

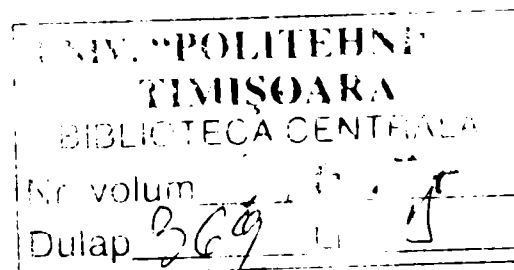
Ing. DRAGOMIR RADU MIRCEA

CONTRIBUȚII LA SINTEZA OPTIMALĂ A SISTEMELOR
DE FABRICAȚIE ROBOTIZATE ÎN TURNĂTORII

Teză de doctorat

Conducător științific

Prof. Dr.Ing.Dr.h.c.KOVÁCS FRANCISC VILIAM



TIMIȘOARA
2005

INTRODUCERE

Obiectul de cercetare al tezei de doctorat îl constituie optimizarea sistemelor de fabricație robotizate utilizate în turnarea sub presiune a aliajelor neferoase.

Teza, prezintă detaliat principiile constructive ale tuturor elementelor unei celule de fabricație flexibilă, ce concurează la un proces de turnare sub presiune flexibil precum și optimizarea acestui sistem. Teza rezolvă următoarea problematică:

a) Implementarea etapelor sintezei unui sistem de fabricație flexibilă robotizată:

-stabilirea elementelor componente ale unei celule de fabricație flexibilă robotizată;

-relațiile între componentele celulei; spațiale, temporale, spațio-temporale;

-elaborarea tehnologiei de grup;

-elaborarea concepției de ansamblu a sistemului de fabricație flexibilă.

b) Implementarea flexibilității pentru toate elementele componente ale sistemului precum și optimizarea acestora:

-matrița de turnat sub presiune;

-manipulatorul de alimentare cu aliaj;

-mașina de turnat sub presiune;

-manipulatorul pentru extragerea pieselor turnate;

-manipulatorul pentru curățat suprafețele active ale matriței de turnat.

c) Compararea și validarea rezultatelor teoretice cu cele practice.

d) Realizarea unui sistem de conducere unitară a unei celule flexibile robotizate precum și monitorizarea procesului de producție.

Respectând ordinea obiectivelor prezentate mai sus în cap. IV.4 este prezentată o abordare a pieselor turnate prin implementarea tehnologiei de grup. S-au realizat grupe de piese în urma cărora s-au prezentat noi tipuri de matrițe de turnat cu ajutorul cărora se pot executa piesele din grupa respectivă. Cap. IV.5 analizează subsistemul de alimentare cu aliaj a mașinii de turnat sub presiune precum și flexibilitatea acestuia. În vederea optimizării parametrilor cinematici a cupei de transport aliaj în stare topită este prezentat calculul analitic al accelerației tangențiale a cupei precum și modalitatea de prelucrare automată a acesteia cu ajutorul unui program în Microsoft Excel. Flexibilizarea mașinii de turnat sub presiune este pusă în evidență prin determinarea timpului de solidificare a pieselor turnate și optimizarea acestuia (cap. IV.7). S-au prezentat și determinat problema fizică în optimizarea timpului de solidificare, ecuațiile de transport în fluid, condițiile inițiale și la limită precum și modelul matematic pentru determinarea timpului de solidificare. Transpunerea modelului matematic în sistemul de prelucrare automată a datelor se regăsește în programul „Determinarea timpului de menținere a pieselor la turnarea sub presiune” realizat cu ajutorul limbajului de programare „Visual C”, sub sistemul de operare Windows. Flexibilizarea în

ansamblu al sistemelor de fabricație robotizate este prezentată în cap.**IV.8** prin analiza și sinteza sistemului de fabricație flexibilă de turnare sub presiune precum și prin sinteza planului de amplasament (LAYOUT). Cap.**V** prezintă elemente noi în proiectarea matrițelor de turnat sub presiune cu referire la amplasarea pieselor pe suprafața matriței, amplasarea intrării materialului la diferite configurații de piese, particularități constructive ale matrițelor de turnat sub presiune. Verificarea metodelor teoretice propuse în teză s-a concretizat prin aplicații prezentate în cap.**IV.5.3, IV.7.6.2** iar programul integrat de stabilire a parametrilor tehnologici în cap.**VI.3**.

Doresc să aduc mulțumiri tuturor celor care m-au ajutat în decursul cercetărilor care au condus la finalizarea acestei teze și în mod special **Prof.Dr.ing.Dr.h.c. Kovacs Francisc Viliam** pentru competența sa conducere științifică, pentru ideile legate de conținutul tezei pe care mi le-a sugerat și pentru ajutorul permanent acordat în cursul elaborării tezei. Autorul mulțumește în mod special **dr.ing.Maci Claudiu, mat.Dragomir C-tin** și **ec.Vizental Eric**(BB Computer Arad) **lectorului dr. Paulescu Eugenia** (Universitatea de Vest Timișoara, Facultatea de Fizică), fără ajutorul cărora nu s-ar fi putut soluționa unele probleme legate de partea aplicativă-experimentală a tezei. Mulțumirile mele se îndreaptă și către **cadrele universitare** din cadrul Universității "Politehnica" din Timișoara, Facultatea de Mecanică, Departamentului de Mechatronică pentru ajutorul acordat prin sugestii în timpul prezentării referatelor de specialitate.

CUPRINS

I. Cuprins.....	1
II. Stadiul actual al cercetărilor și realizărilor în domeniul automatizării proceselor tehnologice robotizate de turnare sub presiune.....	5
II.1 Considerații generale privind procesul de turnare al aliajelor neferoase.....	6
II.2 Elementele sistemului de turnare robotizat.....	11
II.2.1 Clasificarea mașinilor de turnat sub presiune	11
II.2.2 Elementele constructive ale mașinii de turnat sub presiune cu cameră caldă	12
II.2.3 Elementele constructive ale mașinii de turnat sub presiune cu cameră rece	13
II.2.4 Manipulatoare utilizate în procesul de turnare din cadrul unui sistem flexibil robotizat. Manipulatoare utilizate la transferul obiectului de lucru	15
II.2.5 Manipulatoare pentru curățat suprafețele active ale matriței.....	19
II.2.6 Manipulatoare pentru alimentarea mașinii de turnat sub presiune cu aliaj topit.....	20
II.2.7 Instalații aducătoare și de evacuare utilizate într-un SFF de turnare sub presiune.....	20
II.2.8 Exemplu de SFF cu evidențierea elementelor componente.....	24
II.3 Conceptul tehnologiei de grup.....	26
II.3.1 Tipizarea proceselor tehnologice	26
II.3.2 Bazele metodei tehnologiei de grup.....	27
II.3.2.1 Caracterizare generală a metodei tehnologiei de grup.....	27
II.3.2.2 Clasificarea (gruparea) pieselor	28
II.3.2.3 Elaborarea procesului tehnologic de grup	30
II.3.2.4 Tendințe în realizarea procesului de turnare într-un SFF robotizat de turnare sub presiune.....	32
II.4 Factori care influențează procesul de turnare sub presiune sau depresiune	35
II.4.1 Importanța structurii la solidificare a aliajelor neferoase.....	36
II.4.1.1 Aliaje zinc-aluminiu. Aliaje aluminiu-siliciu	36
II.4.1.2 Produse utilizate în turnătorii în vederea degazării și modificării aliajelor pe bază de Al	42
II.4.2 Influența presiunii exterioare asupra procesului de cristalizare	44
II.4.2.1 Influența presiunii asupra proprietăților fizice ale materialelor și aliajelor	44
II.4.2.2 Influența presiunii asupra transformărilor de fază, în aliaje	46
II.4.2.3 Influența presiunii asupra parametrilor procesului de cristalizare.....	47
II.4.2.4 Influența presiunii asupra structurii metalelor și aliajelor	47
II.5 Particularitățile solidificării aliajelor sub acțiunea presiunii mecanice	
II.5.1 Procedee și tehnologii	
II.5.2 Influența presiunii mecanice a pistonului asupra solidificării și caracteristicilor mecanice ale aliajelor neferoase.....	53

II.6	Analiza procedurii de turnare la joasă presiune (TPJ).....	55
II.6.1	Varianta constructivă la procedeu obișnuit de turnare la joasă presiune.....	55
II.6.2	Calculul principalilor parametri ai procedurii TPJ.....	56
II.6.2.1	Presiunea de injectare.....	56
II.6.2.2	Secțiunea de intrare a gazului pentru presurizarea aliajului.....	59
II.6.2.3	Curbe caracteristice de variație a presiunii pentru funcționarea corectă a instalațiilor TPJ.....	60
II.6.2.4	Influența presiunii asupra caracteristicilor fizico-mecanice a pieselor obținute prin procedeu TPJ.....	61
II.7	Procedeu de turnare la presiuni înalte (TPÎ).....	64
II.7.1	Particularitățile curgerii și solidificării aliajului la turnarea sub presiune.....	64
II.7.1.1	Clasificarea procedurilor de turnare sub presiuni înalte.....	64
II.7.1.2	Eliminarea microsulfurilor din piesele turnate sub presiune.....	66
II.7.1.3	Curgerea aliajului sub presiunea de injectare și umplerea cavității matriței.....	71
II.7.2	Parametri tehnologici principali ai turnării sub presiune.....	72
II.7.2.1	Presiunea de injectare.....	72
II.7.2.2	Forța de presare și forța de închidere.....	75
II.7.2.3	Secțiunea alimentatorului.....	76
III.	Obiectivele tezei.....	79
III.1	Situațiile fundamentale analizate în teză.....	80
III.2	Problematica propusă spre studiu și rezolvare.....	81
IV.	Implementarea flexibilității sistemelor de fabricație de turnare sub presiune	82
IV.1	Analiza sistemelor de fabricație flexibilă. Condițiile flexibilității și funcționării automate a sistemelor de fabricație flexibilă.....	83
IV.1.1	Fluxuri de materiale, energie și informații tehnologice.....	83
IV.1.2	Condițiile flexibilității și funcționării automate a sistemelor de fabricație flexibilă.....	87
IV.2	Sinteza sistemului de fabricație flexibilă robotizată.....	91
IV.3	Analiza oportunității modernizării sistemelor de fabricație. Concentrarea tipologică a unui sistem de producție în vederea constituirii unui SFF modernizat pentru turnarea sub presiune a aliajelor neferoase care va utiliza tehnologia de grup.....	94
IV.3.1	Prezentarea generală a producției.....	94
IV.3.2	Analiza statistică a producției de reperi turnate sub presiune.....	94
IV.3.3	Analiza tehnologică.....	96
IV.3.4	Analiza ABC.....	97
IV.4	Implementarea tehnologiei de grup pieselor turnate sub presiune.....	99
IV.4.1	Matriță pentru tehnologia de grup aplicată la turnarea sub presiune într-un SFF nou.....	99
IV.4.2	Tipizarea matrițelor de turnare sub presiune.....	108
IV.5	Flexibilizarea subsistemului de alimentare cu aliaj a mașinii de turnat sub presiune.....	112
IV.5.1	Traectorii ale cupei de alimentare.....	112
IV.5.2	Suportul teoretic în vederea optimizării parametrilor cinematici ai manipulatorului de alimentare cu aliaj.....	114
IV.5.3	Optimizarea accelerației tangențiale a cupei de transport aliaj în stare topită..	

.....	116
IV.6 Flexibilizarea subsistemului de temperare la matrițele de turnat sub presiune aliaje neferoase.....	120
IV.6.1 Ecuația de bilanț termic.....	120
IV.6.2 Transferul de căldură între metalul topit și matriță.....	121
IV.6.3 Transferul de căldură între matriță și mediul de temperare.....	122
IV.6.4 Transferul de căldură în interiorul matriței.....	122
IV.6.5 Amplasarea și dimensionarea practică a sistemului de temperare.....	123
IV.6.5.1 Calculul simplificat al lungimii canalelor de răcire.....	123
IV.6.5.2 Amplasarea sistemului de temperare.....	124
IV.6.6 Instalația de menținere a temperaturii matriței de turnat sub presiune.....	125
IV.7 Flexibilizarea mașinii de turnat sub presiune.....	129
IV.7.1 Solidificarea aliajului din cavitatea amprentă; proces de solidificare.....	129
IV.7.2 Ecuația diferențială a conductivității termice.....	129
IV.7.3 Propagarea căldurii într-un perete plan infinit de grosime.....	131
IV.7.4 Distribuirea temperaturii în forma umplută cu metal.....	133
IV.7.5 Viteza de transmitere a căldurii de la piesa turnată prin unitatea de suprafață metal-formă.....	134
IV.7.6 Problema fizică în optimizarea timpului de solidificare; ecuațiile fenomenelor de transport în fluid.....	135
IV.7.6.1 Condiții inițiale și condiții la limită.....	136
IV.7.6.2 Model matematic pentru determinarea timpului de solidificare.....	137
IV.8 Flexibilitatea sistemelor de fabricație robotizate.....	146
IV.8.1 Sinteza optimală a ciclogramelor de funcționare în SFF.....	146
IV.8.1.1 Definiția ciclogramei.....	146
IV.8.1.2 Sinteza ciclogramelor sistemelor de fabricație flexibilă.....	147
IV.8.2 Optimizarea planului de amplasament.....	148
IV.8.3 Definirea spațiilor de lucru și de coliziune ale elementelor componente ale SFF.....	150
IV.8.4 Determinarea situării relative a două echipamente.....	153
IV.8.5 Analiza și sinteza sistemului de fabricație flexibilă de turnare sub presiune cu cameră rece.....	156
IV.8.6 Analiza și sinteza sistemului de fabricație flexibilă de turnare sub presiune cu cameră caldă.....	161
IV.8.7 Sinteza planului de amplasament (LAYOUT) al componentelor sistemului de turnare cu cameră rece.....	163
IV.8.8 Sinteza planului de amplasament (LAYOUT) al componentelor sistemului de turnare cu cameră caldă.....	164
IV.8.9 Sinteza ciclogramei sistemului de fabricație flexibilă de turnat sub presiune cu cameră rece.....	166
IV.8.10 Sinteza ciclogramei sistemului de fabricație flexibilă de turnat sub presiune cu cameră caldă.....	168
V Proiectarea matrițelor de injectat.....	170
V.1 Amplasarea pieselor pe suprafața matriței.....	170
V.2 Amplasarea intrării materialului la diferite configurații de piese.....	171
V.3 Particularități constructive ale intrării materialului în cavitatea piesei.....	173

V.4	Particularități constructive ale intrării materialului în matrița de injectat.....	174
V.5	Materiale utilizate la părțile active ale matriței de turnat sub presiune.....	175
VI	Compararea parametrilor tehnologici obținuți pe cale experimentală cu rezultatele teoretice.....	179
VI.1	Stabilirea grupelor de piese funcție de specificul lor.....	179
VI.2	Determinarea pe cale experimentală a parametrilor tehnologici a procesului de turnare sub presiune și a parametrilor constructivi a matrițelor de turnat sub presiune.....	179
VI.3	Compararea rezultatelor experimentale cu cele calculate teoretic.....	182
VII	Concluzii generale. Contribuții originale.....	184
VII.1	Concluzii generale.....	184
VII.2	Contribuții originale.....	185

ANEXE

-ANEXA I

-ANEXA II

-ANEXA III

BIBLIOGRAFIE

II. STADIUL ACTUAL AL CERCETĂRILOR ȘI REALIZĂ- RILOR ÎN DOMENIUL AUTOMATIZĂRII PROCESELOR TEHNOLOGICE ROBOTIZATE DE TURNARE SUB PRE- SIUNE

II.1. Considerații generale privind procesul de turnare al aliajelor neferoase

Procesul de turnare al aliajelor neferoase este o activitate tehnică, care se ocupă cu studiul metalelor, al procedeelor și al utilajelor necesare obținerii pieselor, prin turnarea aliajelor topite în forme. (Chi 86)

Procedeele speciale de turnare conduc la obținerea unor piese turnate de o factură specială în ceea ce privește: forma și configurația, toleranțele dimensionale și netezimea suprafețelor, caracteristicile mecanice sau alte particularități.

Analiza procedeelor speciale de turnare implică studierea celor patru fenomene principale (Sof 80):

- curgerea aliajului lichid și umplerea cavității din forma de turnare;
- solidificarea;
- cristalizarea;
- interacțiunea aliaj lichid – materialul formei de turnare.

Specific procedeelor speciale de turnare sunt întrebuințarea unor forme metalice care asigură viteze mari de răcire; viteza marită de răcire este un parametru comun tuturor procedeelor speciale de turnare care în final, imprimă acestora anumite particularități neîntâlnite în cazul procedeeului clasic de turnare în forme din amestec de formare.

Alți factori care intervin în cazul procedeelor speciale de turnare și care au o influență hotărâtoare asupra celor patru fenomene menționate (curgerea, solidificarea, cristalizarea, interacțiunea) sunt:

- forțele sub care se realizează curgerea și solidificarea;
- modul de extragere (transmitere) a căldurii piesei de către formă (matriță), caracterul solidificării și particularitățile formării structurii primare.

Forțele sub acțiunea cărora se realizează curgerea și solidificarea, caracterul solidificării și existența în permanență a unor viteze mărite de răcire constituie criterii după care se pot clasifica procedeele speciale de turnare. În fig. 2.1 se prezintă o astfel de propunere de clasificare a procedeelelor speciale de turnare.

Un caz aparte, prin particularitățile curgerii și solidificării aliajului, îl constituie procedeul de turnare sub presiune.

Prin procedee de turnare sub presiune se înțeleg acele procedee de obținere a pieselor turnate, caracterizate prin aplicarea presiunii exterioare în timpul curgerii, solidificării și răcirii aliajelor în cavitatea formei (Leb 83). Clasificarea procedeelelor de turnare sub presiune ține seama de următoarele elemente:

- natura agentului care realizează presiunea (fig. 2.2) ;
- modul de exercitare(direcție) a presiunii asupra aliajului care curge și cristalizează;
- valorile presiunilor realizate.

Procedeul de turnare sub presiune, cu presiune unilaterală realizată cu ajutorul gazului se obține prin introducerea aerului (sau a altui gaz) în cavitatea maselotei închise în vederea îmbunătățirii condițiilor de alimentare a pieselor turnate precum și în cazul introducerii aerului pe suprafața oglinzii aliajului care se găsește într-un creuzet. Presiunea se realizează fie cu presiunea atmosferică fie cu o suprapresiune realizată din descompunerea termică a unor substanțe generatoare de gaze.

O alta metodă de turnare este cea în care aliajul lichid din creuzet este forțat să se ridice în cavitatea amprentă din formă printr-un tub sifon adecvat; procedeul este larg aplicat și este cunoscut sub denumirea de turnare la joasă presiune.

Procedeul de turnare sub presiune multilaterală se realizează prin introducerea gazului într-o autoclavă în care se găsește forma din amestec, asamblată, pregătită pentru turnare. Presiunea gazului acționează din toate părțile asupra aliajului lichid sau în curs de solidificare.

Turnarea sub presiune mecanică se obține prin utilizarea forței de apăsare dezvoltată fie de un piston, fie de un poanson sau cu ajutorul unui dispozitiv combinat piston – poanson. În cazul propriu-zis al turnării sub presiune, pistonul acționează asupra aliajului lichid sau în stare păstoasă, într-o cameră de compresie forțându-l să treacă printr-o diuză

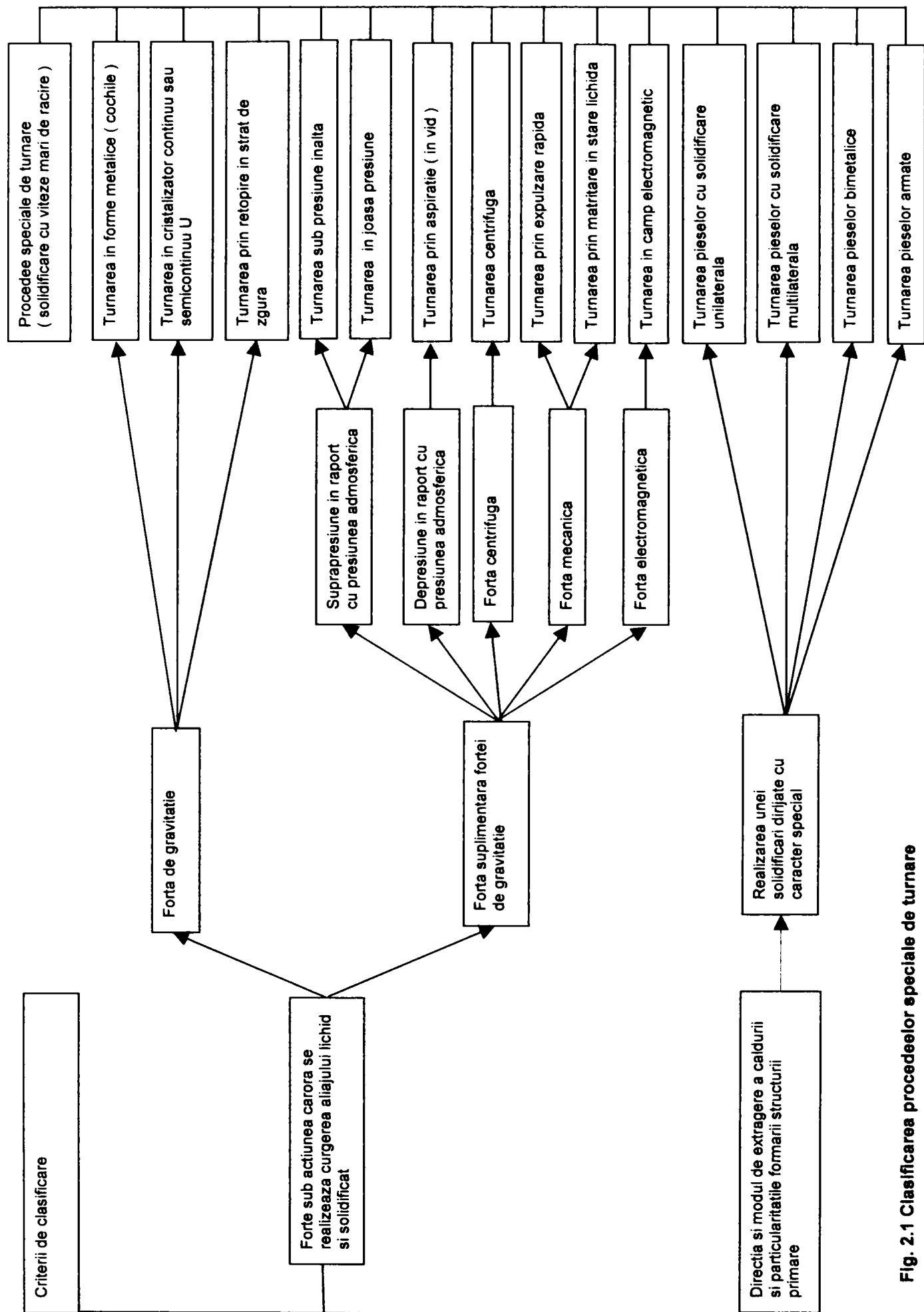


Fig. 2.1 Clasificarea procedeeelor speciale de turnare

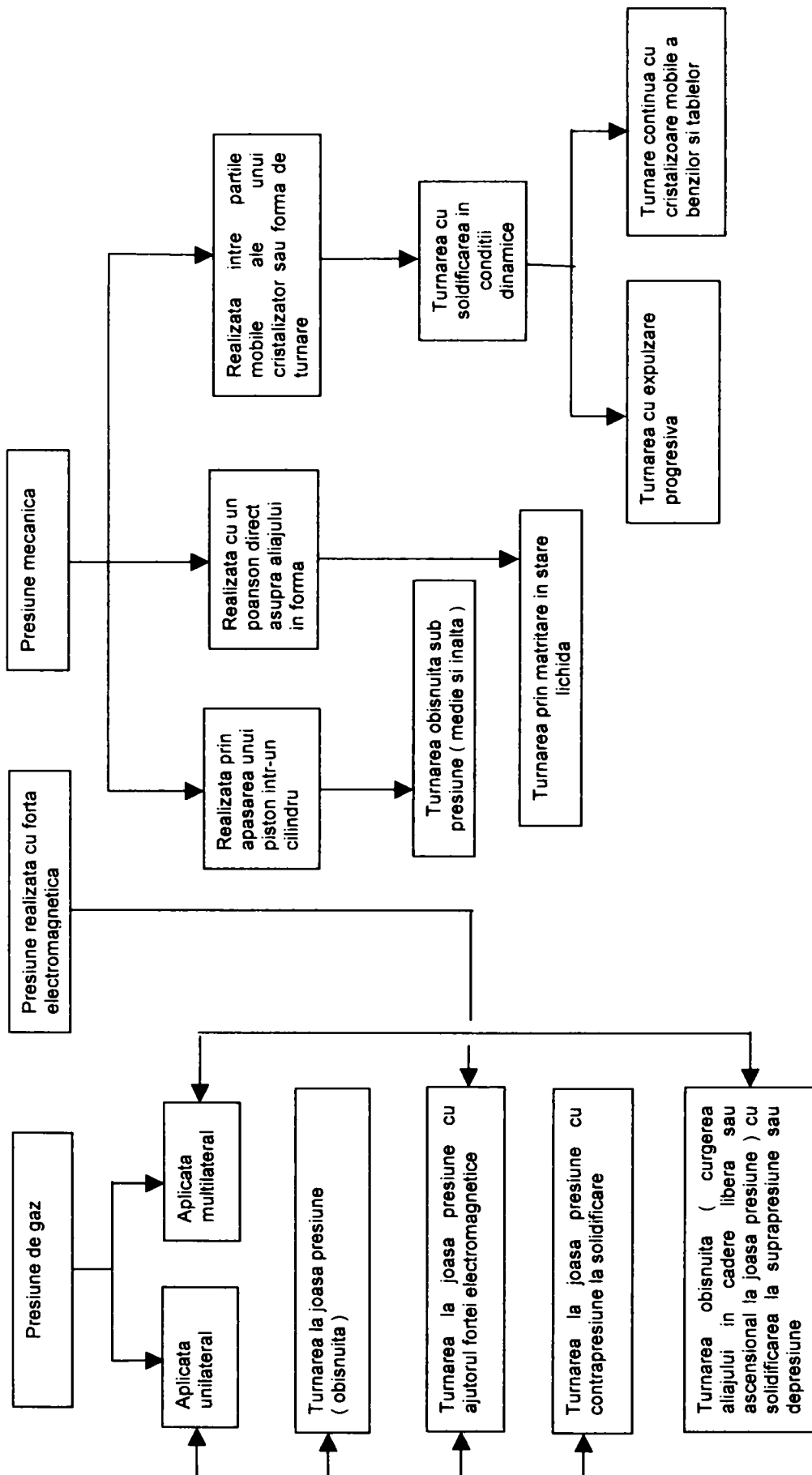


Fig. 2.2 Clasificarea procedeeilor speciale de turnare la care curgerea si solidificarea aliajelor se face sub presiune

de injectare la care este racordată etanș forma metalică (matrița); specific procedeului este curgerea aliajului sub presiune, prin injectare și deci existența unei rețele de turnare în forma metalică, prin care cavitatea amprență este umplută cu aliaj.

În funcție de valoarea presiunii se pot deosebi următoarele grupe de procedee de turnare sub presiune:

- procedee cu presiuni mici (presiune de gaze);
- procedee cu presiuni medii (presiune mecanică);
- procedee cu presiuni înalte (presiune mecanică).

În grupa procedeelelor de turnare cu solidificare sub presiune, se pot include și categoria metodelor de turnare cu solidificare sub presiune mecanică în condiții dinamice și turnarea continuă (procedee de turnare cu solidificare dirijată).

La procedeul de turnare prin expulzare progresivă umplerea și solidificarea se face sub presiune mecanică și în condiții dinamice; concomitent cu umplerea și solidificarea, presiunea mecanică realizează într-o oarecare măsură și o deformare plastică a aliajului turnat când acesta se găsește într-o stare tranzitorie spre starea solidă.

Turnarea continuă constă în formarea continuă a unei piese turnate printr-o răcire dirijată a aliajului într-o formă metalică răcită(cu apă) – cristalizator. Cristalizatorul poate avea pereții imobili(turnare clasică) sau mobili caz în care cristalizorul realizează o solidificare în condiții dinamice, o spălare a frontului de solidificare cu un jet de lichid și chiar o deformare plastică finală a semifabricatului și aducerea lui la dimensiunea critică minimă dintre cele două părți mobile.

Solidificarea dinamică, în urma căreia se obțin structuri deosebit de fine, se obține și prin vibrarea aliajului la solidificare. Vibrațiile sunt transmise aliajului cu ajutorul unor vibratoare mecanice cu excentric sau electromagnetic, în cursul curgerii spre forma de turnare sau chiar în formă în timpul solidificării.

II.2. Elementele sistemului de turnare robotizat

II.2.1. Clasificarea mașinilor de turnat sub presiune

Criteriul care stă la baza diferențierii mașinilor de turnat sub presiune (MTSP-urilor) este starea camerei de compresie. În figura 2.3 se prezintă o clasificare a acestor mașini din acest punct de vedere.

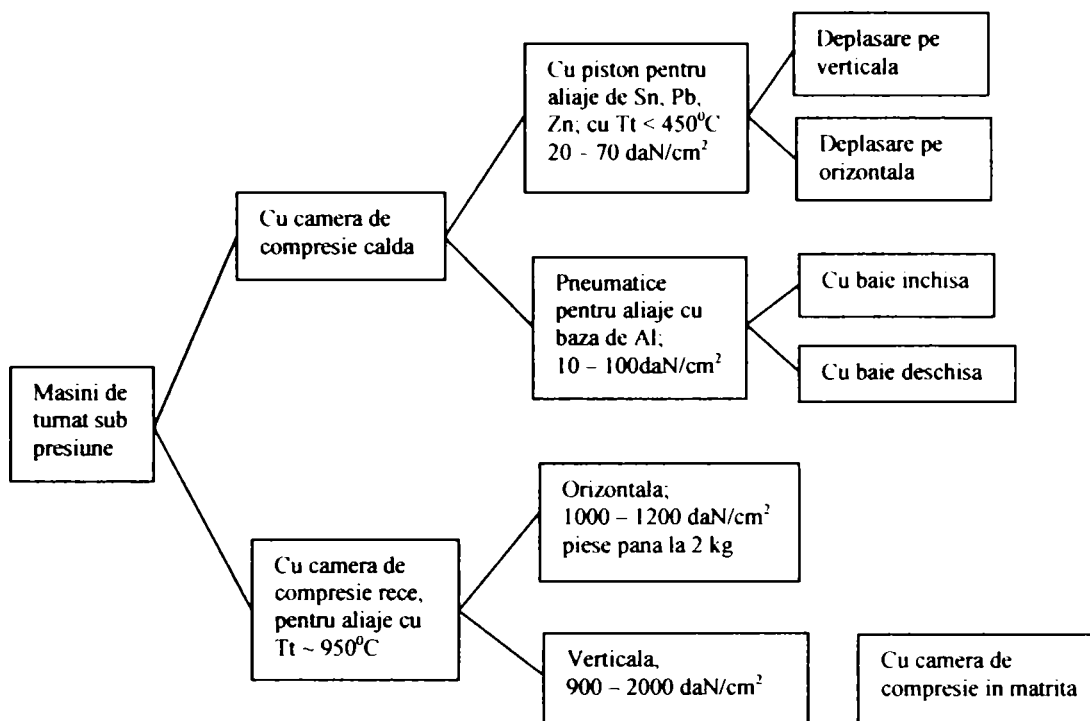


Fig. 2.3 Clasificarea mașinilor de turnat sub presiune (MTSP)

a) **Mașinile de turnare sub presiune cu camera caldă** sunt destinate executării pieselor din aliaje de aluminiu sau, alte aliaje neferoase a căror temperatură de turnare nu depășește $420^\circ\text{C} - 450^\circ\text{C}$. La aceste mașini, numite și verticale după poziția pistonului, cuptorul se află atașat mașinii de turnat și comunică cu matrița prin sifon, cilindru și orificii prevăzute în sifon.(fig.2.4)

- 1-cu tor
- 2-oala de turnare
- 3-sifon
- 4-cilindru
- 5-piston
- 6-aliaj in stare lichidă

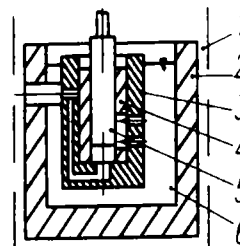


Fig. 2.4 Alimentarea cu aliaj a unei mașini de turnat sub presiune cu cameră caldă

Cilindrul (4) se găsește imersat în aliajul topit(6) din oala de turnare(2). În poziția deschis a pistonului(5) aliajul pătrunde în cilindrul(4), iar prin închiderea pistonului, aliajul este introdus sub presiune prin canalele axiale prevăzute prin cilindru, în orificiul de intrare în mașina de turnat sub presiune. Avantajul acestor mașini constă în

faptul că alimentarea cu aliaj lichid este automată, nefiind necesară alimentarea cu ajutorul manipuloarelor de alimentare. Dezavantajul acestora constă în temperatura scăzută a aliajului de turnare.

b) **Mașinile de turnare sub presiune cu cameră rece** sunt destinate aliajelor de turnat cu temperatura de turnare peste 600°C . Camera de compresie este rece, iar alimentarea cu aliaj în stare topită se realizează cu ajutorul manipuloarelor de alimentare din cuptorul cu aliaj topit atașat mașinii de turnat. (Fig. 2.5)

- 1-corp fix
- 2-portcilindru
- 3-cilindru
- 4-piston
- 5-tija piston
- 6-corp acționare

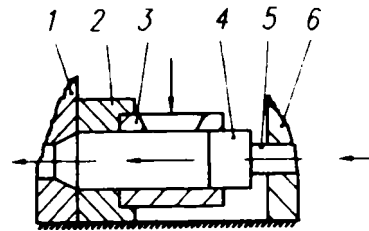


Fig. 2.5 Alimentarea cu aliaj a unei mașini de turnat sub presiune cu cameră re

Aliajul topit este introdus (manual sau cu ajutorul unui manipulator) în cilindru (3) când pistonul (4) se găsește în poziție deschisă. Prin închiderea pistonului cu presiune, aliajul este introdus prin portcilindru (2) în corpul fix (1) sub presiune de unde este alimentată mașina de turnat sub presiune și apoi matrița de injectat.

Indiferent de tipul mașinii de turnat sub presiune, alimentarea cu aliaj în stare topită a matriței se produce asemănător. (Fig. 2.6)

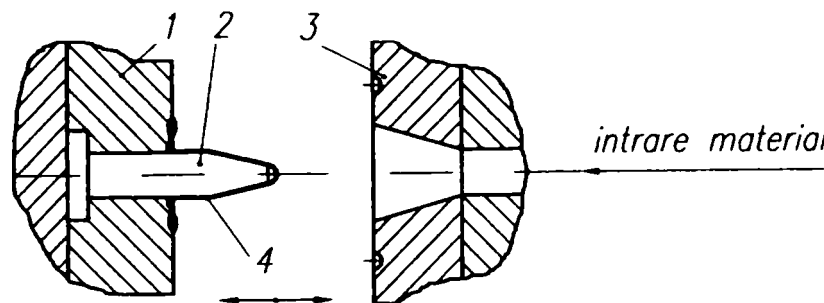


Fig. 2.6 Alimentarea cu aliaj în stare topită a matriței

Aliajul, aflat la temperatura de turnare este introdus sub presiune prin placa matriță fixă (3) dirijat de pulverizatorul (2), montat în placa mobilă (1) a matriței. Se formează astfel rețeaua de turnare (4) care cuprinde piesa și culeea.

II.2.2 Elementele constructive ale mașinii de turnat sub presiune cu cameră caldă

Elementele constructive ale mașinii de turnat sub presiune cu camera caldă sunt prezentate în Fig. 2.7. Mașina se compune din următoarele blocuri funcționale:

- blocul batiu care include bazinul cu ulei hidraulic (2) și vizoarele de ulei (1,3);
- blocul de ghidare și blocare mese, format din cilindru hidraulic (C1), coloanele de ghidare (12), masa fixă (10,11), brațele articulate (B1, B2, C3) de blocare mese, manometrele și distribuitorii necesare reglării cilindrului C1 pentru acționarea

aruncătoarelor din matriță (D1,M1,M2,F,R),mecanismul de reglare poziție aruncătoare(8,9);

●blocul hidraulic de presare a aliajului,este compus din blocul de reglare lovitură(7) cu ajutorul acumulatorului hidraulic(Ac)

●ansamblul care efectuează transmiterea aliajului în stare topită din cuptorul(5) în camera caldă(6) este prezentat în Fig 2.7;

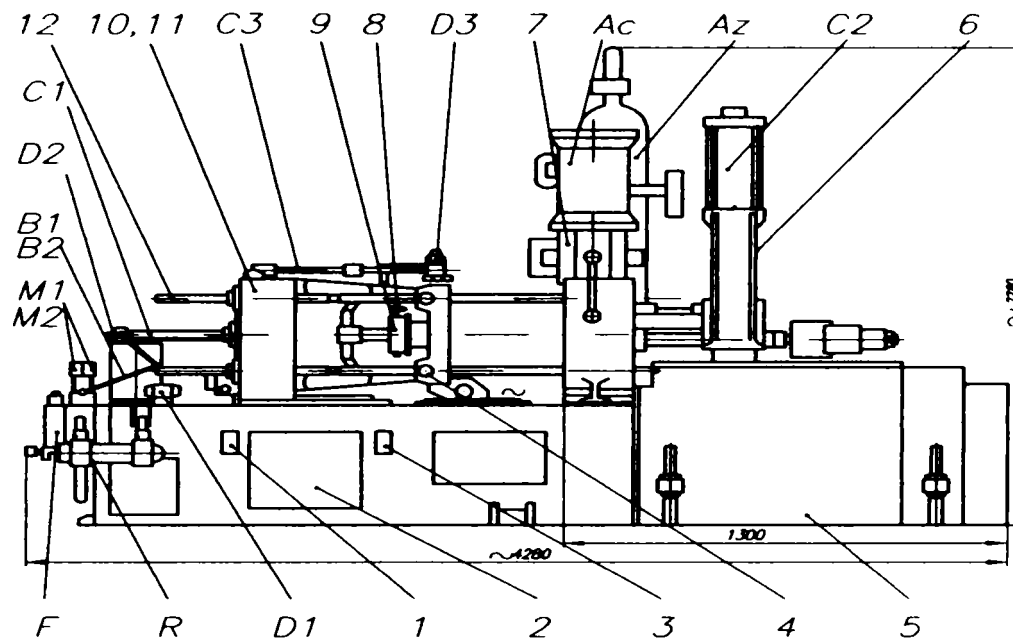


Fig.2.7 Elementele constructive ale mașinii de turnat sub presiune cu cameră caldă

Sucesiunea comenziilor către subansamblurile mașinii de turnat sub presiune este următoarea: - este acționat sistemul de blocare mese, cu ajutorul cilindrului hidraulic(C1) care pune în mișcare brațele articulate(B1,B2,C3) de blocare adică mașina se găsește blocată în stare închisă;

-camera caldă (6)se află cu pistonul în poziție ridicată-deschis(Fig.2.4);

-este alimentat cilindrul cu aliaj topit pe principiul vaselor comunicante;

-se dă comanda de deplasare a pistonului acționat de blocul hidraulic de presare (7) cu ajutorul acumulatorului hidraulic(Ac), adică aliajul sub presiune este introdus în matrița de turnat.

-după timpul de solidificare a aliajului, se retrage pistonul(5)din fig. 2.4,se deblochează blocul de ghidare mese,se deschide masa mobilă 11(matrița se deschide) iar aruncătoarele 8,9 acționează asupra piesei turnate pentru a fi expulzată.

II.2.3 Elementele constructive ale mașinii de turnat sub presiune cu cameră rece

Elementele constructive ale mașinii, sunt asemănătoare cu ale celei prezentate anterior.Diferența constă în faptul că la mașina de turnat sub presiune cu camera rece,

cuptorul cu aliaj topit se află detașat de mașină(Fig.2.8), alimentarea mașinii efectuându-se cu ajutorul manipuloarelor. Aliajul se introduce în orificiul din cilindru poz.9, iar mișcarea de transport și presare se realizează cu ajutorul pistonului poz.7. Alimentarea cu aliaj a mașinii de turnat sub presiune cu camera rece este prezentată detaliat în Fig. 2.5.

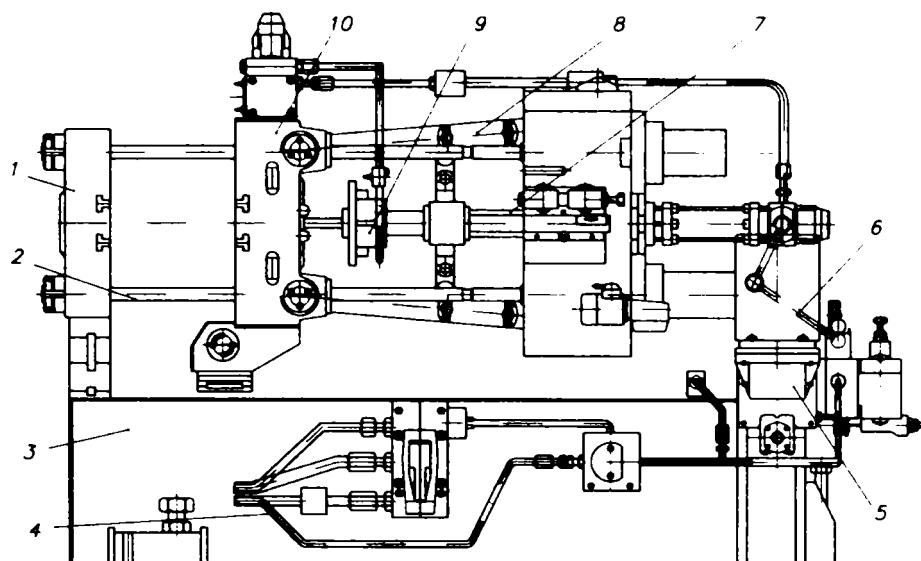


Fig.2.8 Mașina de turnat sub presiune cu camera rece

Pentru funcționarea corectă a mașinii este necesară următoarea succesiune de comenzi ale sistemului de comandă:

-cu ajutorul grupului hidraulic (4) montat în batiul mașinii(3) se acționează asupra sistemului articulat (8) pentru închiderea și blocarea meselor,adică mașina a închis matrița de injectat și o menține blocată.

-pistonul (4) din fig.2.3 se află în poziție deschisă, adică este posibilă alimentarea cilindrului (9), alimentare care se poate efectua manual sau cu ajutorul manipulatorului de alimentare;

-se comandă deplasarea pistonului sub presiunea hidraulică suplimentată cu ajutorul azotului,adică aliajul este introdus sub presiune în matrița de injectat;

- După trecerea timpului de solidificare a piesei, se comandă retragerea pistonului, deblocarea sistemului articulat, retragerea părții mobile a mașinii de turnat sub presiune, adică matrița de turnat sub presiune este deschisă;
- un ciclu de turnare se consideră încheiat odată cu extragerea piesei turnate, care poate fi executată manual sau automat cu ajutorul unui manipulator pentru extras piese.

II.2.4 Manipulatoare utilizate în procesul de turnare din cadrul unui sistem flexibil robotizat

II.2.4.1 Manipulatoare utilizate la transferul obiectului de lucru (piesa turnată)

Întrucât obiectul de lucru este transferat la o parte sau la toate elementele (după caz) sistemului flexibil robotizat, sunt des utilizate manipulatoarele (nu necesită un număr ridicat de grade de libertate și nici comandă adaptivă) de transfer cu un grad mediu de precizie la repetabilitate

În Fig.2.9 se prezintă câteva scheme cinematice frecvent utilizate ale manipulatoarelor.

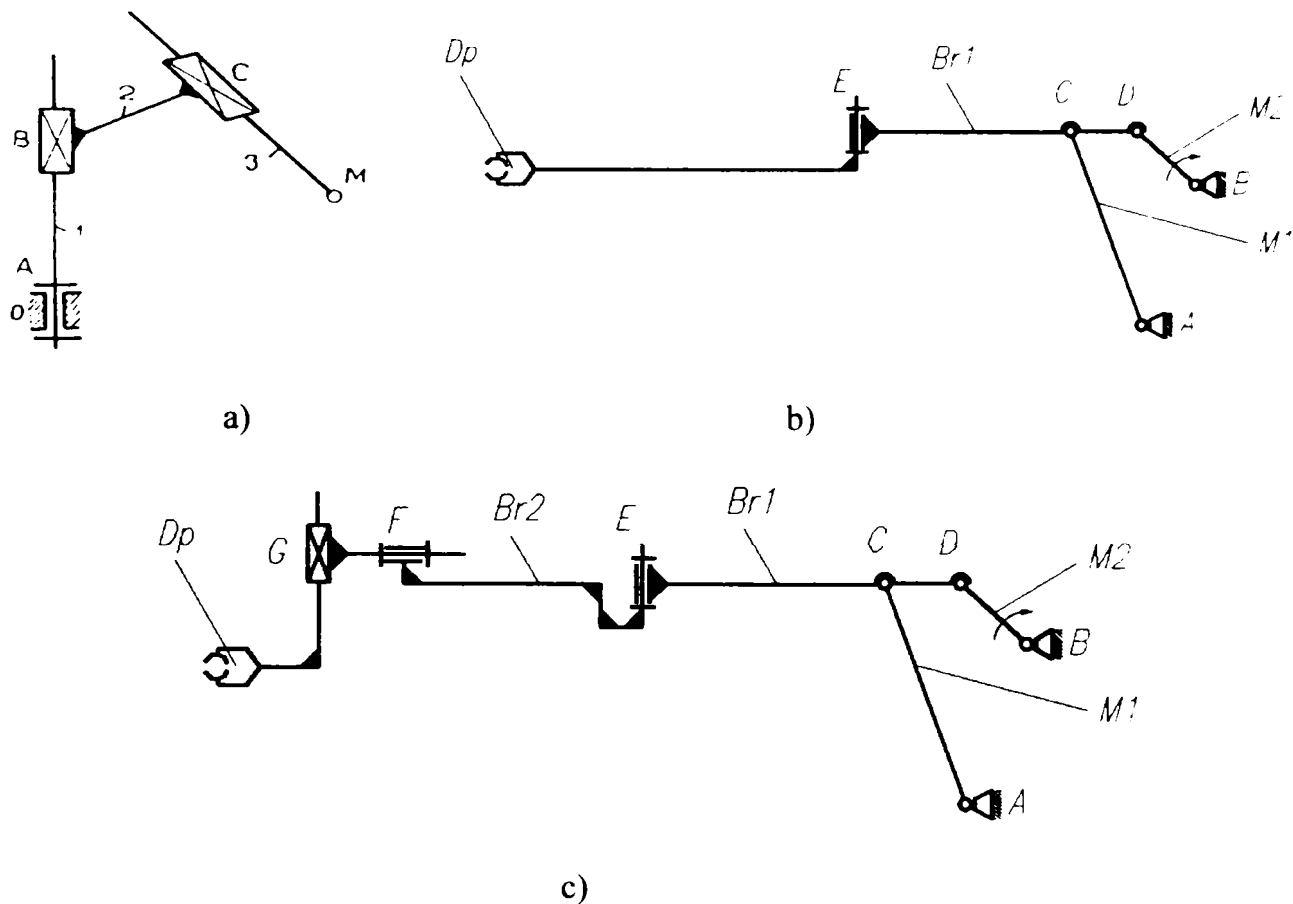


Fig.2.9 Scheme cinematice ale unor dispozitive de ghidare pentru diferite manipulatoare

În Fig. 2.9 a) este prezentată schema cinematică a unui manipulator de structură RTT care are trei grade de libertate. Ea conține cupla cinematică conducătoare de rotație A și cuplele cinematice conducătoare de translație B,C. Acest tip de manipulator este util atunci când nu este necesară orientarea obiectului de lucru la transferul acestuia. În Fig.2.9 b) este prezentată o altă schemă cinematică a unui manipulator (structura RR) cu două grade de libertate, format din două cuple cinematice conducătoare de rotație A,B fără funcția de orientare a obiectului de manipulat. Când este necesară orientarea obiectului de lucru în vederea prelucrării acestuia pe alt element component al sistemului flexibil de fabricație se poate utiliza un manipulator a cărui schemă cinematică este prezentată în Fig.2.9c). În Fig.2.10 este prezentată mișcarea de pronație,supinație(ROLL) necesară mecanismului de orientare care conține obiectul de lucru. Această mișcare este necesară în vederea amplasării corecte a obiectului de lucru, frecvent întâlnită la operația de dezmembrare.

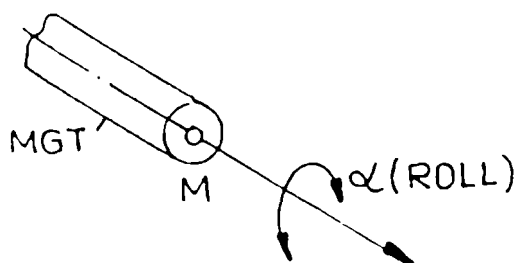


Fig.2.10 Mecanism de orientare cu un grad de libertate

În Fig. 2.11,2.12 și 2.13 se prezintă scheme constructiv funcționale și caracteristicile tehnice ale unor manipuloare sau roboți care sunt utilizați frecvent în procesul de turnare.

Robot	PRAM - 02
Destinație	Servirii masinilor de turnat sub presiune
Capacitate de încărcare	
Eroarea de poziționare a elementului de execuție	± 1 mm
Numărul bratelor	1
Modul de amplasare la locul de muncă	Pe podea
Viteza deplasărilor unghiulare	$90^\circ / \text{sec}$
Modul de comandă	Punct cu punct
Procedeu de p.og.a...a.	Inv...t...
Masa	1550 kg

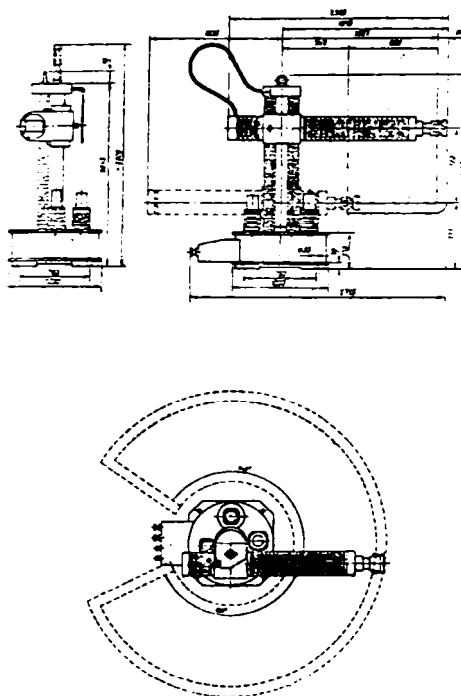


Fig. 2.11 Schema constructiv funcțională și caracteristici tehnice ale robotului PRAM-02

Robot	Mepo 7
Destinație	Serviciu masinilor de tuncat sub presiune
Capacitate de incarcare	30 – 60 kg
Eroarea de pozitionare a elementului de executie	± 1 mm
Numarul bratelor	1
Modul de amplasare la locul de munca	Pe podea
Puterea consumata	7.5 kW
Modul de comanda	Punct cu punct
Procedeu de programare	Invatare
Masa	1600 kg
Producator	Romania

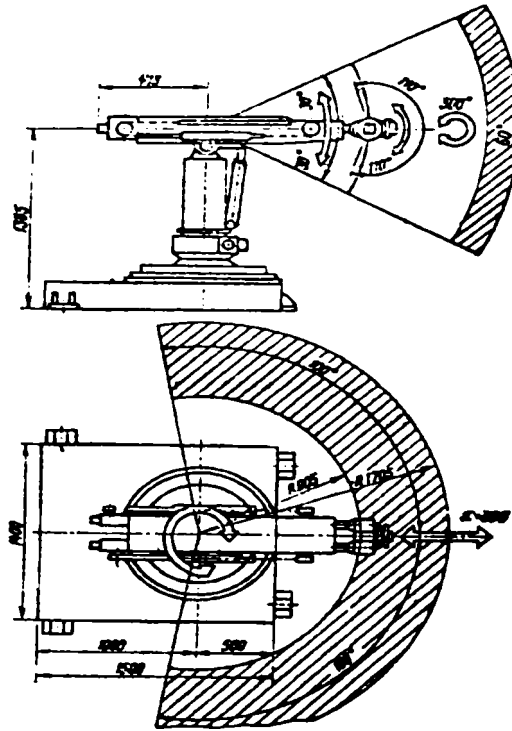


Fig. 2.12 Schema constructiv funcțională și caracteristici tehnice ale robotului MEPO 7

Robot	IRB - 60
Destinație	Serviciu masinilor de tuncat sub presiune
Capacitate de incarcare	60 kg
Eroarea de pozitionare a elementului de executie	± 0.4 mm
Numarul bratelor	1
Modul de amplasare la locul de munca	Pe podea
Viteza deplasariilor liniare	0.75 m / s
Puterea consumata	7 kW
Modul de comanda	Continuu, punct cu punct
Procedeu de programare	Invatare
Masa	750 kg

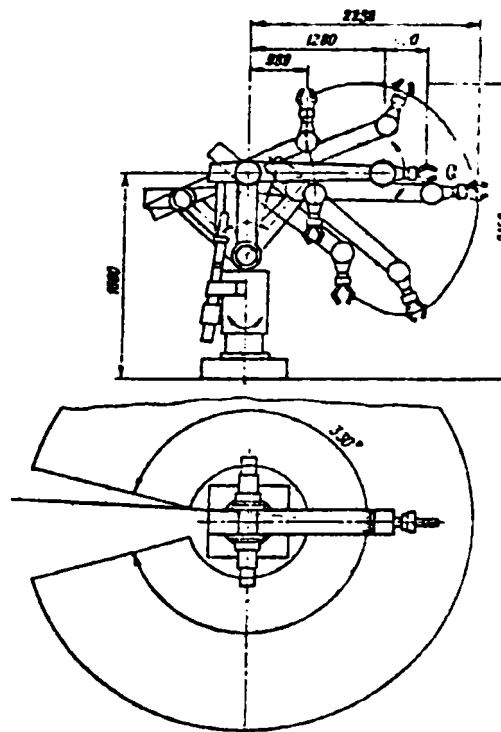


Fig. 2.13 Schema constructiv funcțională și caracteristici tehnice ale robotului IRB-60

369 / 0
UNIV. POLITEHNICA

Manipuloarele pot fi montate pe sol, pe mașina de turnat sau ca și structuri portale. În Fig.2.14 este prezentat un manipulator montat pe sol, cu o structură RRRR, care manipulează blocul motor de la autoturisme în cadrul unui SFF de turnare și îl depune pe un dispozitiv de transfer pentru un SFF de prelucrare.



Fig 2.14 Robot care manipulează piese turnate sub presiune

În fig. 2.15 este prezentat un manipulator care efectuează transferul obiectului de lucru, dezmembrarea acestuia și este montat pe mașina de turnat sub presiune, iar caracteristicile tehnice sunt prezentate în tabelul II.1

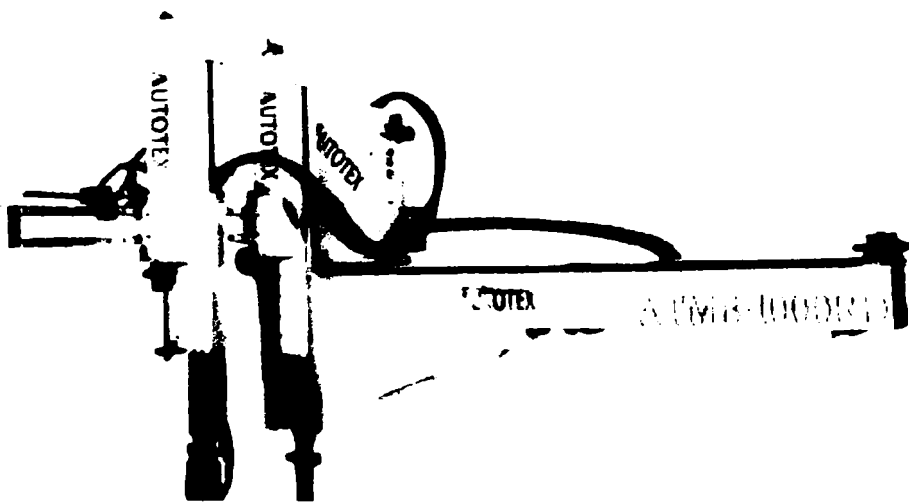


Fig.2.15 Robot care execută extragerea și dezmembrarea piesei turnate

Caracteristici Model	Sursa	Presiune aer (atm.)	Deplasari (mm)			Rotatie DP (ROLL)	Greutate max. ridicata (kg)	Masa robot (Kg)
			vertical (mm)	Longit. (mm)	Deplasare motor (mm)			
AT-MB900D	220V	5 - 7	900	200	1400	90 ⁰	7	350
AT-MB1000D	± 10%		950	100	1400			365
AT-MB1100D	50/60Hz		1100	250	1800		12	420

Tab. II.1 Caracteristici tehnice ale robotului ATMB

Schema cinematică a robotului are o structură TRTTT, iar avantajul constă în faptul că are două cuple cinematice conducătoare de translație rigidizate între ele, dar care sunt comandate independent; fiecare conține câte un efector final. Primul efector final execută prinderea piesei, iar ultimul efectuează dezmembrarea rețelei de turnare.

II.2.5 Manipulator pentru curățat suprafețele active ale matriței

Alt element al sistemului de fabricație flexibilă de turnare sub presiune, este manipulatorul utilizat la curățarea suprafețelor active ale matriței de turnat. În Fig.2.16 este prezentată schema cinematică și soluția constructivă al unui astfel de manipulator.

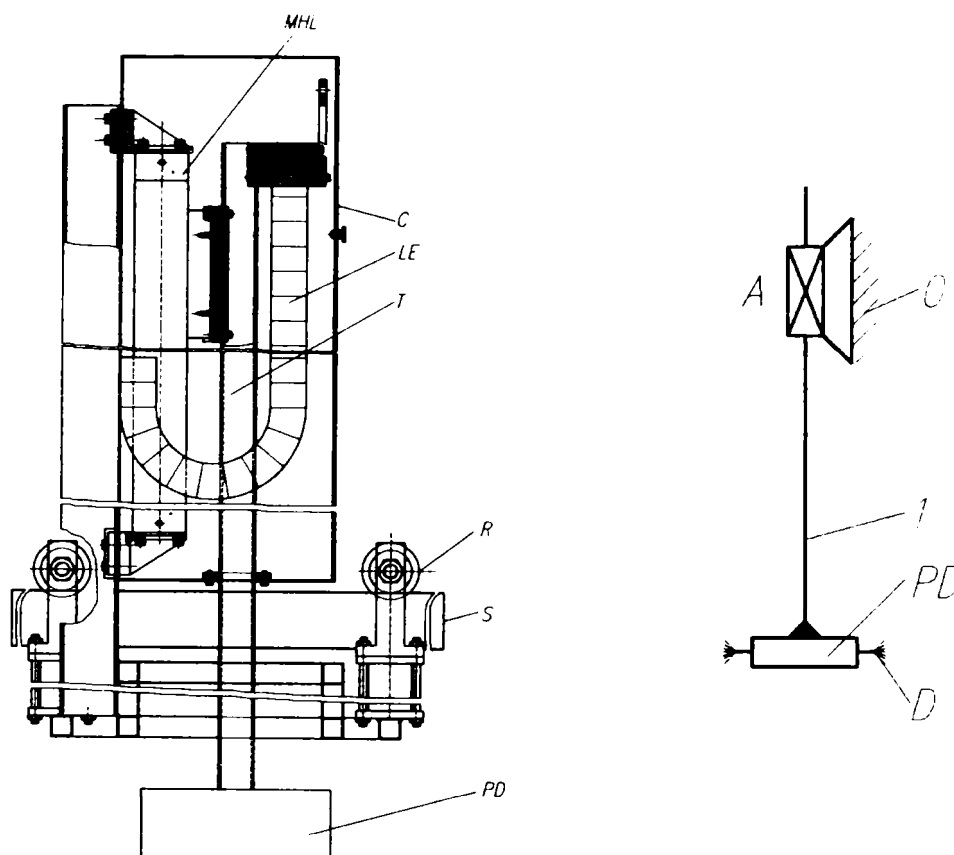


Fig.2.16 Schema cinematică și soluția constructivă a manipulatorului de curățat matrița de turnat sub presiune

Mecanismul cinematic este format din cupla cinematică conducătoare de translație A și are un grad de libertate. Obiectul de lucru este portdiuza PD care conține duzele de curățat D prin care se elimină sub presiune lichidul de curățat. În soluția constructivă sunt prezentate și celelalte elemente: motorul hidraulic liniar, legăturile elastice LE, carcasa C, traversa T, rolele pentru culisare R. Manipulatorul este montat rigid pe mașina de

turnat sub presiune iar cu ajutorul rolor R se stabilește poziția corectă a manipulatorului în raport cu mașina. Se consideră o poziționare corectă atunci când elementul 1 respectiv T se află la jumătatea distanței dintre plăcile matriței în poziție deschisă. Momentul de acțiune al manipulatorului se suprapune cu momentul în care manipulatorul de extragere al piesei părăsește spațiul de lucru al mașinii de turnat sub presiune când cu ajutorul motorului hidraulic liniar portdiuza PDeste deplasată în plan vertical. În momentul în care portdiuza parcurge suprafața plăcilor matriță este dată comanda de lubrefiere care se efectuează cu ajutorul diuzelor D.

II. 2.6 Manipulatoare pentru alimentarea mașinii de turnat sub presiune cu aliaj topit

Manipulatoarele de alimentare a mașinii cu topitură se întrebunțează la mașinile de turnat sub presiune cu camera rece și au rolul de a înlocui operatorul uman. Se utilizează atât manipulatoare cu comanda rigidă (spre exemplu cu mecanisme cu came Fig.2.17) cât și manipulatoare având sisteme de comandă care întrebunțează calculatorul (deci cu program flexibil Fig.2.18).



Fig.2.17 Manipulator mecanic de alimentare cu topitură

Mișcările necesare sunt o mișcare de umplere a cupei urmată de deplasarea la locul de alimentare a mașinii și alimentarea ei. Manipulatorul din fig. 2.17 folosește ca sistem de comandă un mecanism cu came. Manipulatorul are o structura RRR și este conectat la sistemul de comandă al mașinii de turnat sub presiune; intră în funcțiune în momentul în care mașina are mesele închise și blocate (matriță închisă).

Mișcarea necesară umplerii și golirii cupei cu aliaj în stare topită este o mișcare flex- extensie (PICTH). Pentru a avea o mișcare ciclică fără întreruperi pentru reglări cauzate de scăderea nivelului de aliaj topit din cuptor, ultimul element al dispozitivului generator de traiectorie (DGT) este prevăzut cu doi conductori legați la același pol care închid un circuit electric (24 V) prin masa de aliaj topit. Acest circuit întrerupe coborârea brațului și permite mișcarea flex-extensie (PICTH) a cupei (fig.2.18).

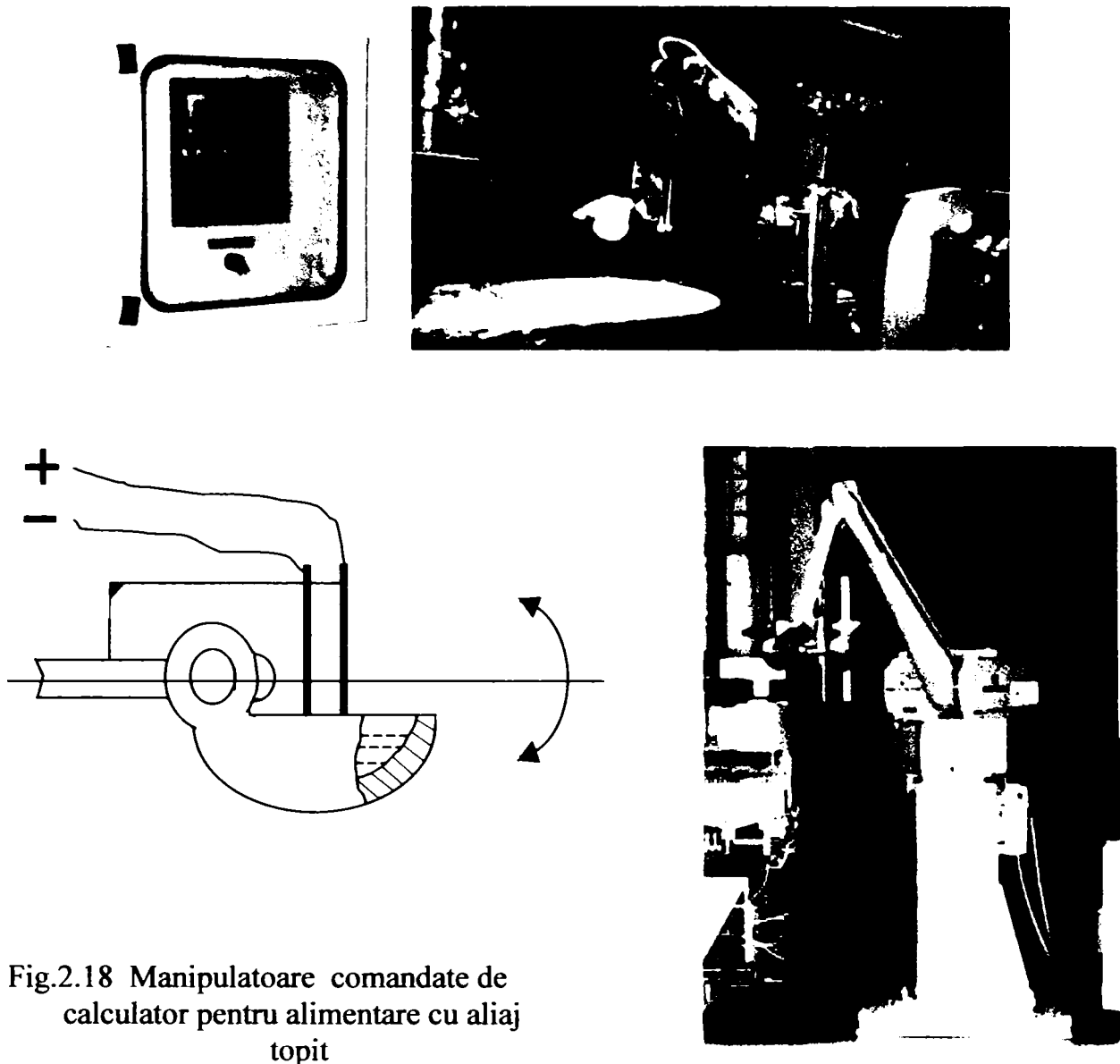


Fig.2.18 Manipulatoare comandate de calculator pentru alimentare cu aliaj topit

Manipulatoarele (fig. 2.18) au la fel o structură RRRR. Prima cuplă cinematică conducătoare de rotație execută rotația celor două brațe în plan orizontal, iar următoarele două deplasează brațele în plan vertical. Ultima cuplă cinematică conducătoare de rotație permite efectuarea mișcării de flex- extensie a cupei cu aliaj topit.

II 2.7 Instalații aducătoare și de evacuare utilizate într-un sistem de fabricație flexibilă de turnare sub presiune

Instalația aducătoare / de evacuare (IA / E) face parte din subsistemul de manipulare al sistemului de fabricație flexibilă automată. IA / E realizează *funcțiile aducătoare / de evacuare* asupra obiectelor de lucru în cadrul operațiilor de manipulare.

Întru-un sistem de fabricație flexibilă de turnare sub presiune, funcțiile aducătoare / de evacuare sunt **depozitarea și transferul**.

