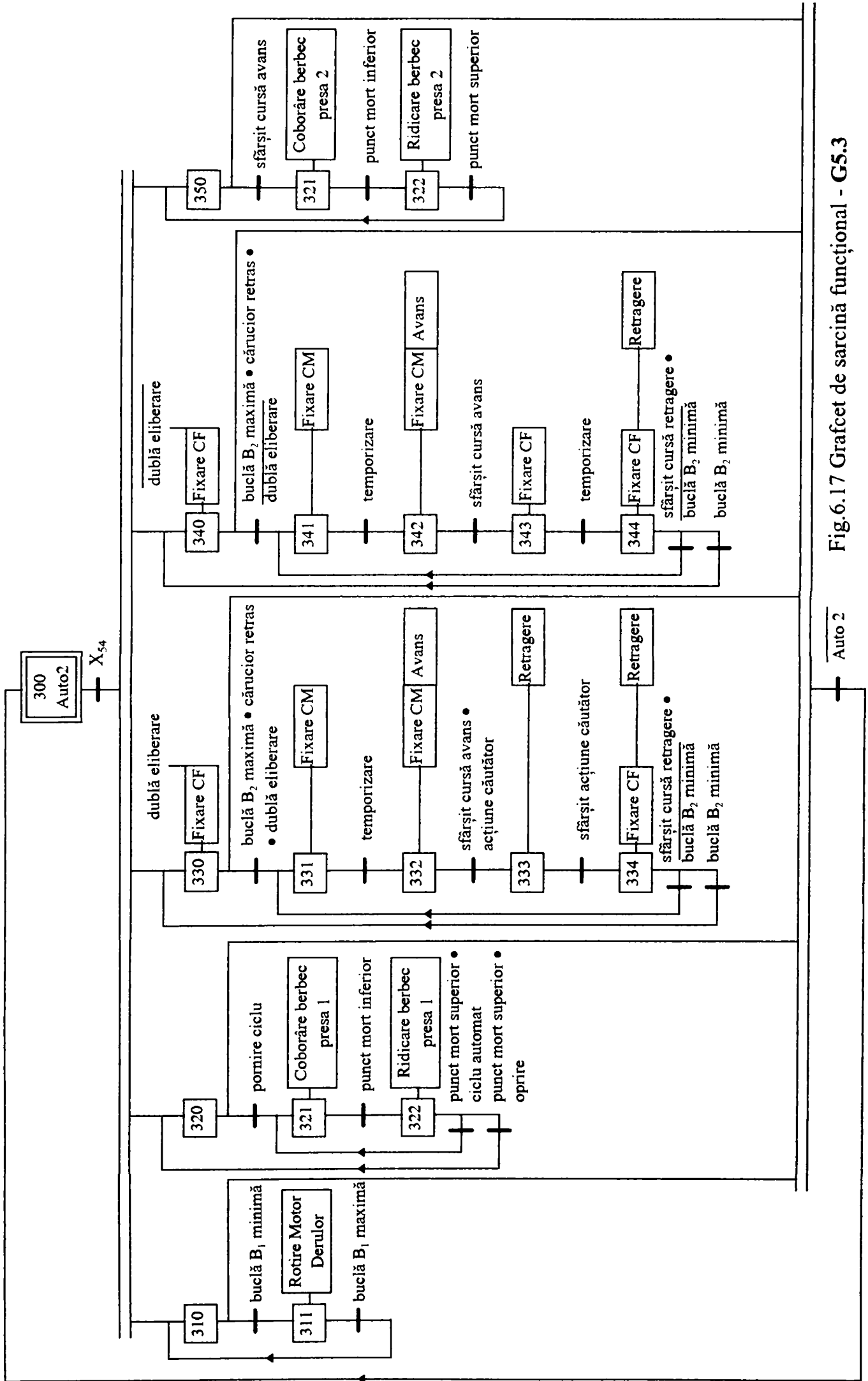


Fig.6.17 Grafet de sarcină funcțional - G5.3

Auto 2

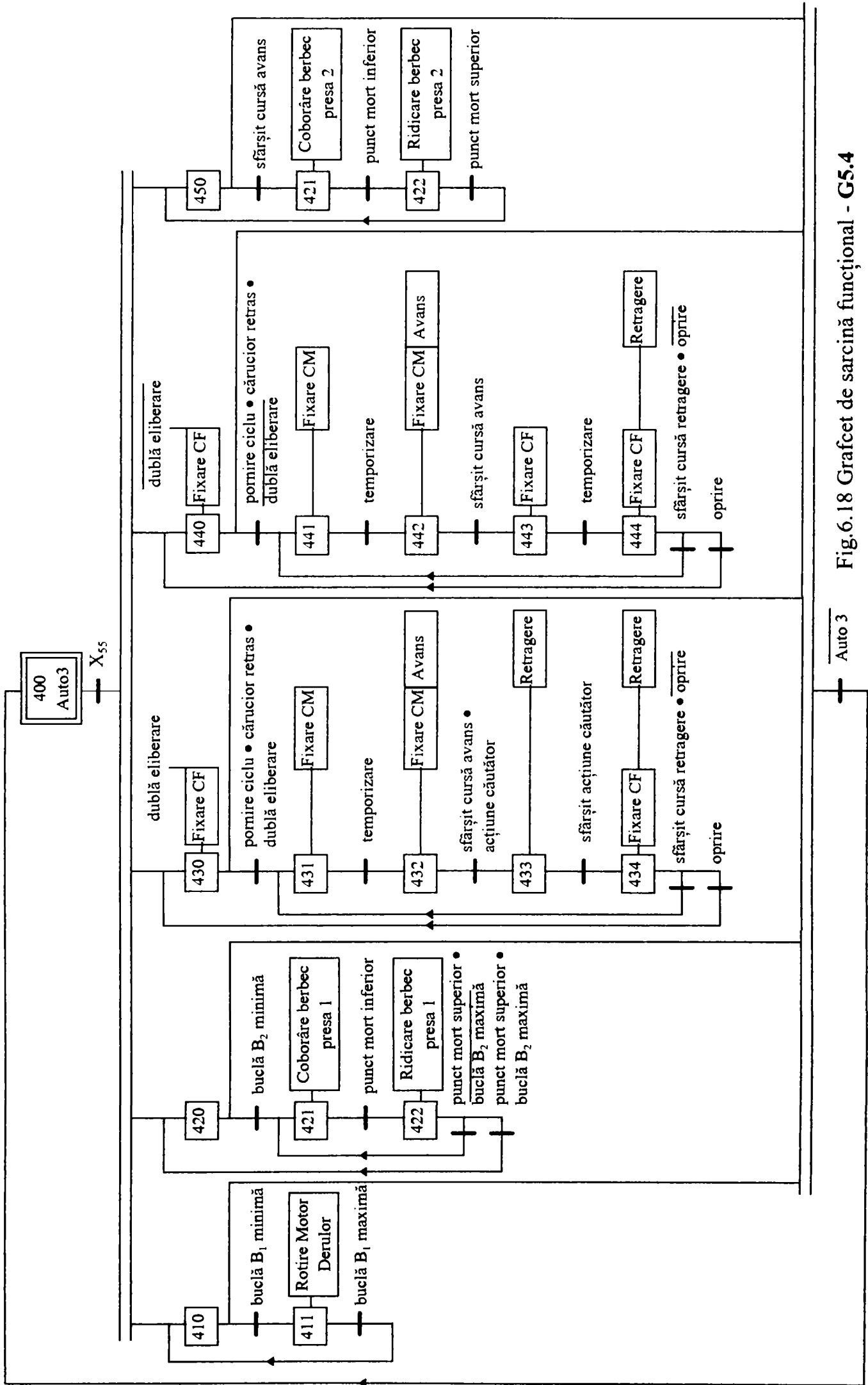


Fig.6.18 Grafcet de sarcină funcțional - G5.4

Auto 3

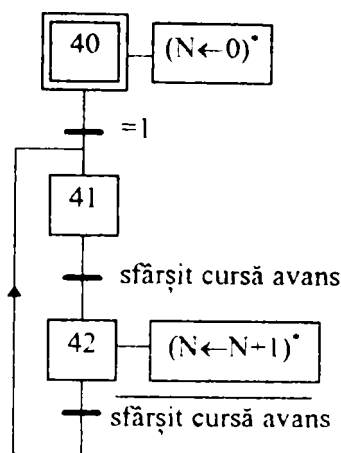


Fig.6.19 Grafcet funcțional numărător - G6

G6 (fig.6.19). Etapei inițiale 40 îi este asociată acțiunea impulsională $(N \leftarrow 0)^*$ care semnifică *aducerea la zero* a numărătorului N , după care acesta trece imediat în etapa 41 de așteptare, ca urmare a străbaterii tranziției care este validată și a cărei receptivitate este întotdeauna adevărată ($=1$). La sfârșitul cursei de avans a dispozitivului pneumatic se dă o comandă presei 2 în vederea efectuării unei curse duble, deci a unei piese, tranziția cu această receptivitate este străbătută, fiind activată etapa 42 la care este asociată acțiunea impulsională $(N \leftarrow N+1)^*$ care semnifică *adaugă 1* la numărătorul N .

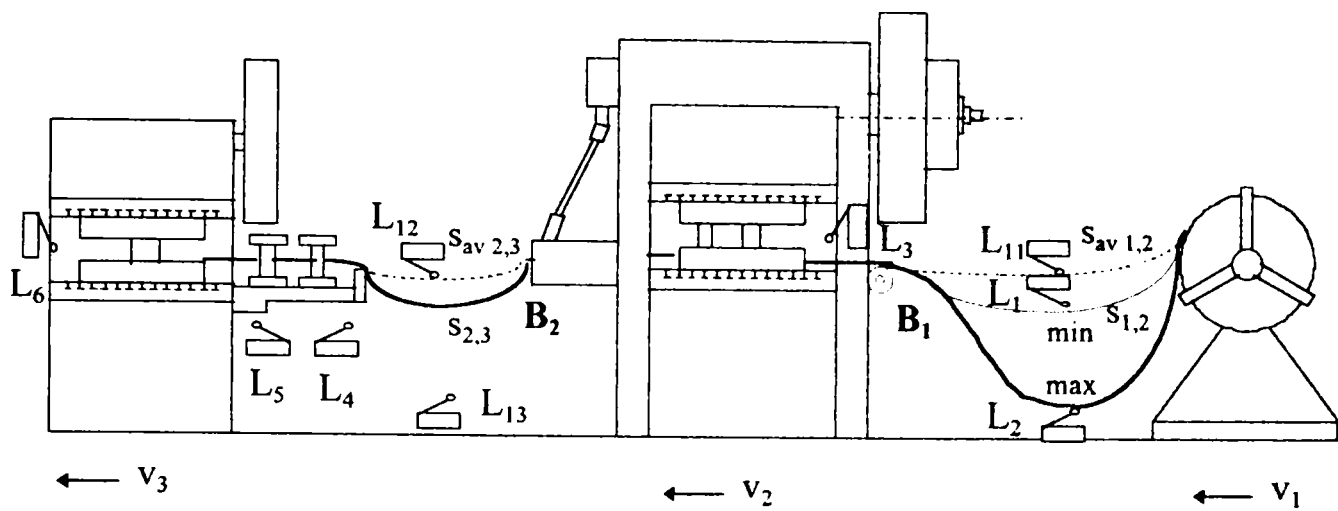
În final se poate trage **concluzia** că *grafcet-ul de nivel 1 rămâne la nivelul strict al funcționării liniei automate*, fără a fi indicat modul concret prin care informațiile și acțiunile sunt tehnologic materializate. Elementele de dialog și comunicare sunt definite doar din punct de vedere formal prin natura acțiunilor și informațiilor.

6.2.4 Elaborarea Grafcet-ului de nivel 2

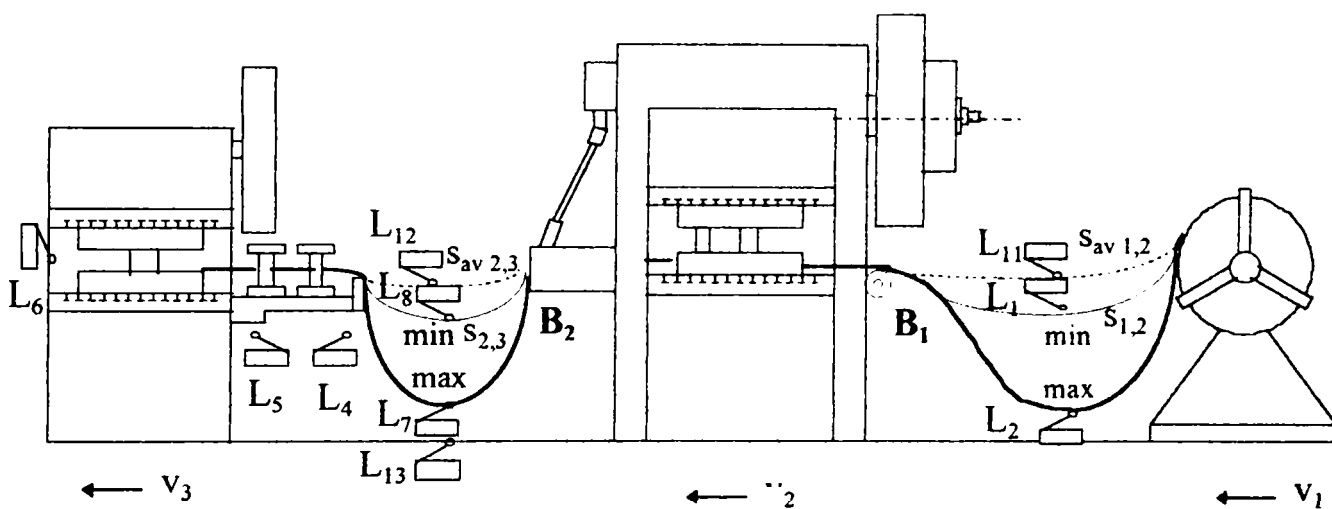
În vederea elaborării grafcet-ului de nivel 2, cel al *specificațiilor tehnologice*, este necesar să definim modul cum vor fi *materializate* din punct de vedere tehnologic informațiile și acțiunile descrise în grafcet-ul de nivel 1. Specificațiile tehnologice precizează maniera în care partea de comandă va trebui să fie fizic inserată în ansamblul care constituie sistemul automat și mediul său. La elaborarea unui grafcet de nivel 2 se definesc:

- lanțurile tehnologice pentru materializarea informațiilor și acțiunilor necesare sistemului automat: senzori, organe de dialog cu mediul exterior sistemului, sisteme de acționare, etc;
- condițiile de funcționare (sau *specificațiile operaționale*) care nu întotdeauna sunt specificate prin Grafcet: siguranța în funcționare, moduri de funcționare și oprire.

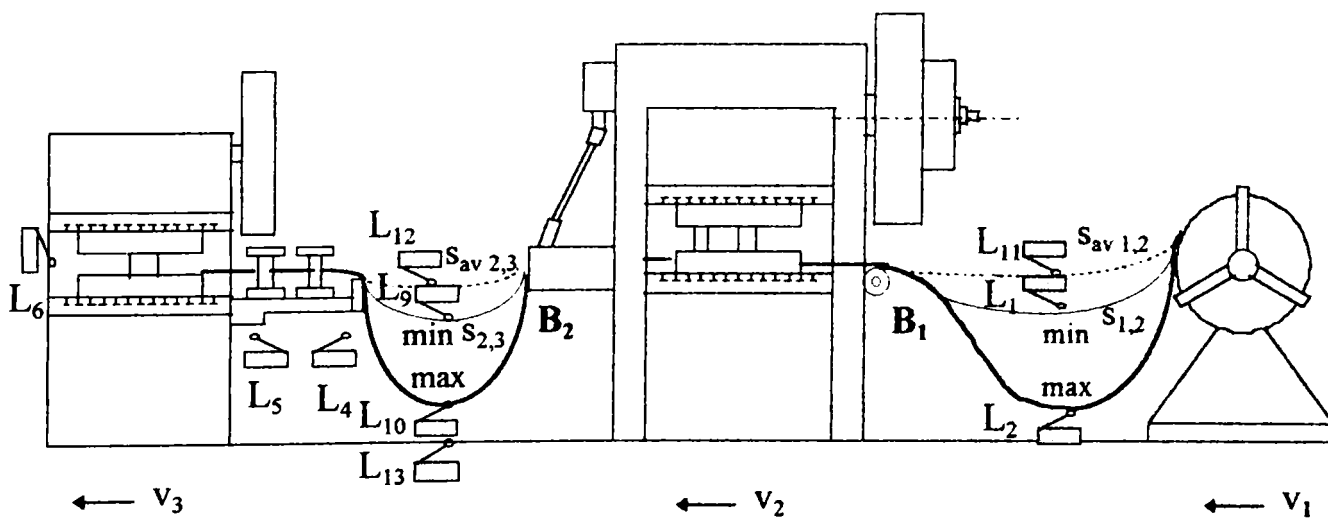
În acest context, în vederea detectării poziției diferitelor elemente aflate în mișcare au fost folosiți senzori de poziție sub forma de microînterupătoare fine de cursă, dispunerea acestora de-a lungul liniei, pentru fiecare mod de funcționare în parte, fiind prezentată în fig.6.20. Comenzile de pornire-oprire a diferitelor echipamente din cadrul liniei, de selectare a diverselor moduri de funcționare se face pe cale electrică cu ajutorul unor butoane de pornire-oprire, respectiv comutatoare. În cazul dispozitivului pneumatic, închiderea sau deschiderea cleștelui fix și a celui mobil, respectiv deplasarea căruciorului se realizează cu ajutorul a doi cilindri cu membrană și a unui cilindru cu dublă acțiune, acționați de distribuitori cu comandă



a) Funcționare în regim de lovituri comandate (Auto 1); $v_1 > v_2 \approx v_3$



b) Funcționarea în regim de lovituri repetate (Auto 2); $v_3 > v_2 < v_1$



c) Funcționarea în regim de lovituri repetate (Auto 3); $v_3 < v_2 < v_1$

Fig.6.20 Modul de dispunere a microîntrerupătoarelor fine de cursă de-a lungul liniei

electrică sau pneumatică. Trecerea de la deservirea unei scule cu căutători la o sculă fără căutători se face prin *reconfigurarea* schemei de acționare a dispozitivului (vezi fig.5.6)., prin scoaterea, cu ajutorul cuplelor rapide LR₁-LR₂, a distribuitorului D₃ de pe circuitul cleștelui fix.

În continuare se va face o scurtă prezentare privind punerea în funcțiune a liniei, notațiile folosite în elaborarea graficet-urilor de nivel 2 (fig.6.21...6.29) fiind prezentate în legendă. Pentru început se pune sub tensiune partea de comandă (graficet G1-fig.6.21), prin acționarea butonului P, cu condiția ca nici un microîntrerupător fine de cursă L₁₁, L₁₂, L₁₃ să nu fie acționat. În acest moment graficet-ul G5 (fig.6.25) evoluează din etapa inițială 50 în etapa 51 (X₁₁=1) după care se poate alege modul de lucru. Prin trecerea comutatorului K₁ pe poziția 1 se activează macroetapa 52 (de reglare a liniei sau în cazul funcționării independente a utilajelor), caz în care graficet-ul de sarcină G5.1 (fig.6.26) evoluează din etapa inițială 100 (X₅₂=1) activând etapele 110, 120, 130 140, 150. După montarea ruloului de bandă pe derulor, se reglează poziția microîntrerupătoarelor L₁ și L₂ și se trece comutatorul K₄ pe poziția 1. Când este acționat L₁ are loc rotirea derulorului iar la acționarea lui L₂ se comandă oprirea derulorului. După montarea sculei pe presa 1 și reglarea pasului la dispozitivul de avans se pornește motorul presei prin acționarea butonului de pornire P_{MPI} (graficet G2-fig.6.22) după care se comandă pornirea ciclului de lucru acționând butonul P₁. Timpul Δ scurs între două curse duble ale berbecului presei se reglează prin intermediul dispozitivului de temporizare prezentat în anexa 5. După efectuarea reglajului se dă comanda de oprire a ciclului de lucru cu ajutorul butonului O₁. În cazul dispozitivului pneumatic de avans, în funcție de modul de funcționare ales (cu sau fără dublă eliberare) acesta va evolua pornind de la etapa 130 sau 140. Pornirea ciclului de lucru se face prin acționarea butonului P₂, după ce în prealabil a fost cuplat aerul comprimat (graficet G4 -fig.6.24) prin deschiderea robinetului R. La sfârșitul cursei de avans, când comutatorul K₅ se află în poziția 0, căruciorul rămâne pe loc pentru a se putea regla mărimea pasului. Prin trecerea comutatorului K₅ pe poziția 1 se realizează cursa de retragere, la sfârșitul căreia se poate relua ciclul sau se dă comanda de oprire (O₂). La sfârșitul cursei de avans a căruciorului se dă o comandă presei 2 în vederea efectuării unei curse duble. Dacă motorul acesteia este pornit (graficet G3 -fig.6.23) iar dispozitivul nu se află în faza de reglare a pasului, presa va efectua o cursă dublă contorizată de numărătorul N (graficet G6-fig.6.30), după care berbecul va staționa la punctul mort superior până când va primi un nou semnal. În continuare se va regla și poziția celorlalte microîntrerupătoare dispuse de-a lungul liniei. După efectuarea tuturor reglajelor se trece comutatorul K₁ pe poziția 0, caz în care graficetul principal G5 (fig.6.25) revine în etapa 51 când se poate alege unul din cele trei regimuri de funcționare automată a întregii linii.

Oprirea liniei se face prin oprirea fiecărui utilaj când acestea lucrează independent sau sunt în faza de reglaj, respectiv a utilajului cu viteza cea mai mică (cu funcționare continuă), care conduce la oprirea celorlalte utilaje. În final se realizează oprirea generală prin acționarea butonului O, care are rol și de oprire de urgență dacă se constată abateri de la funcționarea corectă a liniei.