Depozitele sunt dispozitive ale IA / E, care îndeplinesc funcția de depozitare adică păstrarea obiectelor de lucru într-un anumit loc și punerea lor la dispoziție pentru utilizare în cadrul sistemului. Pentru obiecte de lucru de dimensiuni mici este utilizat *containerul*. Acesta este un depozit tridimensional în care obiectele de lucru sunt depozitate fie dezordonat (ca într-un buncăr), fie ordonat. În Fig. 2.19 este prezentat un

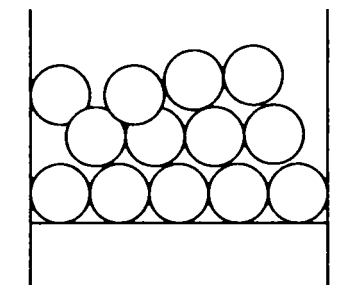


Fig. 2.19 Container

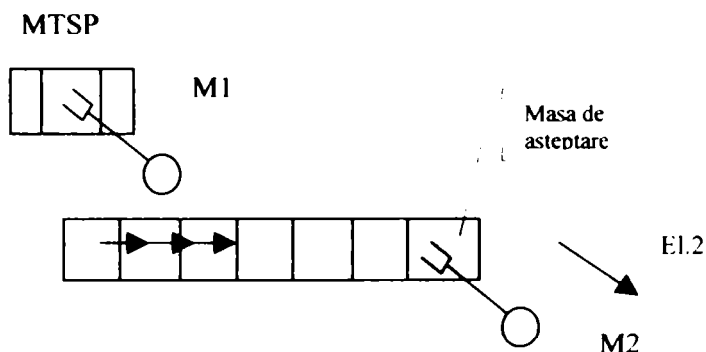


Fig. 2.20 Conveior utilizat pentru un obiect executat la un ciclu de turnare

astfel de container utilizat pentru turnarea sub presiune a obiectelor de dimensiuni mici a căror greutate nu depășește 1Kg/buc.

Dispozitivele de transfer realizează funcția de transfer care constă în deplasarea în spațiu a obiectului manipulat, modificându-i-se și situarea. În sistemele de fabricație flexibilă de turnare sub presiune se utilizează transferul scurt, adică transferul obiectelor manipulate în cadrul sistemului. În fig. 2.20 este prezentat un dispozitiv de transfer al obiectului de lucru, de la mașina de turnat sub presiune (MTSP) la alt element al sistemului de fabricație flexibilă (El 2), cu ajutorul manipuletoarelor M1 și M2. Dispozitivul de transfer este cu aport de energie, iar din punct de vedere al geometriei mișcării are mișcare de translație continuă sau intermitentă. Este utilizat pentru un obiect turnat pe un ciclu când timpul de turnare este mai mare decât timpul de prelucrare la elementul următor al sistemului (El 2).

În Fig. 2.21 este prezentat un alt dispozitiv de transfer al obiectului de lucru utilizat când timpul de turnare la un ciclu este mai mic decât timpul de prelucrare la elementul următor din cadrul sistemului (ex. operația de debavurare). În acest sens conveiorul este prevăzut cu două linii de transfer (Lt 1, Lt 2) cu aport de energie, acționate independent.

Funcție de layout-ul sistemului de fabricație flexibilă se pot adopta dispozitive de transfer rotative; ele conțin (Fig. 2.22) două posturi de preluare al obiectului de lucru care efectuează o rotație de 180° permițând alimentarea și predarea obiectului de lucru pentru cele două manipuletoare (M 1, M 2). Se pot utiliza și dispozitive de transfer cu masa indexabilă cu două sau mai multe posturi de transfer și așteptare (Fig. 2.23, 2.24). Acestea se pretează la sistemele la care timpii de turnare sunt foarte mici în raport cu operațiile ulterioare și de la caz la caz obiectul de lucru poate fi dirijat către unul sau mai multe elemente ale sistemului de fabricație flexibilă.

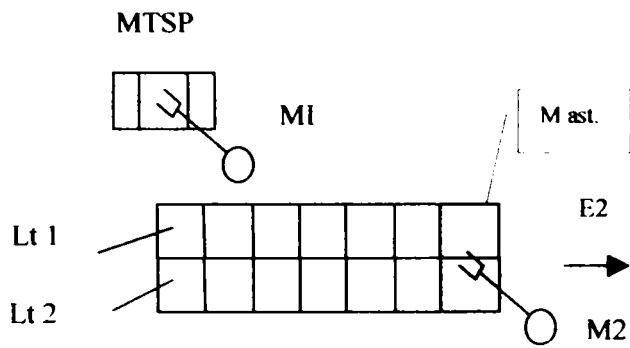


Fig. 2.21 Conveior dublu

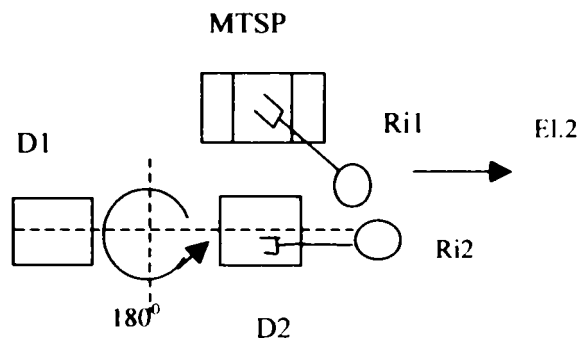


Fig. 2.22 Dispozitiv de transfer rotativ cu două posturi

Spre exemplu când timpul de menținere pentru solidificare este relativ scăzut este preferată varianta cu transfer rotativ cu masa indexabilă la 180° . Manipulatorul Mi1 extrage piesele turnate și le depune alternativ în cele două posturi de transfer după care masa execută o rotație de 180° . În acest fel cele două posturi alimentate cu piese au fost transferate în spațiul de lucru al manipulatorului Mi2 care le preia și le transferă altui element al SFF-ului. Prin rotația mesei rotative cu 180° celelalte două posturi de transfer sunt pregătite pentru a prelua alte piese de la manipulatorul Mi1.

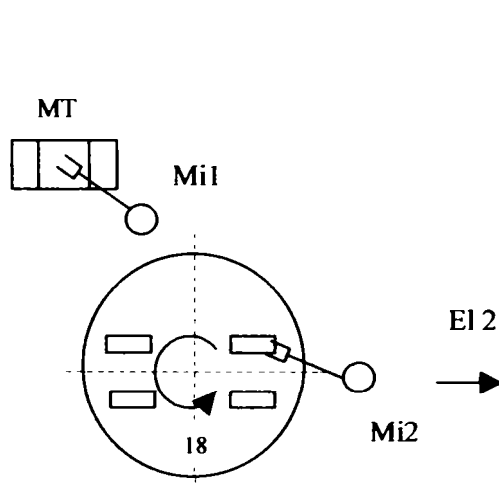


Fig. 2.23 Dispozitiv de transfer rotativ cu masa indexabilă

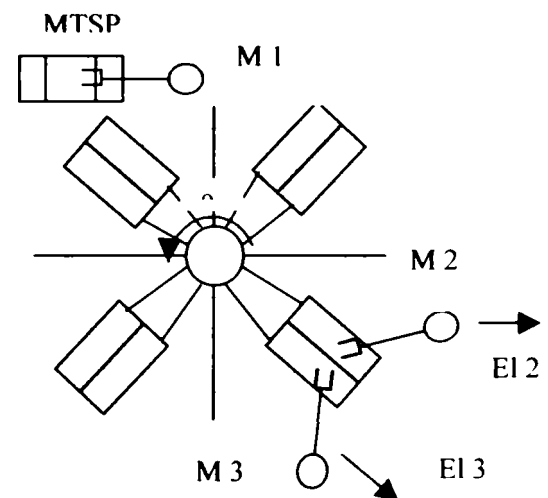


Fig. 2.24 Dispozitiv de transfer rotativ cu mai multe posturi

Pentru o capacitate de prelucrare de două ori mai mare se folosește dispozitivul de transfer rotativ (fig. 2.24). În acest caz masa indexabilă se deplasează cu un unghi de 45° alimentând două manipolatoare de transfer (M2 și M3) pentru două elemente de prelucrare ale SFF-ului.

II 2.8 Exemplu de SFF cu evidențierea elementelor componente

În Fig.2.25 este prezentat un subansamblu al unui sistem de fabricație flexibilă robotizat care conține: mașina de turnat sub presiune, manipulatorul pentru extras piese montat pe sol și manipulatorul de alimentat cu aliaj topit montat pe mașina de turnat sub presiune

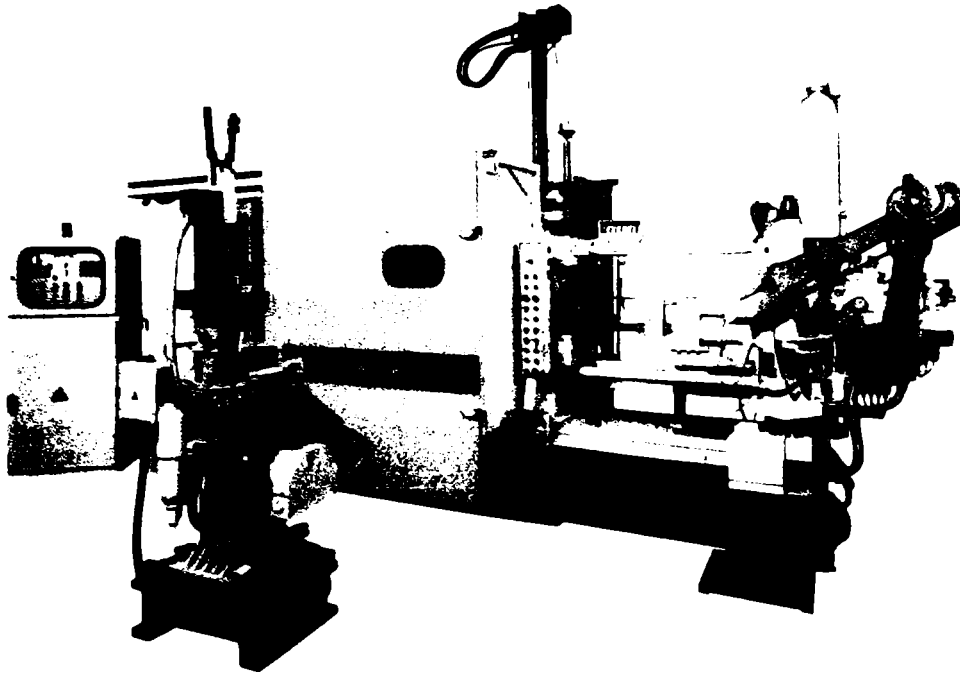


Fig.2.25 Subansamblu al unui SFF de turnare sub presiune

Se prezintă în Fig.2.26 o vedere de ansamblu al unui SFF de turnare sub presiune care cuprinde o parte din elementele prezentate în acest capitol.

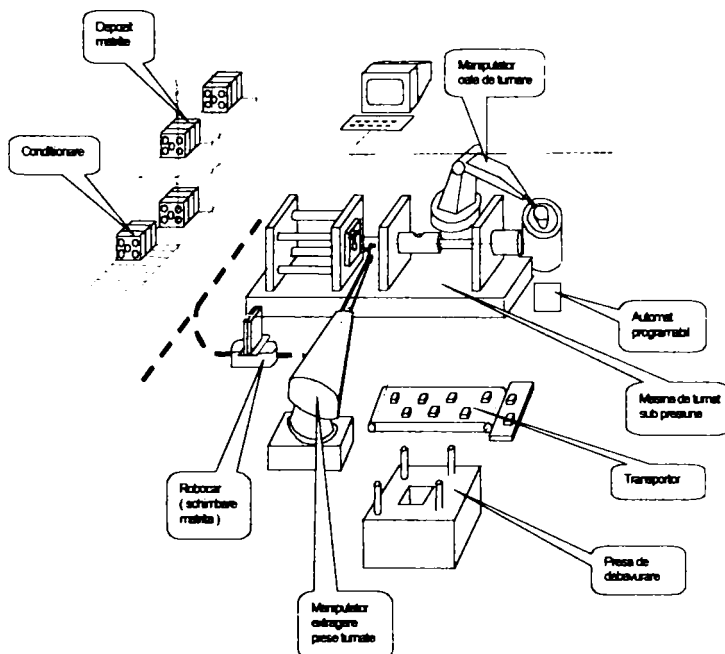


Fig. 2.26 Vedere de ansamblu al unui SFF de turnare sub presiune

Procesul de pregătirea și execuția fabricației constă în:

-se preia codul piesei ce urmează a se prelucra și se introduce în sistemul de prelucrare a datelor și de comandă (computer) al SFF;

-sistemul de comandă, dă informațiile necesare preluării și transportării plăcilor de adaus (cu ajutorul unui sistem robotizat) în vederea montării acestora în matrița montată pe mașina de turnat sub presiune;

-după montarea plăcilor în matrița de turnat sub presiune se eliberează spațiul de lucru al SFF-ului;

-sistemul este pregătit pentru începerea procesului de fabricație efectivă și în urma comenziilor primite de la sistemul de comandă execută următoarele operații;

- închide mașina de turnat sub presiune(matrița închisă);

- manipulatorul de alimentare, alimentează cilindrul mașinii de turnat sub presiune;

- este pus în funcțiune pistonul mașinii care alimentează sub presiune cu aliaj topit matrița de turnat;

- după solidificarea piesei ,se deschide masa mașinii de turnat și intră în funcțiune manipulatorul care extrage piesa turnată și o depune pe dispozitivul de transfer(transportor) pentru operația de debavurare sau dezmembrare după caz.

II. 3. Conceptul tehnologiei de grup

II.3.1 Tipizarea proceselor tehnologice

La baza clasificării proceselor, în vederea tipizării stă clasificarea pieselor de prelucrat, adică gruparea lor pe clase, grupe și tipuri.

Clasa, este subdiviziunea generală a clasificării. După prof. A.P.Sokolovski, “clasa reprezintă totalitatea pieselor care se aseamănă prin caracterul comun al problemelor tehnologice rezolvate, în condițiile unei anumite forme a acestora”.

În interiorul clasei, piesele se împart în subclase, (din punct de vedere al gabaritelor), în grupe și în tipuri. Subclasele și grupele sunt veriga intermediară a clasificării. Numărul treptelor de clasificare poate fi diferit dar important este să se continue împărțirea până când se obțin piese ale căror procese tehnologice sunt apropiate. În acest mod apar “tipuri de piese”. “ Prin tip se înțelege totalitatea pieselor dintr-o clasă care, în aceleași condiții de producție au un plan comun de prelucrare a principalelor suprafețe, adică suferă operații de același gen”.(Soc 80)

Prin urmare scopul final al clasificării pieselor este stabilirea tipurilor de piese, iar elaborarea “proceselor tehnologice tip” urmărește sistematizarea proceselor tehnologice pentru piesele de același tip. Procesul tehnologic se elaborează pentru fiecare tip dat de piesă. Schema unei astfel de clasificări este reprezentată în figura 2.27.

Procesele tehnologice de grup, reprezintă evoluția ideii de tipizare și constituie una din noile variante care permit să se rezolve în mod complex o serie de probleme și să se asigure introducerea bazelor științifice în munca de

elaborare a proceselor tehnologice de organizare a pregătirii producției, în condițiile fabricației cu caracter individual și de serie (Mitrof.).

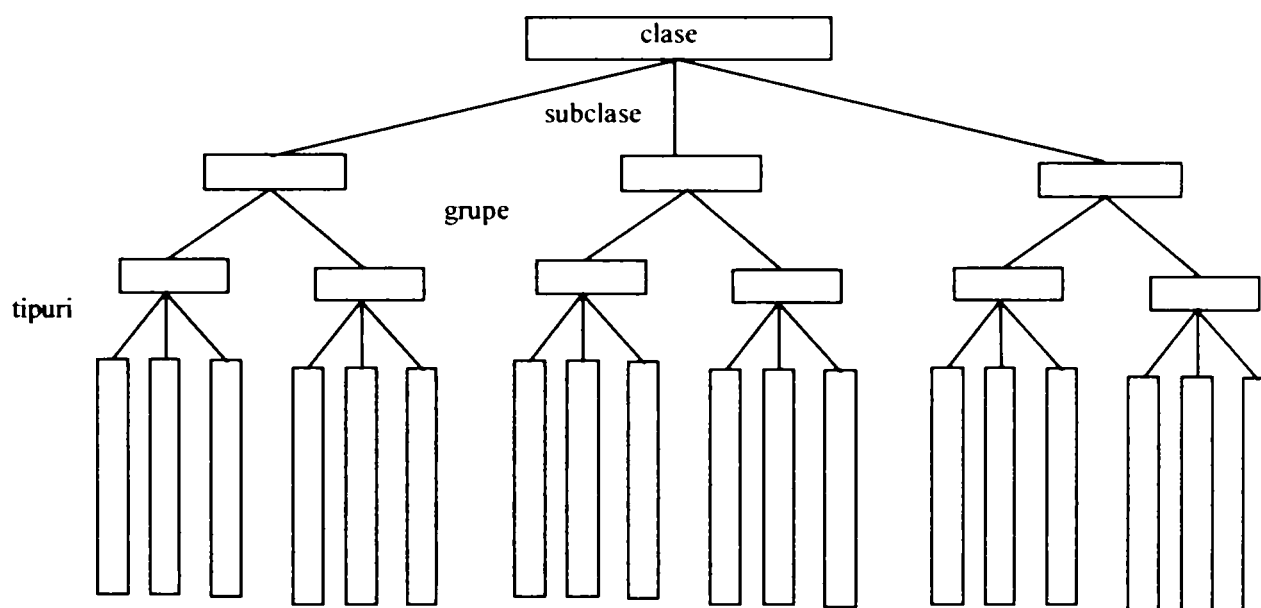


Fig. 2.27 Schema clasificării pieselor la tipizarea proceselor tehnologice

II.3.2 Bazele metodei tehnologiei de grup

II.3.2.1. Caracterizare generală a metodei tehnologiei de grup

Problema constă în crearea unei metodologii de elaborare a proceselor tehnologice și de proiectare a echipamentului, a unor reglaje raționale ale mașinilor – unelte, care să asigure cea mai rentabilă și mai scurtă durată de pregătire tehnologică a fabricației.

Pentru rezolvarea acestei probleme, trebuie să se treacă de la elaborarea proceselor tehnologice individuale pentru anumite piese, la crearea unor procese pentru grupe de piese, adică să se aplice metoda prelucrării de grup.

Problemele principale ale metodei de grup bazate pe generalizarea și sistematizarea experienței impun(Mitrof.):

- ◆ să se elimine varietatea nejustificată a proceselor tehnologice practicate;
- ◆ să se ridice procesele învechite la nivelul celor înaintate, folosite în fabricația de serie mare și de masă;
- ◆ să se asigure introducerea unui echipament tehnologic de înaltă productivitate, cu posibilități de schimbare ușoară a reglajului, și să se creeze premisele pentru modernizarea și automatizarea eficace a utilajului.

Condiția obligatorie pentru rezolvarea cu succes a acestor probleme este sporirea seriei de producție.

Există două căi de mărire a loturilor:

1. normalizarea și unificarea constructivă a pieselor și subansamblurilor de mașini și aparate cu care trebuie să se ocupe în mod sistematic și temeinic constructorii și colaboratorii serviciilor de normalizare și standardizare;
2. normalizarea și unificarea proceselor tehnologice a elementelor lor, precum și a întregului echipament tehnologic.

Ambele căi se completează reciproc și trebuie să fie utilizate concomitent.

Odată stabilită tehnologia de grup pentru o anumită clasă, orice piesă din clasa respectivă poate fi realizată respectând tehnologia de grup prin suprimarea operațiilor suplimentare. În acest fel se obține o fabricație flexibilă.

II.3.2.2. Clasificarea (gruparea) pieselor

La prelucrarea prin așchiere, pentru tehnologia de grup s-a luat ca bază principiul clasificării pieselor din punctul de vedere al felului de prelucrare, adică se creează clase de piese prelucrate pe strunguri automate, pe centre de prelucrare sau pe alte mașini – unelte.

În limitele fiecărei clase, piesele se împart în grupe.

Scopul principal al clasificării este determinarea grupelor de piese pentru a căror prelucrare este necesar nu numai același tip de utilaj ci și un echipament

tehnologic identic cu un reglaj comun al mașinii – unelte. Grupa este unitatea tehnologică de bază.

La crearea grupelor se iau în considerare gabaritele pieselor, întrucât ele determină dimensiunile mașinilor unelte și dispozitivelor necesare pentru fabricarea lor; se mai iau în considerare:

- ◆ forma geometrică, adică caracterul comun al elementelor ce alcătuiesc forma piesei;
- ◆ caracterul comun al suprafețelor supuse prelucrării;
- ◆ precizia și netezimea suprafețelor de prelucrat;
- ◆ utilizarea semifabricatelor de aceeași natură;
- ◆ seria de fabricație;
- ◆ economicitatea produsului.

Divizarea pieselor pe clase este o etapă prealabilă de lucru care ușurează împărțirea lor ulterioară.

În figura 2.28. este prezentată schema clasificării pieselor din punctul de vedere al felurilor de prelucrare, în divizarea lor finală pe grupe.

Principiul separării grupelor de piese constă din următoarele: se ia ca bază o piesă caracteristică din grupa respectivă care va fi denumită piesă ideală. Această piesă este compusă dintr-o serie de suprafețe elementare exterioare. Toate celelalte piese din grupă trebuie să aibă fie în totalitate, fie o parte din suprafețe, acestea din urmă putând fi dispuse în altă ordine comparativ cu piesa ideală(Mitrof).

La alegerea unei piese ideale se ține seama de complexitatea prelucrării tuturor pieselor din grupa respectivă pe baza întrebuițării unui reglaj de grup, a unor dispozitive universale sau de grup și a unor scule așchietoare de același tip.

Prin urmare, o piesă ideală trebuie să conțină toate elementele geometrice ale pieselor din grupa respectivă, iar procesul tehnologic întocmit pe baza ei, cu mici completări de reglaj al utilajului, trebuie să fie utilizabil pentru executarea oricărei alte piese din grupa respectivă (fig.2.29 – pentru prelucrări piese de revoluție). Deci, o piesă concretă este un caz particular al piesei ideale.

Un proces tehnologic pentru o piesă concretă din grupă, este un caz particular al procesului tehnologic de grup.

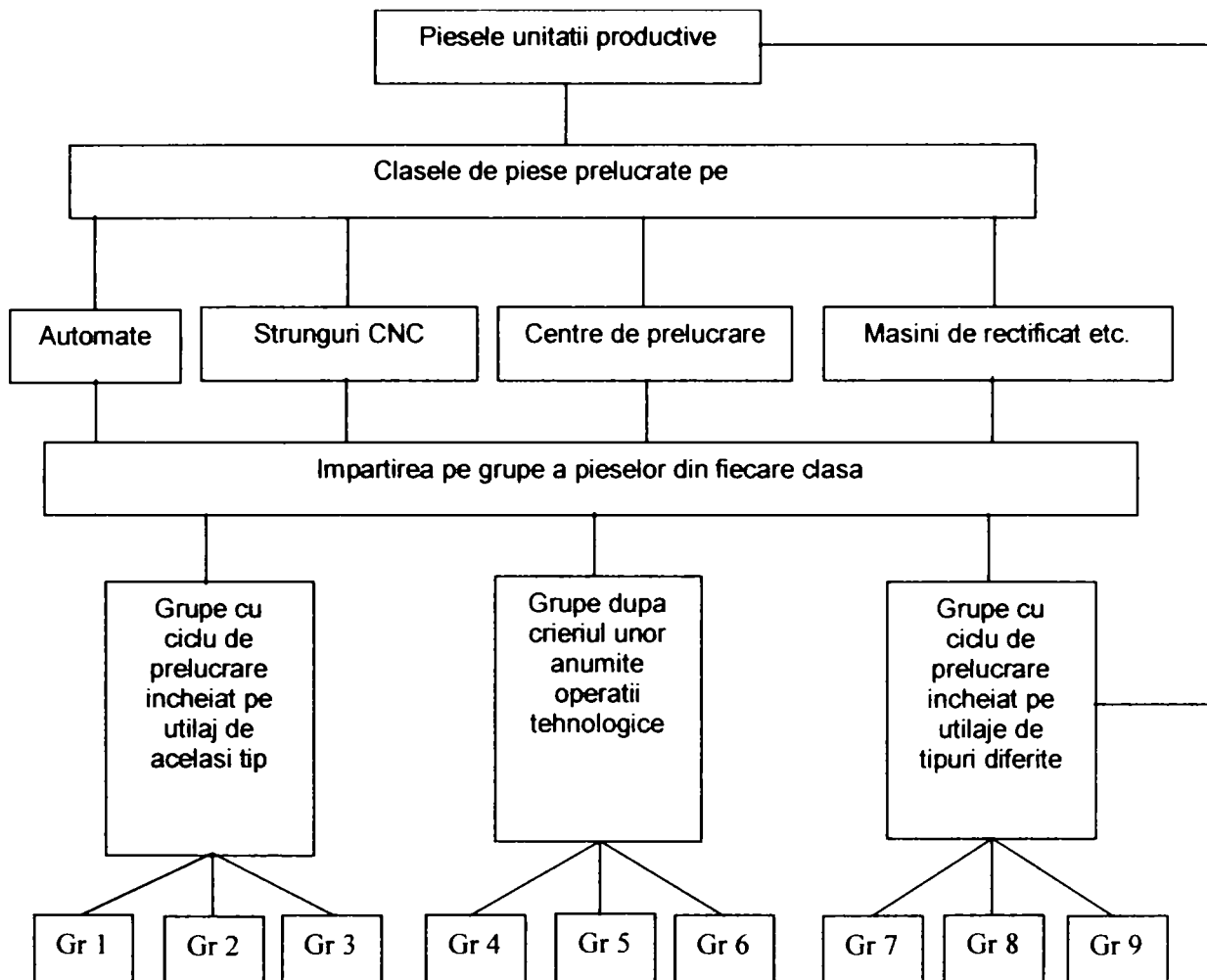


Fig. 2.28. Schema clasificării în cazul prelucrării de grup a pieselor

II.3.2.3. Elaborarea procesului tehnologic de grup

După clasificarea pieselor și formarea grupelor, se elaborează procesul tehnologic de grup.

Sarcina este de a realiza un proces care să permită prelucrarea oricărei piese din grup, fără abateri importante de la schema tehnologică comună.

Rezolvarea acestei probleme se simplifică prin faptul că încă de la clasificare s-a ținut seama de metodele posibile de prelucrare a fiecărei piese,

adică s-a determinat utilajul și ordinea de prelucrare, care să permită obținerea piesei finite sau a unora dintre suprafețele sale geometrice.

Întrucât, procesul tehnologic se elaborează pentru o piesă ideală, celelalte piese din grup pot fi executate după schema tehnologică elaborată pentru piesa ideală cu suprimarea operațiilor ce nu fac obiectul piesei concrete.

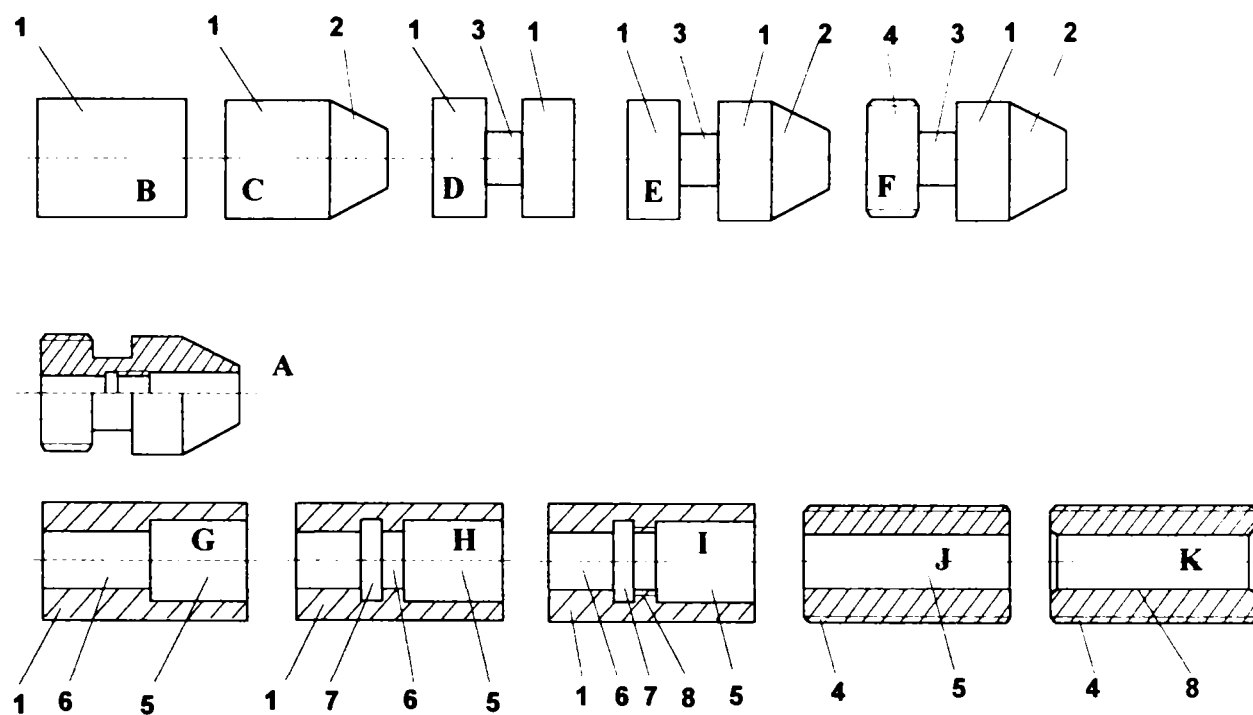


Fig. 2.29 Schema cu o piesă ideală A – compusă din opt suprafețe elementare principale: 1 – cilindru exterior; 2 – con exterior; 3 – degajare exterioară; 4 – filet exterior; 5 – cilindru interior; 6 – gaură cilindrică; 7 – canal interior; 8 – filet interior; B,C,D etc. – piese concrete, compuse din același fel de elemente geometrice, dar combinate diferit.

La elaborarea proceselor tehnologice de grup, se pornește de la următoarele principii de bază(Mitrof.):

- a) operațiile tehnologice, în cazul unui proces sau al unor treceri cu traseu de grup pentru o operație de grup, trebuie să asigure prelucrarea oricărei piese din grup în conformitate cu desenul și condițiile tehnice;
- b) utilajul tehnologic trebuie să fie de grup, proiectat pentru executarea oricărei piese din grup;
- c) utilajul folosit trebuie să permită o prelucrare de înaltă productivitate, cu cheltuieli minime pentru reglaj, în vederea prelucrării unui lot de piese.

Tehnologia de grup se aplică în diferite procese de prelucrare a materialelor cum ar fi: prelucrarea prin așchiere, prelucrarea prin electroeroziune, montajul etc. În cap. IV.4 este tratată tehnologia de grup aplicată pieselor turnate sub presiune.

II.3.2.4. Tendințe în realizarea procesului de turnare într-un SFF robotizat de turnare sub presiune

Asemănător procesului de fabricație flexibilă prezentat sumar în paragrafele anterioare (II.3.2.2. și II.3.2.3.) se dorește extinderea acestui sistem de proces și în cazul obținerii de piese prin turnare sub presiune.

Celula reprezintă (similar cu alte procese) și la turnarea sub presiune forma cea mai simplă de organizare a producției integrate, având minim o mașină echipată (CNC sau AP) pentru a putea fi integrată informatic cu componentele unui subsistem de manipulare și executând sarcini specifice unor operații de transformare (fabricație) transport – stocare sau control. Pentru o celulă suplețea de adaptare este prioritară și are în general scopul eliberării cel puțin parțiale a operatorului uman de mașina de turnat sub presiune. Un nivel superior este dat de celula flexibilă robotizată care se poate integra într-un sistem de nivel superior.

Atelierele flexibile reprezintă o formă complexă de organizare a producției pe baza mai multor celule flexibile reunite și integrate într-un sistem.

Se prezintă sistemul informatic, utilizat pe mașinile de turnare sub presiune, bazat pe cunoașterea parametrilor de reglaj ai mașinii a parametrilor procedurii și a celor legați de exploatarea și gestiunea comenzilor pentru optima utilizare a mașinii. Structura procesului de turnare sub presiune este prezentat în figura 2.30.

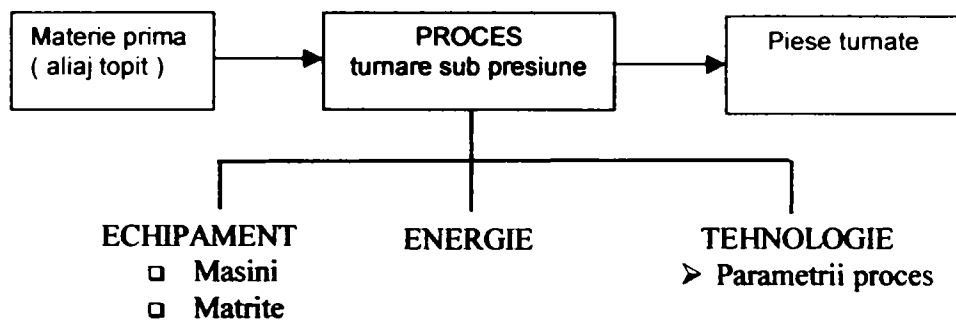


Fig.2.30 Structura procesului de turnare

În cazul proceselor de turnare sub presiune, problemele care trebuie rezolvate prin automatizare și robotizare țin atât de proces cât și de amonte și avalul lui figura 2.31.

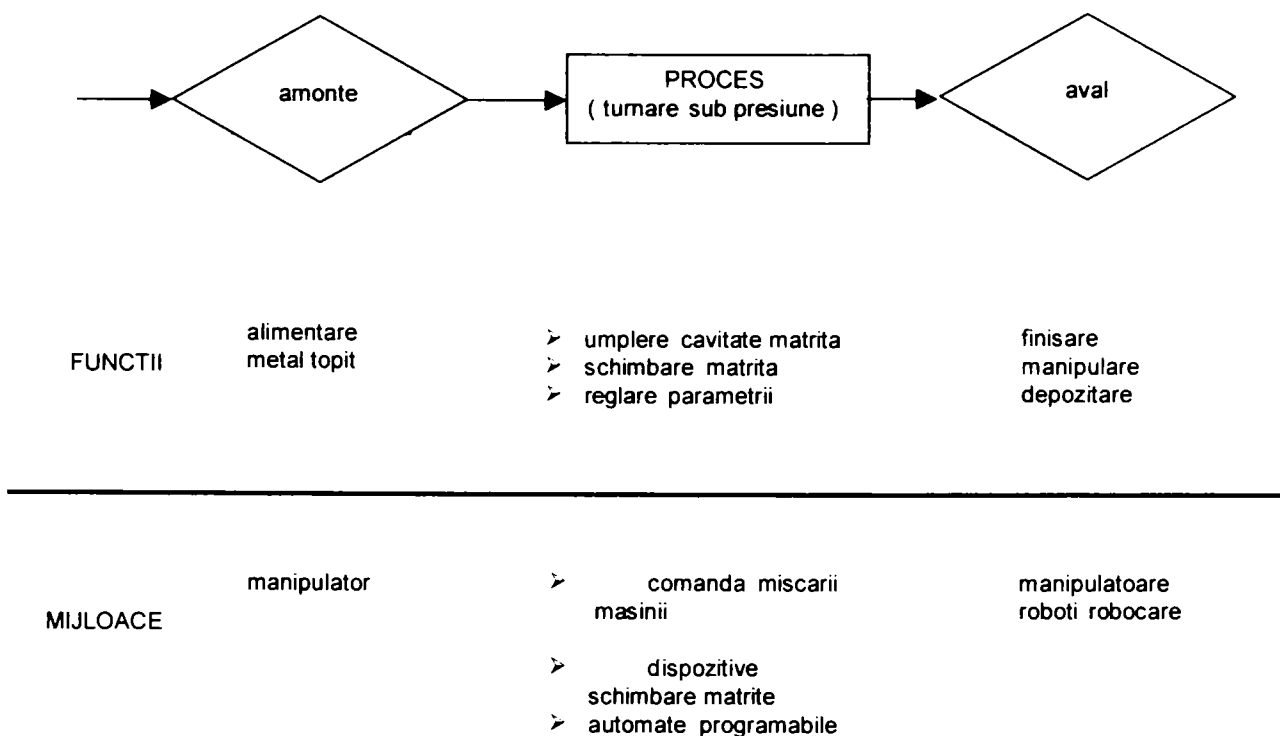


Fig. 2.31. Automatizarea procesului de turnare sub presiune.

În amonte problema este a alimentării, cu aliaj topit (asigurată prin utilizarea unui manipulator care asigură alimentarea cu o cantitate bine determinată de aliaj topit) a camerei de compresie a mașinii de turnat.

În cadrul procesului de turnare, automatele programabile supervizate de un calculator central asigură prin programe adecvate atât parametri optimi ai ciclului (presiune, temperaturi, durată) cât și încărcarea optimă a mașinii prin intervențiile de schimbare a matriței.

Tehnologia de grup care se aplică, are ca scop flexibilitatea matrițelor de turnat,adică modalități de proiectare și execuție a matrițelor în așa fel încât să se poată executa cu o singură matriță orice piesă din grupa respectivă.Matrița se concepe ținând seama de caracteristicile formei piesei (rezultată din piesa ideală) cât și să se adapteze rapid cu elemente schimbabile în vederea obținerii pieselor dorite.

Păstrând aceleași condiții și criterii ca la piesele de revoluție,lucrarea dezvoltă idea de piesă ideală, tehnologie de grup și proces de fabricație flexibilă la turnarea sub presiune.

II.4. Factori care influențează procesul de turnare sub

presiune sau depresiune

II.4.1 Importanța structurii de solidificare a aliajelor

neferoase

Spre deosebire de oțeluri la care transformările alotropice ale fierului provoacă la răcire transformarea structurii primare de solidificare (structură austenitică) într-o structură secundară (ferito – cementitică) cu un grad avansat de dispersie a fazelor, în majoritatea aliajelor neferoase structura primară de solidificare se păstrează.

Metalele neferoase și aliajele lor, au o tendință mult mai pronunțată decât oțelurile de a cristaliza cu granulație mare la solidificare. Rezultă că pentru aliajele neferoase, problema influențării proceselor de cristalizare în sensul obținerii în materialul turnat a unei granulații fine și a unui grad avansat de dispersie a fazelor, condiționează în mod decisiv proprietățile de utilizare ale produsului metalic. Această influență este maximă pentru aliajele de turnare, dar se exercită în măsură considerabilă și în aliajele cărora li se aplică prelucrări ulterioare prin deformare plastică și tratament termic.

Modalitatea actuală cea mai eficace de influențare a caracteristicilor structurii primare o reprezintă modificarea prin care se înțelege procesul de schimbare artificială a structurii metalului sau aliajului turnat sub influența unor micro adaosuri chimice introduse în topitură înaintea turnării acesteia (fără a schimba compoziția chimică)

II.4.1.1. Aliaje zinc – aluminiu

Aliaje aluminiu-siliciu

Din punct de vedere al tehnologiei de prelucrare aliajele neferoase se grupează în:

- Aliaje deformabile plastic;
- Aliaje deformabile plastic și tratabile termic;
- Aliaje de turnare (eventual tratabile termic).

Acest ultim criteriu este cel mai direct legat de caracteristicile cu caracter fundamental, respectiv de constituția și microstructura aliajului.

Din punct de vedere al constituției de echilibru și al structurii primare de solidificare aliajele neferoase pot fi grupate în câteva categorii mari:

- a) aliaje monofazice constituite din cristale de soluție solidă terminală având ca solvent metalul de bază (din această categorie fac parte alamele α , aliajele cupru nichel simple sau aliate cu Zn de tip alpaca, sau cu Fe și Mn de tip metal Monel aliaje nichel – crom α de tip Chromel);
- b) aliaje care conțin un amestec mecanic eutectic sau eutectoid (pentru exemplificare în această categorie: aliajele hipoeutectice Zn – Al de tip Zamak (figura 2.32 a), aliajele Al – Si hipoeutectice și eutectice de tip silumin (figura 2.32 b), bronzurile cu staniu hipoeutectoide $\alpha + \beta$);

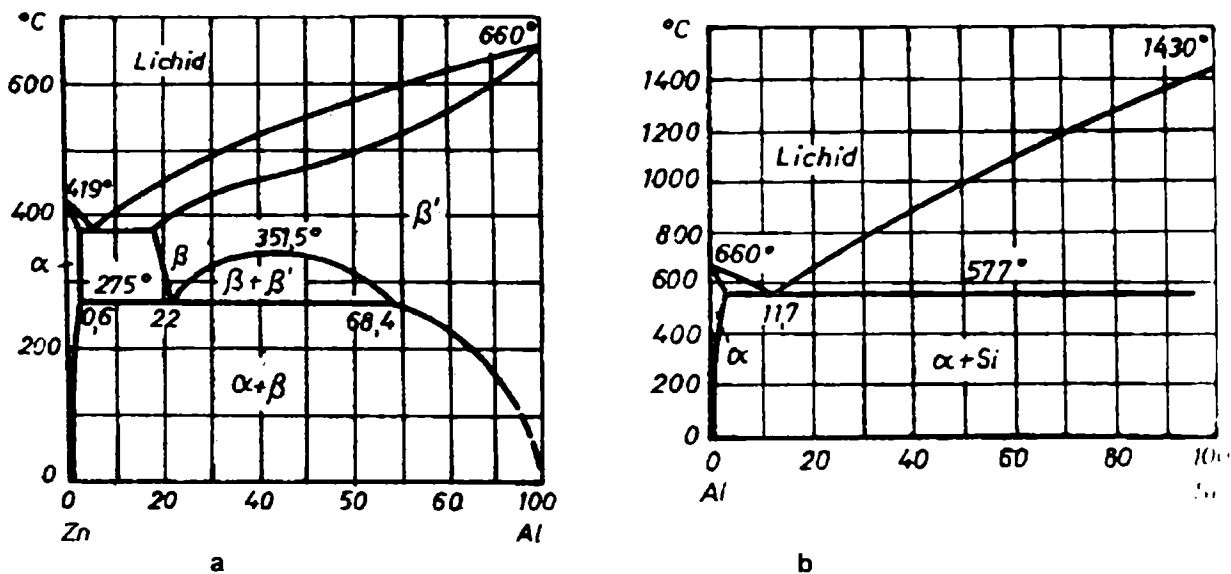


Fig. 2.32 Diagrama de echilibru fazic ale unor sisteme de aliaje neferoase conținând aliaje tehnice cu un amestec mecanic în microstructură:

sistemul Zn – Al (aliaje hipoeutectice Zn – Al de tip zamak);

sistemul Al – Si (aliaje hipoeutectice, eutectice și hipereutectice de tip silumin).

Siluminurile sau aliajele Al – Si sunt unele din cele mai importante aliaje neferoase de turnătorie, fapt datorat fluidității mari a topiturii metalice la compoziția eutectică (fig. 2.32b)

Siluminurile de compoziție apropiată de cea eutectică (11 – 13.5% Si – aliajele ATSi12, STAS 201/2 – 1980), sunt utilizate pe scară

largă la turnarea pieselor cu configurație complexă (care să fie în același timp ușoare și rezistente), datorită fluidității lor foarte bune.

Siluminurile hipoeutectice cu 7% Si și 0.35% Mg (aliajele ATSi7 – STAS 201-59) sunt de asemenea utilizate, fiind durificate prin tratament termic, dar fluiditatea lor este mai scăzută decât a siluminurilor eutectice.

În cazul siluminurilor, proprietățile mecanice ale aliajului sunt influențate decisiv de caracteristicile microstructurale ale fazei nemetalice a eutecticului – siliciul.

Modificarea topirii înaintea turnării schimbă radical aceste caracteristici microstructurale ale fazei nemetalice, influențând favorabil proprietățile mecanice ale aliajului.

În cazul siluminiului aplicarea modificării este esențială, întrucât aliajele nemodificate au proprietăți mecanice inferioare care le fac neutilizabile (Tab. II.2.)

Aliaj	Proprietăți mecanice	
	σ_r , [daN / mm ²]	δ [%]
Siluminiu eutectic 12%Si nemodificat	14	3
Siluminiu eutectic 12%Si modificat cu 0.01%Na	25	14

Tab II.2 Proprietăți mecanice ale aliajelor(Si) cu topitură modificată și nemodificată

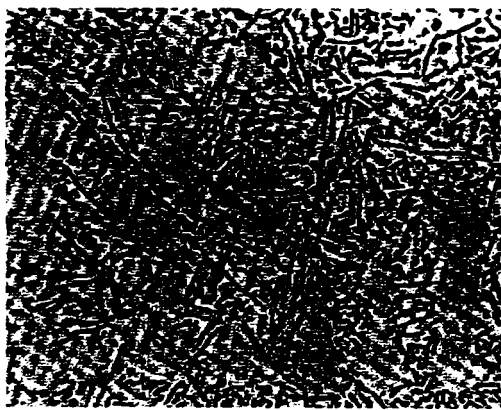


Fig.2.33 Microstructura aliajului hipoeutectic Al +10 %Si, nemodificat la turnare; dendrite primare de soluție solidă α in masa de eutectic cu structura aciculară grosieră.



Fig.2.4 Microstructura aliajului eutectic Al+11.7%Si, nemodificat la turnare (siliciul formează cristale lungi distribuite larg și dezordonat în masa de soluție α a eutecticului)

Efectul modificării de ridicare considerabilă a valorilor caracteristicilor mecanice ale siluminurilor, se datorește unor schimbări în mecanismul cristalizării, schimbări care produc modificări radicale în microstructură.

Microstructura siluminurilor nemodificate fig. 2.33, 2.34, 2.35 se caracterizează prin prezența eutecticii ($\alpha + \text{Si}$) cu structură grosieră.



Fig.2.35 Microstructura aliajului hipereutectic Al+13%Si, nemodificat la turnare (un număr redus de cristale primare de Siliciu în masa de eutectic ce conține volume mari de soluție solidă α)

Aliajele hipoeutectice fig. 2.33 conțin pe lângă eutectic, dendrite primare de soluție solidă α (cu solvent Al), iar aliajele hipereutectice fig. 2.35 conțin pe lângă eutectic, cristale primare idiomorfe de Si. Eutecticul aliajelor nemodificate are o morfologie neregulată fig.2.33, 2.34, 2.35 cu plachete de Si distribuite întâmplător în masa de soluție solidă bogată în Al.

Modificatorii eficienți pentru influențarea microstructurii eutecticii din siluminuri sunt metale superficial active Na .

Sodiul, utilizat ca principal modificador al siluminurilor, se introduce în topitură înaintea turnării sub forma de NaF(flourură de sodiu), în amestec cu alte halogenuri(NaCl-clorură de sodiu, KCl-clorură de potasiu) în proporții adecvate

pentru ca amestecul de săruri (fluxul) să fie lichid la temperatura de efectuare a modificării.

Efectul optim de modificare se obține la un conținut de sodiu asimilat în topitură de 0.01 – 0.02%. La conținuturi mai mici de modificador se obțin structuri parțial modificate, iar la conținuturi mai mari se obțin structuri supramodificate.

Compararea microstructurii unor siluminuri hipoeutectice (10%Si) și a unora ușor hipereutectice (12.5 – 13% Si) în stare nemodificată fig.2.33 și 2.35 cu microstructura aceluiași aliaje modificate fig. 2.36a pune în evidență o serie de efecte microstructurale importante ale modificării:

- prin modificare eutecticul ($\alpha + \text{Si}$) devine extrem de fin cu o repartiție uniformă și fină divizată a Si;
- în aliajele hipereutectice prin modificare se schimbă natura cristalelor proeutectice;
- curbele de răcire pun în evidență o deplasare a palierului de solidificare a eutecticului de la temperatura de echilibru 577°C la o valoare de 567°C în prezența modificadorului.

Insuficiența modificadorului produce structuri parțial modificate fig.2.36b în care zonele ce conțin eutectic fin și dendrite α alternează cu zone ce conțin eutectic grosier și cristale primare de Si. Prezența în topitură a unei cantități de modificador mai mare decât valoarea optimă (0.01 – 0.02% Na remanent) produce structuri supramodificate cu proprietăți mecanice inferioare.



Fig.2.36 Microstructuri ale aliajului hipereutectic Al+12.5%Si modificat cu 0.01%Na.

În fig. 2.36 a- proba turnată imediat după introducerea modificatorului; dendrite primare de soluție solidă α în masa de eutectic foarte fin; b- proba turnată după 32' de la introducerea modificatorului: dendrite primare de soluție solidă α și cristale primare de siliciu în masa de eutectic cu structura relativ grosieră; c- proba turnată după 36' de la introducerea modificatorului: structură complet nemodificată cu cristale primare de Si în masa de eutectic acicular grosier.

Aceste structuri sunt caracterizate prin prezenta unor borduri grosiere la limita coloniilor eutectice fig. 2.37, produse probabil prin cristalizarea în aceste zone a eutecticului ternar [α +Si+AlSiNa].

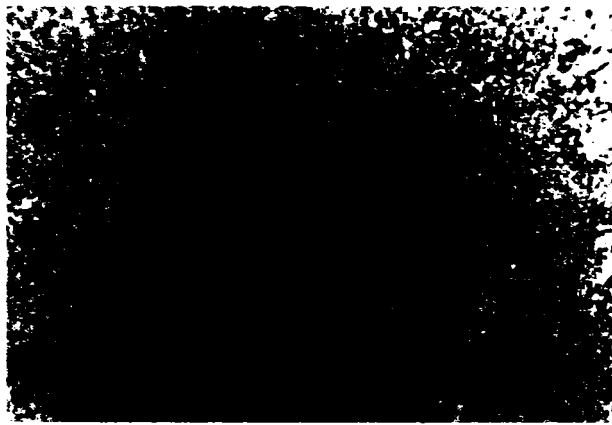


Fig.2.37 Microstructura Al+13%Si supramodificat; borduri de eutectic grosier la limita celulelor eutectice cu structură fină

II.4.1.2 Produse utilizate în turnătorii, în vederea degazării și modificării aliajelor pe bază de Al

Dintre produsele utilizate în turnătorii în vederea degazării sunt prezentate următoarele:

ALMED

Se utilizează ca flux degazant la elaborarea aliajelor neferoase ușoare. Produsul Almed este indicat pentru toate tipurile de aliaje cu baza Al, exceptând aliajele cu peste 10% magneziu, ca flux de degazare.

Utilizarea acestui produs prezintă următoarele avantaje:

-asigură o degazare completă a aliajului lichid;
-având și un rol de afânare, conferă o structură fină pieselor în stare turnată;

-în timpul reacției cu aliajul lichid degajă o cantitate foarte redusă de gaze nocive.

Pentru tratarea aliajelor de aluminiu se recomandă un consum de flux Almed 0.2 – 0.4 % din greutatea șarjei. După topire se degazează aliajul prin introducerea pastilelor de flux degazant pe fundul băii metalice cu ajutorul unui clopot perforat.

ALSIM BLOC (FOSECO)

Alsim – bloc este flux de modificare pentru aliaje de aluminiu turnate în forme metalice. Este un modificador cu acțiune de mare durată a aliajelor eutectice aluminiu – siliciu.

Utilizarea acestui flux prezintă următoarele avantaje:

- menține modificarea timp de minimum 2 ore;
- elimină pericolul pe care îl prezintă folosirea sodiului metalic, care se comportă ca un transportor de hidrogen;
- poate fi dozat mai bine și mai ușor;
- reacția cu aliajul lichid este mai temperată.

Pentru tratarea aliajelor eutectice aluminiu – siliciu, se recomandă cantitatea de un bloc la 100 – 200 kg aliaj și se aplică următoarea metodă: la sfârșitul topirii se așează blocul modificador pe suprafața cuptorului de menținere, cu partea colorată în galben, în contact cu aliajul lichid. Partea colorată în galben reprezintă modificadorul cu punct de topire coborât, care reacționează timp de câteva minute cu aliajul lichid eliberând cantitatea de sodiu inițial necesară. După topirea acestuia se trage blocul către peretele cuptorului și se poate începe turnarea. Briceta superioară albă a blocului modificador cu punct de topire mai ridicat cedează puțin câte puțin cantitatea de sodiu necesară și permite menținerea modificării minim 2 ore.

FLUX R – O

În scopul recuperării aluminiului din deșeurile rezultate la prelucrarea aluminiului (zgură, spumă, depuneri pe oalele de turnare, resturi de la topirea aliajelor cu baza de aluminiu și șpan) a fost elaborat fluxul R – O.

Avantaje: -pierderile de metal datorate oxidării care se produce în timpul procesului de retopire sunt minime;

-zgura rezultată după retopirea deșeurilor este ușoară și fiabilă, neaderând la pereții creuzetului de topire și ușor de îndepărtat;

-coeficientul de recuperare al aluminiului este de peste 80%;

-operațiile impuse de procedeul de recuperare sunt simple și ieftine;

-procedeul se poate aplica în toate turnătoriile de aliaje neferoase ușoare;

Modul de utilizare este următorul: pentru zgură, spumă, depunerile pe oale, resturi de la topirea aliajelor cu baza de aluminiu se amplasează fluxul de protecție și dezoxidare I – 2% pe fundul creuzetului de topire preîncălzit, înainte de încărcare în proporție de 0.2% din greutatea șarjei; se adaugă încărcătura (în straturi, fiecare strat se acoperă cu flux de recuperare R – O); cantitatea totală de flux R – O adugată este de 3% în raport cu greutatea încărcăturii ultima fracțiune rămânând pe suprafața încărcăturii.

Se amestecă încărcătura, se curăță zgura și se evacuează aliajul lichid periodic. În acest caz se recomandă luarea de probe chimice, tehnologice și pentru încercări mecanice în scopul efectuării corecțiilor necesare (MgSi) direct în creuzetul de topire. Aluminiul astfel recuperat prezintă caracteristici corespunzătoare tipului de aliaj de la care provin deșeurile, atât din punct de vedere al proprietăților fizico – chimice cât și mecanice și poate fi turnat în lingouri sau direct în piese.

II.4.2. Influența presiunii exterioare asupra procesului de cristalizare

II.4.2.1. Influența presiunii asupra proprietăților fizice ale metalelor și aliajelor

Presiunea aplicată asupra aliajului în curs de cristalizare influențează principalii parametri termofizici ai acesteia și anume: temperatura de topire, coeficientul de conductivitate termică, căldura specifică, căldura latentă de cristalizare, densitatea etc.

Creșterea temperaturii de topire a metalelor și aliajelor corespunzătoare unei variații a presiunii de 1 daN/cm^2 poate fi calculată cu ajutorul ecuației lui Clausius – Clapeyron:

$$\frac{dt_{top}}{dp} = \frac{t_{top}(V_1 - V_2)}{L_{top}} \quad (\text{II. 1})$$

unde:

$\frac{dt_{top}}{dp}$ este variația temperaturii de topire determinată de creșterea presiunii

cu valoarea dp $[\frac{K}{daN}]$;

t_{top} – temperatura de topire $[^{\circ}K]$

V_1, V_2 – volumele unui Kg de fază solidă și respectiv lichidă $[cm^3]$

L_{top} – căldura latentă de topire $[\frac{kJ}{kg}]$.

La majoritatea metalelor și aliajelor raportul $\frac{dt_{top}}{dp}$ (variația temperaturii de topire în raport cu creșterea presiunii) se mărește; la un număr redus de metale și aliaje, creșterea presiunii determină, din contră, micșorarea temperaturii de topire.

În tab. II.3 sunt indicate pentru o serie de metale uzuale, creșterile (calculate teoretic și stabilite experimental) temperaturilor de topire proporțional cu mărirea presiunilor exterioare ($\frac{dt_{top}}{dp}$) și variația volumului specific la solidificare; semnul minus indică o contracție, iar semnul plus o dilatare.

La metalele care se topesc cu mărirea de volum (Al, Fe, Mg, Cu, Ni, Sn, Pb, Zn) temperatura de topire în timpul aplicării presiunii crește, în timp ce la metalele care se topesc cu micșorare de volum (Sb), temperatura de topire se micșorează odată cu creșterea presiunii. Aceasta se explică prin aceea că presiunea exterioară favorizează formarea fazelor cu volum specific mai mic.

Nr. crt	Metalul	Temperatura de topire °C	dt/dp °Ccm ² /daN(x10 ⁻¹)		Variația volumului la solidificare, %
			Calculată	Stabilită experimental	
1	Al	660	5.5	6.4	-6.0
2	Fe	1539	2.7	3.0	-2.2
3	Mg	650	6.3	7.5	-5.1
4	Cu	1083	3.3	4.2	-4.1
5	Pb	327	8.3	11.0	-3.5
6	Zn	419	3.7	4.5	-4.2
7	Sb	630	-2.8	-0.5	+0.95

Tab. II.3 Dependența temperaturilor de topire în funcție de presiunea exterioară și variația volumului specific la solidificare

Majoritatea metalelor și aliajelor lor, la solidificare se contractă, micșorându-și volumul specific astfel că, ele sunt în stare solidă mai dense decât în stare lichidă (tab. II.4).

Marca aliajului	Densitatea (Kg /m ³) la diferite presiuni	
	Atmosferică	100 daN / cm ²
Al 2	2570	2657
Al 9	2556	2641

Tab. II.4 Influența presiunii asupra densității aliajelor

II.4.2.2. Influența presiunii asupra transformărilor de fază, în aliaje

Variația temperaturii de topire a metalelor și aliajelor determină schimbarea echilibrului la transformările de fază.

Odată cu creșterea presiunii în timpul cristalizării aliajelor are loc o schimbare a alurii diagramelor de echilibru, care prezintă o mare importanță pentru elaborarea de aliaje noi cu proprietăți îmbunătățite.

Creșterea presiunii asupra aliajului în timpul cristalizării determină următoarele schimbări structurale exprimate cu ajutorul diagramelor de echilibru:

- ◆ deplasarea punctului eutectic spre dreapta (în cazul aliajelor Al – Si această deplasare se face în domeniul conținuturilor mai mari de Si (fig. 2.38));
- ◆ creșterea domeniului de soluție solidă α (în cazul aliajelor Al – Si, soluția solidă de siliciu în aluminiu); rezultă că prin aplicarea presiunii pot fi obținute aliaje cu un conținut ridicat al elementului B dizolvat în elementul A;
- ◆ creșterea presiunii determină mărirea temperaturii eutectice.

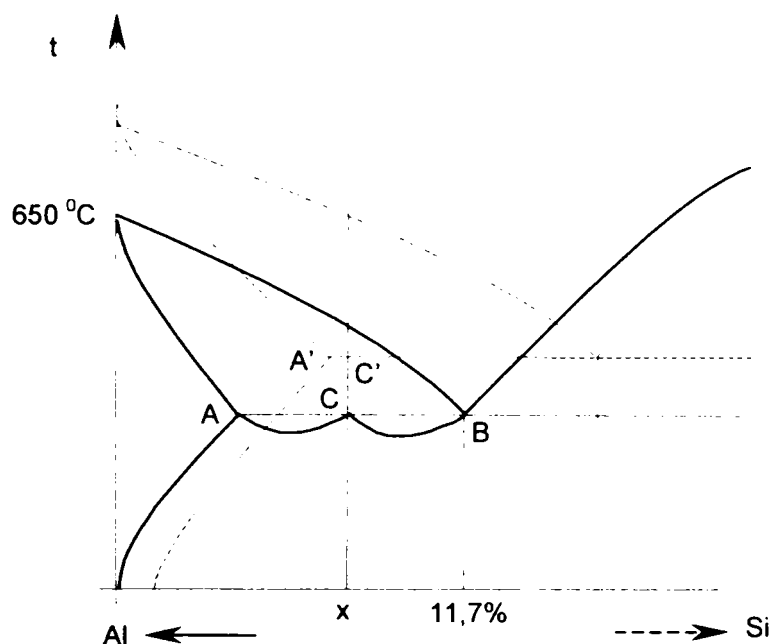


Fig. 2.38 Diagrama de echilibru Al – Si pentru aliajul x solidificat la presiunea atmosferică (linie continuă) și la suprapresiuni (linie întreruptă)

II.4.2.3. Influența presiunii asupra parametrilor procesului de cristalizare

Procesul de cristalizare, începe cu apariția în faza lichidă a germenilor de cristalizare și cu creșterea acestora.

Cinetica transformărilor de fază poate fi apreciată cu ajutorul a doi parametri: numărul centrilor de cristalizare (n) care apar în unitatea de volum și în unitatea de timp și viteza liniară de creștere a acestor germeni (v).

Cu cât viteza de germinare este mai mare iar viteza de creștere a acestor germeni este mai mică, cu atât mai ușor se obține o structură cristalină fină.

Pentru formarea germenului cu dimensiunea critică (mărimea necesară pentru existența sa) este necesar să fie consumat un lucru mecanic A_s .dacă forma de echilibru a cristalului nou format este cubică, atunci lucrul mecanic A_s va fi:

$$A_s = 8\sigma r_K^2 \quad [\text{J}] \quad (\text{II.2})$$

unde r_K este raza sferei înscrisă în cubul respectiv care are latura egală cu dimensiunea critică a germenului.

Aprecierea valorii mărimii r_K se face relația:

$$r_K = \frac{2\sigma t_{top}}{\rho L_{top} \Delta t} \quad [\text{m}] \quad (\text{II.3})$$

unde:

ρ este densitatea fazei lichide unde se produce germinarea și cristalizarea [$\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$] ;

t_{top} – temperatura de topire [$^{\circ}\text{K}$] ;

L_{top} – căldura latentă de topire [$\frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$] ;

Δt - subrăcirea aliajului la care are loc germinarea [$^{\circ}\text{K}$] .

Întrucât,

$$\frac{dt_{top}}{dp} = \frac{t_{top}(v_2 - v_1)}{L_{top}}, \text{ relația (II.3) devine:}$$

$$r_K = \frac{2\sigma dt_{top}}{\rho \Delta t (v_2 - v_1) dp} \quad [\text{m}] \quad (\text{II.4})$$

Analizând relația (II.4) rezultă că micșorarea dimensiunii critice a germenului poate fi realizată nu numai pe seama reducerii valorii tensiunii superficiale la interfața lichid – solid σ și prin mărirea gradului de subrăcire Δt ,ci și prin mărirea presiunii exterioare dp aplicată în timpul răcirii și cristalizării.

Mărirea presiunii determină mărirea numărului de germeni de cristalizare și micșorarea vitezei liniare de creștere a acestora ceea ce duce la obținerea unor structuri granulare fine.

Atât la cristalizarea în condiții de presiune normală atmosferică cât și la presiuni ridicate, subrăcirea joacă un rol hotărâtor în ceea ce privește procesele de germinare și de creștere a fazei noi.

Creșterea schimbului de căldură aliaj – formă, ca urmare a măririi gradului de contact la interfață, element caracteristic tuturor procedeele speciale de turnare cu presiune, reiese mai bine din analiza curbelor de răcire obținute la solidificarea sub presiune atmosferică și în condițiile unei presiuni ridicate, realizate pe cale mecanică – cu piston (fig. 2.39)

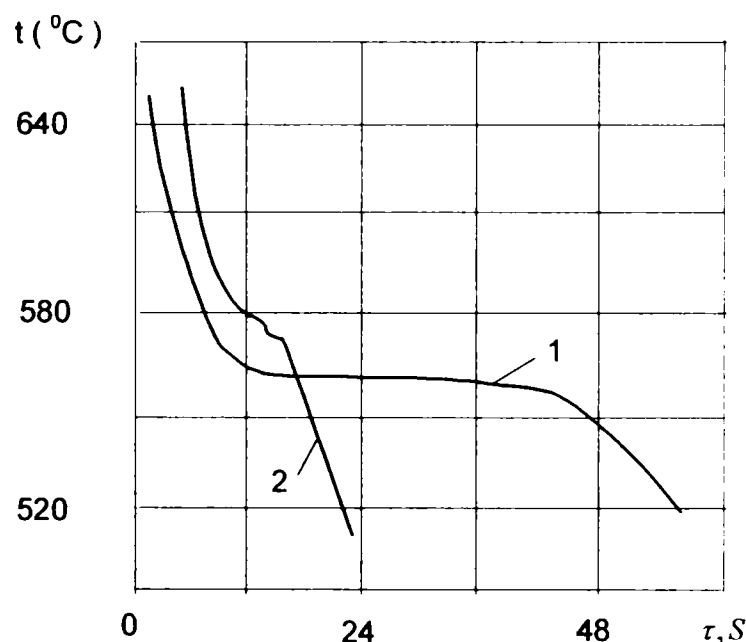


Fig. 2.39 Diagrama de răcire în timp a unui aliaj pe bază de aluminiu la presiune atmosferică (1) și sub presiunea de 3450 daN / cm² (2)

În cazul procedeele speciale de turnare sub presiune a aliajelor, temperatura de turnare trebuie să fie cât mai apropiată de temperatura de cristalizare pentru ca efectul suprapresiunii să influențeze solidificarea.

II.4.2.4. Influența presiunii asupra structurii metalelor și aliajelor

Prin aplicarea presiunii asupra aliajelor în curs de cristalizare au loc unele transformări structurale ca de exemplu:

- ◆ micșorarea dimensiunilor medii ale grăunților ;
- ◆ variația uniformității structurale ca urmare a încetirii proceselor de segregare;
- ◆ repartizarea uniformă a incluziunilor nemetalice.

Dimensiunea medie a grăunților se micșorează nu numai datorită schimbării parametrilor de cristalizare și a condițiilor de schimb de căldură, dar și datorită acțiunii mecanice asupra cristalelor în curs de formare ceea ce conduce la fragmentarea lor și contribuie în felul acesta la formarea unui număr suplimentar de germeni de cristalizare; un efect asemănător, se constată și în cazul aplicării vibrației sau aplicării tratamentului cu ultrasunete aliajului în curs de solidificare.

Prin aplicarea presiunii (realizată de un gaz sau mecanic cu piston) pe lângă efectele pozitive prezentate (reducerea interstițiului deci mărirea vitezei de răcire, durata de cristalizare micșorată, adică structură fină) are loc și o micșorare a posibilităților de difuzie și segregare a elementelor ceea ce constituie un alt avantaj al procedeelor de turnare.

Dependența coeficientului de difuzie D de vâscozitatea η (dinamică) a aliajului este data de relația :

$$D = \frac{RT}{\delta\eta} \quad (II.5)$$

unde:

R este constanta gazelor perfecte;

T – temperatura absolută ; [$^{\circ}K$]

δ - distanța de deplasare a atomilor ce difuzează; [m]

Vâscozitatea η_p a aliajului la o presiune P este:

$$\eta_p = \eta_0 e^{\frac{pV_0}{RT}} \quad \left[\frac{\text{g}}{\text{cm} \cdot \text{sec}} \right] \quad (II.6)$$

unde : η_0 este vâscozitatea aliajului la presiunea atmosferică P_0 , la aceeași temperatură.

p – presiunea [daN]

V_0 – volumul inițial [cm^3]

Pentru coeficientul de difuzie D se obține relația:

$$D = \frac{RT}{\delta \eta_0 e^{\frac{pV_0}{RT}}} \quad (II.7)$$

Relația (II.7) indică că odată cu creșterea presiunii P, coeficientul de difuzie se micșorează; din această cauză posibilitatea de segregare a elementului respectiv devine mai mică, ceea ce determină îmbunătățirea uniformizării structurale a alajelor ; aplicarea presiunii este analog cu cel al măririi vitezei de răcire și determină o îmbunătățire din punct de vedere al uniformității structurii obținute pe grosimea de perete a piesei turnate.

II.5 Particularitățile solidificării aliajelor sub acțiunea presiunii mecanice

II.5.1 Procedee și tehnologii

Solidificarea metalelor și aliajelor în condițiile aplicării presiunii mecanice se realizează pe instalații speciale de tipul unor prese hidraulice și pneumatice care permit ca aliajul din formă să fie menținut sub presiune în timpul solidificării.

Există două grupuri distincte de procedee speciale de turnare sub presiune:

- ◆ procedee la care atât curgerea aliajului, umplerea formei, cât și cristalizarea se fac sub acțiunea unei presiuni; sunt procedeele propriu-zise de turnare la presiune joasă, medie și înaltă;

- ◆ procedee la care umplerea formei cu aliaj lichid se face în mod obișnuit gravitațional, prin curgerea în cădere liberă și presiunea mecanică se aplică numai la solidificare; sunt deci procedeele cu matrițare în stare lichidă a aliajelor.

La această a doua categorie, presiunea mecanică se realizează cu un dispozitiv special profilat de tipul unui piston, poanson sau combinat.

Cele trei cazuri au următoarele particularități:

- ◆ în toate cazurile în forma metalică este turnată, prin metodele obișnuite, o cantitate de metal; deci curgerea, în prima fază, nu se realizează prin intermediul nici unui fel de presiune;

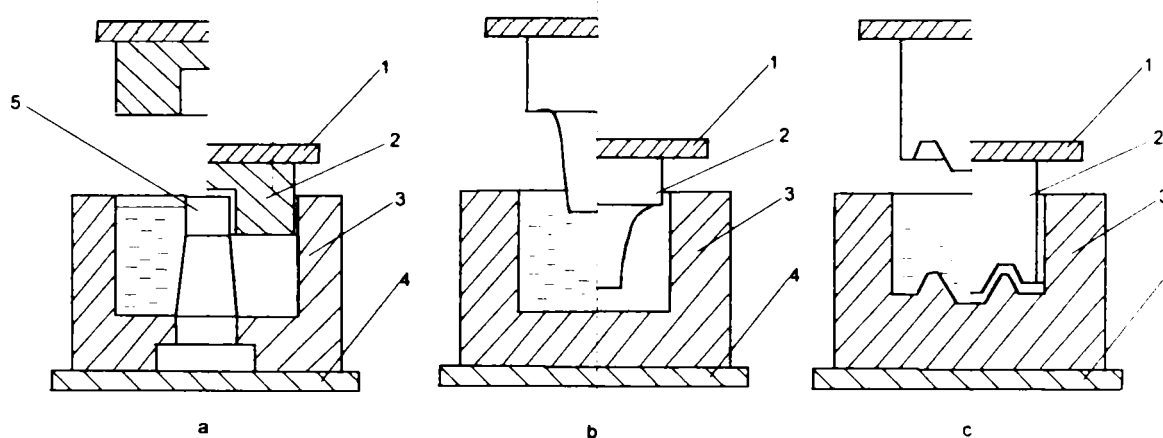


Fig. 2.40 Procedee speciale de turnare cu solidificarea sub presiune: a – presiune realizată cu piston, b – presiune realizată cu dispozitiv tip poanson – piston, c – presiunea realizată de dispozitivul de presare de formă intermediară; 1 placa superioară, 2 pistonul sau poansonul care realizează presarea, 3 forma metalică, 4 placă inferioară

- ◆ la prima variantă (fig.2.40a) la turnare, se umple cu aliaj întreaga cavitate a formei și pistonul acționează asupra metalului pe suprafața sa superioară; configurația piesei este realizată de partea activă a formei și miezului și într-o mică măsură de piston.
- ◆ la varianta a doua (fig.2.40b) forma metalică, inițial este umplută aproximativ până la jumătate din capacitate; poansonul este profilat și el va imprima viitoarei piese, forma sa în zona interioară a găurilor sau

orificiilor. La cursa activă în jos a poansonului, se realizează o dislocare a volumului de aliaj; poansonul realizează și formarea propriu-zisă a piesei din timpul solidificării ei.

- ◆ La varianta a treia (fig.2.40 c) dispozitivul de presare are o formă intermediară și realizează atât o presare în partea superioară (rolul pistonului), cât și o curgere și umplere a formei prin ridicarea nivelului aliajului (rolul poansonului) și în final presiunea în timpul solidificării.

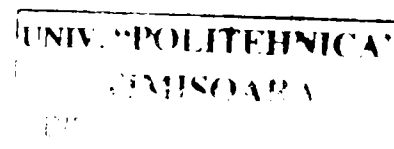
Parametri de bază ai instalației de presare, de care depinde calitatea pieselor turnate cu solidificarea sub presiune mecanică sunt:

- ◆ forța nominală maximă de presare, în funcție de care se realizează presiunea necesară în timpul solidificării;
- ◆ viteza de deplasare a dispozitivului de presare care indică mărimea timpului de menținere a aliajului în formă, după terminarea umplerii acesteia;
- ◆ durata de presare în funcție de care se alege aliajul turnat și se proiectează grosimea pereților piesei turnate și dimensiunile sale gabaritice.

II.5.2 Influența presiunii mecanice a pistonului asupra solidificării și caracteristicilor mecanice ale aliajelor neferoase

Formele metalice utilizate la turnarea cu solidificare sub presiune a aliajelor lucrează în condiții grele întrucât presiunea aplicată în timpul solidificării aliajului acționează și asupra formelor și miezurilor care vin în contact cu aliajul lichid. Cu cât este mai mare temperatura aliajului și valoarea presiunii, cu atât condițiile de lucru ale formelor metalice sunt mai grele și conduc la o durabilitate mai redusă a acestora în exploatare.

Prin presarea aliajului lichid cu un piston sau poanson, caracteristicile mecanice cresc sensibil prin obținerea unor structuri deosebit de fine și îmbunătățirea compactității peretelui deci mărirea în toate cazurile a densității și lipsa defectelor de structură, care să constituie discontinuități ale masei metalice sau amorse de propagare a fisurilor din cauza tensiunilor interne.



Aliajele de aluminiu (tab.II.5) prezintă o rezistență la rupere în medie de 1,5 ori mai mare decât la turnarea obisnuită, alungirea relativă crește de 4 ori, reziliența de 2,5 ori.

Nr. crt	Metoda de turnare	σ_r daN/mm ²	δ %	KCU DaJ/cm ²	HB	Porozitatea %
1	Obisnuit	25.2	5.0	1.4	89.7	1.77
2	Sub presiune mecanica	39.8	24.0	4.0	91.4	0.29

Tab. II.5 Caracteristici mecanice ale aliajelor de aluminiu, la turnare

II.6 Analiza procedului de turnare la joasă presiune (TPJ)

II. 6.1 Varianta constructivă la procedeul obișnuit de turnare

la joasă presiune

Foarte asemănătoare cu turnarea sub presiune înaltă, varianta cu presiune joasă realizată pneumatic a căpătat o mare dezvoltare în ultimul timp.

Diferența între cele două procedee constă în primul rând în valoarea parametrilor tehnologici (presiunea asupra aliajului lichid și viteza de curgere a acestuia), iar în al doilea rând în complexitatea utilajului (instalația propriu – zisă de turnare și forma metalică).

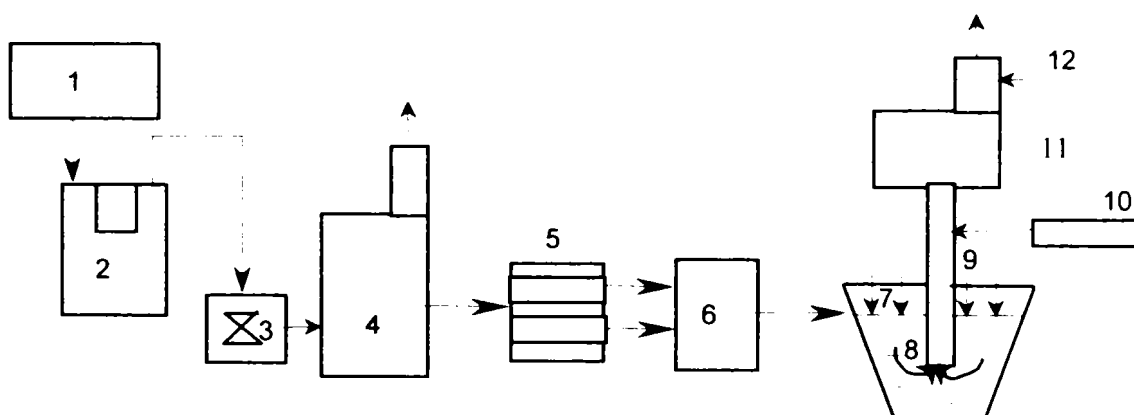


Fig. 2.41 Blocuri funcționale componente ale unei instalații T. J. P. : 1 – sursa de aer comprimat; 2 – separator de apă; 3 – reductor de presiune; 4 – rezervor de aer; 5 – rezistența hidraulică variabilă (drosel); 6 – distribuitor; 7 – spațiu etanș al cuptorului sau creuzetului; 8 – aliaj lichid; 9 – conducta imersată în baie; 10- dispozitiv de întrerupere mecanică a alimentării cu aliaj lichid a formei; 11 – forma de turnare; 12 – filtru.

La turnarea sub joasă presiune, presiunea asupra aliajului (realizată de obicei cu aer comprimat) în regim normal de lucru este de $0.5 - 1 \text{ daN} / \text{cm}^2$; în timpul solidificării, presiunea poate să crească la maximum $2.5 \text{ daN} / \text{cm}^2$. Corespunzător se admit viteze maxime de curgere a aliajului de $1.5 \text{ m} / \text{s}$, deci comparabile cu cele de la turnarea clasică la care curgerea se realizează în cădere liberă. Aceste caracteristici implică o serie de simplificări ale instalației, comparativ cu turnarea sub înaltă presiune; topirea se face într-un simplu creuzet metalic încălzit cu flacără, cu rezistentă sau inducție, etanșarea pentru

realizarea suprapresiunii este constructiv mult mai ușor de realizat, forma metalică se aseamănă mult cu tipul utilizat la turnarea obișnuită. Calitatea pieselor se obține aproape la aceiași parametri ca la procedeul de turnare la presiune înaltă, dar cu investiții și costuri de fabricație mai reduse.

În fig. 6.1 se prezintă schema principială a unei instalații obișnuite de turnat sub joasă presiune. Modul de funcționare este următorul:

-din sursa 1 (compresor) aerul comprimat este separat de eventualele impurități(apa) cu ajutorul separatorului de apă 2;

-cu ajutorul reductorului 3 se reglează presiunea aerului comprimat și se stochează în rezervorul tampon 4 în scopul păstrării constante a presiunii aerului comprimat indiferent de debitul consumat;

-eventualele reglări sensibile de presiune se realizează cu ajutorul rezistenței variabile 5;

-în creuzetul 7(închis etanș) se află aliajul de turnat 8 și conducta 9 imersată în aliajul lichid care conductă comunică cu forma de turnat 11;

-aerul comprimat intră în creuzet la suprafața aliajului topit și determină aliajul să parcurgă conducta imersată 9 și să alimenteze sub presiune forma de turnat 11.

II.6.2 Calculul principalilor parametri tehnologici ai

procedeului TPJ

II.6.2.1 Presiunea de injecție

Presiunea de injecție pentru fiecare piesă turnată se poate determina cu ajutorul fig. 2.42

Dacă se notează cu:

h_t - înălțimea amprente din forma metalică;

h_b – scăderea nivelului băii de aliaj la fiecare injecție;

h_0 – înălțimea coloanei de lichid între suprafața băii din creuzet și atacul (diuza) din formă;

h_1 – înălțimea coloanei de lichid între suprafața băii din creuzet și punctul maxim cu metal din amprenta formei;

p_0 – presiunea necesară ca lichidul să urce la h_0 ;

n – numărul de injecții:

$$p_1 = \gamma \cdot h_1 \quad [\text{N} / \text{m}^2] \quad (\text{II.8})$$

$$p_{1n} = \gamma \cdot h_{1n} \quad [\text{N} / \text{m}^2] \quad (\text{II.9})$$

unde

$$h_{1n} = h_f + h_0 + n \cdot h_b \quad [\text{m}] \quad (\text{II.10})$$

deci:

$$p_{1n} = \gamma \cdot h_f + \gamma \cdot h_0 + \gamma \cdot n \cdot h_b \quad [\text{N} / \text{m}^2] \quad (\text{II.11})$$

deoarece:

$$h_b = \frac{V}{S} = \frac{G}{\gamma \cdot S} \quad [\text{m}] \quad (\text{II.12})$$

unde:

V este volumul de aliaj injectat la turnarea unei piese în m^3 ;

S – suprafața băii din creuzet, în m^2 ;

G – greutatea unei piese turnate (greutatea aliajului injectat odată), în N ;

γ - greutatea specifică a aliajului turnat, în N / m^3 .

Rezultă că:

$$P_{1n} = \gamma \cdot h_f + \gamma \cdot h_0 + \gamma \cdot n \cdot \frac{G}{\gamma \cdot S} = \gamma(h_f + h_0) + n \cdot \frac{G}{S} \quad [\text{N} / \text{m}^2] \quad (\text{II.13})$$

Urmărind componentele presiunii necesare injectării piesei cu numărul n , se constată că:

- ◆ $(h_f + h_0)$ este o constantă a instalației, pentru o anumită formă de turnare și un anumit nivel inițial de umplere a creuzetului, în m ;
- ◆ γ - o constantă a aliajului turnat, în N / m^3 ;
- ◆ G – o constantă a piesei turnate, în N ;

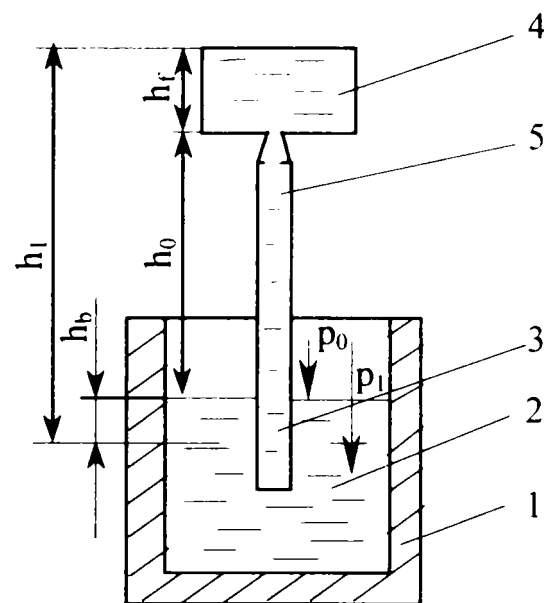


Fig. 2.42 Schema de calcul a valorii presiunii de injectare: 1 – creuzet; 2 – aliaj lichid; 3 – tubul imersat în baie; 4 – forma de turnare; 5 – diuza de alimentare la baza formei.

- ♦ S – o constantă a creuzetului utilizat, în m^2 .

Pentru realizarea unei viteze constante de intrare a aliajului în formă trebuie calculată mărimea presiunii p_1 asupra oglinzii aliajului lichid din ceuzet (fig. 2.43)

Pentru cele două secțiuni 1 – din ceuzet și 2 – din tubul sifon care alimentează forma considerând lichidul incompresibil și debitul constant, din legea lui Bernoulli se obține:

$$\frac{v_1^2}{2g} + h_1 + \frac{p_1}{\gamma} = \frac{v_2^2}{2g} + h_2 + \frac{p_2}{\gamma} \quad (\text{II.14})$$

debitele fiind egale:

$$v_1 \cdot S_1 = v_2 \cdot S_2 \quad (\text{II.15})$$

rezultă că:

$$v_1 = v_2 \frac{S_2}{S_1} \quad (\text{II.16})$$

Întrucât $h = h_2 - h_1$; $p_1 - p_2 = p$

(presiunea de regim) se obține:

$$p = \gamma \cdot \left(\frac{v_2^2}{2g} + h \right) \quad (\text{II.17})$$

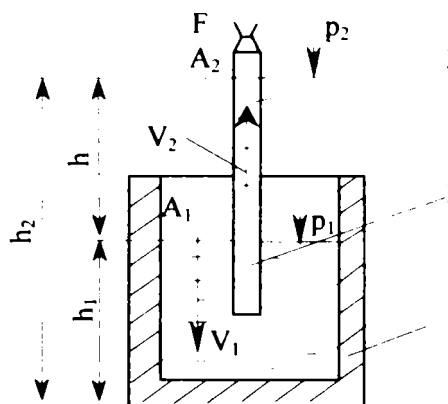


Fig. 2.43 Schema de calcul a funcției $v_2 = f(p_1)$ 1 – aliaj lichid; 2 – tub imersat în baie; 3 – diza de alimentare.

V_1 -viteza aliajului [$\frac{m}{s}$]

p_1, p_2 -presiunea de injecție [daN]

v_2 -viteza de injecție [$\frac{m}{s}$]

h_1, h_2, h - înălțimea inițială, totală, injectată a aliajului [m]

Analizând relația (II.17) se constată că în timpul umplerii tubului, pentru menținerea unei viteze constante v_2 de ascensiune a jetului, în vederea curgerii turbulente, este necesară o creștere continuă a presiunii de lucru p a gazului sau aerului comprimat, proporțională cu mărimea contrapresiunii metalostatice $\gamma \cdot h$.

Dacă secțiunea F de intrare a gazului în instalație este constantă, viteza de creștere a presiunii de lucru în cuptor se micșorează din cauza măririi contrapresiunii $\gamma \cdot h$; pe măsura ridicării aliajului în tubul sifon trebuie să se

mărească proporțional presiunea de lucru prin modificarea secțiunii orificiului F cu ajutorul unui dispozitiv cu drosel .

II 6.2.2 Secțiunea de intrarea gazului pentru presurizarea aliajului

Suprafața secțiunii transversale a orificiului de intrare F a gazului în spațiul de lucru din cuptor, în funcție de timpul de ridicare a valorii presiunii pe suprafața aliajului de la presiunea atmosferică p la o presiune oarecare de lucru p_2 în condițiile în care presiunea rețelei de aer comprimat la care este racordată instalația este la nivelul p_1 , se calculează cu relația (fig. 2.44) :

$$F = \frac{2KV \left[\sqrt{1 - \beta_1 \frac{K-1}{K}} - \sqrt{1 - \beta_2 \frac{K-1}{K}} \right]}{K - H \sqrt{\frac{2gKRt_a}{K-1}} \cdot \tau} \quad [\text{m}^2] \quad (\text{II.18})$$

unde β_1 și β_2 sunt coeficienți egali cu rapoartele dintre presiunile p_0 , p_1 și p_2 :

$$\beta_1 = \frac{p_0}{p_1}; \quad \beta_2 = \frac{p_2}{p_1} \quad (\text{II.19})$$

V – volumul spațiului de lucru a instalației unde trebuie realizată

presiunea de lucru p_2 , în m^3 ;

t_a – temperatura aerului din spațiul de lucru, în $^{\circ}\text{K}$;

K – coeficientul egal cu 1,4 pentru gaze biatomice;

R – constanta universală a gazelor, egală cu 8.317 J/molK ;

H – înălțimea maximă a jetului (de la nivelul superior din amprentă până la suprafața din creuzet), în m ;

P_2 – presiunea de regim, calculată cu expresia $p_2 = \gamma \cdot \left(\frac{v_2^2}{2g} + H \right)$, unde pentru v_2

se aplică o anumită valoare, în N/m^2 .

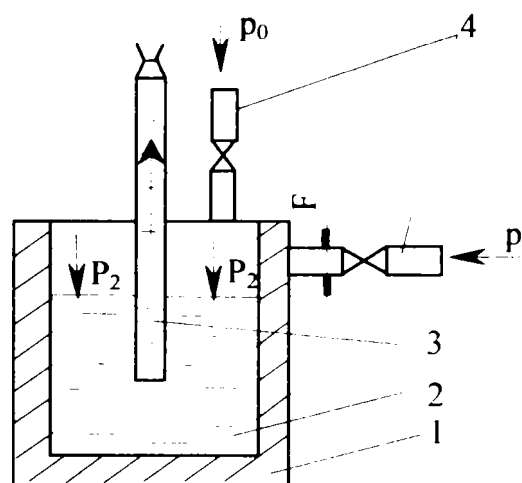


Fig. 2.44 Schema de calcul pentru determinarea mărimii $F = f(p_1, p_2)$:
1 – creuzet; 2 – aliaj lichid; 3 – tub imersat în baie; 4 - ventile

II 6.2.3 Curbe caracteristice de variație a presiunii pentru funcționarea corectă a instalațiilor TPJ

Pentru obținerea unor piese de calitate se recomandă modificarea în trepte a presiunii de lucru p_2 în funcție de fazele tehnologice specifice care se succed: punerea sub presiune a instalației la nivelul p_{on} umplerea cavității – cu presiunea la nivelul p_{1n} , presiunea necesară masei p_{max} , menținerea în timpul solidificării la nivelul p_{max} și apoi depresurizarea sistemului (fig. 2.45)

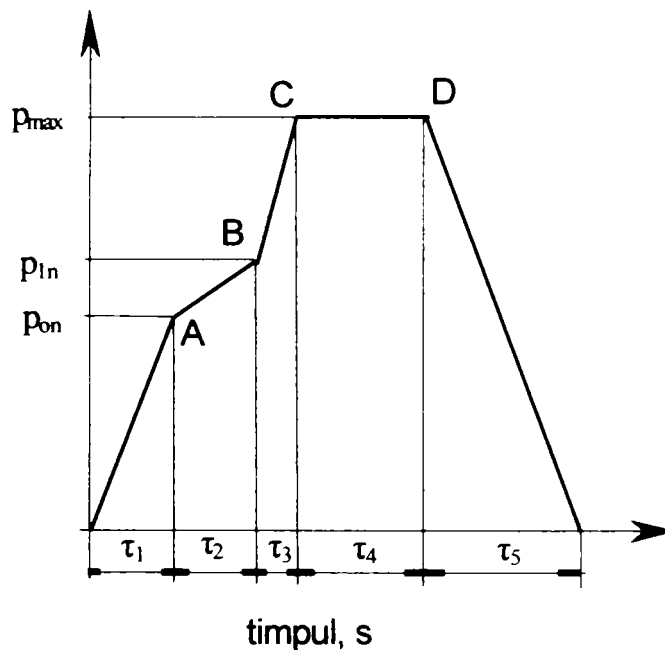


Fig.2.45 Caracteristica $p_2=f(\tau)$ pentru o
instalație TJP

Curba caracteristică a presiunii de lucru are diferite forme în funcție de caracteristicile piesei turnate (grosimea medie de perete, înălțimea etc.). Analizând zonele caracteristice ale unei astfel de diagrame prezentate, (fig. 2.46) se pot deosebi următoarele mărimi caracteristice:

A -mărimea presiunii de regim (max 1 daN/cm²); depinde de înălțimea piesei, masa piesei, materialul forme de turnare, conductivitatea termică a aliajului și a forme;

B – timpul necesar pentru ridicarea aliajului prin sifonul instalației până la diuza alimentatoare a cavității din formă; depinde de presiunea de lucru și acuratețea ei de stabilizare, de nivelul aliajului din creuzet care scade după

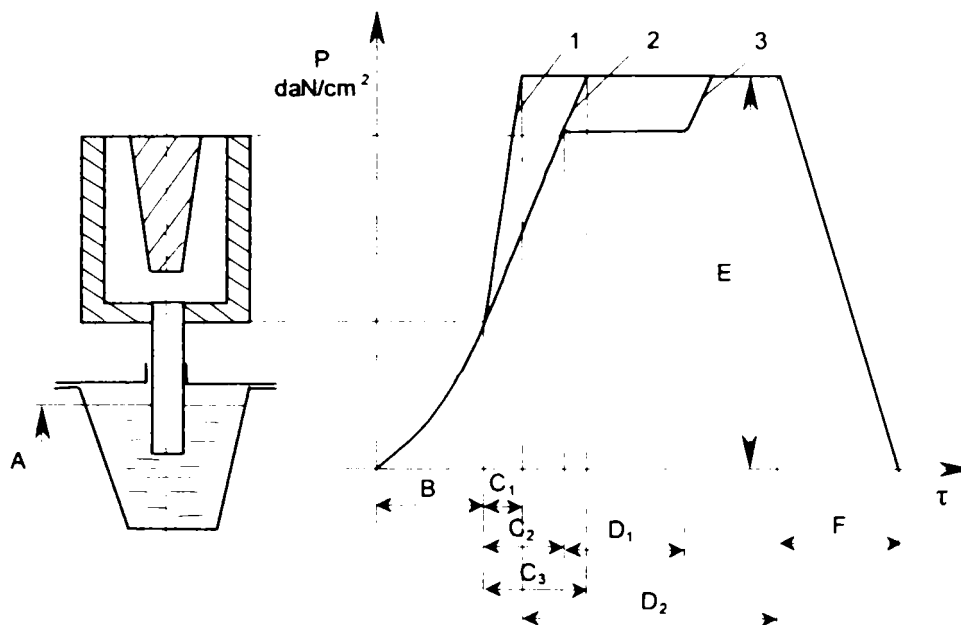


Fig. 2.46 Presiuni de lucru și perioade tehnologice specifice la TJP:

1 – piese cu pereți subțiri; 2 – piese cu pereți groși; 3 – piese
obținute prin utilizarea unor miezuri din amestec

fiecare turnare, de posibilitățile de modificare a secțiunii droselului;

C_1, C_2, C_3 – timpii de umplere a formei cu aliaj; presiunea crește aproape de valoarea maximă E sub care se va produce maselotarea la solidificare iar durata depinde de grosimea pereților piesei, înălțime, interacțiunea termică piesă – formă;

D_1, D_2 - timpii de menținere la presiunea maximă E pentru solidificarea sub presiune; la formele cu miezuri din amestec, creșterea presiunii la valoarea maximă E se face în trepte pentru a proteja miezul prin intermediul crustei solide care se formează între timp la interfața miez – aliaj – formă;

F – depresurizarea sistemului.

II.6.2.4 Influența presiunii asupra caracteristicilor fizico – mecanice a pieselor obținute prin procedeul TPJ

Pornind de la expresia:

$$P_2 = \rho \cdot \left(\frac{v_2^2}{2g} + h \right) \quad [\text{daN}] \quad (\text{II.20})$$

referitoare la mărimea presiunii de lucru p_2 (daN), funcție de viteza aliajului ascendent v_2 ($\frac{m}{\text{sec}}$) din tubul imersat în baie, densitatea aliajului ρ ($\frac{Kg}{m^3}$), se poate aprecia corelația care există între valorile parametrilor tehnologici ai turnării și caracteristicile fizico – mecanice obținute la aliajul solidificat în condițiile TJP.

Pentru viteza v_2 de ridicare a aliajului prin tub spre formă, se obține expresia:

$$V_2 = \mu \sqrt{2g \left(\frac{p-h}{\rho} \right)} \quad \left(\frac{m}{\text{sec}} \right) \quad (\text{II.21})$$

unde μ este coeficientul care ține cont de pierderile de viteză sau presiune datorate rezistențelor hidraulice locale ale formei;

h – înălțimea coloanei de metal lichid, în mm.

Notând $\left(\frac{p-h}{\rho} \right) = \Delta h$ și deoarece $\Delta h = f \left(\frac{dp}{dt} \right)$ rezultă că:

$$v_2 = f \left(\frac{dp}{dt} \right) \quad (\text{II.22})$$

unde $\frac{dp}{dt}$ este viteza de creștere a presiunii de lucru în incinta creuzetului.

Aliajul lichid având un anumit conținut de gaze de elaborare, volumul V de metal, supus unei variații de presiune de la p la $(p + dp)$ se modifică conform raportului:

$$\frac{dV}{V} = -K dp \quad (\text{II.23})$$

de unde:

$$K = -\frac{1}{V} \cdot \frac{dV}{dp}$$

în care K este coeficientul de compresibilitate cubică.

Întrucât

$$M = \rho V, \text{ deci}$$

$$dM = \rho \cdot dV + V \cdot d\rho = 0 \quad (\text{II.24})$$

se obține:

$$\frac{dV}{V} = -\frac{d\rho}{\rho} \quad (\text{II.25})$$

De unde pentru coeficientul de compresibilitate cubică se obțin expresiile:

$$K = \frac{1}{\rho} \cdot \frac{d\rho}{dp} \quad (\text{II.26})$$

$$Kdp = \frac{d\rho}{\rho} \quad (\text{II.27})$$

Prin integrare:

$$\ln \frac{\rho}{\rho_0} = K(p - p_0) \quad (\text{II.28})$$

sau

$$\rho = \rho_0 e^{K(p-p_0)} \quad (\text{II.29})$$

Dezvoltând în serie și neglijând puterile mai mari ca unu, rezultă :

$$\rho = \rho_0 \cdot e^{K(p-p_0)} = \rho_0 [1 + K(p - p_0)] \quad (\text{II.30})$$

Concluzia relației (II.30) : - densitatea este funcție de presiune de lucru cu care s-a turnat piesa respectivă:

$$\rho = f(p) \quad (\text{II.31})$$

Întrucât transformările care au loc în aliajul lichid sunt transformări neizoterme și topitura este un fluid vâscos se poate considera că densitatea ρ_t este și o funcție de temperatură:

$$\rho_t = \frac{\rho_0}{1 + \beta \cdot t} \quad (\text{II.32})$$

unde ρ este densitatea aliajului respectiv la 0°C;

(1 + βt) - binomul de dilatație cubică.

Concluzia (conform II.32 și II.33) este că densitatea este o dublă funcție, de temperatură și presiune:

$$\rho = f(p, t) \quad (\text{II.33})$$

II.7 Procedul de turnare la presiuni înalte (T.P.Î)

II.7.1 Particularitățile curgerii și solidificării aliajului la turnarea sub presiune

II.7.1.1. Clasificarea procedeeleor de turnare sub presiuni înalte

Metoda de turnare sub presiune înaltă se caracterizează prin viteza mare de curgere a aliajului lichid, sub acțiunea unei suprapresiuni realizate pneumatic sau mecanic, într-o formă metalică, de construcție specială, denumită în practica curentă matriță.

Turnarea sub presiune realizează piese de dimensiuni exacte și cu un grad înalt de netezime a suprafețelor ceea ce face folosibilă utilizarea directă a acestor piese fără operații ulterioare de finisare. Metoda se limitează deocamdată la turnarea pieselor din aliaje neferoase de mase mici și mijlocii (max ~ 150 Kg / buc), devenind rentabilă comparativ cu celelalte procedee la producția de serie mare și reprezintă singura posibilitate de obținere a unor piese cu grosime mică a pereților (sub 1 mm) și suprafața mare a peretelui.

Pondere ridicată au piesele turnate din zinc și aluminiu; explicația constă în faptul că magneziul și aliajele cu baza de cupru, impun condiții speciale de elaborare și mai ales de turnare. Odată cu asimilarea unor mărci de oțel corespunzătoare care să conducă la o durabilitate ridicată a matriței, procedeul de turnare sub presiune s-a

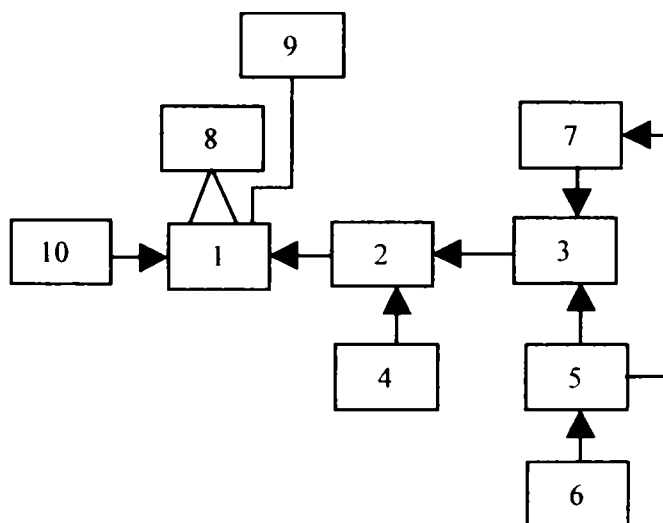


Fig. 2.47 Blocurile funcționale principale ale unei instalații de turnat sub presiune:

1 – forma de turnare (matrița); 2 – camera de compresie; 3 – dispozitivul hidraulic care realizează forța de presare; 4 – cuptor de menținere și sistem de alimentare; 5 – pompa; 6 – rezervor cu lichid de lucru (azot); 7 –acumulator de presiune; 8 – sistem de închidere a semiformelor; 9 – acumulator de vid; 10 – sistem de extragere a piesei turnate din matriță.

dezvoltat pe măsura necesităților industriilor constructoare de mașini, mecanică fină etc.

În fig. (2.47) sunt prezentate blocurile funcționale care intră în compunerea unei instalații de turnat sub presiune, iar modul de funcționare este următorul:

- matrița 1 se află în poziție închisă, poziție realizată de mecanismul de închidere 8 iar cu ajutorul pompei de vid 9 se depresurizează forma piesei din matriță;

- din cuptorul cu aliaj topit 4 este alimentată camera de compresie 2;

- pompa hidraulică 5 acționează dispozitivul 3 care realizează forța de presare;

- forța suplimentară de presare se realizează cu ajutorul acumulatorului de presiune 7 (din rezervorul de presiune cu azot 6);

- după solidificarea piesei , mecanismul de blocare 8 deschide matrița 1 iar piesa este eliberată cu ajutorul dispozitivului de extragere 10.

La stabilirea criteriilor de clasificare a mașinilor de turnat sub presiune și deci implicit a metodelor care fac parte din această grupă de procedee speciale, trebuie avut în vedere aspectul constructiv legat de utilajul propriu – zis și particularitățile metalurgice care se referă la specificul curgerii, solidificării și interacțiunii aliaj lichid – formă.

În fig. 2.48 este prezentată o astfel de clasificare a metodelor și instalațiilor de turnare sub presiune, după criteriul constructiv și din punct de vedere al concepției de realizare al utilajului, cu specificarea tipurilor de aliaje care sunt turnate în fiecare caz, valorile curente ale presiunilor de injectare și mărimea maselor pieselor astfel obținute.

Soluția camerei cu compresie caldă implică construcția cuptorului de încălzire (menținere) împreună cu sistemul de injectare; din punct de vedere metalurgic, înseamnă încălzirea unei cantități mari de aliaj, cu consecințele nedorite de creștere a consumurilor energetice și mărirea pierderilor nerecuperabile prin oxidări și arderi. Oxidarea băii este limitată la soluția cu baie închisă iar construcția acestora prezintă alte deficiențe: limitarea mărimii creuzetului cuptorului, confecționarea lui din materiale rezistente la temperaturi înalte, utilizarea de presiuni de injectare medii.

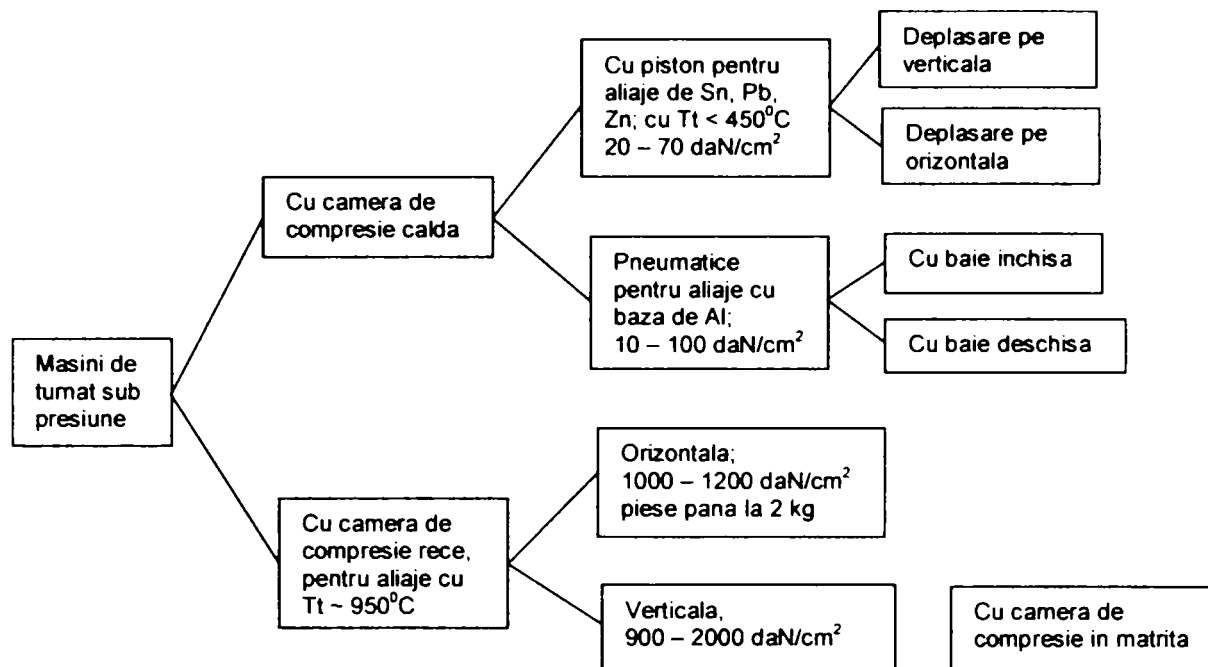


Fig. 2.48 Clasificarea metodelor și instalațiilor de turnare la presiuni înalte

Mașinile cu camera de compresie caldă sunt utilizate cu precădere pentru aliajele ușor fuzibile cu temperatura de turnare sub 450°C ; din cauza contactului direct și de lungă durată a camerei de compresie (fixă sau mobilă) cu baia de aliaj lichid, durabilitatea ei este scăzută. Instalațiile de tipul cu piston sunt ușor integrate în fluxuri automatizate și mecanizate, caracterizate de productivități ridicate.

II.7.1.2. Eliminarea microsufurilor din piesele turnate sub presiune

Mașinile cu camera caldă (cu piston vertical sau orizontal) asigură presiuni specifice de injectare ale aliajului mai scăzute (fig. 2.49); mașinile cu compresor (presiune cu aer) cu baia închisă sau deschisă permit presiuni specifice de până la 100 daN/cm^2 (fig. 2.50).

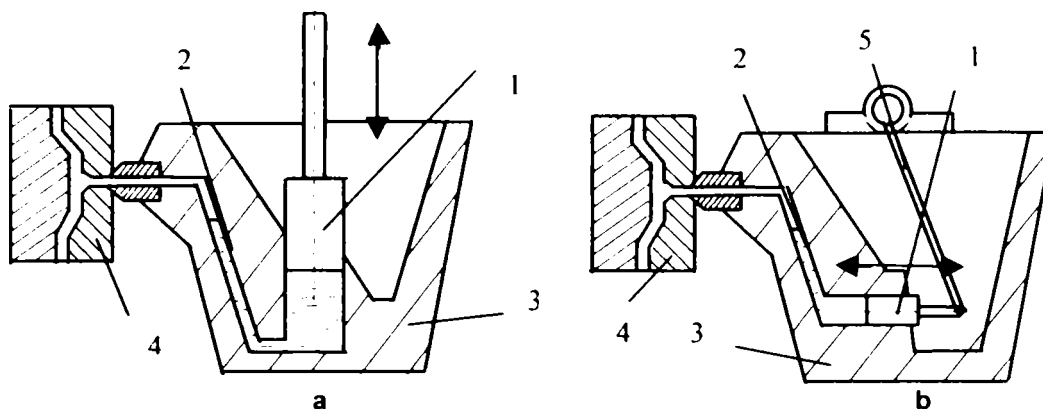


Fig. 2.49 Mașini cu camera de compresie caldă(cu piston): a – cu deplasare verticală; b – cu deplasare pe orizontală.

În Fig. 2.49a este prezentat un subansamblu(sistemul de alimentare) al mașinii de turnat sub presiune cu camera de compresie caldă format din creuzetul 3 în care se află aliajul topit. Mișcarea pistonului 1 este verticală și

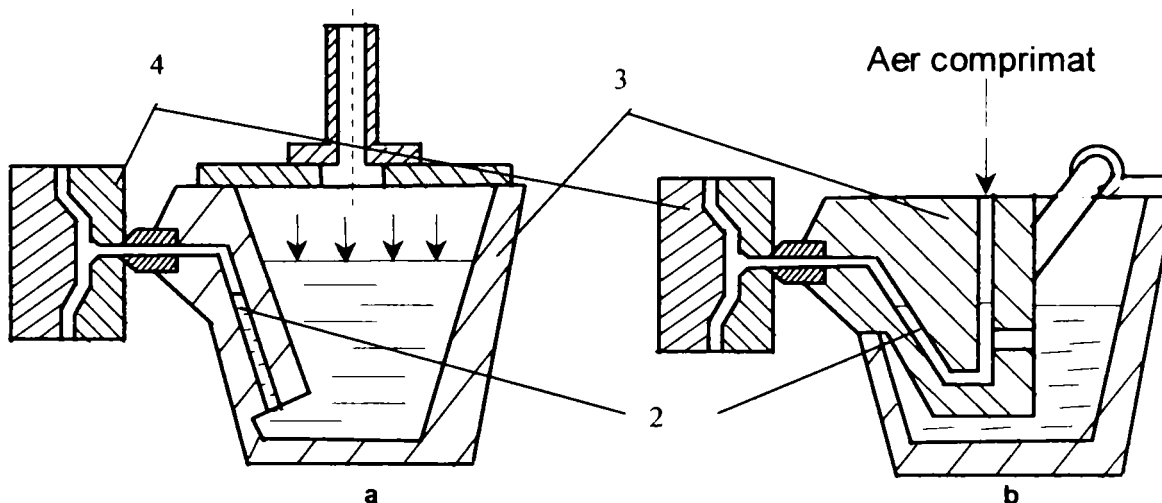


Fig.2.50 Mașini de turnare sub presiune, cu compresor:

a – cu baie închisă; b – cu baie deschisă

antrenează aliajul topit prin orificiile 2 din creuzetul 3, spre matrița de turnat sub presiune 4 cu un anumit dozaj de aliaj.

În Fig. 2.49b, este prezentat același sistem de alimentare al unei mașini de turnat sub presiune cu camera de compresie caldă,format din pistonul 1, creuzetul 3, orificiile de alimentare cu aliaj 2 din creuzetul 3 și matrița de turnat sub presiune 4.Așa cum se observă, mișcarea pistonului 1 este orizontală și este realizată cu ajutorul mecanismului cu pârghii 5.

Sistemul de alimentare al mașinii de turnat sub presiune cu compresor este prezentat în Fig.2.50. Elementele sistemului de alimentare sunt în general aceleași și anume: creuzetul 3, orificiile de alimentare cu aliaj 2 (din creuzet) matrița de turnat sub presiune 4. Este de remarcat lipsa pistonului de alimentare 1. Alimentarea cu aliaj se realizează cu ajutorul aerului comprimat care acționează la suprafața aliajului aflat în creuzetul 3 închis etanș (fig.2.50a) sau cu ajutorul aerului comprimat care dozează materialul topit prin orificiul practicat în creuzet și care antrenează aliajul din partea inferioară a creuzetului.

Procedeele clasice de turnare sub presiune sunt caracterizate de curgerea turbulentă cu viteze extrem de mari a aliajului lichid, presat printr-o secțiune de alimentare redusă; în final piesa turnată are în interior micropori de gaze (aer) înglobate în timpul turnării și microretasuri din cauza contracției. Această particularitate, face ca piesele turnate în mod obișnuit sub presiune să nu aibă caracteristici mecanice ridicate și să nu poată fi utilizate în condiții severe de solicitare și etanșare la presiune. Tehnica utilizării vidului a adus îmbunătățiri și în domeniul turnării sub presiune.

În primă fază vidul s-a folosit pentru optimizarea solidificării și înlăturării microfisurilor datorate gazelor încorporate, iar mai târziu a fost utilizat pentru realizarea curgerii și dozării aliajului lichid.

Înlăturarea microsufurilor s-a obținut prin vidarea cavității matriței; piesele astfel turnate prezintă în structură numai microporozități de contracție. O soluție de utilizare a vidului prevede izolarea ansamblului de turnare (matriței) într-o incintă (autoclovă) vidată; dificultățile legate de etanșarea incintei, precum și neetanșeitatea sistemului de presare conduc la obținerea unor depresiuni mici (vidul maxim de ~ 985 mbar) mărirea timpilor tehnologici și micșorarea productivității.

Altă metodă de vidare constă în realizarea vidării matriței numai în planul ei de separație (Fig. 2.51) [C 80]. Pentru aceasta, canalele obișnuite de ventilație sunt prevăzute cu un colector central 8, amplasat în planul de separație, în jurul cavității amprentă. Înainte de injectare, acest colector central al matriței se videază, prin intermediul unui ventil 3, racordat la un acumulator de vid 9;

pentru protejarea sistemului de vid, pe parcurs este intercalat un filtru (captator de metal) 2, care să prevină înfundarea ventilului cu aliaj.

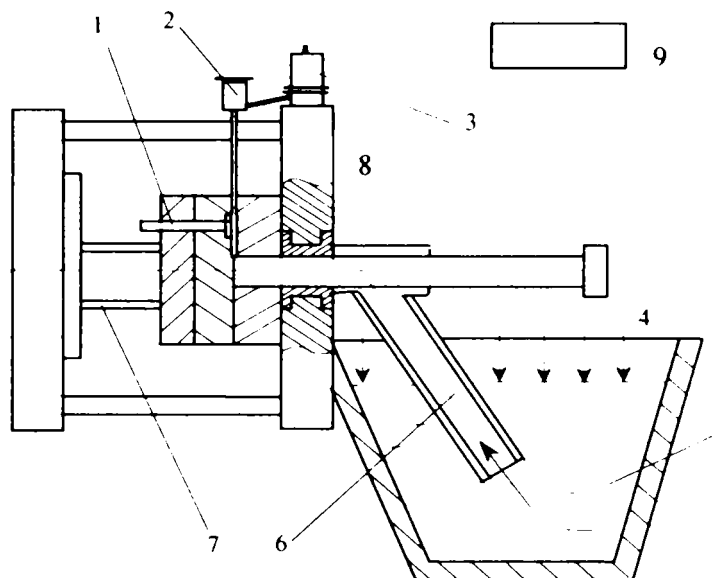


Fig. 2.51 Aplicarea vidului la turnarea sub presiuni înalte la o mașină cu camera rece orizontală; sistem verificat de alimentare și dozare:

Este de remarcant faptul că pentru a evita microsufurile, odată cu eliminarea aerului din matrită prin vidare se execută și alimentarea matritii cu ajutorul conductei de alimentare 6 cuplată la camera de compresie și imersată în aliajul topit 5 din creuzet.

Etanșarea semi-fabricatelor în planul de separație se realizează prin presarea unui cordon special din cauciuc vulcanizat sau o garnitură din azbest cu clei mineral.

1 – sistem de închidere și etanșare a matrităii pentru vidarea cavității; 2 – filtru (captator de metal pentru prevenirea înfundării sistemului de vid cu aliaj lichid); 3 – ventil de vid; 4 – presiunea atmosferică; 5 – aliaj lichid; 6 – țeavă de extracție; 7 – tijă extractoare și deschidere matrită; 8-colector central; 9- acumulator de vid

În afara tehnicii vidului au fost dezvoltate și alte metode prin care se caută înlăturarea efectului negativ dat de prezența microsufurilor în masa pieselor turnate sub presiune, ca urmare a înglobării în aliaj a aerului și gazelor din cavitatea matrităii; în acest sens se poate aminti procedeul ACURAD (accurate = extract, rapid = rapid, dense = des) inițiat de firma General Motors – SUA.

Caracteristica principală a procedurii ACURAD, față de soluțiile clasice ale turnării sub presiune, este viteza mică de injectare ca urmare a utilizării unei secțiuni mărite de alimentare și a unui piston format din două subansamble concentrice; se evită astfel curgerea turbulentă a aliajului la intrarea în cavitatea

matriței, deci antrenarea incluziunilor gazoase și nemetalice și tot odată permite aerului din cavitatea – amprentă să părăsească sistemul prin canalele de ventilație practicate în matriță în planul de închidere (separație), de aerisire practicate în proeminențele accentuate ale viitoarei piese turnate. După terminarea umplerii, solidificarea se face sub presiune mărită realizată de pistonul de presare interior (fig. 2.52); în felul acesta se compensează cu aliaj microretaturile de contracție și în final se obține o piesă lipsită de

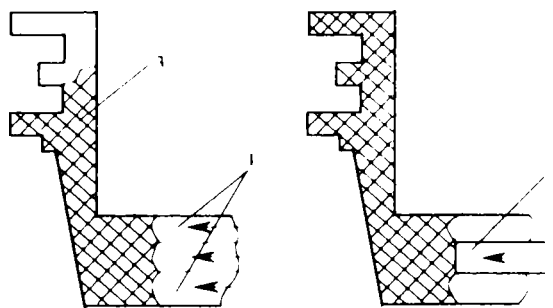


Fig. 2.52 Principiul de presare la sistemul ACURAD:

1 – piston dublu care realizează curgerea aliajului și umplerea cavității; 2 – piston interior care realizează o presiune mărită în timpul solidificării; 3 – cavitatea din matriță.

pori și cu o densitate ridicată. Turnarea sub presiune și lipsa microporilor, formați de aerul din cavitatea matriței, înglobat în aliaj în timpul turnării a fost obținută prin procedeele PF și constă în umplerea cavității matriței (înainte de turnare) cu un gaz reactiv, (presurizarea matriței), care la contactul cu aliajul lichid formează produse de reacție (prin consumarea completă a fazei gazoase din cavitatea matriței) și rămân încorporate în piesa turnată, uniform repartizate în structura acestuia. Dimensiunile extrem de mici ale acestor incluziuni, nu micșorează caracteristicile mecanice ale aliajului respectiv, sau în orice caz eventuale scăderi ale proprietăților de rezistență, sunt cu mult mai mici decât cele datorate microporilor de aer de la procedeele clasice de turnare sub presiune.

În cazul utilizării oxigenului ca gaz, oxizii care apar, sunt sub formă de particule solide cu diametrul mai mic de $1 \mu m$; necesarul de oxigen este de 0,1 .. . 0,2 % raportat la masa piesei turnate.

În locul oxigenului care prezintă pericolul de explozie la contactul cu vaporii de ulei mineral folosit ca lubrefiant, presurizarea matriței se poate face cu vapori de metal ca Zn, Mg sau cloruri metalice.

II.7.1.3 Curgerea aliajului sub presiunea de injectare și umplerea cavității matriței

În figura 2.53 este indicată schema de umplere progresivă a cavității –
 Împreună din matriță de către aliajul
 lichid presat. Umplerea, este deci
 realizată prin menținerea formei
 jetului la diametrul egal cu aria
 alimentatorului și depinde de
 lungimea cavității și aria suprafeței
 peretelui opus alimentatorului.
 Caracterul curgerii laminar sau

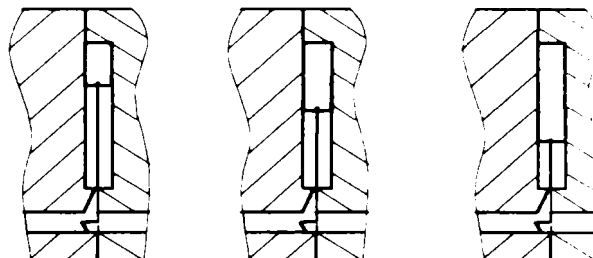


Fig. 2.53 Schema umplerii cavității matriței cu aliajul lichid la turnarea sub presiune (Frommer)

turbulent este dat după Frommer, în exclusivitate de raportul între diametrul jetului de aliaj lichid d_j și diametrul cavității matriței D_m (pentru simplificare, aceasta considerând-o de formă cilindrică); pentru rapoarte d_j / D_m între 0,25 și 0,75 viteza de curgere a aliajului determinată de Frommer este între 0,3 . . . 30m/s (fig. 2.54).

Curgerea laminară are loc la rapoarte mici (sub 0,25) și viteze mari de curgere, iar turbulența are loc la rapoarte mari (peste 0,75) și viteze mici de curgere. Concluzia are la început în contradicție cu relația criteriului Reynolds:

$$R_e = \frac{v_m D \rho}{\eta} \quad (II.34)$$

unde : v_m este viteza medie de curgere, [m/s];

D – diametrul canalului circular unde se realizează curgerea, [m];

ρ - densitatea lichidului, [Kg / m³];

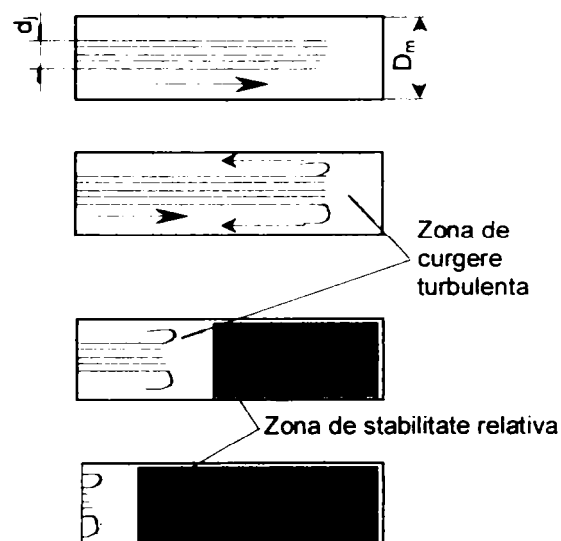


Fig.2.54 Curgerea aliajului lichid sub acțiunea presiunii de injectare

η - vâscozitatea dinamică, [cm² /sec].

Este acceptată valoarea critică a criteriului de 2320; la valori $Re < 2320$ curgerea are caracter laminar. La viteze mari de curgere și secțiune mică a alimentatorului în raport cu secțiunea cavității matriței cu relația criterială Reynolds s-ar obține la un moment dat valori peste 2320, deci ar avea loc curgeri turbulente.

Dacă se are în vedere epura vitezelor diferitelor straturi concentrice care formează jetul de aliaj, ce curge pe un perete metalic (fig 2.55) și care are o mare capacitate de extragere a căldurii (stabilită de H. K. Barton) atunci concluziile lui Frommer trebuie interpretate în sensul că la viteze mari de curgere (obținute prin micșorarea raportului d_j/D_m) jetul reușește să-și păstreze liniaritatea, cu toată frânarea

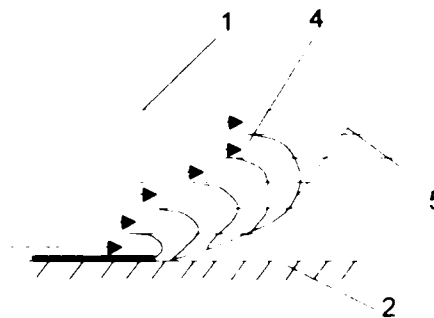


Fig. 2.55 Epura vitezelor straturilor jetului de aliaj la curgere sub presiune într-o formă metalică

aerodinamică a crustei solidificate (3) care se formează pe pereții canalului de curgere turbulentă cu efectele nedorite de antrenare în corpul piesei a aerului și gazelor din cavitatea matriței.

II.7.2 Parametri tehnologici principali ai turnării sub

presiune

II.7.2.1 Presiunea de injectare

În fig. 2.56 este redată diagrama caracteristică de formă ideală care indică mărimea în timp a factorilor procesului de injectare prin presare a aliajului lichid: viteza de deplasare a pistonului de presare și presiunea din cameră și matriță.

Fazele tehnologice specifice sunt următoarele:

- ◆ în perioada τ_1 pistonul de presare se deplasează cu viteză mică (permite aerului să părăsească cavitatea prin deschiderea de alimentare) până vine în contact cu aliajul lichid; valoarea p_1

corespunde presiunii care apare ca urmare a frecării în sistemul hidraulic;

- ◆ în perioada τ_2 aliajul, se ridică în camera de compresie (nu trece prin alimentator din cauza rezistenței hidraulice mari) până când este acoperit întregul ei perimetru; valoarea presiunii p_1 depășește presiunea p_2 cu mărimea rezistențelor la deplasare opuse de camera

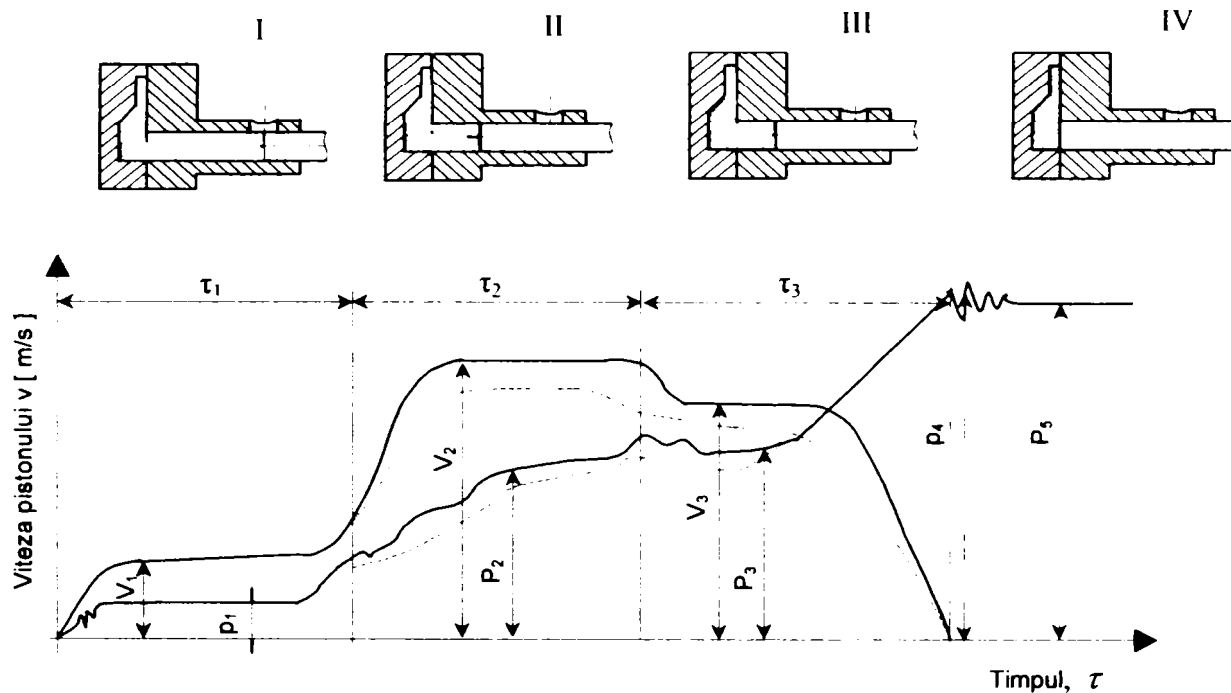


Fig. 2.56 Diagrama complexă a variației vitezei de injectare și presiunii din sistemul cameră – matriță în timpul turnării pieselor sub presiune; I, II, III, IV – fazele tehnologice de realizare a presării

de presare;

- ◆ în perioada τ_3 are loc umplerea cu aliaj a rețelei de turnare și a cavității matriței; presiunea p_3 se mărește ca urmare a depășirii rezistențelor hidrodinamice existente în traseul curgerii aliajului și a contrapresiunii aerului și gazelor din cavitatea amprentă; la turnarea cu ajutorul vidului valorile p_2 și p_3 sunt mai scurte, la nivelele indicate cu linie întreruptă;

Presiunea de vârf p_4 este datorată șocului hidraulic care apare ca urmare a forțelor de inerție, în momentul opririi pistonului de presare; are loc o

accelerare bruscă (mare) a tuturor maselor în mișcare, caracterizate prin energie cinetică:

$$W_c = \frac{mv^2}{2} \quad (\text{II.2.35})$$

După amortizarea șocului hidraulic, în zona cilindrului de presare se stabilește presiunea statică p_s ; dacă această presiune se transmite prin metal întregii mase de aliaj lichid din cavitatea matriței, are loc fenomenul de postpresare a piesei.

Pentru sistemul piston hidraulic – piston de presare (injectare) se consideră egalitatea (fig. 2.57):

$$p_h \frac{\pi D_h^2}{4} = p_i \frac{\pi d_i^2}{4} \quad (\text{II.36})$$

unde: p_h este presiunea hidraulică din sistem, [daN/cm²];

D_h – diametrul pistonului hidraulic, [cm];

d_i - diametrul pistonului de presare (de injectare) [cm]; la o aceeași mașină de turnat sub presiune există un set de pistoane de diferite diametre în funcție de valoarea maximă a presiunii de injectare p_i care trebuie realizată la mărimea maximă a presiunii hidraulice p_h pe care o dezvoltă mașina.

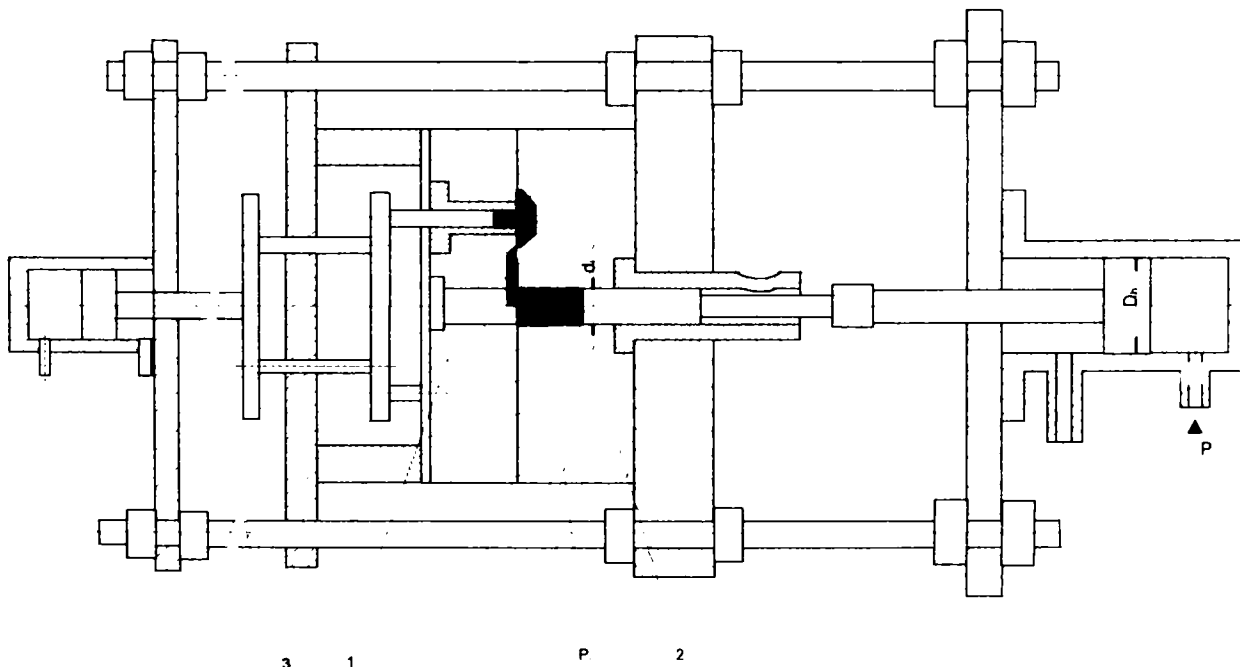


Fig. 2.57 Schema sistemului piston hidraulic – piston injectare:

1,2 – semimatrițe; 3 – sistem de extragere a piesei.

Cunoscându-se presiunea hidraulică maximă, care poate fi dezvoltată de mașină și mărimea diametrului pistonului hidraulic D_h , se determină pistonul de presare d_i necesar:

$$d_i = D_h \sqrt{\frac{p_h}{p_i}} \quad [\text{cm}] \quad (\text{II.37})$$

Modul de funcționare (Fig.2.57):

-cele două semimatrițe 1 și 2 se află în poziție închisă adică pregătite pentru turnarea sub presiune;

-se alimentează cu aliaj topit camera de compresie;

-pistonul de diametru D_h se deplasează sub acțiunea lichidului hidraulic cu presiunea p ;

-aliajul topit din camera de compresie este antrenat de către piston, în matrița închisă cu presiunea din sistem p_h ;

-după timpul necesar solidificării, pistonul D_h se retrage, iar cele două semimatrițe 1 și 2 se deschid;

-expulzarea piesei se efectuează cu ajutorul sistemului de extragere 3;

-sistemul este pregătit pentru ciclul următor de turnare sub presiune.

II.7.2.2 Forța de presare și forța de închidere

Forța de închidere a semiformelor F_i , pe care trebuie să o asigure sistemul de închidere a mașinii de turnat sub presiune se calculează cu relația:

$$F_i = KF_{dp} \quad [\text{N}] \quad (\text{II.38})$$

unde:

K este un coeficient de siguranță egal cu 1, 2 . . . 3;

F_{dp} – forța de deschidere pe care o realizează pistonul de presare la injectare și este egal cu:

$$F_{dp} = p_i S_p \quad [\text{N}] \quad (\text{II.39})$$

în care:

p_i este presiunea specifică de injectare, deci presiunea maximă realizată în metalul din matriță, $[\text{N} / \text{m}^2]$;

BUPT

S_p – suprafața proiecției conturului activ al semiformelor pe planul de închidere a formei, respectiv suprafața de aliaj lichid delimitată de conturul interior al matriței în planul de separație, [m²].

Mărimea S_p este cunoscută și sub denumirea de suprafața proiectată (pe planul de separație a matriței) a piesei turnate sau suprafața de împrășcare cu aliaj realizată de presiunea p_i .

Practic aceste mărimi se pot stabili relativ simplu utilizând nomograma de sarcină

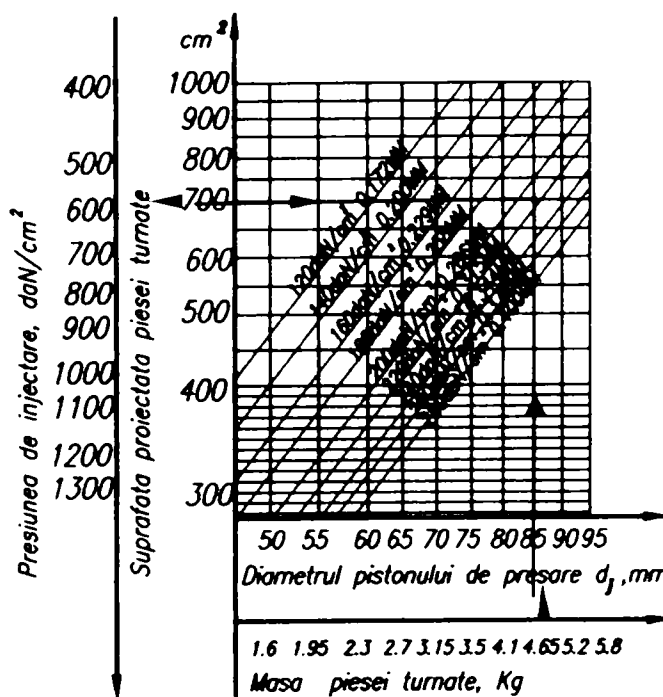


Fig. 2.58 Nomograma de sarcină a unei mașini de turnat sub presiune

a mașinii (fig. 2.58). În exemplul prezentat la o masă a piesei turnate de 4,6 Kg și suprafața proiectată de 700 cm² ,rezultă o presiune de injectare de 630 daN/cm² iar presiunea necesară la închidere a semimatrițelor(intersecția cu segmentele înclinate) este de 228daN/cm².

Forța de închidere a semiformelor se realizează printr-un sistem mecanic sau hidraulic; sistemul mecanic realizează transmisia forței cu ajutorul unor pârgii articulate, cu pană sau cu șurub, iar cel hidraulic este format dintr-un cilindru presurizat hidraulic și piston.

II.7.2.3. Secțiunea alimentatorului

Secțiunea alimentatorului S_a se calculează cu expresia:

$$S_a = \frac{M}{\rho v_a \tau} \quad [\text{m}^2] \quad (\text{II.40})$$

unde:

M este masa aliajului din piesă (inclusiv adausurile tehnologice),[Kg];

ρ - densitatea aliajului turnat, [Kg/m³];

v_a – viteza de curgere a aliajului în alimentator,[m/s];

τ - timpul de turnare (respectiv timpul de trecere a aliajului prin secțiunea alimentatorului – deci timpul de umplere a cavității cu aliaj), [s].

Viteza aliajului în alimentator este cuprinsă între 10 . . . 60 m/s, valorile mici fiind indicate la piesele cu secțiuni groase, iar cele ridicate pentru piesele cu secțiuni subțiri.

Pentru utilaje de forță medie se pot stabili vitezele de intrare în matriță cu ajutorul nomogramei din fig.2.59. În exemplul prezentat se observă că pentru un aliaj de aluminiu la care piesa turnată are 280 grame, segmentul trasat orizontal intersectează segmentul loviturii 7(cel mai des utilizat la mașini de 250KN), iar proiecția acestui punct pe ordonată indică o secțiune de intrare de 80 mm².

Ecuția de bază pentru calculul vitezelor sau a secțiunilor este:

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 , \quad (\text{II.41})$$

în care:

A_1, A_2 sunt secțiunile pistonului respectiv a intrării fluidului în matriță [mm²];

v_1, v_2 – vitezele fluidului în cilindrul mașinii respectiv în matriță, [m/s].

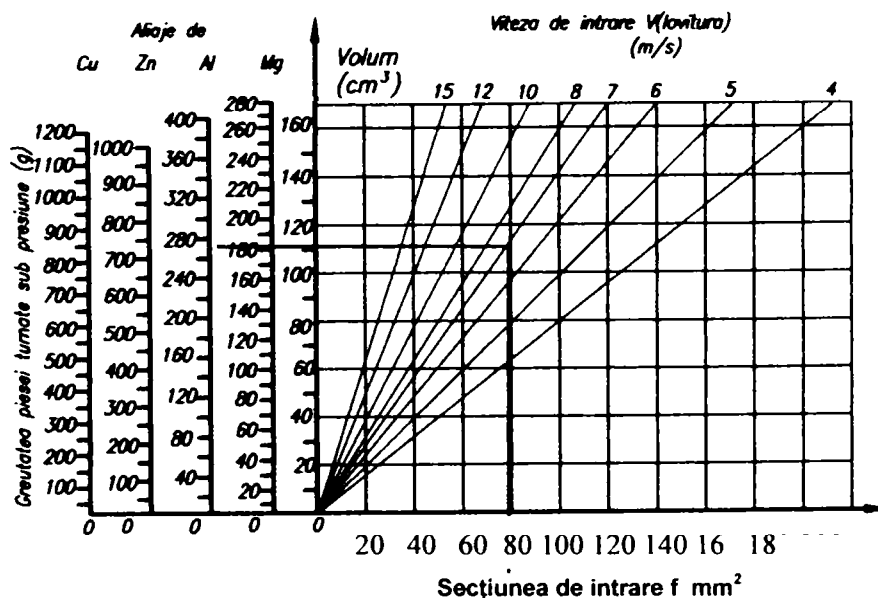


Fig. 7.13 Nomogramă pentru determinarea vitezei de intrare v (m/s)

$$v_1 = \frac{A_1 100}{t} \quad (II.42)$$

în care t este timpul de injectare (ordin 10^{-3})

Intervalele minime admise sunt:

$$\frac{A_1}{A_2} = 14.5 \quad ; \quad \frac{A_2}{A_3} = 2.3$$

în care A_3 este secțiunea de intrare în maselote [mm^2].