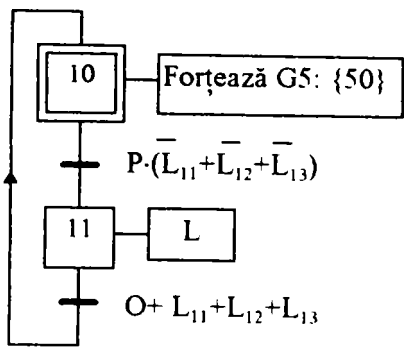


Fig.6.21 Grafcet de siguranță tehnologic - G1

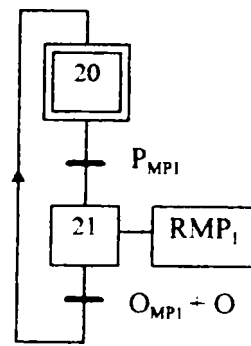


Fig.6.22 Grafcet tehnologic motor presă 1 - G2

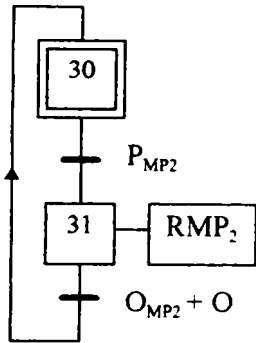


Fig.6.23 Grafcet tehnologic motor presă 2 - G3

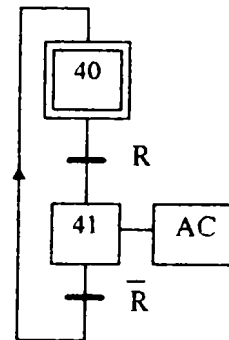


Fig.6.24 Grafcet tehnologic aer comprimat - G4

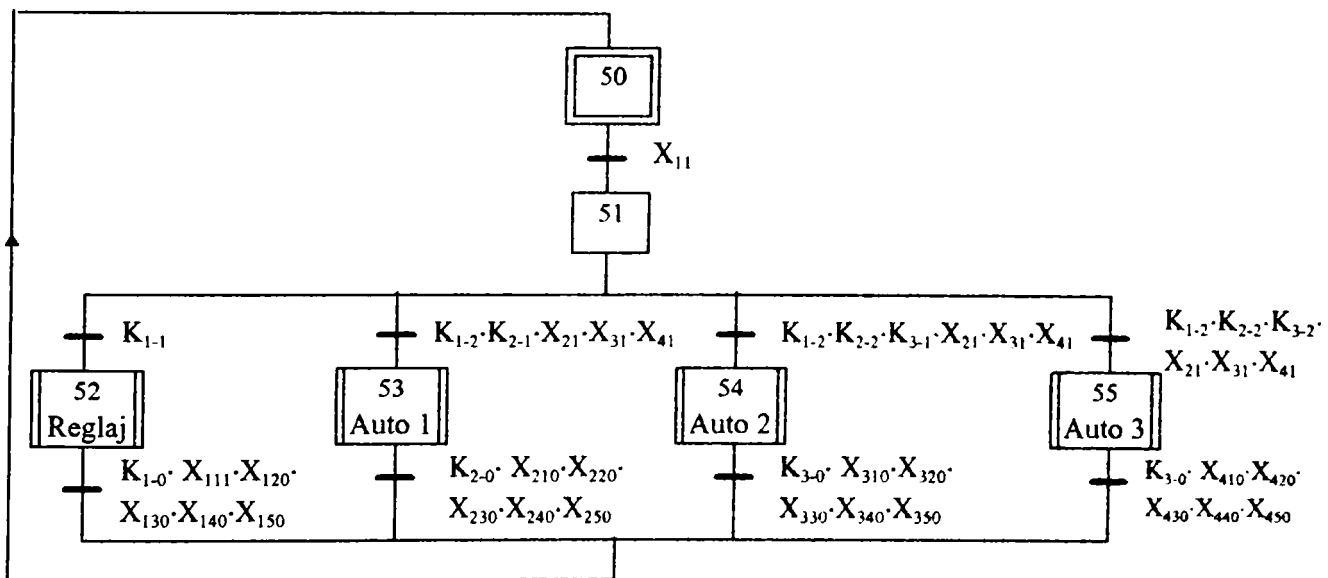


Fig.6.25 Grafcet principal tehnologic - G5

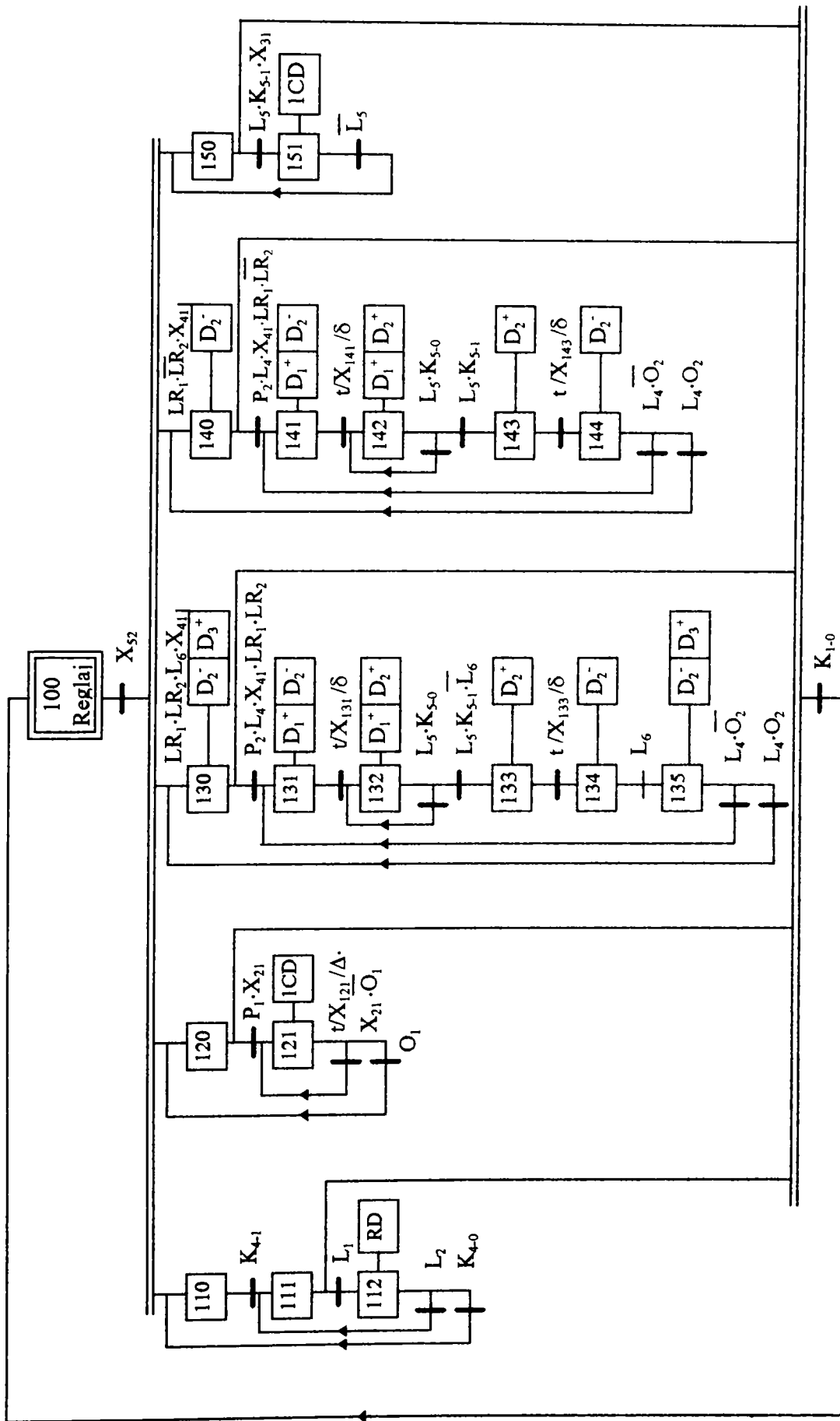


Fig.6.26. Grafet de sarcină cu specificații tehnologice - G5.1

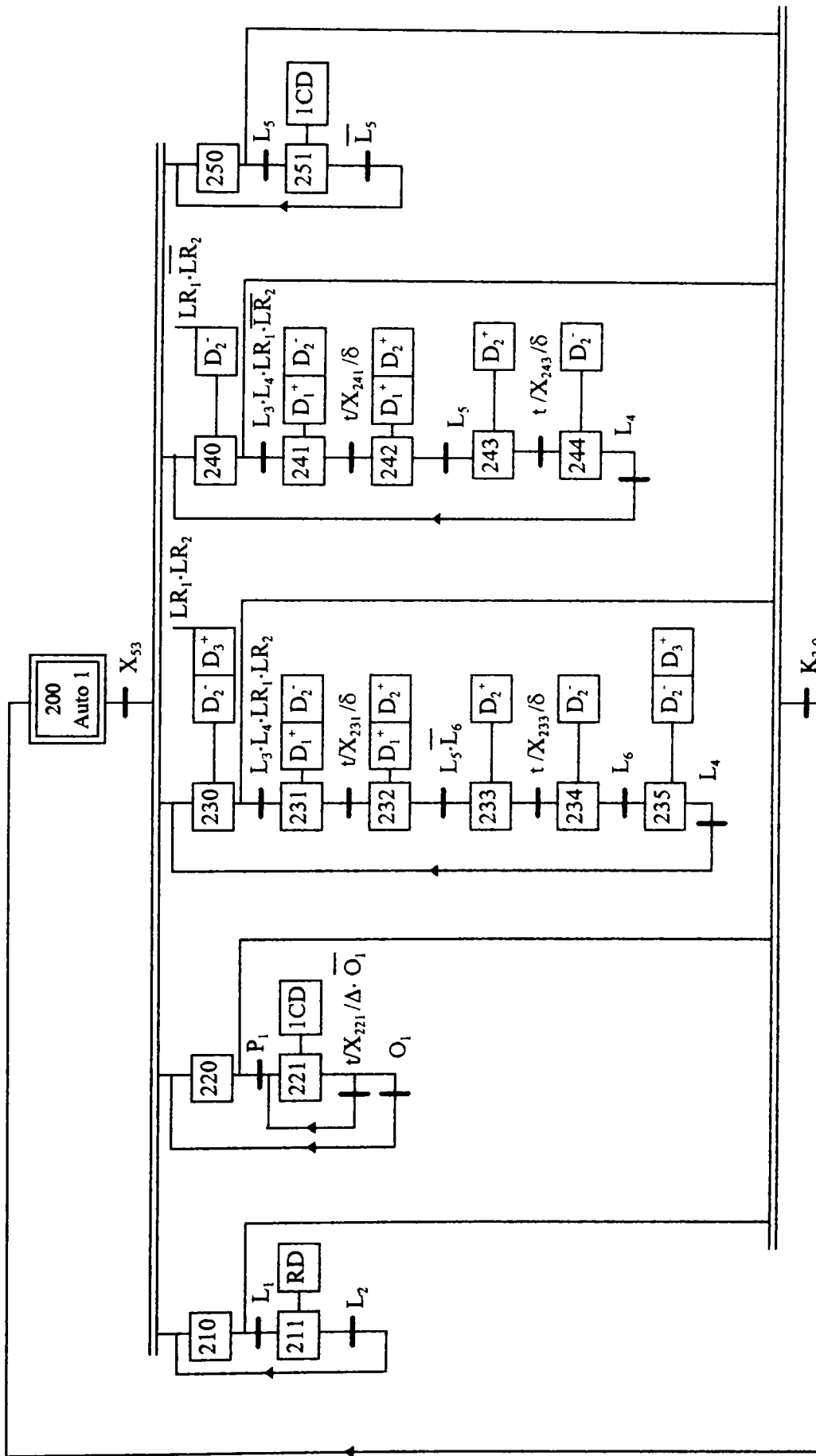


Fig.6.27 Grafet de sarcină cu specificații tehnologice - G5.2

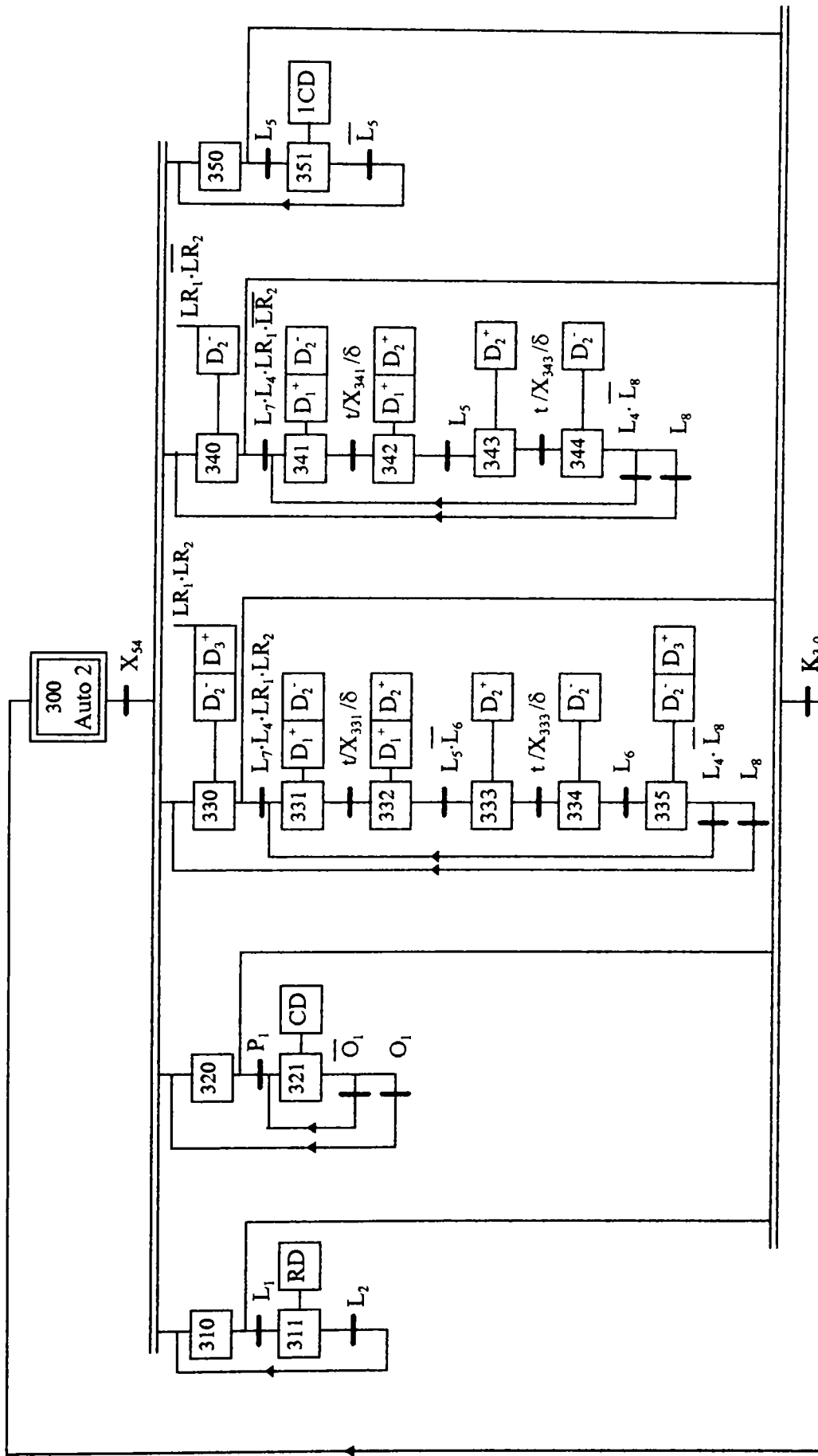


Fig.6.28 Graficet de sarcină cu specificații tehnologice - G5.3

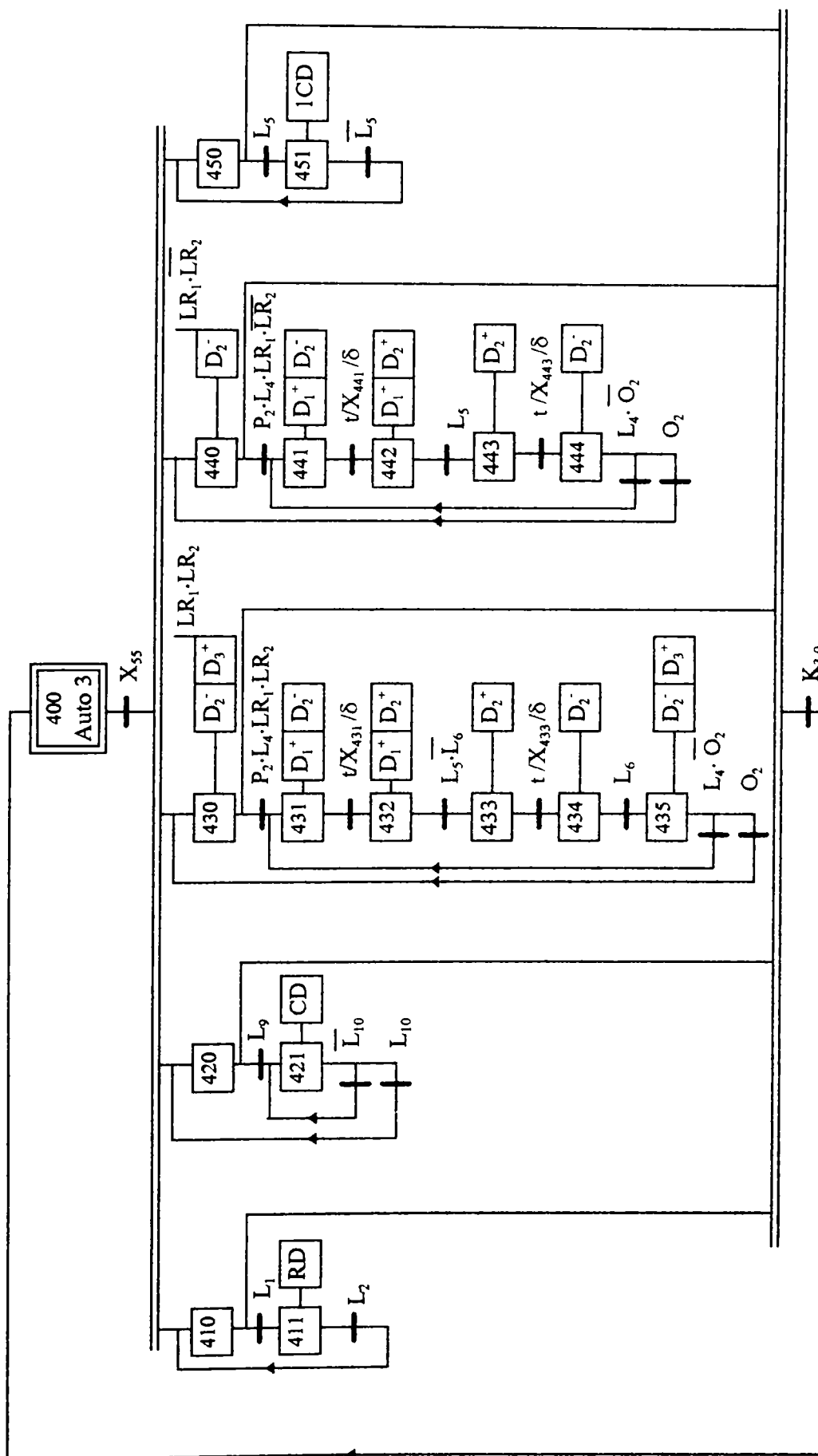


Fig.6.29 Grafet de sarcină cu specificații tehnologice - G5.4

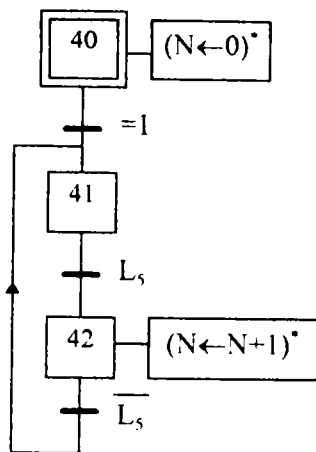


Fig.6.30 Grafcet tehnologic numărător - G6

LEGENDĂ:

- P, O** - buton de pornire/oprire generală
- L** - lampă de semnalizare prezență tensiune
- L₁...L₁₃** - microîntrerupătoare fine de cursă
- P_{MP1}, P_{MP2}, O_{MP1}, O_{MP2}** - butoane de pornire/oprire motoare presa 1 și 2
- RMP₁, RMP₂** - rotire motor presa 1 și 2
- R** - robinet
- AC** - aer comprimat la dispozitivul pneumatic
- K₁, K₂, K₃** - comutatoare pentru alegerea modului de funcționare
- K₄** - comutator derulor
- RD** - rotire derulor
- P₁, P₂, O₁, O₂** - butoane de pornire/oprire ciclu de lucru la presa 1, respectiv la dispozitivul pneumatic
- K₅** - comutator pentru reglarea pasului la dispozitivul pneumatic
- ICD** - o cursă dublă a berbecului presei
- CD** - curse duble ale berbecului presei în regim de lovituri repetate
- Δ** - timpul reglat între două curse duble ale presei 1
- δ** - timpul necesar comutării distribuitorului D₂ dintr-o poziție în alta
- LR₁, LR₂** - legături rapide

În ceea ce privește siguranța în funcționare, aceasta a fost luată în considerare încă de la grafcet-ul de nivel 1 prin introducerea în grafcet-ul de siguranță la nivel de receptivitate a condiției "avarie". În cazul în care unul din utilaje nu pornește sau nu se oprește când s-a atins lungimea minimă a buclei B₁ sau B₂, la atingerea lungimii buclei de avarie sau la ruperea accidentală a benzii din bucla B₂ sunt acționate microîntrerupătoarele fine de cursă L₁₁ și L₁₂, respectiv L₁₃ care comandă oprirea automată a liniei, evitându-se astfel întinderea sau ruperea benzii, pierderea preciziei de pas sau deteriorarea dispozitivelor de avans.

6.3 Realizarea schemei electrice de comandă

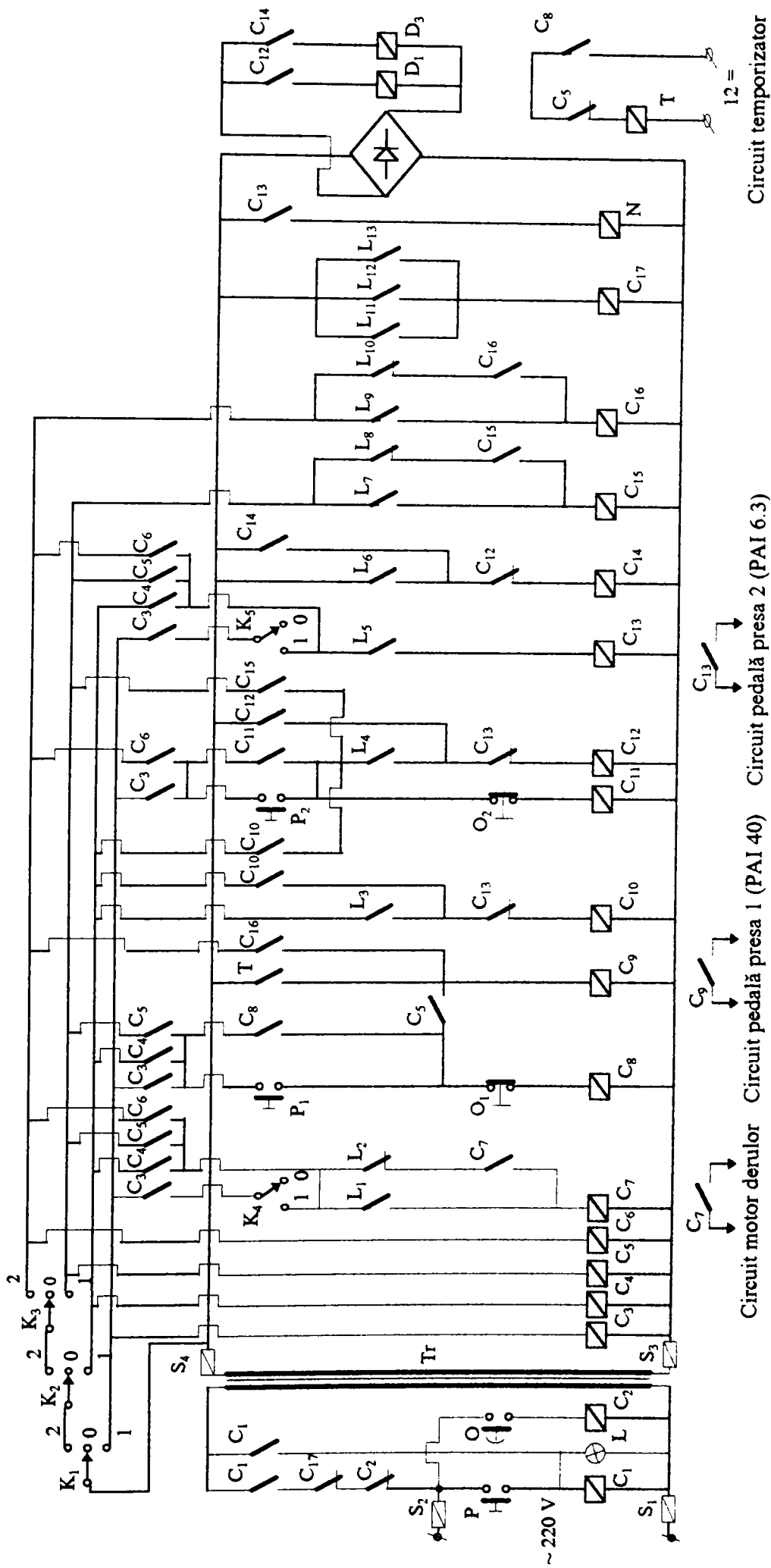
În ceea ce privește opțiunea tehnologică pentru realizarea părții de comandă, aceasta poate să nu apară specificată la nivelul Grafcet, rămânând la latitudinea specialistului care o realizează, pe baza funcțiile indicate prin Grafcet. Astfel, partea de comandă poate fi realizată [39] având la bază tehnica:

- **cablată**, caz în care înlănțuirea funcțiilor de comandă impune o rețea de componente conectate unele în raport cu celelalte. În acest caz poate fi utilizată tehnologia electromecanică, electronică sau pneumatică;
- **programată**, când înlănțuirea funcțiilor de comandă este programată sub forma unor instrucțiuni care sunt tratate și gestionate de către unitatea centrală a părții de comandă. Aceasta poate fi realizată cu ajutorul:
 - ⇒ *automatelor programabile industriale* care nu reclamă cunoștințe de informatică, și care posedă, aproape toate, un limbaj adaptat Grafcet-ului, fiind înzestrate cu mai multe intrări și ieșiri;
 - ⇒ *micro și mini-calculatoarelor*, a căror utilizare reclamă cunoștințe de informatică. Grafcet-ul trebuie tradus într-un limbaj bazat pe structuri algoritmice. Totodată acestea nu posedă, în general, intrări și ieșiri industriale, motiv pentru care vor trebui să fie create;
 - ⇒ *microsisteme* sub forma unor plăci electronice construite în jurul unui microprocesor, dotate cu intrări și ieșiri industriale. La fel ca și în cazul calculatoarelor este necesară transformarea Grafcet-ului într-un limbaj bazat pe structuri algoritmice, dar în acest caz posibilitățile de dialog cu operatorul sunt reduse.

Alegerea tehnologiei părții de comandă nu este întotdeauna evidentă, fiind necesar să fie luați în calcul o serie de factori. Pentru a ușura acest lucru au fost puse la punct documente de analiză realizate de ADEPA (Agence pour le Developpement de la Productique Appliquée à l'industrie) [39], care permit alegerea tehnologiei adaptate la cazul concret. În mare, principalele criterii care stau la bază sunt:

- **funcționale**, bazate pe analiza *numărului de semnale de intrare-ieșire*, care are o influență privind complexitatea schemei, și a *volumului de tratare a informațiilor*, legat de complexitatea și numărul de etape al Grafcet-ului; Aceste două criterii influențează alegerea unei tehnici bazată pe logica cablată sau programată.
- **tehnologice**, având la bază dorința de a avea o instalație omogenă, ușor de întreținut, ceea ce impune alegerea unei tehnologii a părții de comandă identică cu cea a părții operative. Această soluție ideală (de ex. automatisme în întregime electrice sau pneumatice) nu poate fi întotdeauna respectată din cauza altor criterii;
- **economice**, care țin cont de costurile privind investiția, funcționarea și întreținerea sistemului automatizat.

Pe baza celor menționate mai sus și în urma parcurgerii documentului de analiză ADEPA, s-a ajuns la **concluzia** că, pentru cazul concret al acestei linii automate flexibile de ștanțare-matrițare se poate folosi în condiții de eficiență atât tehnica bazată pe logica cablată,



P, O-butoane de pornire/oprire generală; **P₁, O₁**-butoane de pornire/oprire ciclul de lucru la presa 1; **P₂, O₂**-butoane de pornire/oprire ciclul de lucru la dispozitivul pneumatic; **K₁, K₂, K₃**- comutatoare pentru alegerea modului de funcționare; **K₄**-comutator derulor; **K₅**-comutator pentru reglarea pasului la dispozitivul pneumatic; **S₁...S₄** - siguranțe fuzibile; **Tr**-transformator 24 V; **C₁...C₁₇** -relee intermediare și contactoare; **N**-numărător; **T**-dispozitiv de temporizare; **L**-lampă de semnalizare;

Fig.6.31 Schema electrică (simplificată) a părții de comandă a liniei

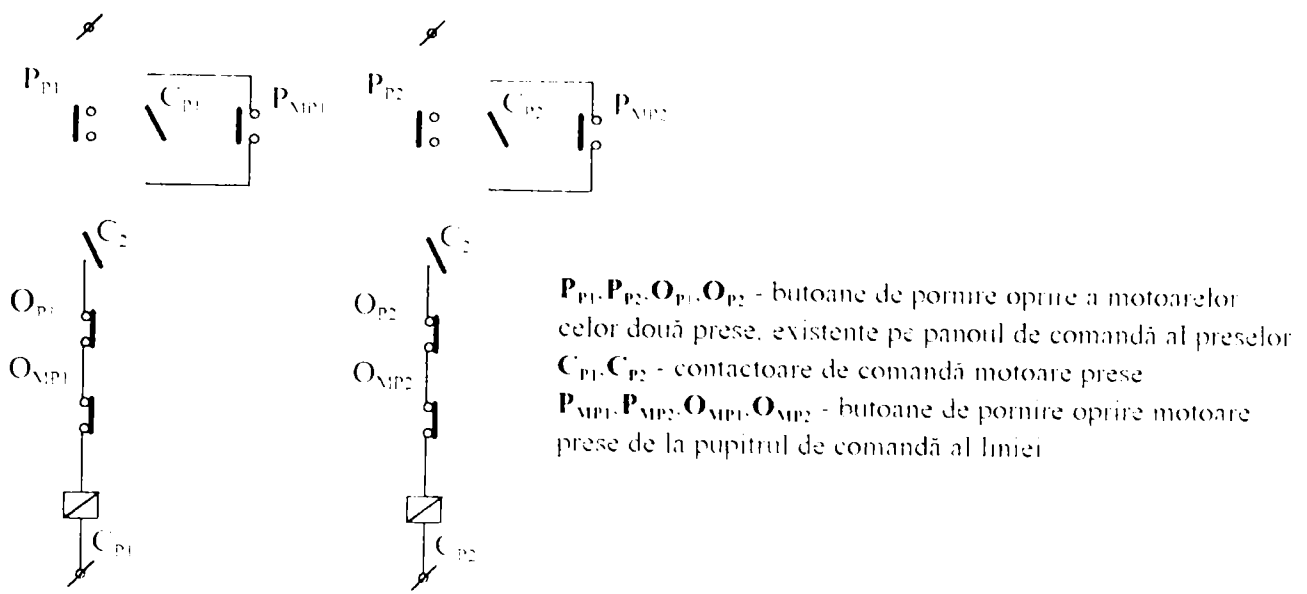


Fig.6.32 Circuite de comandă motoare prese

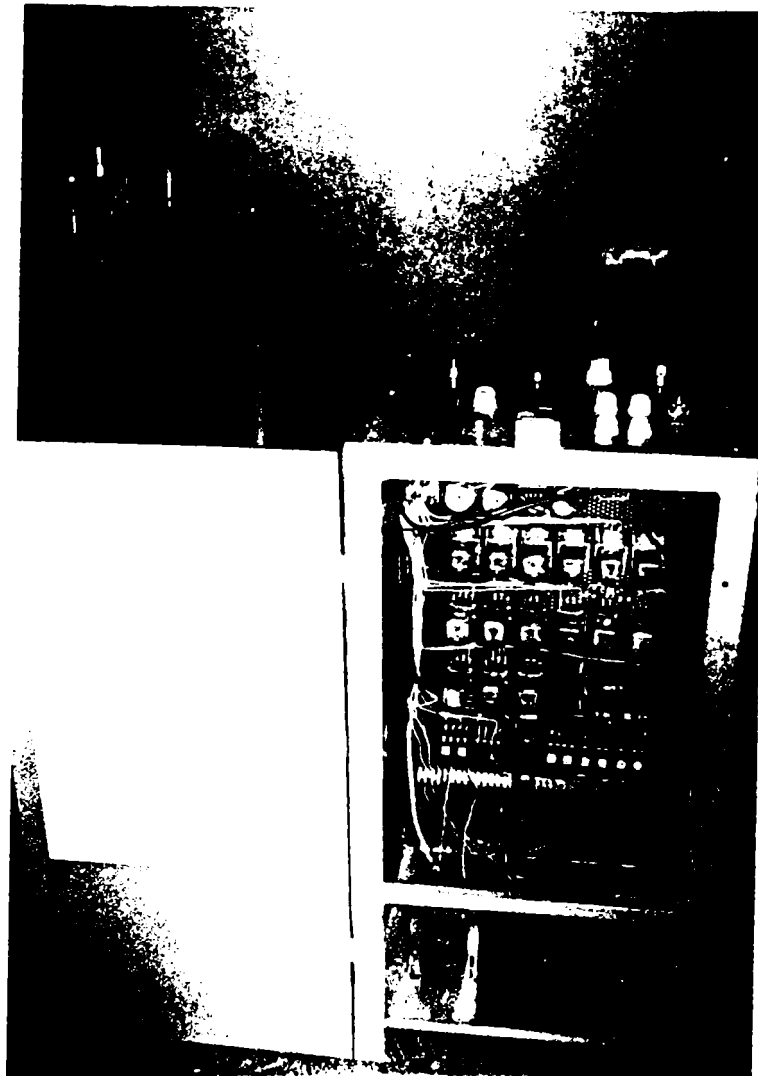


Fig.6.33 Pupitru de comandă

cât și pe cea programată prin utilizarea unui automat programabil. În final, luând în calcul și resursele materiale și financiare existente (de care s-a dispus în cadrul laboratorului de presare la rece de la Universitatea "Politehnica" din Timișoara unde s-a realizat linia) s-a optat pentru

tehnica bazată pe *logica cablată*, tehnologia utilizată în acest caz fiind cea electromecanică și pneumatică.

Pe baza graficet-ului de nivel 2 s-a conceput schema electrică de comandă a liniei, schemă prezentată în fig.6.31. Aceasta s-a realizat pe baza montajelor cu relee și contactoare. Legătura cu circuitul de comandă al preselor și a derulorului este prezentată în partea de jos a figurii. Schema s-a conceput în așa fel încât se păstrează *aproape nemodificat* circuitul de comandă al preselor (fig.6.32), *micile modificări* constând doar în introducerea în paralel a unor contacte în circuitul de comandă al pedalei preselor, respectiv al motoarelor derulorului și a preselor. În fig.6.33 este prezentat pupitrul de comandă al liniei realizat pe baza schemelor electrice prezentate mai sus.

Avantajul unei astfel de soluții constă atât în simplitatea ei, cât mai ales în faptul că ambele prese pot lucra ca și utilaje integrate în cadrul liniei, caz în care comanda se realizează de la pupitrul de comandă al liniei, cât și ca utilaje independente, caz în care fiecare presă poate fi comandată de la panoul său de comandă.

CERCETĂRI EXPERIMENTALE PRIVIND CONSUMUL DE ENERGIE ELECTRICĂ PE LINIE

Fabricația pe linie automată a unui produs, în raport cu fabricația acestuia pe prese individuale în regim neautomat, conduce pe lângă creșterea productivității muncii, respectiv scăderea manoperei (vezi cap.4.1), și la modificarea valorii consumului de energie electrică pe produs. Pentru determinarea acestei valori se impune în primul rând determinarea consumului de energie electrică pentru fiecare utilaj în parte.

7.1 Determinarea experimentală a consumului de energie electrică la presa PAI 40

Cercetarea experimentală de față și-a propus determinarea variației consumului de energie electrică la prelucrări de ștanțare realizate pe presa cu excentric PAI 40, pentru diverse regimuri de funcționare a acesteia [70]. În acest scop a fost realizată o instalație experimentală a cărei vedere de ansamblu este prezentată în fig.7.1, iar schema de principiu în fig.7.2.

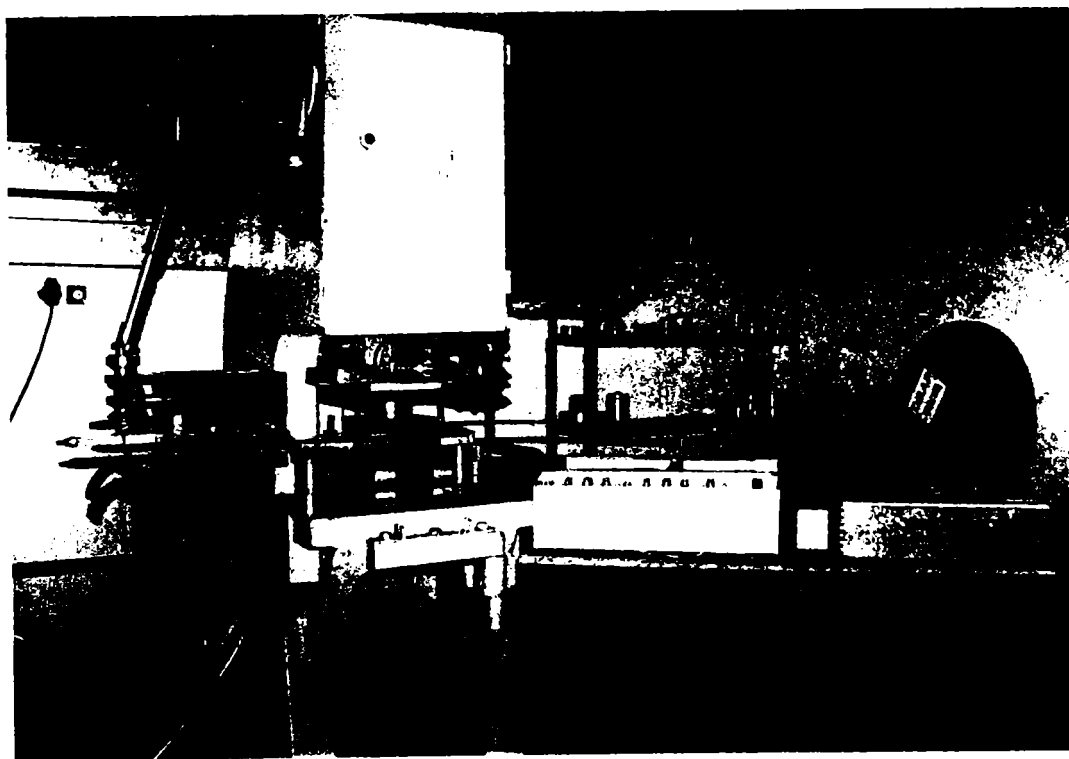
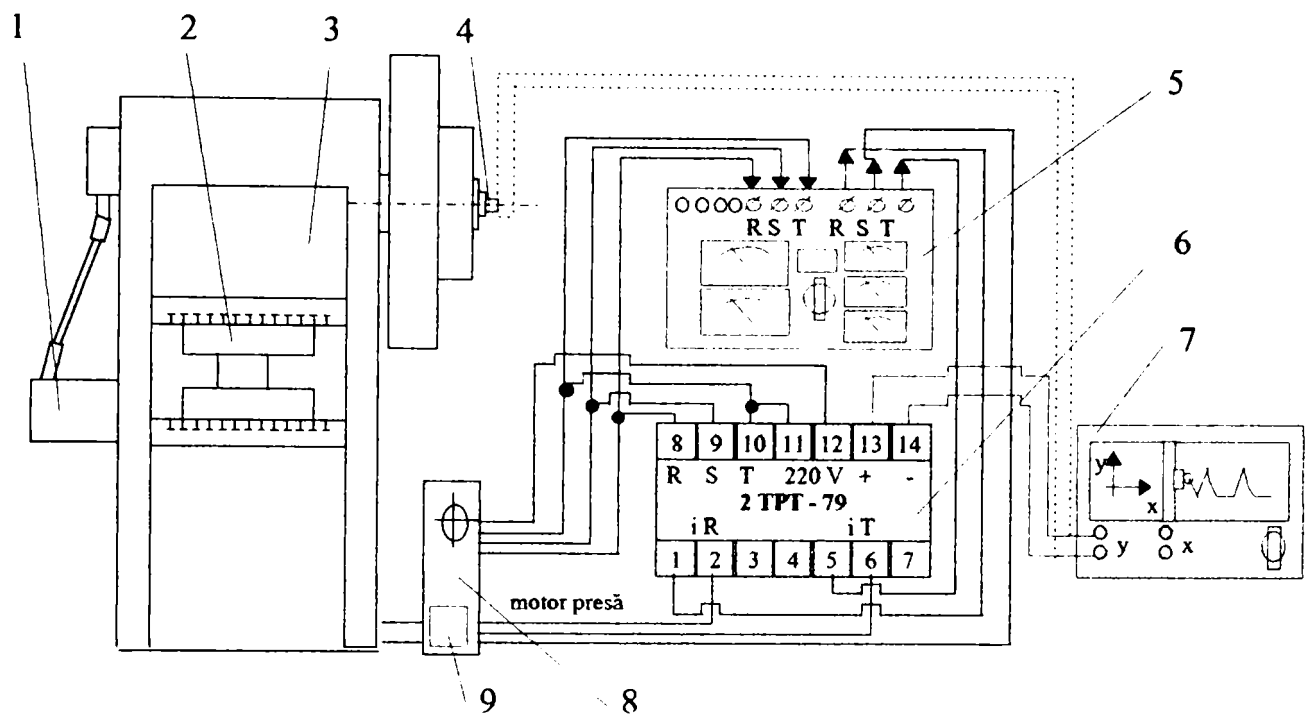


Fig.7.1 Vedere de ansamblu instalație experimentală



1. dispozitiv de avans automat al semifabricatului; 2. ștanță de decupare; 3. presa PAI 40; 4. tahogenerator REO 444 St. Massy montat prin intermediul unui suport de partea fixă a presei și pus în mișcare de rotație de către volant; 5. trusă wattmetrică; 6. traductor trifazat de putere activă 2TPT-79; 7. inscripător grafic tip XY Recorder Endim 620.02; 8. panou electric presă; 9. dispozitiv de temporizare.

Fig.7.2 Schema de principiu a instalației experimentale

7.1.1 Planificarea experimentului

Considerând ca și funcție dependentă puterea consumată în diverse regimuri de lucru, iar ca mărimi independente cadența presei și încărcarea acesteia, a fost alcătuit următorul program experimental prezentat în tabelul 7.1. Programul experimental a fost astfel conceput încât rezultatele să poată fi prelucrate statistic conform metodei suprafețelor de răspuns [18],[36],[63] utilizând programul de calcul “Statgraphics”[83]. În vederea micșorării ponderii erorilor, experimentările au fost programate a se efectua în ordine aleatoare.

Tabelul 7.1 Matricea program 3²

Nr. exp.	Conținutul experimentului			
	Codificat		Valori naturale	
	x_1	x_2	C [cd/min]	F [kN]
1	+1	-1	80	136
2	-1	0	20	204
3	0	-1	50	136
4	0	0	50	204
5	+1	+1	80	272
6	-1	-1	20	136
7	-1	+1	20	272
8	0	+1	50	272
9	+1	0	80	204

7.1.2 Realizarea încercărilor

Încercările au fost efectuate pe fâșii din material OL 37 STAS 500-88, cu grosimea de 1; 1.5; 2 mm, folosind o șantă de decupare. Reglarea cadenței presei a fost efectuată cu ajutorul dispozitivului de temporizare 9 înseriat în circuitul de comandă a pedalei presei. Avansul automat a fâșiei în sculă s-a realizat de către dispozitivul de avans 1.

Pentru fiecare experiment în parte, cu ajutorul inscripătorului grafic 7, s-au trasat curbele de putere consumată de către motorul electric, la:

- mersul în gol al presei, realizându-se doar rotirea volantului;
- antrenarea în mișcare a arborelui principal, bielei, berbecului și a sculei montată pe presă, fără prelucrare de semifabricat;
- antrenarea în mișcare a arborelui principal, bielei, berbecului și a sculei montată pe presă, cu prelucrare de semifabricat (șantare).

Curbele astfel obținute au fost transpuse pe calculator, fiind reprezentate în fig.7.3...7.5.

7.1.3 Interpretarea rezultatelor

Analiza comparativă a acestor figuri permite a se preciza următoarele:

A1. în cazul în care presa lucrează în regim de lovituri singulare (fig.7.3, 7.4), se înregistrează, pe durata unui ciclu, alternanța dintre o zonă de putere consumată pentru mișcarea arborelui principal, a berbecului și a sculei montată pe presă și o zonă de putere consumată aproximativ egală cu cea de la mersul în gol al presei;

A2. tot în acest caz se observă că în prima zonă apar două vârfuri de putere:

1) primul, de valoare mai mică, variind aproximativ între 1000...1250 W, apare în momentul cuplării volantului cu arborele principal prin intermediul penei rotitoare. Pentru a pune în mișcare arborele principal, biela, berbecul și scula montată pe presă (aflate în repaus), datorită maselor inertiiale și a accelerațiilor mari, volantul cedează o parte din energia înmagazinată, urmată de o scădere a turației acestuia și implicit a motorului electric. În urma scăderii turației motorului crește cuplul electromagnetic al acestuia, conducând la creșterea puterii consumate de la rețea. Pe măsură ce motorul revine la turația nominală puterea consumată scade. Tot acest regim “tranzitoriu” al motorului are loc într-un interval mic de timp de ordinul 0,3...0,4 secunde. Se observă că puterea consumată în momentul cuplării penei crește cu creșterea cadenței presei. Odată cu creșterea frecvenței cuplărilor, respectiv cu scăderea duratei unui ciclu, volantul nu mai reușește să înmagazineze aceeași cantitate de energie, ceea ce conduce în momentul cuplării penei la o scădere a turației acestuia, respectiv a motorului electric, urmată de o creștere a puterii consumate de motor de la rețea. Scăderea turației volantului este pusă în evidență prin experimentul prezentat în tabelul 7.2, unde cu ajutorul tahogeneratorului 4 și a inscripătorului grafic 7 (fig.7.2) au fost trasate curbele de turație prezentate în fig.7.6.a,b. Prin integrare numerică, folosind metoda trapezelor, s-a determinat aria de sub curbă pentru un interval de timp de 5 secunde.

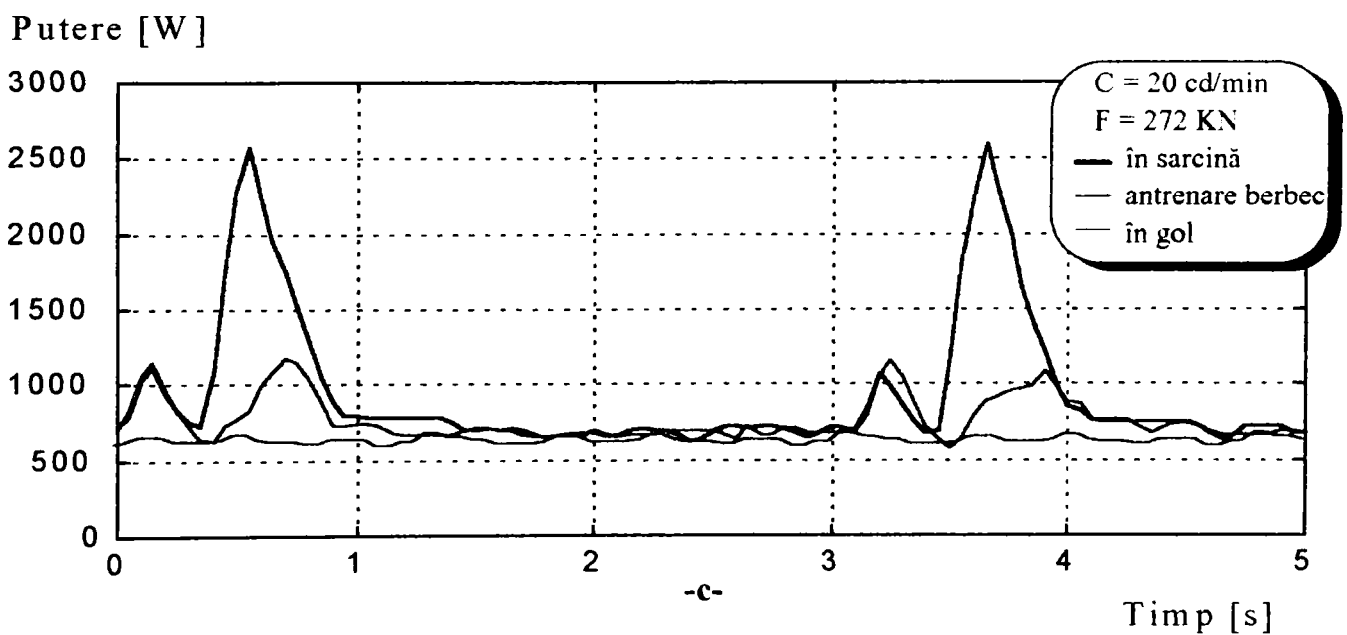
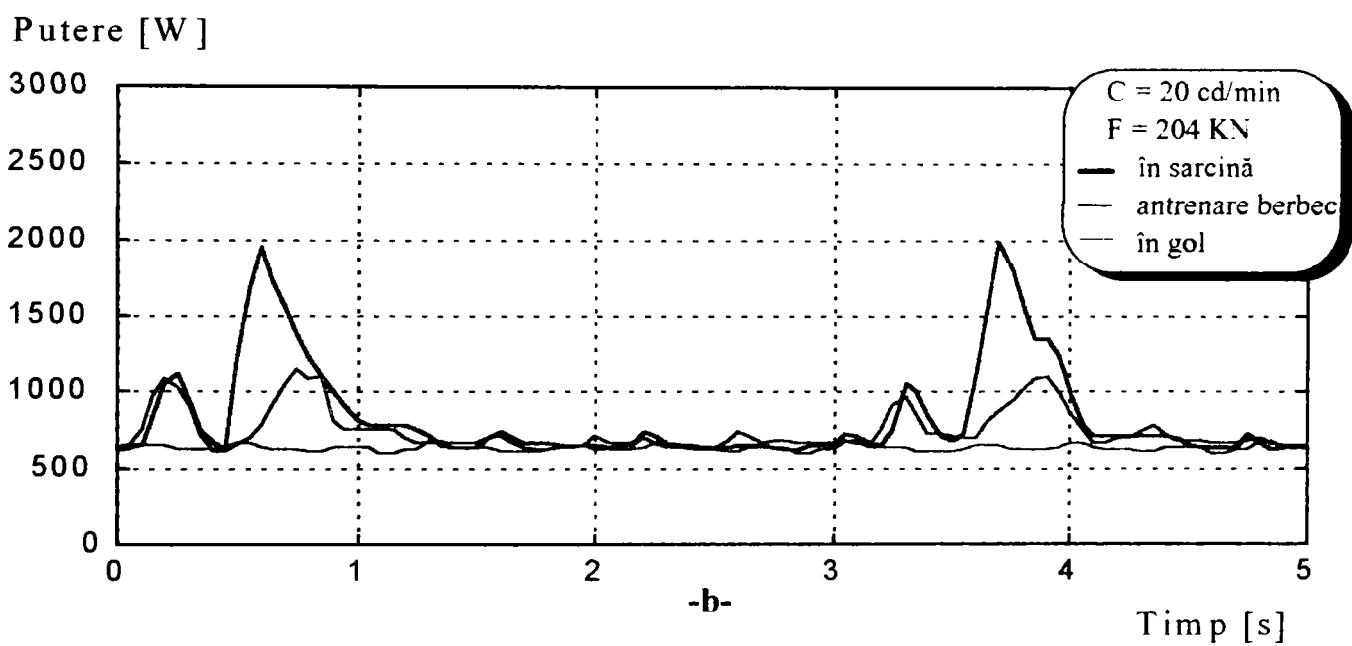
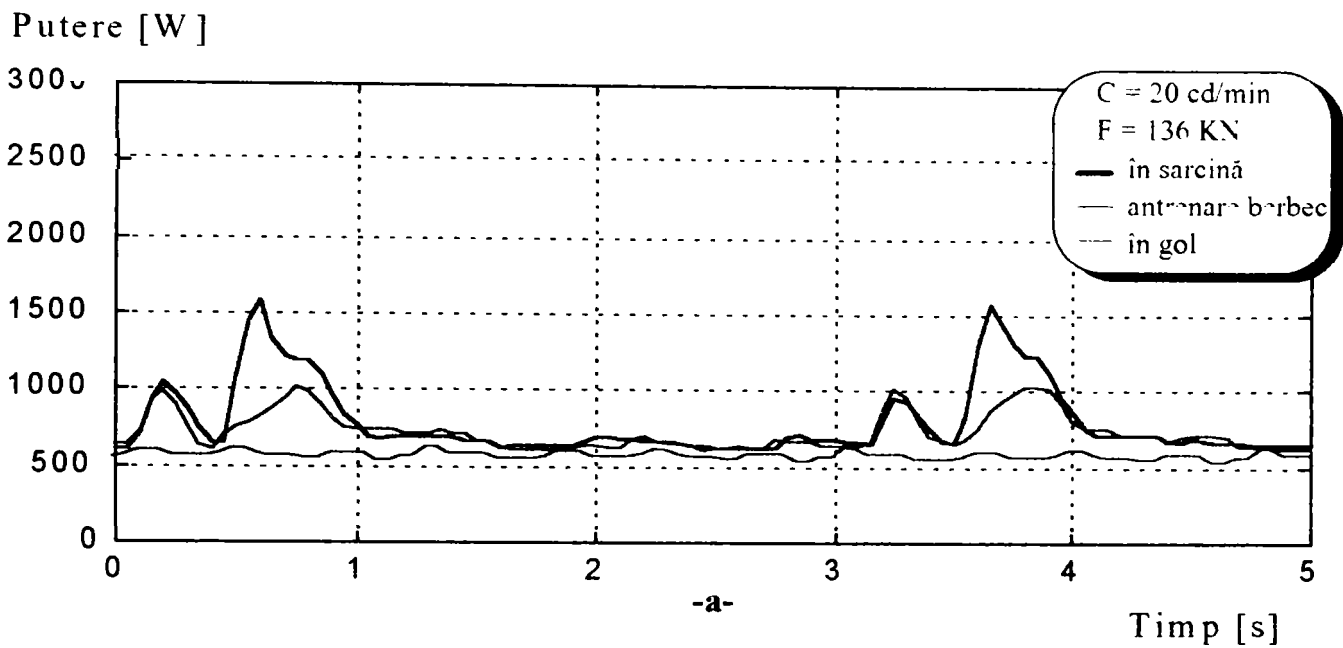


Fig.7.3 Variația puterii consumate în funcție de încărcarea presei, la cadența de 20 cd/min

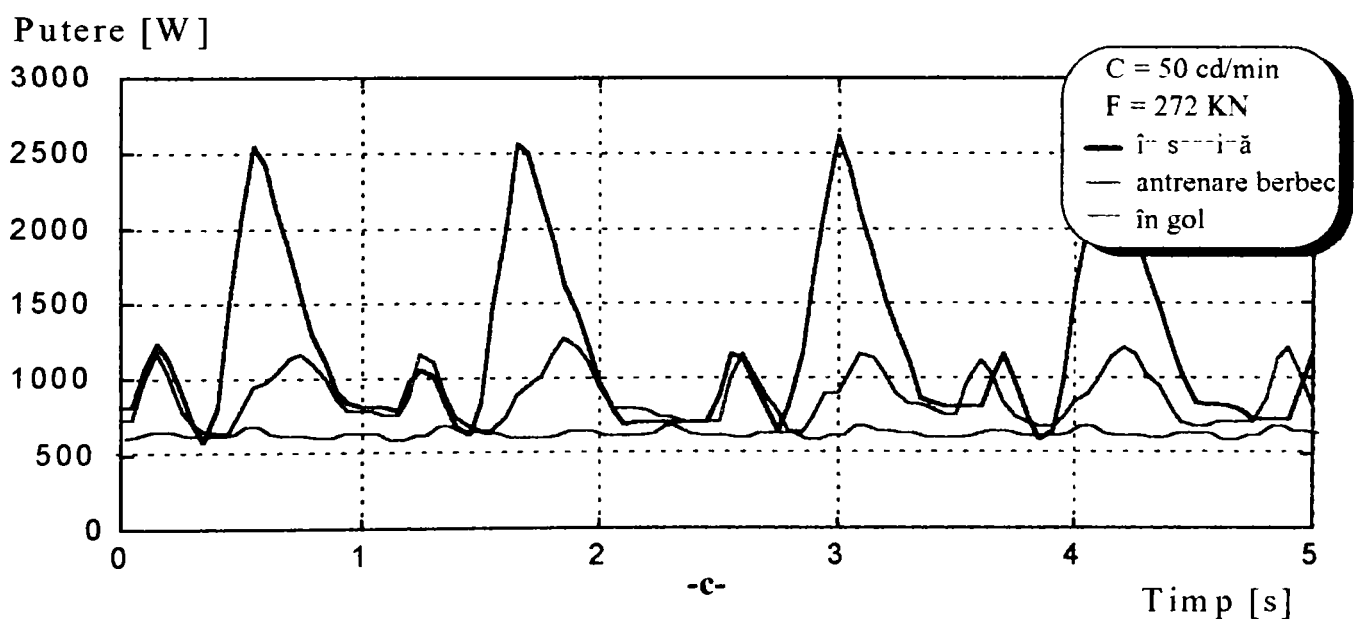
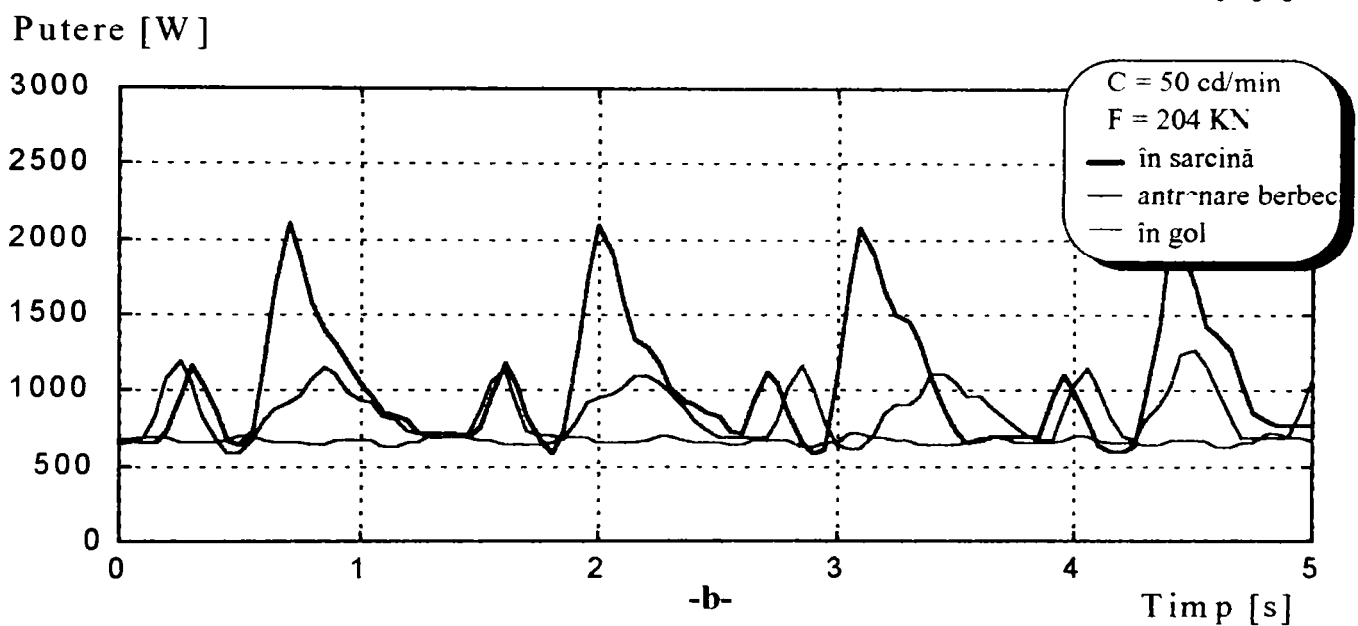
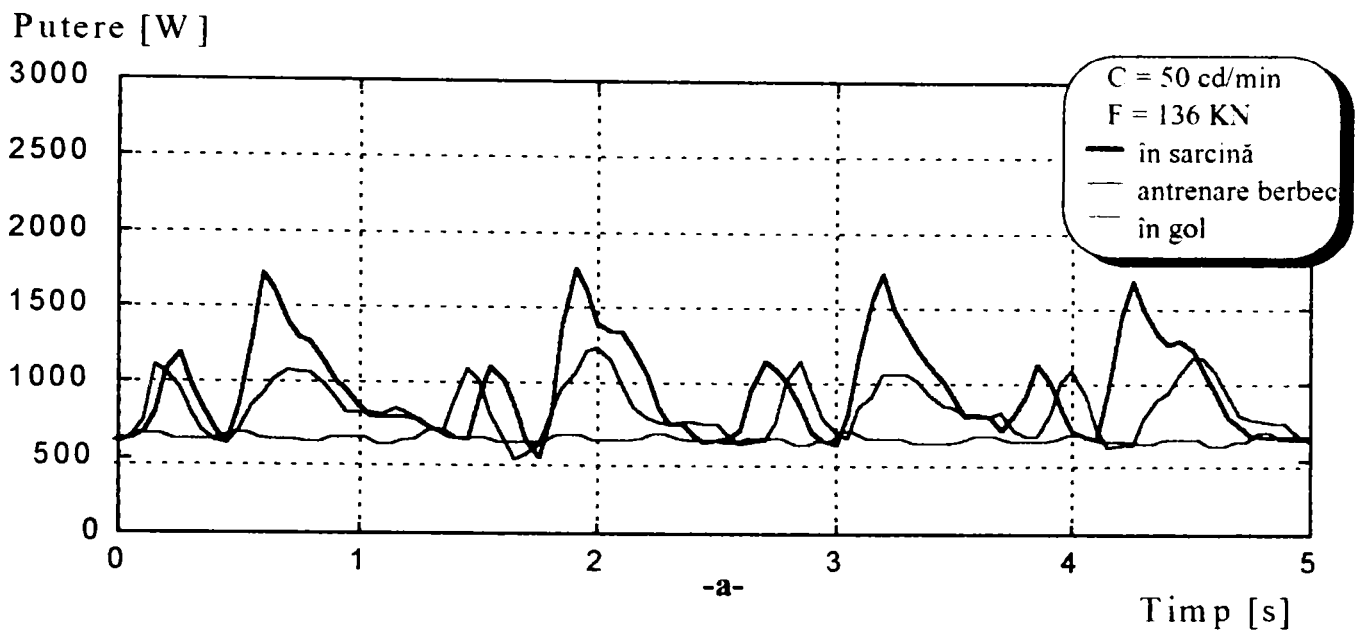


Fig.7.4 Variația puterii consumate în funcție de încărcarea presei, la cadența de 50 cd/min

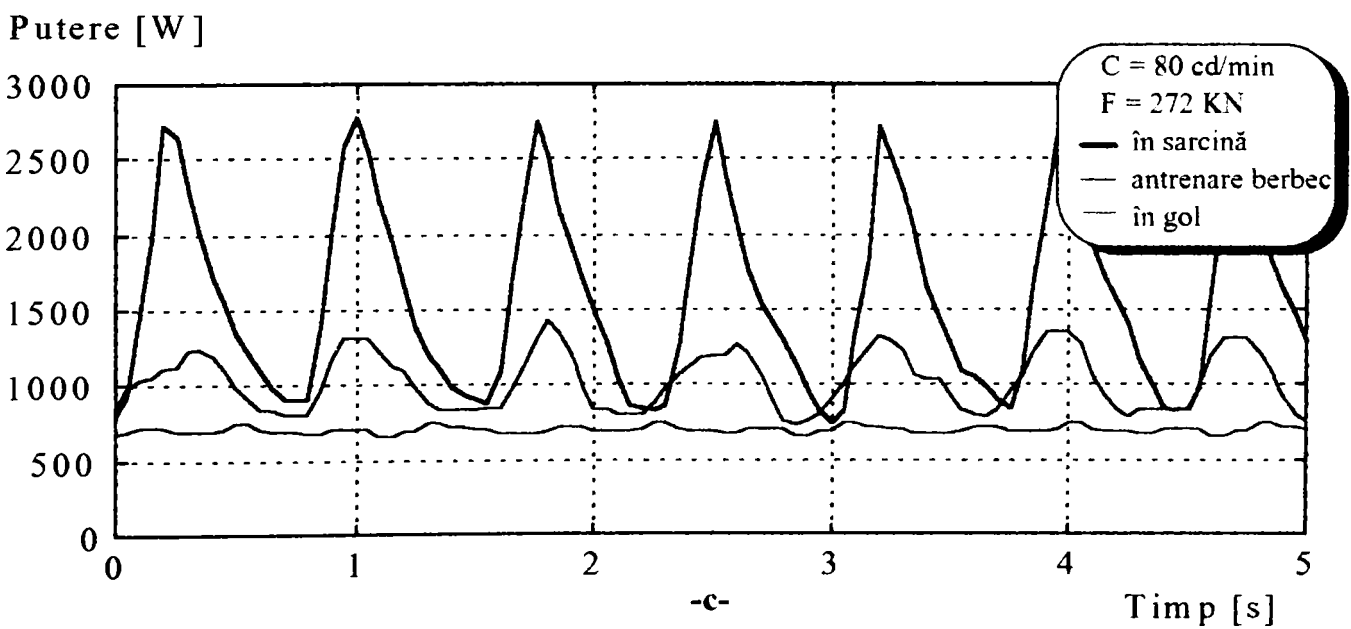
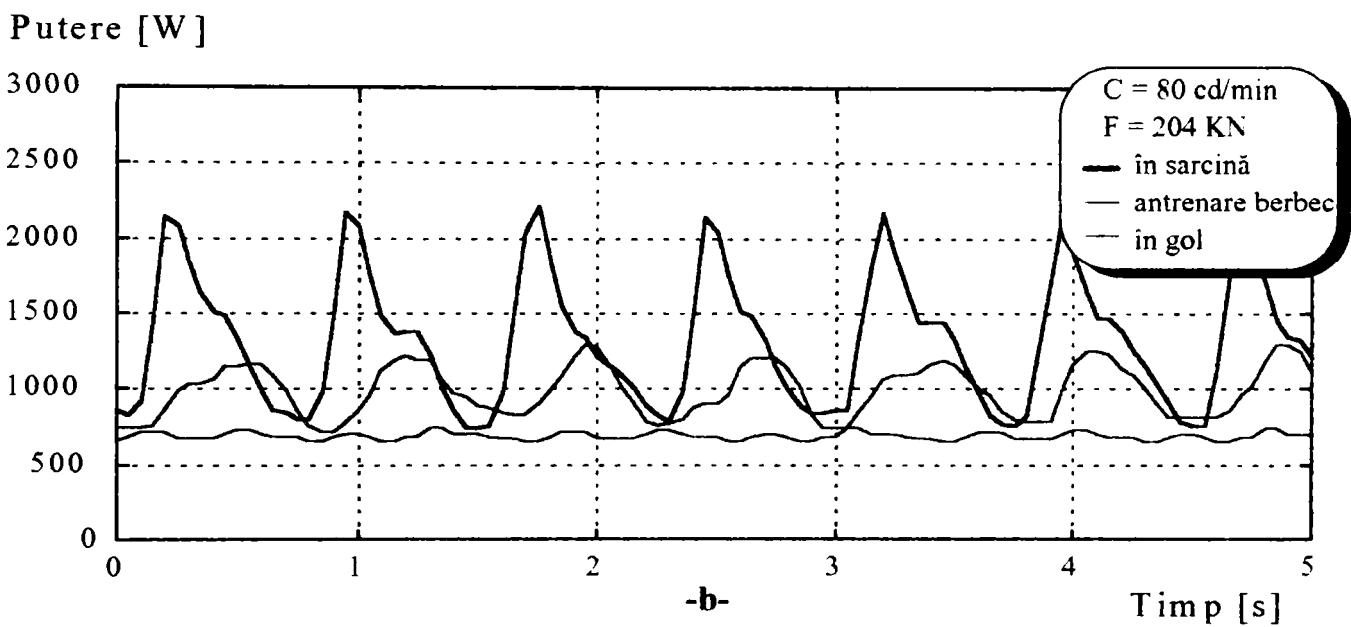
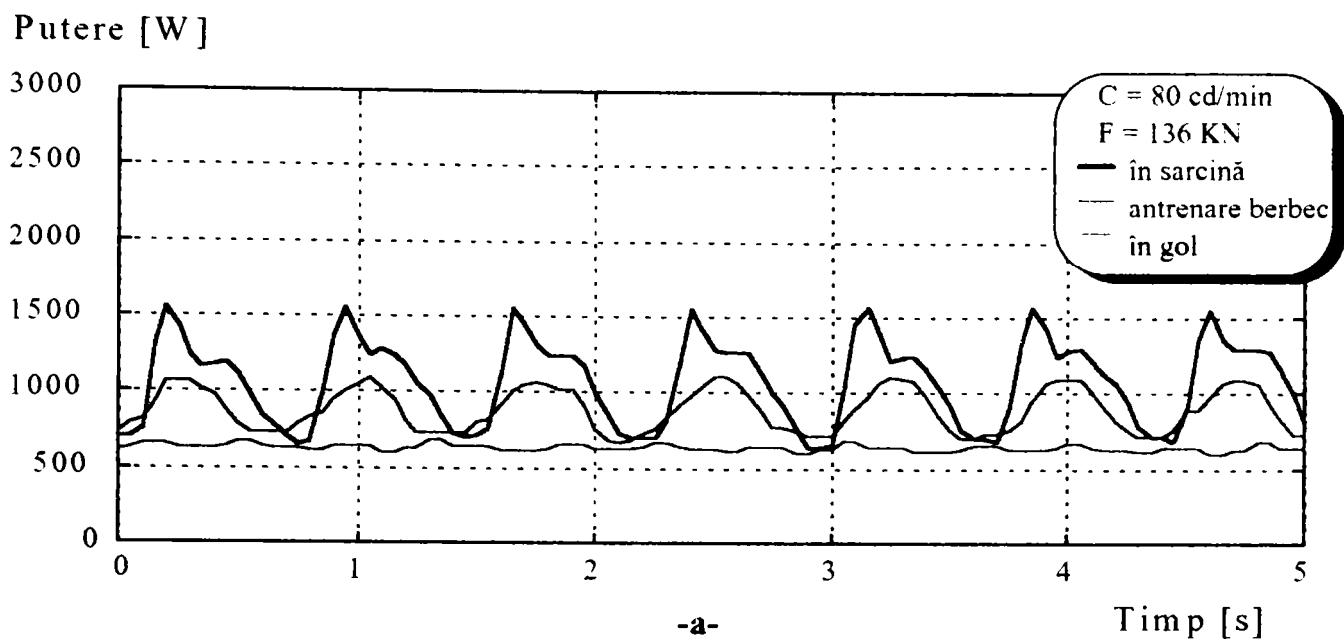
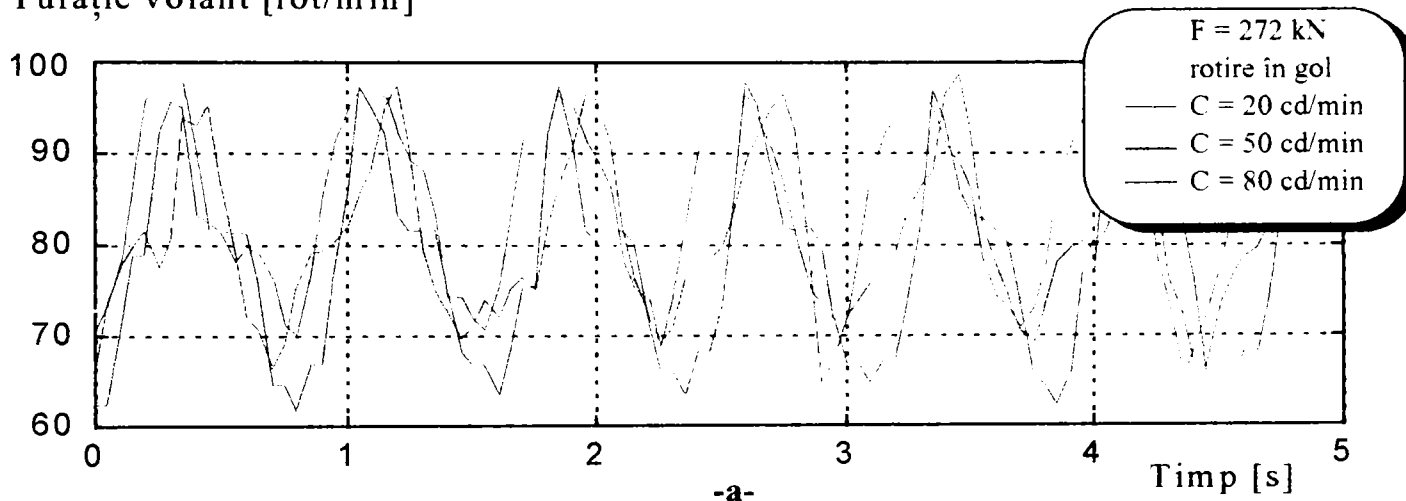


Fig.7.5 Variația puterii consumate în funcție de încărcarea preseii, la cadența de 80 cd/min

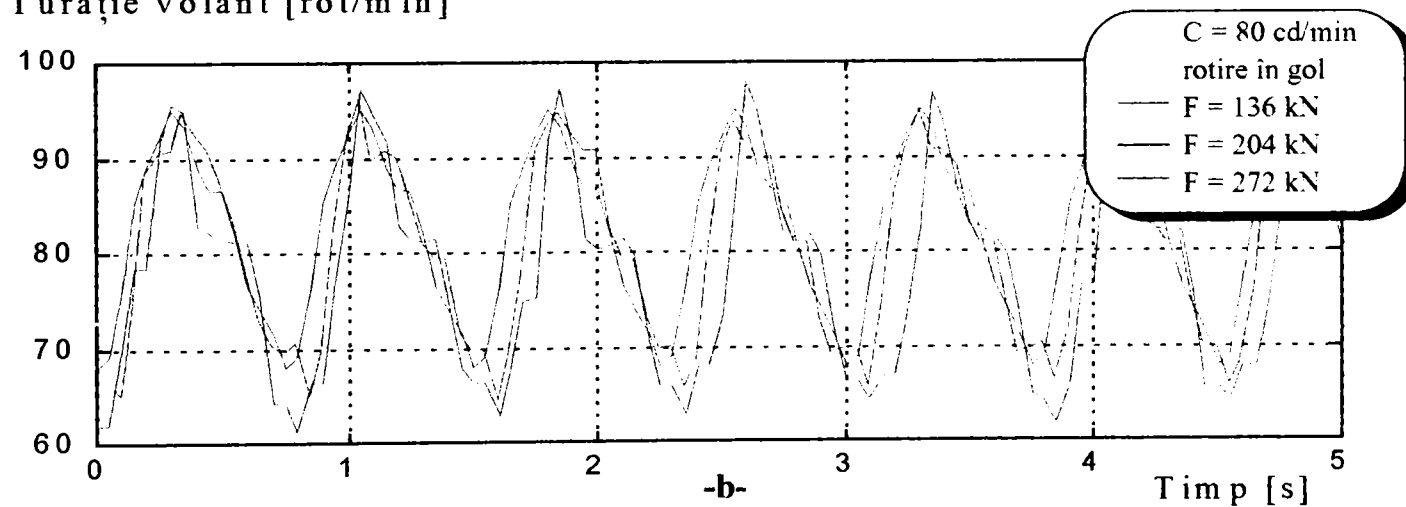
Tabelul 7.2 Turația volantului la diverse cadențe și încărcări ale presei

F = 272 kN			C = 80 cd/min		
C [cd/min]	$N_v \cdot t$ [rot/min]·[s]	N_v [rot/min]	F [kN]	$N_v \cdot t$ [rot/min]·[s]	N_v [rot/min]
în gol	415.051	83.010	în gol	415.051	83.010
20	408.765	81.753	136	400.16	80.032
50	407.638	81.527	204	399.345	79.869
80	397.866	79.573	272	397.866	79.573

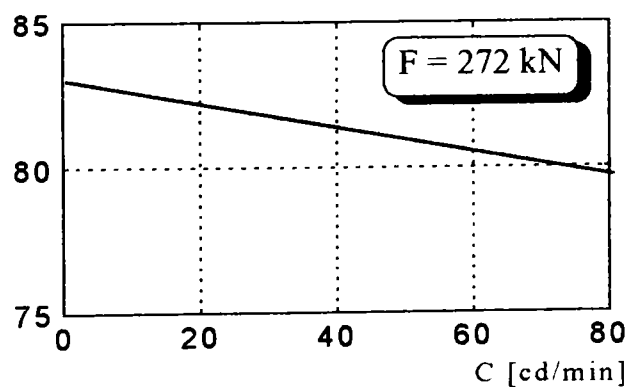
Turație volant [rot/min]



Turație volant [rot/min]

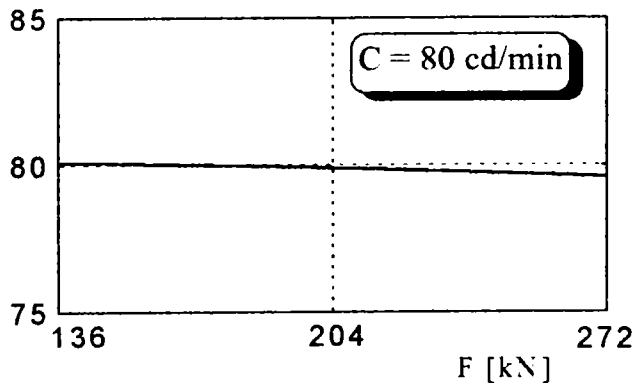


N_v [rot/min]



-c-

N_v [rot/min]



-d-

Fig.7.6 Variația turației volantului în funcție de cadența și încărcarea presei

obținând în final turația medie a volantului. Fig.7.6.c,d pune în evidență scăderea turației volantului odată cu creșterea cadenței presei, respectiv a forței din proces.

2) ce-l de-al doilea vârf, de valoare ceva mai mare, apare ca urmare a antrenării în mișcare a arborelui principal, a bielei, berbecului și a sculei montată pe presă. În timpul prelucrării mărimea acestuia este proporțională cu forța necesară din proces. Se poate observa o asemănare între alura acestuia și cea a forței de ștanțare funcție de adâncimea de pătrundere a poansonului în semifabricat, la diverse jocuri dintre elementele active [15]. Astfel, la forțe mici de ștanțare (136 kN, $g=1\text{mm}$) apare un mic palier datorat frecărilor porțiunilor desprinse de material în urma ștanțării [10], palier care se micșorează odată cu micșorarea jocului, respectiv cu creșterea forței din proces. Micșorarea jocului se datorează faptului că s-a realizat o creștere a forței prin creșterea grosimii semifabricatului, la același joc efectiv la sculă, ceea ce a condus la o tăiere cu joc tehnologic din ce în ce mai mic.

A3 în cazul în care presa lucrează în regim de lovituri repetate, cele două vârfuri de putere apar numai în momentul cuplării penei, după care va apărea doar vârful caracteristic antrenării în mișcare a ansamblului arbore principal, bielă, berbec, sculă montată pe presă (fig.7.5), pana rămânând cuplată tot timpul.

Pentru a pune în evidență influența celor doi factori luați în studiu (cadență și forță) asupra consumului de energie electrică, s-au definit conform fig.7.7 energiile consumate

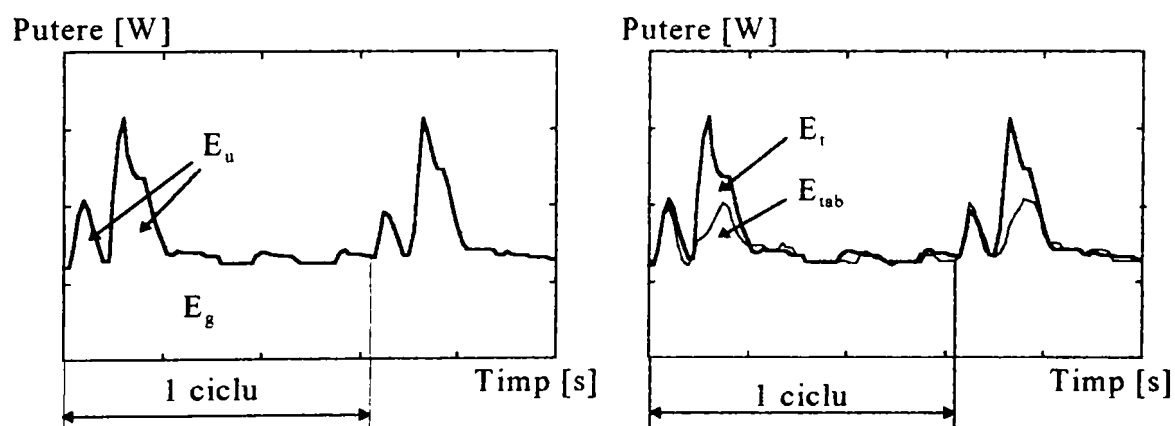


Fig.7.7 Mod de reprezentare energii

pentru fiecare caz în parte [71], după cum urmează:

E_t - energia totală consumată pe durata unui ciclu în vederea realizării unei prelucrări;

E_u - energia utilă consumată pentru antrenarea în mișcare a arborelui principal, bielei, berbecului și a sculei în vederea prelucrării piesei;

E_g - energia consumată la mersul în gol pe durata unui ciclu;

$$E_t = E_u + E_g \quad (7.1)$$

E_{tab} -energia totală consumată pe durata unui ciclu pentru antrenarea în mișcare a arborelui principal, a bielei, berbecului și a sculei, fără prelucrare de semifabricat;

E_p - energia consumată efectiv în procesul de ștanțare.

$$E_p = E_t - E_{tab} \quad (7.2)$$

Determinarea valorilor energiilor prezentate mai sus (conform curbelor de putere din fig.7.3;7.4;7.5) constă în calculul ariei de sub curbă pentru fiecare caz în parte. Calculul acestora s-a făcut automat prin integrare numerică folosind metoda trapezelor, rezultatele obținute fiind prezentate în tabelul 7.3.