Valori acceptate:

$$V_1 = 1 - 3 \text{ (m/s)} \quad v_2 = 20 - 40 \text{ [m/s]}$$

secțiunea minimă acceptabilă este $A_2 = 0.08$ / 1gram-piesă

valori acceptate pentru înălțimea secțiunii:

$$h = 0,3 - 0,5 \text{ mm pentru zamac (ZnAl}_4\text{Cu)}$$

$$h = 0,5 - 0,8 \text{ mm pentru siluminu.}$$

Alți parametri tehnologici ai procesului de turnare sub presiune

Durata unui ciclu de turnare T_c cuprinde:

T_m – timp de menținere a matriței în poziție închisă;

T_1 – timp de menținere a materialului sub presiune;

T_{ca} - timp de întârziere a începerii unui nou ciclu;

T_a – timp de întârziere la aruncare;

T_r – timp de întârziere la retragere;

II – timp de întârziere a bătăii a II – a;

$T^0 \text{ C}$ – temperatura materialului din oala de turnare.

Debitul fluidului de răcire în placa fixă și cea mobilă a matriței de injectat poate fi:

0 – fără debit (utilizat rar);

II – debit mediu;

I – debit mic;

III – debit maxim.

III. OBIECTIVELE TEZEI

III.1. Situațiile fundamentale analizate în teză

La stabilirea și enunțarea principalelor probleme spre analiză și rezolvare, autorul a avut în vedere stadiul actual al cercetărilor cu privire la turnarea sub presiune și la sistemele de fabricație flexibile de turnare sub presiune robotizate și principiile (fazele) sintezei sistemelor de fabricație flexibilă. Pe baza cercetărilor bibliografice concretizate pe parcursul referatelor de pregătire, precum și pe baza experimentărilor în procesul de turnare sub presiune, autorul a analizat posibilitățile implementării unui sistem de fabricație flexibilă de turnare sub presiune robotizat, într-un sistem de fabricație clasic existent (SFF modernizat). Implementarea este analizată din două puncte de vedere:

- sistemul existent are un program de fabricație de serie mare și de masă, specific întreprinderilor mari la care eficiența este determinată în cea mai mare măsură de latura robotizată;
- sistemul existent, prelucrează repere unicate și de serie mică, iar eficiența sistemului este determinată de flexibilitatea sistemului de fabricație robotizat.

Implementarea sistemului de fabricație flexibilă robotizat este astfel concepută încât să nu influențeze negativ desfășurarea normală a procesului de producție.

A doua situație fundamentală posibilă analizată în teză, pornește de la cerințele impuse și sintetizează un sistem de fabricație flexibilă complet nou (SFF nou).

Pornind de la aspectele menționate anterior, autorul își propune prin prezenta teză, prezentarea detaliată a unor principii constructive a tuturor elementelor unei celule de fabricație flexibilă, ce concură la un proces de turnare sub presiune flexibil, corect, cu rezultate performante din punct de vedere calitativ, precum și optimizarea sistemului de turnare sub presiune robotizat.

III.2. Problematika propusă spre studiu și rezolvare

Studiind principiile și fazele sintezei sistemelor de fabricație flexibilă autorul vizează implementarea tuturor etapelor sintezei unui sistem de fabricație flexibilă robotizată:

- stabilirea elementelor componente a unei celule de fabricație flexibilă robotizată;

- relațiile între componentele celulei (sistemului):spațiale(amplasarea componentelor),temporale(condiții de începere și de sfârșit ale mișcării),spațio-temporale(fluxurile);

- elaborarea tehnologiei de grup;

- elaborarea concepției de ansamblu a sistemului de fabricație flexibilă.

În conformitate cu obiectivele tezei s-a urmărit implementarea flexibilității (în cele două cazuri : SFF nou și SFF modernizat) pentru toate elementele componente ale sistemului precum și optimizarea acestora:

- matrița de turnat sub presiune;

- manipulatorul de alimentat cu aliaj;

- mașina de turnat sub presiune;

- manipulatorul pentru extragerea pieselor turnate;

- manipulatorul pentru curățat suprafețele active ale matriței de turnat.

Pe plan experimental, autorul își propune compararea și validarea rezultatelor teoretice cu cele practice.

Lucrarea, prezintă un sistem de conducere unitară a unei celule flexibile robotizate precum și monitorizarea procesului de producție.

În concluzie, autorul își propune prin prezenta lucrare,să dezvolte cercetările teoretice și experimentale referitoare la optimizarea sistemelor de fabricație flexibile robotizate de turnare sub presiune.

IV. Implementarea flexibilității sistemelor de fabricație de turnare sub presiune

IV. 1 Analiza sistemelor de fabricație flexibilă. Condițiile flexibilității și funcționării automate a sistemelor de fabricație flexibilă

IV.1.1 Fluxuri de materiale, energie și informații tehnologice

Prin analiza unui sistem se înțelege studiul unui sistem existent cu scopul de a stabili proprietățile sistemului.

Sistemul de fabricație reprezintă totalitatea mijloacelor materiale și a componentelor nemateriale grupate în spațiu și timp în vederea realizării a uneia sau mai multor sarcini de fabricație.

Prin sarcina de fabricație se înțelege funcția sistemului de fabricație care înseamnă transformarea în timp a unor intrări de materiale energie și informație, într-o ieșire (output) constituită din materie, în care cu ajutorul energiei s-a " impregnat " informația. Într-un sistem de fabricație intrările se constituie din materiale, energie și informație, iar ieșirile sunt materializate prin produsul realizat, deșeuri dar și disipare de energie.

Desfășurarea în timp (viteză) a intrărilor și respectiv ieșirilor dintr-un sistem poartă denumirea de fluxuri.

Într-un sistem de fabricație există fluxuri de (fig.4.1):

- materiale;
- energie;
- informații.

Sistemele se pot clasifica după numărul intrărilor și ieșirilor în conformitate cu fig. 4.2 [Kov. 99]

Debitul de materiale se definește ca fiind cantitatea sau volumul de materiale care intră / ies din sistem în unitatea de timp.

În cazul în care există un flux simplu de materiale atât la intrarea cât și la ieșirea din sistem, procesul se caracterizează ca având loc fără îndepărtare de deșeu, iar schema bloc a sistemului este reprezentată în fig. 4.3 .

Pentru procesele de această natură (turnare) se poate scrie relația:

$$\frac{\Delta v_0}{\Delta t} = \frac{\Delta v_i}{\Delta t} \quad (IV.1)$$

Procesul de așchiere se caracterizează prin aceea că la intrare există un singur flux de materiale, iar la ieșire pe lângă piesa finită apare deșeu.

Schema bloc a unui sistem de fabricație prin așchiere cu debitul de intrări - ieșiri de materiale este reprezentat în fig. 4.4 .

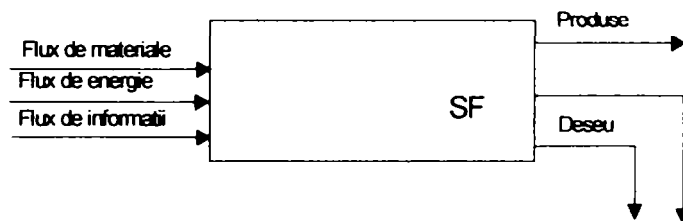


Fig. 4.1 Fluxuri de intrare și respectiv ieșire pentru un sistem de fabricație

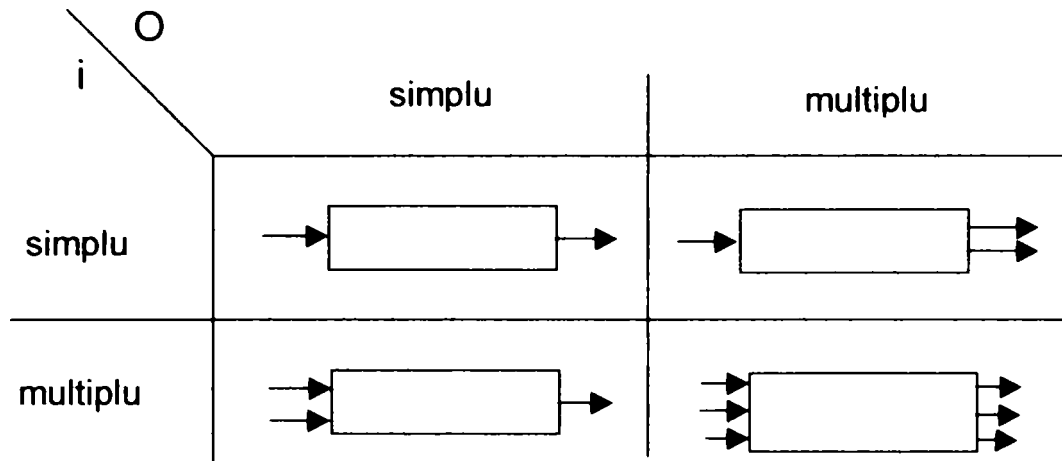


Fig. 4.2 Clasificarea sistemelor în funcție de numărul intrărilor- ieșirilor

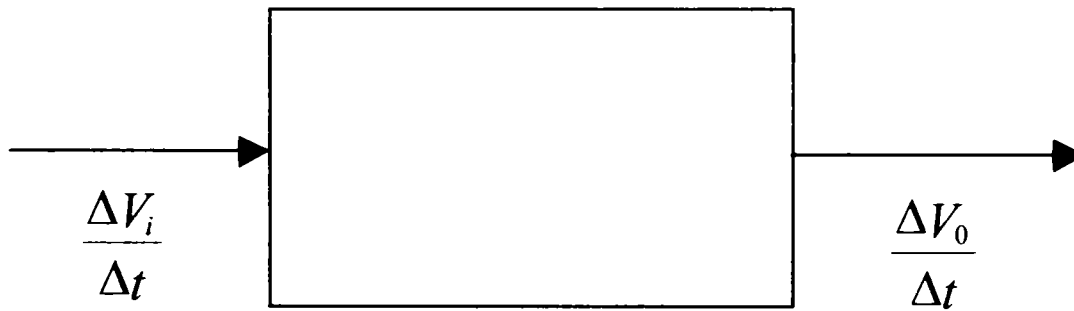


Fig. 4.3 Schema bloc a unui sistem de fabricație (un flux de intrare și unul de ieșire)

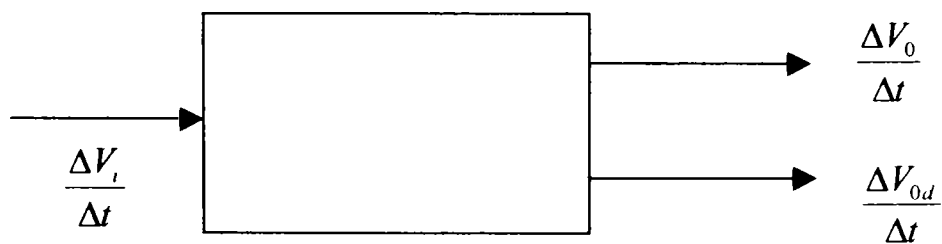


Fig. 4.4 Schema bloc a unui sistem de fabricație (un flux material de intrare și două de ieșire)

Între debitele de intrare – ieșire există în acest caz următoarea relație:

$$\frac{\Delta v_i}{\Delta t} = \frac{\Delta v_0}{\Delta t} + \frac{\Delta v_{od}}{\Delta t} \quad (IV.2)$$

Pentru procesele de montaj este evidentă existența mai multor intrări (repere, subansamble) și a unei singure ieșiri materializată prin produsul finit.

Schema bloc specifică unui sistem de asamblare se prezintă în fig. 4.5.

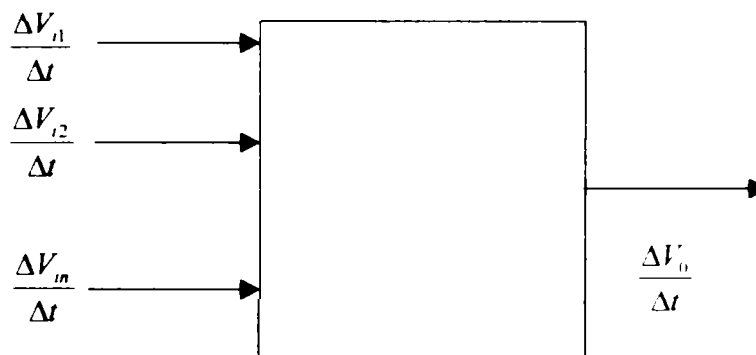


Fig. 4.5 Schema bloc a unui sistem de fabricație (mai multe fluxuri de materiale de intrare și unul de ieșire)

Astfel, pentru acest caz suma debitelor de intrare de materiale se identifică cu debitul de ieșire din sistem:

$$\sum_{j=1}^n \frac{\Delta v_j}{\Delta t} = \frac{\Delta v_0}{\Delta t} \quad (IV.3)$$

Pe lângă fluxul de materiale, intrările în sistemul de fabricație mai sunt constituite și din fluxurile de energie, respectiv de informație.

Fluxul de energie " intrat " în sistem realizează pe de o parte "împregnarea " fluxului de informații în fluxul de materiale, pe de altă parte face posibilă deplasarea materialelor în cadrul sistemului (sistemul de manipulare). Fluxul de energie " ieșire " din sistem există sub formă de energie disipată – deșeu .

În fig. 4.6.se prezintă o schemă bloc a unui sistem de fabricație cu evidențierea inclusiv pe subsisteme, a fluxurilor de materiale și informații [Kov. 99].

Generalizând rel IV.1;IV.2;IV.3 și ținând cont de faptul că tot ce intră în sistem trebuie să se regăsească în fluxurile de ieșire din sistem, se poate scrie relația:

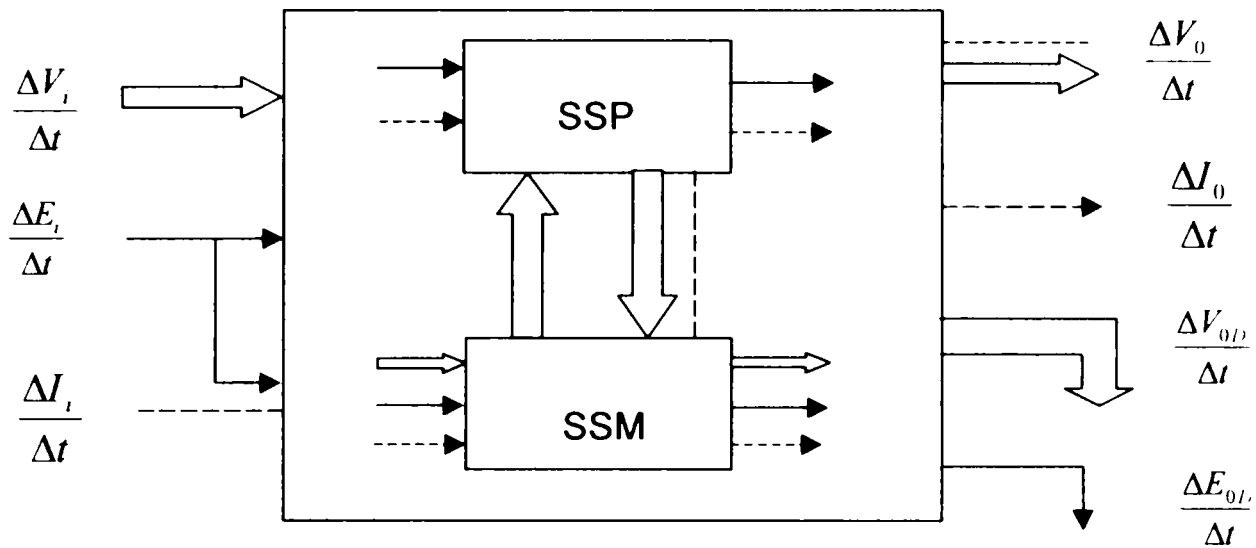
$$\frac{\Delta(v_o, v_{od})}{\Delta t} + \frac{\Delta E_{od}}{\Delta t} + \frac{\Delta I_{od}}{\Delta t} = I \frac{(v_i, E_i, I_i)}{\Delta t} \quad (IV.4)$$

unde:

I - matricea de transfer a sistemului;

$\frac{\Delta(v_o)}{\Delta t}$ - output – ul fluxului de materiale;

$\frac{\Delta(v_{od})}{\Delta t}$ - flux de materiale deșeu;



Fluxuri de:

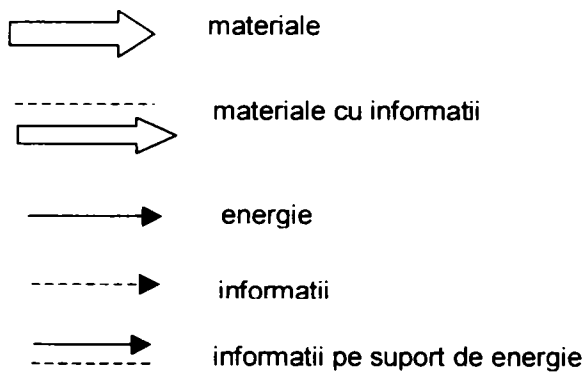


Fig. 4.6 Schema bloc generală a unui sistem de fabricație

$\frac{\Delta E_{od}}{\Delta t}$ - output – ul fluxului de energie deșeu (apare în general prin disipare de căldură) ;

$\frac{\Delta J_{od}}{\Delta t}$ - output – ul fluxului de informație (apare doar atunci când sistemul este obligat să transmită informație spre un alt sistem, fie de același rang, fie de un rang superior; altfel această componentă nu apare, deoarece informația de intrare se înglobează în output-ul de materiale prin consum de energie) ;

$\frac{\Delta(v_i, E_i, I_i)}{\Delta t}$ - imput-urile în sistem (materiale, energie, informație pe suport de energie).

Relația (IV.4) reprezintă modelul matematic al unui sistem de fabricație în sensul cel mai larg cu putință.

IV.1. 2. Condițiile flexibilității și funcționării automate a sistemelor de fabricație flexibile

Flexibilitatea a devenit o dominantă în studiul sistemelor de fabricație. În sens restrâns, adică înțelesă ca și capacitate de adoptare a sistemelor de

Nr.	SEMNICIFICATIA
1.	Reglaje / reechipari masini.
2.	Schimbare / comutare programe de comanda pentru masini.
3.	Selectie / adecvare scule, dispozitive, mijloace de manipulare, pozitionare si orientare.
4.	Schimbare / generare itinerare de fabricatie.
5.	Corelare itinerare de fabricatie la piese diferite care se prelucreaza simultan in sistem.
6.	Modificare trasee fizice de trecere prin sistem.
7.	Substituire elemente avariate fara intreruperea procesului
8.	Egalizarea / reglarea incarcarii unitatilor de lucru prin redistribuirea sarcinilor.
9.	Sincronizare / egalizare ritm de lucru in unitatile de lucru.
10.	Dezvoltare / reducere sistem.
11.	Schimbare conexiuni intre elementele sistemului.
12.	Restructurare / metamorfozare sistem.
13.	Compensarea / echilibrarea perturbatiilor accidentale.
14.	Modificare / adaptare programe de comanda si control la nivel de sistem.
15.	Redundanta / paralelism functional si structural.
16.	Incadrare in parametri exteriori sistemului: productivitate, termene de livrare, eficienta etc.
17.	Revenire / mentinere a nivelului unor parametri in conditii instabile de functionare a sistemului.

Tabelul IV.1 Semnificatia flexibilității

fabricație la variația sarcinii de fabricat nu este o noțiune nouă, ea fiind specifică fabricației pe mașini universale. Actualitatea acestui concept, constă în termenii în care se pune problema azi în adaptabilitatea în condiții economice, adică în condițiile creșterii productivității muncii. o esențializare a semnificațiilor atributului de flexibilitate provenite din domenii diferite ale cunoașterii (tehnic, economic, managerial etc.) este prezentată în tab. IV.1 [Abr. 96]. Sintetizând aspectele din Tab. IV.1 se poate formula următoarea definiție pentru flexibilitate: “ Capacitatea sistemului de fabricație de a se adapta rapid și economic la schimbări provenite din mediul exterior sau din interiorul său, schimbări care pot fi predeterminate sau accidentale, previzibile sau imprevizibile și pot avea un caracter de durată sau temporar ”.

În principal schimbările provenite din mediul exterior decurg din variabilitatea sarcinii de fabricație iar cele provenite din interiorul sistemului sunt cauzate de defecțiuni sau produse din rațiuni de utilizare eficientă a componentelor sistemului. În fig. 4.7 sunt prezentate elementele de definiție ale sistemului de fabricație la care se pot asocia proprietatea de flexibilitate și care generează, în consecință, flexibilitatea de sistem. [Abr. 96]

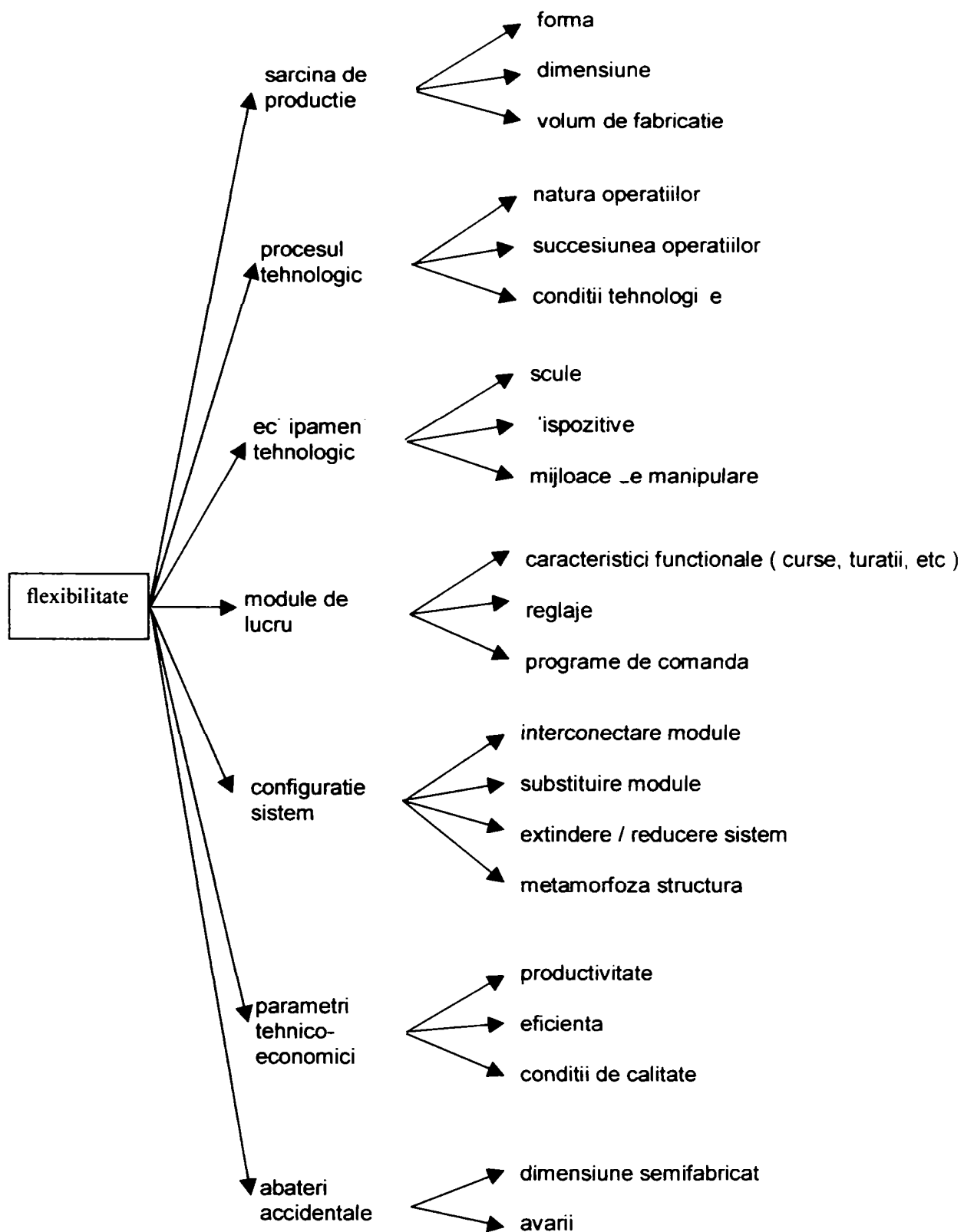


Fig. 4.7 Elementele de definiție ale sistemului de fabricație la care se poate asocia proprietatea de flexibilitate

Deși demersul teoretic privind studiul flexibilității sistemelor de fabricație este puternic reprezentat în literatura de specialitate, modalitățile concrete de calcul de cuantificare în expresia cantitativă a flexibilității, sunt mai rare. În tabelul IV.2 sunt prezentate câteva forme de calcul ale flexibilității. Pozițiile 1, 2, 3 din tabel se bucură de cea mai largă acceptare.

Ca o concluzie, se poate evidenția ideea că elementele fundamentale în măsurarea flexibilității sunt cele de la poziția 1, 2, 3 din tabel, restul expresiilor

Nr.	FORMA DE MASURARE	
1.	Timpul necesar pentru schimbarea stării sistemului	
2.	Costul schimbării stării sistemului	
3.	Numărul de variante tipologice realizabile în sistem	
4.	Mărimea loturilor de fabricație	
5.	$G_{AC} = e^{-\left(\frac{C_R}{C_{RO}}\right)}$	G_{AC} – gradul flexibilității de adaptare exprimat prin costuri; C_R – cheltuieli (costuri) de reechipare; C_{RO} – cheltuieli de reechipare pentru un sistem de comparație;
6.	$G_{AT} = e^{-\left(\frac{T_R}{T_{RO}}\right)}$	G_{AT} – gradul flexibilității de adaptare exprimat prin timp; T_R – timp de reechipare; T_{RO} – timp de reechipare pentru un sistem de comparație;
7.	$IF = \frac{N \cdot K}{n \cdot 100}$	IF – indicatorul flexibilității; N – numărul tipurilor de repere care se realizează în sistem; K – procentul tipurilor care se fac pentru prima oară; n – numărul tipurilor asemănătoare care sunt incluse în același lot de fabricație;
8.	$K = \frac{T_p}{T_p + T_a}$ $K = \frac{T_p}{T_p + T_a} \cdot \left(1 - \frac{1}{n}\right)$	K – coeficient de pregătire a sistemului; T_p – timp de prelucrare a loturilor de piese; T_a – timp de adaptare al sistemului la trecerea la un nou tip de reper; n – numărul tipurilor care se prelucrează în sistem;
9.	$F = \frac{\sum_{j=1}^n t_{pj}}{\sum_{j=1}^n t_{pj} + \frac{2}{n-1} \cdot \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n t_{ij}}$	F – coeficientul mediu de flexibilitate; t_{pj} – timp de prelucrare pentru reperul (lotul) j ; t_{ij} – timp pentru pregătirea sistemului la trecerea de la tipul i la tipul j ; n – numărul tipurilor care se prelucrează în sistem;
10.	$K_S = \frac{1}{q_{\max} - q + 1}$ $q_{\max} = \frac{n!}{2 \cdot (n-2)!}$	K_S – coeficient de flexibilitate a structurii; q_{\max} – numărul maxim de legături dintre componentele sistemului; q – numărul efectiv de legături dintre componentele sistemului; n – numărul componentelor sistemului;

Tabelul IV.2 Forme de calcul a flexibilității

agregând în forme mai rafinate aceste elemente primordiale.

Principala caracteristică a unui proces de fabricație automatizat o reprezintă neparticiparea operatorului uman la conducerea și desfășurarea operațiilor din cadrul procesului de fabricație rolul său fiind acela de supervisor (supraveghere) al procesului.

Condițiile funcționării automate a unui proces de fabricație se prezintă în tabelul IV.3 [Kov. 99]

Categorii de operații de executat	Soluții tehnice	Măsuri organizatorice
Acțiunea sculei asupra obiectului: - Mișcarea relativă; - Variabilitatea parametrilor procesului	Automatizarea acționării	Realizarea acționării
Conducerea procesului: - Transmiterea comenzii; - Culegerea informațiilor de stare.	Informatizare	Integrarea din punct de vedere informațional a subsistemelor
Manipularea obiectelor de lucru	Logistica internă	Integrarea fluxului material
Adaptarea mijloacelor de producție la sarcini variabile	Reechipare automată	Realizarea condițiilor de flexibilitate

Tabelul IV.3 Condițiile funcționării automate a unui proces de fabricație

Dacă se analizează tipurile de activități ale operatorului uman executate în cadrul unui sistem clasic și modul în care se poate automatiza fiecare activitate în parte se obțin următoarele grupe:

-manipularea obiectelor de lucru- se poate automatiza prin alegerea instalației aducătoare, de evacuare sau / și a unui robot respectând condiția ca sistemul să prezinte un plan de amplasament adecvat;

-comanda mijloacelor de producție care efectuează prelucrarea - se poate automatiza sub două aspecte și anume prin automatizarea comenzilor de pornire / oprire și respectiv prin automatizarea propriu-zisă a desfășurării prelucrării;

-automatizarea controlului și verificarea calității - se realizează prin automatizarea operațiilor de măsură și control;

-efectuarea unor operații auxiliare procesului, automatizarea evacuării șpanului, automatizarea aducerii materialelor auxiliare;

-supravegherea și întreținerea se automatizează cu ajutorul programelor de monitorizare, diagnoză.

Postulatele fabricației flexibile automatizate sunt:

-integrabilitatea: permite realizarea legăturilor între sisteme; ea se referă atât la componentele sistemului cât și la fluxurile de materiale, energie și respectiv informație;

- adaptabilitatea: permite adoptarea sistemului la diferite sarcini de fabricație prin acțiuni suplimentare de modificări în sistem;
- adecvarea: permite adoptarea sistemului la diferite sarcini de fabricație fără intervenții suplimentare în sistem;
- concepția dinamică: permite realizarea unor modificări structurale ale sistemului.

IV.2 Sinteza sistemului de fabricație flexibilă robotizată

Dacă prin analiza unui sistem se înțelege studiul unui sistem existent cu scopul de a stabili proprietățile lui, sinteza unui sistem reprezintă procesul invers al analizei; se pornește de la premiza că sistemul în cauză să prezinte anumite caracteristici / proprietăți și se determină structura sistemului, componentele sale și legăturile necesare dintre componente.

Sinteza sistemului de fabricație flexibilă se face pornind de la sistemul de rang cel mai mare(superior) spre sistemul de rang inferior și în a doua fază se pornește de la sistemul de rang inferior spre cel de rang superior. Procesul de realizare a sintezei este un proces iterativ, deci ciclul complex – simplu – complex nu este parcurs doar o singură dată.

Sinteza este urmată de proiectare, în cadrul căreia pe baza documentațiilor disponibile, a prevederilor legale și a normativelor în vigoare se definesc toate datele necesare realizării și punerii în funcțiune.

Toate aceste sume de operații (iterative de trecere succesivă de la sistemul complex spre cel simplu și înapoi spre cel complex) se fac pe mai multe variante. Fiecare cerință are din punct de vedere tehnic mai multe soluții care îndeplinesc funcțiile tehnice necesare iar criteriul final de optimizare pentru alegerea soluției este cel economic.

Sinteza pornește de la două situații fundamentale posibile:

- există un sistem care funcționează în condiții clasice sau mecanizate și acest sistem urmează a fi transformat într-un sistem de fabricație flexibilă;

- se pornește de la cerințele impuse și se sintetizează un sistem complet nou.

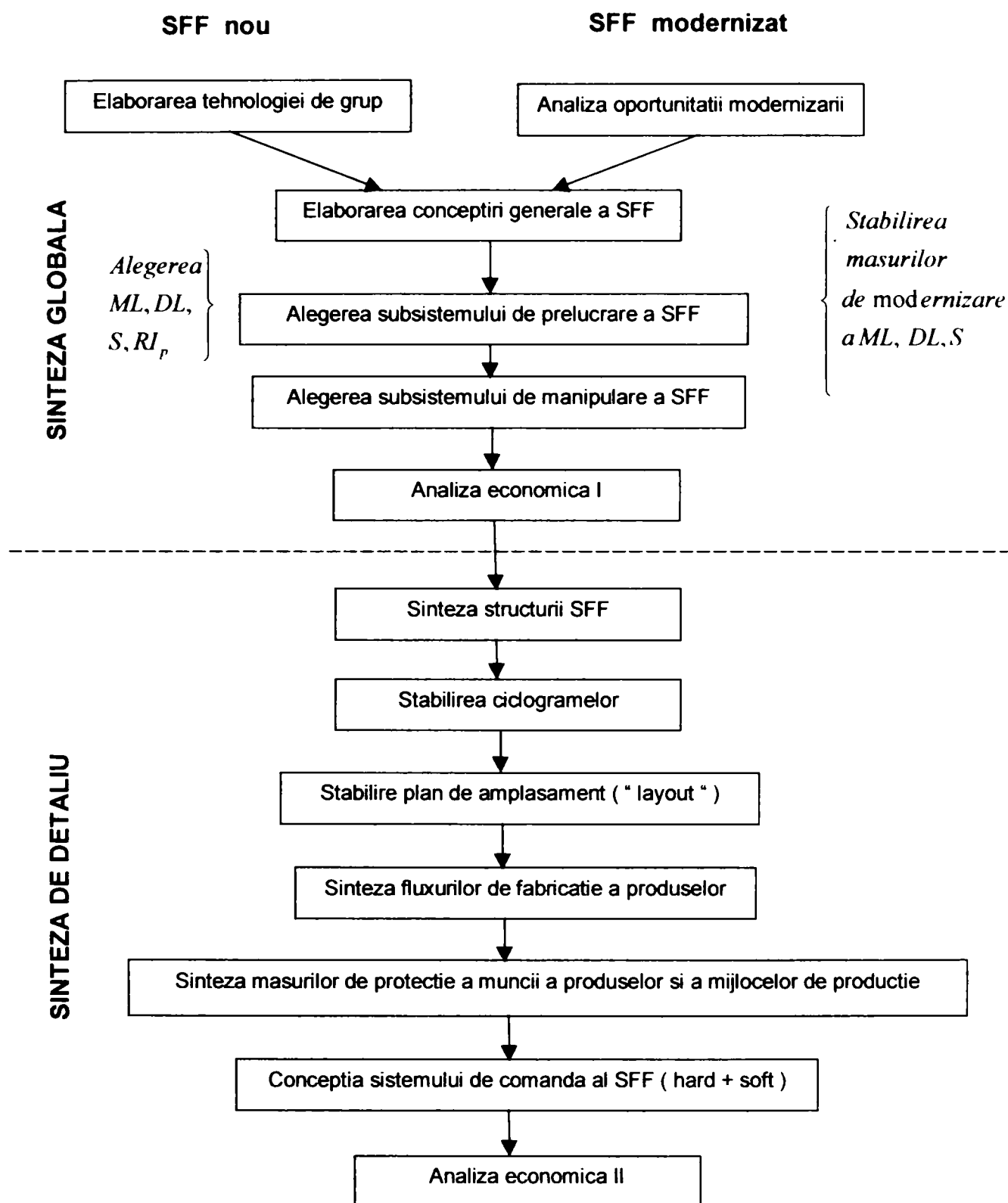


Fig. 4.8 Organigrama procesului de sinteză a unui SFF robotizată

După cum se observă și din organigrama procesului de sinteză al unui sistem de fabricație flexibilă (fig. 4.8) robotizată, procesul este structurat pe două etape și anume:

- sinteza globală care presupune stabilirea tipurilor de structuri posibile ale sistemului de fabricație în cauză, funcție de posibilitățile și variantele de alegere în principiu a componentelor sistemului, variante care sunt supuse unui studiu de eficiență economică preliminară;

- sinteza de detaliu care continuă procesul de sinteză până la alegerea concretă a componentelor de rang minim, precum și stabilirea fluxurilor de materiale energie și informații în schema bloc a sistemului de rang cel mai mare.

Scopul , constă în realizarea unui model complex de optimizare a sintezei SFF pentru turnarea sub presiune a aliajelor neferoase. Obiectele propuse în acest context sunt rezolvarea problemelor de:

- analiză a sarcinii de producție prin prisma sintezei unei flexibilități optime a sistemului de fabricație;

- alegerea variantei de structură optime în cadrul sintezei structurale a sistemului de fabricație flexibilă;

- sinteza optimală a planului de amplasament a sistemului de fabricație flexibilă;

- optimizarea ciclogramelor de funcționare a sistemului de fabricație flexibilă;

- determinarea protoalelor de funcționare optime prin modelare și simulare a funcționării sistemului de fabricație flexibilă; identificarea erorilor de funcționare / defecțiunilor prin monitorizare și diagnoză automată operațională a sistemului de fabricație flexibilă.

Datele inițiale ale sintezei sistemului de fabricație flexibilă sunt informațiile despre spectrul de piese care urmează să fie prelucrate și previziuni cu privire la structura și volumul producției. Aceste informații sunt prelucrate cu principiile

tehnologiei de grup și se obține astfel structura optimă a datelor inițiale de sinteză a sistemului de fabricație flexibilă.

IV.3 Analiza oportunității modernizării. Concentrarea tipologică a unui sistem de producție în vederea constituirii unui SFF modernizat pentru turnarea sub presiune a aliajelor neferoase care va utiliza tehnologia de grup

IV.3.1 Prezentarea generală a producției

Se urmărește determinarea produselor cărora li se poate aplica tehnologia de grup în cadrul unui proces de producție existent care are o mare diversitate de produse fără a opri procesul de producție (Abr96). Spre exemplificare s-a considerat o firmă care conține în nomenclatorul de produse 1200 produse (3750 repere), din care 1200 repere se obțin din turnarea sub presiune a aliajelor neferoase. Pentru fiecare reper se cunoaște volumul anual și se preconizează să se mențină în fabricație 800 de repere turnate sub presiune.

IV.3.2 Analiza statistică a producției de repere

turnate sub presiune

În cele ce urmează se va efectua o descriere a reperelor pe baza următoarelor criterii:

- a) natura materialului privită ca generatoare de diferențe în caracteristicile utilajului, regimuri tehnologice etc;
 - b) greutatea semifabricatului (G_{br} – greutate brută care conține repere, rețea de turnare și culee);
- a) Se utilizează două tipuri de materiale neferoase siluminiu și zamac cu următoarea structura: 37% siluminiu, 63% zamac. În volumul producției ponderea reperelor turnate funcție de material este:

- repere siluminiu 100 tone/an
- repere zamac 280 tone /an

Ponderea celor două materiale în tone consumate anual este:

- repere siluminiu 100 tone/an
- repere zamac 280 tone/an

b) Intervalele greutăților brute a semifabricatelor repartizate pe cele două materiale sunt următoarele:

- pentru siluminiu 1,5 – 3 kg din care greutatea de 1,6 kg reprezintă 70%;
- pentru zamac 0,7 – 2,5 kg din care greutatea de 1kg reprezintă 80%.

c) Criteriul de complexitate împarte volumul producției funcție de material astfel :

- pentru siluminiu:
 - complexitate mică 60%;
 - complexitate medie 25%;
 - complexitate mare 15%.
- Pentru zamac:
 - complexitate mică 5%;
 - complexitate medie 40%;
 - complexitate mare 55%.

Ponderea criteriilor în volumul producției se prezintă în histograma de mai jos(fig

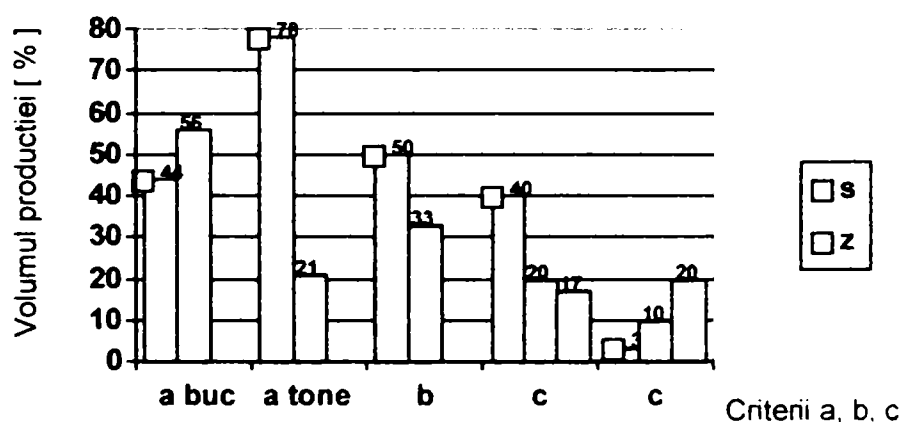


Fig. 4.9 Ponderile criteriilor a, b, c în volumul producției [%]

4.9):

Concluzii:

- a) În urma analizei statistice se elimină:
 - reperatele din zamac;
 - reperatele din siluminiu de complexitate mare.
- b) Reperatele rămase reprezintă 38% din volumul producției adică 1.080.000 reperate / an.

IV.3.3 Analiza tehnologică

În cadrul acestei analize se pornește de la concluziile anterioare, iar criteriile tehnologice după care se efectuează analiza sunt:

- a) numărul de reperate turnate simultan;
- b) caracteristicile utilajului.
- a) Reperatele de turnat se clasifică după numărul de cuiburi din matriță astfel:
 - 2 – 4 buc / matriță – 200.000 bucăți adică 18,5% din totalul reperelor;
 - 4 – 6 buc / matriță – 880.000 bucăți adică 81,5% din totalul reperelor.
- b) Firma este dotată din punct de vedere tehnologic cu două tipuri de mașini de turnat sub presiune siluminiu:
 - MTSP – 160KN;
 - MTSP – 250KN.

Repartiția reperelor funcție de forța de injectare cu referință la numărul de reperate turnate simultan este următoarea:

- 2 – 4 buc / matriță pentru 200.000 buc cu MTSP – 160KN;
- 4 – 6 buc / matriță pentru 100.000 buc cu MTSP – 160KN;
- 4 – 6 buc / matriță pentru 780.000 buc cu MTSP – 250KN.

Concluzii :

- a) Se elimină reperatele injectate cu matrițe care toarnă simultan:
 - 2 – 4 reperate simultan cu MTSP – 160 KN;
 - 2 – 4 reperate simultan cu MTSP – 160KN.
- b) În urma analizei tehnologice reperatele rămase în discuție de a face obiectul unei implementări a unui SFF sunt cele ce injectează simultan 4 - 6 reperate

pe MTSP de 250 KN care reprezintă 72,2% din producția de repere siluminii.

IV.3.4 Analiza ABC

A treia treaptă de selecție a fost realizată prin analiza ABC, pe coordonatele diversitatea topologică și consumul anual de timp de injectare. Selecția din cadrul tipurilor de produse relativ omogene morfologic și tipologic, a acelor mari consumatoare de timp de prelucrare limitându-se deci, diversitatea tipologică a reperelor executate în sistem.

Pentru analiza ABC sunt necesare următoarele informații:

- intervalul de consum de timp anual [ore];
- număr de repere din interval;
- procent cumulat de tipuri de repere [%];
- consum de timp anual al tipurilor din interval [ore];
- procent cumulat de consum de timp [%].

Literatura de specialitate indică următoarele limite de formare a claselor [Abr. 96]:

CLASA	COMPONENTA TEHNOLOGICA	COMPONENTA VALORICA
CLASA A	5 – 15%	50 – 60%
CLASA B	20 – 30%	25 – 40%
CLASA C	55 – 75%	5 – 15%

Tabelul IV.4 Limitele de formare a claselor

Interpolând flexibil aceste limite s-au stabilit clasele A, B și C. Se observă că 40 tipuri de repere reprezintă 80,3% din totalul mulțimii analizate (clasa A).

Intervalele B și C nu largesc semnificativ gama aptitudinilor sistemului. În consecință nucleul tipologic al SFF va fi constituit din 40 tipuri de repere reprezentate prin:

- 20 tipuri mânere uși (cod. 700);
- 14 tipuri șilduri mânere (cod 701);

UNIVERSITATEA POLITEHNICA
BUCUREȘTI
FACULTATEA DE INGINERIE
MATERIEI

-3 tipuri mânere olivere ferestre (cod 170);
-3 tipuri mânere cremon ferestre (cod 180),
la care se va implementa tehnologia de grup.

Cu informațiile din tabelul IV.4 s-a ridicat curba Pareto(fig. 4.10)

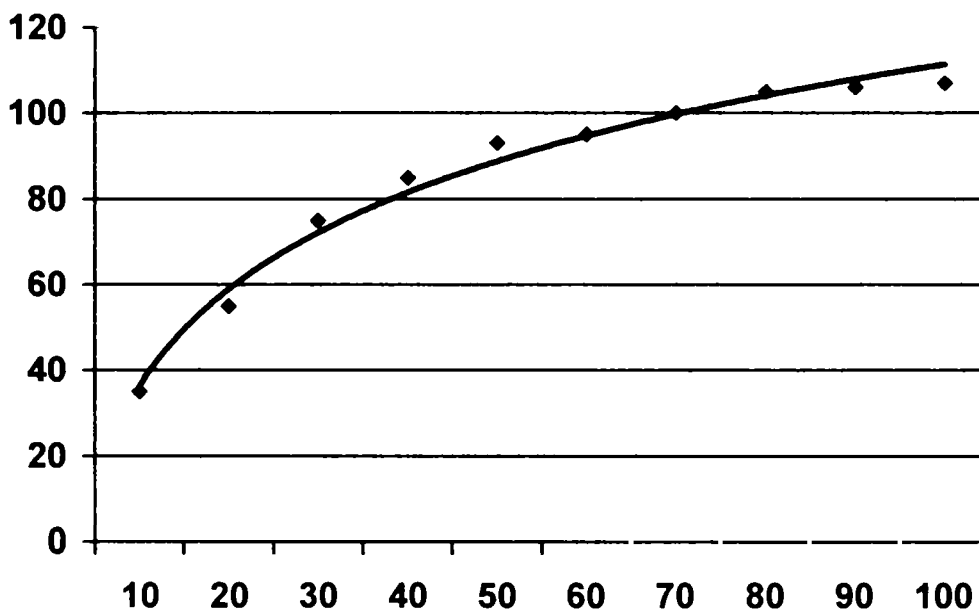


Fig. 4.10 Diagrama Pareto cu procentul cumulat de consum de timp functie de procentul cumulat al numerelor de repere.

Concluzii: Tehnologia de grup se va aplica la produsele mai sus menționate din cadrul SFF modernizat, în mod similar cu cea aplicată unui SFF nou.

IV. 4 Implementarea tehnologiei de grup pieselor turnate sub presiune

IV.4.1 Matriță pentru tehnologia de turnare sub presiune de grup

într-un SFF nou

În contextul celor prezentate în cap. II.3 ,se prezintă o tehnologie de grup aplicată pieselor turnate sub presiune în cazul în care se dorește implementarea la un sistem de fabricație flexibilă de turnare sub presiune nou proiectat.

Se vor stabili grupe de piese, împreună cu piesa ideală la care se prezintă sisteme de matrițe de turnat sub presiune care permit prin modificări simple să realizeze piesa dorită. Acest sistem se poate aplica atât la producția de serie mică cât și la unicate. În fig. 4.11 este prezentată grupa 1 de piese cu suprafețele specifice (de la A la H), iar în fig. 4.12 piesa ideală (complexă) care înglobează toate suprafețele din grupă.

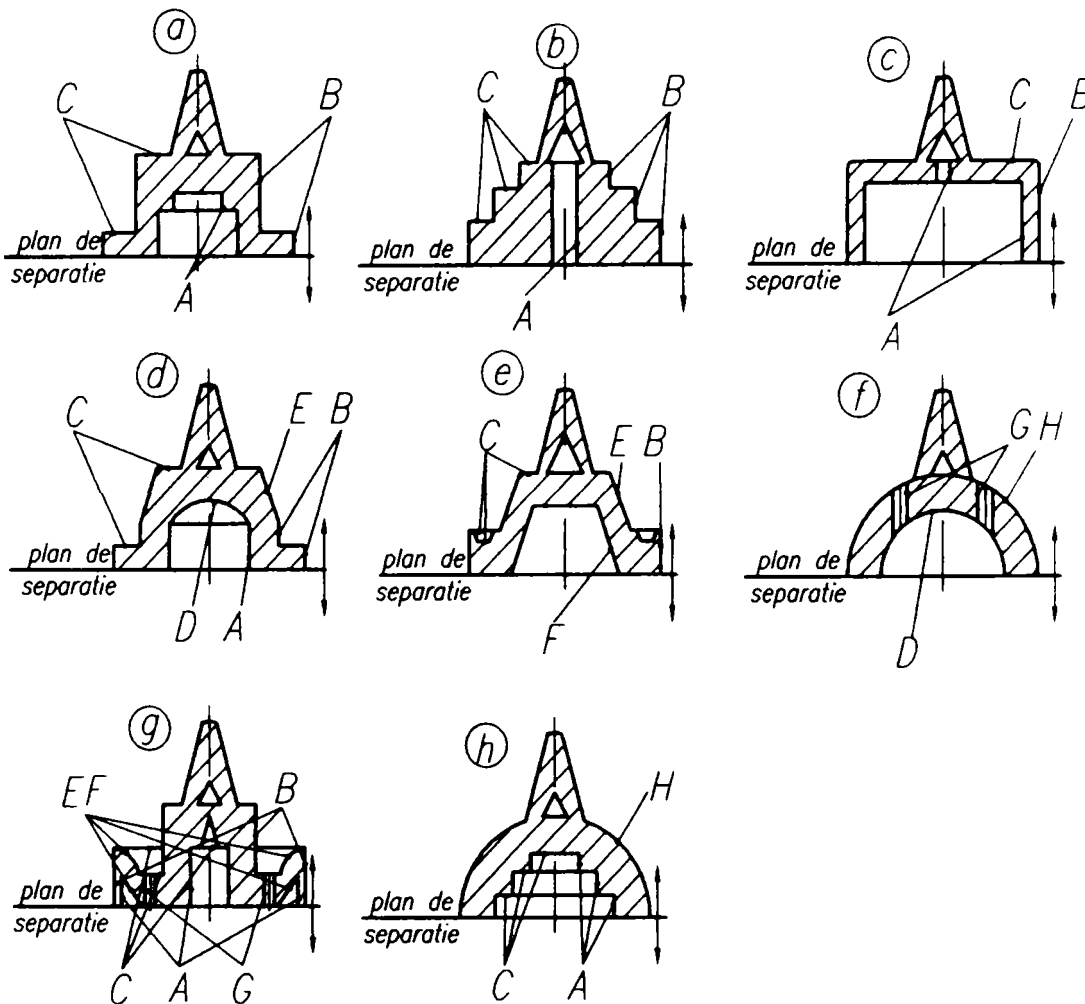


Fig. 4.11 Grupa 1 de piese cu suprafețe comune care utilizează o singură matrită

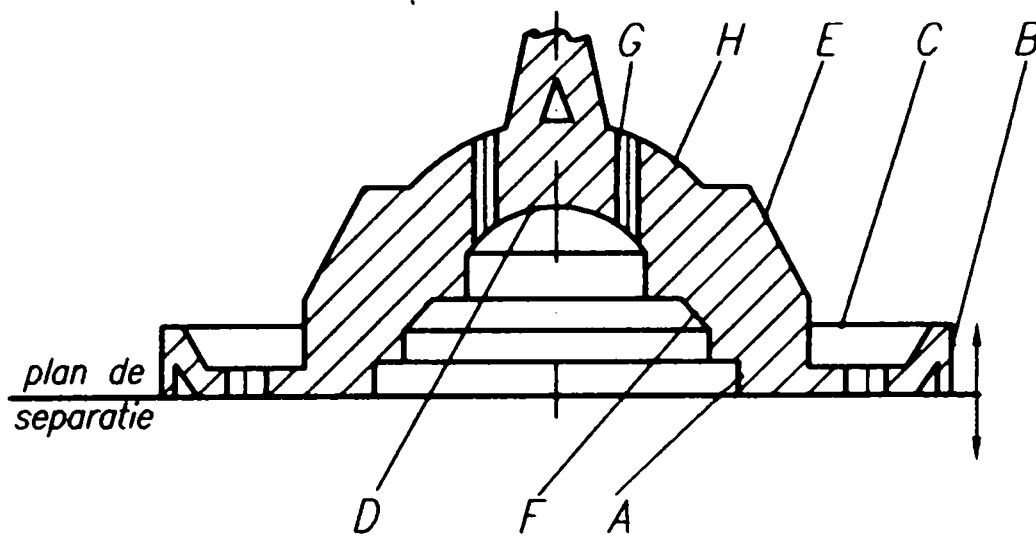


Fig. 4.12 Piesa ideală (complexă) aferentă grupei 1.

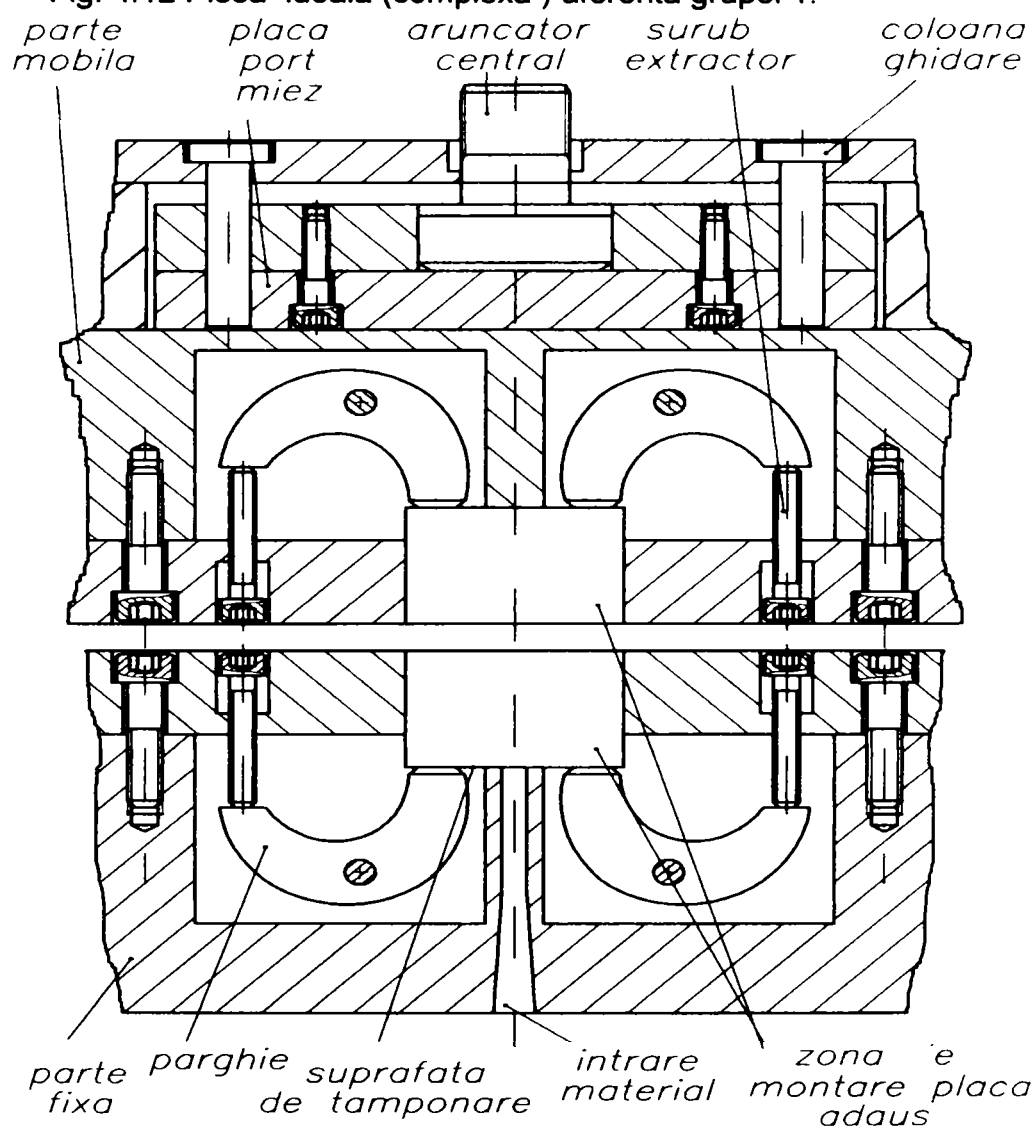


Fig. 4.13 Matrită pentru turnat sub presiune, pentru piesele din grupa 1

Având în vedere că piesa ideală nu conține miezuri laterale dar, poate avea miezuri axiale, în fig. 4.13 este prezentată o soluție constructivă a matriței de turnat sub presiune pentru această piesă.

Specific acestei matrițe este faptul că plăcile de adaus care conțin forma piesei, sunt ușor de înlocuit chiar dacă matrița se găsește montată pe mașina de turnat sub presiune (se acționează asupra șuruburilor extractoare care fac posibilă deplasarea plăcilor de adaus).

O altă problemă care trebuie rezolvată, este montarea sau demontarea miezurilor axiale din diferite motive (uzură, crearea unei alte piese). În fig. 4.14 este prezentat un sistem de montare, demontare a miezurilor fără desprinderea matriței de pe mașina de turnat. Sfera ($D=8$) pătrunde cu $1/3$ din diametru în locașurile speciale (exemplu constructiv) prevăzute în miezuri. Montarea se execută prin simpla introducere a miezului în locaș, iar pentru demontare se acționează cu o pârghie (sculă de demontare) asupra sferei.

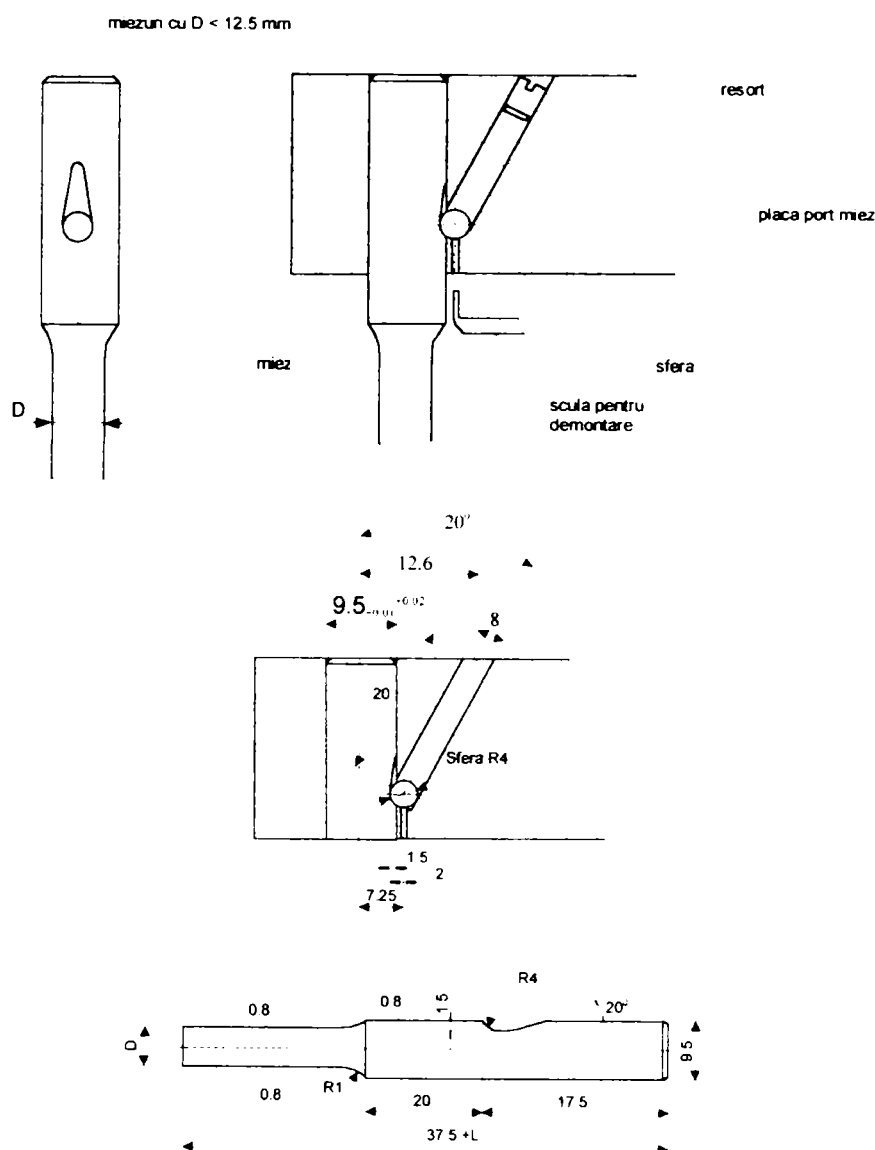


Fig. 4.14 Exemplu constructiv de miezuri demontabile

În fig. 4.15 este prezentată o matriță de turnat sub presiune care evidențiază plăcile adaos(schimbabile), miezurile și aruncătoarele după modelul prezentat anterior.

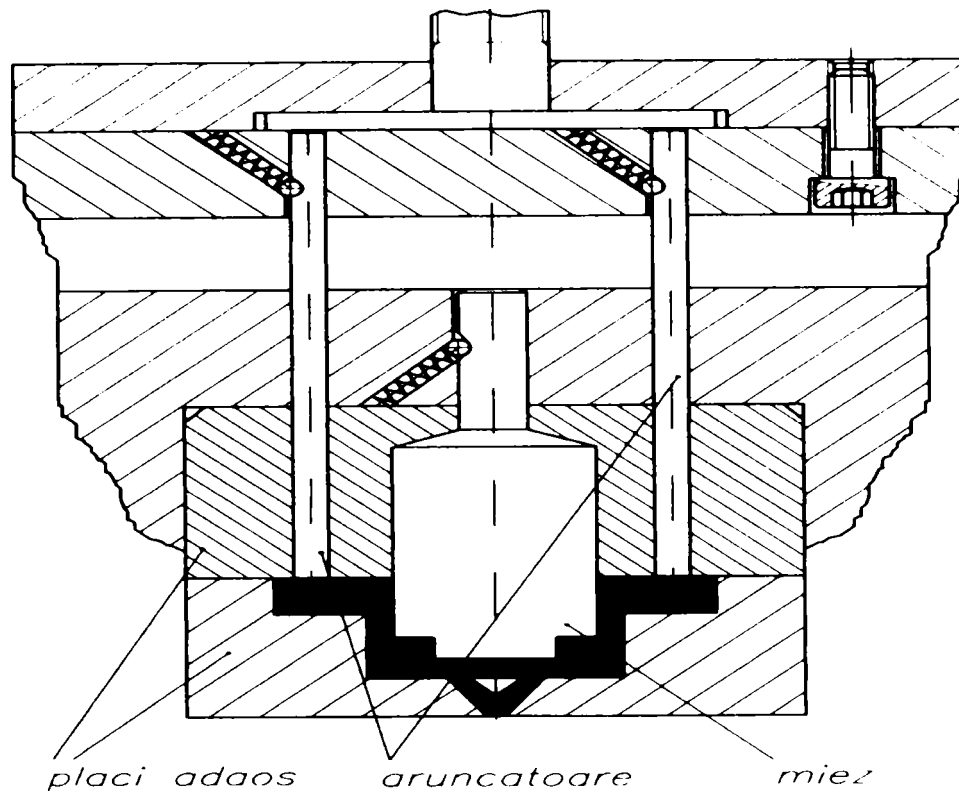
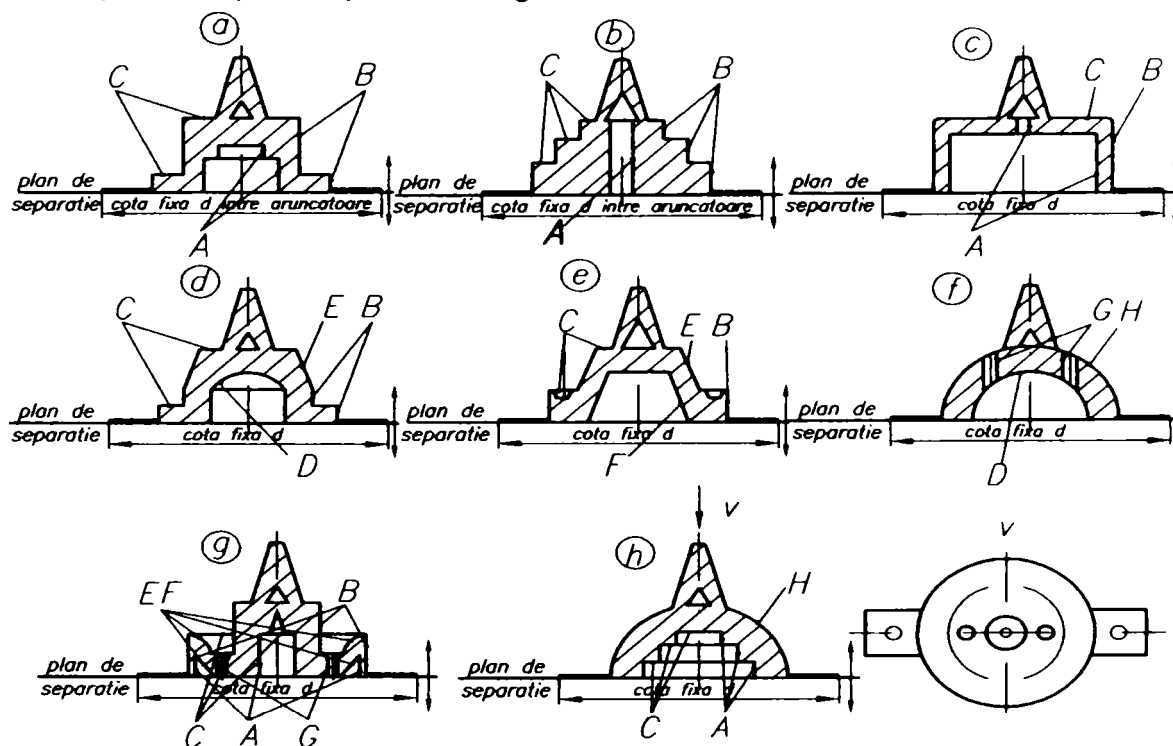


Fig. 4.15 Subansamblul unei matrițe cu evidențierea unor componente

Un alt grup de piese (notate grupa 2) îl reprezintă cele care au planul de separație la suprafața piesei (negativul piesei se află pe partea fixă a matriței de turnat sub presiune), exemplificat în fig.4.16



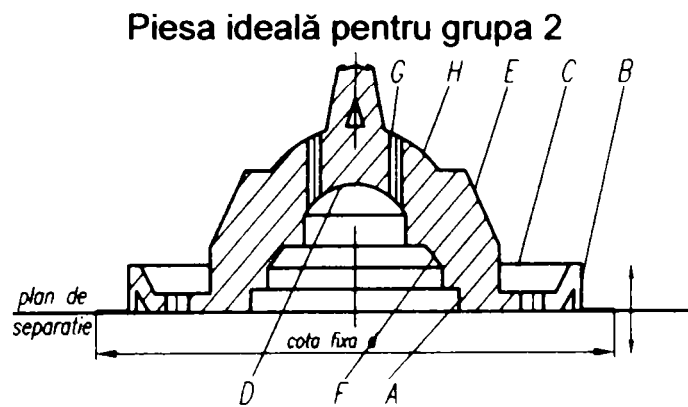


Fig. 4.16 Grupa 2 de piese care alcătuiesc o familie

Piesa ideală are în componență toate suprafețele conținute de piesele din grupă. Elementul comun al pieselor din grupă îl constituie suprafața la nivelul planului de separație al pieselor. Aceasta, ajută la extragerea piesei din locaș (fig.4.17) cu ajutorul aruncătoarelor dar, necesită o operație suplimentară de debavurare.