Tabelul 7.3 Rezultate experimentale

Nr. exp	Conținutul experimentului				Răspunsuri								
	Codificat		Valori naturale		1 ciclu								1 oră
	x_1	x_2	C [cd/min]	F [kN]	E_t [Ws]	E_u [Ws]	E_p [Ws]	E_u / E_p [-]	E_u / E_t [-]	E_{ub} [Ws]	E_p [Ws]	E_p / E_t [-]	E_t [kWh]
1	+1	-1	80	136	769	258	511	0.505	0.335	635	134	0.174	1.025
2	-1	0	20	204	2556	430	2126	0.202	0.168	2307	229	0.097	0.852
3	0	-1	50	136	1188	308	880	0.350	0.259	1044	144	0.121	0.990
4	0	0	50	204	1307	402	905	0.445	0.307	1066	241	0.184	1.090
5	+1	+1	80	272	1166	498	668	0.745	0.427	752	414	0.355	1.555
6	-1	-1	20	136	2391	324	2067	0.157	0.136	2201	190	0.079	0.797
7	-1	+1	20	272	2772	586	2186	0.268	0.212	2290	482	0.174	0.924
8	0	+1	50	272	1492	540	952	0.567	0.362	1065	427	0.286	1.243
9	+1	0	80	204	975	375	600	0.625	0.385	728	247	0.253	1.300

Prelucrarea statistică a acestor date efectuată cu ajutorul programului "Statgraphics" a permis analiza varianței (ANOVA [18]) răspunsului celor doi factori principali -cadența și forța- privind energia totală E_t consumată pe durata unui ciclu. Rezultatele obținute sunt prezentate în tabelul 7.4, în studiu fiind luați cei doi factori principali codificați cu A și B, precum și interacțiunile de ordinul doi care sunt produsele AB, AA, BB a factorilor principali.

Tabelul 7.4 ANOVA pentru E_t

Efect	Suma pătratelor	Numărul gradelor de libertate	Media pătratelor	Valoare calculată criteriu Fisher (F)	Prag de semnificație (P)
A:Cadența	3854413.50	1	3854413.50	3819.61	0.0000
B:Forța	195120.67	1	195120.67	193.36	0.0008
AB	64.00	1	64.0	0.06	0.8199
AA	391612.50	1	391612.5	388.08	0.0003
BB	578.00	1	578.0	0.57	0.5116

R-pătrat = 0.989319

R-pătrat (ajustat) = 0.988184

Programul determină, pentru fiecare efect în parte, valoarea criteriului Fisher, o compară cu cea tabelată, iar în final stabilește pragul de semnificație pentru care factorul respectiv are o influență semnificativă. Pentru un prag de semnificație $P \leq 0.05$ se constată că interacțiunile de ordin doi AB și BB au o influență nesemnificativă asupra energiei totale E_t . De altfel ponderea în influențarea energiei totale se poate observa și din fig.7.8c, unde printr-o diagramă PARETO s-a prezentat influența factorilor principali și a interacțiunilor acestora. Linia verticală, reprezentată pentru $P=0.05$, are rolul de a separa factorii

semnificativi de ceilalți. Un alt indicator prezentat în tabelul 7.4 este R-pătrat înainte și după o ajustare a lui, având valori foarte apropiate de unu, lucru care arată că modelarea matematică a fenomenului este foarte bună. Aceasta se poate vedea (fig.7.8d) și din dispersia valorilor rezidualilor obținute experimental față de valorile estimate de modelul matematic. Faptul că dispersia acestora este aleatoare și nu se observă o dispunere sistematică, ne dovedește că modelul matematic nu a introdus erori sistematice și nici în timpul experimentărilor nu au fost astfel de erori. În urma stabilirii coeficienților de regresie, expresia modelului matematic este următoarea:

$$E_{t1c} = -76.2833 \cdot C + 1.05392 \cdot F + 1.96078 \cdot 10^{-3} \cdot C \cdot F + 0.491667 \cdot C^2 + 3.67647 \cdot 10^{-3} \cdot F^2 + 3514.67 \quad (7.3)$$

iar în urma eliminării factorilor ne semnificativi devine:

$$E_{t1c \text{ corectat}} = -75.8833 \cdot C + 2.65196 \cdot F + 0.491667 \cdot C^2 + 3353 \quad (7.4)$$

Analizând diagramele din fig.7.8...7.12 și datele din tabelul 7.3 se pot constata următoarele:

- B1** creșterea cadenței presei conduce la o scădere semnificativă a energiei totale E_t consumată pe durata unui ciclu (fig.7.8a,b). Acest lucru se datorează micșorării energiei consumate la mersul în gol E_g (fig.7.10) ca urmare a reducerii duratei (de funcționare în gol) dintre două curse duble (fig.7.3;7.4;7.5). Totodată se observă o ușoară scădere a energiei utile E_u (fig.7.9), datorită creșterii puterii consumate la mersul în gol între două curse duble ca urmare a scăderii turației volantului (fig.7.6c). Creșterea cadenței conduce în final la obținerea de raporturi mai favorabile între energia utilă și cea totală E_u/E_t (fig.7.12).
- B2** la încărcări reduse ale presei (forțe mici de ștanțare) se observă că energia consumată în mod util E_u este inferioară celei de la mersul în gol, raportul E_u/E_g (fig.7.11) scăzând sub 0.5.
- B3** creșterea încărcării presei conduce la o creștere aproape liniară a energiei utile E_u , respectiv la o ușoară creștere și a energiei la mersul în gol E_g ca urmare a scăderii turației volantului, rezultând raporturi mult mai favorabile ale lui E_u/E_g (până la 0.75), respectiv E_u/E_t (până la 0.42).
- B4** în ceea ce privește energia consumată în mod efectiv în procesul de ștanțare E_p (fig.7.13), aceasta este direct proporțională cu forța din proces. Creșterea forței cât și a cadenței, a căror ponderi sunt aproximativ egale, conduce la raporturi mai favorabile E_p/E_t (fig.7.14), respectiv **la creșterea randamentului energetic al presei.**

Ca și **concluzie finală** se poate spune că **randamentul energetic maxim** al presei se obține exploatând presa în regim de *lovituri repetate*, la o încărcare cât mai apropiată de *capacitatea nominală* a acesteia. Cu scop practic, în fig.7.8e,f s-a reprezentat variația energiei totale E_{th} pe durata unei ore de funcționare.

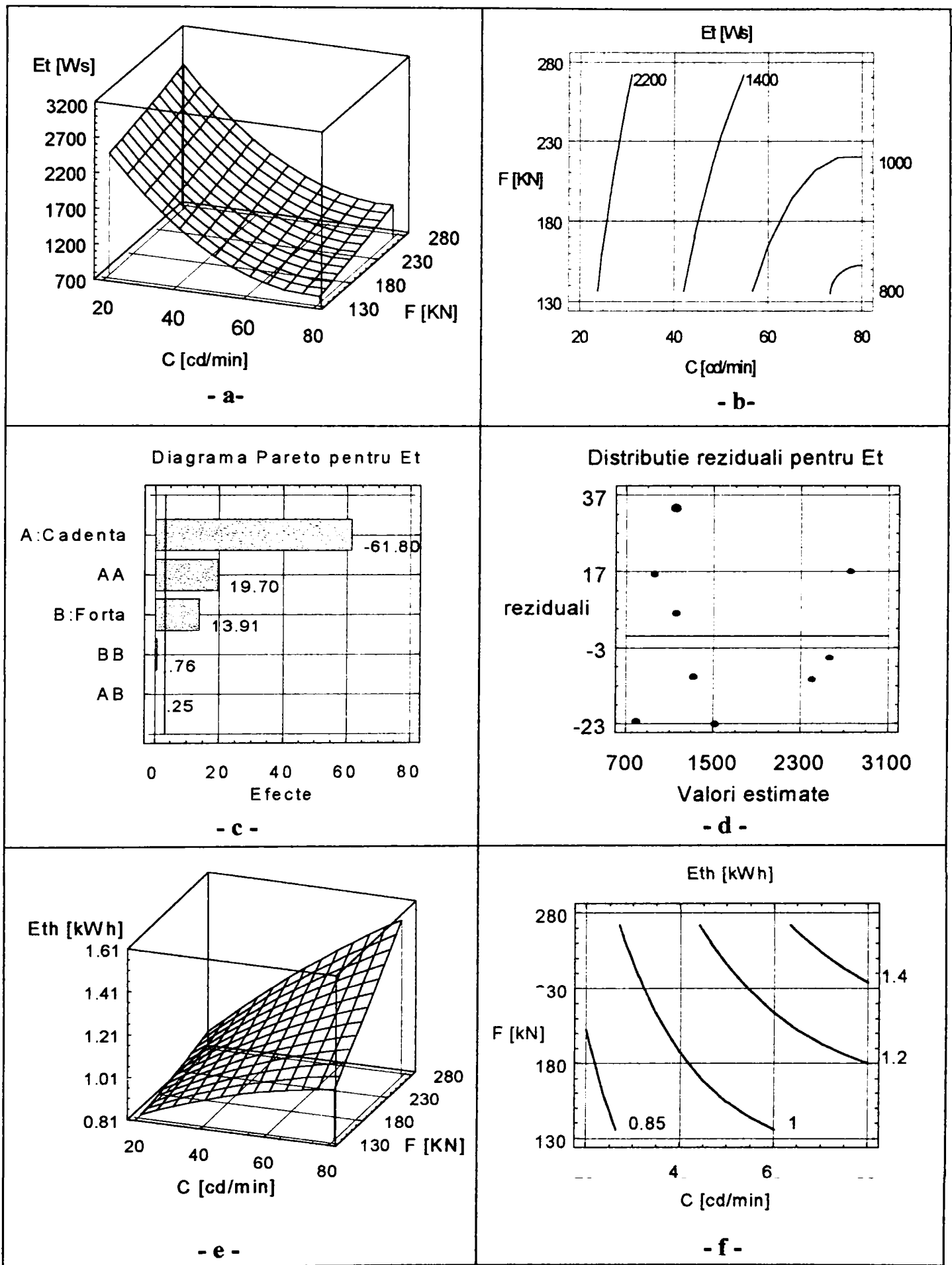


Fig.7.8 Influența cadenței și a forței asupra energiei totale E_t

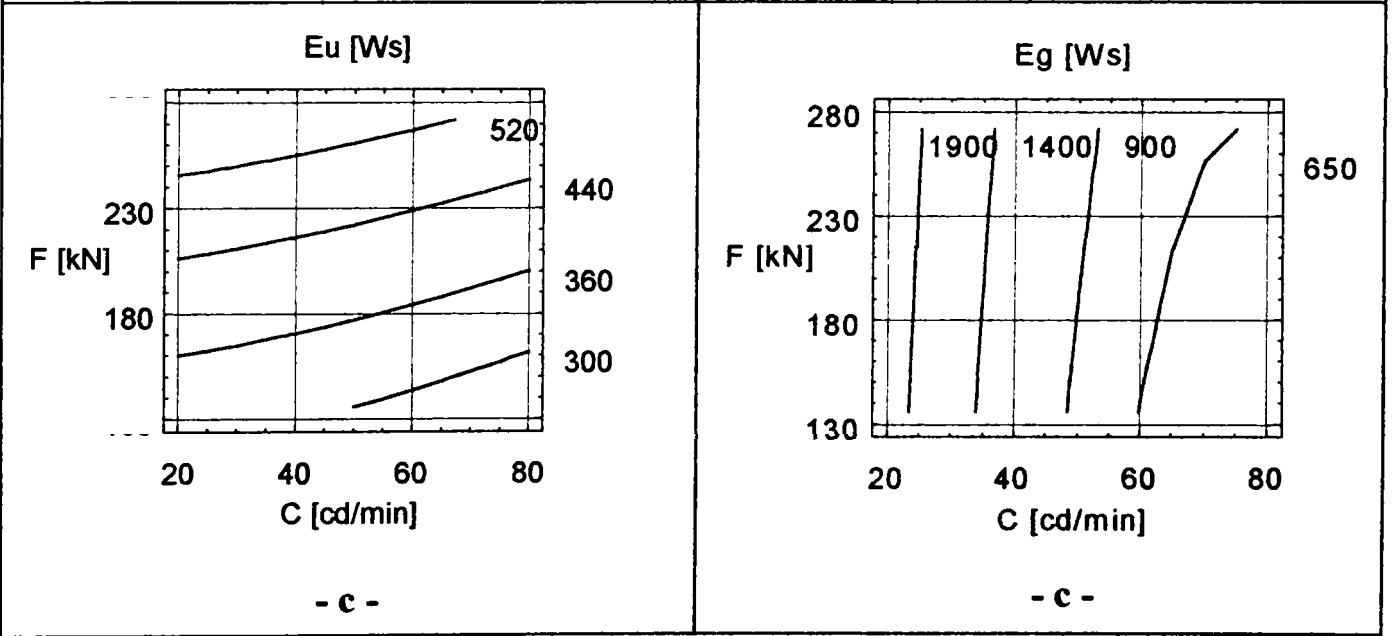
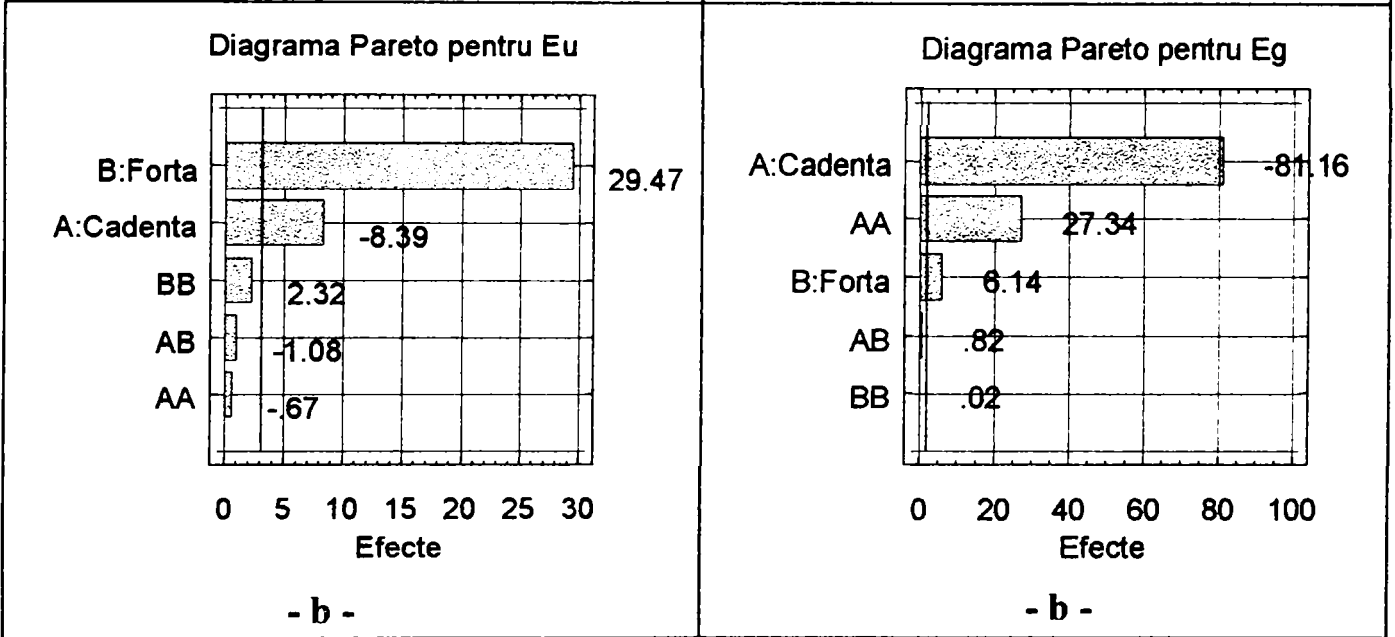
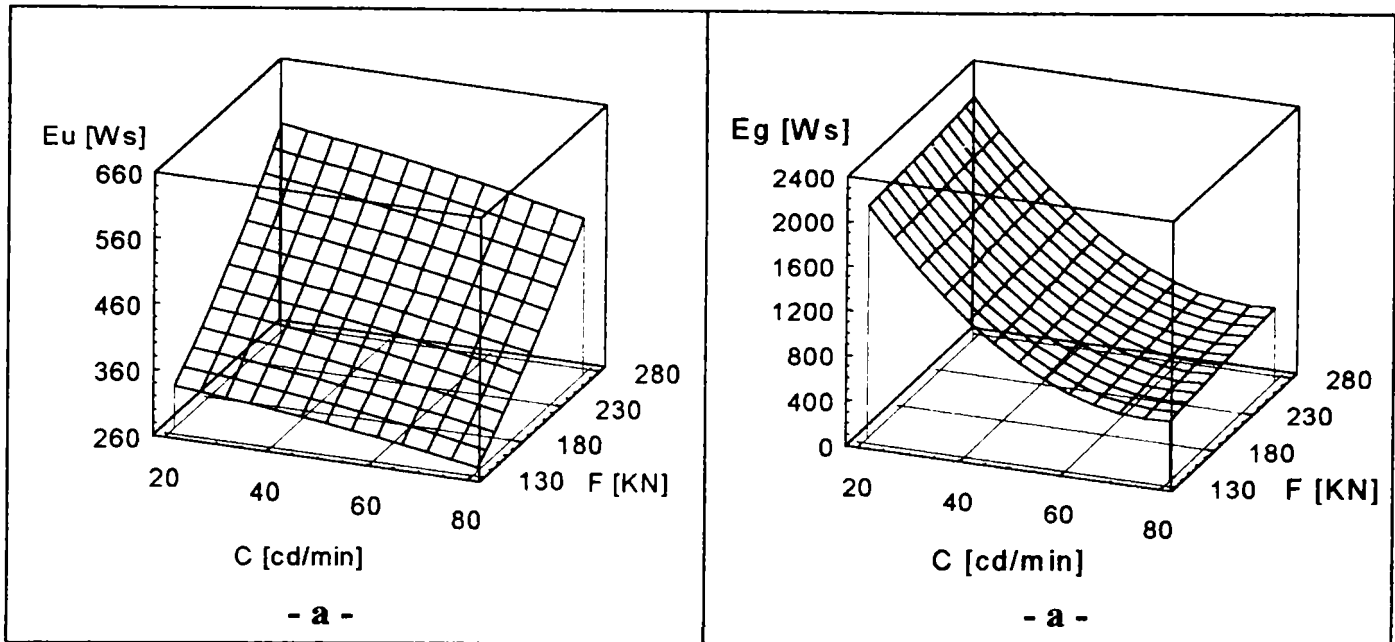


Fig.7.9 Influența cadenței și a forței asupra energiei utile E_u

Fig.7.10 Influența cadenței și a forței asupra energiei la mersul în gol E_g

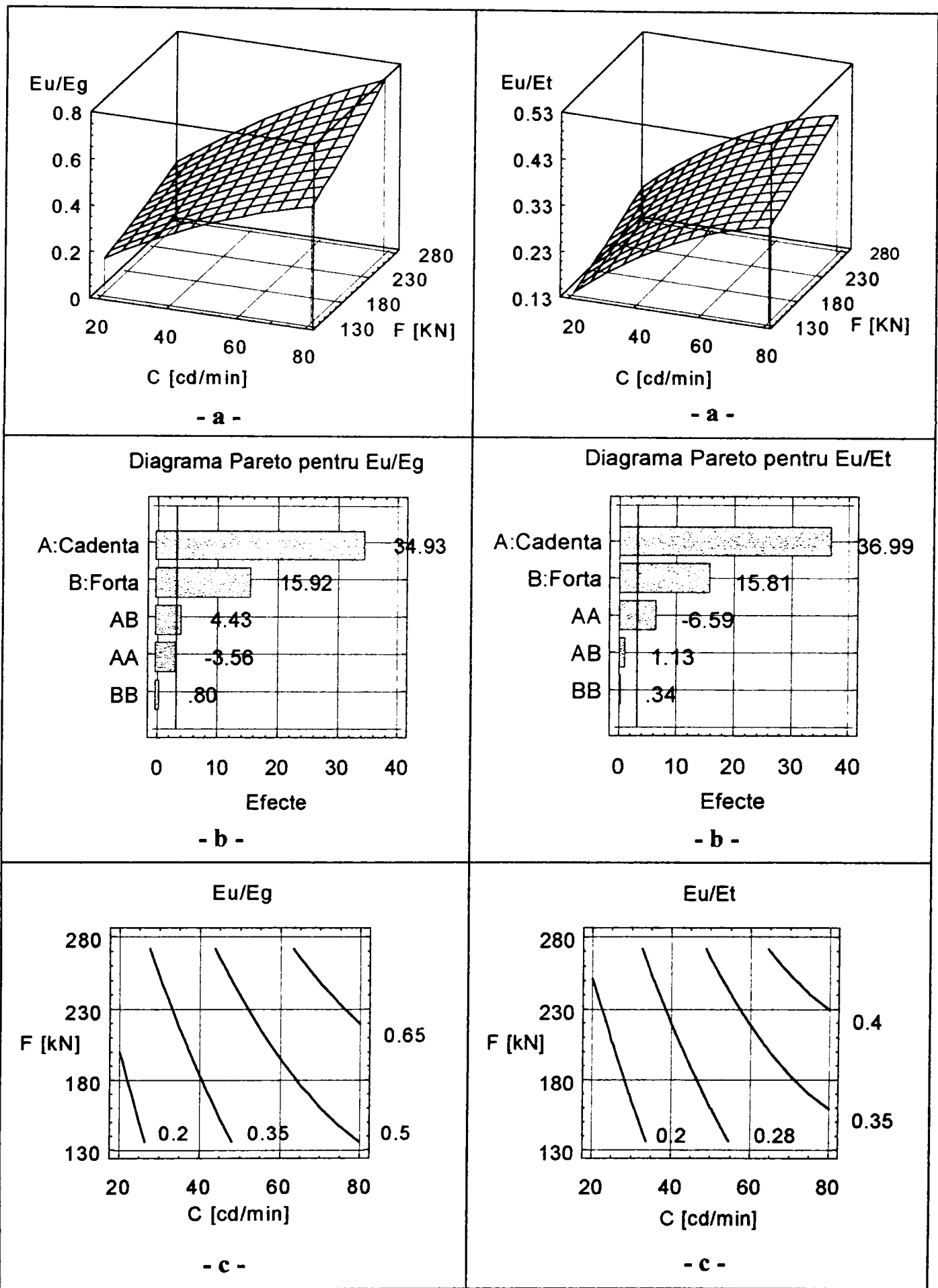


Fig.7.11 Influența cadenței și a forței asupra raportului E_u/E_g

Fig.7.12 Influența cadenței și a forței asupra raportului E_u/E_t

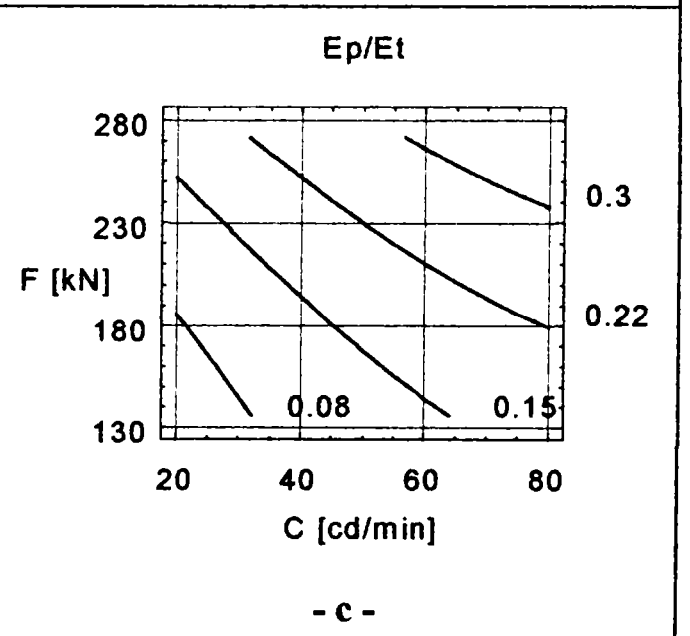
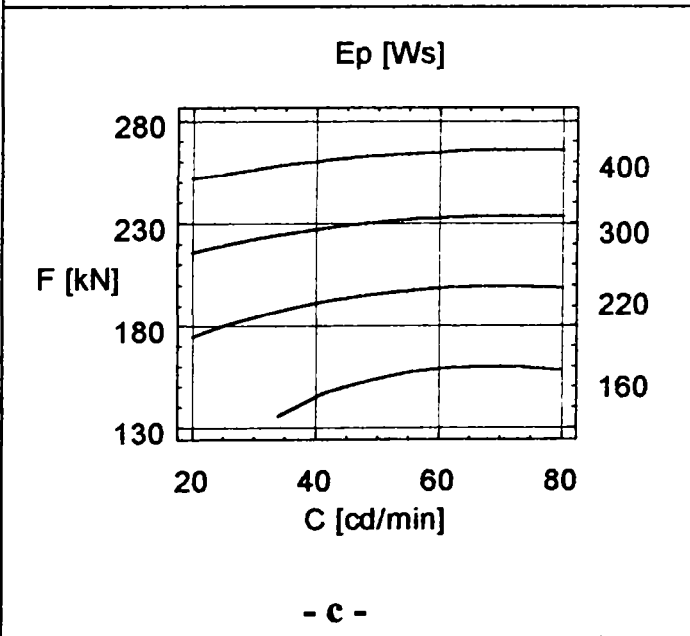
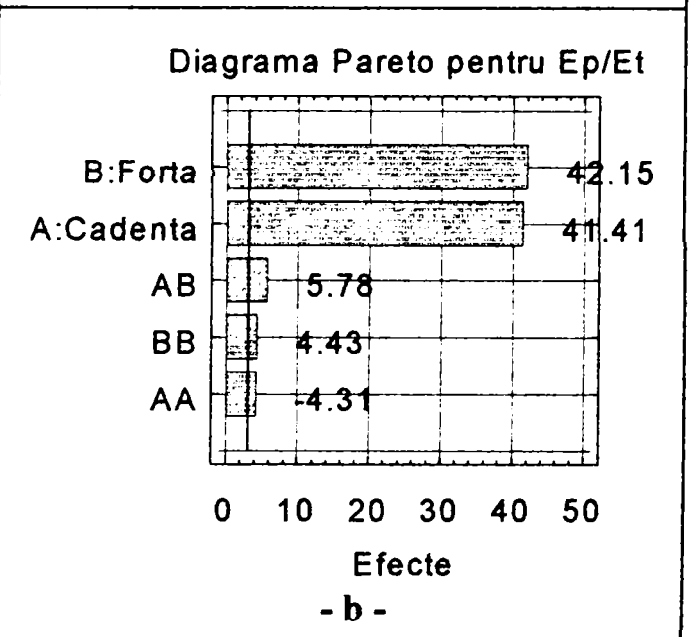
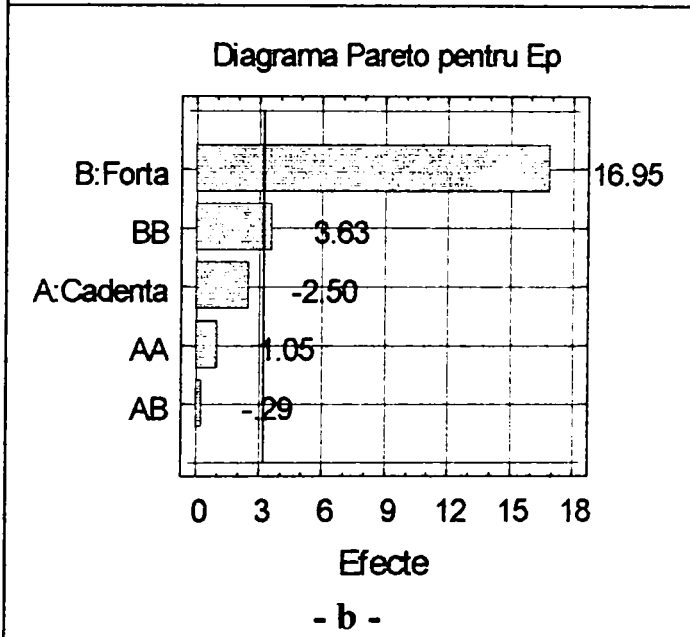
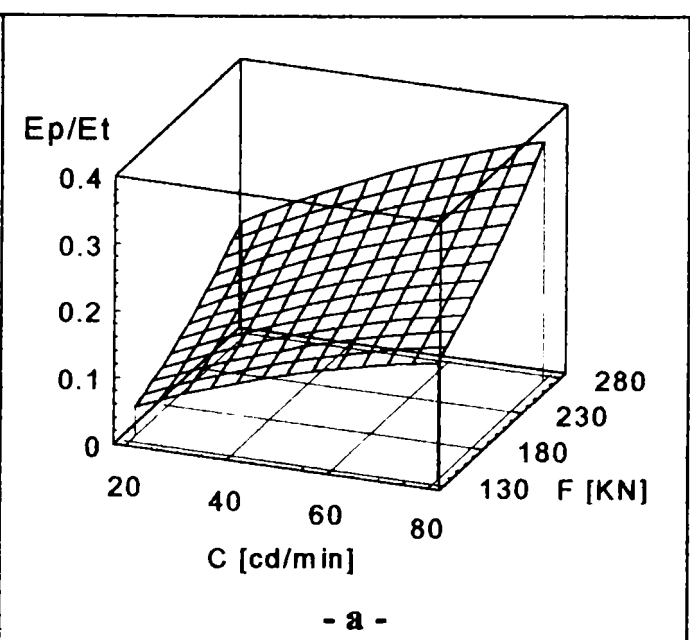
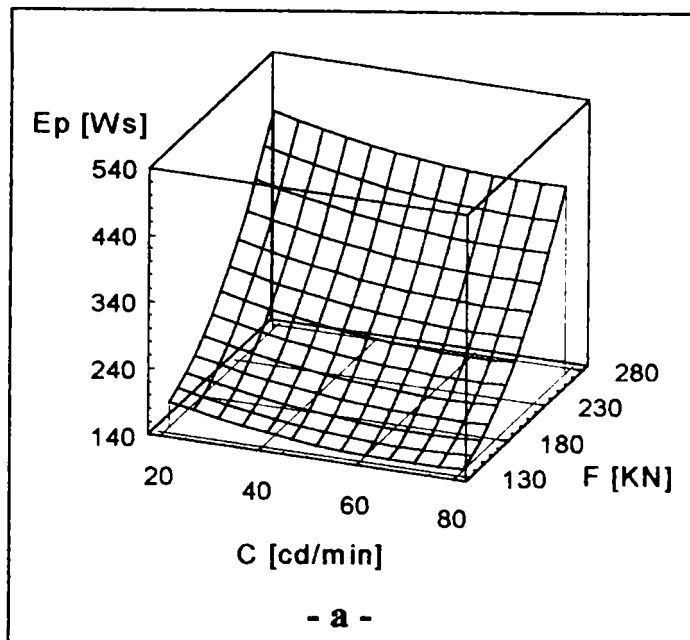
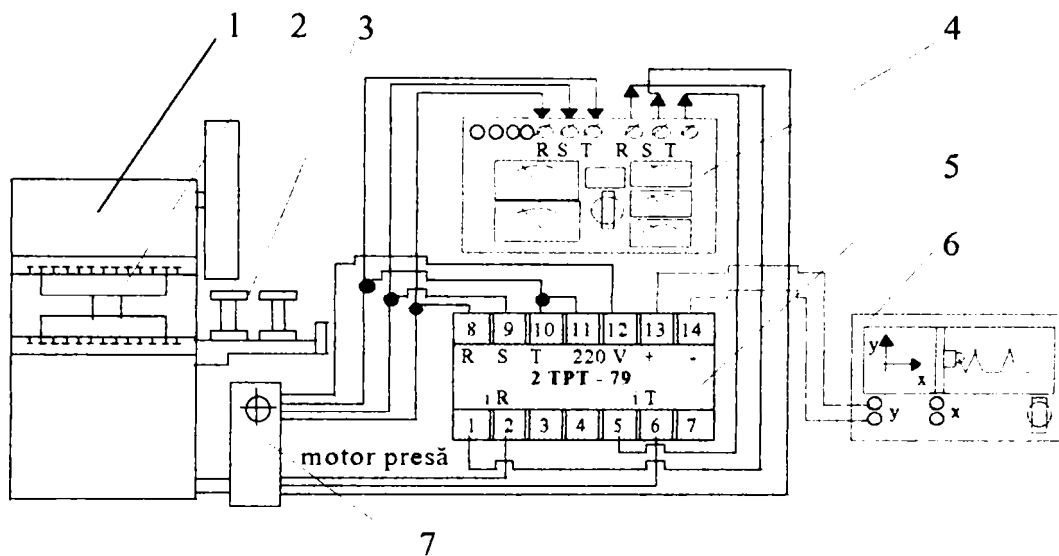


Fig.7.13 Influența cadenței și a forței asupra energiei din proces E_p

Fig.7.14 Influența cadenței și a forței asupra raportului E_p/E_t

7.2 Determinarea experimentală a consumului de energie electrică la presa PAI 6.3

În vederea determinării consumului de energie electrică la presa PAI 6.3 s-a folosit instalația experimentală prezentată în fig.7.15.



1. presa PAI 6.3; 2. ștanță de decupare; 3. dispozitiv de avans pneumatic; 4. trusă wattmetrică;
5. traductor trifazat de putere activă 2TPT-79; 6. inscripator grafic tip XY Recorder Endim 620.02;
7. panou electric presă.

Fig.7.15 Instalația experimentală pentru determinarea consumului de energie electrică

7.2.1 Planificarea experimentului

Și în acest caz programul experimental prezentat în tabelul 7.5 a fost conceput astfel încât rezultatele să poată fi prelucrate statistic conform metodei suprafețelor de răspuns (experiment factorial 3^2), luând ca și funcție dependentă puterea consumată în diverse regimuri de lucru, iar ca mărimi independente cadența presei, respectiv încărcarea acesteia. În vederea micșorării ponderii erorilor, experimentările au fost programate a se efectua în ordine aleatoare.