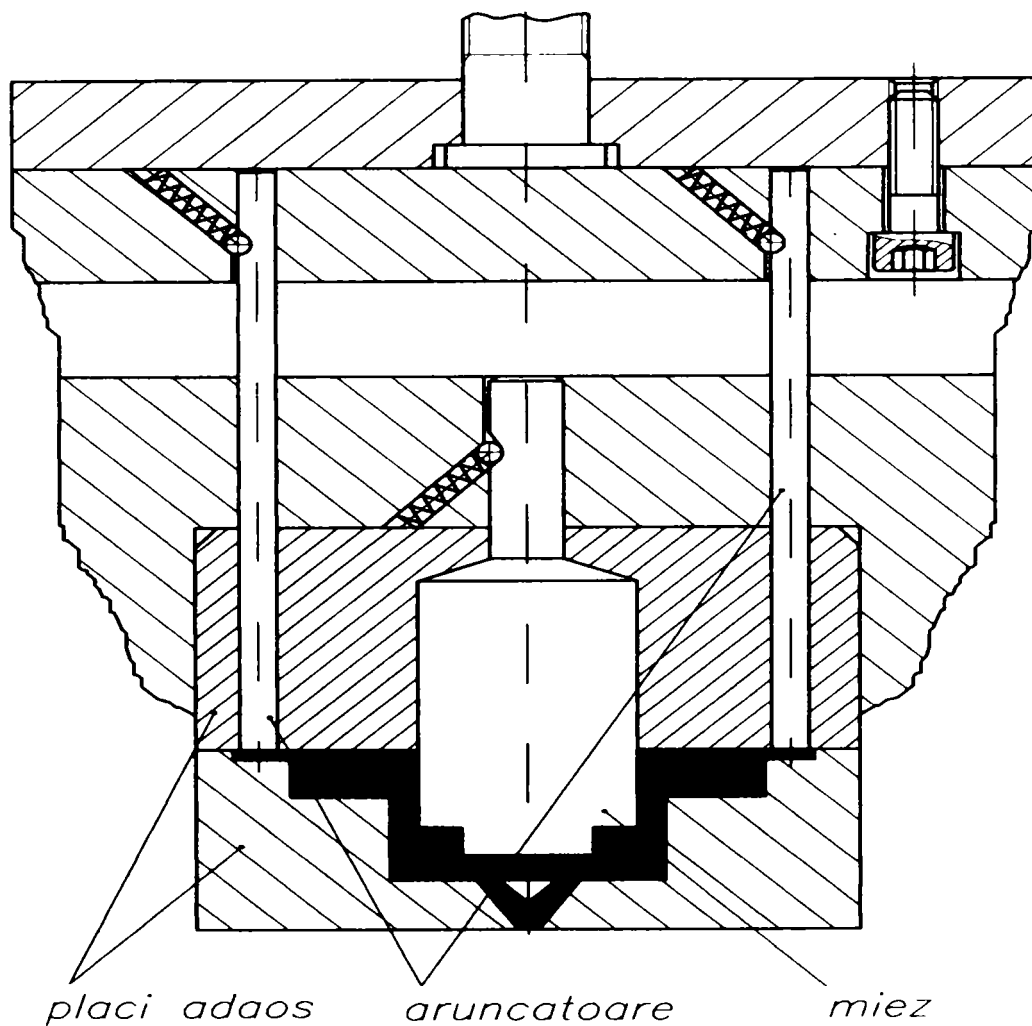


Fig. 4.17 Subansamblul unei matrițe cu evidențierea aruncătoarelor

În figura 4.18 este prezentată o nouă grupă de piese împreună cu piesa ideală (grupa 3) care, pe lângă suprafețele grupelor 1 și 3 conțin orificii (miezuri) laterale.

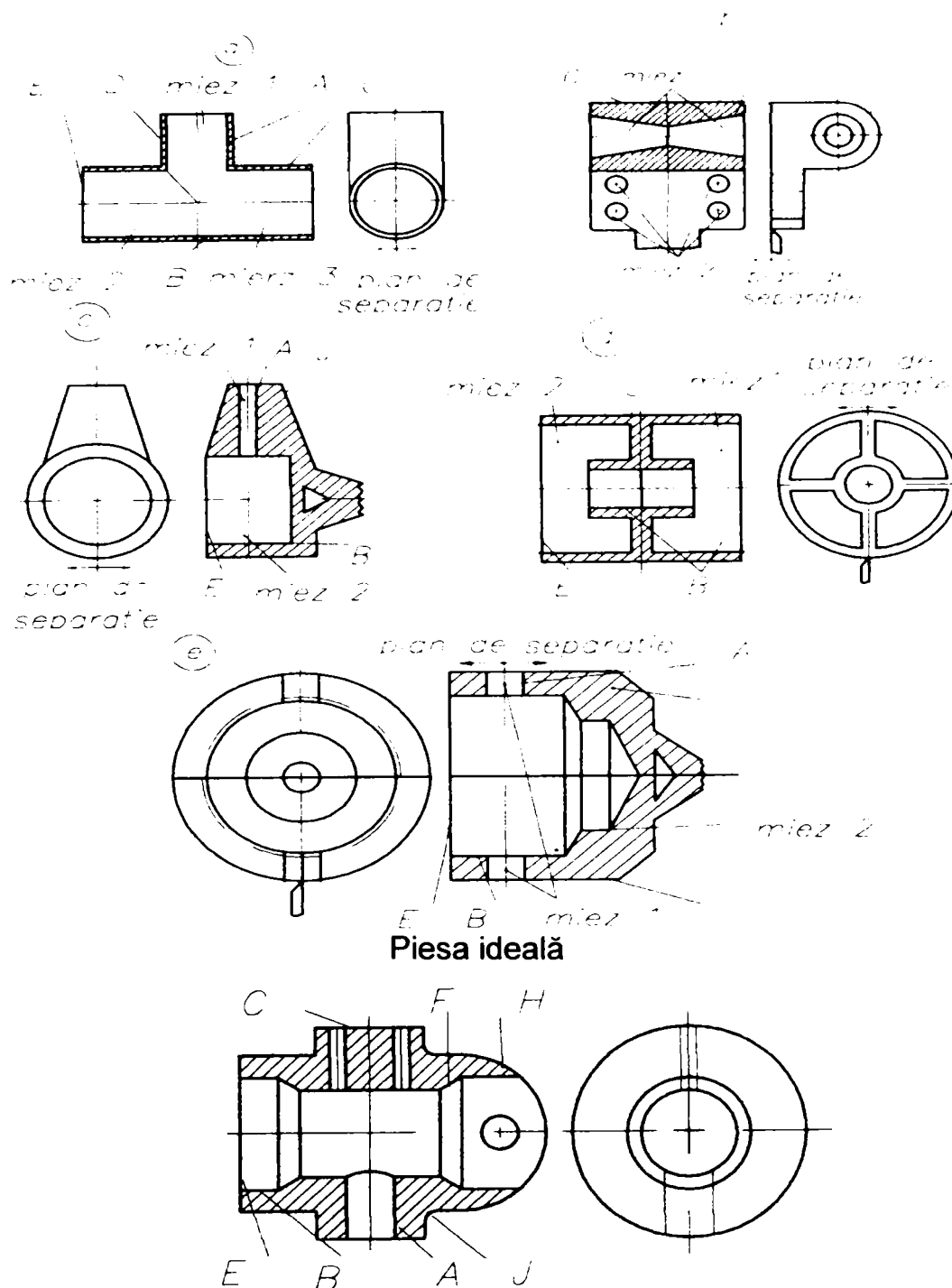


Fig. 4.18 Familie de piese care reprezintă grupa 3

În figura 4.19 este prezentată o variantă constructivă a matriței de turnat sub presiune cu care se poate executa orice piesă din grupa 3. Se observă că, elementele laterale care conțin miezurile transversale, se pot înlocui în funcție de piesă, cu matrița montată pe mașina de turnat sub presiune. Aceste elemente sunt acționate hidraulic, iar comanda lor este dată de comanda mașinii de turnat sub presiune.

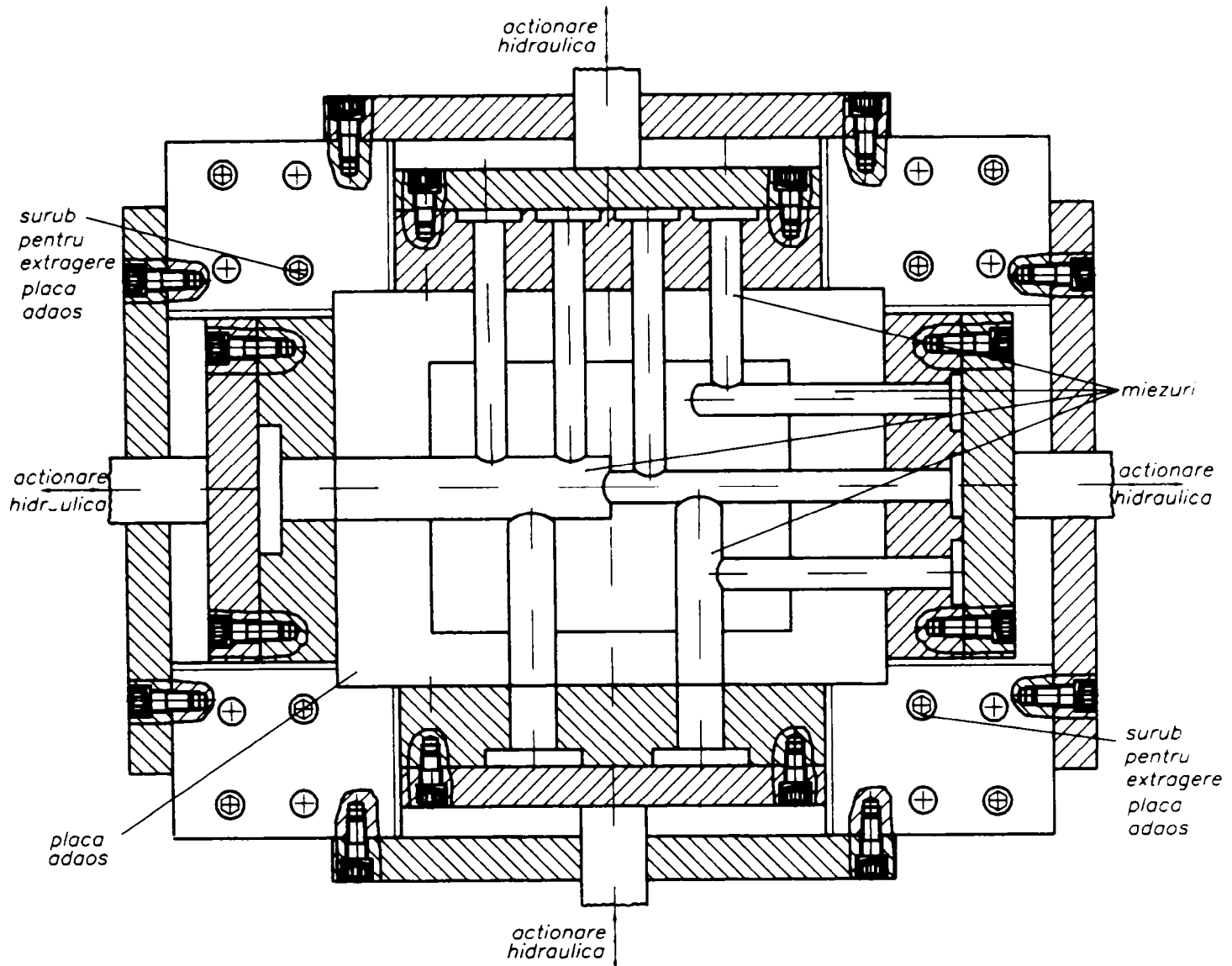


Fig. 4.19 Matriă de turnat sub presiune pentru grupa de piese 3

Este de remarcat că piesele din grupa 3 în secțiune transversală au orificiile (miezurile) situate la 90° sau 180° între ele.

Pentru piese care în secțiune transversală au orificii (miezuri) de 45° , 90° și 180° este prezentată (fig.4.20) o altă grupă de piese (complexe) la care este atașată piesa ideală, notată cu grupa de piese 4. Păstrând același principiu de construcție a matriței de turnat sub presiune în fig. 4.21 se observă poziționarea unghiulară a elementelor schimbabile acționate de asemenea hidraulic. Prin folosirea miezurilor "false" adică la nivelul suprafețelor exterioare se pot obține și alte poziții unghiulare a orificiilor (ex. 135° , 225° etc.)

În figura 4.22 este prezentat un subansamblu dintr-o matriță de turnat sub presiune concret realizată pentru o piesă din grupa de piese 4.

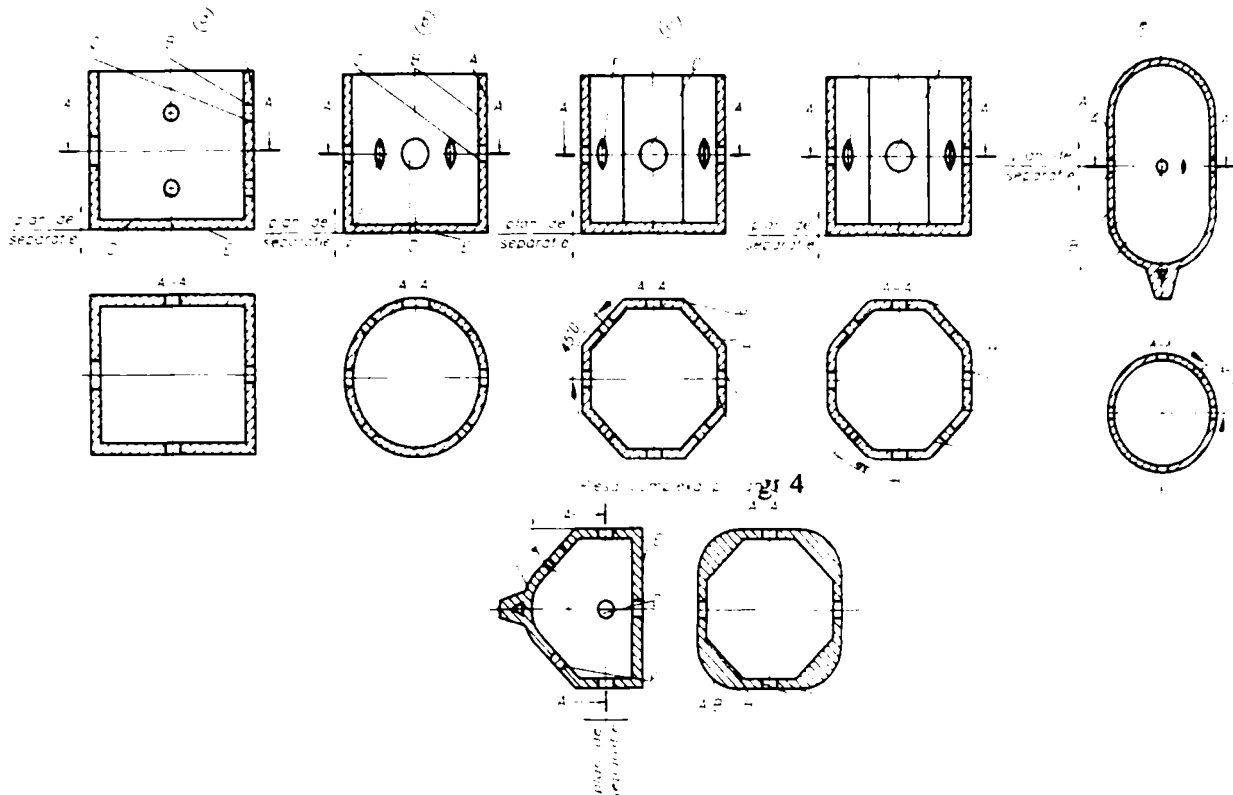


Fig. 4.20 Grupa 4 de piese din aceeași familie de piese

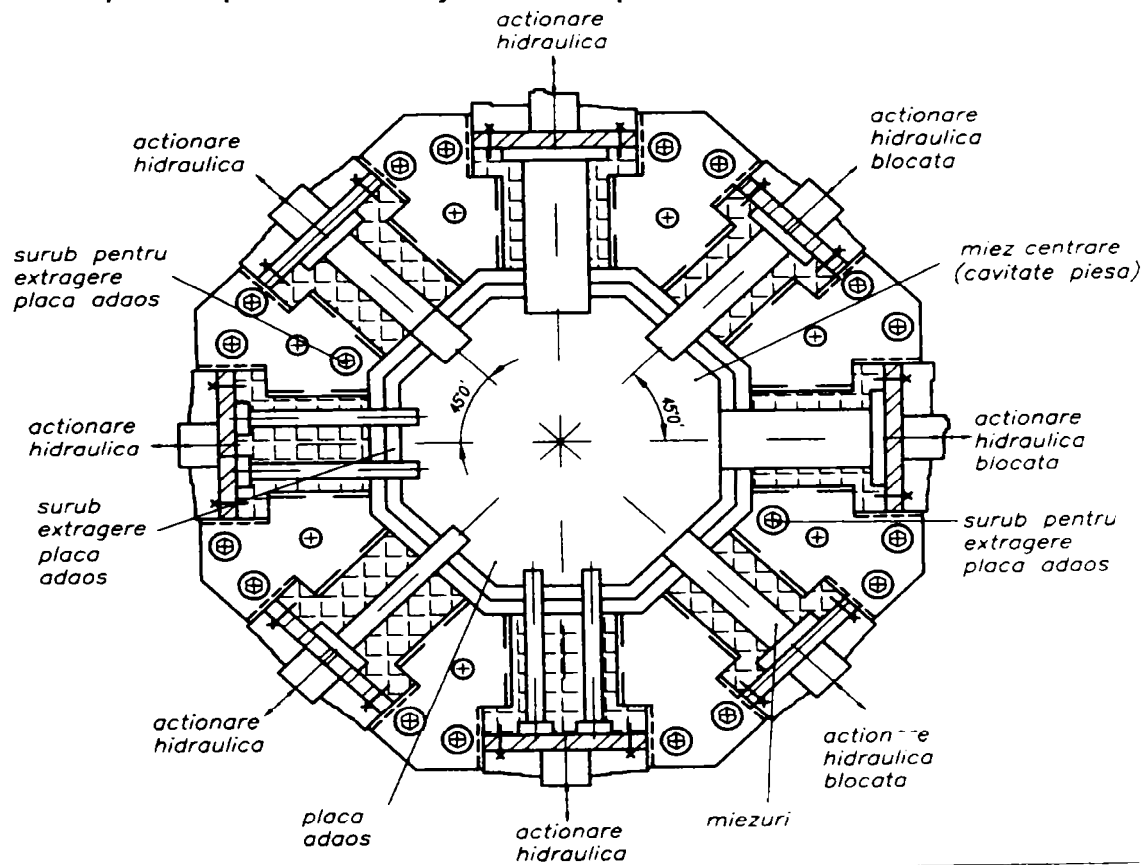


Fig. 4.21 Subansamblul unei matrițe cu miezuri laterale sub unghiuri diferite

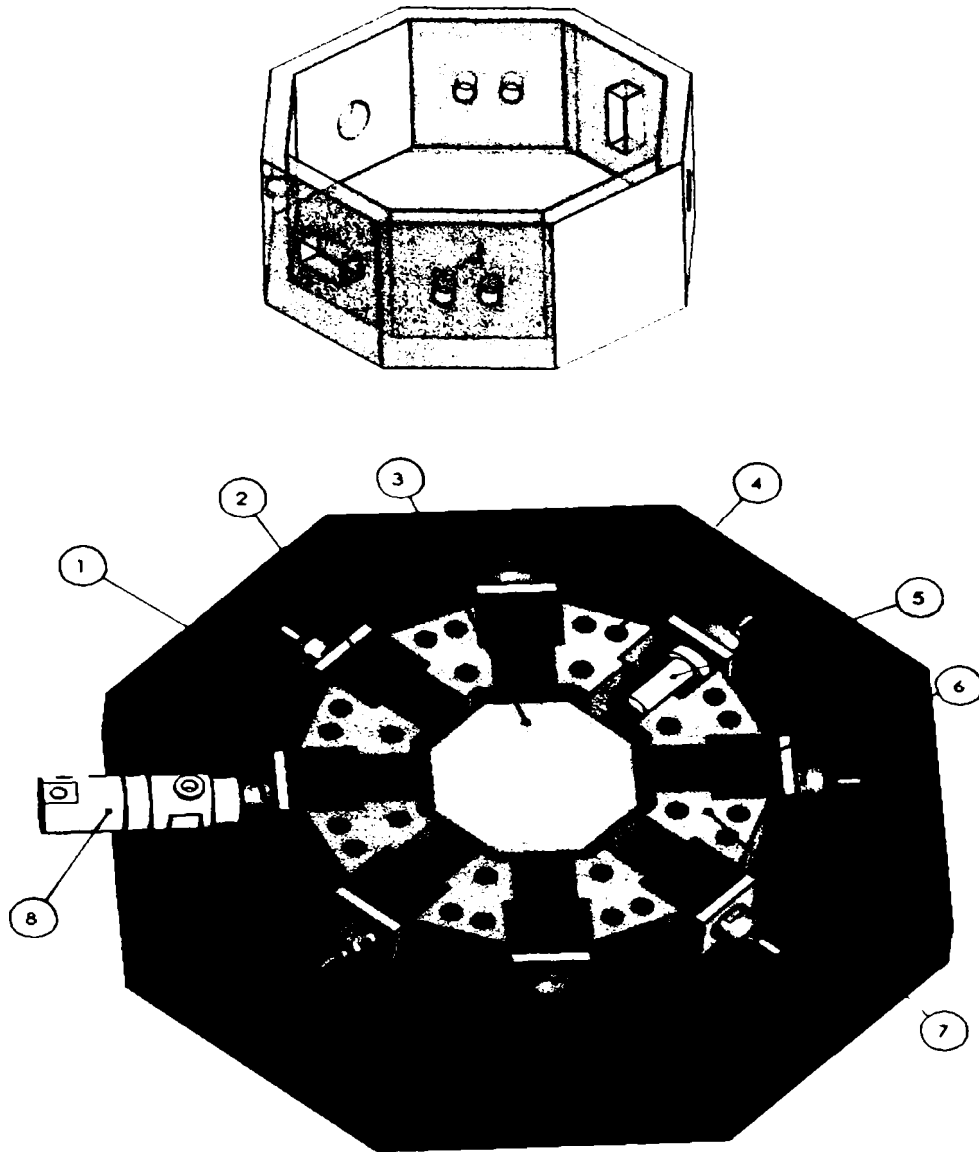


Fig. 4.22 Piesă și partea mobilă a matriței de turnat sub presiune

Partea mobilă a matriței se compune din:

- stativul 1, care rămâne neschimbat pentru toate piesele din grupa 4;
- portmiezul mobil 2, la care se modifică miezul funcție de construcția piesei;
- miezul interior 3 realizează configurația interioară a piesei;
- miezurile fixe 4,7 împreună cu cele mobile 2, realizează configurația exterioară a piesei;
- când nu există orificii laterale se pot folosi miezuri false (poz. 5) la nivelul peretelui exterior;
- miezurile laterale 6 realizează orificiile laterale din piesă;
- sistem hidraulic pentru acționarea miezurilor.

IV.4.2 Tipizarea matrițelor de turnare sub presiune

Una dintre cele mai adecvate căi pentru optimizarea fabricației de matrițe de turnat sub presiune o constituie tipizarea lor, respectiv tipizarea elementelor componente ale matrițelor și pe această bază, organizarea fabricației centralizate a elementelor și ansamblurilor tipizate.

Cu toată diversitatea de tipuri, în funcție de forma geometrică a piesei, masa produsului, aliajul din care se face turnarea piesei, toate matrițele de turnare sub presiune au în componența lor un număr mare de elemente care sunt independente de factorii enumerați și în consecință, se pretează a fi tipizate.

Elementele componente ale matrițelor de turnat sub presiune pot fi grupate în:

-părți active (cuiburi, poansoane, pastile etc) care trebuie proiectate și executate în funcție de specificul piesei;

-elemente tipizate care, în întregime sau în parte, sunt comune tuturor matrițelor de turnat (duze, coloane și bușe de ghidare, tije de aruncare etc);

-organe de ansamblare standardizate care se procură de la diferite firme furnizoare (știfturi, șuruburi, inele O, lanțuri etc.)

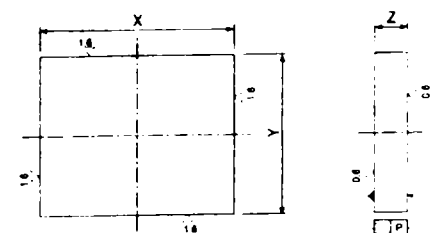
Dintre cele trei grupe de elemente componente amintite, ponderea cea mai mare o reprezintă elementele tipizate.

Plăci și pachete de plăci

Plăci

Constructorul de elemente tipizate pune la dispoziția constructorului de matrițe plăci într-o anumită gamă de dimensiuni, cu care se poate construi o matriță.

YxX	Z										
	22	26	36	46	56	66	76	96	106	116	149
156x156	*	*	*	*	*	*	*				
156x196	*	*	*	*	*	*	*				
156x246	*	*	*	*	*	*	*				
196x196	*	*	*	*	*	*	*				
196x246	*	*	*	*	*	*	*				
196x294	*	*	*	*	*	*	*				
246x246	*	*	*	*	*	*	*				
246x346	*	*	*	*	*	*	*				
296x296	*	*	*	*	*	*	*				
296x346	*	*	*	*	*	*	*				
296x396	*	*	*	*	*	*	*				
296x446	*	*	*	*	*	*	*				
346x346		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
346x396		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
396x396		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
396x546		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
446x446		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
446x496		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*



Toleranța de execuție

X	Y	Z	P
+0.8 +0.6	+0.8 +0.6	+0.15 +0.25	0.008/100

Fig. 4.23 Mărimi de plăci tipizate

Plăcile sunt frezate, cu fețele rectificată și fără alezaje în conformitate cu norma de tipizare a firmei.

În figura 4.23 sunt prezentate diferite mărimi de plăci de formă dreptunghiulară oferite de o firmă producătoare de astfel de elemente tipizate.

Pachete de plăci

Constructorii de elemente tipizate oferă plăci cu alezaje, interschimbabile, pe bază de sistem modular care formează pachete de plăci (figura 4.24)

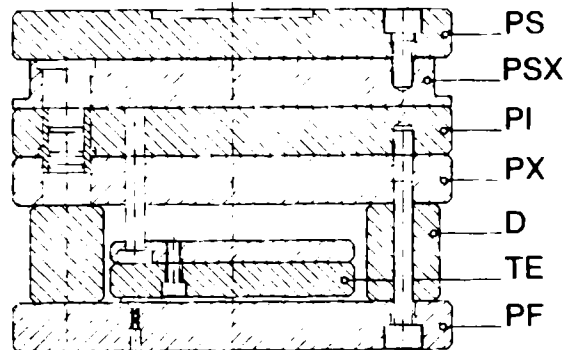
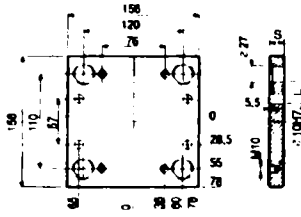
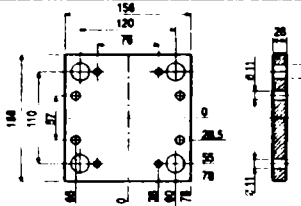
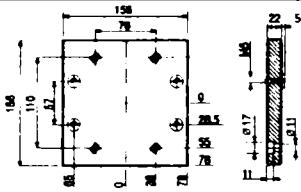
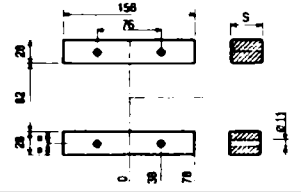
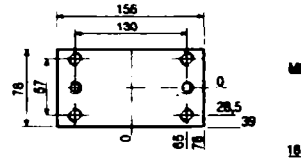


Fig. 4.24 " Pachet de placi " pentru matrite de turnat sub presiune;

PS – placa de prindere; PSX și PI – plăci de formare; PX – placă de sprijin; D – placă distanțier; TE – placă de aruncare; PF – placă de prindere.

În tabelul IV.5 se oferă o gamă largă de combinații de plăci dreptunghiulare care pot forma pachete de plăci în funcție de dorința constructorului.

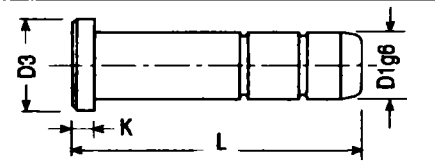
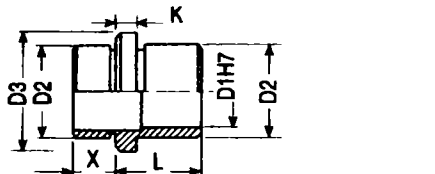
Tipul plăcii	Dimensiuni constructive tipizate																				
PS	<table border="1" style="margin-left: 20px;"> <tr> <td>S</td> <td>22</td> <td>26</td> <td>36</td> </tr> <tr> <td></td> <td>●</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	S	22	26	36		●														
S	22	26	36																		
	●																				
PSX	<table border="1" style="margin-left: 20px;"> <tr> <td>S</td> <td>22</td> <td>26</td> <td>36</td> <td>46</td> <td>56</td> <td>66</td> <td>7</td> <td>9</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td></td> <td>●</td> <td>●</td> <td>●</td> <td>●</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	S	22	26	36	46	56	66	7	9	10		●	●	●	●					
S	22	26	36	46	56	66	7	9	10												
	●	●	●	●																	

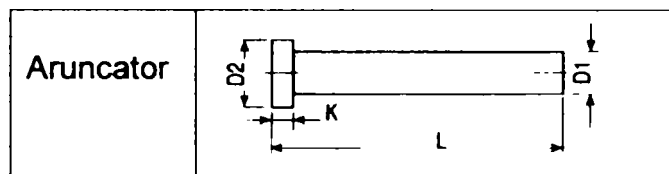
PI	 <table border="1" data-bbox="996 234 1446 308"> <thead> <tr> <th>S</th> <th>22</th> <th>26</th> <th>36</th> <th>46</th> <th>56</th> <th>66</th> <th>76</th> <th>96</th> <th>106</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>●</td> <td>●</td> <td>●</td> <td>●</td> <td>●</td> <td>●</td> <td>●</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	S	22	26	36	46	56	66	76	96	106		●	●	●	●	●	●	●		
S	22	26	36	46	56	66	76	96	106												
	●	●	●	●	●	●	●														
PX																					
PF																					
D																					
E																					

Tab. IV. 5 Pachete de plăci pentru matrițe de turnat sub presiune

Elemente tipizate diverse

Constructorii de elemente tipizate oferă elemente diferite care pot fi folosite atât în construcția matrițelor tipizate cât și în a celor netipizate(tab. IV.6)

Denumire	Forma constructivă
Coloana	
Bucsa	



Tab. IV.6 Elemente tipizate diverse

În figura 4.25 sunt prezentate dimensiunile constructive ale unei coloane de ghidare oferită într-o normă de tipizare.

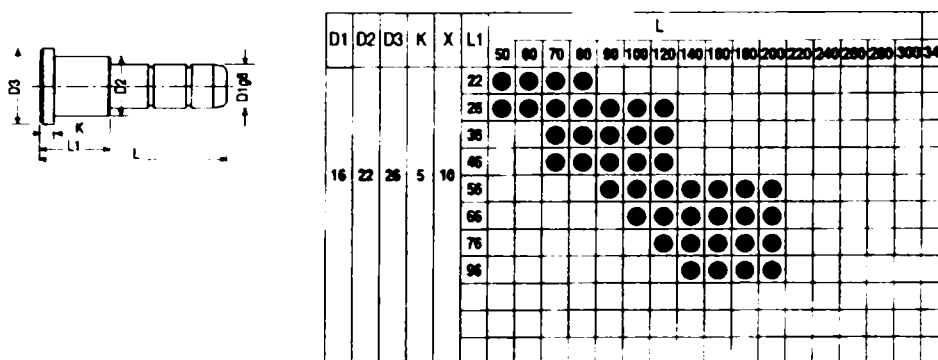


Fig. 4.25 Coloană tipizată - dimensiuni

La proiectarea unei matrițe de turnat sub presiune cea mai mare parte a elementelor constructive se aleg din normele de tipizare.

După studierea piesei turnate și stabilirea concepției matriței (număr de piese, suprafața de intrare material, aruncare etc.) se alege din norma de tipizare forma constructivă și tipodimensiunea corespunzătoare grupei de piese stabilite.

Se va proiecta la matriță numai ce ține de forma piesei (poansoare etc.), sistemul de alimentare (rețea de alimentare, duze etc.), sistemul de răcire, locul aruncătoarelor etc.

Tipizarea matrițelor de turnat sub presiune conduce în mod evident la o serie de avantaje tehnico – economice:

- reducerea substanțială a timpului necesar proiectării;
- asigurarea unei concepții unitare a matrițelor pentru grupe de piese în baza unei documentații tehnice ;
- reducerea duratei de execuție a matrițelor;
- reducerea prețului de cost a matrițelor.

IV.5 Flexibilizarea subsistemului de alimentare cu aliaj a mașinii de turnat sub presiune

IV.5.1 Traectorii ale cupei de alimentare

Deplasarea cupei acționată de manipulatorul de alimentare cu aliaj, la locul de golire în MTSP se poate face în două moduri: în plan orizontal sau în plan vertical.

În planul orizontal, mișcările pot fi liniare conform fig. 4.33.

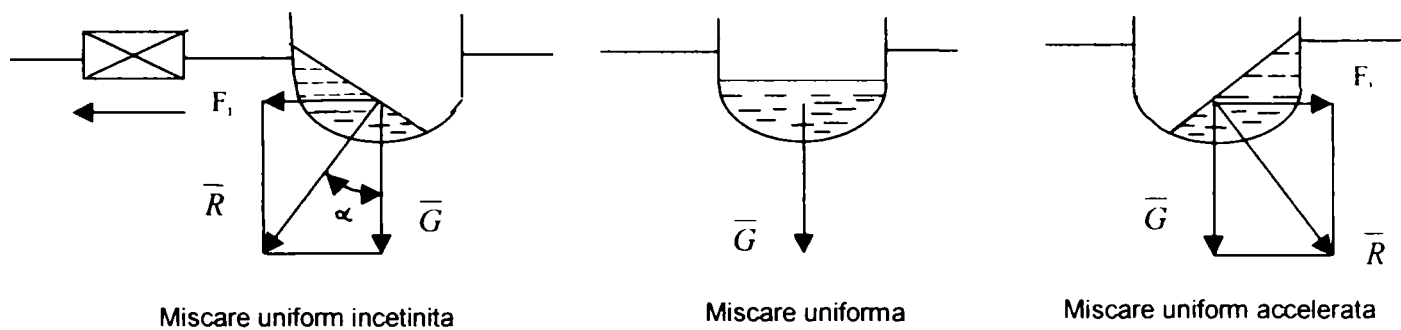


Fig. 4.33 Forțele care intervin asupra aliajului la deplasarea liniară

Neajunsul deplasării liniare constă în faptul că atât în faza de pornire cât și în faza de oprire, apar forțele de inerție \bar{F}_i ale aliajului topit ceea ce face ca poziția acestuia în cupă să fie la un unghi α_0 mare față de greutatea \bar{G} , permițând vărsarea lichidului din cupă.

Pentru a elimina acest neajuns, este necesar ca accelerația la pornire cât și decelerația necesară opririi să aibă valori mici dar, aceste valori măresc timpul de deplasare, ceea ce face ca acest tip de traiectorie să nu fie utilizat decât la greutatea mari ale pieselor (> 10 kg).

O altă mișcare posibilă în plan orizontal este cea de rotație (fig. 4.34).

În zona de pornire, forțele care acționează asupra fluidului sunt: greutatea \bar{G} , forța centrifugă $\bar{F}_c = m\omega^2 r$ și forța de inerție tangențială. Forța rezultantă \bar{R}_i (după compunerea forțelor face un unghi în plan vertical cu greutatea \bar{G} , α_0 mare.

În zona II, asupra aliajului cu mișcare uniformă în stare topită acționează greutatea și forța centrifugă. Forța rezultantă are un unghi α_0 mare față de greutatea \bar{G} .

În zona III, cu mișcare uniform încetinită, forțele care acționează asupra fluidului sunt: greutatea \bar{G} , forța centrifugă \bar{F}_c și forța de inerție tangențială \bar{F}_u . Forța rezultantă care acționează asupra fluidului face un unghi α_0 (mare) cu greutatea \bar{G} .

Unghiul α_0 în zonele de accelerare (pornire) și decelerare (oprire) demonstrează riscul de vărsare al fluidului din cupă. Pentru micșorarea acestui unghi este

necesar a se folosi accelerații cu valori mici dar aceasta, implică mărirea timpului de deplasare. Această traiectorie nu este indicată a se folosi.

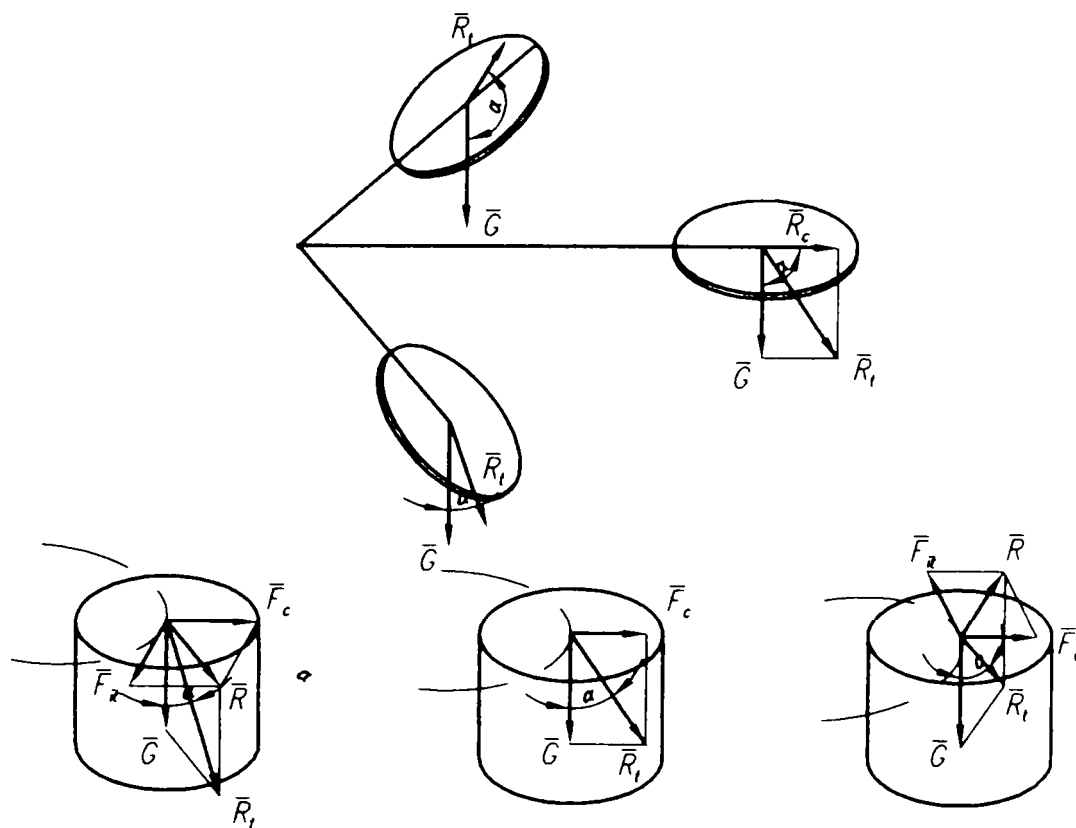
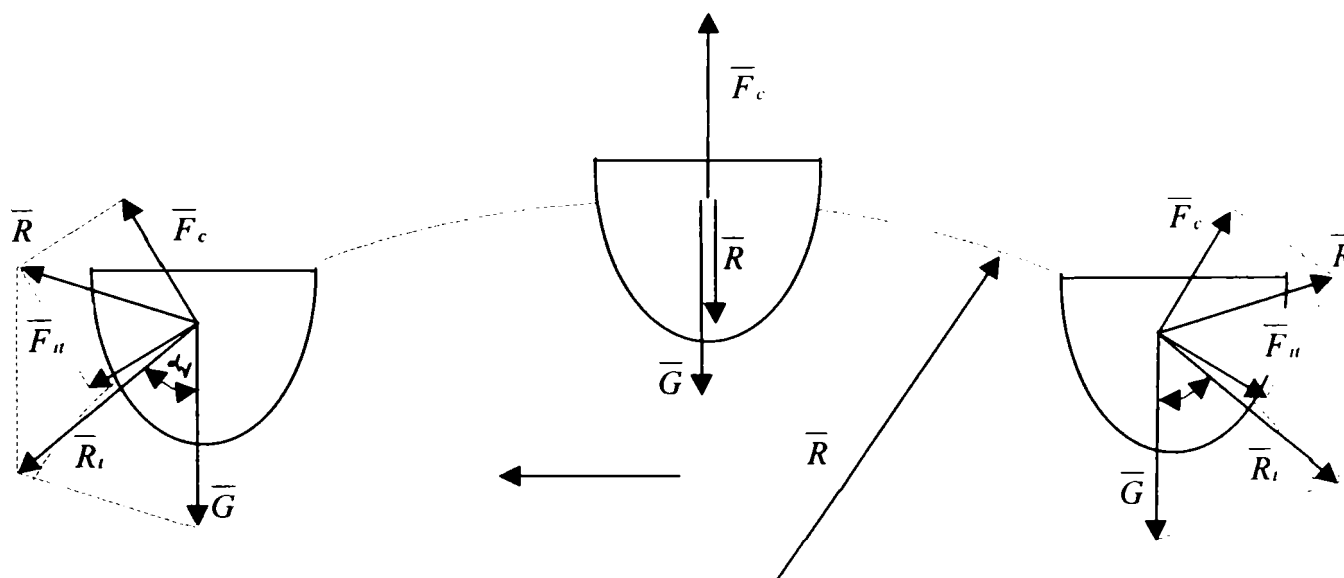


Fig. 4.34 Forțele care intervin asupra aliajului la rotația în plan orizontal
I – mișcare uniform accelerată; II – mișcare cu viteză constantă; III – mișcare uniform încetinită

O altă modalitate de deplasare a cupei de la cuptor la MTSP este aceea de rotație a cupei în plan vertical. În timpul deplasării cupa are aceeași poziție față de sol.

În fig. 74 se prezintă tendințele de deplasare a fluidului din cupa în timpul mișcării de deplasare în mișcare de rotație în plan vertical.



a cupei în plan vertical. În timpul deplasării cupa păstrează aceeași poziție față de sol (fig.4.35).

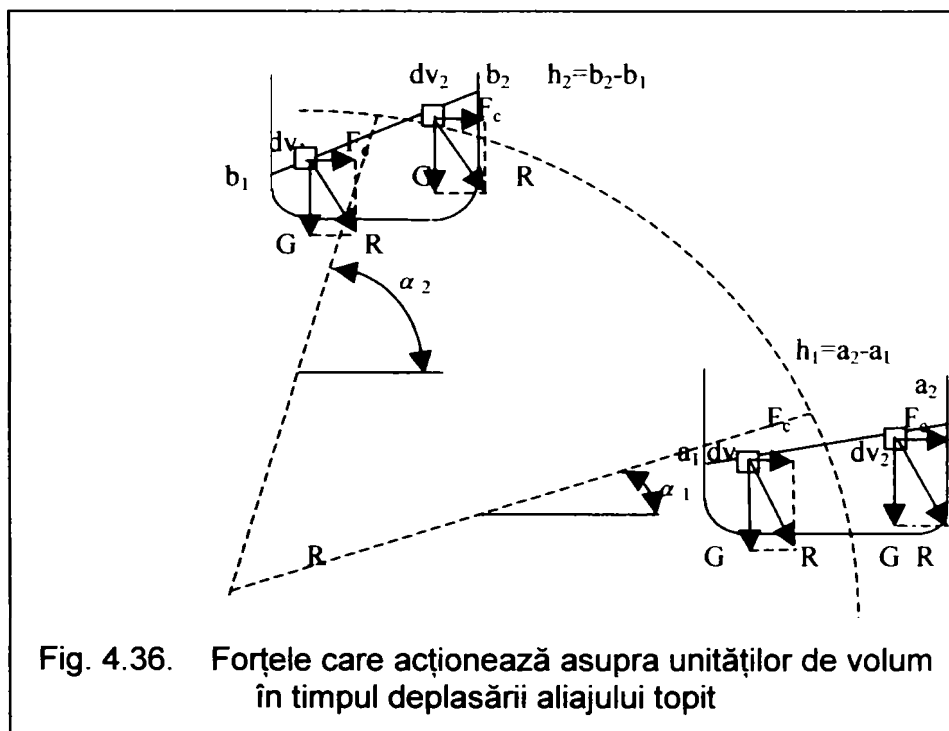
Se observă că forțele de inerție tangențiale \overline{F}_t acționează în plan vertical. Forțele rezultante obținute fac un unghi α_v mic apropiat de vectorul \overline{G} ceea ce produce o deplasare mică a masei de fluid. Întrucât riscul de vărsare a aliajului în stare topită este mic, este cea mai utilizată traiectorie.

IV.5.2 Suportul teoretic în vederea optimizării parametrilor

cinematici ai manipulatorului de alimentare cu aliaj

Mișcarea cupei de alimentare cu aliaj pentru turnare, se execută în plan vertical și este o mișcare de rotație de 180° alternativă. Cei 180° sunt parcurși astfel: 90° în mișcare uniform accelerată, iar următoarele 90° în mișcare uniform încetinită (decelerare).

Așa cum se poate observa în figura 6.36., în timpul deplasării suprafața lichidului topit este plană, cu înclinație variabilă.



La o înclinație α_1 a brațului de manipulare a aliajului, unitățile de volum dv_1, dv_2 au următoarele mărimi constante:

ρ - densitate;

V - volum;

m - masa,

adică, F_c (forța centrifugă) are aceeași valoare pentru dv_1 și dv_2 . Forța centrifugă egală pentru toate unitățile de volum ale lichidului (din aceleași cosiderente), implică o suprafață plană la suprafața lichidului. Din aceleași motive, la orice unghi de înclinație a brațului ($\alpha_{1...n}$) suprafața lichidului este plană.

Forțele la care este supus materialul în timpul deplasării (fig 4.37.) sunt:

- \vec{R} -forța rezultantă ; [N]
- F_{cf} -forța centrifugă ; [N]
- F_{it} -forța de inerție tangențială ; [N]
- R -rezultanta forțelor; [N]
- R_x, R_y -proiecțiile rezultantei pe axe; [N]

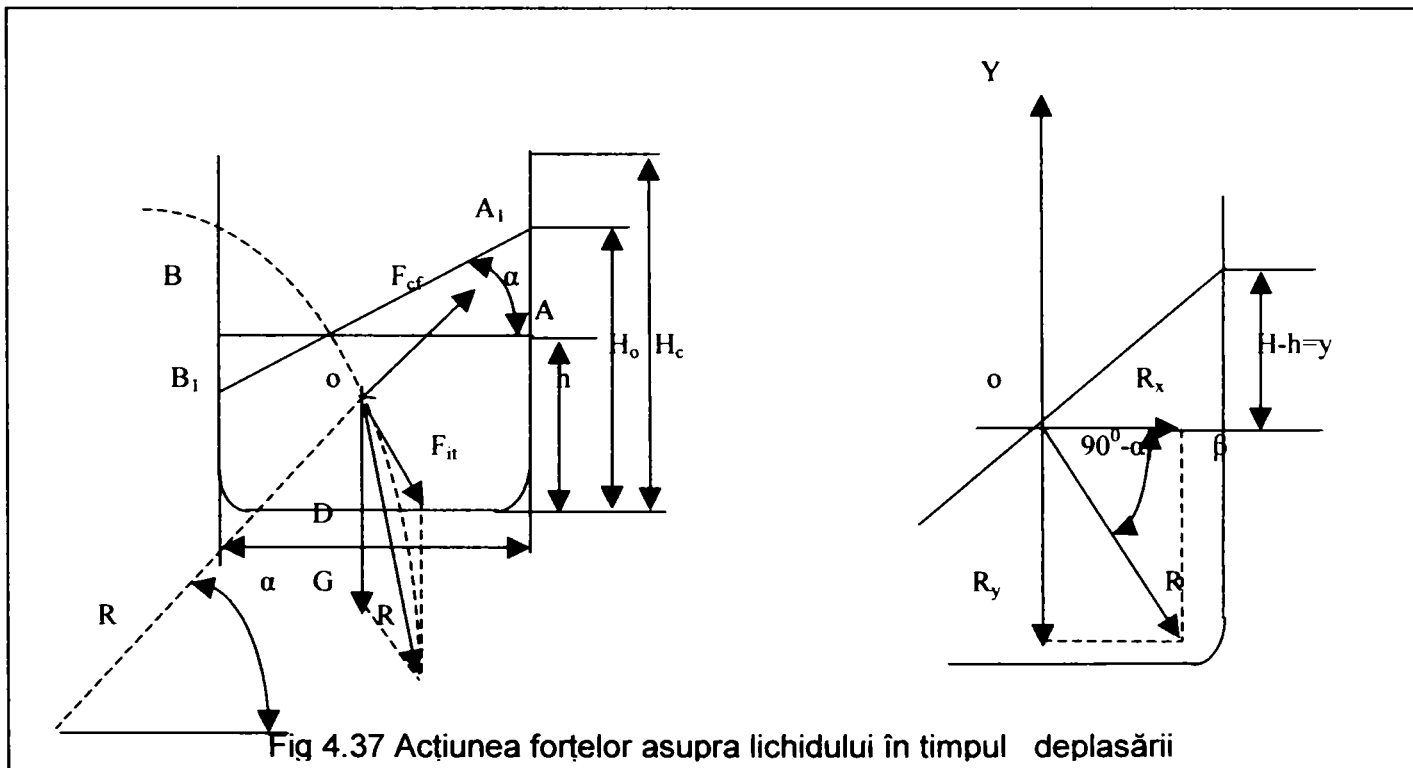
S-a notat cu: H, H_0 [m]-înălțimea lichidului în timpul deplasării; h [m]-înălțimea lichidului în repaus; H_c [m]-înălțimea cupei.

$$\vec{R} = \vec{G} + \vec{F}_{cf} + \vec{F}_{it} \quad (IV.20)$$

$$F_{cf} = m \frac{v_t^2}{R} = m \frac{a_t^2 t^2}{R} \quad (IV.21)$$

$$F_{it} = m a_t; \quad \vec{F}_i = -m \vec{a}_t \quad (IV.22)$$

$$R_x = m \frac{a_t^2 t^2}{R} \cos \alpha + m a_t \cos\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right) \quad (IV.23)$$



$$R_y = m \frac{a_t^2}{R} \sin \alpha - m a_t \sin\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right) \quad (IV.24)$$

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{R_y}{R_x} = \frac{m \frac{a_t^2 t^2}{R} \sin \alpha - m a_t \cos \alpha - m g}{m \frac{a_t^2 t}{R} \cos \alpha + m a_t \sin \alpha} \quad (\text{IV.25})$$

Întrucât:

$$v_t = \omega \cdot R \quad ; \quad a_t \cdot t = \frac{d\alpha}{dt} R \quad \text{adica} \quad a_t \cdot dt = R d\alpha \quad (\text{IV.26})$$

după integrare relația (IV.26) devine:

$$a_t \frac{t^2}{2} = R\alpha + C \quad (\text{IV.27})$$

Pentru, $t=0$, $\alpha = \alpha_0$ cu α_0 -unghi inițial de pornire rel(IV.27) devine:

$C = -R\alpha_0$, adică,

$$\alpha = \alpha_0 + \frac{a_t t^2}{2R}, \quad (\text{IV.28})$$

Eliminând t din relația (IV.25) se obține o funcție $\beta = f(\alpha)$:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{a_t \frac{\alpha - \alpha_0}{2} \sin \alpha - a_t \cos \alpha - g}{a_t \frac{\alpha - \alpha_0}{2} \cos \alpha + a_t \sin \alpha}, \quad \alpha \in \left[\alpha_0, \frac{\pi}{2} \right] \quad (\text{IV.29})$$

Întrucât se cunosc datele inițiale α_0, a_t, R și că:

$\sin\left(\frac{\pi}{2} - \beta\right) = \frac{y}{R}$, rezultă:

$$y = R \frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \beta}}, \quad \text{deci,} \quad [\text{m}] \quad (\text{IV.30})$$

$$H - h = R \frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \beta}}. \quad [\text{m}] \quad (\text{IV.31})$$

IV.5.3 Optimizarea accelerației tangențiale a cupei

de transport aliaj în stare topită

Optimizarea înclinăției lichidului ($H_c - H_0$)

Condiții inițiale (notații conform fig.4.36 și 4.37):

m - masa lichidului [kg].....se măsoară;

ρ	-densitatea materialului [kg/dm ³]	6.7;
D	-diametrul cupei de transport [mm]	80;
H _c	-înălțimea cupei de transport [mm]	140
R	-lungimea brațului de manipulare [mm]	500;
H _{0 max}	-înălțimea optimă a lichidului în timpul deplasării[mm]	130;
α_m	-unghiul cu accelerație tangențială maximă	90°;
α_0	-unghiul inițial de pomire(față de orizontală)	se alege.

Pentru a determina accelerația tangențială optimă a cupei, din relația (IV.29) se obține:

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{a_t \frac{\alpha}{2} \sin \alpha - a_t \cos \alpha - g}{a_t \frac{\alpha}{2} \cos \alpha + a_t \sin \alpha}, \quad \text{pentru } \alpha_0 = 0 \quad (\text{IV.32})$$

Din condiția (rel IV.31) se obține:

$$H_0 - h = R \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{a_t \frac{\alpha}{2} \sin \alpha - a_t \cos \alpha - g}{a_t \frac{\alpha}{2} \cos \alpha + a_t \sin \alpha} \right)^2}}, \quad \text{pentru } \alpha_0 = 0 \quad (\text{IV.33})$$

$$\text{adică } H_0 = h + R \operatorname{tg} \beta \quad (\text{IV.34})$$

Modelul matematic cu ajutorul căruia se determină H_{0 optim} devine:

$$H_0 = h + R \frac{a_t \frac{\alpha}{2} \sin \alpha - a_t \cos \alpha - g}{a_t \frac{\alpha}{2} \cos \alpha + a_t \sin \alpha} \leq H_{0 \max}. \quad [H_{0 \max} = 130] \quad (\text{IV.35})$$

S-a obținut astfel înălțimea optimă a lichidului (H_{0 optim}) ca fiind o funcție de două variabile: α și a_t . Reprezentând grafic valorile lui H₀ funcție de α și a_t , cu condiția ca H₀ ≤ H_{0 max} și cunoscând masa topiturii se obține a_t optim a manipulatorului de alimentare cu topitură corespunzător pentru H₀ (fig.4.38).

Exemplu numeric:

Simbol	Semnificație	Valori
H	Înălțimea lichidului în cupă	0.07m
R	lungimea brațului de manipulare	0.05m

H_c	Înălțimea optimă a lichidului	0.14m
$H_{0 \max}$	Înălțimea maximă	0.13m
g	accelerația gravitațională	9.81m/s^2

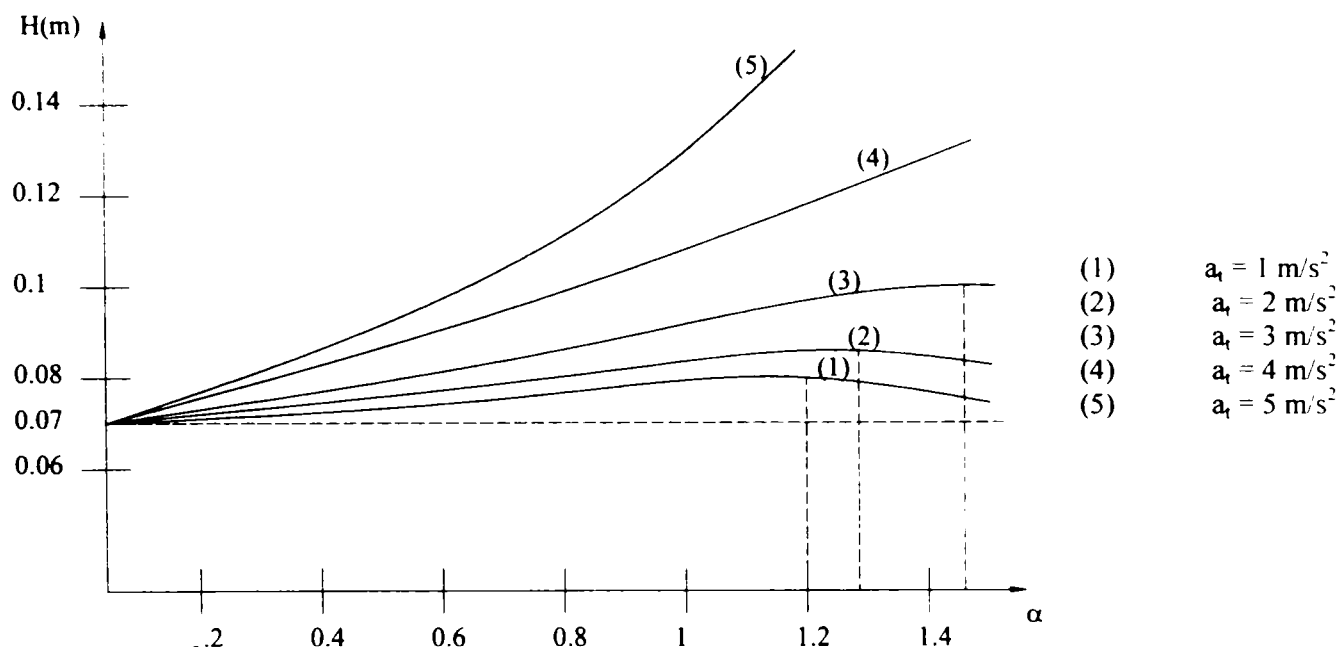


Fig. 4.38 Graficul funcției $H_{0 \text{ opt}} = f(\alpha, a_t)$

Se observă corectitudinea rel.IV.35;curbele prezintă un maxim (corespunzător unui $H_0 < H_{0 \max}$) pentru diferite accelerații tangențiale (5) căruia îi corespunde un anumit $H_{0 \text{ opt}}$.

Dacă rel.IV.35 este introdusă într-un program de calcul (prelucrare automată a datelor) al unui calculator ,cunoscând datele inițiale se poate determina rapid accelerația tangențială optimă a cupei în așa fel încât înălțimea fluidului de aliaj în cupă să fie maxim, determinând un timp de deplasare a cupei optim.

În fig.4.39 este prezentat un astfel de program în Microsoft Excel. Exemplul prezentat (captat de pe monitor)este pentru:

- $m=3\text{kg}$ (masa aliajului)
- $H_c=140\text{mm}$ (înălțimea cupei)
- $H_0=130\text{mm}$ (înălțimea maximă a aliajului în timpul deplasării)
- $\alpha_0=0$ (unghiul inițial de plecare)

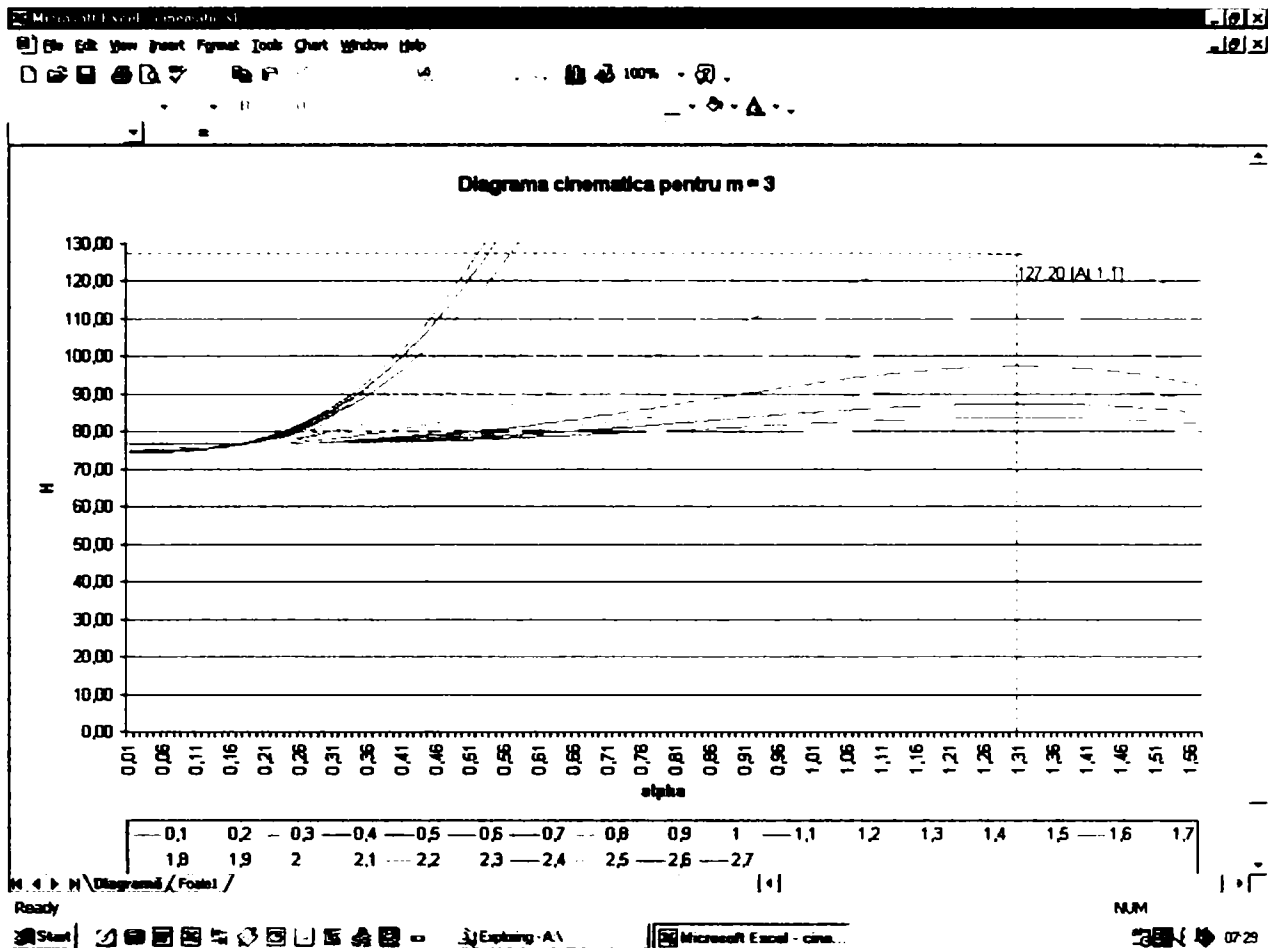


Fig.4.39 Diagrama cinematică a cupei manipulatorului la un aliaj cu $m=3$

Rezultatul optim afișat de calculator este următorul:

$$a_t = 1,1 \text{ m/sec}^2 \quad (\text{accelerația tangențială optimă})$$

$$H_{0 \text{ opt.}} = 127,20 \text{ mm} \quad (\text{înălțimea maximă a aliajului în timpul deplasării})$$

În anexa 1 sunt prezentate toate înălțimile H_0 calculate de calculator de la 0° la 90° (cadrantul I trigonometric) cu un pas de 1° . În tabel sunt evidențiate valorile apropiate de $H_{0 \text{ max.}}$

IV 6 Flexibilizarea subsistemului de temperare la matrițele de turnat sub presiune aliaje neferoase

IV 6.1 Ecuația de bilanț termic

Temperatura matriței, în general, trebuie să urmărească două cerințe principale:

- calitatea tehnică a piesei turnate ca funcție a uniformității distribuției temperaturii și a mărimii temperaturii matriței;
- ciclul de turnare cu durată economică, ca urmare a evacuării rapide a căldurii din matriță.

Se consideră o matriță de turnat sub presiune(fig. 4.26). Temperatura matriței, care este mărimea hotărâtoare pentru viteza de răcire și proprietățile reperului turnat, se stabilește în funcție de schimbul de căldură care are loc la matriță:

- între metalul topit introdus în matriță și materialul matriței Q ;
- între matriță și mediul de temperare Q_T ;
- între matriță și mediul înconjurător (platourile mașinii și aer) Q_E .

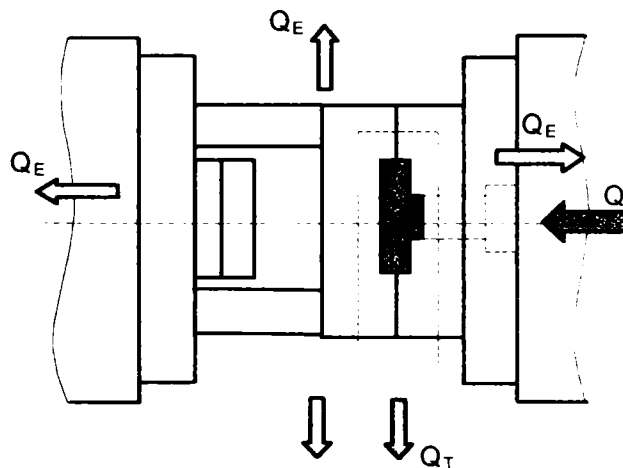


Fig. 4.26 Schimbul de căldura la o matrița de turnat sub presiune

Dacă se consideră fluxurile termice care pătrund în matriță ca pozitive, iar fluxurile termice care părăsesc matrița ca negative, atunci se poate scrie ecuația de bilanț termic:

$$Q = -Q_T - Q_E \quad (\text{IV. 5})$$

de unde rezultă:

$$Q + Q_T + Q_E = 0 \quad (\text{IV.6})$$

Cantitatea de căldură care este preluată de matriță este identică cu cantitatea de căldură cedată de matriță în cazul în care temperatura matriței este constantă în timp.

IV 6.2 Transferul de căldură între metalul topit și matriță

Metalul topit din cuibul matriței cedează în cazul unui ciclu de turnare, corpului matriței, cantitatea de căldură Q , dată de relația:

$$Q = m(i_2 - i_1) \quad (\text{IV.7})$$

unde:

- m – masa piesei turnate, inclusiv rețeaua [kg];
- i_2 – entalpia metalului topit la intrarea în matriță [kJ/kg];
- i_1 – entalpia metalului topit la evacuare [kJ/kg];

Entalpia metalului topit se calculează cu relația:

$$\Delta i = i_2 - i_1 = c_p (T_{MP} - T_E) \quad (\text{IV.8})$$

unde:

- C_p – căldura specifică a metalului topit;
- T_{MP} – temperatura metalului topit în cuib;
- T_E – temperatura de evacuare.

Cantitatea de căldură degajată de piesă este preluată prin conducție de către matriță și transportată la mediul de temperare. Se consideră fenomenul de transfer conductiv staționar într-un perete plan omogen. Variația temperaturii între peretele găurii de temperare și mediul de temperare poate fi urmărită în figura 4.27.

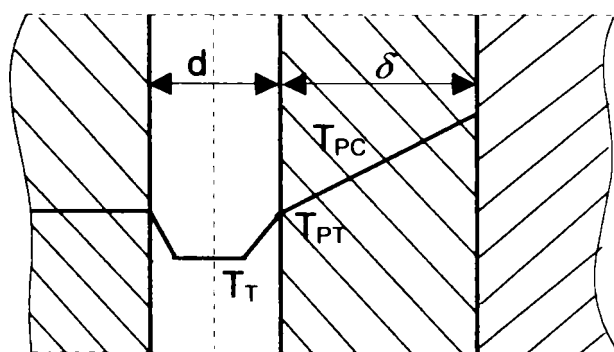


Fig. 4.27 Variația temperaturii matriței în zona canalului de temperare; d – diametrul canalului de temperare; δ – distanța dintre peretele matriței și peretele canalului.

$$Q = \frac{\lambda_M}{\delta} S (T_{PC} - T_{PT}) \quad (\text{IV.9})$$

unde:

λ_M - conductibilitatea termică a matriței [W/mK];

δ - distanța canalului de temperare față de suprafața matriței [m];

S – suprafața transversală activă a matriței [m²];

T_{PC} – temperatura medie la peretele cavității [°K];

T_{PT} – temperatura medie la peretele canalului de temperare [°K].

IV 6.3 Transferul de căldură între matriță și mediul de temperare

Transferul termic de la matriță (mediul solid) la mediul de temperare (mediul lichid) se face prin convecție și se poate exprima prin relația:

$$Q = \alpha_T S_T (T_{PT} - T_T) \quad (IV. 10)$$

unde:

α_T -coeficientul de transfer de căldură al mediului de temperare [W/m²K];

S_T – suprafața activă a canalelor de temperare [m²];

T_{PT} - temperatura la perete a canalului de temperare [°K];

T_T -temperatura mediului de temperare [°K].

Eficacitatea unui sistem de temperare este determinată de regimul de curgere prin canale a mediului de temperare.

Coeficientul de transfer de căldură la curgerea laminară scade cu creșterea lungimii canalelor de temperare. Din acest motiv canalele de temperare sunt amplasate în direcția de curgere a metalului topit.