Tabelul 7.5 Matricea program 3^2

Nr. exp.	Conținutul experimentului			
	Codificat		Valori naturale	
	x_1	x_2	C [cd/min]	F [kN]
1	+1	-1	160	13
2	-1	+1	40	39
3	-1	0	40	26
4	+1	+1	160	39
5	0	-1	100	13
6	+1	0	160	26
7	-1	-1	40	13
8	0	+1	100	39
9	0	0	100	26

7.2.2 Realizarea încercărilor

Încercările au fost efectuate pe fâșii din material OL 37 STAS 500-88 cu grosimea de 0.5; 1; 1.5 mm, folosind o ștanță de decupare. Exploatarea presei în regim de lovituri singulare la o cadență de 40, respectiv 100 cd/min a fost posibilă prin reglarea cadenței dispozitivului pneumatic (care comandă presa), cu ajutorul celor două drosele de cale aflate în circuitul cilindrului principal (vezi fig.5.6). Exploatarea presei în regim de lovituri repetate (160 cd/min) s-a realizat de la panoul de comandă a acesteia, alimentarea sculei cu semifabricat efectuându-se de data aceasta manual, deoarece cadența maximă de care dispune dispozitivul este mai mică decât cea a presei (vezi cap.5.2.2.2).

Pentru fiecare experiment în parte au fost trasate curbele de putere consumată de către motorul electric, la:

- mersul în gol al presei, realizându-se doar rotirea volantului;
- antrenarea în mișcare a arborelui principal, bielei, berbecului și a sculei montată pe presă, fără prelucrare de semifabricat;
- antrenarea în mișcare a arborelui principal, bielei, berbecului și a sculei montată pe presă, cu prelucrare de semifabricat (ștanțare),

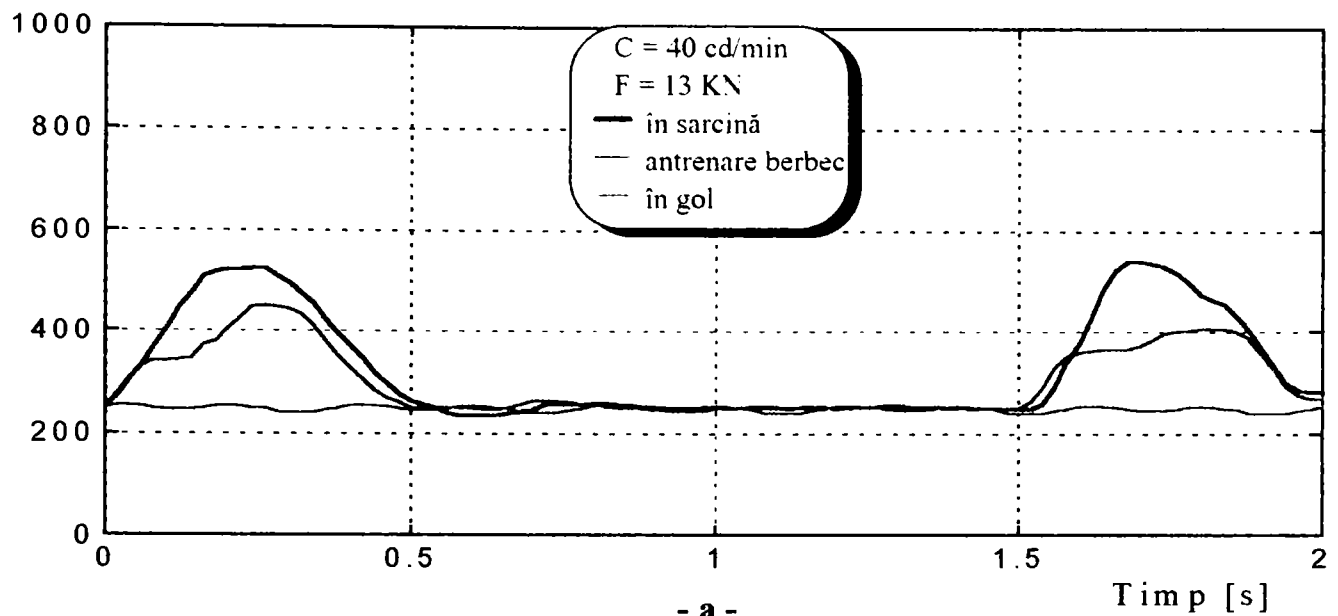
curbele obținute fiind reprezentate în fig.7.16, 7.17 și 7.18.

7.2.3 Interpretarea rezultatelor

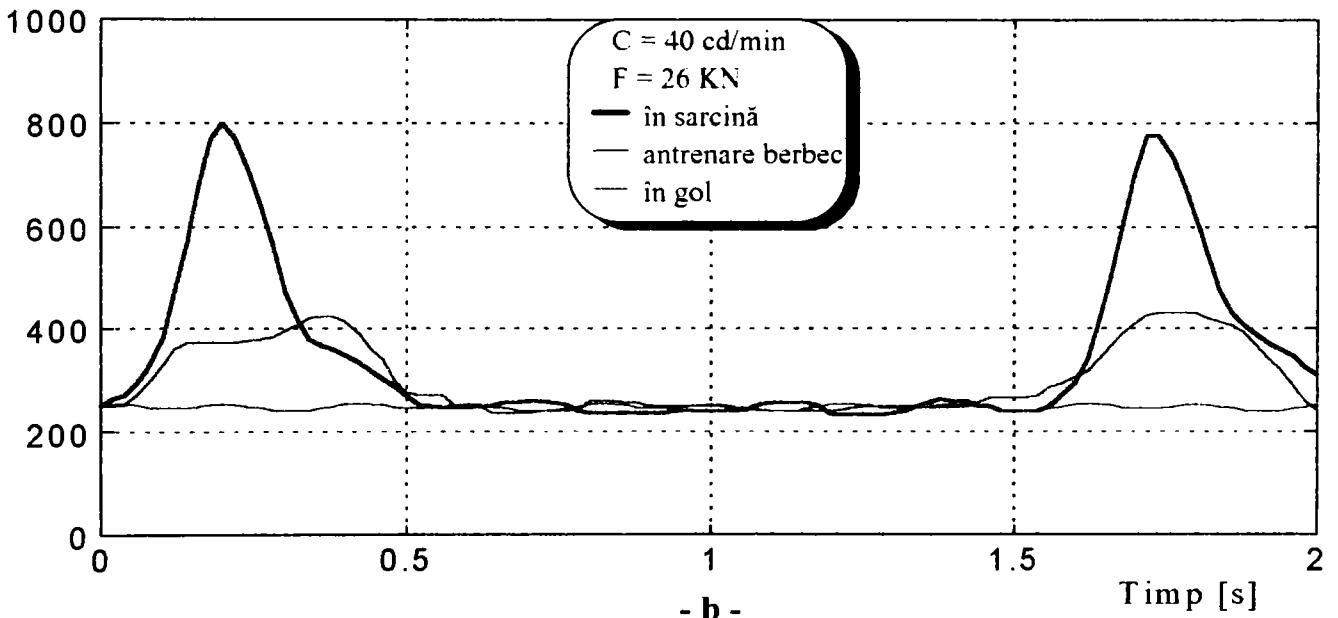
Analizând aceste figuri se observă că, în cazul în care presa lucrează în regim de lovituri singulare (fig.7.16, 7.17), se înregistrează pe durata unui ciclu alternanța dintre o zonă de putere consumată pentru mișcarea arborelui principal, a berbecului și a sculei montată pe presă și o zonă de putere consumată aproximativ egală cu cea de la mersul în gol al presei. Față de cazul presei PAI 40, în acest caz, în momentul cuplării penei nu mai apare un vârf de putere separat datorat acestui lucru, deoarece masele inerciale în acest caz sunt mult mai mici. În cazul lucrului în regim de lovituri repetate (fig.7.18), datorită faptului că ciclul este mai scurt decât durata normală a zonei de consum energetic afectată de mișcarea berbecului presei, se înregistrează o creștere substanțială a puterii la “mers în gol” dintre două lovituri consecutive ale berbecului, în comparație cu puterea la mers în gol datorată rotirii volantului.

Pentru a scoate în evidență influența celor doi factori luați în studiu (cadență și forță) asupra consumului de energie electrică, s-au definit și determinat (în același mod ca și la presa PAI 40) energiile consumate pentru fiecare caz în parte, rezultatele fiind prezentate în tabelul 7.6. În urma prelucrării statistice a acestor date, efectuând o analiză de varianță pentru energia totală E_t (tabelul 7.7), se constată că, pentru un prag de semnificație $P=0.05$, și în acest caz interacțiunile de ordin doi AB și BB au o influență nesemnificativă asupra funcției răspuns, ceea ce se poate observa și din diagrama PARETO prezentată în fig.7.19c. Din punct de vedere al modelării matematice, se observă că indicatorul R-pătrat înainte și după o ajustare a lui are valori foarte apropiate de unu, lucru care arată că modelarea matematică a fenomenului este foarte bună. Aceasta se poate vedea (fig.7.19d) și din dispersia valorilor rezidualilor obținute

Putere [W]



Putere [W]



Putere [W]

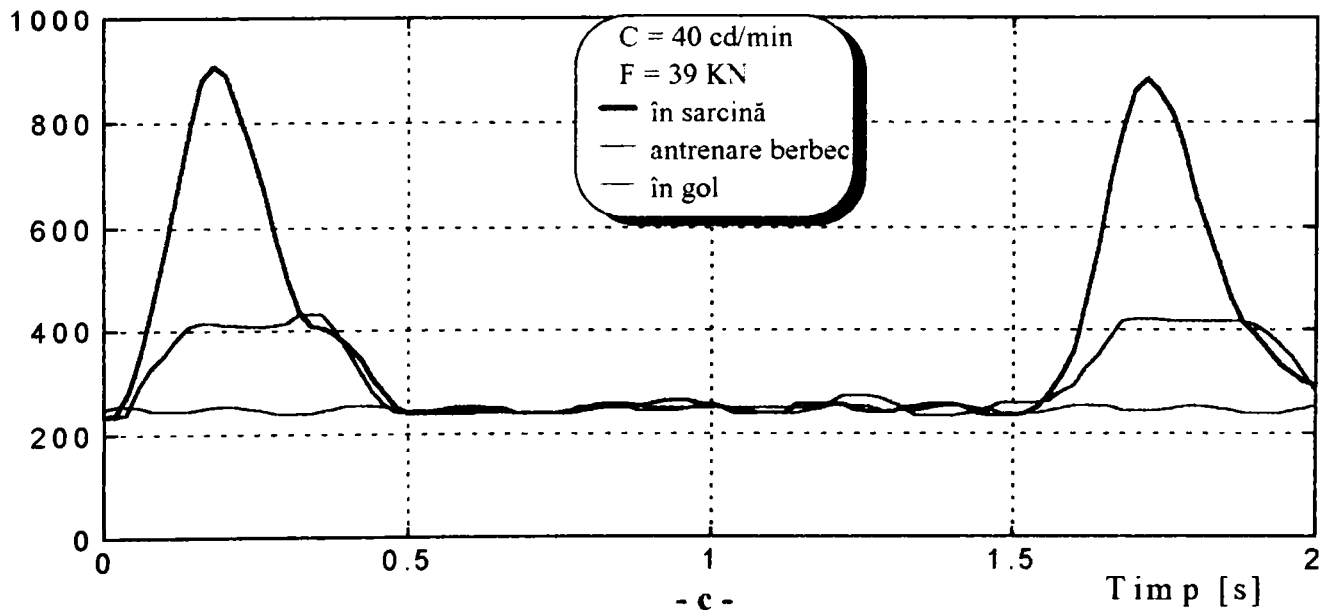


Fig.7.16 Variația puterii consumate în funcție de încărcarea preseii, la cadența de 40 cd/min

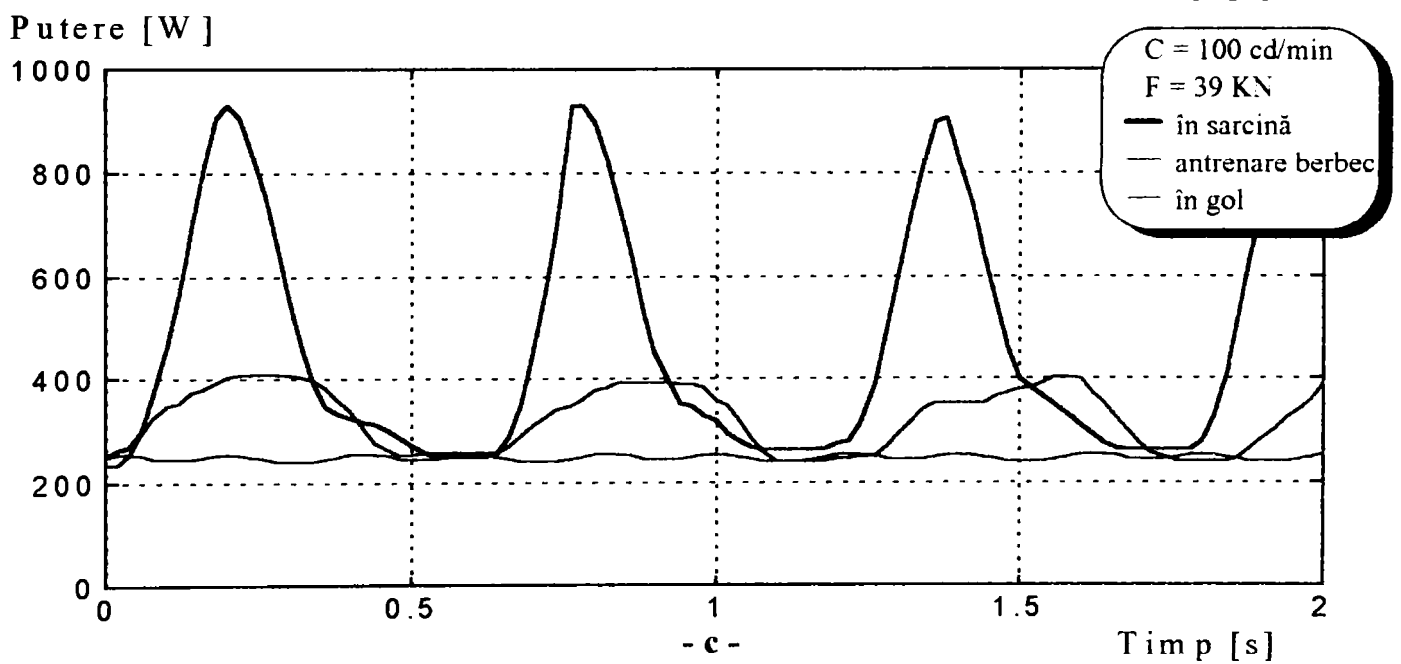
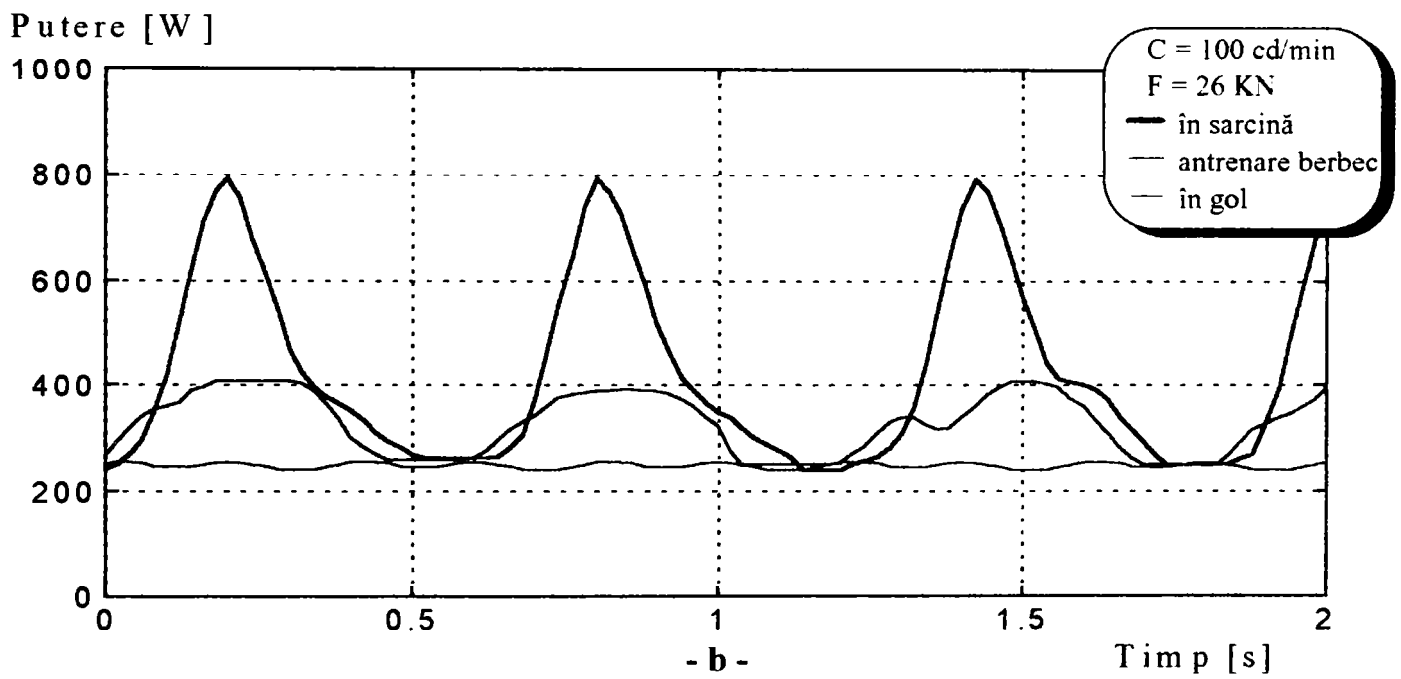
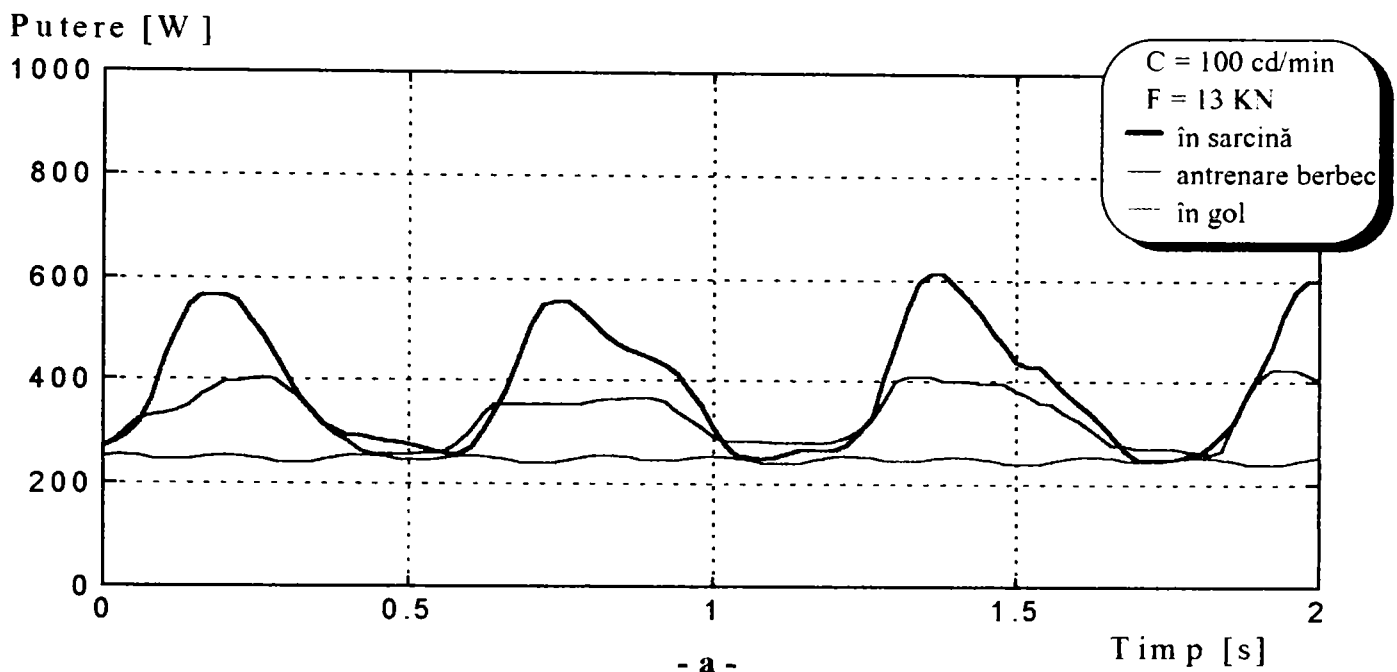


Fig.7.17 Variația puterii consumate în funcție de încărcarea presei, la cadența de 100 cd/min

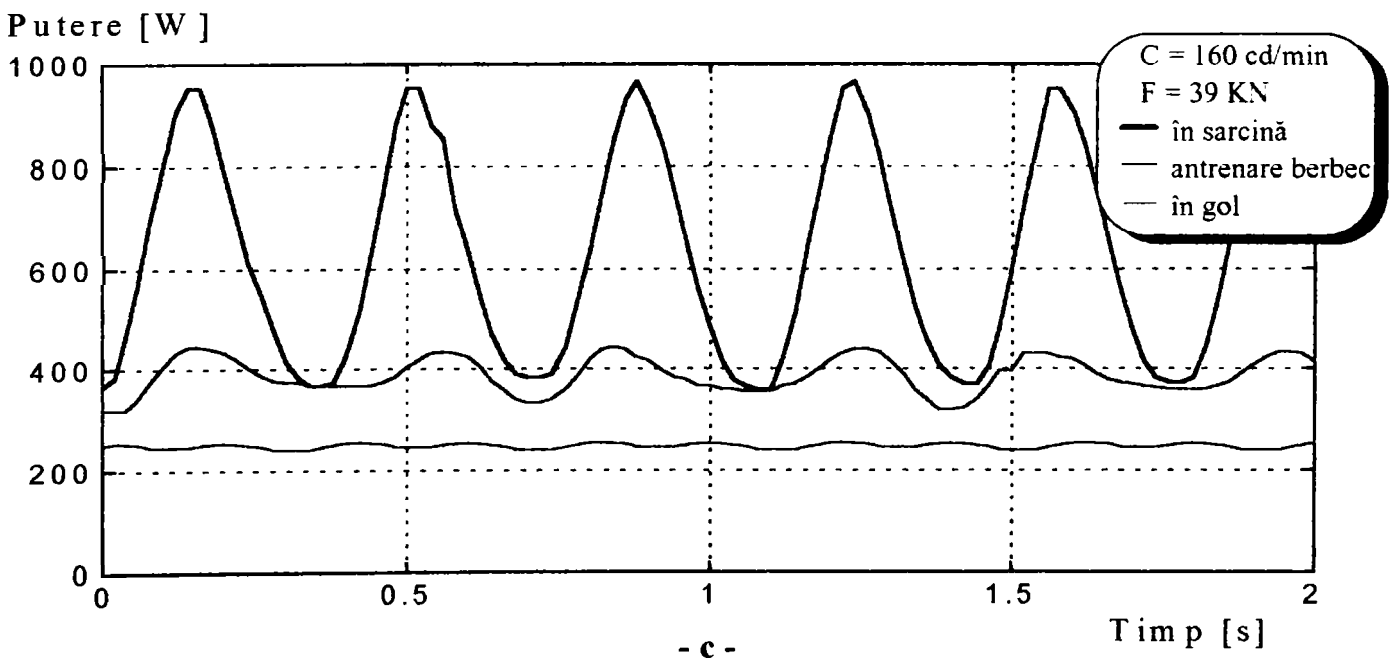
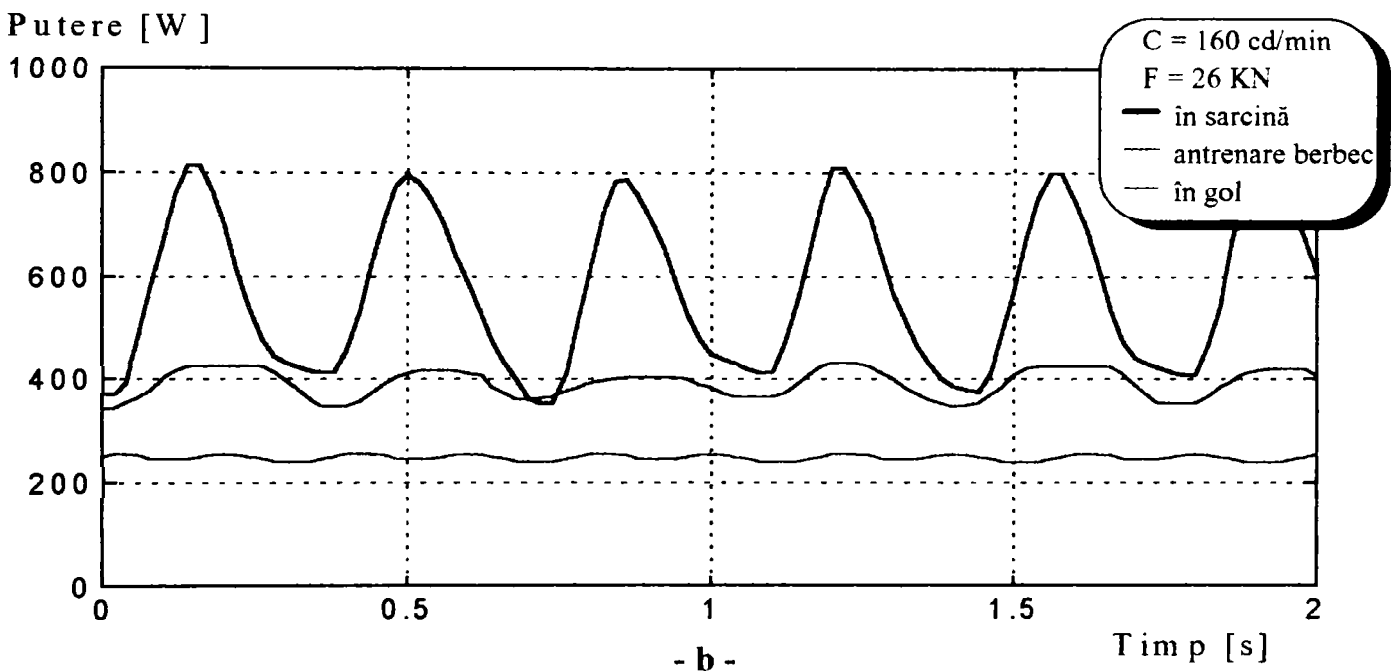
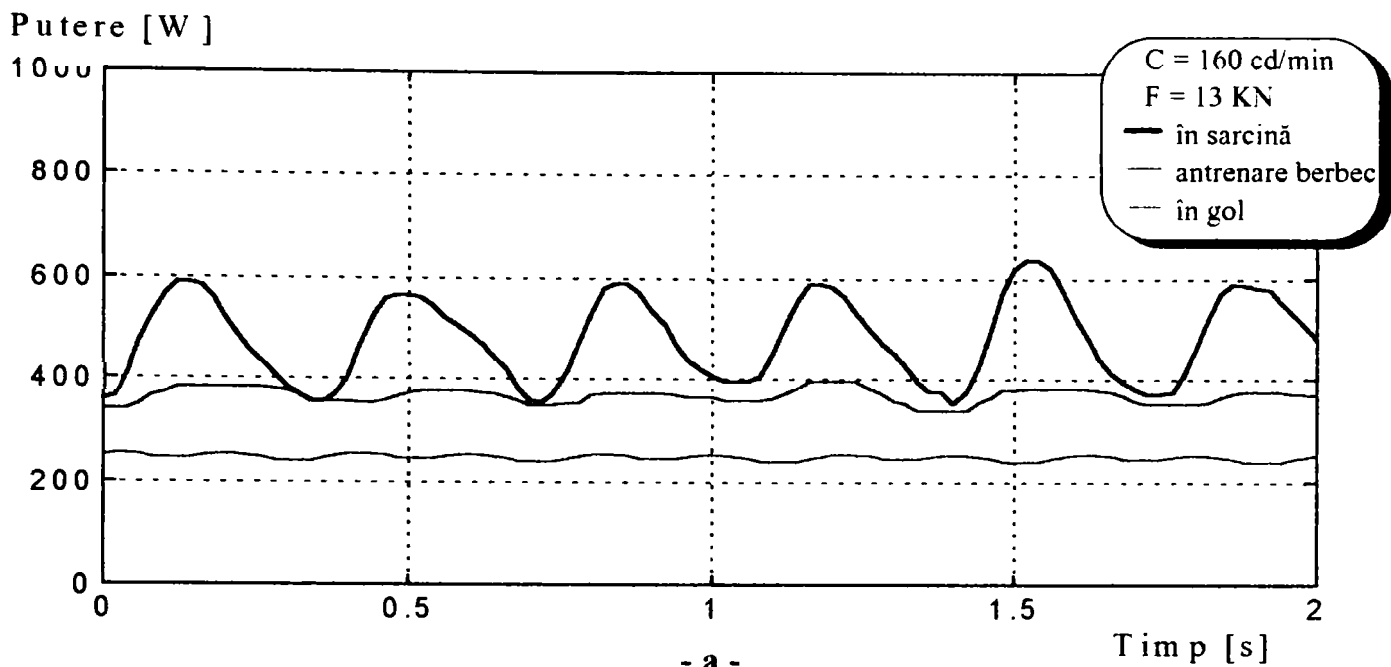


Fig.7.18 Variația puterii consumate în funcție de încărcarea presei, la cadența de 160 cd/min

Tabelul 7.6 Rezultate experimentale

Nr exp.	Conținutul experimentului				Răspunsuri									
	Codificat		Valori naturale		1 ciclu									1 oră
	x ₁	x ₂	C [cd/min]	F [kN]	E _t [Ws]	E _u [Ws]	E _r [Ws]	E _u / E _r [-]	E _u / E _t [-]	E _{ish} [Ws]	E _p [Ws]	E _p / E _t [-]	E _t [kWh]	
1	+1	-1	160	13	181.216	49.330	141.886	0.347	0.272	136.076	43.140	0.238	0.456	
2	-1	+1	40	39	504.367	130.722	373.645	0.349	0.259	428.867	75.500	0.148	0.336	
3	-1	0	40	26	474.797	103.666	371.131	0.279	0.218	428.935	45.862	0.096	0.316	
4	+1	+1	160	39	222.928	79.136	143.792	0.550	0.355	139.516	83.412	0.374	0.534	
5	0	-1	100	13	231.945	67.985	163.960	0.414	0.293	198.357	33.588	0.145	0.386	
6	+1	0	160	26	195.212	52.406	142.806	0.357	0.268	141.161	54.056	0.276	0.520	
7	-1	-1	40	13	458.913	88.508	370.405	0.238	0.132	430.453	28.460	0.062	0.306	
8	0	+1	100	39	271.274	97.752	173.522	0.563	0.360	195.872	75.402	0.278	0.452	
9	0	0	100	26	255.065	83.628	171.437	0.487	0.328	197.889	57.176	0.224	0.425	

Tabelul 7.7 ANOVA pentru E_t

Efect	Suma pătratelor	Numărul gradelor de libertate	Media pătratelor	Valoare calculată test Fisher (F)	Prag de semnificație (P)
A:Cadența	117242.153	1	117242.153	6605.50	0.0000
B:Forța	2666.831	1	2666.831	150.25	0.0012
AB	3.501	1	3.501	0.20	0.6914
AA	15072.242	1	15072.242	849.18	0.0001
BB	23.336	1	23.336	1.31	0.3347

R-pătrat = 0.999606

R-pătrat (ajustat) = 0.998949

experimental față de valorile estimate de modelul matematic. Faptul că dispersia acestora este aleatoare și nu se observă o dispunere sistematică, ne dovedește că modelul matematic nu a introdus erori sistematice și nici în timpul experimentărilor nu au fost astfel de erori.

În urma stabilirii coeficienților de regresie, expresia modelului matematic pentru energia totală este următoarea:

$$E_{t1c} = -7.12142 \cdot C + 0.690641 \cdot F - 1.19936 \cdot 10^{-3} \cdot C \cdot F + 0.0241141 \cdot C^2 + 0.020212 \cdot F^2 + 692.983 \quad (7.5)$$

iar în urma eliminării factorilor ne semnificativi devine:

$$E_{t1c \text{ corectat}} = -7.1526 \cdot C + 1.62173 \cdot F + 0.0241141 \cdot C^2 + 684.716 \quad (7.6)$$

Analizând diagramele din fig.7.19...7.25 se constată că variația energiilor consumate în funcție de cadența și încărcarea preseii este asemănătoare cu cea referitoare la presa PAI 40, concluziile prezentate la punctul 7.1 fiind valabile și în acest caz. Apar totuși mici deosebiri cum ar fi cea legată de energia utilă E_u (fig.7.20). Se observă că în acest caz influența cadenței preseii asupra energiei utile este mai mare decât cea a forței din proces, energia utilă scăzând semnificativ cu creșterea cadenței. În cazul lucrului în regim de lovituri repetate (160 cd/min) are loc o scădere a acesteia cu până la 40%, fapt

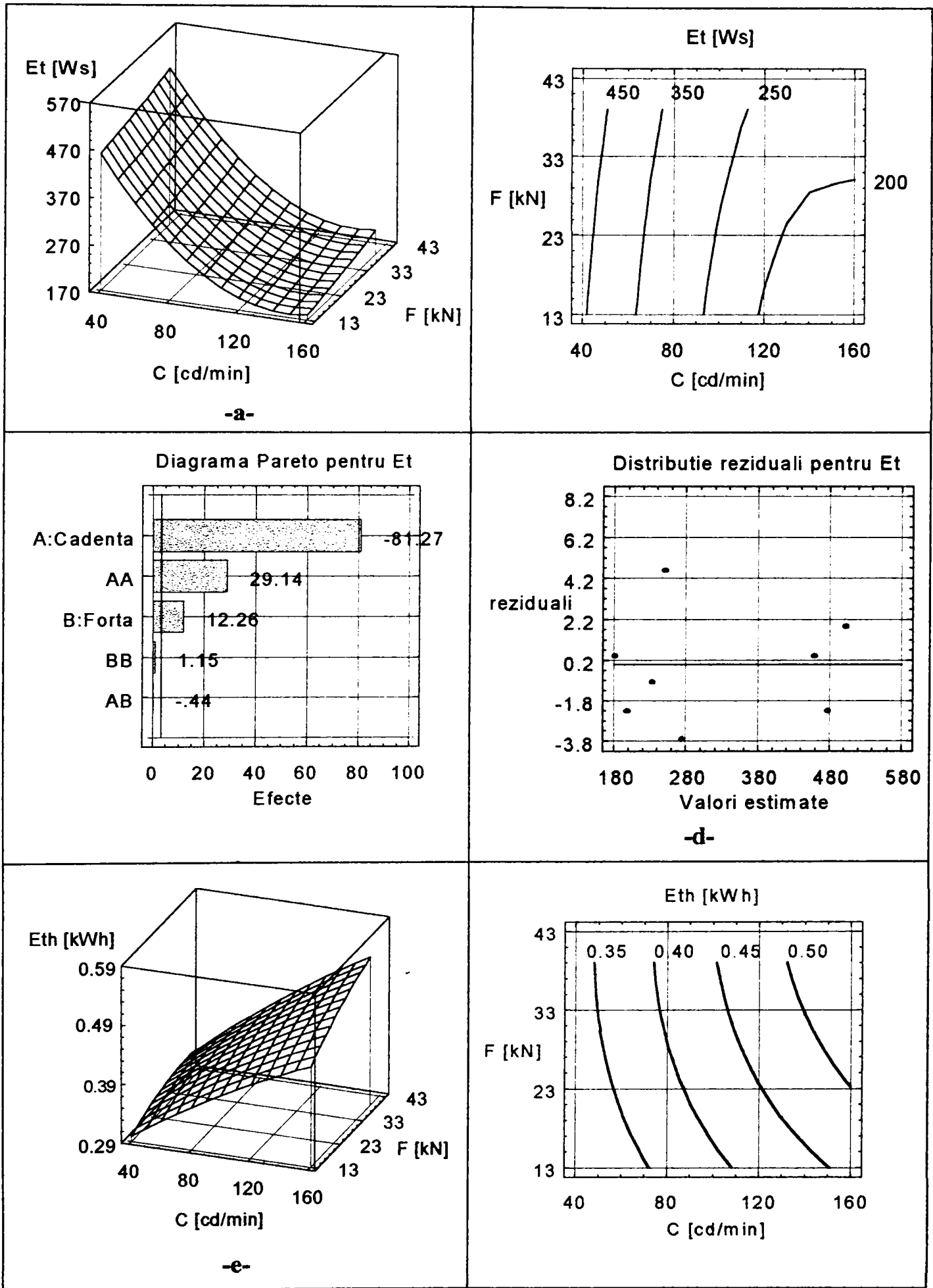


Fig. 7.19 Influența cadenței și a forței asupra energiei totale E_t

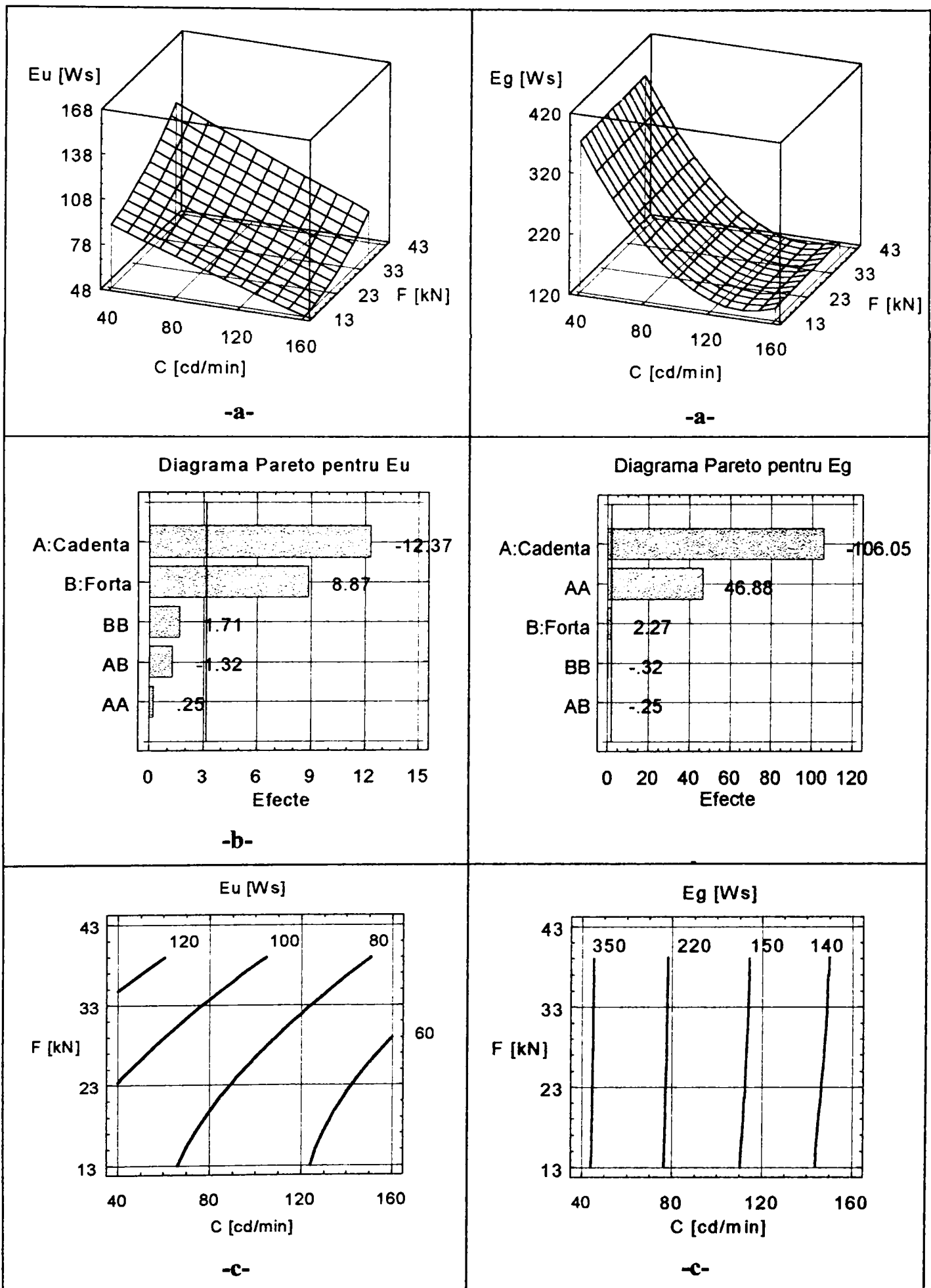


Fig.7.20 Influența cadenței și a forței asupra energiei utile E_u

Fig.7.21 Influența cadenței și a forței asupra energiei la mersul în gol E_g

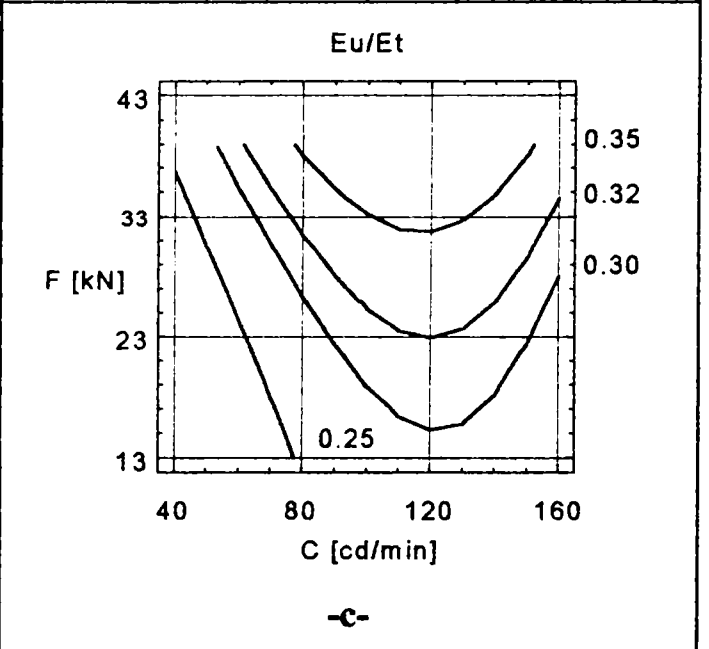
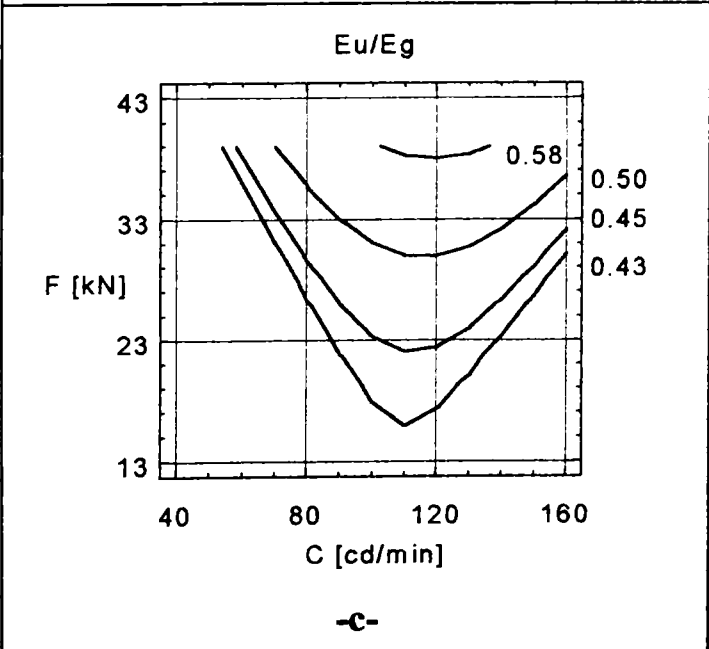
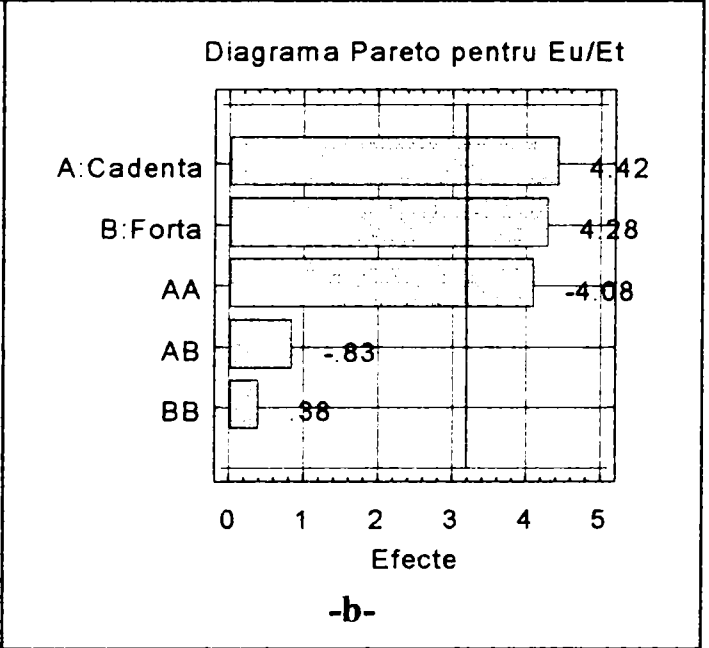
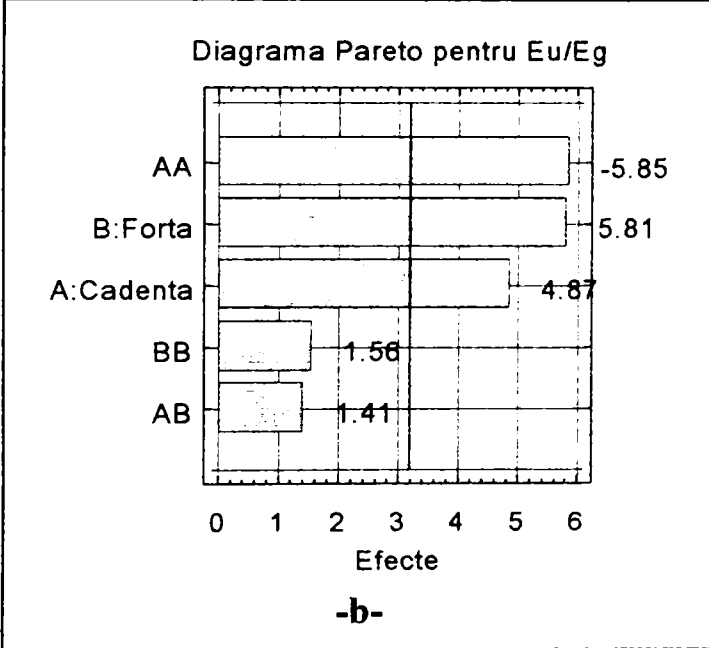
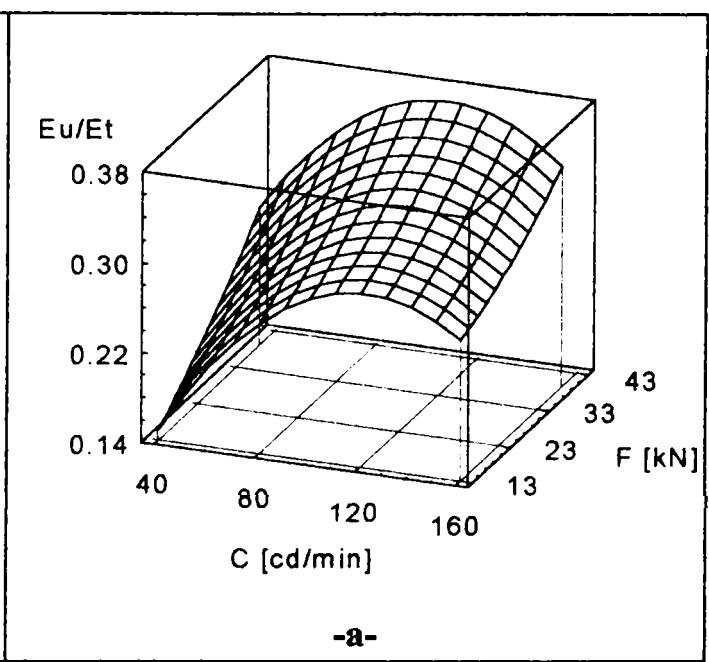
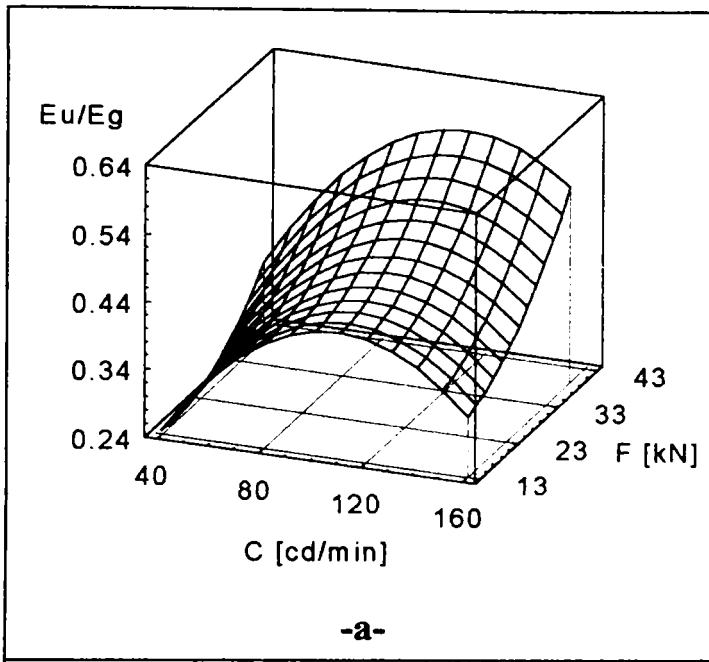


Fig.7.22 Influența cadenței și a forței asupra raportului E_u/E_g

Fig.7.23 Influența cadenței și a forței asupra raportului E_u/E_t

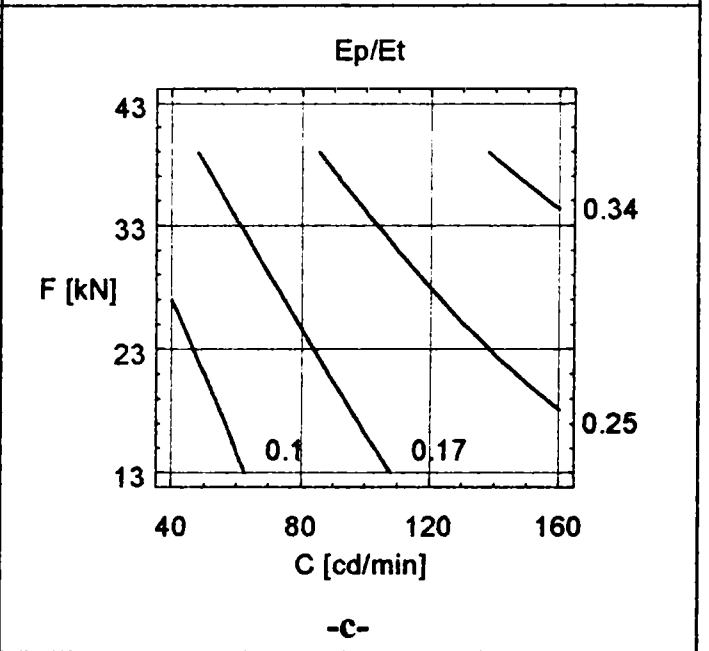
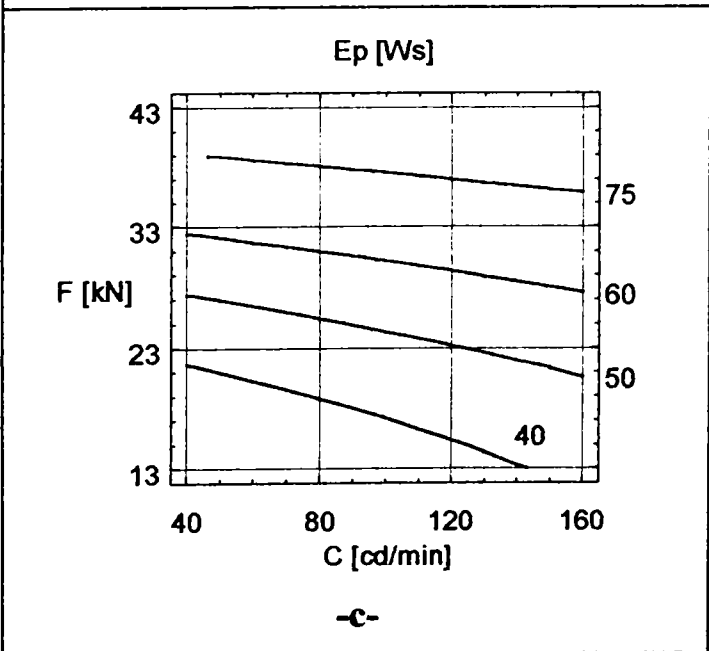
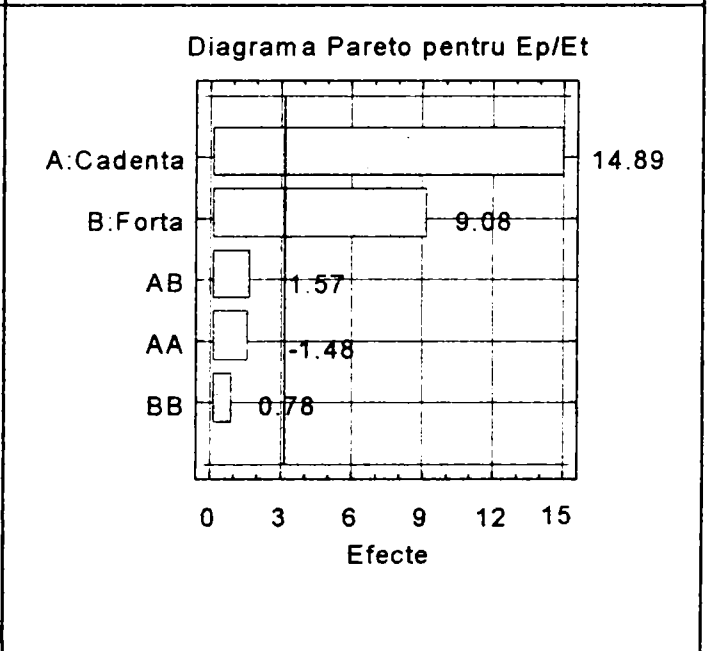
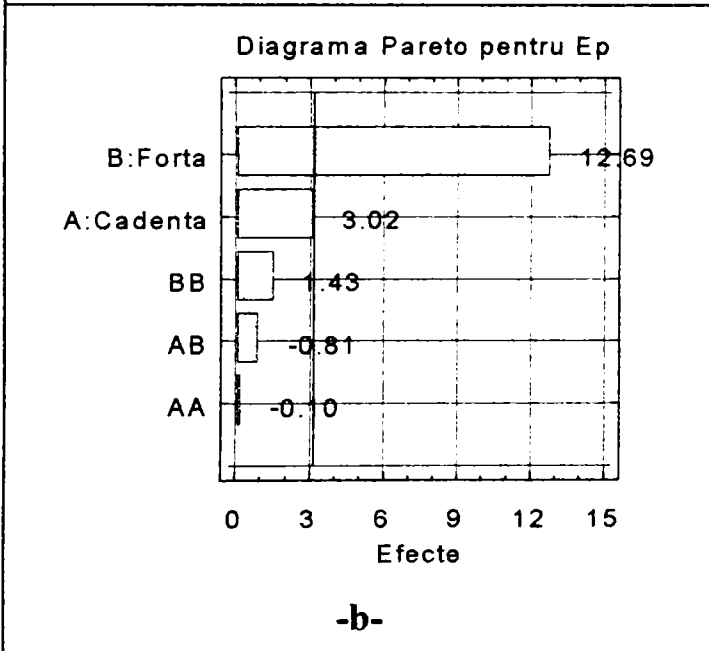
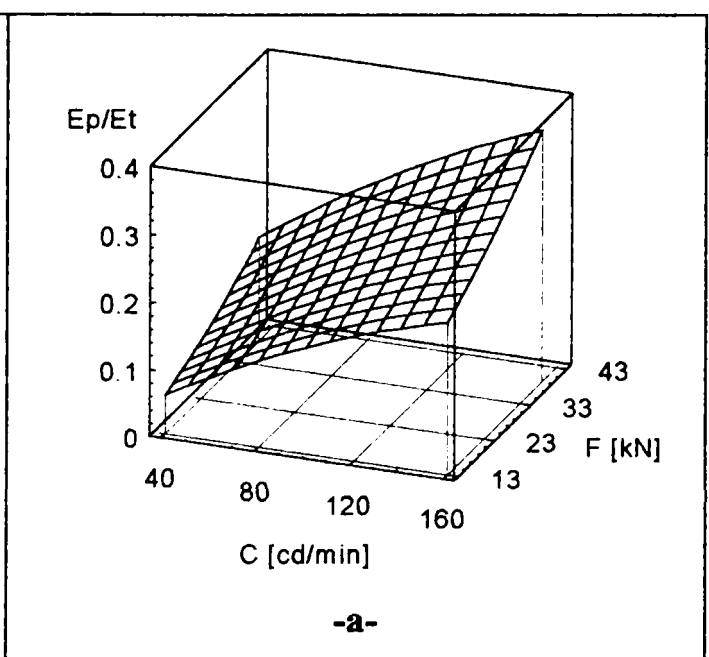
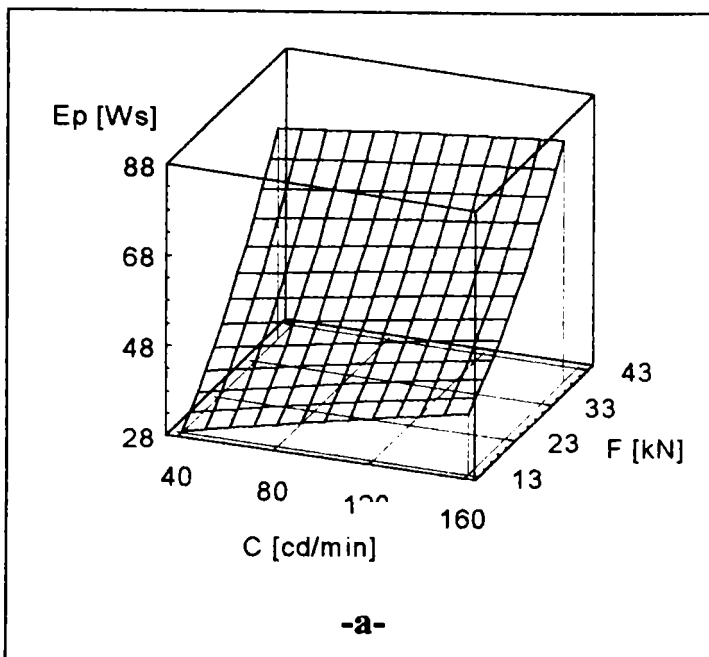


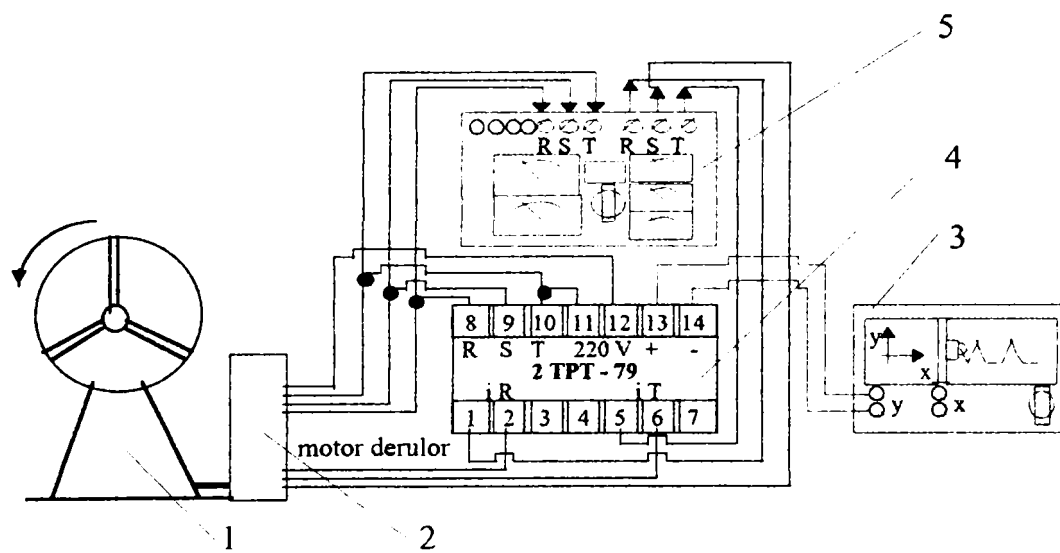
Fig.7.24 Influența cadentei și a forței asupra energiei din proces E_p

Fig.7.25 Influența cadentei și a forței asupra raportului E_p/E_t

datorat creșterii puterii consumate la “mers în gol” ca urmare a scăderii turației volantului, cât și datorită faptului că ciclul este mai scurt decât durata normală a zonei de consum energetic afectată de mișcarea berbecului preseii. Această scădere se reflectă și asupra raporturilor E_u/E_g (fig.7.22), respectiv E_u/E_t (fig.7.23), care prezintă un maxim în jurul cadenței de 100 cd/min după care urmează o scădere a acestora pe măsură ce cadența se apropie de 160 cd/min. In cazul preseii PAI 40, variația celor două raporturi este crescătoare, valoarea maximă apărând în cazul lucrului în regim de lovituri repetate (80 cd/min). Acest lucru se poate datora faptului că presa PAI 40 este o presă a cărei caracteristici au fost modificate. Astfel, numărul de curse duble pe minut a fost modificat, prin schimbarea raportului de transmitere de la motor la volant, de la 110 cd/min (prevăzute inițial) la 80 cd/min, păstrând același motor electric.

Din cele prezentate mai sus reiese că atât cadența preseii cât și încărcarea acesteia au o influență semnificativă asupra consumului specific de energie electrică, lucru observat și din fig.7.25, unde odată cu creșterea acestora se obțin raporturi mai favorabile dintre energia consumată efectiv în procesul de ștanțare și cea totală pe durata unui ciclu (E_p/E_t), respectiv are loc **creșterea randamentului energetic al preseii**.

7.3 Determinarea experimentală a consumului de energie electrică la derulor



1. derulor; 2. panou electric derulor; 3. înscrisor grafic tip XY Recorder Endim 620.02;
4. traductor trifazat de putere activă 2TPT-79; 5. trusă wattmetrică.

Fig.7.26 Schema de principiu a instalației experimentale

Cu ajutorul instalației experimentale prezentată în fig.7.26, s-a trasat puterea consumată de motorul electric în unitatea de timp (fig.7.27). Se observă că la fiecare pornire a motorului se înregistrează pe un interval de timp de 0.5 secunde un vârf de putere de 936 W, după care puterea devine constantă ($P=380$ W) la funcționarea normală a derulorului. Prin integrare numerică s-a determinat energia consumată pe durata unui ciclu care este compusă din:

$E_p = 374$ [W·s]- energia consumată la pornire, de valoare constantă;

$E_f = P_D \cdot t_f$ - energia consumată în timpul funcționării, care depinde de timpul de funcționare t_f al derulorului după pornire.

$$E_{t1c} = E_p + E_f = E_p + P_D \cdot t_f \quad (7.7)$$

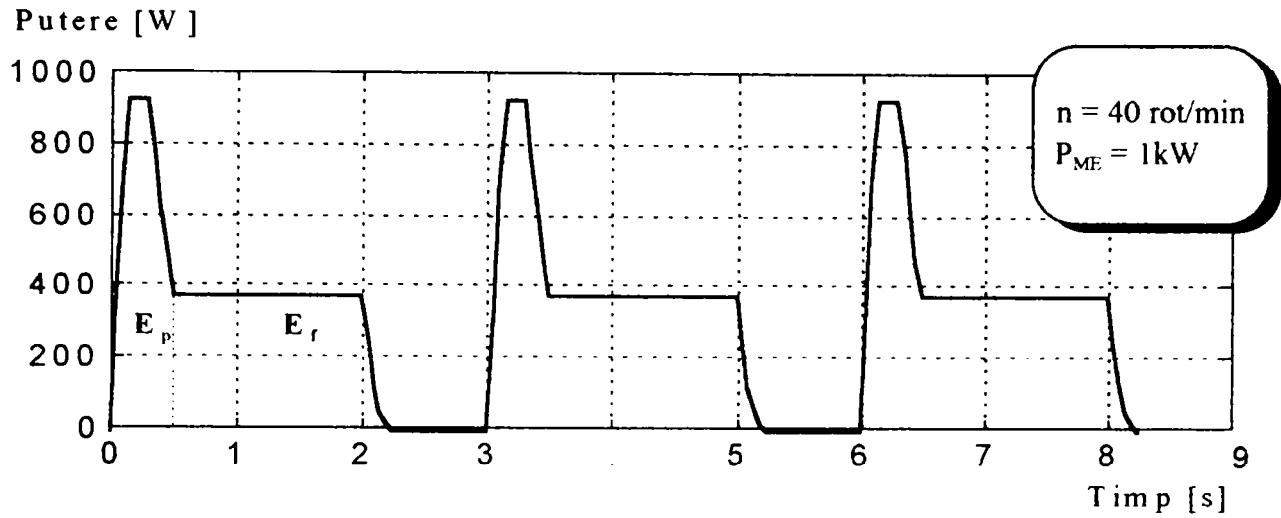


Fig.7.27 Variația puterii consumate în timp

7.4. Determinarea consumului de energie electrică pe linie

Având deja determinate consumurile de energie electrică pentru fiecare utilaj component al liniei, se poate trece la determinarea consumului de energie electrică pe linie. Acest lucru se va realiza ținând cont de timpul de funcționare al fiecărui utilaj din cadrul liniei. Valorile timpilor de funcționare și de staționare a utilajelor în cadrul liniei se determină, pe baza algoritmului prezentat la cap.4.2.5, utilizând programul de calculator “PRES”. Determinarea efectivă a energiei electrice consumată pe linie se va face pe baza unor relații de calcul care vor fi stabilite ținând cont de ciclograma de funcționare a liniei, după cum urmează:

a) Funcționarea în regim de lovituri comandate (C): $v_3 \cong v_2 < v_1$

În acest caz presa PAI 40 are o funcționare continuă, derulorul va funcționa intermitent, iar dispozitivul de avans pneumatic, respectiv presa PAI 6.3 (comandată de

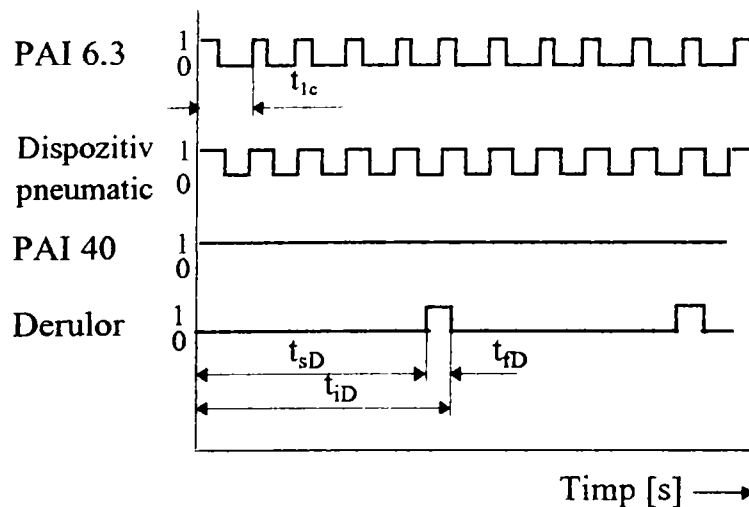


Fig.7.28 Ciclogramă de funcționare linie în regim de lovituri comandate

dispozitiv) vor lucra în același ritm cu cel al presei PAI 40. Ciclograma de funcționare a liniei este prezentată în fig.7.28. Prin 1 s-a simbolizat funcționarea utilajului, iar prin 0 staționarea sa. Determinarea energiei totale consumate de linie într-un interval de timp t în acest caz pornește de la determinarea energiei totale consumate de fiecare utilaj în parte în același interval de timp t , după cum urmează:

- *Energia totală consumată de derulor (E_{iD})*

$$E_{iD} = N_{iD} \cdot E_{t_{icD}} \quad (7.8)$$

unde: N_{iD} -numărul de intervale de funcționare + staționare a derulorului
 $E_{t_{icD}}$ -energia totală consumată de derulor pe un interval
 (conform relației 7.7, unde $t_f = t_{fD} - 0.5$)

$$N_{iD} = \frac{t}{t_{iD}} = \frac{t}{t_{fD} + t_{sD}} \quad (7.9)$$

unde: t_{iD} -durata unui interval de funcționare + staționare a derulorului
 t_{fD} -timp de funcționare derulor
 t_{sD} -timp de staționare derulor

Pe baza relațiilor 7.8 și 7.9 rezultă:

$$E_{iD} = \frac{t}{t_{fD} + t_{sD}} \cdot E_{t_{icD}} \quad (7.10)$$

- *Energia totală consumată de presa PAI 40 (E_{tPAI40}):*

$$E_{tPAI40} = n_{cPAI40} \cdot E_{t_{icPAI40}} \quad (7.11)$$

unde: n_{cPAI40} -numărul de cicluri de presare ale presei PAI 40
 $E_{t_{icPAI40}}$ - energia totală consumată pe durata unui ciclu de presare
 (conform relației 7.3)

$$n_{cPAI40} = \frac{t}{t_{lc}} = \frac{t}{\frac{60}{C_{PAI40}}} \quad (7.12)$$

unde: t_{lc} - durata unui ciclu de presare
 C_{PAI40} - numărul de curse duble reglate la presa PAI 40

Pe baza relațiilor 7.11 și 7.12 rezultă:

$$E_{tPAI40} = \frac{t}{\frac{60}{C_{PAI40}}} \cdot E_{t_{icPAI40}} \quad (7.13)$$

- *Energia totală consumată de presa PAI 6.3 ($E_{tPAI6.3}$):*

$$E_{tPAI6.3} = n_{cPAI6.3} \cdot E_{t_{icPAI6.3}} \quad (7.14)$$

unde: $n_{cPAI6.3}$ - numărul de cicluri de presare ale presei PAI 6.3

$E_{t_{ic\ PAI6.3}}$ - energia totală consumată pe durata unui ciclu de presare
(conform relației 7.5)

$$n_{PAI6.3} = \frac{t}{t_{ic}} = \frac{t}{60 \cdot C_{PAI40}} \quad (7.15)$$

Pe baza relațiilor 7.14 și 7.15 rezultă:

$$E_{PAI6.3} = \frac{t}{60 \cdot C_{PAI40}} \cdot E_{t_{ic\ PAI6.3}} \quad (7.16)$$

Energia totală consumată de linie în acest caz se obține prin însumarea relațiilor 7.10, 7.13, 7.16 rezultând:

$$E_t = \left[\frac{1}{t_{fd} + t_{sd}} \cdot E_{t_{icD}} + \frac{C_{PAI40}}{60} \cdot (E_{t_{icPAI40}} + E_{t_{icPAI6.3}}) \right] \cdot t \quad (7.17)$$

b) Funcționarea în regim de lovituri repetate (R)

În acest caz, în funcție de raportul vitezei benzii prin fiecare utilaj pot să apară cele două situații A și B (vezi cap.6.1.2) prezentate în fig.7.29.