IV 6.4 Transferul de căldură în interiorul matriței.

Transferul termic în interiorul matriței se realizează în două moduri:

-prin convecție către platourile de prindere ale mașinii;

-prin radiație în aer.

Cantitatea de căldură Q_E dintre matriță și mediul înconjurător se scrie:

$$Q_E = Q_C + Q_R \quad (IV.11)$$

unde:

Q_C - pierderi de căldură prin convecție;

Q_R - pierderi de căldură prin radiație.

Pierderile de căldură prin convecție sunt nesemnificative, ele pot fi neglijate,

$Q_C = 0$.

Relația (IV. 11) devine:

$$Q_E = Q_R \quad (IV. 12)$$

Transferul termic prin radiație de la matriță către exterior se calculează cu relația:

$$Q_R = S_M e C_0 \left(\frac{T_{MS}}{100} \right)^4 \quad (IV. 13)$$

unde:

S_M – suprafața liberă a matriței în contact cu aerul înconjurător [m²];

e – coeficientul de emisie [m²];

C_0 – constanta lui Stefan – Boltzman [W/m²K⁴];

T_{MS} – temperatura la suprafața matriței [K].

IV 6.5 Amplasarea și dimensionarea practică a sistemului de

temperare

IV 6.5.1 Calculul simplificat al lungimii canalelor de răcire

Cantitatea de căldură cedată de o piesă turnată sub presiunea matriței se calculează cu relația:

$$Q = \frac{3600}{t_T} m(i_2 - i_1) \quad (IV.14)$$

unde:

t_T – durata ciclului de turnare [s];

m – masa piesei injectate [kg];

i_2 – entalpia metalului topit la intrarea în matriță [kJ / kg];

i_1 – entalpia metalului topit la extragere [kJ / kg]

Se neglijează pierderile de căldură ale matriței în exterior, prin convecție și radiație. Cantitatea de căldură se consideră în acest caz, în totalitate evacuată prin circuitul de răcire (temperare).

Se scrie:

$$Q = kS(T_2 - T_1) \quad [W] \quad (IV.15)$$

Coeficientul de transmisie se calculează cu relația:

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{\alpha} + \frac{\delta}{\lambda} \quad (IV.16)$$

unde: δ - distanța dintre piesă și canalul de răcire [m];

α - coeficient de convecție a fluidului [kJ / mh⁰C];

λ - coeficientul de conductibilitate termică a materialului matriței [kJ / mh⁰C].

Coeficientul de transmisie a circuitului de temperare se calculează cu formula:

$$\alpha = 19.37 + 0.27 \cdot T_i \cdot \dot{V}_i^{0.95} \quad [kJ / mh^0C] \quad (IV.17)$$

unde: T_i – temperatura de intrare în circuitul de temperare (°C);

\dot{V}_T – debitul circuitului de temperare [kg / cm²h];

ρ - densitatea lichidului de răcire [kg / m³]

Debitul se calculează cu formula:

$$\dot{V} = 10^{-4} v \cdot \rho \quad [kg / m^2h]; \quad (IV.18)$$

$v \geq 2300$ m/h – viteza de circulație a fluidului în canale.

Lungimea canalelor se calculează cu relația:

$$l = Q \frac{\frac{1}{\alpha} + \frac{\delta}{\lambda}}{\pi d_c (T_2 - T_1)} \quad [m] \quad (IV.19)$$

unde: d_c – diametrul canalului de temperare ales [m].

În cazul în care nu poate fi practic realizat în matriță lungimea circuitului se mărește diametrul de canal în asemenea măsură încât volumele să fie egale.

IV 6.5.2 Amplasarea sistemului de temperare

La dimensionarea și amplasarea sistemului de temperare trebuie să se țină seama de următoarele reguli:

- temperarea uniformă a întregii suprafețe a cuibului matriței;
- amplasarea canalelor în lungul drumului de curgere al metalului topit în matriță;
- numărul schimbărilor de direcție al circuitului de răcire să fie cât mai mic;
- asigurarea etanșeității circuitelor de temperare.

Temperarea plăcilor matrițelor de turnat sub presiune se face doar pentru plăcile de formare.

Circuitul de răcire cel mai frecvent utilizat se realizează prin canale rectilinii, legătura dintre canalele de răcire asigurându-se fie prin intermediul unor canale suplimentare practicate în plăcile matriței, fie printr-o legătură exterioară cu tuburi flexibile figura 4.28. La amplasarea canalelor de răcire în matrițe trebuie să se țină cont și de transferul local de căldură, răcirea trebuind să fie mai intensă în zonele cu temperatură mai ridicată fig. 4.29.

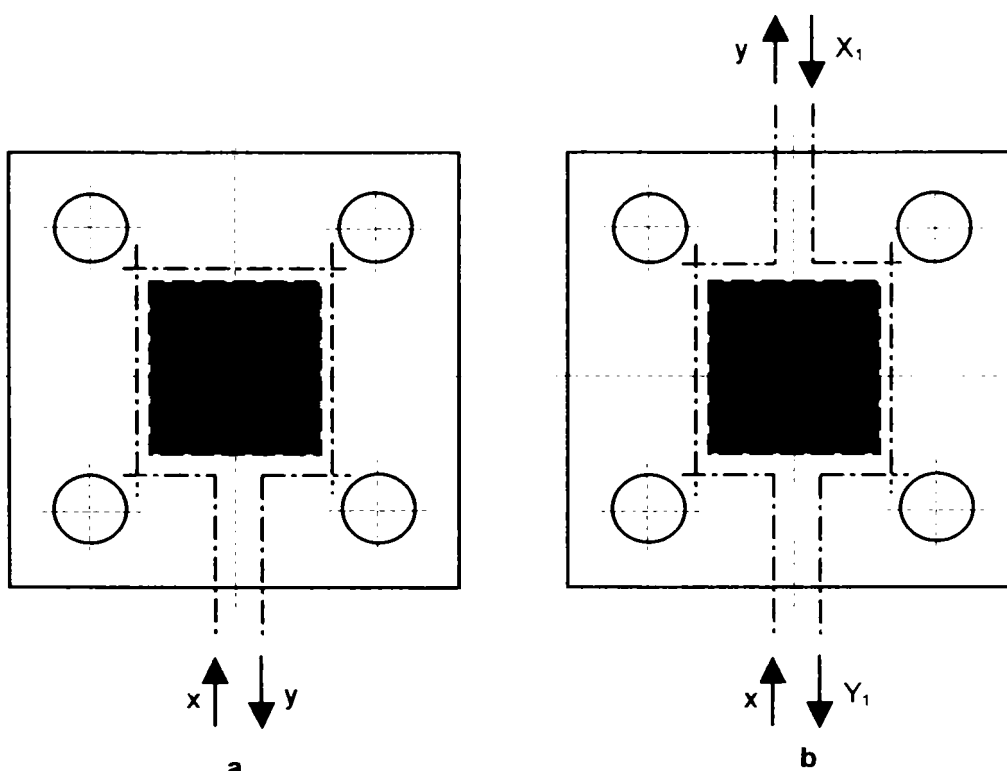


Fig. 4.28 Temperarea plăcilor
a – rețea cu intrarea și ieșirea lichidului de răcire de aceeași parte a matriței; b – rețea cu intrarea și ieșirea lichidului separat.

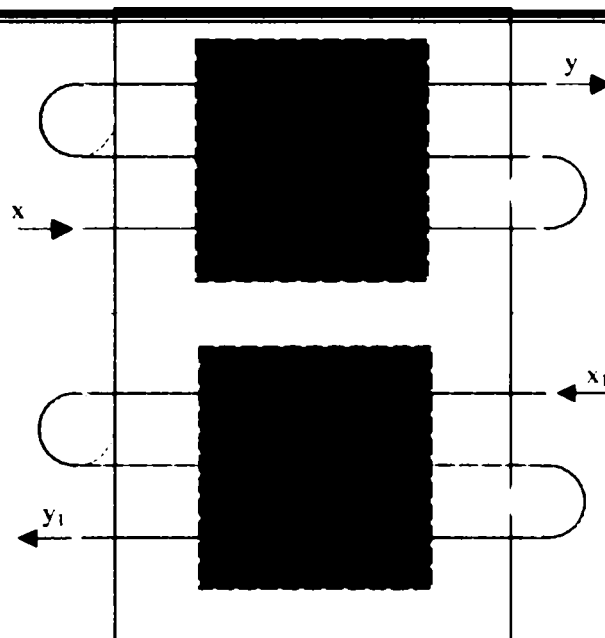


Fig. 4.29 Temperarea plăcilor în zona cu temperatură ridicată

Pentru răcirea plăcilor se folosesc canale care realizează circuite lungi și care urmăresc o răcire optimă, ocolind obstacolele din placă (coloane de ghidare, știfturi de centrare, etc.) figura 4.30.

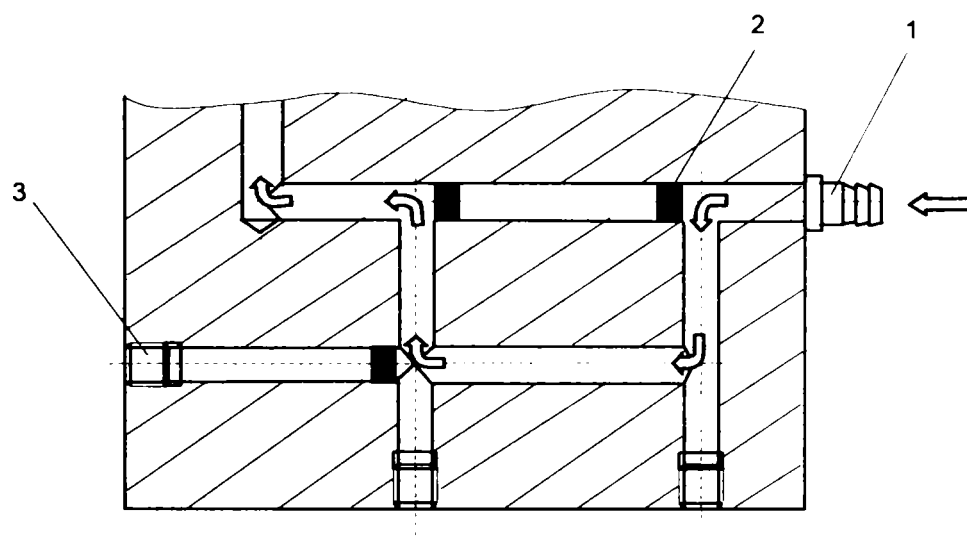


Fig. 4.30 Circuit lung de răcire printr-o placă de formare:
1 – racord de răcire; 2 – dop de dirijare; 3 – dop de etanșare.

IV. 6.6 Instalația de menținere a temperaturii matriței de turnat sub presiune

Pentru un proces de turnare sub presiune corect se urmăresc doi parametri: presiunea (viteza pistonului, timp de menținere) de injectare și temperatura optimă, constantă a plăcilor matriței.

Dacă parametri tehnologici sunt ușor de reglat din comanda mașinii de turnat, menținerea temperaturii plăcilor de matriță este o problemă rezolvată abia în ultimul timp.

Instalația prezentată constă în controlul temperaturii uleiului de răcire (TT50) care se introduce în orificii create în plăcile (fixă și mobilă) matriței, ulei ce formează prin instalație un circuit închis sub presiune. Răcirea uleiului se face cu ajutorul apei de rețea prin serpentine.

În figura 4.31 se prezintă schema constructivă și modul de funcționare a unei astfel de instalații.

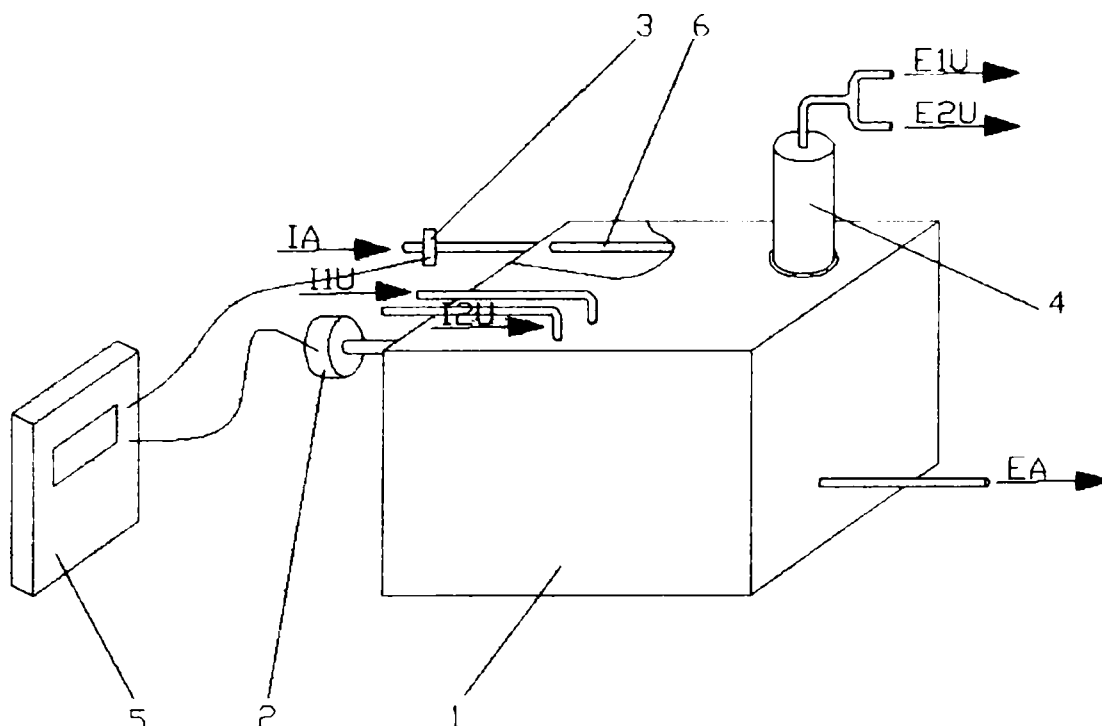


Fig.4.31 Instalație de menținere a temperaturii matritei

1 – rezervor; 2 – termocuplă; 3 – servovalvă; 4 – pompă de ulei; 5 – termoregulator; 6 – serpentină; IA – intrare apă; EA – ieșire apă; I1U – intrare ulei de la placa fixă; I2U – intrare ulei de la placa mobilă; E1U – ieșire ulei spre placa fixă; E2U – ieșire ulei spre placa mobilă.

Instalația de menținere a temperaturii are următoarele caracteristici:

1. Rezervor cu capacitatea de 40l, executat din OL37 grosime 2 mm. Rezervorul dispune de un capac închis etanș cu ajutorul șuruburilor și garniturilor.
2. Termocupla tip J. Fier- constantan cu domeniu de reglare între 0 – 400⁰ C.
3. Electrovalvă tip VEM cu acționare indirectă 2/2 normal închis tip 10.2.20.1.1.24. 2/24 V curent alternativ produs de SC Electrotermometria Pașcani.
4. Electropompa tip MUA – 16, curent 220V/ 380V la 50 Hz, putere 0.37 kW, n = 1500 rot / min (cu flanșa).
5. Termoregulator tip RI 97 TTc 1, cu domeniu de reglare între 0 – 500⁰ C, produs de Tehmotrust Bistrița.
6. Serpentină executată din țevă de cupru Φ20.

Legătura între matrită și rezervor se face prin intermediul unor furtune rezistente la temperatură (până la 200⁰C), etanșate prin înfiletare.

Modul de funcționare este următorul:

- se reglează termoregulatorul la temperatura dorită (ex. 100⁰C);
- când uleiul ajunge la această temperatură (măsurată de termocuplă) electrovalva (a apei de răcire) este închisă;
- la o temperatură superioară celei programate, termocupla deschide electrovalva și permite apei pătrunderea în serpentină pentru răcirea uleiului;
- dacă în timpul răcirii, temperatura scade sub 100⁰C termocupla închide din nou valva, permițând curgerea uleiului fără răcire;

-răcirea și încălzirea uleiului se execută ciclic funcție de comanda termoregulatorului la comanda termocuplei.

Păstrarea unei temperaturi optime a plăcilor de matriță asigură:

- rezistența mecanică mărită a pieselor;
- calitate superioară a suprafeței pieselor;
- fiabilitatea matriței este net superioară (se pot calcula jocurile între elementele în mișcare, evitându-se griparea matriței sau apariția bavurilor).

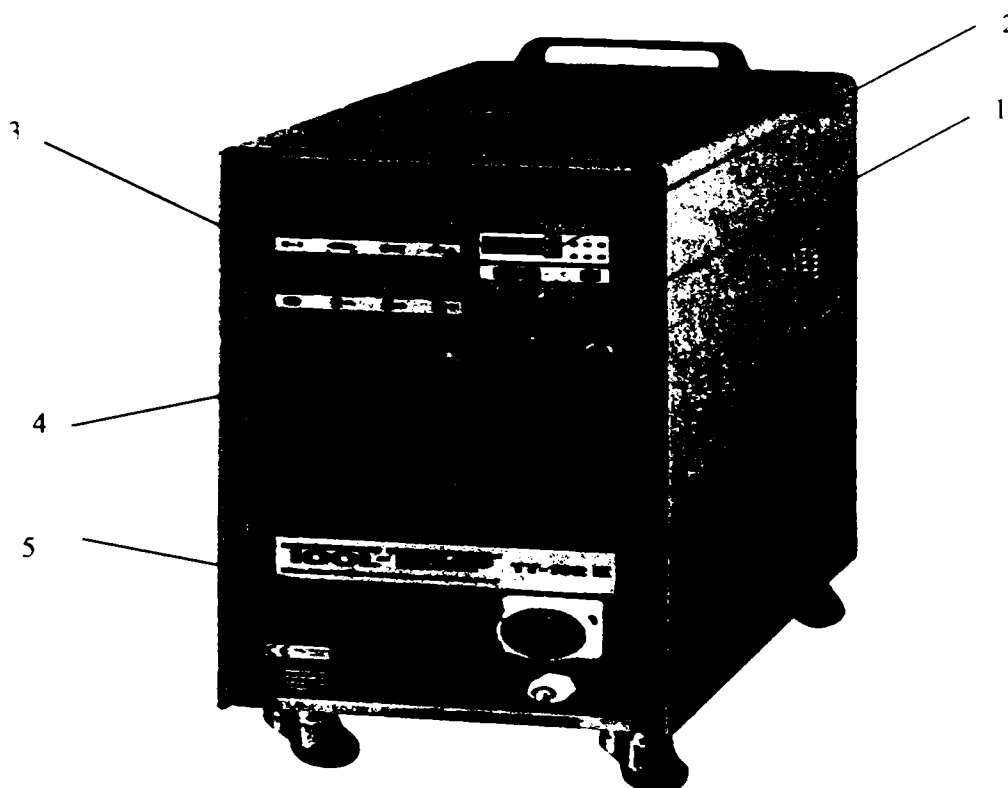


Fig. 4.32 Agregat de temperare tip TOOL TEMP TT-162 E

Se prezintă în fig. 4.32, un agregat complex de temperare, care prezintă avantajul că reglează automat debitul de fluid (răcire) și poate alimenta patru mașini având patru circuite de răcire separate. Este produs de firma TOOL-TEMP AG CH-8590 Romanshorn Elveția.

Agregatul prezintă următoarele părți componente:

- 1 comutator pentru încărcare-descărcare circuit cu fluid;
- 2 sistemul de programare și monitorizare a temperaturii;
- 3 afișarea luminoasă a conectării fiecărui circuit;
- 4 comutatoarele de start;
- 5 întrerupător general.

Caracteristicile tehnice:

- model TT-162 E
- temperatura maximă a apei 90°C;
- temperatura maximă a uleiului 150°C;
- puterea motoarelor
 - apă 12 kW
 - ulei 6Kw

- presiunea pompei max. 4 bari/ max. 75 l/min.;
- greutatea agregatului 65 kg;
- dimensiuni de gabarit L 660 x B 305 x H 765mm.

Flexibilitatea acestui agregat constă în faptul că odată cu setarea termoregulatorului la temperatura dorită și a histerezisului aferent pompa de recirculare funcționează împreună cu rezistența de încălzire până la temperatura setată, când se întrerupe alimentarea rezistenței; la atingerea unei temperaturi imediat superioare este comandată automat deschiderea electrovalvei de împropătare care rămâne deschisă până când se ajunge la o temperatură imediat ușor inferioară celei prescrise. Acest ciclu se repetă aleatoriu funcție de variația temperaturii în așa fel încât temperatura setată rămâne constantă.

IV.7 Flexibilizarea mașinii de turnat sub presiune

IV. 7.1 Solidificarea aliajului din cavitatea amprență;

proces de solidificare

Flexibilitatea mașinii de turnat sub presiune a aliajelor ușoare (neferoase) constă în determinarea rapidă a timpului de solidificare a aliajului adică, timpul de menținere a mașinii în poziție închisă (blocare sub presiune) și reglarea ușoară a acesteia.

Se va studia formarea piesei turnate ca proces de trecere a metalului din stare lichidă în stare solidă, fără a ține seama de structura lui cristalină. Procesul de solidificare se prezintă, în acest caz, exclusiv ca proces termic, adică o răcire cu degajarea căldurii de cristalizare.

Pentru a caracteriza procesul de formare a piesei turnate este necesar a soluționa următoarele probleme:

- stabilirea câmpului de temperatură al piesei turnate atât în perioada de solidificare cât și în perioada de răcire ulterioară;
- modul cum decurge procesul de solidificare;
- fenomenele ce însoțesc procesul de solidificare și răcirea ulterioară a piesei turnate.

IV.7.2 Ecuația diferențială a conductivității termice

Pentru stabilirea legii de distribuție a temperaturii (a câmpului de temperatură) în piesa turnată, în timpul solidificării și în timpul răcirii este necesar a se scrie ecuația diferențială și a prezenta ulterior rezolvarea ei.

În teoria conductivității se acceptă: cantitatea de căldură ΔQ , care trece printr-un element de suprafață dS în timpul dt , este proporțională cu dS , dt și vectorul gradientului de temperatură având direcția normală pe suprafața nivelului în sensul creșterii temperaturii $grad_n T$.

$$\Delta Q = \lambda \cdot dS \cdot dt \cdot [grad_n T] \quad (IV.36)$$

în care: λ - coeficientul de proporționalitate, numit conductivitate termică interioară;

T – temperatura;

n – direcția normală pe dS .

Dacă se consideră o suprafață închisă S , care limitează un volum V , cantitatea totală de căldură care trece prin suprafața S se determină prin expresia:

$$Q = -dt \iint_{(S)} \lambda grad_n T \cdot dS \quad (IV.37)$$

Semnul minus, este luat deoarece căldura se scurge în sensul scăderii temperaturii.

Cantitatea de căldură, cedată de volumul V , poate fi calculată pe altă cale. La scăderea temperaturii elementului de volum dV cu dT , în intervalul de timp dt trebuie să se degajeze următoarea cantitate de căldură:

$$C \cdot dt \cdot \gamma \cdot dV = C \cdot \gamma \cdot \frac{\partial T}{\partial t} \cdot dt \cdot dV \quad (\text{IV.38})$$

în care : C – căldura specifică a aliajului;
 γ - densitatea.

Se obține următoarea expresie pentru căldura cedată de întregul volum:

$$Q = -dt \cdot \iiint_{(V)} C \cdot \gamma \cdot \frac{\partial T}{\partial t} \cdot dV \quad (\text{IV.39})$$

Egalând relațiile (IV.37) și (IV.39) obținem:

$$\iiint_{(V)} C \cdot \gamma \cdot \frac{\partial T}{\partial t} \cdot dV = \iint_{(S)} \lambda \cdot \text{grad}_n \cdot T \cdot dS \quad (\text{IV.40})$$

Se cunoaște însă că integrala spațială a debitului este egală cu fluxul câmpului prin suprafața volumului dat.

Prin urmare, expresia (IV.40) devine:

$$\iiint_{(V)} C \cdot \gamma \cdot \frac{\partial T}{\partial t} \cdot dV = \iiint_{(V)} \text{div}(\lambda \cdot \text{grad}T) \cdot dV \quad (\text{IV.41})$$

sau

$$\iiint_{(V)} [C \cdot \gamma \cdot \frac{\partial T}{\partial t} \cdot dV - \text{div}(\lambda \cdot \text{grad}T)] dV = 0 \quad (\text{IV.42})$$

În acest caz expresia:

$$C \cdot \gamma \cdot \frac{\partial T}{\partial t} = \text{div}(\lambda \cdot \text{grad}T) \quad (\text{IV.43})$$

reprezintă ecuația conductivității termice.

Expresia (IV.43) se prezintă în forma desfășurată, astfel:

$$C \cdot \gamma \cdot \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial z} \right) \quad (\text{IV.44})$$

Dacă, pentru simplificare, se acceptă că C , γ , λ sunt constante ecuația (IV.44) ia următoarea formă:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) \quad (\text{IV.45})$$

în care $a = \frac{\lambda}{C \cdot \gamma}$ - difuzivitatea termică.

În cazul în care temperatura T nu depinde de y și z ecuația conductivității termice ia forma:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \quad (\text{IV.46})$$

IV.7.3 Propagarea căldurii într-un perete plan infinit de grosime

Se studiază cazul când temperatura este aceeași în toate punctele oricărui plan perpendicular pe axa x .

Se acceptă ecuația diferențială (IV.46):

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}$$

În momentul inițial $t = 0$, punem condiția $T(x,0) = f(x)$, astfel nu vor exista nici un fel de condiții limită.

Soluția particulară a ecuației diferențiale (IV.46) are expresia:

$$T = (a \cos \lambda x + b \sin \lambda x) \cdot e^{-a\lambda^2 t} \quad (\text{IV.47})$$

În acest caz, constantele a și b pot să depindă de λ - parametru însă nu de coeficientul conductivității termice).

Din cauza lipsei condițiilor limită, parametru λ rămâne complet arbitrar. De aceea la obținerea soluției generale sub forma unei sume, toate valorile lui λ sunt echivalente.

Se va înlocui suma în funcție de valorile individuale ale lui λ , printr-o integrală în funcție de parametru λ între limitele $(-\infty)$ și $(+\infty)$, adică:

$$T(x,t) = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-a\lambda^2 t} [a(\lambda) \cos \lambda x + b(\lambda) \sin \lambda x] d\lambda \quad (\text{IV.48})$$

Raportând soluția generală obținută la condiția inițială obținem:

$$f(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} [a(\lambda) \cos \lambda x + b(\lambda) \sin \lambda x] d\lambda \quad (\text{IV.49})$$

în care valorile lui $a(\lambda)$ și $b(\lambda)$ sunt:

$$a(\lambda) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} f(\xi) \cos \lambda \xi d\xi \quad (\text{IV.50})$$

$$b(\lambda) = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} f(\xi) \sin \lambda \xi d\xi \quad (\text{IV.51})$$

Ținând cont de relațiile (IV.49), (IV.50) și (IV.51) relația (IV.48) devine:

$$T(x,t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} f(\xi) d\xi \int e^{-a\lambda^2 t} \cos \lambda(\xi - x) d\lambda \quad (\text{IV.52})$$

Soluția poate fi simplificată ținând cont că:

$$\frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} e^{-a\lambda^2 t} \cos \lambda(\xi - x) d\lambda = \frac{1}{2\sqrt{\pi a t}} e^{-\frac{(\xi-x)^2}{4at}} \quad (\text{IV.53})$$

Astfel că soluția definitivă se prezintă sub forma:

$$T(x,t) = \frac{1}{2\sqrt{\pi at}} \int_{-\infty}^{\infty} f(\xi) e^{-\frac{(\xi-x)^2}{4at}} d\xi \quad (\text{IV.54})$$

Cazul semispațiului $x > 0$

Admitem că pe suprafața $x=0$ se menține o temperatură de 0°C . Soluția dedusă nu poate fi folosită direct, deoarece, conform condițiilor inițiale, funcția $f(x)$ este determinată numai în intervalul $(0, \infty)$. Prin urmare, funcția $f(x)$ trebuie prelungită în intervalul $(-\infty; 0)$ astfel încât să avem:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} f(\xi) e^{-\frac{\xi^2}{4at}} d\xi = 0 \quad (\text{IV.55})$$

Soluția problemei va fi următoarea:

$$T(x,t) = \frac{1}{2\sqrt{\pi at}} \int_0^{\infty} f(\xi) \left[e^{-\frac{(\xi-x)^2}{4at}} - e^{-\frac{(x+\xi)^2}{4at}} \right] d\xi \quad (\text{IV.56})$$

Se presupune că temperatura inițială este constantă:

$$T|_{t=0} = f(x) = T_0 \quad (\text{IV.57})$$

și se transformă formula obținută, prin înlocuirea variabilei.

Mai întâi se consideră integrala:

$$\int_0^{\infty} e^{-\frac{(x-\xi)^2}{4at}} d\xi \quad (\text{IV.58})$$

și se introduc notațiile:

$$\frac{\xi - x}{2\sqrt{at}} = k \quad (\text{IV.59})$$

$$d\xi = 2\sqrt{at} dk \quad (\text{IV.60})$$

Se notează limitele vechi de integrare prin $a = 0$ și $b = \infty$; se determină expresia pentru limitele noi pe care le notăm cu α și β .

În expresia lui k , se introduce $a' = \varepsilon$, iar $k = \alpha$ atunci:

$$\alpha = \frac{a' - x}{2\sqrt{at}} \quad \text{și deoarece } a' = 0, \quad \alpha = \frac{x}{2\sqrt{at}}$$

Procedând analog se constată că $\beta = \infty$

$$\text{Se notează:} \quad \frac{x + \xi}{2\sqrt{at}} = z \quad (\text{IV.61})$$

Expresia (IV.58) devine:

$$\int_0^{\infty} e^{-\frac{(x-\xi)^2}{4at}} d\xi = 2\sqrt{at} \int_{\frac{x}{2\sqrt{at}}}^0 e^{-z^2} dz + 2\sqrt{at} \int_0^{\infty} e^{-z^2} dz \quad (\text{IV.62})$$

După înlocuirea $f(x) = T_0$ și transformarea celor două integrale, formula pentru soluționarea problemei puse, va lua o formă mai simplă și anume:

$$T(x,t) = \frac{T_0}{\sqrt{\pi}} \int_{-\frac{x}{2\sqrt{at}}}^{\frac{x}{2\sqrt{at}}} e^{-k^2} dk \quad (\text{IV.63})$$

IV.7.4 Distribuirea temperaturii în forma umplută cu metal

Dacă se admite că pe suprafața $x=0$ se menține temperatura constantă T_n , temperatura inițială este egală cu 0, adică:

$$T|_{t=0} = 0 \quad (\text{IV.64})$$

Pentru a se obține soluția ecuației diferențiale a conductivității termice care să satisfacă condițiile inițiale arătate mai sus avem:

$$T = V + T_n \quad (\text{IV.65})$$

Funcția V va fi de asemenea o soluție a ecuației diferențiale de forma (IV.63). Condițiile pe care trebuie să le satisfacă această funcție vor fi:

$$V|_{x=0} = 0; V|_{t=0} = -T_n \quad (\text{IV.66})$$

Pentru obținerea soluțiilor se folosește soluția funcției (IV.63), în care introducem $T_0 = -T_n$.

Atunci:

$$V(x,t) = -\frac{T_n}{\sqrt{\pi}} \int_{-\frac{x}{2\sqrt{at}}}^{\frac{x}{2\sqrt{at}}} e^{-k^2} dk \quad (\text{IV.67})$$

relația (IV.65) devine:

$$T(x,t) = T_n - \frac{T_n}{\sqrt{\pi}} \int_{-\frac{x}{2\sqrt{at}}}^{\frac{x}{2\sqrt{at}}} e^{-k^2} dk \quad (\text{IV.68})$$

de unde formula finală va fi:

$$T(x,t) = T_n - T_n \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\frac{x}{2\sqrt{at}}} e^{-k^2} dk \quad (\text{IV.69})$$

rezultând că integrala funcției (IV.69) este integrala erorilor lui Gauss:

$$G\left(\frac{x}{2\sqrt{at}}\right) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\frac{x}{2\sqrt{at}}} e^{-k^2} dk \quad (\text{IV.70})$$

Condițiile de propagare a căldurii în forma umplută cu metal, până în momentul începerii creșterii temperaturii pe suprafața ei exterioară, permit să se folosească formula dedusă. În acest caz T_n este temperatura suprafeței metal – formă, temperatură care se consideră constantă, iar difuzivitatea termică, se consideră că are valoarea $\lambda/c \cdot \gamma$.

IV.7.5 Viteza de transmitere a căldurii de la piesa turnată prin unitatea de suprafață metal – formă

Se determină conform legii lui Fourier - **cantitatea de căldură transmisă, este proporțională cu scăderea de temperatură, timpul și secțiunea perpendiculară pe direcția de transmitere a căldurii.**

$$\frac{\partial Q}{\partial t} = -\lambda \left[\frac{\partial T}{\partial x} \right]_{x=0} \quad (\text{IV.71})$$

Prin diferențierea ecuației considerate, se determină gradientul de temperatură $\frac{\partial T}{\partial x}$:

$$\frac{\partial T}{\partial x} = \frac{\partial \left(T_n - T_n \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\frac{x}{\sqrt{4at}}} e^{-k^2} dk \right)}{\partial x} \quad (\text{IV.72})$$

în care T_n temperatura suprafeței metal – formă, temperatură pe care o considerăm constantă.

Rezultă:

$$\frac{\partial T}{\partial x} = T_n \frac{e^{-\frac{x^2}{4at}}}{\sqrt{\pi at}} \quad (\text{IV.73})$$

Se introduce valoarea obținută pentru gradientul de temperatură în expresia pentru viteza de transmitere a căldurii de la piesa turnată și raportându-se această expresie la $x=0$ se obține:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} = -\lambda \frac{T_n}{\sqrt{\pi at}} \quad (\text{IV.74})$$

Integrala acestei ecuații între limitele 0 și t exprimă cantitatea totală de căldură primită de către formă prin unitatea de suprafață a acesteia, în intervalul de timp t :

$$Q_f = \frac{2bfT_n\sqrt{t}}{\sqrt{\pi}} \quad (\text{IV.75})$$

în care:

$$b_f = \sqrt{\lambda c \gamma} \quad (\text{IV.76})$$

Cantitatea totală de căldură primită prin toată suprafața de lucru a formei va fi:

$$Q_{f, tot} = \frac{F 2b_f T_n \sqrt{t}}{\sqrt{\pi}} \quad (IV.77)$$

în care: F – mărimea suprafeței piesei turnate.

În cazul solidificării piesa trebuie să cedeze forme următoarea cantitate de căldură:

$$Q' = q \cdot [L + C_l \cdot (T_l - T_s)] \quad (IV.78)$$

unde: q – greutatea piesei;

L – căldura de topire;

C_l – căldura specifică a metalului;

T_l – temperatura metalului în momentul turnării;

T_s – temperatura sfârșitului solidificării (temperatura solidus).

Pentru a se determina durata de solidificare trebuie scrisă egalitatea $Q' = Q_f$, din care se obține:

$$\sqrt{t} = - \frac{q \sqrt{\pi} [L + C_l (T_l - T_s)]}{2b_f F T_n} \quad (IV.79)$$

unde, T_n – temperatura pe suprafața metal- formă și are expresia:

$$T_n = \frac{b_m}{b_f + b_m} \cdot T_l \quad (IV.80)$$

unde: b_m – coeficient de acumulare pentru metal;

b_f – coeficient de acumulare pentru formă.

IV.7.6. Problema fizică în optimizarea timpului de solidificare. Ecuțiile fenomenelor de transport în fluid

Transferul termic este caracterizat de ecuația de conservare a energiei termice:

$$\frac{\partial T}{\partial t} + (\vec{v} \cdot \nabla) T = \kappa \Delta T + S_q \quad (IV.81)$$

unde:

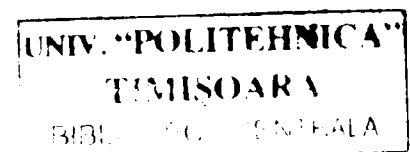
T este temperatura;

\vec{v} - viteza fluidului;

κ - difuzivitatea termică ;

S_q - sursa termică.

În diverse sisteme de coordonate ecuația (IV.81) se prezintă astfel:



- Coordonate rectangulare,

$$\frac{\partial T}{\partial t} + v_x \frac{\partial T}{\partial x} + v_y \frac{\partial T}{\partial y} + v_z \frac{\partial T}{\partial z} = \kappa \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) + S_q \quad (\text{IV.82})$$

- Coordonate cilindrice,

$$\frac{\partial T}{\partial t} + v_r \frac{\partial T}{\partial r} + \frac{v_\theta}{r} \frac{\partial T}{\partial \theta} + v_z \frac{\partial T}{\partial z} = \kappa \left[\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 T}{\partial \theta^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right] + S_q \quad (\text{IV.83})$$

- Coordonate sferice,

$$\begin{aligned} \frac{\partial T}{\partial t} + v_r \frac{\partial T}{\partial r} + \frac{v_\theta}{r} \frac{\partial T}{\partial \theta} + \frac{v_\phi}{r \sin \theta} \frac{\partial T}{\partial \phi} = \kappa \left[\frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \right. \\ \left. + \frac{1}{r^2 \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} \left(\sin \theta \frac{\partial T}{\partial \theta} \right) + \frac{1}{r^2 \sin^2 \theta} \frac{\partial^2 T}{\partial \phi^2} \right] + S_q \end{aligned} \quad (\text{IV.84})$$

Soluția acestei ecuații fundamentale permite determinarea câmpului de temperatură precum și determinarea altor mărimi.

IV.7.6.1 Condiții inițiale și condiții la limită

Câmpul de temperatură trebuie să verifice, pe lângă ecuația (IV.81) și condiții la limită și condiții inițiale.

Verificarea condiției inițiale presupune cunoașterea valorilor temperaturii, la momentul inițial $t=0$:

$$T(x, y, z, t) \Big|_{t=0} = f(x, y, z) \quad (\text{IV.85})$$

Condițiile la limită presupun cunoașterea funcției $T(x,y,z,t)$ sau a derivatei sale normale, pe frontiera care mărginește domeniul în care se caută soluția. [lord 85]

Dacă se notează cu Γ frontiera domeniului, atunci condițiile la limită se pot scrie în forma generală:

$$aT(x,y,z,t) + b \frac{\partial T(x,y,z,t)}{\partial n} = c. \quad (\text{IV.86})$$

În modelul care urmează se va folosi o secțiune în două axe xOy .

IV.7.6.2 Model matematic pentru determinarea timpului de solidificare

Având în vedere că piesele la turnare au o formă neregulată, ne vom limita la analiza transferului termic într-o secțiune **maximă** a acestora ceea ce permite utilizarea unui model bidimensional. Secțiunea este prezentată în figura 4.40 și o vom nota cu Ω ,

$$\Omega = \{(x,y) \in \mathbb{R}^2 \mid 0 < x < L; 0 < y < l\} \quad (\text{IV.87})$$

De asemenea, considerăm ipoteza că nu avem mișcare de convecție în topitură ceea ce presupune câmpul de viteze în fluid nul. În absența convecției ecuația transferului termic este:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \kappa \Delta T \quad \text{in } \Omega, \quad (\text{IV.88})$$

În care:

$\kappa = K/\rho c$ - difuzivitatea termică;

K - conductivitatea termică;

ρ - densitatea materialului;

C - căldura specifică.

Într-un sistem de coordonate carteziene, această ecuație este:

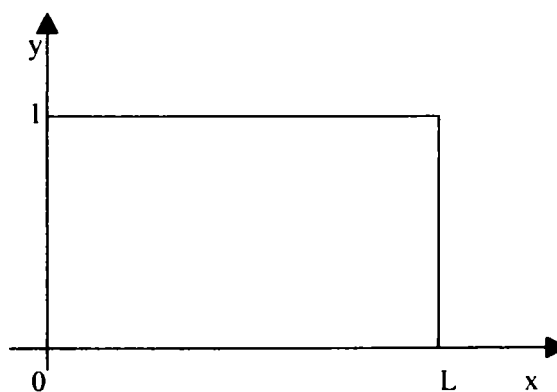


Fig.4.40

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \kappa \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right) \text{ în } \Omega. \quad (\text{IV.89})$$

Condițiile inițiale și la limită sunt:

$$T(x,y,0)$$

$$T|_{\Gamma} = T_p.$$

Studiul procesului de solidificare se face în general,utilizând forme adimensionale ale legilor de conservare. În literatură sunt folosite mai multe procedee de adimensionalizare.[Fle 90] În teză vom folosi următorii parametri adimensionali:

$$x^* = \frac{x}{L}; \quad y^* = \frac{y}{L}; \quad t^* = \frac{t\nu}{L^2}$$

unde ν este coeficientul de vâscozitate cinematică, iar L o lungime caracteristică.

$$\theta = \frac{T - T_m}{T_0 - T_m} \text{ în care } T_m \text{ este temperatura de solidificare, iar } T_0 \text{ temperatura inițială.}$$

Vom transforma ecuația (IV.89), utilizând parametri adimensionali.Astfel, derivatele parțiale ce intervin în ecuație, sunt :

$$\bullet \frac{\partial}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x^*} \frac{\partial x^*}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y^*} \frac{\partial y^*}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial t^*} \frac{\partial t^*}{\partial t} \text{ deci: } \frac{\partial}{\partial t} = \frac{\nu}{L^2} \frac{\partial}{\partial t^*} \quad (\text{IV.90})$$

$$\downarrow \qquad \qquad \downarrow$$

$$0 \qquad \qquad 0$$

$$\bullet \frac{\partial}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x^*} \frac{\partial x^*}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y^*} \frac{\partial y^*}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial t^*} \frac{\partial t^*}{\partial x} \text{ deci: } \frac{\partial}{\partial x} = \frac{1}{L} \frac{\partial}{\partial x^*}$$

$$\downarrow \qquad \qquad \downarrow$$

$$0 \qquad \qquad 0$$

$$\text{adică, } \frac{\partial^2}{\partial x^2} = \frac{1}{L^2} \frac{\partial^2}{\partial x^{*2}} \quad (\text{IV.91})$$

$$\bullet \frac{\partial}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x^*} \frac{\partial x^*}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial y^*} \frac{\partial y^*}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial t^*} \frac{\partial t^*}{\partial y} \text{ deci: } \frac{\partial}{\partial y} = \frac{1}{L} \frac{\partial}{\partial y^*}$$

$$\downarrow \qquad \qquad \downarrow$$

$$0 \qquad \qquad 0$$

$$\text{adică, } \frac{\partial^2}{\partial y^{*2}} = \frac{1}{L^2} \frac{\partial^2}{\partial y^{*2}} \quad (\text{IV.92})$$

Cu acestea, ecuația (IV.89) se scrie:

$$\frac{\nu}{L^2} \frac{\partial}{\partial t^*} [T_m + \theta(T_0 - T_m)] = \chi \left[\frac{1}{L^2} \frac{\partial^2}{\partial x^{*2}} (T_m + \theta(T_0 - T_m)) + \frac{1}{L^2} \frac{\partial^2}{\partial y^{*2}} (T_m + \theta(T_0 - T_m)) \right] \quad (\text{IV.93})$$

ceea ce conduce la :

$$\frac{\partial \theta}{\partial t^*} = \frac{\kappa}{\nu} \left(\frac{\partial^2 \theta}{\partial x^{*2}} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial y^{*2}} \right) \quad (\text{IV.94})$$

În continuare vom renunța la notația *(steluță).

Dacă se notează cu:

$$\text{Pr} = \frac{\nu}{\kappa} = \frac{c\rho\nu}{k} \text{ (nr. Prandtl) , atunci rel (IV.94) devine:}$$

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{1}{\text{Pr}} \left(\frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial y^2} \right) , \text{ în } \Omega \quad (\text{IV.95})$$

$$\text{În forma adimensionalizată condiția inițială este: } \theta_0 = 1 \text{ în } \Omega, \quad (\text{IV.96})$$

$$\text{Deasemenea , condiția la frontieră este: } \theta = \theta_p \leq 0 \text{ pe } \Gamma \quad (\text{IV.97})$$

Vom rezolva problema, rel(IV.95)-(IV.97), utilizând o metodă numerică cu diferențe finite. Pentru aceasta,vom construi o rețea de noduri (un maiaj) pe domeniu Ω fig(4.41).

În această figură, N_x reprezintă numărul de noduri pe direcția x,iar N_y numărul de noduri pe direcția y; $j=1 \dots N_x$, $k=1 \dots N_y$.

Ecuția (IV.95) în formă discretizată este:

$$\frac{\theta_{j,k}^{n+1} - \theta_{j,k}^n}{\Delta t} = \frac{1}{Pr} \left(\frac{\theta_{j+1,k}^n - 2\theta_{j,k}^n + \theta_{j-1,k}^n}{\Delta x^2} + \frac{\theta_{j,k+1}^n - 2\theta_{j,k}^n + \theta_{j,k-1}^n}{\Delta y^2} \right) \quad (IV.98)$$

unde $\Delta x, \Delta y$ sunt pașii rețelei pe direcția x , respectiv y , iar Δt este pasul de timp;

$\theta_{j,k}^n$ reprezintă valoarea lui θ în nodul (j,k,n) .

După o rearanjare ecuația (IV.98) devine:

$$\theta_{j,k}^{n+1} = \theta_{j,k}^n + \frac{\Delta t}{Pr \Delta x^2} (\theta_{j+1,k}^n - 2\theta_{j,k}^n + \theta_{j-1,k}^n) + \frac{\Delta t}{Pr \Delta y^2} (\theta_{j,k+1}^n - 2\theta_{j,k}^n + \theta_{j,k-1}^n) \quad (IV.99)$$

Mai mult, dacă se notează:

$$S_x = \frac{\Delta t}{Pr \Delta x^2} \quad \text{și} \quad S_y = \frac{\Delta t}{Pr \Delta y^2} \quad \text{ecuația (IV.99) are forma :}$$

$$\theta_{j,k}^{n+1} = S_x \theta_{j-1,k}^n + (1 - 2S_x - 2S_y) \theta_{j,k}^n + S_x \theta_{j+1,k}^n + S_y \theta_{j,k-1}^n + S_y \theta_{j,k+1}^n \quad (IV.100)$$

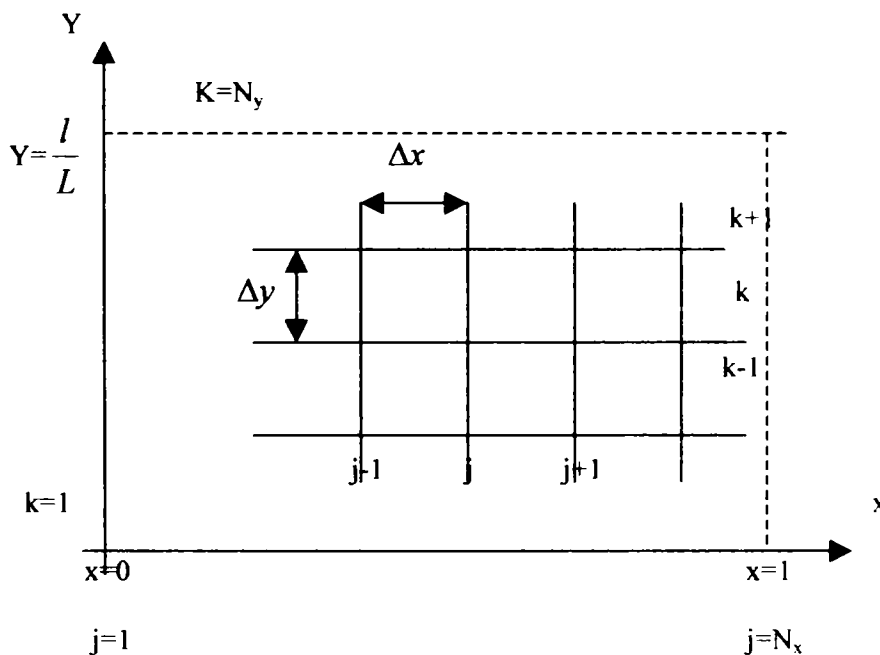


Fig 4.41 Rețea de noduri(un maiaj) pe domeniul Ω

Transpunerea modelului matematic (rel. IV.100) în sistemul de prelucrare automată a datelor se regăsește în programul **”Determinarea timpului de mentinere a pieselor la turnarea sub presiune”** (prezentat în continuare) realizat cu ajutorul limbajului de programare **”Visual C”**, sub sistemul de operare Windows”

```
// Unit1.cpp
// Determinarea timpului de mentinere a pieselor la turnarea sub presiune.
//-----

#include <vcl.h>
#pragma hdrstop

#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <time.h>
#include <math.h>

#include "Unit1.h"

#pragma package (smart_init)
#pragma link "AdvEdit"
#pragma resource "*.dfm"
TForm1 *Form1;

__fastcall TForm1::TForm1 (TComponent* Owner) : TForm (Owner)

#define pr      0.01
#define nu      0.0013
#define Tm      300.0      // Temperatura de solidificare.

double teta [300][300], teta1 [300][300];
double *tetap, *teta1p;

int j, k, Nx, Ny;
double L, Ld, l, ld;
double dx, dy, dt;
double sx, sy, sxy;
double T0 = 420, Tp = 200, tp, tm;
double treat;

char temp [256];

int n, cont;
```

```

FILE *in;

void Init (void)
{ int k, j;}

    for (k = 1; k < (Ny + 1); k++)
    for (j = 1; j < (Nx + 1); j++)
        *(tetap + (k * 300) + j) = 1.0;
void __fastcall TForm1:: ButtonStartClick (TObject *Sender)
char string [1024];

cont = 0;
n = 1;

tetap = (double *) teta;
teta1p = (double *) teta1;

Ld = EditLd-> Text. ToDouble ();
if (Ld == 0)
    {ShowMessage ("Ld = 0.");
    EditLd-> SetFocus ();
    return; }

ld = EditLI-> Text. ToDouble ();

sprintf (string, "T0 = %10.4lf, Tp = %10.4lf", T0, Tp);
Label1-> Caption = string;
Application-> ProcessMessages ();

L = 1.0;           // Adimensionale.
l = ld / Ld;
Nx = 80;
Ny = 40;
tp = (Tp - Tm) / (T0 - Tm);
tm = (Tm - Tm) / (T0 - Tm);           // tm = 0

dx = L / (double) Nx;
dy = l / (double) Ny;

sprintf (string, "dx = %10.4lf, dy = %10.4lf", dx, dy);
Label2-> Caption = string;
Application-> ProcessMessages ();

dt = 0.0000001;

```



```

sx = dt / (pr * dx * dx);
sy = dt / (pr * dy * dy);
sxy = 1.0 - 2.0 * sx - 2.0 * sy;

sprintf (string, "sx = %10.4lf, sy = %10.4lf", sx, sy);
Label3-> Caption = string;
Application-> ProcessMessages ();

Init ();

while (cont == 0)
    for (k = 2; k < Ny; k++)          // calc nivel n + 1 temp
        for (j = 2; j < Nx; j++)
            *(teta1p + (k * 300) + j) = sx * (*(teta1p + (k * 300) + j - 1)) +
                sxy * (*(teta1p + (k * 300) + j)) +
                sx * (*(teta1p + (k * 300) + j + 1)) +
                sy * (*(teta1p + ((k - 1) * 300) + j)) +
                sy * (*(teta1p + ((k + 1) * 300) + j));

// Frontiere
for (j = 2; j < Nx; j++) *(teta1p + (1 * 300) + j) = tp;
for (j = 2; j < Nx; j++) *(teta1p + (Ny * 300) + j) = tp;
for (k = 2; k < Ny; k++) *(teta1p + (k * 300) + 1) = tp;
for (k = 2; k < Ny; k++) *(teta1p + (k * 300) + Nx) = tp;

for (k = 1; k < (Ny + 1); k++)
    for (j = 1; j < (Nx + 1); j++)
        *(teta1p + (k * 300) + j) = *(teta1p + (k * 300) + j);

if (!(n % 100))
    {sprintf (temp, "%dtemp.rez", n);}

for (k = 1; k < (Ny + 1); k++)
    for(j = 1; j < (Nx + 1); j++)
        { in = fopen (temp,"at");
          fprintf (in, "%f %f %f\n", (j - 1) * dx,
              (k - 1) * dy,
              *(teta1p + (k * 300) + j));
          fclose (in); }

if ((*(teta1p + (Ny / 2 * 300) + Nx / 2) - tm) < 0.001)
cont = 1; }
n++;

```

```

Label4-> Caption = "n = " + IntToStr (n);
Application-> ProcessMessages ();

treal = n * dt * Ld * Ld / nu;
sprintf (string, "Timp real de mentinere = %10.4f", treal);
Label5-> Caption = string;

void __fastcall TForm1:: ButtonExitClick (TObject *Sender)
{Application-> Terminate (); }
//-----

```

În fig.4.42 este prezentată o aplicație cu următoarele date:

-dimensiunile piesei pentru care se calculează timpul de mentinere a piesei în vederea solidificării sunt Ld (lungimea diagonalei piesei)=10mm

Li (înălțimea piesei)=10mm;

-temperatura aliajului(topiturii)=420⁰C;

-temperatura piesei la expulzare din matrită=200⁰C;

-pașii rețelei pe direcția x respectiv y sunt dx=0.0125 mm și dy=0.0250 mm;

Rezultatele aplicației în urma rulării programului sunt:

-Sx=0.0640 mm (în care $S_x = \frac{\Delta t}{Pr \Delta x^2}$);

-Sy=0.0160 mm (în care $S_y = \frac{\Delta t}{Pr \Delta y^2}$);

Form1

Determinarea timpului de mentinere a pieselor la turnarea sub presiune

Dimensiunile Piesei :

Ld: Li:

Rezultatele :

T0 = 420.0000, Tp = 200.0000

dx = 0.0125, dy = 0.0250

sx = 0.0640, sy = 0.0160

n = 6201

Timp real de mentinere = 0.4770

Fig. 4.42 Imagine captată de pe monitor pentru un exemplu dat

-n=6201 (număr de noduri calculate pe direcția Nx și Ny; în exemplu prezentat Nx=80 iar Ny=40.) ;

-timp real de menținere =0.4770 sec.

IV.8 FLEXIBILITATEA SISTEMELOR DE FABRICAȚIE ROBOTIZATE LA TURNAREA SUB PRESIUNE A ALIAJELOR NEFEROASE

IV.8.1 Sinteza optimală a ciclogramelor de funcționare în SFF

IV.8.1.1 Definiția ciclogramei

Un sistem de fabricație flexibilă este un sistem care poate executa automat un spectru discret de sarcini de fabricație. În acest scop, componentele sistemului desfășoară operații de prelucrare și manipulare într-o succesiune determinată de programul de comandă al SFF.

Operația de prelucrare [KGR] executată la o stație sau un post de lucru, este activitatea în cursul căreia se modifică una sau mai multe dintre caracteristicile de : formă, dimensiune, stare de agregare, proprietăți fizice și chimice, aspect al suprafețelor obiectului de lucru.

Activitatea unui echipament de prelucrare constă în acțiunea nemijlocită a sculelor asupra piesei în scopul schimbării controlate a caracteristicilor acesteia. Cuplul activ sculă-piesă este acționat de fluxul de energie și comandat de fluxul de informații care intră la echipamentul de prelucrare.

Activitatea unui echipament de manipulare reprezintă totalitatea acțiunilor controlate de schimbare a stării de mișcare și de modificare în timp a situării subansamblelor acestuia.

Subsistemul format din echipamente care desfășoară activități comandate la momente determinate de timp este componenta luată în considerare în sinteza ciclogramei.

Starea unei componente a sistemului reprezintă starea de funcționare/nefuncționare a subansamblelor acestuia; se exprimă matematic printr-o variabilă binară (1,0) sau prin valoarea unei variabile care semnifică atributul dobândit temporar de către componentă ca urmare a desfășurării unor activități în sistem.

Ciclograma de funcționare a SFF este reprezentarea grafică, unidimensională în raport cu timpul, a succesiunii și desfășurării activităților fiecărei componente a SFF.

Elementele importante ale graficelor sunt de natură temporară (momentul începerii activității unei componente, durata și momentul terminării activității) și de natură logică :

- terminarea unei activități a unei componente face posibilă derularea unor alte activități a altor componente;

- o activitate nu poate începe dacă nu s-au terminat una sau mai multe activități care o preced din punct de vedere logic.

Interblocările sunt instrucțiuni introduse în programul de comandă, care condiționează derularea unei anumite activități a componentei pe baza unor semnale provenind de la senzori, valorilor unei variabile de stare sau comenzilor de la subsistemul de comandă ierarhic superior.

IV.8.1.2 Sinteza ciclogramelor sistemelor de fabricație flexibilă

Sinteza ciclogramei de funcționare are ca scop :

- determinarea valorilor temporare (cicluri de funcționare a componentelor, timp petrecut în sistem);

- determinarea valorilor de eficiență economică a sistemului (coeficienți de utilizare ai mașinilor, capacitatea productivă a sistemului);

- deciziile în legătură cu sinteza de detaliu a subsistemelor (capacități optime de transfer / manipulare);

- sinteza interblocărilor din cadrul sistemului de fabricație.

Etapele de sinteză a structurii sistemului, ciclogramei de funcționare și a planului de amplasament sunt iterative și se condiționează reciproc.

Se consideră pentru exemplificare un mecanism camă rotitoare – tchet în mișcare de translație.

Legea de mișcare $s = s(\varphi)$ reprezentată în fig.4.44 evidențiază stările de mișcare staționare a tchetului. Proiectând punctele de trecere de la o stare la alta pe axa timpului se obține ciclograma:

Pentru sistemele de fabricație flexibilă ciclogramele se întocmesc ierarhizat pentru fiecare componentă a subsistemului, după care pentru întregul sistem.

Ordinea de întocmire a ciclogramelor, este de la sistemele de nivel inferior spre cele de nivel superior (subsistem – sistem – metasistem)

Pentru întocmirea ciclogramelor atât pentru componentele subsistemului de prelucrare, cât și pentru componentele subsistemului de manipulare se impune determi-

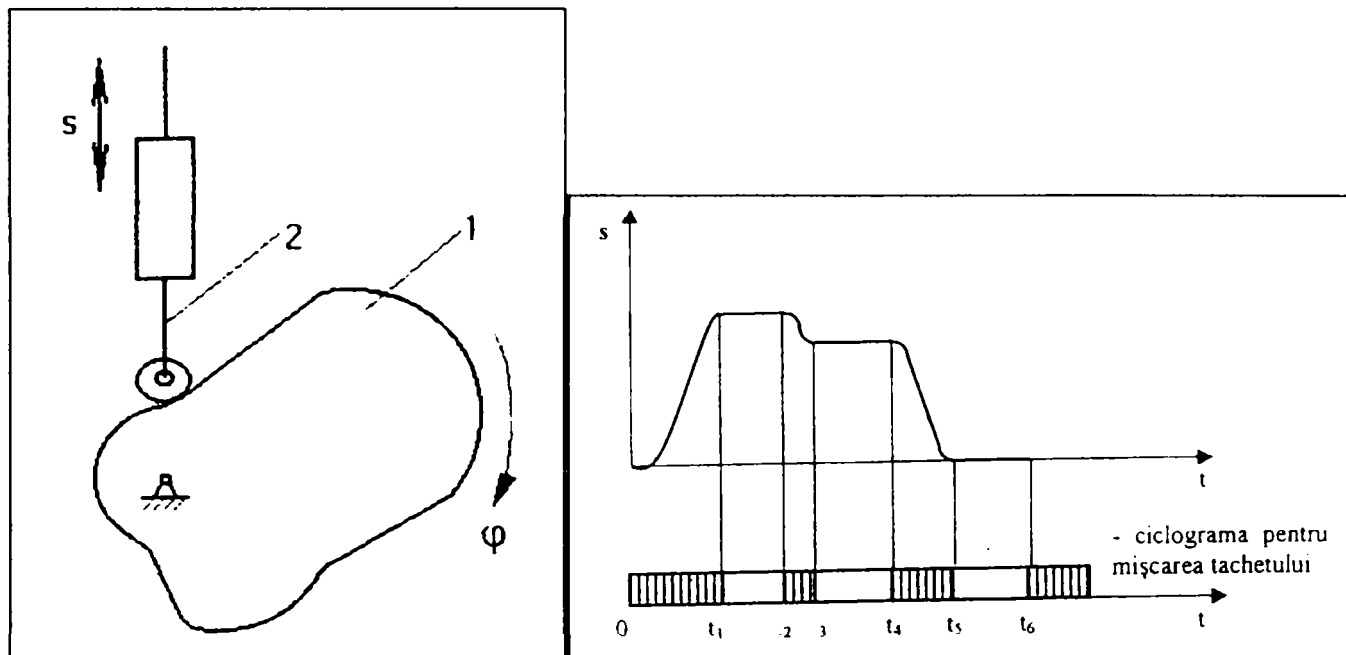


Fig.4.44 Ciclograma sistemului tachtet-camă (stările de mișcare-staționare)

narea timpilor de prelucrare pornind de la itinerariul tehnologic și regimuri de prelucrare, respectiv a timpilor de manipulare pornind de la deplasările de efectuat și vitezele cu care se realizează aceste deplasări.

Pentru determinarea timpilor de manipulare este necesară o prealabilă întocmire a layout – ului (planului de amplasament) sistemului de fabricație flexibil, din care rezultă lungimile deplasărilor de realizat pentru manipularea obiectului de lucru (sculei).

IV.8.2 Optimizarea planului de amplasament

Sinteza planului de amplasament al unui SFF este o etapă importantă a procesului de sinteză a SFF prin care se determină pozițiile relative reciproce ale tuturor subsistemelor componente și ale întregului sistem față de spațiul de instalare al acestuia.

Datele inițiale necesare realizării planului de amplasament sunt:

- informații privind itinerarul tehnologic al pieselor de prelucrat în SFF;
- cote de gabarit și cote de instalare ale echipamentelor;
- informații privind spațiile de lucru și direcțiile de acces la echipamente;

-date referitoare la spațiul de instalare (rețele de alimentare cu energie electrică, hidraulică, pneumatică, stâlpi de susținere, anexe etc.).

Se disting două cazuri posibile de definire a itinerariului tehnologic în SFF:

a) cazul itinerariului unic, în care există o relație univocă între operația tehnologică și mașina de lucru, traseele pieselor în sistem sunt unice; în acest caz mașinile de lucru se amplasează în ordinea dată de succesiunea operațiilor aferente itinerarilor tehnologice ale majorității pieselor;

b) cazul itinerarilor posibile, stabilite dinamic în cursul funcționării SFF.

Informațiile importante rezultate în urma realizării sintezei planului de amplasament sunt:

- definirea spațiului necesar întregului sistem;

-definirea cotelor de legătură dintre echipamente, și a lor față de spațiul de instalare;

-stabilirea temei de proiect pentru componentele care se execută în funcție de necesități;

Definirea direcțiilor de acces la sistem a operatorului uman pentru întreținere , programare, încărcare, descărcare obiecte de lucru.

S-au stabilit următoarele reguli cu caracter general pentru sinteza planului de amplasament al SFF (KGR 94):

1) dispunerea în spațiu a subsistemelor între care există relații de transfer de obiecte de lucru se va face astfel încât să se poată realiza transferul de material de la un echipament la altul;

2) amplasarea componentelor SFF se va face astfel încât să se evite coliziuni în timpul funcționării între acestea, respectiv între acestea și obiectele de lucru (piese, scule, dispozitive etc.) manipulate în cadrul sistemului;

3) subsistemele componente ale SFF se vor situa în spațiu astfel încât lungimea traiectoriilor parcurse de punctele caracteristice ale obiectelor în sistem să fie minime;

4) amplasarea echipamentelor se va face astfel încât lungimile conductelor și a conductorilor pentru alimentare cu energie și a conductorilor purtători de informație racordate la diferite componente ale sistemului să fie minime;

5) se vor lua măsuri de evitare a influențelor reciproce defavorabile ale subsistemelor fie prin amplasarea lor corespunzătoare, fie prin mijloace specifice;

6) planul de amplasament se va realiza astfel încât să se respecte normele în vigoare cu privire la zonele de acces ale operatorilor umani.

În cadrul procesului general de sinteză a SFF, informațiile rezultate din sinteza ciclogramei de funcționare și datele provenind din planul de amplasament se influențează și se determină reciproc; modificările majore aduse ciclogramei de funcționare pot conduce la necesitatea reluării sintezei planului de amplasament și invers. Cele două etape ale procesului de sinteză se desfășoară iterativ până la obținerea unei ciclograme optimale de funcționare și a unui plan optim de amplasament.

Optimizarea planului de amplasament este la rândul ei un proces iterativ și presupune minimizarea volumului ocupat de sistem în condițiile unei funcționări corespunzătoare a tuturor echipamentelor și a sistemului în ansamblu.

IV.8.3 Definirea spațiilor de lucru și de coliziune

ale elementelor componente ale SFF

Primele trei reguli ale sintezei planului de amplasament al SFF sunt legate de situările și mișcările componentelor sistemului și ale obiectelor de lucru. Pentru aplicarea regulilor amintite se necesită definirea riguroasă a noțiunilor de “ punct caracteristic “, “ spațiul de lucru “ și “ spațiul de coliziune “.

Se înțelege prin “ punct caracteristic “ un punct aparținând unui obiect care servește la definirea poziției în spațiu la un moment dat a obiectului respectiv dacă situarea obiectului se definește cu ajutorul unui sistem de referință atașat lui; punctul caracteristic este originea sistemului de referință.

În cazul în care spațiul de lucru este definit în legătură cu un anumit echipament, spațiul de lucru se va denumi “ **spațiul de lucru al echipamentului** “. În mod obișnuit acest punct se alege la punctul de intersecție a axelor mecanismului de orientare (“ wrist – point “); uneori punctul caracteristic se consideră poziționat pe bancul dispozitivului de prehensiune sau pe scula manipulată de robot.

Se definește **spațiul de lucru operațional** aferent unui anumit echipament component al SFF cu mulțimea pozițiilor posibile ale punctelor caracteristice ale unui anumit obiect manipulat sau prelucrat în cadrul sistemului.

Se definește spațiul de lucru operațional în condițiile fabricației flexibile aferent unui anumit echipament component al SFF mulțimea pozițiilor posibile ale punctelor caracteristice, ale tuturor obiectelor manipulate sau prelucrate în cadrul sistemului, funcționând în condițiile flexibilității.

Dacă se consideră un obiect de lucru cilindric Ob_i manipulat de un robot (fig.4.45), poziția punctului caracteristic al obiectului P_i se definește în raport cu punctul caracteristic atașat robotului P_w (" wrist – point ") prin intermediul vectorului $\overline{Wp_i}$, depinzând de pozițiile relative ale cuplelor cinematice conducătoare ale mecanismului de orientare de construcție și dimensiunile dispozitivului de prehensiune DP de forma și dimensiunile obiectului. Spațiul de lucru al echipamentului (robotului) se descrie prin relația:

$$\overline{r_{pw}} = \overline{r_{pw}}(q_1, q_2, q_3) \quad (IV.110)$$

unde: q_1, q_2, q_3 sunt parametri poziționali relativi ai elementelor cuplelor cinematice conducătoare ale mecanismului generator de traiectorie.

Spațiul de lucru operațional al robotului manipulând obiectul Ob_i se definește prin relația:

$$\overline{r_{pi}} = \overline{r_{pw}}(q_1, q_2, q_3) + {}^w\overline{r_{pi}}(q_4, q_5, q_6) \quad (IV.111)$$

unde q_4, q_5, q_6 sunt parametri poziționali relativi ai elementelor cuplelor cinematice conducătoare ale mecanismului de orientare.

Spațiul de coliziune al unui obiect este mulțimea pozițiilor punctelor materiale care alcătuiesc obiectul.

Spațiul de coliziune al unui echipament reprezintă totalitatea spațiilor de coliziune ale obiectelor

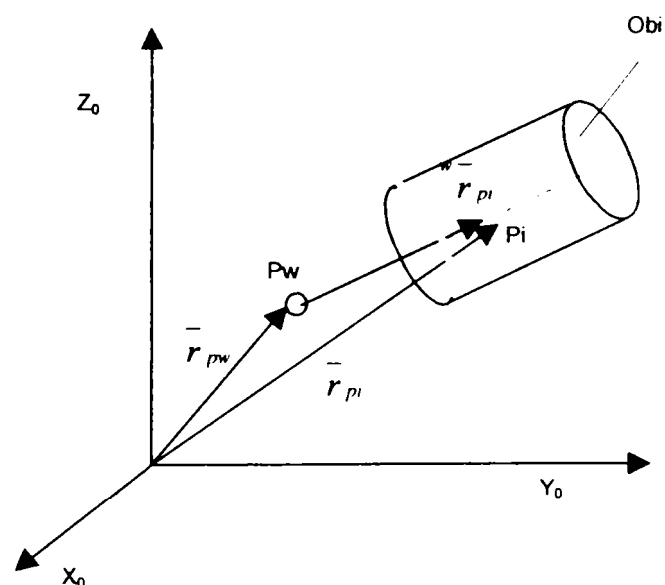


Fig. 4.45 Relația dintre punctul caracteristic atașat robotului P_w și atașat obiectului de lucru P_i

făcând parte din echipamentul în cauză și a spațiilor de coliziune ale obiectelor manipulate sau prelucrate de echipamentul respectiv în decursul unui ciclu de funcționare.

Spațiul de coliziune poate fi static când obiectele cărora le aparțin punctele materiale sunt fixe în raport cu sistemul de referință al incintei în care sunt instalate echipamentele și dinamic dacă aceste obiecte sunt în mișcare.

Spațiul de coliziune operațional instantaneu al unui echipament este mulțimea pozițiilor la un moment dat ale punctelor materiale aparținând obiectelor din componența echipamentului, respectiv care sunt manipulate sau prelucrate de echipamentul în cauză.

Spațiul de coliziune operațional instantaneu al unui echipament în condițiile fabricației flexibile este mulțimea spațiilor de coliziune instantanee la momentul considerat aferent prelucrării respectiv manipulării tuturor obiectelor de lucru ale echipamentului în cauză în cadrul sistemului în condițiile flexibilității.

Spațiul de coliziune al unui obiect este mulțimea pozițiilor punctelor materiale care alcătuiesc obiectul.

Se consideră obiectul Ob_i din fig. 4.46. Punctul caracteristic P_i al obiectului Ob_i s-a ales pe axa cilindrului, la jumătatea înălțimii acestuia. Sistemul de referință atașat obiectului este $P_iX_iY_iZ_i$ cu originea în P_i și axa P_iZ_i în coincidență cu axa cilindrului. Spațiul de coliziune al obiectului Ob_i în raport cu sistemul de referință atașat obiectului este descris de vectorul de poziție al unui punct

material M_{ij} aparținând obiectului ${}^i\overline{r}_{M_{ij}}$,

$${}^i\overline{r}_{M_{ij}} = [x_{ij} \ y_{ij} \ z_{ij} \ 1]^T \quad (IV.112)$$

unde,

$$x_{ij} \in [-D_i/2, D_i/2], \quad y_{ij} \in [-D_i/2, D_i/2], \quad z_{ij} \in [-h/2, h/2]$$

spațiul de coliziune al obiectului Ob_i în raport cu sistemul de referință al incintei în care se găsește obiectul, este descris de vectorul ${}^0\overline{r}_{M_{ij}}$ conform relației:

$${}^0r_{Mij} = {}^0T_i \cdot r_{Mij} \quad (IV.113)$$

unde 0T_i este matricea de transformare de la sistemul de referință $P_i x_i y_i z_i$ la sistemul de referință $Ox_0 y_0 z_0$.

Relația (IV.113) definește spațiul de coliziune dinamic al obiectului în decursul ciclului de funcționare.

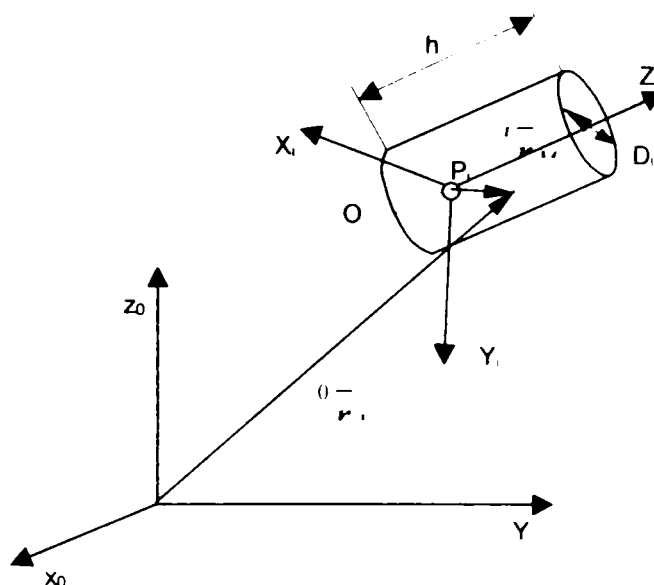


Fig. 4.46 Obiectul căruia i se calculează spațiul de coliziune

IV.8.4 Determinarea situației relative a două echipamente

Regulile de amplasare ale echipamentelor se vor transpune, în cadrul modelului de optimizare al sintezei planului de amplasament, în relații matematice care să exprime situația relativă sau absolută în spațiu a componentelor din sistem.

Pentru obținerea modelului de optimizare este necesar să se parcurgă următoarele etape :

- echipamentele se vor situa relativ astfel încât să se îndeplinească condiția de minimizare a lungimii traiectoriei punctului caracteristic al obiectului de lucru;
- pentru situația relativă a componentelor, se va verifica îndeplinirea condiției de intersecție a spațiilor de lucru ale echipamentelor implicate în transferul de material;
- pentru situația relativă a componentelor, se va verifica dacă spațiile de coliziune statice și instantanee ale echipamentelor în decursul operației de transfer de material, nu se intersectează.

Fie două echipamente "i" și "j", sistemele de referință atașate acestor componente ale SFF $O_i x_i y_i z_i$, respectiv $O_j x_j y_j z_j$ și punctele de precizie aferente acestor echipamente : T de coordonate cunoscute (x_T, y_T, z_T) în raport cu sistemul $O_i x_i y_i z_i$ și S de coordonate (x_S, y_S, z_S) în raport cu sistemul de referință $O_j x_j y_j z_j$ (fig. 4.47.)

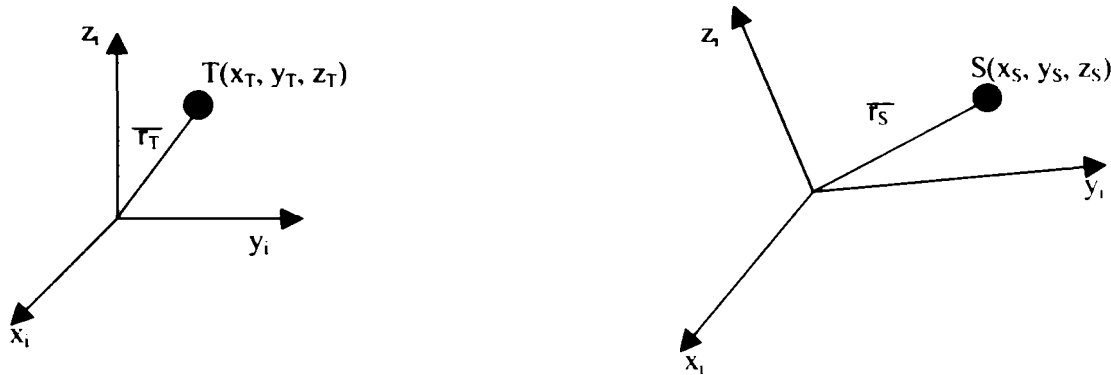


fig. 4.47 Punctele de precizie și vectori de poziție ai ai punctelor în raport cu sistemele de referință atașate echipamentelor "i" și "j".

Se consideră situarea echipamentului "i" cunoscută și sistemul de referință $O_i x_i y_i z_i$ fix, iar situarea echipamentului "j" se va modifica relativ la echipamentul "i".

În consecință între punctele T și S se identifică o relație geometrică (fig.4.48) :

$$\bar{r}_T = \bar{r}_{O_i O_j} + \bar{r}_S + \overline{ST} \quad (\text{IV.114})$$

adică

$$\bar{r}_{O_i O_j} = \bar{r}_T - \bar{r}_S - \overline{ST} \quad (\text{IV.115})$$

de unde se obțin valorile coordonatelor originii $O_j (x_{O_j}, y_{O_j}, z_{O_j})$ ale sistemului de referință $O_j x_j y_j z_j$ în raport cu sistemul de referință $O_i x_i y_i z_i$:

$$\begin{bmatrix} x_{O_j} \\ y_{O_j} \\ z_{O_j} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_T \\ y_T \\ z_T \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} x_S \\ y_S \\ z_S \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} x_{ST} \\ y_{ST} \\ z_{ST} \end{bmatrix} \quad (\text{IV.116})$$

Determinarea orientării relative a axelor sistemului $O_j x_j y_j z_j$ față de sistemul de referință $O_i x_i y_i z_i$ se realizează din relația matricială :

$$\underline{{}^i r_S} = \underline{{}^i T_j} \cdot \underline{{}^j r_S} \quad (\text{IV.117})$$

adică :

$$\begin{bmatrix} {}^i x_S \\ {}^i y_S \\ {}^i z_S \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(x, x_j) & \cos(x, y_j) & \cos(x, z_j) & {}^i x_{O_j} \\ \cos(y, x_j) & \cos(y, y_j) & \cos(y, z_j) & {}^i y_{O_j} \\ \cos(z, x_j) & \cos(z, y_j) & \cos(z, z_j) & {}^i z_{O_j} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} {}^j x_S \\ {}^j y_S \\ {}^j z_S \\ 1 \end{bmatrix} \quad (\text{IV.118})$$

Din relația (IV.118) se obțin 3 ecuații:

$$\begin{aligned} {}^j x_S \cos(x, x_j) + {}^j y_S \cos(x, y_j) + {}^j z_S \cos(x, z_j) + {}^i x_{O_j} &= {}^i x_S \\ {}^j x_S \cos(y, x_j) + {}^j y_S \cos(y, y_j) + {}^j z_S \cos(y, z_j) + {}^i y_{O_j} &= {}^i y_S \\ {}^j x_S \cos(z, x_j) + {}^j y_S \cos(z, y_j) + {}^j z_S \cos(z, z_j) + {}^i z_{O_j} &= {}^i z_S \end{aligned} \quad (\text{IV.119})$$

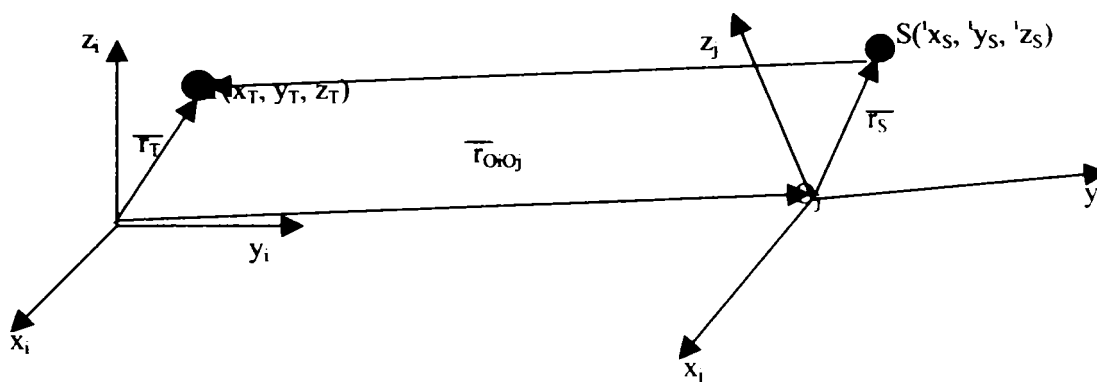


fig. 4.48. Situația modificată a sistemului $O_j x_j y_j z_j$ pentru situația cunoscută ST.

Dacă la ecuațiile (IV.119) se adaugă 6 relații independente între elementele matricii ${}^i T_j$ obținute din condițiile de tri-ortogonalitate adică :

$$\begin{aligned} \cos^2(x, x_j) + \cos^2(y, x_j) + \cos^2(z, x_j) &= 1 \\ \cos^2(x, y_j) + \cos^2(y, y_j) + \cos^2(z, y_j) &= 1 \\ \cos^2(x, z_j) + \cos^2(y, z_j) + \cos^2(z, z_j) &= 1 \\ \cos(x, x_j) \cos(x, y_j) + \cos(y, x_j) \cos(y, y_j) + \cos(z, x_j) \cos(z, y_j) &= 0 \\ \cos(x, x_j) \cos(x, z_j) + \cos(y, x_j) \cos(y, z_j) + \cos(z, x_j) \cos(z, z_j) &= 0 \\ \cos(x, y_j) \cos(x, z_j) + \cos(y, y_j) \cos(y, z_j) + \cos(z, y_j) \cos(z, z_j) &= 0 \end{aligned} \quad (\text{IV.120})$$

Cele 9 ecuații independente permit determinarea celor 9 necunoscute $\cos(q_i, w_j)$ unde q are valori x_i, y_i, z_i și w_j are valori x_j, y_j, z_j .

IV.8.5. Analiza și sinteza structurii sistemului de fabricație flexibilă

de turnare sub presiune cu cameră rece

În fig.4.49 este prezentat un sistem flexibil de turnare sub presiune care utilizează o mașină de turnat sub presiune cu cameră rece.

Sistemul este compus din:

- 1 mașină de turnat sub presiune;
- 2 piesă turnată;
- 3 manipulator de alimentare cu aliaj în stare topită;
- 4 cuptor cu aliaj topit;
- 5 bandă de transfer;
- 6 manipulator pentru curățat suprafețele active ale matriței;
- 7 depozit de transfer;
- 8 mașină de debavurat;
- 9 mașină de dezmembrat;
- 10 sistem de măsură și control;
- 11 bandă de transportat culea la topit.

În sistemul prezentat se pot identifica trei subsisteme de ranguri diferite.

Sistemul de rang R+2 este constituit din subsistemele sistemului de fabricație (poz. 1,3,5,6,8,9,10) precum și unele organe de lucru ale acestora: oblonul de închidere deschidere al mașinii de turnat sub presiune (a cărei stare este sesizată de senzorii de existență S1,S2), dispozitivul de prehensiune al manipulatorului 6 (senzorii de existență S3,S4), sistemul de măsură și control 10, mașină de debavurat 8, mașină de dezmembrat 9 cu senzorii de existență S11,S9 S8, manipulatorul de alimentat cu aliaj 3 cu senzorii tactili de capăt de cursă S5,S6 și manipulatorul pentru curățat suprafețele matriței cu senzorul tactil de capăt de cursă S7.

Sistemul de rang R+1 este constituit din subsistemul de prelucrare SSP și de manipulare SSM.

Sistemul de rangul R este chiar sistemul de fabricație flexibilă SFF.

Piesele care pot fi prelucrate cu ajutorul acestui sistem de prelucrare robotizat sunt acele piese care necesită prelucrarea prin turnare sub presiune, dezmembrare și debavurare. În tab.IV.7 este prezentat itinerariul tehnologic al pieselor.

Poz.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ope - rația	Ali- men tare aliaj	Tur- nare	Ex- tra- gere ps.	De- pu- nere SMC	Mă- su- rare	Dep. ps.m .dez	Dez.	Dep. ps.m deb.	De- ba- vura re	Dep. ps. ban- dă	Eva- cua- re SFF
Utilaj	Ri1	MT SP	Ri2	Ri2	smc	Ri2	Maș dez	Ri2	Maș deb	Ri2	DT

Tabelul IV.7 Succesiunea operațiilor din cadrul SFF de turnare sub presiune C.R.

Acest sistem se pretează la producția de serie mică și unicate.

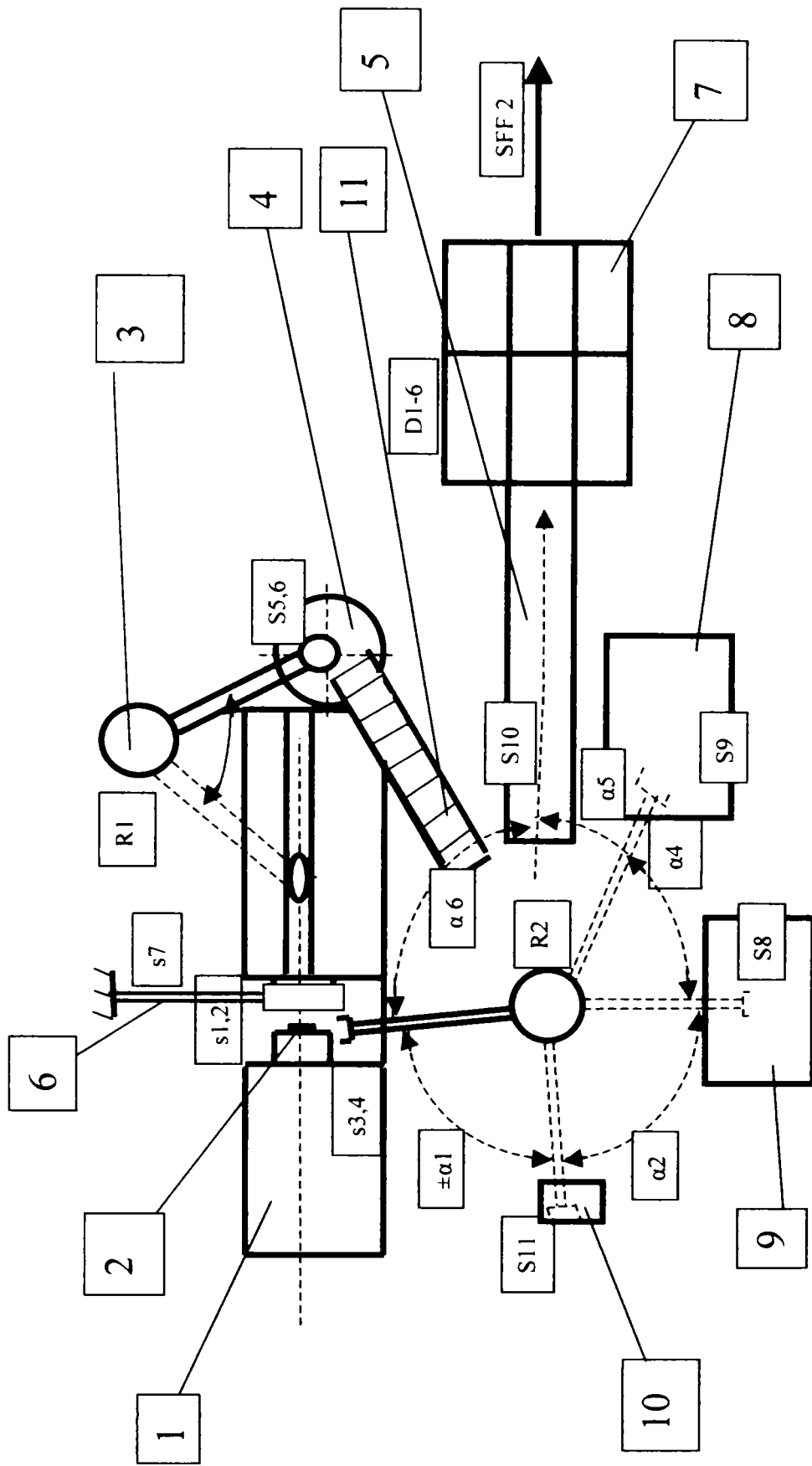


Fig. 4.49 SFF de turnare sub presiune robotizat care utilizează MTSP cu cameră rece

Fluxurile care străbat sistemul sunt prezentate în fig.4.50.

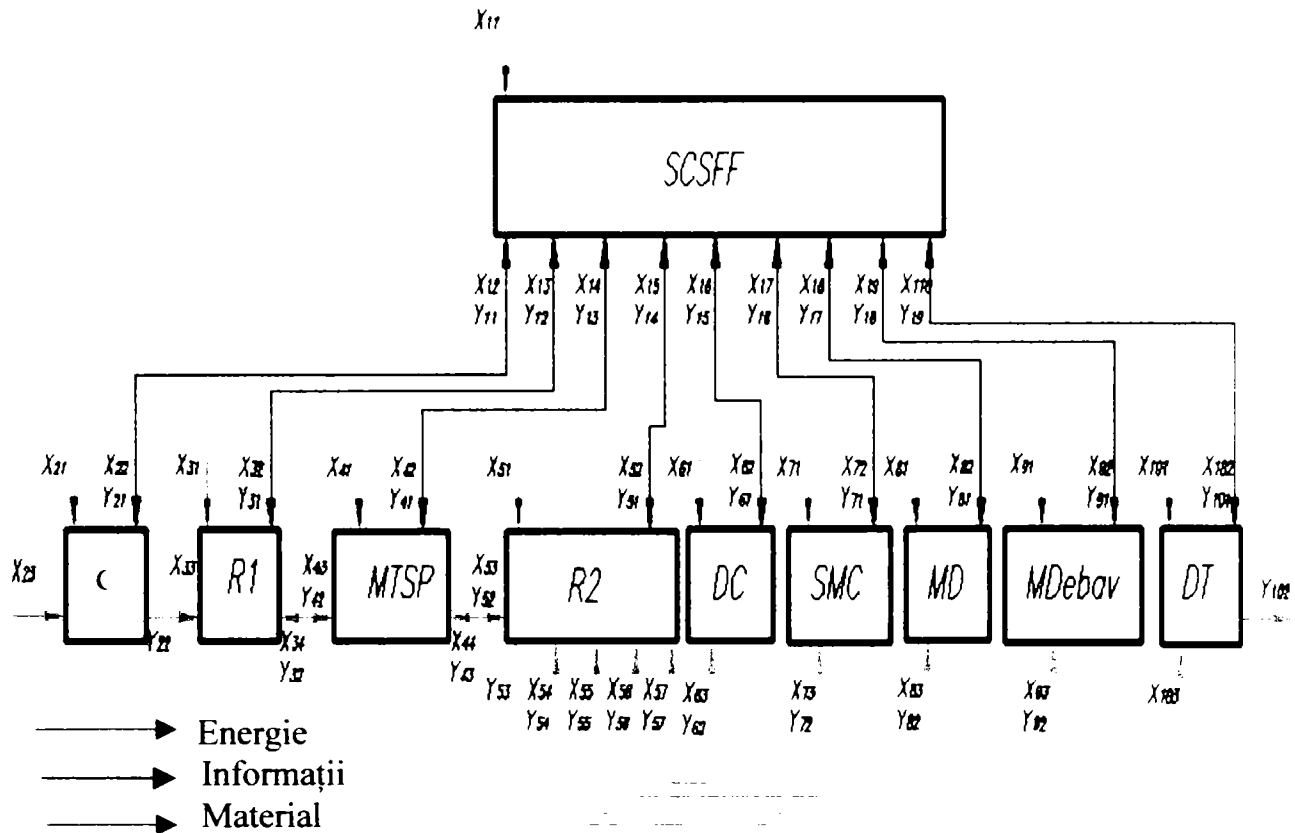


Fig.4.50 Schema bloc a SFF de turnare sub presiune C.R.

Fluxurile care străbat sistemul sunt:

- **informație** : SCSFF \longleftrightarrow toate subsistemele;
- **energie**:mediu \longrightarrow toate subsistemele;
- **material**:R1 \longleftrightarrow MTSP;C \longrightarrow R1;MTSP \longleftrightarrow R2;R2 \longleftrightarrow DC;
R2 \longleftrightarrow SMC;R2 \longleftrightarrow MD;R2 \longleftrightarrow Mdebav.R2 \longrightarrow DT;
mediu \longrightarrow C.

Matricea de structură a sistemului este:

$$\underline{K}_{STR} = \begin{vmatrix} 0 & K_{12} & K_{13} & K_{14} & K_{15} & K_{16} & K_{17} & K_{18} & K_{19} & K_{110} \\ K_{21} & 0 & K_{23} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ K_{31} & 0 & 0 & K_{34} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ K_{41} & 0 & K_{43} & 0 & K_{45} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ K_{51} & 0 & 0 & K_{54} & 0 & K_{56} & K_{57} & K_{58} & K_{59} & K_{510} \\ K_{61} & 0 & 0 & 0 & K_{65} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ K_{71} & 0 & 0 & 0 & K_{75} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ K_{81} & 0 & 0 & 0 & K_{85} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ K_{91} & 0 & 0 & 0 & K_{95} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ K_{101} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix} \quad (IV.121)$$

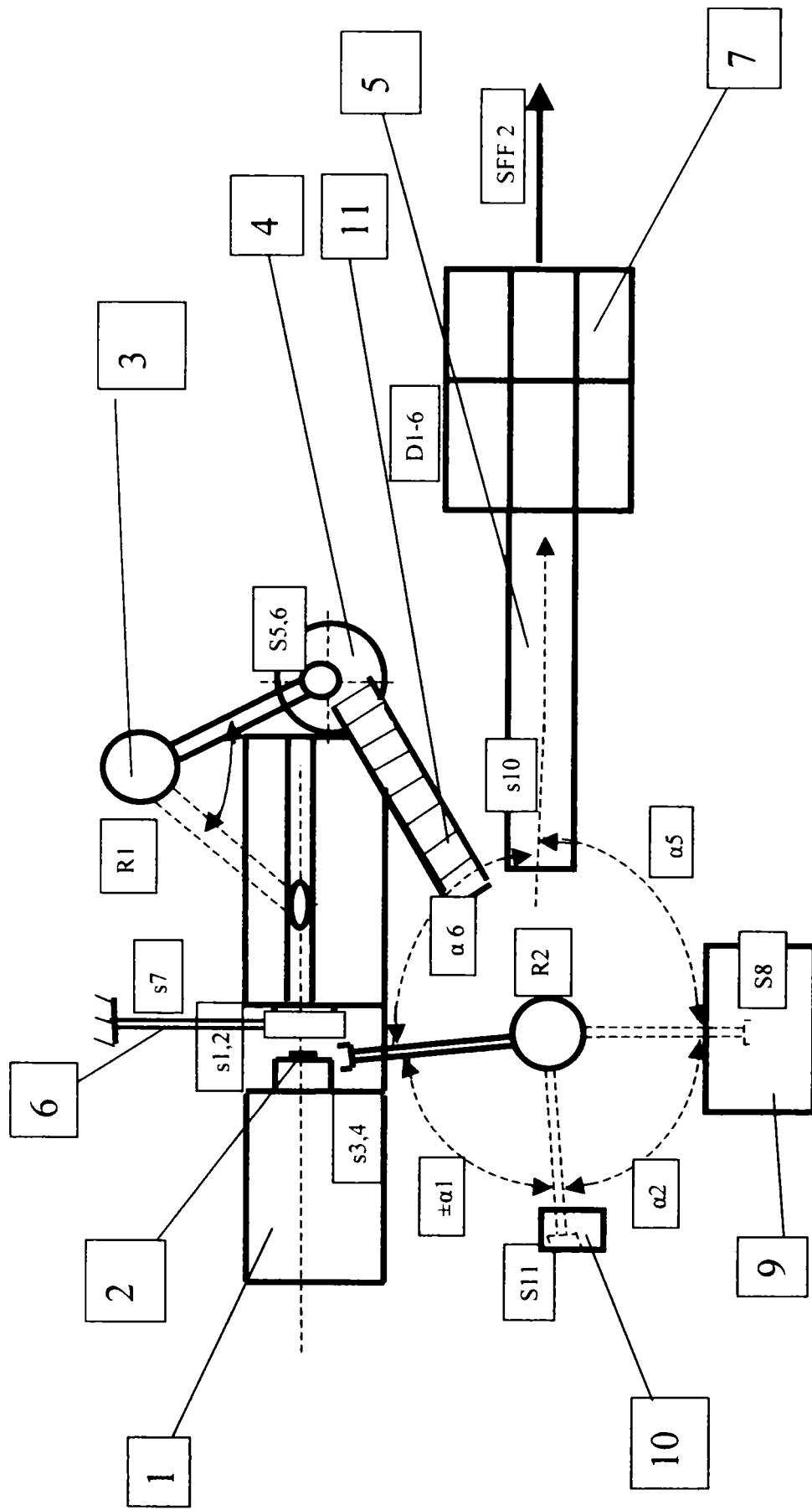


Fig. 4.51 SFF de turnare sub presiune robotizat (producție de serie mică și unicatate pentru piese fără debavurare)

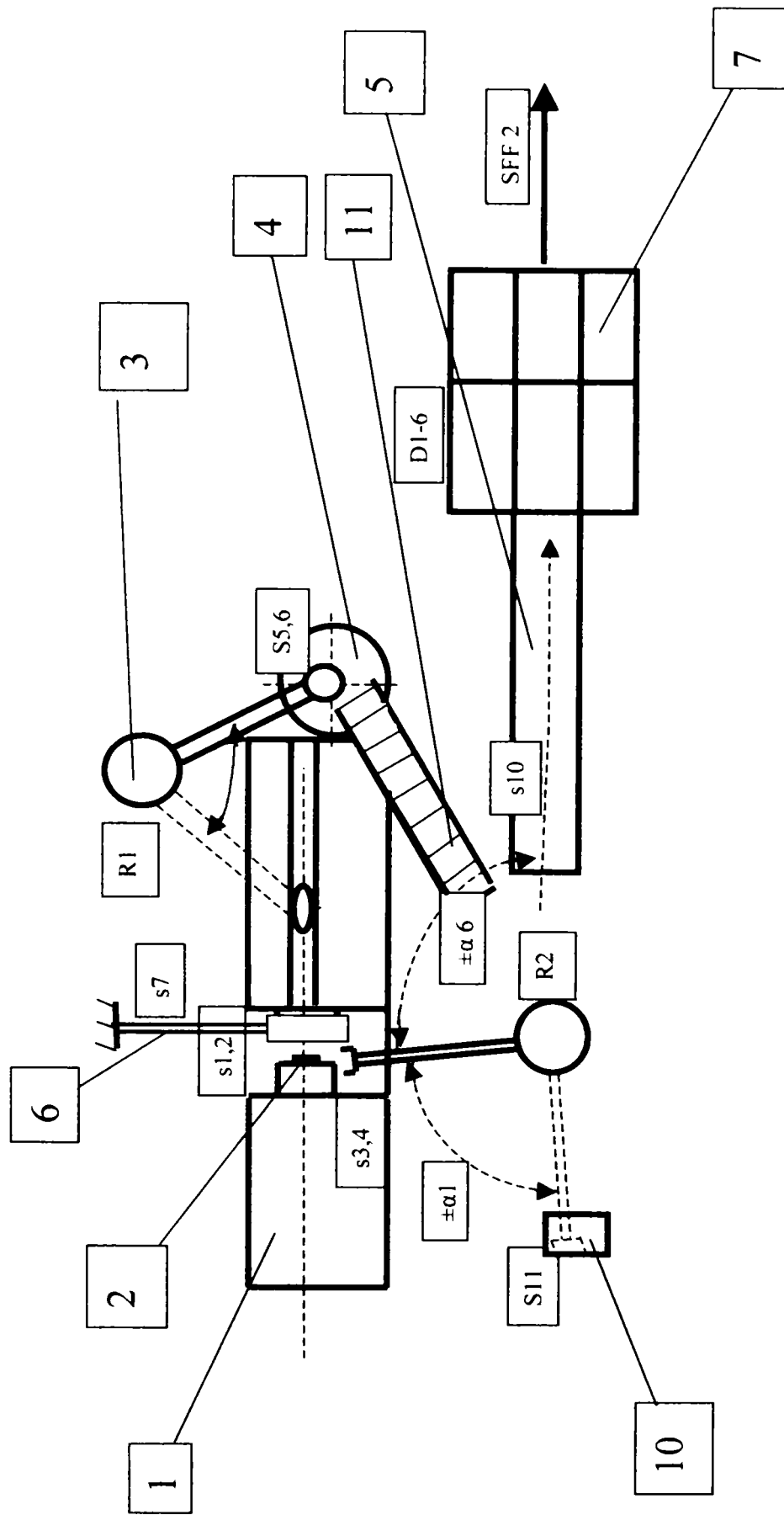


Fig. 4.52 SFF de turnare sub presiune (producție de serie pentru piese fără debavurare, dezmembrare)

Flexibilitatea acestui sistem decurge din faptul ,că acesta se adaptează ușor la piesele din aceeași grupă, dar cu itinerar tehnologic diferit. Spre exemplu pentru o producție de serie mică și unicate la piesele care nu necesită debavurare, prin suprimarea mașinii de debavurat(poz 8) ,sistemul de fabricație flexibilă robotizat are configurația din fig.4.51.

La o producție de serie mare și masă pentru piese care nu necesită prelucrarea de debavurare și de dezmembrare structura sistemului de fabricație flexibilă robotizat de turnare sub presiune este prezentată în fig.4.52. Sistemul s-a obținut prin suprimarea poz. 8,9 adică mașina de dezmembrat și cea de debavurat.

IV.8.6. Analiza și sinteza structurii sistemului de fabricație flexibilă de turnare sub presiune cu cameră caldă

Sistemul de turnare robotizat prezentat în figura 4.53 este un sistem de fabricație flexibilă de turnare în care robotul industrial manipulează obiectul de lucru. Acestui sistem spre deosebire de cel anterior îi sunt anulate:manipulatorul de alimentare cu aliaj în stare topită(alimentarea efectuându-se automat),mașina de debavurat și banda de transfer spre alt SFF.

Subsistemele componente ale acestui sistem de turnare sub presiune robotizat sunt următoarele:

- SCSF, sistemul de comandă al sistemului flexibil;
- R_i, robotul industrial care manipulează obiectul de lucru;
- DC, dispozitiv de curățat suprafețele matriței;
- SMC, sistem de măsură și control;
- MD, mașină de dezmembrat;
- S₁ – S₆, senzori.

Sistemele de rang R+2,R+1, și R conțin aceleași subsisteme și organe de lucru ale acestora raportat la sistemul de fabricație flexibilă de turnare sub presiune cu cameră rece, dar cu modificările menționate anterior.

Sistemul de fabricație flexibilă de turnare sub presiune cu cameră caldă se pretează la orice grupă de piese pentru o producție de piese unicate,serie mică,serie mare sau masă din aliaje a căror temperatură de topire nu depășește

Poz.	1	2	3	4	5	6	7
Ope - rația	Tur- nare	Ex- tra- gere ps.	De- pu- nere SMC	Mă- su- rare	Dep .ps. m.d ez	Dez	Eva- cua- re
Utilaj	MT SP	Ri	Ri	smc	Ri	Mas dez	-

Tabelul IV.8 Succesiunea operațiilor din cadrul SFF de turnare sub presiune C.C.

450⁰C. În tab.IV.8 sunt prezentate operațiile de prelucrare și succesiunea lor.

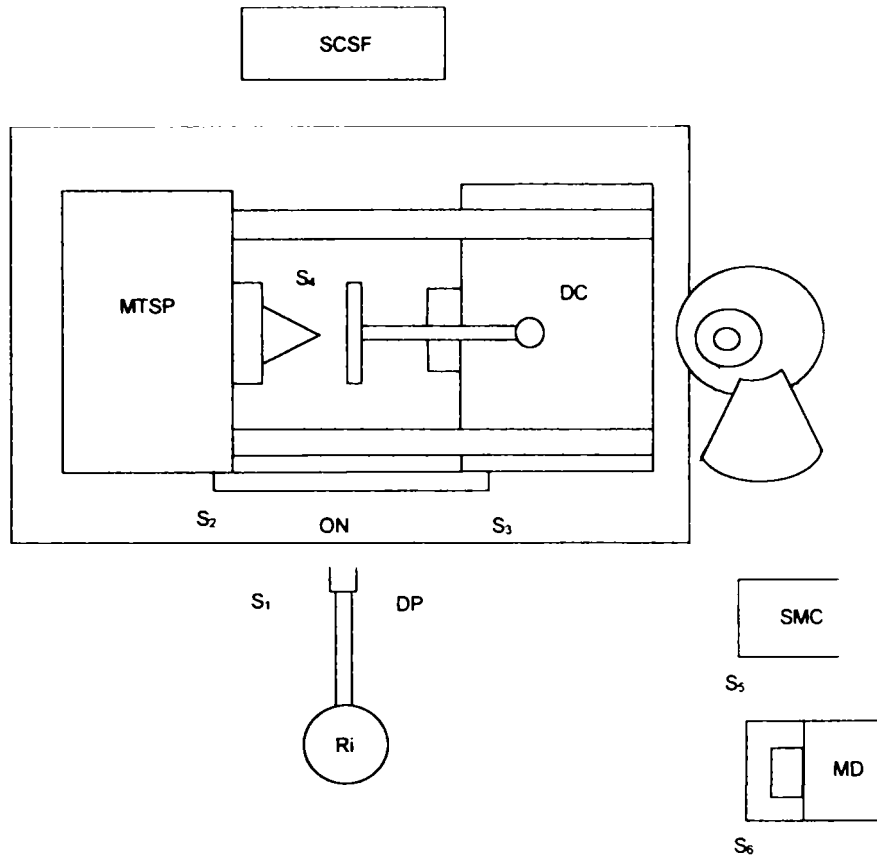


Fig.4.53 Sistem flexibil de turnare sub presiune cu cameră caldă

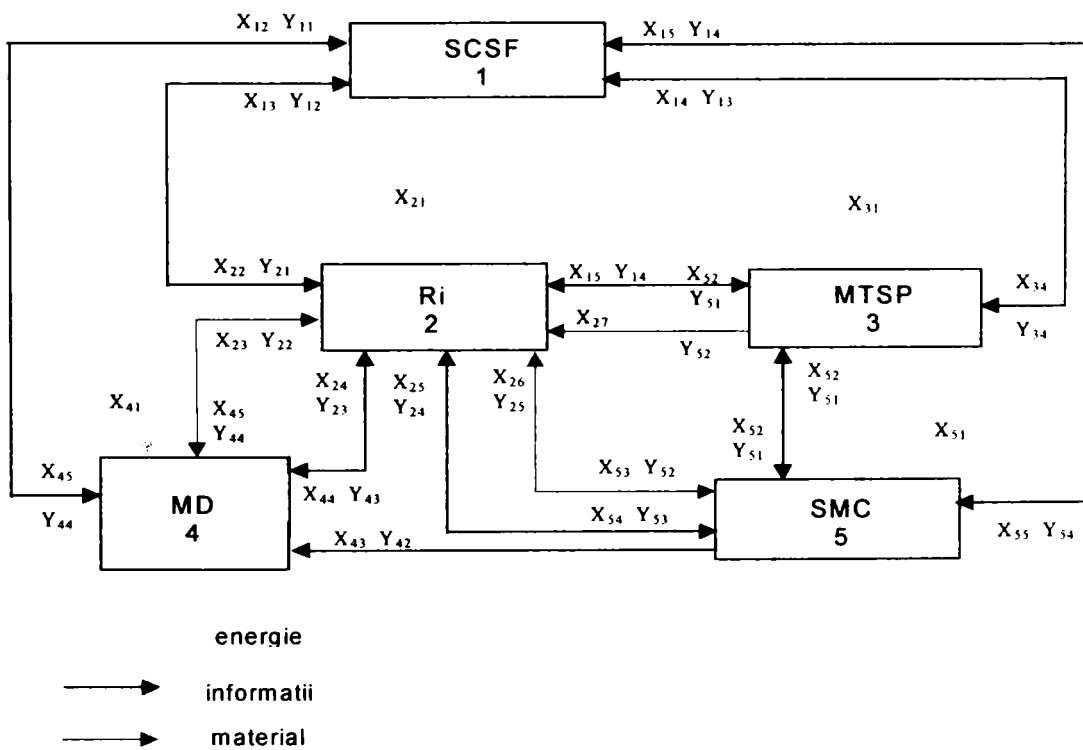


Fig.4.54 Schema bloc a SFF de turnare sub presiune C.C.

Fluxurile care străbat sistemul sunt prezentate în fig.4.54.

Aceste fluxuri sunt:

- **informatie**: SCSF \longleftrightarrow toate subsistemele; Ri \longleftrightarrow MTSP; Ri \longleftrightarrow MD; Ri \longleftrightarrow SMC; SMS \longleftrightarrow MD.
- **energie**: mediu \longrightarrow toate subsistemele.
- **material**: Ri \longleftrightarrow MD; Ri \longleftrightarrow SMC; MTSP \longrightarrow Ri.

Matricea de structură este:

$$\underline{K}_{STR} = \begin{matrix} & \begin{matrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \end{matrix} & \begin{matrix} 0 & K_{21} & K_{31} & K_{41} & K_{51} \\ K_{12} & 0 & K_{32} & K_{42} & K_{52} \\ K_{13} & K_{23} & 0 & 0 & K_{53} \\ K_{14} & K_{24} & 0 & 0 & K_{54} \\ K_{15} & K_{25} & K_{35} & 0 & 0 \end{matrix} \end{matrix} \quad (IV.122)$$

IV.8.7 Sinteza planului de amplasament (LAYOUT) al componentelor

sistemului de turnare cu camera rece

Luând în considerație regulile impuse la proiectarea unui LAYOUT prezentate în cap.IV.8.2 ,se prezintă în Fig.4.55 LAYOUT-ul proiectat pentru sistemul de turnare cu cameră rece.

Fiecărui component al SFF-ului i s-a atașat un sistem de axe pentru poziționarea corectă a acestuia raportat cu sistemul de axe al halei. Sistemele de axe atașate componentelor sunt:

- al halei O_0 ;
- al mașinii de turnat sub presiune O_1 ;
- al robotului de transfer R2, O_{R2} ;
- al cuptorului cu aliaj în stare topită O_4 ;
- al sistemului de transfer O_5 ;
- al sistemului de curățat matrița O_6 ;
- al manipulatorului de încărcat MTSP-ul cu aliaj O_{R1} ;
- al mașinii de dezmembrat O_9 ;
- al mașinii de debavurat O_8 ;
- al sistemului de măsură și control O_{10} .

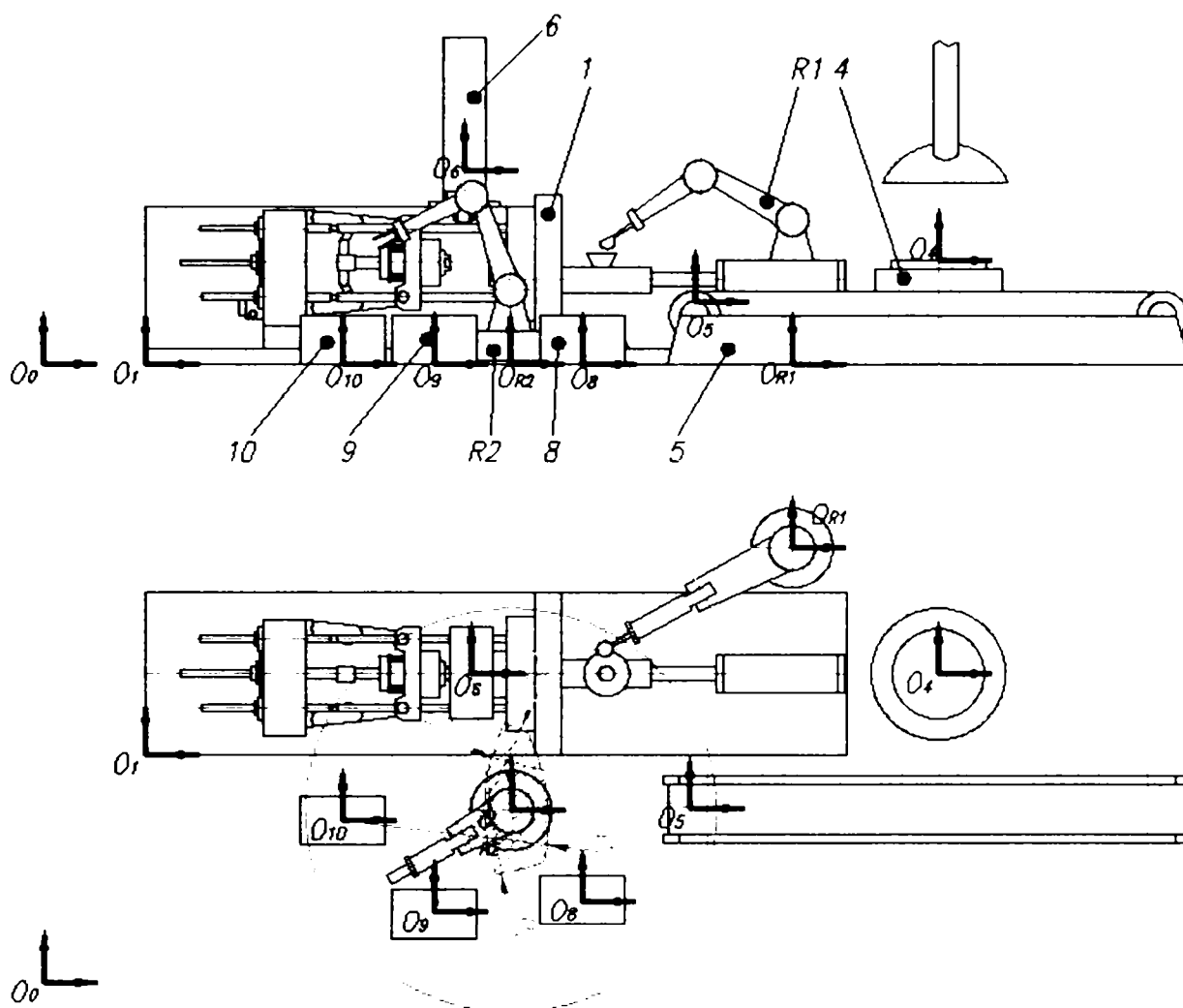


Fig. 4.55 Planul de amplasament al SFF de turnare sub presiune cu cameră rece

În tab.IV.9 sunt prezentate coordonatele fiecărui component pe axele X și Y.

	O_0	O_1	O_{R2}	O_{R1}	O_4	O_5	O_6	O_8	O_9	O_{10}
X (mm)	2000	2800	5500	7500	8300	5500	5800	5000	5100	3600
Y (mm)	2000	4500	3800	5500	4500	3800	5500	2800	2600	3800

Tabelul IV.9 Coordonatele componentelor SFF de turnare sub presiune cu cameră rece

IV.8.8 Sinteza planului de amplasament (LAYOUT) al componentelor sistemului de turnare cu cameră caldă

Respectând aceleași principii se prezintă în fig.4.56 planul de amplasament al unui SFF de turnare sub presiune cu cameră caldă.

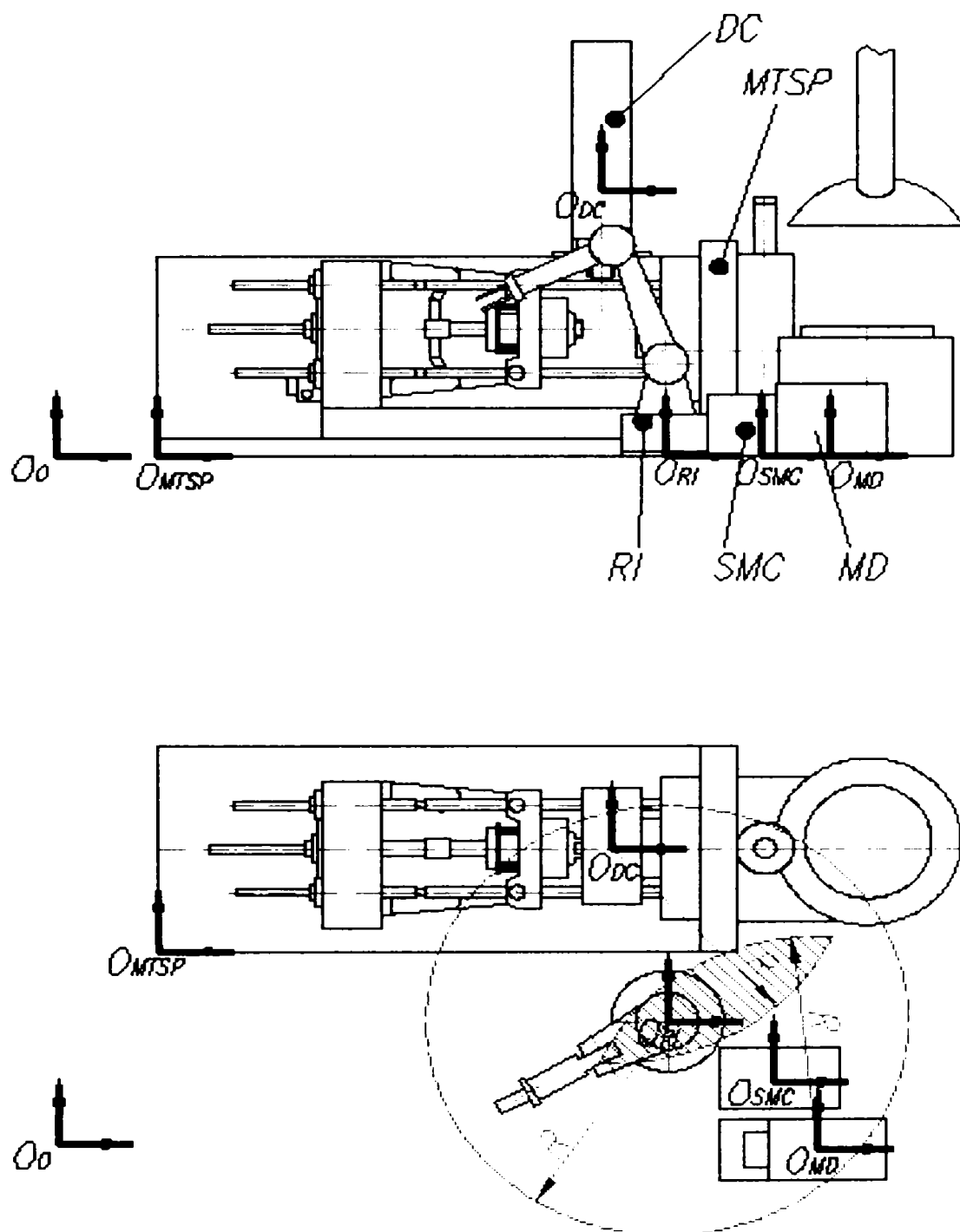


Fig. 4.56 Planul de amplasament al SFF de turnare sub presiune cu cameră caldă

Sistemele de axe atașate componentelor SFF sunt:

- al halei O_0 ;
- al mașinii de turnat sub presiune O_{MTSP} ;
- al manipulatorului de curățat matrița O_{DC} ;
- al manipulatorului O_{RI} ;

- al sistemului de măsură și control O_{SMC} ;
- al mașinii de dezmembrat O_D .

În tabelul IV.10 sunt prezentate coordonatele pe axele X și Y a fiecărei componente.

	O_0	O_{MTSP}	O_{DC}	O_{RI}	O_{SMC}	O_{MD}
X(mm)	2000	4800	6000	5400	6100	6100
Y(mm)	2000	4800	3500	3500	2500	2000

Tab.IV.10 Coordonatele componentelor SFF de turnare sub presiune cu cameră caldă

IV.8.9 Sinteza ciclogramei sistemului de fabricație flexibilă de turnat sub presiune cu cameră rece

Ciclograma sistemului de fabricație flexibilă de turnare sub presiune cu cameră rece prezentată în fig.4.57 respectă condițiile din cap.IV.8.1.2 și indică succesiunea operațiilor elementelor componente ale SFF-ului și anume:

- sistemul de comandă al SFF, comandă sistemul de comandă al RI2 care acționează dispozitivul generator de traiectorie al acestuia DG de retragere al lui RI2 din spațiul de lucru al mașinii de turnat sub presiune MTSP ;

- oblonul OB al mașinii de turnat sub presiune primește comanda de închidere și prin senzorul S2 transmite sistemului de comandă al SFF de terminarea acestei operații;

- sistemul de comandă al SFF transmite simultan comanda de închidere a mașinii de turnat sub presiune adică pregătirea ei pentru turnare și comanda de umplere a cupei cu aliaj și descărcarea ei în cilindrul mașinii de turnat, operații sesizate de senzorii S5,S6;

- după operația efectivă de turnare prin senzorul S1 se comandă de către SC al SFF deschiderea oblonului OB;

- sistemul de comandă al SFF comandă RI2 care prin dispozitivul generator de traiectorie DG intră în spațiul de lucru al mașinii de turnat sub presiune iar cu ajutorul senzorului S3 certifică prezența piesei turnate în dispozitivul de prehensiune DP al RI2;

-sistemul de comandă al RI2, comandă manipulatorul R2 spre subsistemul de măsură și control care prin senzorul S11 "transmite" sistemului de comandă al SFF existența turnării complete;

-sistemul de comandă al RI2 comandă deplasarea piesei turnate la mașina de debavurat și sesizează execuția operației prin senzorul S9;

-sistemul de comandă al RI2, comandă deplasarea piesei turnate cu ajutorul RI2 la mașina de dezmembrat și sesizează execuția operației prin intermediul senzorului S8;

-sistemul de comandă al RI2 acționează dispozitivul generator de traiectorie al RI2 spre banda de transfer al lui SFF2(alt SFF de prelucrare sau de depozitare);

-senzorul S10, transmite sistemului de comandă al SFF informația de reluare a ciclului.



Fig. 4.57 Ciclograma unui SFF de turnare sub presiune cu cameră rece

În tabelul IV.11 sunt prezentați timpii operațiilor de prelucrare și manipulare precum și ordinea de desfășurare a acestora. Funcție de greutatea pieselor turnate adică de timpul de turnare, operațiile pot fi succesive sau pot să se suprapună pe anumite zone. Important este ca timpul total al unui ciclu de turnare să aibă o valoare cât mai mică.

Operația	Depls.	Timp(s)	Depls.	Timp(s)	Depls.	Timp.(s)	Depls.	Timp(s)
Turnare		4						
Extrag. turnare	TO ₂ O ₅	1,9	RO ₂	0,5	TO ₅ O ₂	1,9	RO ₂	1,1
Depun. SMC Extrag.	TO ₂ O ₁₀	1,1			TO ₁₀ O ₂	0,9		
Depun. SD Reven..	RO ₂	1	TO ₂ O ₉	1,2			TO ₉ O ₂	1,2
Depun. Sdeb Reven.	RO ₂	1	TO ₂ O ₈	1,2			TO ₈ O ₂	1,2
Rev.RI2	RO ₂	2						
DC	T _{DC}	1	T _{DC}	1				

Tabelul IV.11 Timpii operațiilor de prelucrare și manipulare

IV.8.9 Sinteza ciclogramei sistemului de fabricație flexibilă de

turnat sub presiune cu cameră caldă

Păstrând aceleași reguli ca la sistemul anterior în Fig. 4.58 se prezintă ciclograma sistemului de turnare sub presiune robotizat care utilizează camera caldă din Fig.4.53 cu următoarea succesiune de operații:

- sistemul de comandă al SFF, comandă RI de retragere a dispozitivului generator de traiectorie din spațiul de lucru al mașinii de turnat sub presiune cu cameră caldă;

- se comandă de la sistemul de comandă al SFF operația de închidere a oblonului OB sesizată de senzorul S3;

- sistemul de comandă SC al SFF comandă operația de turnare iar după aceasta prin senzorul S2 deschiderea oblonului OB al mașinii de turnat;

- sistemul de comandă al SFF transmite informația sistemului de comandă al RI care, comandă dispozitivul generator de traiectorie deplasarea în spațiul de lucru al mașinii de turnat sub presiune și prin dispozitivul de prehensiune al acestuia extrage piesa turnată din matrița de turnat ;

- senzorul S1, transmite informația de existența a piesei în dispozitivul de prehensiune sistemului de comandă al SFF care acționează dispozitivul de

generator de traiectorie al RI spre sistemul de măsură și control iar senzorul S5 certifică dacă turnarea este completă;

-sistemul de comandă al SFF comandă operația de curățare a matriței de turnat dispozitivului de curățat DC;

-simultan sistemul de comandă al SFF comandă dispozitivul generator de traiectorie DG deplasarea acestuia la mașina de dezmembrat;

-senzorul S6 certifică executarea operației iar sistemul de comandă al SFF comandă deplasarea dispozitivului generator de traiectorie deplasarea acestuia în poziție inițială

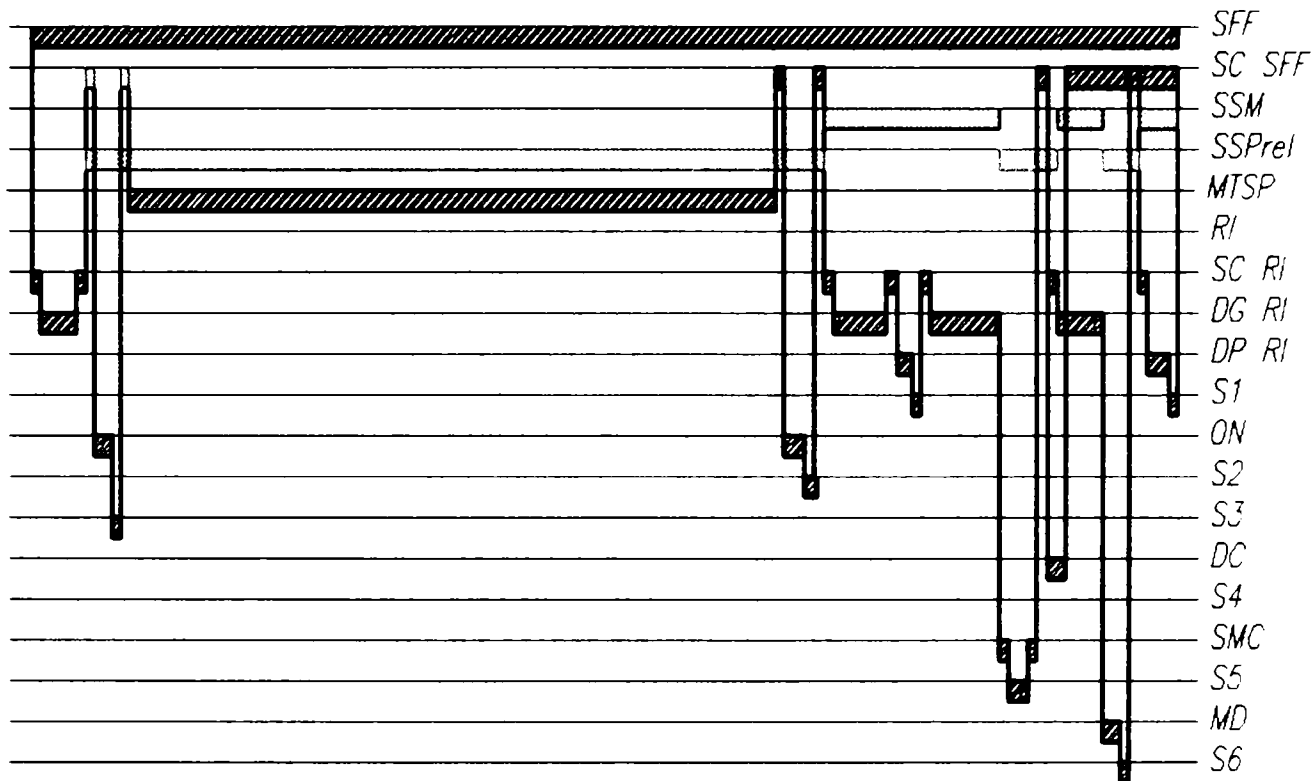


Fig. 4.58 Ciclograma unui SFF de turnare sub presiune cu cameră caldă

În tabelul IV12 este prezentată o succesiune posibilă de operații precum și timpii acestora pentru piese care nu depășesc 0,5 kg.

Operația	Deplas.	Timp(s)	Deplas.	Timp(s)	Deplas.	Timp(s)	Deplas.	Timp(s)
Turnare		3						
Extr.Ps.	TO ₁ O ₂	1,7	RO ₁	0,3	TO ₂ O ₁	1,7	RO ₁	0,7
DepSMC	TO ₁ O ₃	1,5						
SMC		1						
ExtrSMC	TO ₃ O ₁	1,5	RO ₁	0,6				
Dep.MD	TO ₁ O ₄	1,9						
Dezmem.		1						
Retr.MD	TO ₄ O ₁	1,9	RO ₁	2				
Dep.culee	TO ₁ O ₅	1,6	TO ₃ O ₁	1,6	RO ₁	0,4		

Tab. IV.12 Timpii operațiilor de prelucrare și manipulare într-un SFF cu cameră caldă

V. Proiectarea matrițelor de injectat

V.1 Amplasarea pieselor pe suprafața matriței

La proiectarea unei matrițe de injectat este necesar a se cunoaște numărul de piese turnate simultan la un ciclu, pentru a putea determina forma rețelei de turnare și amplasarea pieselor pe suprafața matriței.

Pentru o turnare sub presiune de calitate, este necesar a se respecta câteva condiții de bază în ceea ce privește amplasarea pieselor pe suprafața matriței de injectat:

- secțiunile rețelei de alimentare să nu conțină muchii Fig. 5.1;

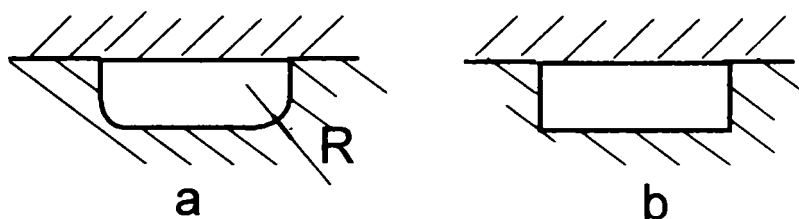


Fig. 5.1 Secțiuni ale rețelei de alimentare: a – corectă; b – incorectă.

- pentru echilibrarea presiunii la fiecare piesă în parte, lungimea ramurilor rețelei de alimentare trebuie să fie aceeași Fig. 5.2 ;

- pentru piesele cu secțiuni dreptunghiulară, se preferă intrarea axială; dacă nu este posibil, intrarea transversală să fie racordată la piesă Fig. 5.2;

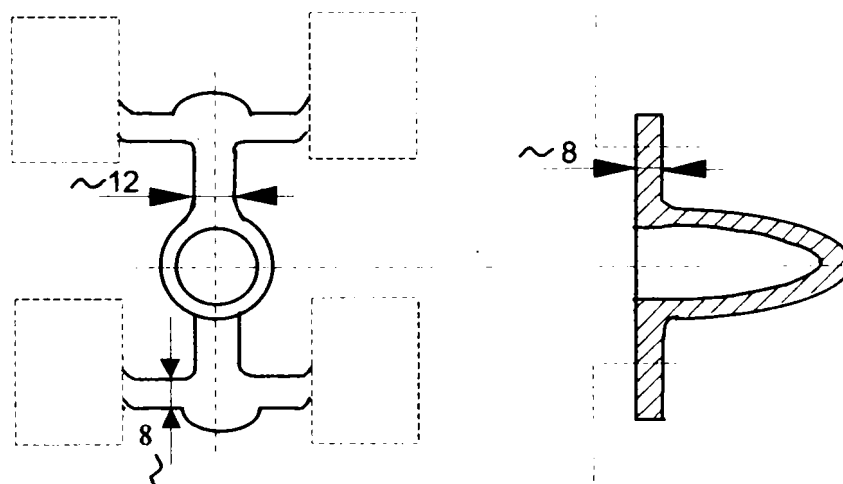


Fig. 5.2 Amplasare rețea cu intrare transversală la piese cu secțiune dreptunghiulară

- pentru piese circulare, la care intrarea de material este necesară a fi transversală se practică sistemul cu două intrări(Fig.5.3);

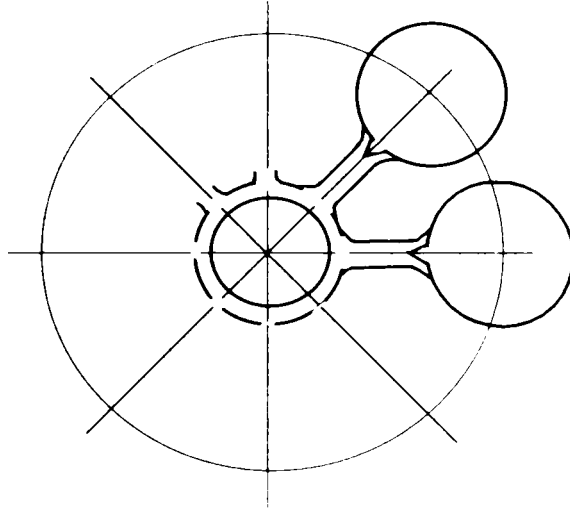


Fig. 5.3 Amplasare rețea de alimentare pentru piese cu secțiune circulară

- rețeaua de alimentare se preferă a fi executată pe placa mobilă a matriței de injectat.

V.2 Amplasarea intrării materialului la diferite configurații de piese

Modul de așezare a intrării materialului în contact cu forma piesei, influențează în mare măsură calitatea pieselor turnate.

În figurile de mai jos se prezintă modalități de așezare a intrărilor de material:

a) piese cu secțiune dreptunghiulară și laturi liniare (fig. 5.4; 5.5; 5.6; 5.7)

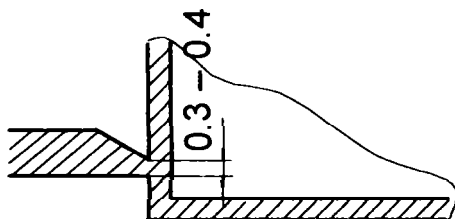


Fig. 5.4 Intrare axială pentru piese fără miez

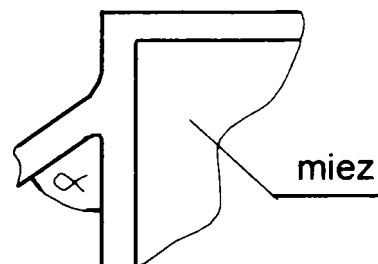


Fig. 5.5 Intrare sub unghi pentru piese cu miez (evită uzarea miezului)

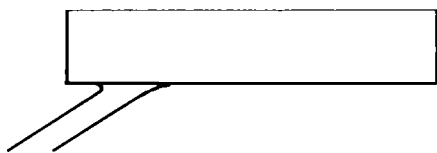


Fig. 5.6 Intrare la extremități pentru piese lungi

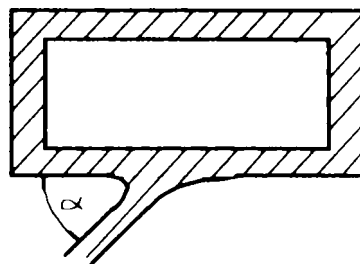


Fig. 5.7 Intrare sub unghi pe mijlocul piesei

b) piese cu secțiune rotundă și laturi liniare (intrare la extremitatea piesei pentru evitarea curgerii turbionale) Fig. 5.8, 5.9;

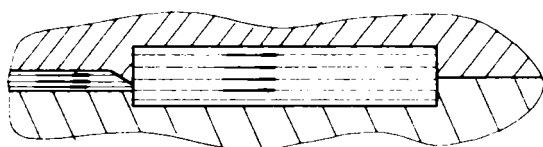


Fig. 5.8 Intrare corectă

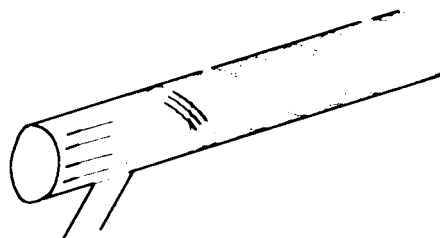


Fig. 5.9 Intrare incorectă

c) piese rotunde cu secțiune mică și medie Fig. 5.10;

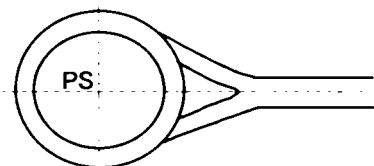


Fig. 5.10 Intrare tangențială

Observatie: lățimea intrării este de 2 – 3 mm în vederea ușurării dezmembrării

d) intrare material pe planul de separare la jumătatea înălțimii h Fig. 5.11;

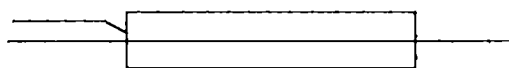


Fig. 5.11 Plan de separație la jumătatea înălțimii

e) intrare material când cavitatea piesei se află pe o placă a matriței de injectare Fig. 5.12;

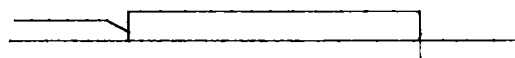


Fig. 5.12 Intrare material la amprenta piesei pe o placă a matriței

V.3 Particularități constructive ale intrării materialului în cavitatea piesei

Turnarea sub presiune, fiind o turnare de precizie s-au găsit metode în scopul eliminării operației de șlefuire. după dezmembrarea pieselor . Una dintre ele constă în executarea în planul opus rețelei, în dreptul intrării, a unei contraintrări (fig 5.13)

Aceasta se execută tangent la piesă, urmărind conturul acesteia(fig.5.14).