- **Situația (A):** Presa PAI 40 funcționează în regim de lovituri repetate, iar derulorul respectiv dispozitivul pneumatic și presa PAI 6.3 vor lucra cu intermitență. În acest caz apar modificări doar la relația de calcul a energiei consumată de presa PAI 6.3.

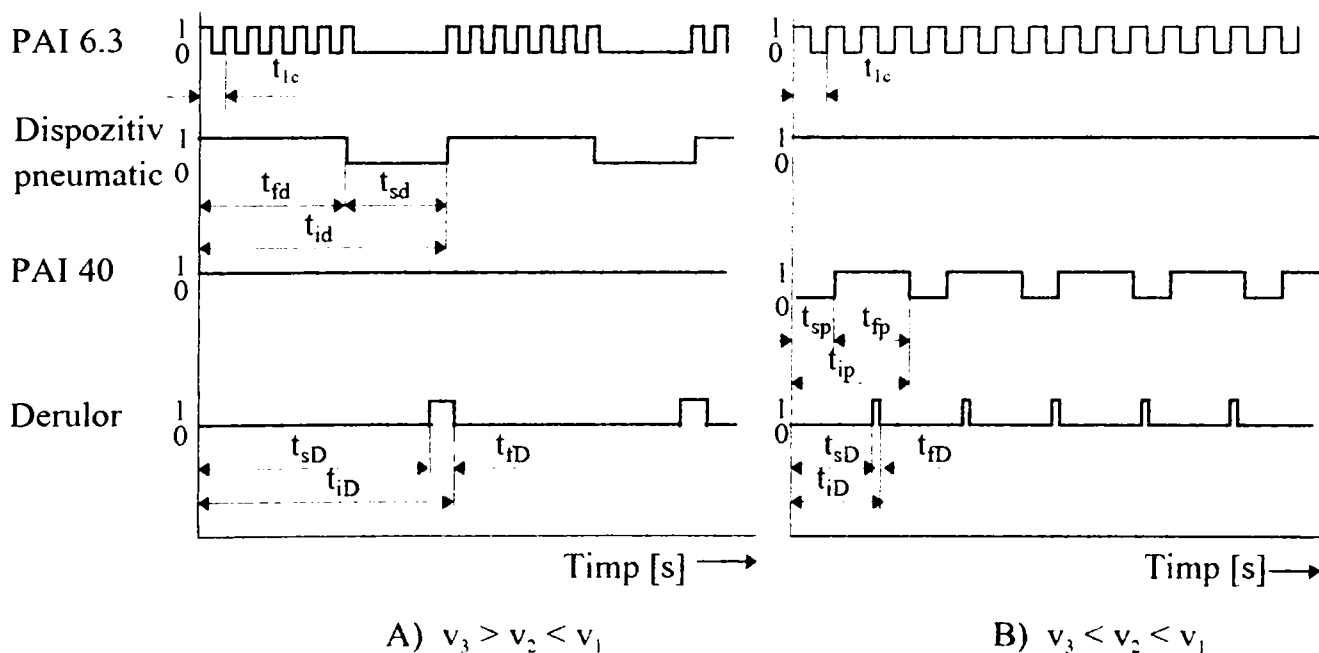


Fig.7.29 Ciclogramă de funcționare linie în regim de lovituri repetate

$$E_{t_{ic\ PAI6.3}} = N_{id} \cdot E_{t_{ic\ PAI6.3}} \quad (7.18)$$

unde: N_{id} - numărul de intervale de funcționare+staționare a dispozitivului pneumatic
 $E_{t_{ic\ PAI6.3}}$ - energia totală consumată pe un interval

$$N_{id} = \frac{t}{t_{id}} = \frac{t}{t_{fd} + t_{sd}} \quad (7.19)$$

unde: t_{id} -durata unui interval de funcționare+staționare a dispozitivului
 t_{fd} -timp de funcționare dispozitiv
 t_{sd} -timp de staționare dispozitiv

$$E_{nP.AI.6.3} = n_{id} \cdot E_{t1cPAI.6.3} + P_{gPAI.6.3} \cdot t_{sd} \quad (7.20)$$

unde: n_{id} - numărul de cicluri de presare (date de dispozitiv) realizat de presa PAI 6.3
 $P_{gPAI.6.3}$ - puterea la mersul în gol al presei când are loc doar rotirea volantului
 t_{sd} - timp de staționare dispozitiv

$$n_{id} = \frac{t_{fd}}{t_{ic}} = \frac{t_{fd}}{60} \cdot C_d \quad (7.21)$$

unde: t_{fd} - timp de funcționare dispozitiv
 C_d - cadența dispozitivului

Pe baza relațiilor 7.18, 7.19,7.20, 7.21 rezultă:

$$E_{tP.AI.6.3} = \frac{t}{t_{fd} + t_{sd}} \cdot \left(\frac{t_{fd} \cdot C_d}{60} \cdot E_{t1cPAI.6.3} + P_{gPAI.6.3} \cdot t_{sd} \right) \quad (7.22)$$

Insumând relațiile 7.10, 7.13, 7.22 se obține energia totală consumată de linie în cazul funcționării cu intermitență în regim de lovituri repetate conform situației (A):

$$E_t = \left[\frac{1}{t_{fd} + t_{sd}} \cdot E_{t1cD} + \frac{C_{P.AI.40}}{60} \cdot E_{t1cPAI.40} + \frac{1}{t_{fd} + t_{sd}} \cdot \left(\frac{t_{fd} \cdot C_d}{60} \cdot E_{t1cPAI.6.3} + P_{gPAI.6.3} \cdot t_{sd} \right) \right] \cdot t \quad (7.23)$$

- **Situația (B):** Dispozitivul pneumatic va lucra fără oprire având o funcționare continuă, în timp ce presa PAI 40 și derulorul vor funcționa cu intermitență. In acest caz vom determina relațiile pentru calculul energiei consumate de cele două prese, energia consumată de derulor fiind dată de relația 7.10. Relația de calcul pentru energia consumată de presa PAI 40 se determină asemănător cu cea pentru presa PAI 6.3 (situația A), rezultând în final:

$$E_{tP.AI.40} = \frac{t}{t_{fp} + t_{sp}} \cdot \left(\frac{t_{fp} \cdot C_{P.AI.40}}{60} \cdot E_{t1cPAI.40} + P_{gP.AI.40} \cdot t_{sp} \right) \quad (7.24)$$

unde: t_{fp} - timp de funcționare presă PAI 40
 t_{sp} - timp de staționare presă PAI 40,

iar cea pentru presa PAI 6.3 se determină asemănător cu cea pentru presa PAI 40 de la funcționarea în regim de lovituri comandate, rezultând în final:

$$E_{tP.AI.6.3} = \frac{t \cdot C_d}{60} \cdot E_{t1cPAI.6.3} \quad (7.25)$$

Insumând relațiile 7.10, 7.24 și 7.25 se obține relația de calcul a energiei totale consumată de linie, conform situației (B), după cum urmează:

$$E_t = \left[\frac{1}{t_{fd} + t_{sd}} \cdot E_{t1cD} + \frac{1}{t_{fp} + t_{sp}} \cdot \left(\frac{t_{fp} \cdot C_{P.AI.40}}{60} \cdot E_{t1cPAI.40} + P_{gP.AI.40} \cdot t_{sp} \right) + \frac{C_d}{60} \cdot E_{t1cPAI.6.3} \right] \cdot t \quad (7.26)$$

Pe baza relațiilor stabilite pentru fiecare mod de funcționare în parte s-a determinat energia consumată pe linie E_l în decurs de o oră, rezultatele fiind prezentate în tabelul 7.8. Calculele s-au efectuat ținând cont de timpii de funcționare și staționare a utilajelor din cadrul liniei prezentați în anexa 6 (pentru câteva cazuri), numărul experimentului din tabelul 7.8 corespunzând cu numărul de tabel din anexa 6. La calculul energiei totale E_{tlc} consumată pe un ciclu de presare s-a ales, ca forță de încărcare a preselor, forța maximă (272kN, respectiv 39kN) pentru care au fost efectuate experimentările pentru presa PAI 40, respectiv PAI 6.3.

Tabelul 7.8 Rezultate experimentale

Nr exp	Mod fct. linie	PAI 40 + dispozitiv			Disp. pneumatic		PAI 6.3	E_l [kWh]	Nr produse pe oră [buc]	E_l pe produs [Wh]
		P [mm]	C [cd/min]	F [kN]	P [mm]	C [cd/min]	F [kN]			
1	C	10	80	272	10	80	39	2.004	4800	0.4175
2	RA	10	80	272	10	100	39	1.980	4800	0.4125
3	RA	10	80	272	10	135	39	1.973	4800	0.4110
4	C	50	80	272	50	80	39	2.033	4800	0.4235
5	RA	50	80	272	50	90	39	2.020	4800	0.4208
6	RB	50	80	272	50	70	39	1.912	4200	0.4550
7	RB	100	80	272	100	60	39	1.826	3600	0.5071

Analizând energia totală consumată pe linie, respectiv energia totală consumată pe produs (1 bucată) se observă o ușoară *reducere* a acestuia în cazul funcționării liniei în regim de lovituri repetate (exp. 2 și 3, respectiv 5) față de cazul funcționării în regim de lovituri comandate (exp.1, respectiv 4). Efectul este cu atât mai pronunțat cu cât cadența la dispozitivul pneumatic, care lucrează cu intermitență, este mai mare, caz în care presa PAI 6.3 va lucra cu o cadență mai apropiată de cea nominală (când consumul acesteia este minim). În cazul în care cadența dispozitivului pneumatic este mai mică decât cadența presei PAI 40 (exp. 6 și 7) se observă că energia consumată pe produs este mai mare. Acest lucru apare ca urmare a scăderii cadenței liniei, caz în care presa PAI 6.3 este exploatată la o cadență mult mai mică decât cea nominală, iar presa PAI 40 va funcționa cu intermitență având și perioade de staționare cu consum de energie la mersul în gol mai mare decât la presa PAI 6.3.

Ca și **concluzie generală**, din punct de vedere energetic, se recomandă ca o linie automată flexibilă de ștanțare-matritare construită pe prese de uz general să funcționeze cu intermitență în regim de lovituri repetate (ceea ce constituie un avantaj și din punct de vedere al exploatării corespunzătoare a preselor). Totodată este indicat ca la constituirea unei asemenea linii să se aleagă pe cât posibil utilaje cu capacități productive egale sau cât mai apropiate între ele.

CONTRIBUȚII ORIGINALE

Cercetările teoretice și experimentale întreprinse în cadrul prezentei teze de doctorat aduc o serie de contribuții, apreciate de autor ca originale, la cunoașterea unui domeniu relativ nou și complex cu ar fi cel al liniilor automate flexibile de presare la rece a laminatelor subțiri.

1. In domeniul cercetării fundamentale

- Realizarea unei descrieri sintetice a liniilor automate de presare la rece cu evidențierea aspectelor legate de utilaje, acumulate de semifabricat, echipament tehnologic, domeniu de aplicabilitate, limite și performanțe;
- Elaborarea unei clasificări a liniilor automate și prezentarea structurii liniilor automate care prelucrează semifabricat continuu și individual cu sublinierea efectelor principale care apar și analize critice din punct de vedere al diversității de repere, reglaj, productivitate, eficiență economică;
- Efectuarea unei sinteze în scopul definirii conceptului de automatizare flexibilă, respectiv caracterizarea principalelor tipuri de sisteme de fabricație după criteriul adaptabilității la variația sarcinii și elaborarea conceptelor în definirea și clasificarea sistemelor flexibile de fabricație cu evidențierea caracteristicilor tehnico-economice;
- Realizarea unei sinteze privind posibilitățile și limitele flexibilității prelucrărilor de ștanțare-matrițare;
- Realizarea unui studiu privind evoluția sculelor și a utilajelor de presare în scopul îmbunătățirii adaptabilității la cerințele unei producții diversificate;
- Caracterizarea și definirea limitelor actualelor sisteme flexibile de fabricație prin presare la rece într-o prezentare comparativă a soluțiilor constructive în cele trei cazuri: celulă flexibilă, atelier flexibil, linie automată flexibilă;
- Stabilirea metodologiei de concepție a unei linii automate flexibile de ștanțare-matrițare cu identificarea și tratarea problemelor legate de utilaj, semifabricat, scule de presare, dispozitive de avans;
- Studiarea aplicării principiilor metodei S.M.E.D. la îmbunătățirea operației de reglare a liniei în vederea scăderii considerabile a timpului de efectuare a unui reglaj;
- Realizarea unui studiu privind adaptările care trebuie efectuate atât la utilaj și la scule în vederea schimbării rapide a acestora.

2. In domeniul cercetării aplicative

- Efectuarea (în colectiv) a unui studiu de caz la o întreprindere de profil privind oportunitatea realizării unor linii automate flexibile de ștanțare-matrițare pe baza ideii de revalorizare a parcului de prese existent în întreprindere, în urma căruia au fost

scoase în evidență creșterile de productivitate, economiile la manoperă și la timpii de funcționare a utilajelor, respectiv numărul de utilaje care ar fi disponibilizate în urma acțiunii de re tehnologizare;

- Realizarea unor îmbunătățiri constructiv-funcționale la mecanismul de antrenare a dispozitivului de avans cu clești cu came acționat de la arborele principal al presei în vederea rigidizării acestuia cu scopul asigurării unei funcționări sigure și silențioase, respectiv la sistemul de tragere/împingere bandă în scopul asigurării posibilității reglării oricărei mărimi de pas între valoarea minimă și maximă;
- Concepția și realizarea schemei de acționare electro-pneumatică a dispozitivului de avans cu clești cu acționare pneumatică, realizarea unor clești cu posibilități de reglare a poziției elementelor de fixare în funcție de denivelările realizate pe semifabricatul bandă, a unor cilindri cu membrană (care acționează cleștii) cu fiabilitate ridicată, a sistemului de reglare a pasului;
- Conceperea unui program experimental pentru determinarea cadenței dispozitivului de avans cu clești cu acționare pneumatică având ca mărimi de intrare pasul reglat, presiunea de lucru și greutatea benzii din acumulator;
- Realizarea unei linii automate flexibile de ștanțare-matrițare constituită dintr-un derulor de bandă și două prese cu excentric echipate cu cele două dispozitive de avans prezentate mai sus, și stabilirea modurilor de funcționare a acesteia;
- Concepția și realizarea unui program de calculator pentru determinarea parametrilor geometrici și funcționali ai liniei;
- Modelarea funcționării părții de comandă a liniei cu ajutorul modelului GRAFCET;
- Concepția și realizarea pe baza modelului obținut a schemelor electrice și a pupitrului de comandă a liniei;
- Conceperea a două programe experimentale factoriale și realizarea instalației experimentale pentru determinarea consumului de energie electrică la presele PAI 40, respectiv PAI 6.3 având ca mărimi de intrare cadența și încărcarea presei iar ca mărime de ieșire puterea consumată în diferite cazuri de exploatare;
- Determinarea expresiei modelului matematic al energiei totale E_t consumate în proces pentru cele două prese pe baza curbelor de putere și a prelucrării statistice a datelor experimentale;
- Determinarea pe bază experimentală a relației de calcul a energiei totale consumate de derulorul de bandă;
- Analiza energiilor totală E_t , utilă E_u , la mersul în gol E_g și cea consumată efectiv în procesul de ștanțare E_p și stabilirea în final a randamentului energetic al preselor;
- Determinarea, pe baza ciclogramelor de funcționare a liniei pentru fiecare mod de funcționare, a modelului matematic de calcul al consumului de energie electrică pe linie, respectiv pe produs, stabilind în final modul de funcționare optim din punct de vedere energetic.

**Determinarea economiei de manoperă la lucrul pe
linii automate flexibile de ștanțare-matrițare**

Tabelul 1 Determinarea timpului de pregătire-încheiere la lucrul pe LASM

Nr. crt.	Nr. de cod	Lot		Montaj		Reglaj dispozitiv de avans [min]	T _{pi} [min]	T _{pi} [min/buc]
		Buc	Greutate bandă [kg]	Rulou [min]	Sculă [min]			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	500	5.5	2.1	17	6	25.1	0.050
2	2	500	0.5	2	17	6	25	0.050
3	3	500	8.7	2.1	17	6	25.1	0.050
4	4	500	30.5	6	39	12	57	0.114
5	5	500	0.5	2	17	6	25	0.050
6	6	500	0.7	2	17	6	25	0.050
7	7	500	1.2	2	17	6	25	0.050
8	8	500	48.5	8	17	6	31	0.062
9	9	1250	21	4	17	6	27	0.022
10	10	2500	194	16	39	12	67	0.027
11	11	2500	72	8	39	12	59	0.024
12	12	2500	66.2	8	17	6	31	0.013
13	13	2500	78	8	17	6	31	0.013
14	14	2500	2.5	2	17	6	25	0.010
15	15	7500	71	8	17	6	31	0.004
16	16	2500	66	8	39	12	59	0.024
17	17	2500	64	8	17	6	31	0.013
18	18	2500	512	80	17	6	103	0.042
19	19	2500	52	8	17	6	31	0.013
20	20	2500	530	80	17	6	103	0.042
21	21	2000	130	24	17	6	47	0.024
22	22	4000	125	24	17	6	47	0.012
23	23	4000	125	24	17	6	47	0.012
24	24	4000	270	40	17	6	63	0.016
25	34	7500	304	48	17	6	71	0.009
26	35	1250	254	40	56	18	114	0.091
27	36	2500	225	40	17	6	63	0.025
28	37	2500	6	2.1	17	6	25.1	0.010
29	38	500	8	2.1	17	6	25.1	0.050
30	39	2500	0.6	2	17	6	25	0.010
31	41	1250	85	12	17	6	35	0.028
32	43	500	12	2.1	17	6	25.4	0.050
33	44	500	32	6	17	6	29	0.058
34	45	2500	34	6	17	6	29	0.012
35	46	2500	30	6	17	6	29	0.012
36	47	1250	9	2.1	17	6	25.1	0.020
37	48	1250	8.5	2.1	17	6	25.1	0.020
38	49	2500	10	2.1	17	6	25.1	0.010
39	50	2500	5.5	2.1	17	6	25.1	0.010
40	51	12500	45	8	17	6	31	0.003

1	2	3	4	5	6	7	8	9
41	52	12500	245	40	17	6	63	0.005
42	53	50000	512	80	17	6	103	0.002
43	54	25000	18	4	17	6	27	0.001
44	55	25000	30	6	17	6	29	0.001
45	56	2500	100	16	17	6	39	0.016
46	57	500	18	4	17	6	27	0.054
47	58	2500	506	80	17	6	103	0.042
48	59	1250	6	2.1	17	6	25.1	0.020
49	60	800	210	32	39	12	83	0.104
50	61	1000	63	12	35	12	59	0.059
51	62	300	6	2.1	56	18	76.1	0.254
52	63	250	38	6	39	12	57	0.228
53	64	4000	180	32	39	12	83	0.021
54	65	800	42	6	39	12	59	0.074
55	66	800	140	24	17	6	47	0.059
56	69	100	14	4	39	12	55	0.550
57	70	100	7	2.1	17	6	25.1	0.251
58	72	100	17	4	39	12	55	0.550
59	73	100	9	2.1	17	6	25.1	0.251
60	75	500	10	2.1	17	6	25.1	0.020
61	76	500	30	6	39	12	57	0.114
62	77	500	28	6	39	12	57	0.114
63	78	2000	126	24	39	12	75	0.038
64	79	2000	27	6	17	6	29	0.015
65	81	3000	242	32	74	24	130	0.044
66	83	300	26	5	39	12	56	0.187
67	84	300	15	4	17	6	27	0.090
68	85	300	30	5	17	6	28	0.090
69	86	1000	263	6	39	12	57	0.057
70	87	1000	263	6	39	12	57	0.057
71	88	1000	145	6	39	12	57	0.057
72	89	2000	545	9	39	12	60	0.030
73	90	250	9	2.1	17	6	25.1	0.100
74	91	1500	427	72	39	12	123	0.082
75	92	1500	944	9	56	18	83	0.056
76	93	3000	1220	13	39	12	64	0.022
77	94	3000	1534	16	39	12	67	0.023
78	95	3000	895	9	56	18	83	0.028
79	96	1500	1266	13	56	18	87	0.058
80	97	1500	928	9	39	12	60	0.040
81	98	1000	835	9	39	12	60	0.060
82	99	1000	747	9	39	12	60	0.060
83	100	800	747	9	39	12	60	0.075
84	101	800	563	9	39	12	60	0.075

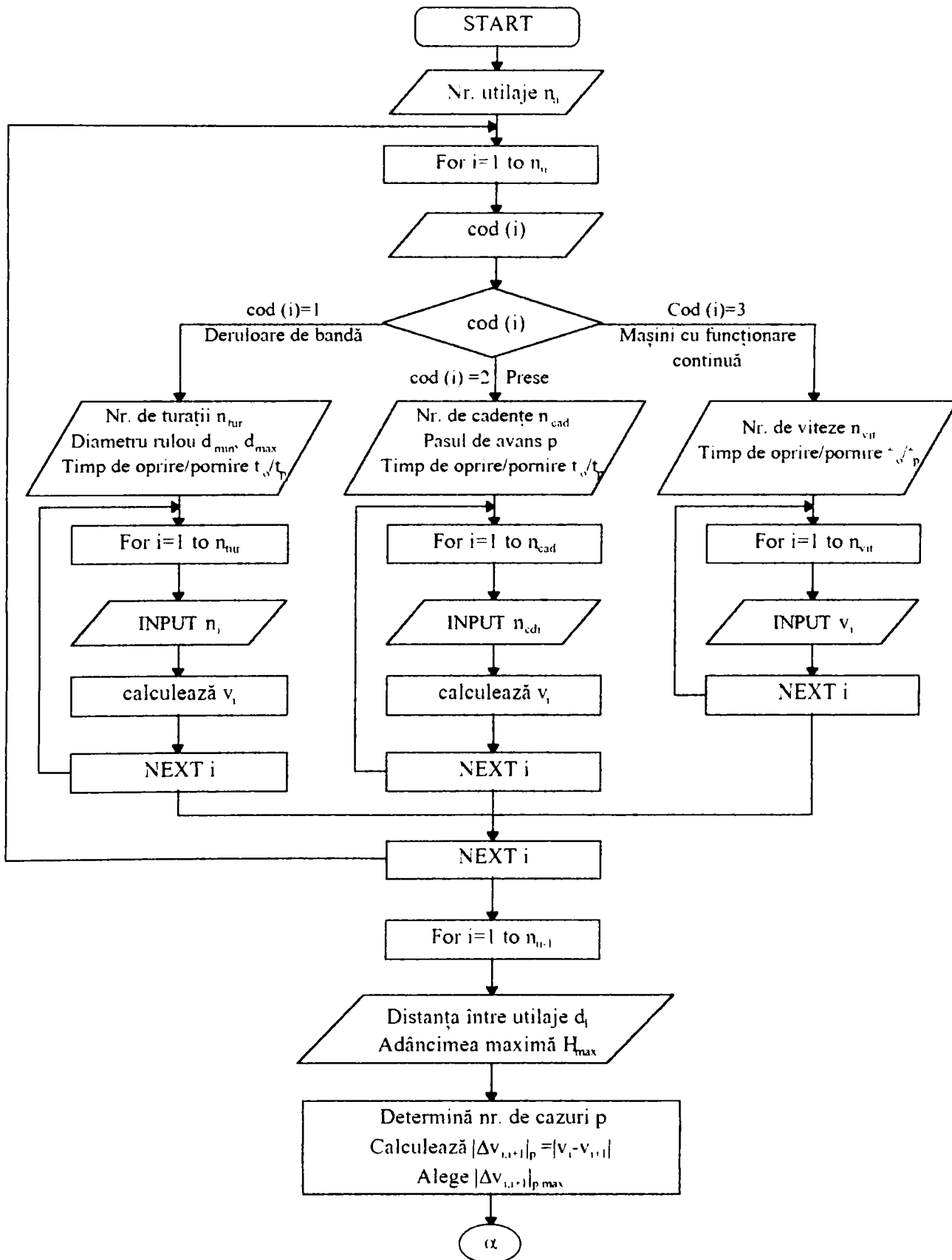
Tabelul 2 Economia anuală de timp realizată ca urmare a introducerii LASM

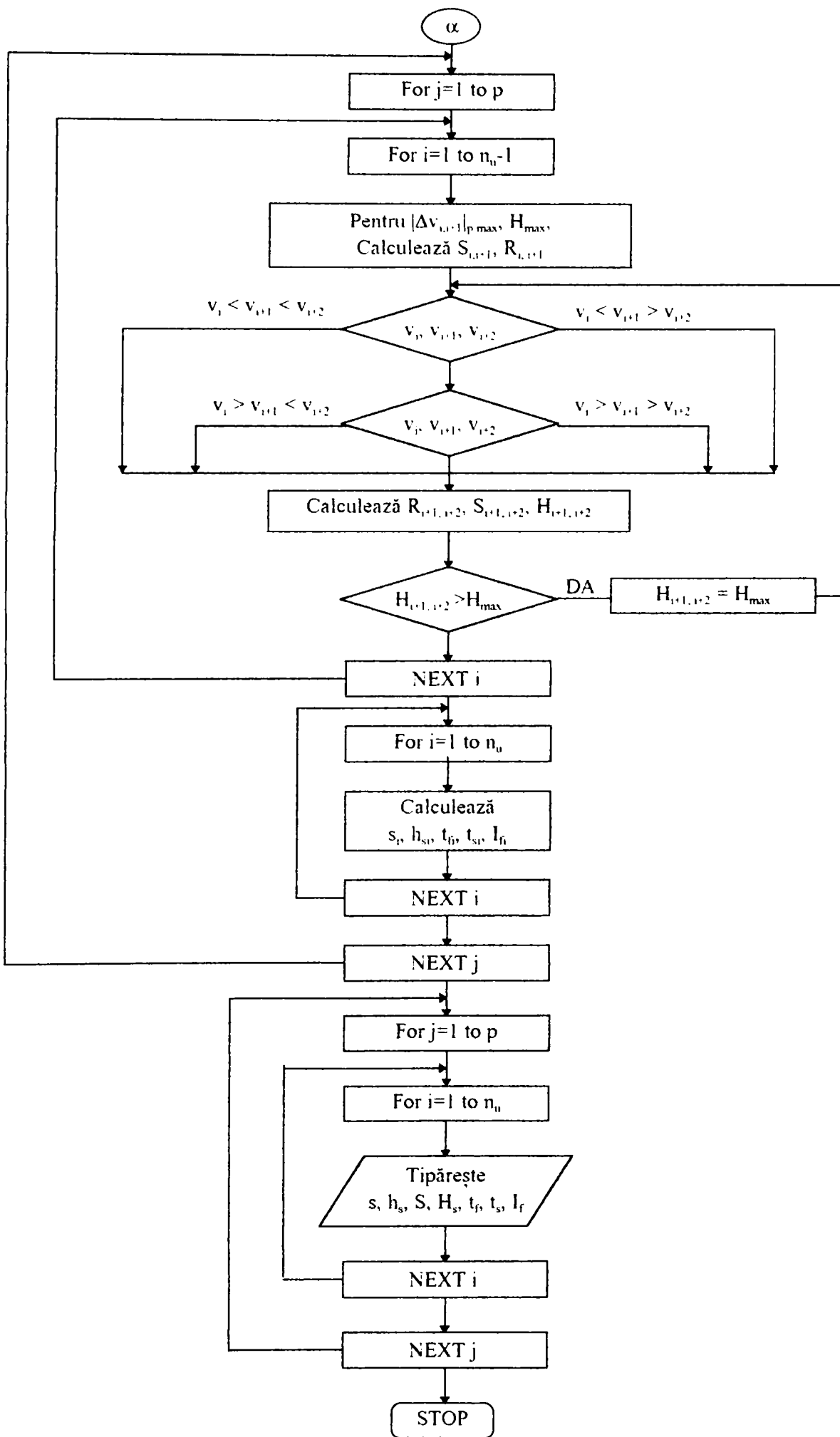
Nr crt	Nr de cod	Proces actual					Proces pe LASM				Economia anuală de timp [ore]
		Norma de timp [min/buc]			Prod. anuală [mii buc]	Timp pe an [ore]	Norma de timp [min/buc]			Timp pe an [ore]	
		Prelucr	CTC	Total			Prelucr	CTC	Total		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	0.2937	0.0084	0.3021	1	5.03	0.0650		0.0765	1.27	3.76
2	2	0.1912	0.1465	0.3377	1	5.62	0.0650		0.0765	1.27	4.35
3	3	0.0631	0.1529	0.2160	1	3.60	0.0650		0.0765	1.27	2.33
4	4	0.2810	0.2027	0.4837	1	8.06	0.1320		0.1435	2.33	5.73
5	5	0.0065	0.0990	0.1035	1	1.76	0.0650		0.0765	1.27	0.49
6	6	0.0391	0.1043	0.1434	1	2.40	0.0650		0.0765	1.27	1.13
7	7	0.0405	0.1071	0.1476	1	2.46	0.0650		0.0765	1.27	1.19
8	8	0.0862	0.0602	0.1464	1	2.44	0.0770		0.0885	1.47	0.97
9	9	1.0490	0.0147	1.0637	5	88.64	0.0370		0.0485	4.04	84.60
10	10	0.2766	0.2211	0.4977	10	82.95	0.0450		0.0565	9.42	73.53
11	11	0.1433	0.0070	0.1503	30	75.15	0.0420		0.0535	26.75	48.40
12	12	0.3940	0.0217	0.4157	30	207.85	0.0280		0.0395	19.75	188.10
13	13	0.3570	0.0130	0.3700	30	185	0.0280		0.0395	19.75	165.25
14	14	0.0960	0.0037	0.0997	30	49.85	0.0250		0.0365	18.25	31.60
15	15	0.1118	0.0060	0.1178	90	176.70	0.0190		0.0305	45.75	130.95
16	16	0.3468	0.0108	0.3576	30	178.80	0.0420		0.0535	26.75	152.05
17	17	0.4137	0.0113	0.4250	30	212.50	0.0280		0.0395	19.75	192.75
19	18	0.5758	0.0100	0.5858	30	292.90	0.0570		0.0685	34.25	258.65
19	19	0.1658	0.0050	0.1708	30	85.40	0.0280	0.	0.0395	19.75	65.65
20	20	0.4289	0.0110	0.4399	30	219.95	0.0570	0	0.0685	34.25	185.70
21	21	0.3147	0.0358	0.3505	8	46.73	0.0390	1	0.0505	6.73	40.00
22	22	0.3478	0.0681	0.4159	16	110.90	0.0270	1	0.0385	10.27	100.63
23	23	0.1687	0.0645	0.2333	16	62.21	0.0270	5	0.0385	10.27	51.94
24	24	0.1198	0.0010	0.1208	15	30.20	0.0310		0.0425	10.62	19.58
25	34	0.2096	0.0037	0.2133	30	106.65	0.0240		0.0355	17.75	88.90
26	35	0.8870	0.0175	0.9045	5	75.37	0.1060		0.1175	9.80	65.57
27	36	0.4210	0.0030	0.4240	10	70.66	0.0400		0.0515	8.58	62.08
28	37	0.0957	0.0202	0.1159	10	1932	0.0250		0.0365	6.08	13.24
29	38	1.2337	0.0100	1.2437	1	20.73	0.0650		0.0765	1.27	19.46
30	39	0.1532	0.0035	0.1567	10	26.12	0.0250		0.0365	6.08	20.04
31	41	0.1750	0.0065	0.1815	5	15.12	0.0430		0.0545	4.54	10.58
32	43	0.3911	0.0254	0.4165	2	13.88	0.0650		0.0765	2.55	11.33
33	44	0.5250	0.0069	0.5319	2	17.73	0.0730		0.0845	2.82	14.91
34	45	0.2081	0.0636	0.2717	10	45.28	0.0270		0.0385	6.42	38.86
35	46	0.3600	0.0065	0.3665	10	61.08	0.0270		0.0385	6.42	54.66
36	47	0.0336	0.0316	0.0652	5	5.43	0.0350		0.0465	3.87	1.56
37	48	0.3000	-	0.3000	5	25.00	0.0350		0.0465	3.87	21.13
38	49	0.1373	0.0154	0.1527	10	25.45	0.0250		0.0365	6.08	19.37
39	50	0.0882	0.0287	0.1169	10	19.48	0.0250		0.0365	6.08	13.40
40	51	0.0223	0.0035	0.0258	50	21.50	0.0180		0.0295	24.58	3.08
41	52	0.0958	0.0017	0.0975	50	81.25	0.0200		0.0315	26.25	55.00
42	53	0.0669	0.0033	0.0702	200	234.00	0.0170		0.0285	95.00	139.00
43	54	0.0207	0.0112	0.0319	100	53.16	0.0160		0.0275	45.83	7.33
44	55	0.0550	0.0130	0.0680	100	113.33	0.0160		0.0275	45.83	67.50
45	56	0.0573	0.0226	0.0799	10	13.32	0.0310		0.0425	7.08	6.24

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
46	57	1.0632	0.0329	1.0961	2	36.54	0.0690		0.0805	2.68	33.86
47	58	0.3015	0.0251	0.3666	10	61.10	0.0570		0.0685	11.42	49.68
48	59	0.2539	0.0100	0.2639	5	21.99	0.0350		0.0465	3.87	18.12
49	60	0.6200	0.0180	0.6380	0.8	8.51	0.1220		0.1335	1.78	6.73
50	61	0.5160	0.0200	0.5360	1	8.93	0.0770		0.0885	1.48	7.45
51	62	0.4340	0.0200	0.4540	0.3	2.27	0.2720		0.2835	1.42	0.85
52	63	0.8053	0.0200	0.8253	1	13.75	0.2460		0.2575	4.29	9.46
53	64	1.0943	0.0300	1.1243	28	524.67	0.0390		0.0505	23.57	501.10
54	65	0.3320	0.0100	0.3420	3.2	18.24	0.0920		0.1035	5.52	12.72
55	66	0.2330	0.0100	0.2430	3.2	12.96	0.0740		0.0855	4.56	8.40
56	69	1.3161	0.0200	1.3361	0.2	4.45	0.5680		0.5795	1.93	2.52
57	70	0.4641	0.0100	0.4741	0.2	1.58	0.2660		0.2775	0.92	0.66
58	72	1.3161	0.0200	1.3361	0.4	8.91	0.5680		0.5795	3.86	5.05
59	73	0.4641	0.0100	0.4741	0.4	3.16	0.2660		0.2775	1.85	1.31
60	75	0.0850	0.0050	0.0900	2	3.00	0.0350		0.0465	1.55	1.45
61	76	1.0475	0.0250	1.0725	2	35.75	0.1320		0.1435	4.78	30.97
62	77	0.2925	0.0100	0.3025	2	10.08	0.1320		0.1435	4.78	5.30
63	78	0.7990	0.0250	0.8240	8	109.87	0.0560	0,	0.0675	9.00	100.87
64	79	0.3663	0.0100	0.3763	8	50.17	0.0300	0	0.0415	5.53	44.64
65	81	1.7170	0.0300	1.7470	15	436.75	0.0620	1	0.0735	18.37	418.38
66	83	1.4810	0.0250	1.5060	1.2	30.12	0.2050	1	0.2165	4.33	25.79
67	84	0.6725	0.0200	0.6925	0.3	3.46	0.1050	5	0.1165	0.58	2.88
68	85	0.6725	0.0200	0.6925	0.3	3.46	0.1050		0.1165	0.58	2.88
69	86	0.9828	0.0200	1.0028	3	50.14	0.0750		0.0865	4.32	45.82
70	87	0.9828	0.0200	1.0028	3	50.14	0.0750		0.0865	4.32	45.82
71	88	0.9918	0.0150	1.0068	10	167.80	0.0750		0.0865	14.42	153.38
72	89	0.8267	0.0200	0.8467	18	254.01	0.0480		0.0595	17.85	236.16
73	90	0.6705	0.0150	0.6855	1	11.42	0.1150		0.1265	2.11	9.31
74	91	0.9338	0.0200	0.9538	20	317.93	0.1000		0.1115	37.17	280.76
75	92	1.6562	0.0300	1.6862	20	562.07	0.0740		0.0855	28.50	533.57
76	93	0.9900	0.0250	1.0150	36	609.00	0.0400		0.0515	30.90	578.10
77	94	1.1950	0.0250	1.2200	36	732.00	0.0410		0.0525	31.50	700.50
78	95	1.4730	0.0300	1.5030	20	501.00	0.0460		0.0575	19.17	481.83
79	96	1.2575	0.0200	1.2775	18	383.25	0.0760		0.0875	26.25	357.00
80	97	2.5826	0.0300	2.6126	20	870.87	0.0580		0.0695	23.17	847.70
81	98	1.1457	0.0200	1.1657	12	233.14	0.0780		0.0895	17.90	215.24
82	99	1.4386	0.0200	1.4586	12	291.72	0.0780		0.0895	17.90	273.82
83	100	1.1062	0.0250	1.1312	0.8	15.08	0.0930		0.1045	1.39	13.69
84	101	0.8181	0.0150	0.8331	0.8	11.11	0.0930		0.1045	1.39	9.72

ANEXA 2

Program de calculator pentru calculul acumuloarelor de semifabricat și a corelării funcționării acestora - schema logică simplificată





Vedere asupra profilului și a modului de acțiune a camelor dispozitivului de avans

Cazul	Arbore principal al presei	Profilul și acțiunea camelor	Translația cleștelui mobil corelată cu rotația excentricului
1	<p>1a</p>	<p>1b</p>	<p>1c</p>
2	<p>2a</p>	<p>2b</p>	<p>2c</p>
	<p>– mișcarea pe verticală a berbecului presei; – unghiul 0 pe arbore corespunde poziției de PMS al berbecului.</p>	<p>— cama din cleștele fix; - - cama din cleștele mobil; * la nivel R semifabricat fixat * la nivel r semifabricat nefixat. ■ Zonă de dublă blocare; □ Zonă de dublă eliberare</p>	<p>– mișcare pe orizontală a cleștelui mobil, respectiv a semifabricatului; – unghiul 0 pe excentric corespunde capătului de unde începe acțiunea de avans.</p>

Caracteristici tehnice ale utilajelor din cadrul liniei

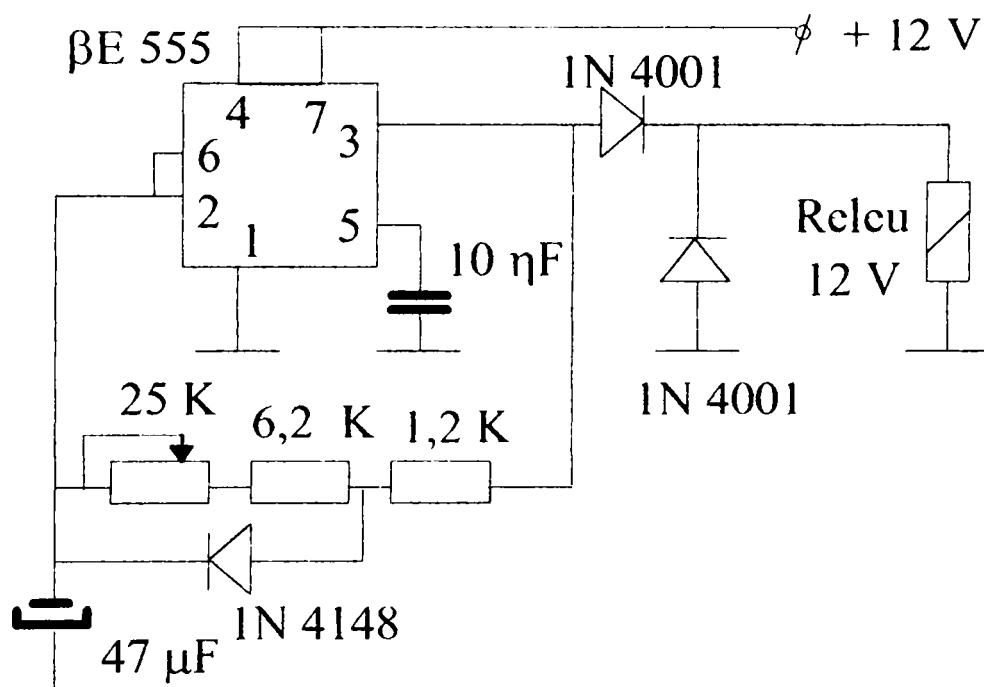
Tabelul 1 Caracteristicile tehnice ale celor două prese

Caracteristici tehnice	PAI 6,3	PAI 40
Forța nominală de presare	63 kN	400 kN
Numărul curselor duble	160 min ⁻¹	80 min ⁻¹
Domeniul de reglare al cursei	8..48 mm	10..120 mm
Dimensiunile mesei	360x250 mm	630x450 mm
Diametrul orificiului din masă	120 mm	200 mm
Distanța maximă între masă și berbec	180 mm	280 mm
Reglarea lungimii bieiei	40 mm	63 mm
Înclinarea maximă a preseii	30°	30°
Puterea motorului electric	0,75 kW	4,0 kW

Tabelul 2 Caracteristici tehnice ale derulorului de bandă

Diametru interior rulou	200...350 [mm]
Diametru maxim rulou	800 [mm]
Lățimea maximă a benzii	170 [mm]
Turația	40 [rot/min]
Puterea motorului electric	1 [kW]

Schema electrică a dispozitivului de temporizare continuu reglabil



Valori ale parametrilor geometrici și funcționali ai liniei

Tabelul 1 Valorile parametrilor în cazul funcționării în regim de lovituri comandate (C): $v_3 \cong v_2 < v_1$

Date inițiale	p=10 mm C=135 cd/min C _c =80 cd/min	d _{1,2} =1.5 m H _{max} =1 m	p=10 mm C=80 cd/min	d _{2,3} =2 m H _{max} =1 m	d _{min} =250 mm d _{max} =800 mm n=40 rot/min
Parametri	Disp pneumatic	Acumulator 2	PAI 40 + disp.	Acumulator 1	Derulor
v [m/min]	0.8		0.8		65.973
s [m]		1.530		2.030	
Hs [m]		0.130		0.150	
S [m]		1.530		2.991	
HS [m]		0.130		1	
R [m]		0		0.961	
t _r [s]	Fct. continuă		Fct. continuă		0.884
t _s [s]	0		0		72.075
I _r [%]	100		100		1.2

Tabelul 2 Valorile parametrilor în cazul funcționării în regim de lovituri repetate (RA): $v_3 > v_2 < v_1$

Date inițiale	p=10 mm C=100 cd/min	d _{1,2} =1.5 m H _{max} =1 m	p=10 mm C=80 cd/min	d _{2,3} =2 m H _{max} =1 m	d _{min} =250 mm d _{max} =800 mm n=40 rot/min
Parametri	Disp. pneumatic	Acumulator 2	PAI 40 +disp.	Acumulator 1	Derulor
v [m/min]	1		0.8		65.973
s [m]		1.530		2.030	
Hs [m]		0.130		0.150	
S [m]		1.724		2.991	
HS [m]		0.373		1	
R [m]		0.194		0.961	
t _r [s]	58.2		Fct. continuă		0.884
t _s [s]	14.55		0		72.075
I _r [%]	80		100		1.2

Tabelul 3 Valorile parametrilor în cazul funcționării în regim de lovituri repetate (RA): $v_3 > v_2 < v_1$

Date inițiale	p=10 mm C=135 cd/min	d _{1,2} =1.5 m H _{max} =1 m	p=10 mm C=80 cd/min	d _{2,3} =2 m H _{max} =1 m	d _{min} =250 mm d _{max} =800 mm n=40 rot/min
Parametri	Disp. pneumatic	Acumulator 2	PAI 40 +disp.	Acumulator 1	Derulor
v [m/min]	1.35		0.8		65.973
s [m]		1.530		2.030	
Hs [m]		0.130		0.150	
S [m]		1.920		2.991	
HS [m]		0.536		1	
R [m]		0.390		0.961	
t _r [s]	42.545		Fct. continuă		0.884
t _s [s]	29.250		0		72.075
I _r [%]	59.3		100		1.2

Tabelul 4 Valorile parametrilor în cazul funcționării în regim de lovituri comandate (C): $v_3 \cong v_2 < v_1$

Date inițiale	p=50 mm C=90 cd/min C _c =80 cd/min	d _{1,2} = 1.5 m H _{max} = 1 m	p=50 mm C=80 cd/min	d _{2,3} = 2 m H _{max} = 1 m	d _{min} =250 mm d _{max} =800 mm n=40 rot/min
Parametri	Disp. pneumatic	Acumulator 2	PAI 40	Acumulator 1	Derulor
v [m/min]	4		4		65.973
s [m]		1.650		2.150	
Hs [m]		0.300		0.344	
S [m]		1.650		2.991	
HS [m]		0.300		1	
R [m]		0		0.841	
t _r [s]	Fcț. continuă		Fcț. continuă		0.814
t _s [s]	0		0		12.815
I _r [%]	100		100		6

Tabelul 5 Valorile parametrilor în cazul funcționării în regim de lovituri repetate (RA): $v_3 > v_2 < v_1$

Date inițiale	p=50 mm C=90 cd/min	d _{1,2} = 1.5 m H _{max} = 1 m	p=50 mm C=80 cd/min	d _{2,3} = 2 m H _{max} = 1 m	d _{min} =250 mm d _{max} =800 mm n=40 rot/min
Parametri	Disp. pneumatic	Acumulator 2	PAI 40	Acumulator 1	Derulor
v [m/min]	4.5		4		65.973
s [m]		1.650		2.150	
Hs [m]		0.300		0.344	
S [m]		1.749		2.991	
HS [m]		0.395		1	
R [m]		0.099		0.841	
t _r [s]	11.880		Fcț. continuă		0.814
t _s [s]	1.485		0		12.815
I _r [%]	88.3		100		6

Tabelul 6 Valorile parametrilor în cazul funcționării în regim de lovituri repetate (RB): $v_3 < v_2 < v_1$

Date inițiale	p=50 mm C=70 cd/min	d _{1,2} = 1.5 m H _{max} = 1 m	p=50 mm C=80 cd/min	d _{2,3} = 2 m H _{max} = 1 m	d _{min} =250 mm d _{max} =800 mm n=40 rot/min
Parametri	Disp. pneumatic	Acumulator 2	PAI 40	Acumulator 1	Derulor
v [m/min]	3.5		4		65.973
s [m]		1.650		2.150	
Hs [m]		0.300		0.344	
S [m]		1.762		2.991	
HS [m]		0.406		1	
R [m]		0.112		0.841	
t _r [s]	Fcț. continuă		13.440		0.814
t _s [s]	0		1.920		12.815
I _r [%]	100		87.5		6

Tabelul 7 Valorile parametrilor în cazul funcționării în regim de lovituri repetate (RB): $v_3 < v_2 < v_1$

Date inițiale	p=100 mm n=60 cd/min	$d_{1,2} = 1.5$ m $H_{max} = 1$ m	p=100 mm n=80 cd/min	$d_{2,3} = 2$ m $H_{max} = 1$ m	$d_{min}=250$ mm $d_{max}=800$ mm n=40 rot/min
Parametri	Disp. pneumatic	Acumulator 2	PAI 40	Acumulator 1	Derulor
v [m/min]	6		8		65.973
s [m]		1.800		2.300	
Hs [m]		0.438		0.498	
S [m]		1.996		2.991	
HS [m]		0.586		1	
R [m]		0.196		0.691	
t_f [s]	Fcț. continuă		5.880		0.715
t_s [s]	0		1.960		5.182
I_f [%]	100		75		12

BIBLIOGRAFIE

- [1] ABRUDAN I., *Sisteme flexibile de fabricație - concepte de proiectare și management*, Editura Dacia, Cluj-Napoca, 1996.
- [2] ALLA H., LADET P., *Spécification et commande des ateliers flexibles. Utilisation des réseaux de Pétri*, Point en productique vol.1, Technique et documentation (Lavoisier), 1986.
- [3] BECKER H., *Automation in the Press Shop-Automated Tool Changing and Other Peripheral Measures*, Industrial&Production Engineering, Nr.3/1984.
- [4] BENCHIMOL G., ș.a., *Méthode d'automatisation industrielle*, Editions Hermes, Paris, 1991.
- [5] BITZ M., *CIM in sheet metal production*, Proceedings of the 5th International Conference Flexible Manufacturing Systems, Stratford-upon-Avon, UK, 1986.
- [6] BONETTO R., *Les ateliers flexibles de production*, Editions Hermes, Paris, 1987.
- [7] BORANGIU T., ș.a., *Conducerea multiprocesor în timp real a structurilor flexibile de fabricație*, Editura Tehnică, București, 1989.
- [8] BOSSY J.C., ș.a., *Le Grafcet - sa pratique et ses applications*, Editions Casteilla, Paris, 1991.
- [9] CĂLIN S., POPESCU T., ș.a., *Conducerea adaptivă și flexibilă a proceselor industriale*, Editura Tehnică, București, 1988.
- [10] CIOCĂRDIA C., DRĂGĂNESCU F., ș.a., *Tehnologia presării la rece*, Editura Didactică și Pedagogică, București 1991.
- [11] COJOCARU G., KOVACS F., *Roboții în acțiune - sistemele flexibile și fabricația de serie*, Editura Facla, Timișoara, 1985.
- [12] COJOCARU G., KOVACS F., *Roboții în acțiune - probleme ale sintezei sistemelor de fabricație flexibilă*, Editura Facla, Timișoara, 1986.
- [13] DAVID R., ALLA H., *Du Grafcet aux réseaux de Petri*, Hermes, Paris, 1992.
- [14] DAVIDOVICIU A., MOANGĂ A., *Roboți evoluți și automatizări flexibile*, Editura Tehnică, București 1985.
- [15] DELLAVIA A., PACAGNELLA R., *Guida per la stampaggio*, Dellavia, Milano.
- [16] DEPERT W., STOLL K., *Inițiere în pneumoautomatică. Elemente și sisteme de comandă*, Editura Tehnică, București, 1975.
- [17] DESCOTES-GENON B., LADET P., *Modélisation et simulation d'applications de commande séquentielle décrites par GRAFCET*, Point en automatique, vol.2, Technique & Documentation (Lavoisier), Paris, 1986.
- [18] DOUGLAS C. MONTGOMERY, *Design and Analysis of Experiments*, Third Edition, 1991
- [19] DREUCEAN M., IOANOVICI F., *Mașini de lucru în procese robotizate*, Litografia Universității Politehnica Timișoara, 1996.
- [20] FERICIAN F., SEICULESCU V., *Modèle mathématique pour le calcul des dimensions géométriques des accumulateurs de bande à boucle simple*, A V-a Conferință de procese și utilaje de prelucrare la rece, Timișoara, 1986.
- [21] FERICIAN F., *Aspecte de teoria liniilor automate de prelucrare prin deformare plastică la rece*, A IV-a Conferință națională de tehnologii și utilaje pentru prelucrarea prin deformare plastică la rece, București, 1993.

- [22] GREENWOOD R.N., *Implementing Flexible Manufacturing Systems*, Macmillan Education LTD, London, 1988.
- [23] HAHN W., *Piercing, Contouring and Nibbling with Rotating Tools*, Industrial & Production Engineering Nr.2/1985.
- [24] HAUSER J., *Rationalized Resetting of Hydraulic Presses*, Industrial & Production Engineering Nr.4/1983.
- [25] HUNDSDOERFER R.E., *CIM and Highly Automated Sheet Metal Processing Machines Enable Component Availability Just in Time for Assembly*, Industrial & Production and Engineering, Nr.4/1991.
- [26] ILIESCU C., *Tehnologia presării la rece*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1994.
- [27] ISPAS C., ș.a., *Computer Integrated Manufacturing - îndrumar de instruire*, Litografia Universității "Politehnica" din București, 1997.
- [28] JUBIN M., MALOSSE R., *Cellules flexibles d'usinage-methodologie de conception*, CETIM, Paris, 1987.
- [29] KOVACS F., GRIGORESCU S., RĂDULESCU C., *Sisteme de fabricație flexibilă robotizate. partea I și II*, Litografia Universității Politehnica Timișoara, 1994.
- [30] MANEA D., *Celule și sisteme mixte și flexibile de fabricație*, Culegere documentară tehnică, I.N.I.D., București, 1985.
- [31] MARIN G., *Mecanizarea și automatizarea. factori principali de creștere a productivității muncii în producția de piese ștanțate și ambutisate*, Revista Deformări Plastice Nr.2(4)/1995.
- [32] MĂRGĂRIT L., *Aspecte ale pieței internaționale în domeniul preselor mecanice*, A 4-a Conferință națională de tehnologii și utilaje pentru prelucrarea prin deformare plastică la rece, București, 1993.
- [33] MUNK K., *Flexible Automation with Industrial Robots*, European Production Engineering Nr.3/1995.
- [34] NAKAZAWA Y., KIUKI M., ș.a., *Present status of sheet metal FMS in Japan*, Proceedings of the 5th International Conference Flexible Manufacturing Systems, Stratford-upon-Avon, UK, 1986.
- [35] NEAGOE I., TUREAC I., *Aspecte ale flexibilității prelucrării pieselor cave din tablă*. A 4-a Conferință națională de tehnologii și utilaje pentru prelucrarea prin deformare plastică la rece, vol 1, București, 1993.
- [36] NICHICI A., CICALĂ E., ROBERT M., *Prelucrarea datelor experimentale*, Litografia Universității "Politehnica" Timișoara, 1996.
- [37] NICULESCU-MIZIL G., *Sisteme flexibile de prelucrare*, Editura Tehnică, București 1989.
- [38] PELLEGRINI J., *L'utilisation de machines-outils à commande numérique dans la transformation de métaux en feuilles*, Point en productique, vol.1, Technique & Documentation (Lavoisier), Paris, 1986.
- [39] PINOT M., JÉGOUX R., MAILLARD J.-P., *Du Grafcet aux automates programmables - analyse fonctionnelle et maintenance*, Les Editions Foucher, Paris, 1991.
- [40] PLATON V., *Sisteme avansate de producție*, Editura Tehnică, București, 1990.
- [41] POURCEL C., *Systemes Automatisés de Production*, Cepadues-Editions, 1986.
- [42] PROUVOST J.C., *Interet et limits de la productique*, Point en productique, volume 1, Technique et Documentation (Lavoisier), 1986.
- [43] RADCENKO V., *Calculul și proiectarea elementelor și schemelor pneumatice de automatizare*, Editura tehnică, București, 1985.

- [44] ROMANOVSKI V.P., *Ștanțarea și matritarea la rece*, Editura Tehnică București, 1970.
- [45] ROSINGER S., ICLĂNZAN T., *Tehnologia presării la rece*, Litografia IPTVT Timișoara, 1990.
- [46] ROSINGER S., ICLĂNZAN T., SEICULESCU V., FERICIAN F., STAN D., TULCAN A., *Linii automate de presare la rece a semifabricatelor continue subțiri (benzi)*. Contract nr. 40 (2330)/1991 (etapa 1), 40 (2330)/91 (etapa 2), 1082/B tema A22 (etapa 3), 3004/94 tema 18 (etapa 4), 4004/95 tema 5 (etapa 5), 5004/96 tema 391 (etapa 6) cu Ministerul Invățământului.
- [47] ROSINGER S., SEICULESCU V., TULCAN A., *Studii teoretice și centru experimental privind fabricația flexibilă automată prin presare la rece - sisteme de fabricație construite pe prese universale*. Contract nr. 7004/1997 tema 31 cu Ministerul Educației Naționale.
- [48] ROSINGER S., *Posibilități și limite ale fabricației flexibile prin ștanțare-matritare a laminatelor subțiri*, Revista Deformări Plastice vol.3 nr.1-2(7-8), 1997.
- [49] ROSINGER S., *Considerații privind aplicabilitatea fabricației flexibile, comparativ, la prelucrări de așchiere, respectiv prin ștanțare-matritare la rece*, Lucrările sesiunii de comunicări științifice ale Universității "A. Vlaicu" Arad, Ediția IV-1997.
- [50] ROSINGER S., TULCAN A., SEICULESCU V., *Eficiența prelucrării pe linii automate flexibile de presare la rece, concluzii ale unui studiu de caz*, Conferința internațională "Tehnologii moderne în construcția de mașini TMCM'96", Iași, 1996.
- [51] ROSINGER S., VECHE S., *Considerațiuni generale privind retezarea semifabricatelor continue în mișcare de avans*, A 4-a Conferință națională de tehnologii și utilaje pentru prelucrarea prin deformare plastică la rece, București, 1993.
- [52] ROSINGER S., *Procese și scule de presare la rece*, Editura Facla, Timișoara, 1987.
- [53] RUNEWICZ D., *An FMS for the production of sheet metal panelboards*, Proceedings of the 6th International Conference Flexible Manufacturing Systems, Stratford-upon-Avon, UK, 1987.
- [54] SAVII G., COJOCARU G., *Flexibilitatea în fabricația de mașini*, Editura Facla, Timișoara, 1977.
- [55] SCHERBLE H., *The Manufacture of Exhaust Pipes from Aluminium-coated and Corrosion-resistant Steels*, Industrial & Production and Engineering Nr. 1/1985.
- [56] SCHMOECKEL D., *The Changes of Forming Machinery*, Industrial & Production Engineering Nr. 4/1991.
- [57] SEICULESCU V., *Cercetări teoretice și aplicative asupra profilării prin deformare plastică cu tren de role*, Teză de doctorat, 1989.
- [58] SEICULESCU S., *Utilaje de presare*, Litografia Universității Tehnice din Timișoara, 1992.
- [59] SEICULESCU V., FERICIAN F., *Consideration sur les regimes de fonctionnement de l'accumulateur de bande à boucle simple*, Buletinul Științific și Tehnic al Institutului Politehnic "Traian Vuia" Timișoara Tom 31(45) Mecanica 1986.
- [60] SHINGO S., *Le systeme SMED - une révolution en gestion de production*, Les Editions d'organisation, Paris, 1990.
- [61] SHINGO S., *Le systeme Shingo - Les clés de l'amélioration de la production*, Les Editions d'organisation, Paris, 1990.
- [62] STALLONE B., *Acheter une poinçonneuse hydraulique*, Metal Industries - Le mensuel du travail des tôles, fils, profils & tubes, Nr. 5 /1995.
- [63] TALOI D., *Optimizarea proceselor tehnologice*, Editura Academiei, București, 1987.
- [64] TOULOUTE M., *Le Grafcet*, Cepadeus Editions, Toulouse, 1986.

- [65] TULCAN A., TEODORESCU C., FERICIAN F., *Program de calcul al acumuloarelor de bandă și de optimizare a funcționării liniilor automate de presare la rece a semifabricatelor continue subțiri*, Revista Deformări Plastice Nr.3-4(5-6)/1995.
- [66] TULCAN A., *Dispozitiv de avans pneumatic pentru linii automate flexibile de ștanțare-matritare*, A VI-a Conferință națională de tehnologii și utilaje pentru prelucrarea prin deformare plastică la rece, Galați, 1998.
- [67] TULCAN A., *Determinarea capacității productive și a preciziei de pas la alimentarea automată a preselor*, A VI-a Conferință națională de tehnologii și utilaje pentru prelucrarea prin deformare plastică la rece, Galați, 1998.
- [68] TULCAN A., *Aspects concernant le mode de fonctionnement d'une ligne flexible de formage de tôles, 1^{re} partie*, Buletinul Științific al Universității "Politehnica" din Timișoara, Tom 43(57), 1998.
- [69] TULCAN A., *Aspects concernant le mode de fonctionnement d'une ligne flexible de formage de tôles, 2^{me} partie*, Buletinul Științific al Universității "Politehnica" din Timișoara, Tom 43(57), 1998.
- [70] TULCAN A., *Determinarea experimentală a consumurilor specifice de energie electrică la prelucrări de ștanțare, în regim de alimentare automată a preselor - partea I*, A VIII-a Conferință de inginerie managerială și tehnologică Tehno'98, Timișoara, 1998.
- [71] TULCAN A., *Determinarea experimentală a consumurilor specifice de energie electrică la prelucrări de ștanțare, în regim de alimentare automată a preselor - partea a II-a*, A VIII-a Conferință de inginerie managerială și tehnologică Tehno'98, Timișoara, 1998.
- [72] TUREAC I., COJOCARU S., BĂNICĂ I., *Exploatarea și întreținerea utilajelor de presare la rece*, Editura Tehnică, București, 1984.
- [73] TUREAC I., *Probleme ale flexibilității mașinilor pentru prelucrări prin deformare la rece*, A 3-a Conferință națională de tehnologii și utilaje pentru prelucrarea prin deformare plastică la rece, Timișoara, 1991.
- [74] VERGER J., WACQUET M., *Systèmes de production*, Editions Casteilla, Paris, 1989.
- [75] VLADZIEVSKI A. P., *Linii automate în industria construcțiilor de mașini*, vol I, Institutul de documentare tehnică, București, 1961.
- [76] VLADZIEVSKI A. P., *Linii automate în industria construcțiilor de mașini*, vol II, Institutul de documentare tehnică, București, 1962.
- [77] VOSS C.A., *Just-in-time manufacture*, International Trends in Manufacturing Technology, IFS (Publications) Ltd, England, 1987.
- [78] WEICK J.M., *Laser Cutting of Steel Panels in two and three Dimensions*, Industrial & Production and Engineering Nr.3/1986.
- [79] *** *Centre de production de flans*, Chaier des charges fonctionel, l'entreprise Tolartois, France, 1992.
- [80] *** *Le GRAFCET de nouveaux concepts*, (GREPA Groupe Equipement de Production Automatisée de l'Ageance pour le Developpement de la Productique Appliquée a l'Industrie), Cepadeus Editions, Toulouse, 1986.
- [81] *** *Flexibility in sheet forming: Twin roll-forming machine with folding machine*, TRANSFER - Magazine for Industrial Processes, Equipment and Supplies, Nr.3/1991.
- [82] *** *Normativele unificate pe economie de timp de muncă ale MICM-ICTCM*, Oficiul de Informare Documentară pentru Industria Construcțiilor de Mașini, București, 1989.
- [83] *** *Statgraphics-Reference Manual*, Version 6, Manugistics, Inc., Maryland, 1992.

- [84] Revista LALU Nr. 301/1994.
- [85] Revista LALU Nr. 302/1994.
- [86] Revista METAL INDUSTRIES -Le Mensuel du Travail des Tôles, Fils, Profils&Tubes, 1995.
- [87] Revista TOLERIE Nr.48/1994.
- [88] *** Catalog de mașini, echipamente și linii automate de presare al firmei Reinhardt Maschinenbau GmbH.
- [89] *** *Outils pour toutes les presses plieuses*, catalog al firmei Supra, 1994.
- [90] *** *Procedes flexibles de formage en continu*, catalog al firmei Dimeco, 1994.
- [91] *** *Products and Systems*, Catalog al firmei Festo Pneumatic, 1996.
- [92] *** *Profils d'avenir, outillage, profileuses simples et doubles, poinçonnage, aménage, coupe volante*, Catalog al firmei Provot Profil-grup Dimeco, 1994.
- [93] *** *Systeme de changement rapide d'outils*, catalog al firmei Rotobloc Dimeco, 1994.
- [94] *** *Unités de poinçonnage*, Catalog al firmei Supra, 1994.

PROSPECTE

- [95] *** *Amenage électronique a rouleaux a commande intégrée dans un P.C.*, Ermelec, 1994.
- [96] *** *Automated load/unload cells*, Murata Wiedemann LTD, 1994.
- [97] *** *Automatische lade-entladesysteme für CNC revolverstanzpressen*, Murata Wiedemann LTD, 1993.
- [98] *** *Bending robot-bendomatic 100*, Amada, 1994.
- [99] *** *Centre flexible de pliage*, *Procedes flexibles de formage en continu*, Dimeco, 1994.
- [100] *** *CNC Abkantpressen*, Amada, 1990.
- [101] *** *CNC - Sheet Metal Processing Centre for Punching, Nibbling and Forming with Rotations of all Tools*, Trumpf, 1995.
- [102] *** *Flexipress; une presse a 4 colonnes a cycle inversé, Découpage flexible express*, Dimeco, 1994.
- [103] *** *Flotteurs de tôles à aimants permanents*, Braillon, 1994.
- [104] *** *FMS-Flexible Blechbearbeitungs-Systeme für die auftragsbezogene Fertigung*, Amada.
- [105] *** *GEOPUNCH - le logiciel de programmation universel pour poinçonneuses grignoteuses et machines a technologies combinées*, Alma, 1995.
- [106] *** *Hochleistungs-Zweistander-Stansautomaten*, Weingarten, 1994.
- [107] *** *Indicateur de tonnage-Détecteur de surcharge*, Dimeco, 1994.
- [108] *** *La rentabilité en action*, Amada, 1994.
- [109] *** *Lignes flexibles de poinçonnage, profilage, cisailage*, Gasparini, 1995.
- [110] *** *Lignes de profilage*, Cometal, 1994.
- [111] *** *Lignes de profilage*, Cometal, 1994.
- [112] *** *Linapunch-decoupage flexible en flux continu*, Dimeco, 1994.
- [113] *** *Manipulateur MP-le partenaire sûr et rentable de la poinçonneuse*, Amada Promecam, 1994.
- [114] *** *Murata's tooling system*, Murata, 1994.
- [115] *** *Outillage d'avantgarde - Wilson Tool International*, 1994.
- [116] *** *Pascal Mold-Change System*, AIOI Seiki, 1994.

- [117]*** *PEGA 344-Numerical Control Turret Punch Press*, Amada.
- [118]*** *PEGA 244-Revolverstanzenmaschine*, Amada.
- [119]*** *Pneumatic feeders*, Festo Pneumatic, 1994.
- [120]*** *Press die-Change System*, AIOI Seiki, 1994.
- [121]*** *Presse plieuse a commande numerique*, LVD, 1994.
- [122]*** *Presses plieuses hydrauliques a butée de profondeur mécanique*, LVD, 1994.
- [123]*** *Quelle est la meilleure poinçonneuse pour vous?, vol II*, Wilson Tool International, 1991.
- [124]*** *Rationalisierungs-Bausteine für die Fertigung*, Hilma-Romheld, 1994.
- [125]*** *SHEAR GENIUS - un nouveau concept pour l'usinage flexible de la tôle*, Finn-Power Lillbacka Corporation, 1994.
- [126]*** *Systeme de changement rapide d'outils. Accessoires pour le decoupage*, Rotobloc Dimeco, 1994.
- [127]*** *Triple Track Turret Punch Press*, Amada, 1994.
- [128]*** *Trumatic 500 Rotation - CNC Sheet Metal Working Machine for Punching, Nibbling and Forming with Rotation of all Tools*, Trumph, 1994.
- [129]*** *Trumatic 200 Rotation - CNC Sheet Metal Processing Centre for Punching, Nibbling and Forming with Rotation of all Tools*, Trumph, 1994.
- [130]*** *TRUMPF-Flexible Sheet Metal and Material Processing*, Trumph, Germania, 1995.
- [131]*** *TRUMPF CNC Press Brakes*, Trumph, 1994.