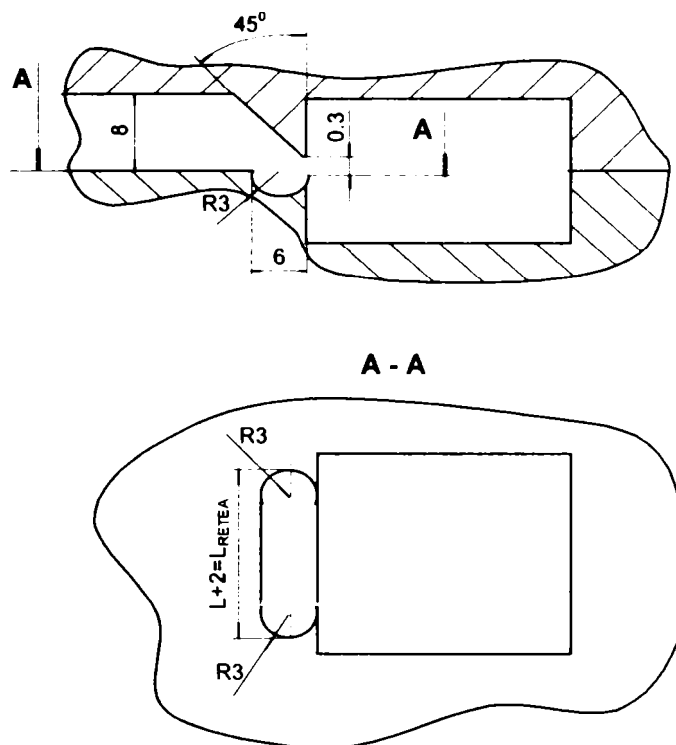


Fig. 5.13 Contraintrare în vederea eliminării șlefuirii

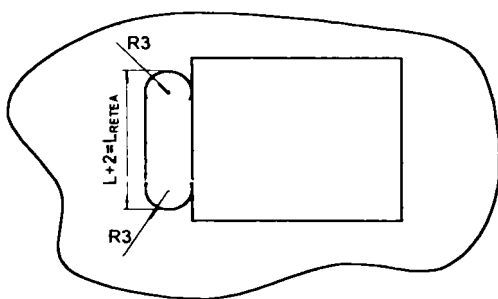


Fig. 5.14a Contraintrare liniară

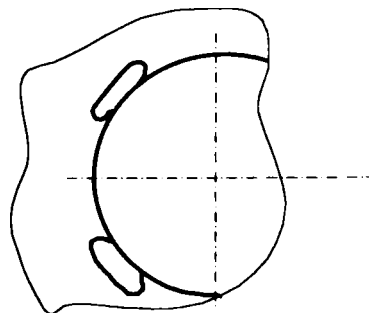


Fig. 5.14b Contraintrare circulară

Pentru ca dezmembrarea să nu lase urme pe piesă, este necesar ca lungimea contraintrării să depășească lățimea rețelei și a intrării de alimentare (fig. 5.15).

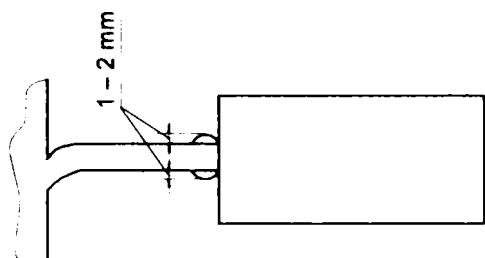


Fig. 5.15 Amplasament contraintrare față de rețeaua de alimentare

În figura 5.16 se prezintă o vedere frontală a plăcii fixe a matriței de injectat; cu linie întreruptă este evidențiată rețeaua de alimentare de pe placa mobilă a matriței.

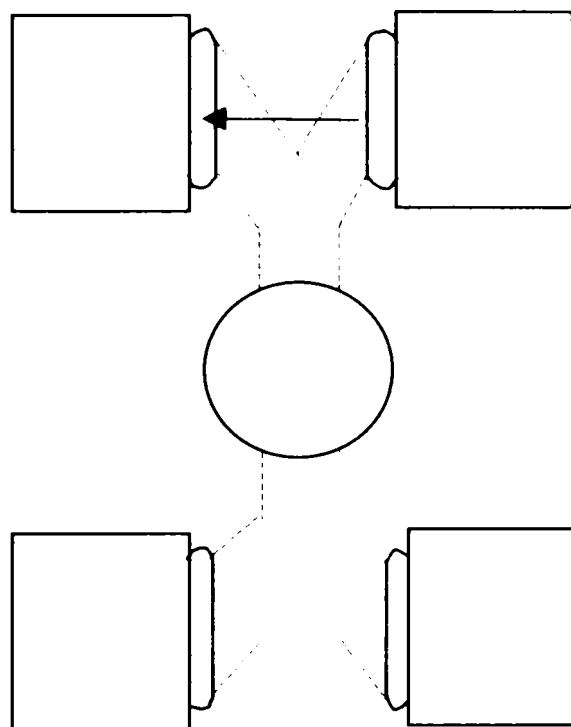


Fig. 5.16 Partea fixă a matriței de injectare prevăzută cu cavități de piese și contraintrări

V.4 Particularități constructive ale intrării materialului în matrița de injectat

Componentele principale ale unei matrițe de injectat sunt: placa fixă, placa mobilă, pulverizatorul, plăcile suport, miezuri și aruncătoare.

Pentru un interval al pieselor turnate cuprins între 0 – 1.5 Kg dimensiunile de gabarit ale plăcilor suport și ale plăcilor active se pot considera constante; aceasta întrucât la piese de greutate mică crește numărul cuiburilor. O altă componentă a matriței care păstrează dimensiunile de gabarit este pulverizatorul.

Pulverizatorul este elementul pe care se formează legătura de aliaj turnat între mașina de turnat sub presiune și matriță (fig. 5.17)

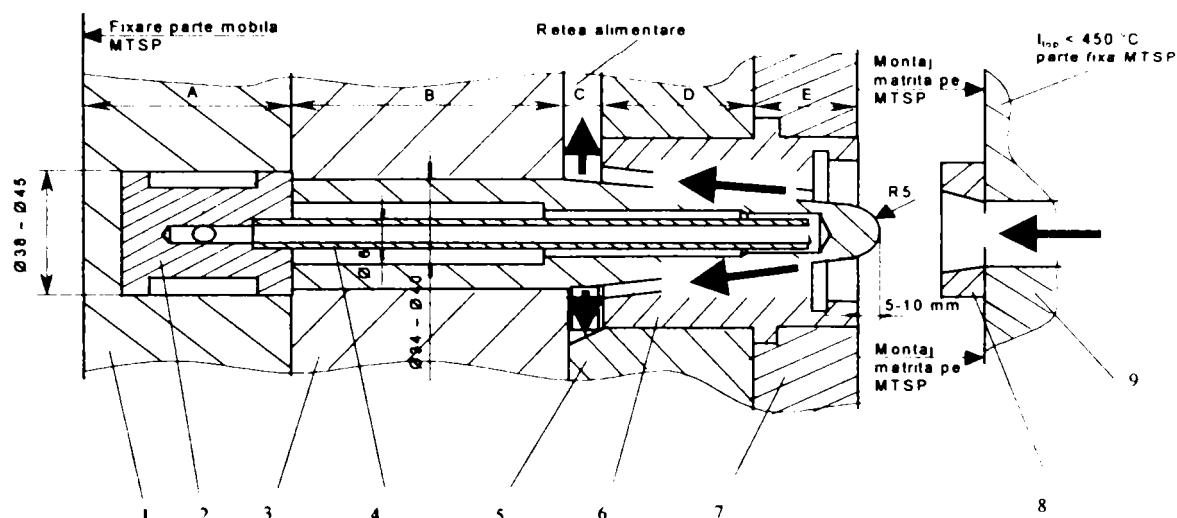


Fig. 5.17 Secțiune parțială într-o matrită de injectat: 1,7 – plăci suport; 2 – corp pulverizator; 3,5 – plăci active; 4 – sistem de răcire; 6,8 – diuze ale matritei respectiv ale mașinii; 9 – MTSP.

Forma pulverizatorului cu aliaj solidificat după turnare este zona accesibilă pentru dispozitivul de prehensiune al unui manipulator care face parte dintr-un sistem robotizat de turnare sub presiune. În fig.5.17 este indicat cu ajutorul săgeților traseul parcurs de aliaj de la mașină până în concavitatea piesei din matrită.

V.5 Materiale utilizate la părțile active ale matritei de turnat sub presiune

1. Materiale utilizate la plăcile fixe ale matritelor

a) BOHLER W 300 WNr. 1.2343 DIN: X38CrMoV5-1 MSZ: K12

-se utilizează la turnarea zamac ($ZnAl_4Cu_1T$) sub presiune;

-compoziție chimică:

C %	Si %	Mn %	Cr %	Mo %	V %
0.38	1.10	0.40	5.00	1.30	0.40

- Tratamente termice:

-Recoacere de detensionare: încălzire 750 – 800°C cu intervalul de 10 – 20°C/ oră;
se obține o duritate maximă de 229 HB

- Călire – preîncălzire: 600 – 650⁰ C cu menținere 1 – 2 ore,
- încălzire: 1000 – 1040⁰C
- răcire în ulei.

-Revenire – încălzire 500 – 550⁰C; se recomandă trei reveniri cu răcirea în cuptor în vederea măririi tenacității;

-Duritatea după tratament termic: 52 – 56 HRC.

Observatie: nu se recomandă mărirea durității cu ajutorul revenirilor întrucât materialul devine casant la durități mai mari de 56 HRC.

a)BOHLER W302; WNr 1.234, DIN X40CrMoV5-1, MSZ: K13P

-Se utilizează la turnarea siluminiului sub presiune;

-Compoziția chimică:

C %	Si %	Mn %	Cr %	Mo %	V %
0.39	1.10	0.40	5.20	1.40	0.95

- tratament termic identic cu cel de la W300.

b)QRO 90 supreme

-se utilizează la turnarea sub presiune a pieselor din zamac (ZnAl₄Cu₁T) și siluminiu;

-tratamente termice:

-recoacere de detensionare: încălzire la 650⁰C menținere 2 ore minim, răcire în cuptor până la 500⁰C apoi în aer;

-călire – preîncălzire: 600-850⁰C cu menținere 2 ore;

-încălzire: 1020 – 1050⁰C;

-răcire în ulei;

-revenire – încălzire 450 – 600⁰C; se recomandă două reveniri în vederea măririi tenacității;

-duritate după tratament termic: 46 – 48 HRC.

Observatie: se recomandă după prelucrările mecanice, efectuarea nitrurării: 90% H₂ , 10% N₂ astfel:

Temperatura °C	Timp de menținere [ore]	Grosimea stratului [mm]
480	0.5	0.004

480	10	0.13
480	20	0.25

a) 39VsiMoCr52 – OSSA – Romania

- se utilizează la turnarea sub presiune a pieselor din zamac ($ZnAl_4Cu_1T$) și siluminiu

- compoziția chimică:

C%	Si%	Mn%	P%	S%	Cr%	Mo%	V%
0.30 -	0.90	0.30	0.03	0.03	4.80	1.10	0.25
0.42	1.20	0.50			5.50	1.40	0.50

- tratament termic similar ca la W300;

2. Materiale utilizate la elementele aflate în mișcare (aruncătoare, expulzoare etc.)

a) BOHLER S600; WNr: 1.3343; DIN: HS6-5-2; MSZ:R6

-se utilizează la turnarea sub presiune a pieselor turnate din zamac ($ZnAl_4Cu_1T$) și siluminiu;

-compoziția chimică:

C%	Si%	Mn%	Cr%	Mo%	V%	W%
0.90	0.25	0.30	4.10	5.00	1.80	6.40

-tratamente termice:

-recoacere de detensionare: încălzire la 770 – 840°C, menținere minim 2 ore;

-călire – preîncălzire 600 - 650°C cu menținere 2 ore;

-încălzire: 1180 - 1190°C;

-răcire în ulei;

-revenire – încălzire 500 – 600°C cu trei reveniri și răcire în cuptor;

-duritatea după tratament termic: 52 – 65 HRC.

Observație : se recomandă revenirea la temperatura maximă pentru a obține o duritate de 52 – 54 HRC.

b) BOHLER W321; WNr. 1.2885; DIN: X32CrMoCoV3

-se utilizează la turnarea sub presiune a pieselor turnate din zamac ($ZnAl_4Cu_1T$) și siluminiu;

-compoziția chimică:

C%	Si%	Mn%	Cr%	Mo%	V%	Co%

0.39	0.30	0.35	2.90	2.80	0.65	2.90
------	------	------	------	------	------	------

-tratamente termice:

-recoacere de detensionare: încălzire la 750 – 800⁰C cu 10 – 20 ⁰C/oră;

-călire – preîncălzire 600 – 650⁰C cu menținere de min 1 – 2 ore;

-încălzire la 1000 – 1070⁰C;

-revenire – încălzire la 500 – 550⁰C cu minim 2 reveniri și răciri în cuptor;

-duritatea după tratament termic: 52 – 56 HRC.

UNIV. "POLITEHNICA"

VI Compararea parametrilor tehnologici obținuți pe cale experimentală cu rezultatele teoretice

VI.1 Stabilirea grupelor de piese funcție de specificul lor

Se prezintă în continuare criteriile și grupele stabilite în urma experimentărilor pe o mașină de turnat sub presiune de 170 tf. în urma cărora s-au analizat parametri tehnologici ai procesului de turnare sub presiune.

a) greutatea aliajului turnat

Am stabilit următoarele intervale de greutate ale aliajului:

- 0-0,100 kg;
- 0,100-0,150 kg;
- 0,150-0,250 kg;
- 0,250-0,500 kg;
- 0,500-1,000 kg;
- 1,000-1,500 kg;
- 1,500-2,000 kg.

b) număr de piese turnate simultan (număr de cuiburi)

Grupele stabilite în urma analizării rezultatelor sunt:

- nr. de cuiburi (piese) ≤ 4 ;
- nr. de cuiburi (piese) 4-10;
- nr. de cuiburi (piese) ≥ 10 .

c) forma secțiunii pieselor turnate

Am stabilit trei grupe funcție de forma pieselor și anume:

- secțiune rotundă;
- secțiune dreptunghiulară;
- secțiune combinată.

d) complexitatea pieselor turnate

- complexitate mică;
- complexitate mare.

VI.2 Determinarea pe cale experimentală a parametrilor tehnologici ai procesului de turnare sub presiune și a parametrilor constructivi ale matrițelor de turnat sub presiune

Pornind de la criteriile prezentate anterior (cap.VI.1) în Tab VI.1 sunt prezentate rezultatele parțiale obținute experimental. cu evidențierea parametrilor tehnologici enumerați mai jos:

- T(C) temperatura aliajului;
- T_m timpul de menținere a matriței în poziție închisă (solidificare material);
- T_i timp de menținere a materialului sub presiune;
- T_{ca} timp de întârziere a unui nou ciclu;
- T_a timp de întârziere la aruncare;
- T_r timp de întârziere la aruncare.

Parametri constructivi ai matriței de turnat se referă la:

- secțiune intrare material:lățime x grosime (mm);
- secțiune rețea de alimentare:lățime x raza de fund x grosime (mm).

Greut. [kg]	Nr. cuiburi	Forma sect. piesă	Com-plex.	Temp. aliaj [T°C]	Timp mențin. [sec.]	Timp întârz. [sec.]	Timp total c. [sec.]	Intrare mater. poziție	Secțiun. intrare	Secțiun. rețea
0-0,100	≤ 4	rotundă	mică	425	3	12,4	19	Axial	5x0,2	L6mm R3mm J4mm
			mare	425	4	12,4	20	Transv.		
		dreptun.	mică	425	3	12,4	19	Ax-Tra.	5x0,2	L6mm R3mm J4mm
			mare	425	4	13,9	20	Axial		
		combin.	mică	425	3	12,4	19	Transv.	5x0,2	L6mm R3mm J4mm
			mare	425	4	13,9	20	Ax-Tra.		
	4-10	rotundă	mică	445	3	12,4	19	Axial	5x0,2	L6mm R3mm J4mm
			mare	445	4	12,4	20	Transv.		
		dreptun.	mică	445	3	12,4	19	Ax-Tra.	5x0,2	L6mm R3mm J4mm
			mare	445	4	13,9	20	Axial		
		combin.	mică	445	3	12,4	19	Transv.	5x0,2	L6mm R3mm J4mm
			mare	445	4	13,9	20	Ax-Tra.		
	≥ 10	rotundă	mică	445	3	12,4	19	Axial	5x0,2	L6mm R3mm J4mm
			mare	445	4	13,9	20	Transv.		
		dreptun.	mică	445	3	12,4	19	Ax-Tra.	5x0,2	L6mm R3mm J4mm
			mare	445	4	13,9	20	Axial		
		combin.	mică	445	3	12,4	19	Transv.	5x0,2	L6mm R3mm J4mm
			mare	445	4	13,9	20	Ax-Tra.		

Tab. VI.1 Parametri tehnologici ai procesului și cei constructivi ai matriței de turnat

S-au exemplificat rezultatele pentru intervalul de greutate al pieselor cuprins între 0 și 0,100 kg. Toate rezultatele determinate experimental sunt prezentate în **Anexa II** și constituie baza de date în vederea prelucrării automate a acestora pe calculator. Utilizând limbajul de programare "Visual C", sub sistemul de operare "Windows" în Fig.6.1 se prezintă imaginea captată de pe monitor cu un exemplu și anume:

La un proces de turnare sub presiune cu caracteristicile:

- greutate 1 kg;
- număr de piese turnate simultan ≤ 4;
- forma secțiunii piesei rotundă;
- complexitate piesă mică(fără miezuri);
- intrare material axial;

prin accesarea ferestrei "Parametri Constructivi" calculatorul afișează rezultatele:

- secțiune intrare material 6x0,3;
- secțiune rețea de intrare L=8mm;R=3mm;J=5mm.

Pentru aceeași piesă este redată imaginea captată de pe monitor Fig.6.2. Ea redă prin accesarea ferestrei "Parametri Tehnologici" următorii parametri tehnologici:

- T(C) =445°C;
- Tm =4 sec.;
- Ti =2 sec.;
- Tca =13,4 sec.;

Fig.6.1 Parametri constructivi ai matriței de turnat sub presiune

- Ta =2 sec.;
- Tr =0,5 sec.;
- T2 =0,1 sec.;
- Tc =22 sec.

Fig.6.2 Parametri tehnologici ai procesului de turnare sub presiune

VI.3 Compararea rezultatelor experimentale cu cele calculate teoretic

Utilizând metoda de calcul a timpului de solidificare a aliajului prezentat în cap. IV.7.6.2 precum și programul de calculator din același capitol, prin integrarea tuturor programelor am putut compara rezultatele experimentale cu cele teoretice. Practic programul anterior (cap.6.2) continuă cu metoda teoretică de calcul al timpului de solidificare al pieselor. Programul de calcul integrat este prezentat în **Anexa III**.

În Fig.6.3 este redată imaginea monitorului în care este accesată fereastra

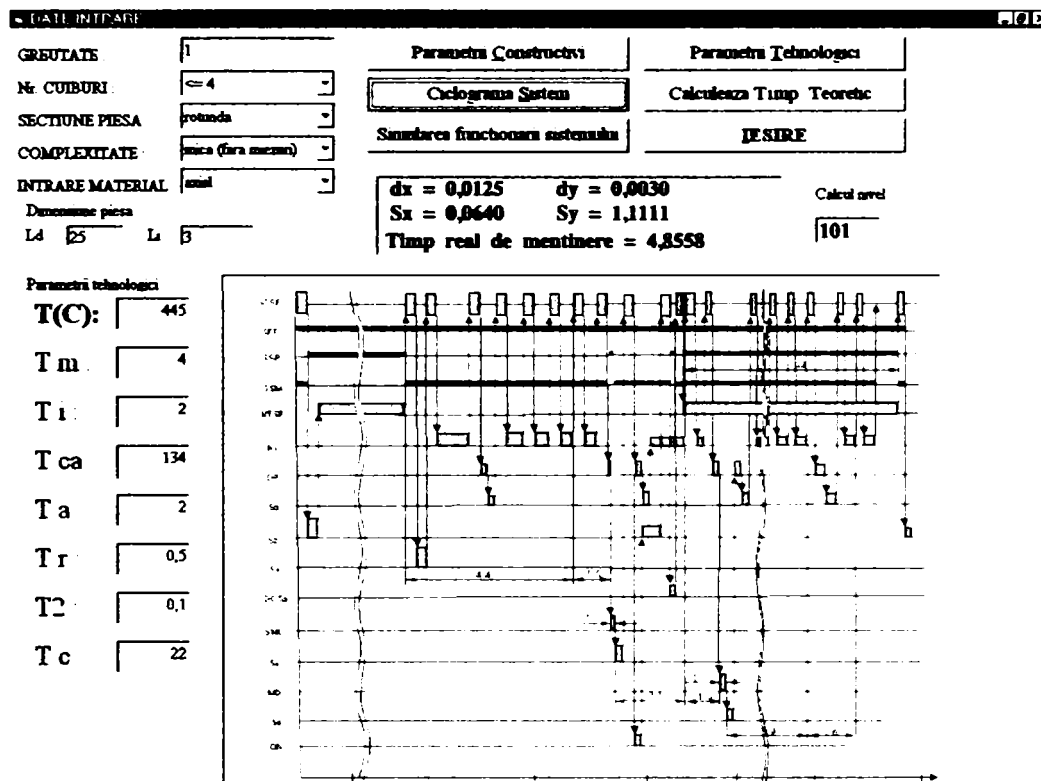


Fig. 6.3 Ciclograma sistemului SFF și timpul de solidificare teoretic

“Ciclograma Sistem”. Aceasta redă ciclograma sistemului robotizat de turnare sub presiune prezentat în cap. IV.8.9;

Ciclograma evidențiază timpii elementelor SFF-ului și modul de suprapunere a acestora.

Prin accesarea ferestrei “Calculează Timp Teoretic” calculatorul efectuează calculele și afișează timpul calculat. În exemplul prezentat acesta este de 4,8 sec. Cu ajutorul Autocad-ului se prezintă funcționarea SFF-ului de turnat sub presiune în timp real utilizând rezultatele anterioare (Fig.6.4). Se completează căsuța de dialog cu numărul de cicluri dorit, se accesează fereastra “OK” iar SFF-ul simulează prelucrarea.

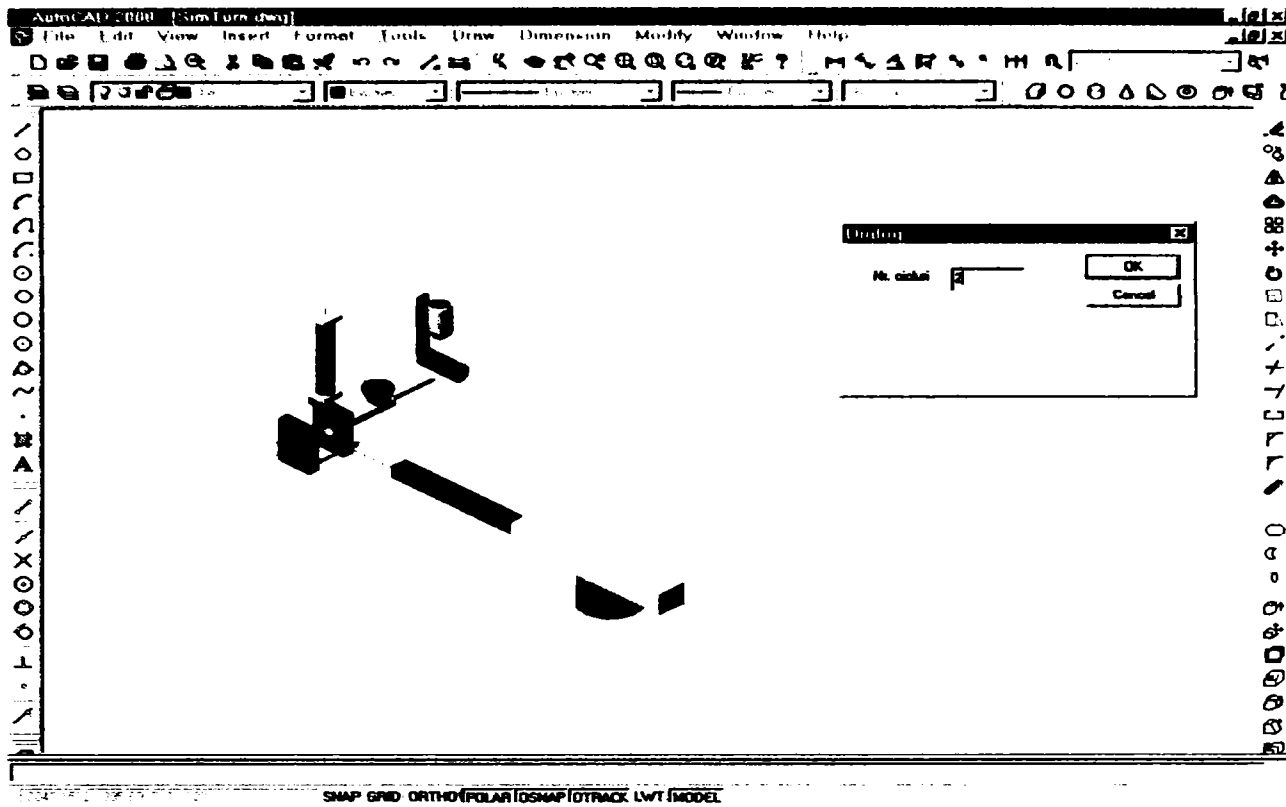


Fig. 6.4 Prezentarea grafică a funcționării SFF-ului de turnat sub presiune

VII. Concluzii generale. Contribuții originale

VII. 1 Concluzii generale

Teza de doctorat intitulată „Contribuții la sinteza optimală a sistemelor de fabricație robotizată în turnătorii” începe în cadrul capitolului II cu stadiul actual al cercetărilor și realizărilor în domeniul automatizării proceselor robotizate de turnare sub presiune. Sunt prezentate elementele sistemului de turnare robotizat: clasificarea mașinilor de turnare sub presiune și elementele constructive ale acestora (cu cameră caldă și cameră rece), manipuloarele utilizate în procesul de turnare, instalațiile aducătoare și de evacuare utilizate într-un sistem de fabricație flexibilă de turnare sub presiune.

Se prezintă în continuare factorii care influențează procesul de turnare sub presiune sau depresiune, particularitățile solidificării aliajelor sub acțiunea presiunii mecanice. În finalul acestui capitol este prezentată o analiză a procedurii de turnare la joasă presiune (TPJ) și înaltă presiune.

Scopul tezei, este de a face o prezentare detaliată a principiilor constructive a tuturor elementelor unei celule de fabricație flexibilă, ce concurează la un proces de turnare sub presiune flexibil precum și optimizarea acestui sistem. În vederea realizării scopului enunțat sunt propuse și rezolvate următoarele obiective ale tezei:

- a) Implementarea etapelor sintezei unui sistem de fabricație flexibilă robotizată:
 - stabilirea elementelor componente ale unei celule de fabricație flexibilă robotizată;
 - relațiile între componentele celulei; spațiale, temporale, spațio-temporale;
 - elaborarea tehnologiei de grup;
 - elaborarea concepției de ansamblu a sistemului de fabricație flexibilă.
- b) Implementarea flexibilității pentru toate elementele componente ale sistemului precum și optimizarea acestora:
 - matrița de turnat sub presiune;
 - manipulatorul de alimentare cu aliaj;
 - mașina de turnat sub presiune;
 - manipulatorul pentru extragerea pieselor turnate;
 - manipulatorul pentru curățat suprafețele active ale matriței de turnat.
- c) Compararea și validarea rezultatelor teoretice cu cele practice.
- d) Realizarea unui sistem de conducere unitară a unei celule flexibile robotizate precum și monitorizarea procesului de producție.

Respectând ordinea obiectivelor prezentate mai sus în cap. IV.4 este prezentată o abordare a pieselor turnate prin implementarea tehnologiei de grup. S-au realizat grupe de piese în urma cărora s-au prezentat noi tipuri de matrițe de turnat cu ajutorul cărora se pot executa piesele din grupa respectivă. Cap. IV.5 analizează subsistemul de alimentare cu aliaj a mașinii de turnat sub presiune precum și flexibilitatea acestuia. În vederea optimizării parametrilor cinematici a cupei de transport aliaj în stare topită este prezentat calculul analitic al accelerației tangențiale a cupei precum și modalitatea de prelucrare automată a acesteia cu ajutorul unui program în Microsoft Excel. Flexibilizarea mașinii de turnat sub

presiune este pusă în evidență prin determinarea timpului de solidificare a pieselor turnate și optimizarea acestuia (cap. IV.7). S-au prezentat și determinat problema fizică în optimizarea timpului de solidificare, ecuațiile de transport în fluid, condițiile inițiale și la limită precum și modelul matematic pentru determinarea timpului de solidificare. Transpunerea modelului matematic în sistemul de prelucrare automată a datelor se regăsește în programul „Determinarea timpului de menținere a pieselor la turnarea sub presiune” realizat cu ajutorul limbajului de programare „Visual C”, sub sistemul de operare Windows. Flexibilizarea în ansamblu al sistemelor de fabricație robotizate este prezentată în cap. IV.8 prin analiza și sinteza sistemului de fabricație flexibilă de turnare sub presiune precum și prin sinteza planului de amplasament (LAYOUT). Cap. V prezintă elemente noi în proiectarea matrițelor de turnat sub presiune cu referire la amplasarea pieselor pe suprafața matriței, amplasarea intrării materialului la diferite configurații de piese, particularități constructive ale matrițelor de turnat sub presiune. Verificarea metodelor teoretice propuse în teză s-a concretizat prin aplicații prezentate în cap. IV.5.3, IV.7.6.2 iar programul integrat de stabilire a parametrilor tehnologici în cap. VI.3.

Ca urmare a celor concluzionate anterior, autorul consideră că scopul și obiectivele tezei prezentate au fost îndeplinite.

Autorul apreciază că cercetările efectuate, ale căror rezultate sunt prezentate în teză pot fi dezvoltate, între altele, pe următoarele direcții:

- stabilirea unei alte metode de calcul al timpului de solidificare a aliajului, prin calculul transferului de căldură pe unitate tridimensională;

- construirea unui sistem de conducere a SFF-ului de turnare sub presiune robotizat, care să includă unul sau mai multe SFF-uri concomitent cu urmărirea sarcinilor de producție.

VII. 2 Contribuții originale

Autorul a adus următoarele contribuții originale elaborând teza:

- sistematizarea informațiilor existente în literatura de specialitate privind rezultatele cercetărilor și realizărilor în domeniul turnării automate a aliajelor neferoase;

- analiza oportunității modernizării unui sistem de producție în vederea constituirii unui sistem de fabricație flexibil robotizat pentru turnarea sub presiune a aliajelor neferoase;

- implementarea tehnologiei de grup pieselor obținute prin turnarea sub presiune și tipizarea matrițelor de turnare sub presiune (fig. 4.12; 4.13; 4.15; 4.16; 4.17; 4.18; 4.19; 4.20; 4.21; 4.22);

- optimizarea accelerației tangențiale a cupei de transport aliaj în stare topită în vederea flexibilizării sub sistemului de alimentare cu aliaj a mașinii de turnat sub presiune și determinarea optimului printr-un sistem de prelucrare automată a datelor (rel. IV.23; IV.24; IV.25; IV.27; IV.29; IV.30; IV.31; IV.35; fig. 4.39);

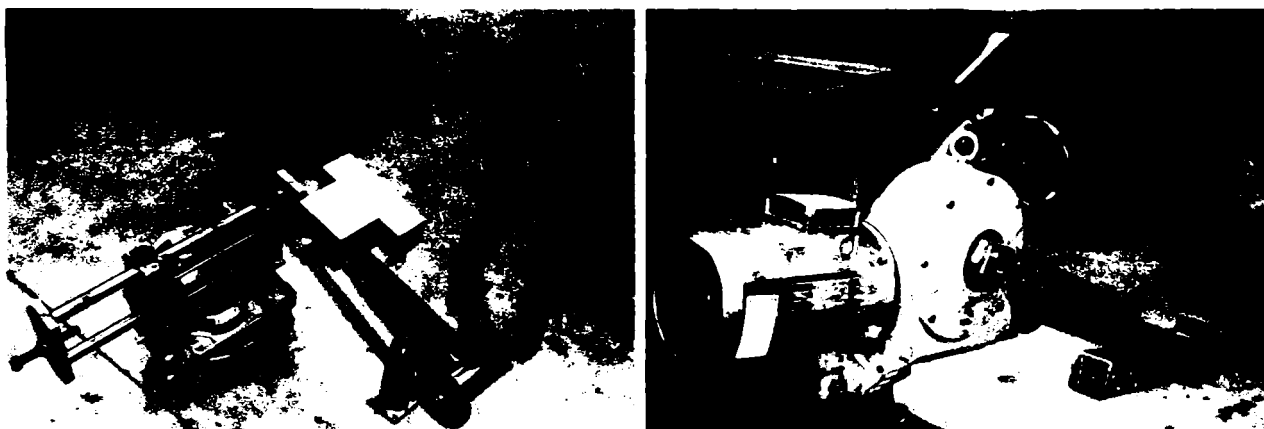
-flexibilizarea mașinii de turnat sub presiune prin determinarea automată a timpului de solidificare a aliajului(rel.IV.88;IV.89;IV.90;IV.91;IV.92;IV.93;IV.94; IV.95;IV.98;IV.99;IV.100;pag.141-145));

-elemente noi(original) care stau la baza proiectării matrițelor de turnat sub presiune în vederea funcționării normale a acestora și a obținerii de piese de calitate superioară(fig.5.1;5.2;5.3;5.4;5.5;5.6;5.7;5.8;5.9;5.10;5.11;5.12;5.13;5.14ab;5.15;5.16);

-elaborarea unui număr de 3 programe de calcul originale și a unui program integrat de verificare a procesului de producție(Anexa II;AnexaIII;fig.6.1;6.2);

-construirea unui manipulator pentru extragerea pieselor turnate sub presiune cu următoarele caracteristici:

- a) manipulatorul extrage piese turnate cu o greutate de max. 10 kg.;
- b) structura manipulatorului este RRTR;
- c) ultima cuplă cinematică conducătoare de rotație este opțională și execută o mișcare de flex-extensie, în vederea evacuării atunci când gabaritul rețelei de turnare depășește dimensiunea dintre coloanele mașinii de turnat sub presiune;
- d) acționarea manipulatorului este electrică;
- e) manipulatorul deservește o mașină de turnat sub presiune de 700 tf.;
- f) ordinea mișcărilor este realizată cu ajutorul automatelor programabile;
- g) imagini din timpul construcției sunt prezentate în fig. 7.1.



Caracteristici:

- Motor 1=1,1kw cu 1400 rot/min;reductor 1=l=168 în 2 trepte;
- Motor 2=0,37 kw cu 1370 rot/min;reductor 2=l=180 în 2 trepte;
- cilindru transversal \varnothing 40x120;
- cilindru rotativ \varnothing 50x180 grade;
- dispozitiv prehensiune \varnothing 50 paralel;
- automat programabil TWIDO(TELEMECANIQUE) 66 intr., 30 ieș.;
- 16 senzori inductivi
- 3 senzori optici
- 4 limitatori capăt de cursă
- 2 DRIVERE(variatoare de turație)
- ALTIVAR 58-1,5KW

38-0,75 KW.

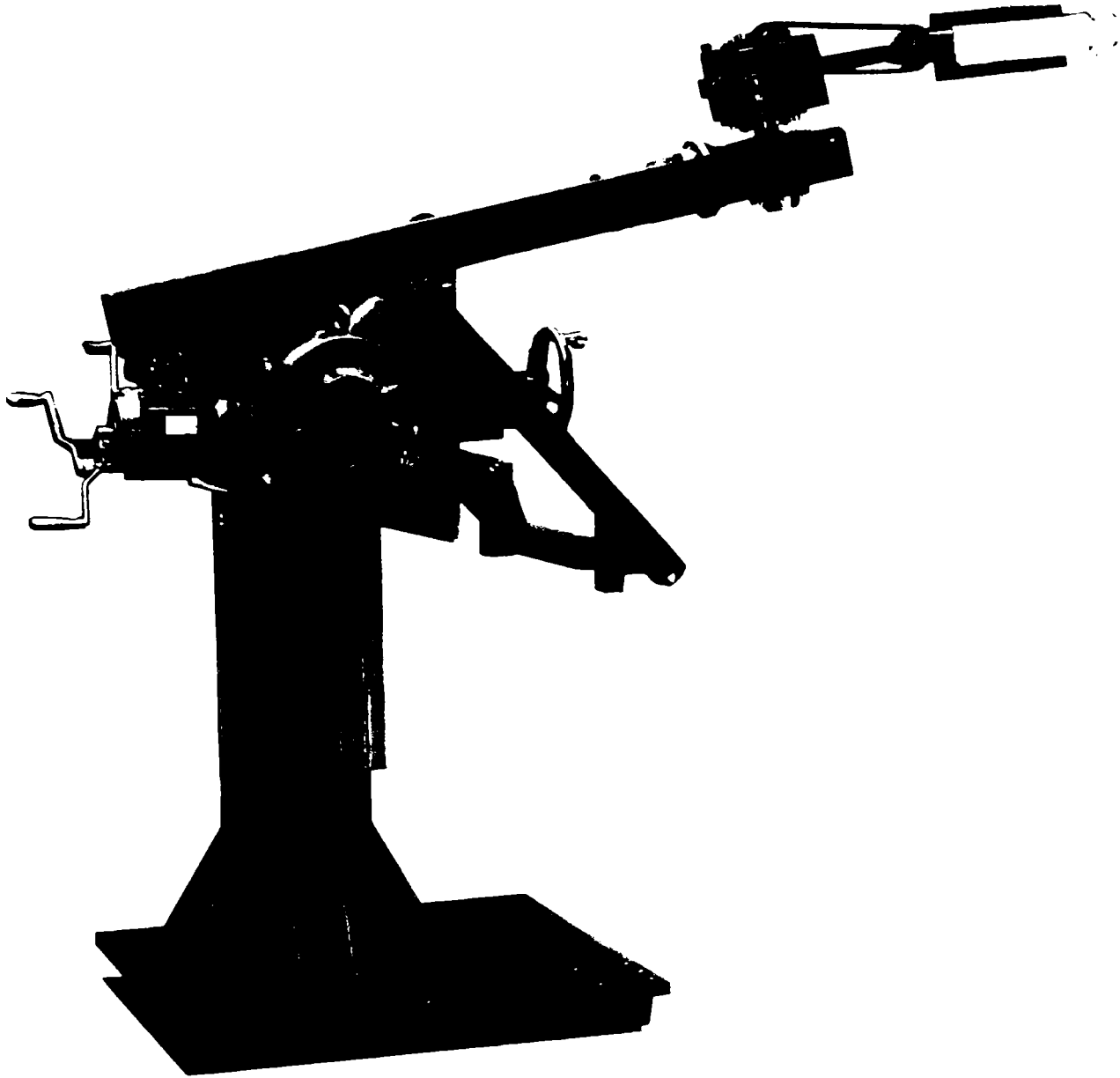


Fig. 7.1 Module și ansamblu mecanic al manipulatorului de extras piese turnate

ANEXE

ANEXA I

m =	alpha \ AT	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
0,01		77,10	77,00	76,90	76,80	76,70	76,60	76,50	76,40	76,30	76,20	76,10	76,00	75,90	75,80	75,70
0,02		77,10	77,00	76,90	76,80	76,70	76,60	76,50	76,40	76,30	76,20	76,10	76,00	75,90	75,80	75,70
0,03		77,10	77,00	76,90	76,80	76,70	76,60	76,50	76,40	76,30	76,20	76,10	76,00	75,90	75,80	75,70
0,04		77,10	77,00	76,90	76,80	76,70	76,60	76,50	76,40	76,30	76,20	76,11	76,01	75,91	75,81	75,71
0,05		77,10	77,00	76,90	76,80	76,70	76,60	76,50	76,41	76,31	76,21	76,11	76,01	75,91	75,82	75,72
0,06		77,10	77,00	76,90	76,80	76,70	76,61	76,51	76,41	76,31	76,21	76,12	76,02	75,92	75,83	75,73
0,07		77,10	77,00	76,90	76,80	76,71	76,61	76,51	76,42	76,32	76,22	76,13	76,03	75,94	75,84	75,75
0,08		77,10	77,00	76,90	76,81	76,71	76,61	76,52	76,42	76,33	76,23	76,14	76,05	75,96	75,86	75,77
0,09		77,10	77,00	76,91	76,81	76,71	76,62	76,52	76,43	76,34	76,25	76,16	76,07	75,98	75,89	75,80
0,10		77,10	77,00	76,91	76,81	76,72	76,62	76,52	76,43	76,35	76,26	76,18	76,09	76,01	75,92	75,84
0,11		77,10	77,00	76,91	76,82	76,72	76,62	76,53	76,44	76,35	76,29	76,20	76,12	76,04	75,96	75,89
0,12		77,10	77,01	76,91	76,82	76,72	76,63	76,54	76,46	76,37	76,29	76,23	76,16	76,08	76,01	75,94
0,13		77,10	77,01	76,91	76,82	76,73	76,64	76,56	76,47	76,39	76,31	76,23	76,16	76,08	76,01	75,94
0,14		77,10	77,01	76,92	76,83	76,74	76,65	76,57	76,49	76,41	76,34	76,27	76,20	76,13	76,07	76,01
0,15		77,10	77,01	76,92	76,83	76,75	76,66	76,59	76,51	76,44	76,37	76,31	76,25	76,19	76,13	76,08
0,16		77,10	77,01	76,92	76,84	76,76	76,68	76,61	76,54	76,47	76,41	76,35	76,30	76,25	76,21	76,17
0,17		77,10	77,01	76,93	76,84	76,77	76,69	76,63	76,57	76,51	76,46	76,41	76,36	76,33	76,29	76,26
0,18		77,11	77,02	76,94	76,86	76,78	76,71	76,65	76,60	76,55	76,50	76,47	76,44	76,41	76,39	76,37
0,19		77,11	77,02	76,94	76,87	76,79	76,73	76,68	76,63	76,59	76,56	76,53	76,51	76,50	76,50	76,50
0,20		77,11	77,02	76,95	76,88	76,81	76,76	76,71	76,67	76,64	76,62	76,61	76,60	76,61	76,62	76,63
0,21		77,11	77,02	76,95	76,88	76,83	76,78	76,74	76,72	76,70	76,69	76,69	76,70	76,72	76,75	76,79
0,22		77,11	77,03	76,96	76,90	76,85	76,81	76,78	76,76	76,76	76,76	76,78	76,81	76,84	76,89	76,95
0,23		77,11	77,03	76,97	76,91	76,87	76,84	76,82	76,82	76,83	76,85	76,88	76,92	76,98	77,05	77,14
0,24		77,11	77,04	76,98	76,94	76,92	76,91	76,91	76,94	76,98	77,03	77,10	77,19	77,29	77,41	77,55
0,25		77,11	77,04	76,99	76,96	76,94	76,94	76,97	77,00	77,06	77,14	77,23	77,34	77,47	77,62	77,78
0,26		77,11	77,05	77,00	76,98	76,97	76,99	77,02	77,08	77,15	77,25	77,37	77,50	77,66	77,84	78,04
0,27		77,11	77,05	77,01	77,00	77,00	77,03	77,08	77,15	77,25	77,37	77,51	77,68	77,86	78,07	78,31
0,28		77,12	77,06	77,03	77,02	77,03	77,08	77,14	77,24	77,36	77,50	77,67	77,86	78,08	78,33	78,59
0,29		77,12	77,06	77,04	77,04	77,07	77,13	77,21	77,33	77,47	77,64	77,84	78,06	78,31	78,59	78,90
0,30		77,12	77,07	77,05	77,06	77,11	77,18	77,29	77,42	77,59	77,79	78,01	78,27	78,56	78,88	79,23
0,31		77,12	77,08	77,07	77,09	77,15	77,24	77,36	77,52	77,71	77,94	78,20	78,50	78,82	79,19	79,58
0,32		77,12	77,08	77,08	77,12	77,19	77,30	77,45	77,63	77,85	78,11	78,40	78,73	79,10	79,51	79,95
0,33		77,13	77,09	77,10	77,15	77,23	77,36	77,53	77,74	77,99	78,28	78,61	78,99	79,40	79,85	80,34

0,34	77,13	77,10	77,12	77,18	77,28	77,43	77,62	77,86	78,14	78,47	78,84	79,25	79,71	80,21	80,76
0,35	77,13	77,11	77,13	77,21	77,33	77,50	77,72	77,99	78,30	78,66	79,07	79,53	80,04	80,59	81,19
0,36	77,13	77,12	77,15	77,24	77,38	77,58	77,82	78,12	78,47	78,87	79,32	79,82	80,38	80,99	81,65
0,37	77,13	77,13	77,17	77,28	77,44	77,65	77,93	78,26	78,64	79,08	79,58	80,13	80,74	81,41	82,13
0,38	77,14	77,14	77,19	77,31	77,49	77,74	78,04	78,40	78,82	79,31	79,85	80,46	81,12	81,85	82,64
0,39	77,14	77,15	77,22	77,35	77,55	77,82	78,15	78,55	79,01	79,54	80,14	80,79	81,52	82,31	83,16
0,40	77,14	77,16	77,24	77,39	77,62	77,91	78,27	78,71	79,21	79,79	80,43	81,15	81,93	82,79	83,71
0,41	77,15	77,17	77,26	77,43	77,68	78,00	78,40	78,87	79,42	80,04	80,74	81,52	82,36	83,29	84,29
0,42	77,15	77,18	77,29	77,48	77,75	78,10	78,53	79,04	79,64	80,31	81,06	81,90	82,81	83,81	84,88
0,43	77,15	77,19	77,31	77,52	77,82	78,20	78,67	79,22	79,86	80,59	81,40	82,30	83,28	84,35	85,50
0,44	77,16	77,20	77,34	77,57	77,89	78,31	78,81	79,41	80,10	80,88	81,75	82,71	83,77	84,91	86,15
0,45	77,16	77,21	77,37	77,62	77,97	78,41	78,96	79,60	80,34	81,17	82,11	83,14	84,27	85,49	86,82
0,46	77,16	77,23	77,40	77,67	78,05	78,53	79,11	79,80	80,59	81,48	82,48	83,58	84,79	86,10	87,51
0,47	77,17	77,24	77,43	77,72	78,13	78,64	79,27	80,00	80,85	81,80	82,87	84,04	85,33	86,72	88,23
0,48	77,17	77,26	77,46	77,78	78,21	78,76	79,43	80,22	81,12	82,13	83,27	84,52	85,89	87,37	88,97
0,49	77,17	77,27	77,49	77,83	78,30	78,89	79,60	80,44	81,39	82,48	83,68	85,01	86,46	88,04	89,73
0,50	77,18	77,28	77,52	77,89	78,39	79,02	79,77	80,66	81,68	82,83	84,11	85,52	87,05	88,72	90,52
0,51	77,18	77,30	77,56	77,95	78,48	79,15	79,95	80,89	81,97	83,19	84,54	86,04	87,66	89,43	91,33
0,52	77,19	77,32	77,59	78,01	78,57	79,28	80,14	81,13	82,28	83,56	85,00	86,57	88,29	90,16	92,17
0,53	77,19	77,33	77,63	78,07	78,67	79,42	80,32	81,38	82,59	83,95	85,46	87,12	88,94	90,91	93,03
0,54	77,19	77,35	77,66	78,14	78,77	79,56	80,52	81,63	82,91	84,34	85,93	87,69	89,60	91,68	93,91
0,55	77,20	77,37	77,70	78,20	78,87	79,71	80,72	81,89	83,23	84,74	86,42	88,27	90,28	92,46	94,81
0,56	77,20	77,38	77,74	78,27	78,98	79,86	80,92	82,16	83,57	85,16	86,92	88,86	90,98	93,27	95,74
0,57	77,21	77,40	77,78	78,34	79,09	80,02	81,13	82,43	83,91	85,58	87,43	89,47	91,69	94,10	96,69
0,58	77,21	77,42	77,82	78,41	79,19	80,17	81,34	82,71	84,27	86,02	87,96	90,10	92,42	94,95	97,66
0,59	77,22	77,44	77,86	78,48	79,31	80,33	81,56	82,99	84,62	86,46	88,49	90,73	93,17	95,81	98,66
0,60	77,22	77,46	77,90	78,56	79,42	80,50	81,79	83,28	84,99	86,91	89,04	91,38	93,93	96,70	99,67
0,61	77,23	77,48	77,94	78,63	79,54	80,67	82,01	83,58	85,37	87,37	89,60	92,05	94,71	97,60	100,70
0,62	77,23	77,50	77,99	78,71	79,66	80,84	82,24	83,88	85,75	87,84	90,17	92,72	95,51	98,52	101,76
0,63	77,24	77,52	78,03	78,79	79,78	81,01	82,48	84,19	86,14	88,32	90,75	93,41	96,31	99,45	102,83
0,64	77,24	77,54	78,08	78,87	79,90	81,19	82,72	84,50	86,53	88,81	91,34	94,11	97,14	100,41	103,93
0,65	77,25	77,56	78,12	78,95	80,03	81,37	82,97	84,82	86,94	89,31	91,94	94,83	97,97	101,38	105,04
0,66	77,26	77,58	78,17	79,03	80,16	81,55	83,21	85,14	87,34	89,81	92,55	95,55	98,82	102,36	106,17
0,67	77,26	77,60	78,22	79,11	80,28	81,74	83,47	85,47	87,76	90,32	93,17	96,29	99,68	103,36	107,32
0,68	77,27	77,62	78,26	79,20	80,42	81,92	83,72	85,81	88,18	90,84	93,79	97,03	100,56	104,38	108,48
0,69	77,27	77,64	78,31	79,28	80,55	82,12	83,98	86,15	88,61	91,37	94,43	97,79	101,45	105,40	109,66

0,70	77,28	77,67	78,36	79,37	80,68	82,31	84,24	86,49	89,04	91,90	95,07	98,56	102,35	106,45	110,85
0,71	77,28	77,69	78,41	79,46	80,82	82,51	84,51	86,83	89,48	92,44	95,73	99,33	103,26	107,50	112,06
0,72	77,29	77,71	78,46	79,55	80,96	82,70	84,78	87,18	89,92	92,99	96,39	100,12	104,18	108,57	113,29
0,73	77,30	77,73	78,51	79,64	81,10	82,90	85,05	87,54	90,37	93,54	97,05	100,91	105,11	109,64	114,52
0,74	77,30	77,76	78,57	79,73	81,24	83,11	85,32	87,90	90,82	94,10	97,73	101,71	106,04	110,73	115,77
0,75	77,31	77,78	78,62	79,82	81,38	83,31	85,60	88,26	91,28	94,66	98,41	102,52	106,99	111,83	117,03
0,76	77,32	77,81	78,67	79,91	81,53	83,52	85,88	88,62	91,74	95,23	99,09	103,33	107,95	112,94	118,30
0,77	77,32	77,83	78,72	80,00	81,67	83,72	86,16	88,99	92,20	95,80	99,78	104,15	108,91	114,05	119,58
0,78	77,33	77,85	78,78	80,10	81,82	83,93	86,45	89,36	92,67	96,37	100,48	104,98	109,88	115,18	120,87
0,79	77,33	77,88	78,83	80,19	81,96	84,14	86,73	89,73	93,13	96,95	101,18	105,81	110,85	116,30	122,17
0,80	77,34	77,90	78,88	80,29	82,11	84,35	87,02	90,10	93,61	97,53	101,88	106,64	111,83	117,44	123,47
0,81	77,35	77,93	78,94	80,38	82,26	84,56	87,30	90,48	94,08	98,12	102,58	107,48	112,82	118,58	124,78
0,82	77,35	77,95	78,99	80,48	82,40	84,78	87,59	90,85	94,55	98,70	103,29	108,32	113,80	119,72	126,09
0,83	77,36	77,98	79,05	80,57	82,55	84,99	87,88	91,23	95,03	99,29	104,00	109,17	114,79	120,87	127,40
0,84	77,37	78,00	79,10	80,67	82,70	85,20	88,17	91,61	95,51	99,88	104,71	110,01	115,78	122,02	128,72
0,85	77,37	78,02	79,16	80,76	82,85	85,42	88,46	91,98	95,99	100,46	105,42	110,86	116,77	123,17	130,04
0,86	77,38	78,05	79,21	80,86	83,00	85,63	88,75	92,36	96,46	101,05	106,13	111,71	117,77	124,32	131,36
0,87	77,39	78,07	79,26	80,96	83,15	85,84	89,04	92,74	96,94	101,64	106,85	112,55	118,76	125,47	132,68
0,88	77,39	78,10	79,32	81,05	83,30	86,06	89,33	93,12	97,42	102,23	107,56	113,40	119,75	126,61	133,99
0,89	77,40	78,12	79,37	81,15	83,45	86,27	89,62	93,49	97,89	102,82	108,26	114,24	120,74	127,76	135,31
0,90	77,41	78,15	79,43	81,24	83,59	86,48	89,91	93,87	98,37	103,40	108,97	115,08	121,72	128,90	136,62
0,91	77,41	78,17	79,48	81,34	83,74	86,69	90,19	94,24	98,84	103,98	109,67	115,91	122,70	130,03	137,92
0,92	77,42	78,20	79,54	81,43	83,89	86,90	90,48	94,61	99,31	104,56	110,37	116,74	123,67	131,16	139,21
0,93	77,43	78,22	79,59	81,53	84,03	87,11	90,76	94,98	99,77	105,13	111,07	117,57	124,64	132,29	140,50
0,94	77,43	78,25	79,64	81,62	84,18	87,32	91,04	95,35	100,24	105,70	111,76	118,39	125,60	133,40	141,78
0,95	77,44	78,27	79,69	81,71	84,32	87,53	91,32	95,71	100,69	106,27	112,44	119,20	126,56	134,50	143,04
0,96	77,44	78,29	79,75	81,80	84,46	87,73	91,60	96,07	101,15	106,83	113,12	120,01	127,50	135,60	144,30
0,97	77,45	78,32	79,80	81,89	84,60	87,93	91,87	96,43	101,60	107,39	113,79	120,80	128,43	136,68	145,54
0,98	77,46	78,34	79,85	81,98	84,74	88,13	92,14	96,78	102,04	107,93	114,45	121,59	129,36	137,75	146,77
0,99	77,46	78,36	79,90	82,07	84,88	88,33	92,41	97,13	102,48	108,47	115,10	122,37	130,27	138,80	147,98
1,00	77,47	78,39	79,95	82,16	85,02	88,52	92,67	97,47	102,92	109,01	115,75	123,13	131,16	139,84	149,17
1,01	77,48	78,41	80,00	82,25	85,15	88,71	92,93	97,81	103,34	109,53	116,38	123,89	132,05	140,87	150,35
1,02	77,48	78,43	80,05	82,33	85,28	88,90	93,19	98,14	103,76	110,05	117,00	124,63	132,92	141,88	151,50
1,03	77,49	78,45	80,09	82,41	85,41	89,08	93,44	98,46	104,17	110,55	117,62	125,35	133,77	142,86	152,63
1,04	77,49	78,47	80,14	82,49	85,54	89,26	93,68	98,78	104,57	111,05	118,22	126,07	134,61	143,83	153,74
1,05	77,50	78,49	80,19	82,57	85,66	89,44	93,92	99,10	104,97	111,54	118,80	126,76	135,42	144,78	154,83

1,06	77,50	78,51	80,23	81,65	85,78	89,61	94,16	99,40	105,35	112,01	119,38	127,45	136,22	145,70	155,89
1,07	77,51	78,53	80,27	81,73	85,90	89,78	94,38	99,70	105,73	112,47	119,93	128,11	137,00	146,61	156,93
1,08	77,51	78,55	80,32	82,80	86,01	89,95	94,61	99,99	106,09	112,92	120,48	128,76	137,76	147,48	157,93
1,09	77,52	78,57	80,36	82,87	86,12	90,11	94,82	100,27	106,45	113,36	121,01	129,38	138,49	148,34	158,91
1,10	77,53	78,59	80,40	82,94	86,23	90,26	95,03	100,54	106,79	113,79	121,52	129,99	139,21	149,16	159,86
1,11	77,53	78,61	80,44	83,01	86,34	90,41	95,23	100,81	107,13	114,19	122,01	130,58	139,89	149,96	160,77
1,12	77,53	78,63	80,47	83,08	86,44	90,56	95,43	101,06	107,45	114,59	122,49	131,15	140,56	150,73	161,65
1,13	77,54	78,64	80,51	83,14	86,54	90,69	95,62	101,30	107,75	114,97	122,95	131,69	141,19	151,46	162,50
1,14	77,54	78,66	80,54	83,20	86,63	90,83	95,80	101,54	108,05	115,33	123,38	132,21	141,80	152,17	163,31
1,15	77,55	78,67	80,58	83,26	86,72	90,95	95,97	101,76	108,33	115,68	123,80	132,71	142,39	152,84	164,08
1,16	77,55	78,69	80,61	83,31	86,80	91,07	96,13	101,97	108,60	116,01	124,20	133,18	142,94	153,48	164,81
1,17	77,56	78,70	80,64	83,37	86,88	91,19	96,29	102,17	108,85	116,32	124,58	133,62	143,46	154,09	165,51
1,18	77,56	78,72	80,67	83,41	86,96	91,30	96,43	102,36	109,09	116,61	124,93	134,04	143,95	154,66	166,16
1,19	77,56	78,73	80,69	83,46	87,03	91,40	96,57	102,54	109,31	116,89	125,26	134,44	144,41	155,19	166,77
1,20	77,57	78,74	80,72	83,50	87,09	91,49	96,69	102,70	109,52	117,14	125,57	134,80	144,84	155,68	167,34
1,21	77,57	78,75	80,74	83,54	87,16	91,58	96,81	102,86	109,71	117,37	125,85	135,14	145,23	156,14	167,86
1,22	77,57	78,76	80,76	83,58	87,21	91,66	96,92	102,99	109,88	117,59	126,11	135,44	145,59	156,55	168,33
1,23	77,58	78,77	80,78	83,61	87,26	91,73	97,01	103,12	110,04	117,78	126,34	135,72	145,91	156,93	168,76
1,24	77,58	78,78	80,80	83,64	87,31	91,79	97,10	103,23	110,18	117,95	126,55	135,96	146,20	157,26	169,14
1,25	77,58	78,79	80,81	83,67	87,35	91,85	97,18	103,33	110,30	118,10	126,73	136,17	146,45	157,54	169,46
1,26	77,58	78,79	80,83	83,69	87,38	91,90	97,24	103,41	110,40	118,23	126,88	136,35	146,66	157,79	169,74
1,27	77,58	78,80	80,84	83,71	87,41	91,94	97,29	103,48	110,49	118,33	127,00	136,50	146,83	157,98	169,97
1,28	77,59	78,80	80,85	83,72	87,43	91,97	97,33	103,53	110,55	118,41	127,10	136,61	146,96	158,13	170,14
1,29	77,59	78,81	80,86	83,74	87,45	91,99	97,36	103,57	110,60	118,47	127,16	136,69	147,05	158,24	170,25
1,30	77,59	78,81	80,86	83,74	87,46	92,00	97,38	103,59	110,63	118,50	127,20	136,73	147,09	158,29	170,32
1,31	77,59	78,81	80,86	83,75	87,46	92,01	97,38	103,59	110,63	118,50	127,20	136,74	147,10	158,30	170,32
1,32	77,59	78,81	80,86	83,75	87,46	92,00	97,38	103,58	110,62	118,48	127,18	136,70	147,06	158,25	170,27
1,33	77,59	78,81	80,86	83,74	87,45	91,99	97,36	103,55	110,58	118,44	127,12	136,64	146,98	158,16	170,16
1,34	77,59	78,81	80,86	83,73	87,43	91,96	97,32	103,51	110,52	118,36	127,03	136,53	146,85	158,01	169,99
1,35	77,59	78,81	80,85	83,72	87,41	91,93	97,28	103,45	110,44	118,26	126,91	136,38	146,68	157,81	169,76
1,36	77,59	78,80	80,84	83,70	87,38	91,89	97,22	103,37	110,34	118,14	126,76	136,20	146,47	157,55	169,47
1,37	77,59	78,80	80,83	83,68	87,35	91,83	97,14	103,27	110,22	117,98	126,57	135,98	146,20	157,25	169,11
1,38	77,59	78,79	80,81	83,65	87,30	91,77	97,06	103,15	110,07	117,80	126,35	135,71	145,89	156,89	168,70
1,39	77,59	78,79	80,80	83,62	87,25	91,70	96,95	103,02	109,90	117,59	126,09	135,41	145,53	156,47	168,22
1,40	77,59	78,78	80,78	83,58	87,20	91,61	96,84	102,87	109,71	117,35	125,80	135,06	145,12	155,99	167,67
1,41	77,58	78,77	80,76	83,54	87,13	91,52	96,71	102,70	109,49	117,08	125,48	134,67	144,67	155,46	167,06

1,42	77,58	78,76	80,73	83,50	87,06	91,42	96,57	102,51	109,25	116,79	125,12	134,24	144,16	154,88	166,39
1,43	77,58	78,75	80,70	83,45	86,98	91,30	96,41	102,30	108,99	116,46	124,72	133,77	143,61	154,23	165,64
1,44	77,58	78,74	80,67	83,39	86,89	91,17	96,24	102,08	108,70	116,11	124,29	133,25	143,00	153,53	164,83
1,45	77,57	78,72	80,64	83,33	86,80	91,04	96,05	101,83	108,39	115,72	123,82	132,70	142,34	152,76	163,96
1,46	77,57	78,71	80,61	83,27	86,70	90,89	95,85	101,57	108,05	115,30	123,32	132,09	141,64	151,94	163,01
1,47	77,57	78,69	80,57	83,20	86,59	90,73	95,63	101,28	107,69	114,86	122,77	131,45	140,88	151,06	162,00
1,48	77,56	78,67	80,53	83,13	86,47	90,56	95,40	100,98	107,31	114,38	122,19	130,76	140,07	150,12	160,92
1,49	77,56	78,65	80,48	83,05	86,35	90,38	95,15	100,66	106,89	113,87	121,58	130,02	139,20	149,12	159,77
1,50	77,55	78,63	80,44	82,96	86,21	90,19	94,89	100,31	106,46	113,33	120,92	129,24	138,29	148,05	158,54
1,51	77,55	78,61	80,39	82,87	86,07	89,99	94,61	99,95	106,00	112,76	120,23	128,42	137,32	146,93	157,25
1,52	77,55	78,59	80,34	82,78	85,93	89,77	94,32	99,56	105,51	112,16	119,50	127,55	136,30	145,74	155,89
1,53	77,54	78,57	80,28	82,68	85,77	89,55	94,01	99,16	105,00	111,52	118,74	126,64	135,22	144,50	154,46
1,54	77,53	78,54	80,22	82,58	85,61	89,31	93,69	98,74	104,46	110,86	117,93	125,68	134,10	143,19	152,96
1,55	77,53	78,52	80,16	82,47	85,44	89,06	93,35	98,29	103,90	110,16	117,09	124,67	132,92	141,82	151,38
1,56	77,52	78,49	80,10	82,36	85,26	88,80	92,99	97,83	103,31	109,44	116,21	123,62	131,68	140,39	149,74
1,57	77,51	78,46	80,03	82,24	85,07	88,53	92,62	97,35	102,70	108,68	115,29	122,53	130,40	138,90	148,03
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5

1

1,6	1,7	1,8	1,9	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	
75,60	75,50	75,40	75,30	75,20	75,10	75,00	74,90	74,80	74,70	74,60	74,50
75,60	75,50	75,40	75,30	75,20	75,10	75,00	74,90	74,80	74,70	74,60	74,50
75,60	75,51	75,41	75,31	75,21	75,11	75,01	74,91	74,81	74,71	74,61	74,51
75,61	75,51	75,41	75,32	75,22	75,12	75,02	74,92	74,82	74,73	74,63	74,53
75,62	75,52	75,43	75,33	75,23	75,14	75,04	74,94	74,85	74,75	74,65	74,56
75,64	75,54	75,45	75,35	75,26	75,16	75,07	74,97	74,88	74,79	74,69	74,60
75,66	75,56	75,47	75,38	75,29	75,20	75,10	74,92	74,83	74,75	74,66	74,66
75,68	75,59	75,50	75,42	75,33	75,24	75,16	74,98	74,90	74,82	74,73	74,73
75,72	75,63	75,55	75,46	75,38	75,30	75,22	75,14	74,98	74,90	74,83	74,83
75,76	75,68	75,60	75,52	75,45	75,37	75,30	75,23	75,16	75,09	75,02	74,95
75,81	75,74	75,67	75,60	75,53	75,46	75,40	75,33	75,27	75,21	75,15	75,09
75,87	75,81	75,75	75,68	75,63	75,57	75,51	75,46	75,41	75,36	75,31	75,27
75,95	75,89	75,84	75,79	75,74	75,69	75,65	75,61	75,57	75,54	75,50	75,47
76,03	75,99	75,95	75,91	75,87	75,84	75,81	75,78	75,76	75,74	75,73	75,71
76,13	76,10	76,07	76,04	76,02	76,01	75,99	75,98	75,98	75,98	75,98	75,99
76,24	76,22	76,21	76,20	76,19	76,20	76,20	76,21	76,23	76,25	76,27	76,30
76,37	76,36	76,37	76,37	76,39	76,41	76,44	76,47	76,51	76,55	76,60	76,65
76,51	76,52	76,54	76,57	76,61	76,65	76,70	76,76	76,82	76,89	76,97	77,05
76,66	76,70	76,74	76,79	76,85	76,92	76,99	77,08	77,17	77,27	77,37	77,49
76,83	76,89	76,96	77,03	77,12	77,21	77,32	77,43	77,55	77,68	77,83	77,98
77,02	77,10	77,20	77,30	77,41	77,54	77,67	77,82	77,98	78,14	78,32	78,51
77,23	77,34	77,46	77,59	77,74	77,89	78,06	78,25	78,44	78,65	78,87	79,10
77,46	77,59	77,74	77,91	78,09	78,28	78,49	78,71	78,95	79,20	79,46	79,74
77,70	77,87	78,05	78,25	78,47	78,70	78,95	79,21	79,50	79,79	80,10	80,43
77,97	78,17	78,39	78,63	78,88	79,16	79,45	79,76	80,09	80,44	80,80	81,18
78,25	78,49	78,75	79,03	79,33	79,65	79,99	80,35	80,73	81,13	81,55	81,99
78,56	78,84	79,14	79,46	79,81	80,18	80,57	80,98	81,42	81,88	82,36	82,86
78,89	79,21	79,55	79,92	80,32	80,74	81,19	81,66	82,15	82,68	83,22	83,79
79,24	79,61	80,00	80,42	80,87	81,34	81,85	82,38	82,94	83,53	84,15	84,79
79,61	80,03	80,47	80,95	81,45	81,99	82,55	83,15	83,78	84,44	85,13	85,85
80,01	80,48	80,97	81,50	82,07	82,67	83,30	83,97	84,67	85,40	86,17	86,98
80,43	80,95	81,51	82,10	82,73	83,39	84,10	84,84	85,61	86,43	87,28	88,17
80,88	81,45	82,07	82,73	83,42	84,16	84,94	85,75	86,61	87,51	88,45	89,43

81,35	81,98	82,66	83,39	84,15	84,97	85,82	86,72	87,67	88,66	89,69	90,77
81,84	82,54	83,29	84,08	84,93	85,82	86,76	87,74	88,78	89,86	90,99	92,17
82,37	83,13	83,95	84,82	85,74	86,71	87,74	88,82	89,94	91,13	92,36	93,65
82,91	83,75	84,64	85,59	86,59	87,65	88,77	89,94	91,17	92,46	93,80	95,20
83,48	84,39	85,36	86,39	87,48	88,64	89,85	91,12	92,45	93,85	95,30	96,82
84,08	85,07	86,12	87,24	88,42	89,66	90,98	92,35	93,80	95,31	96,88	98,52
84,71	85,77	86,91	88,12	89,39	90,74	92,16	93,64	95,20	96,83	98,52	100,29
85,36	86,51	87,73	89,03	90,41	91,86	93,39	94,99	96,66	98,41	100,24	102,14
86,04	87,28	88,59	89,99	91,47	93,03	94,67	96,39	98,19	100,07	102,03	104,07
86,75	88,07	89,49	90,99	92,57	94,24	96,00	97,84	99,77	101,78	103,88	106,07
87,48	88,90	90,41	92,02	93,71	95,50	97,38	99,35	101,41	103,57	105,81	108,15
88,24	89,76	91,37	93,09	94,90	96,81	98,82	100,92	103,12	105,42	107,82	110,31
89,03	90,65	92,37	94,20	96,13	98,16	100,30	102,54	104,89	107,34	109,89	112,54
89,84	91,57	93,40	95,35	97,40	99,56	101,84	104,22	106,72	109,32	112,03	114,86
90,68	92,52	94,47	96,53	98,71	101,01	103,43	105,96	108,61	111,37	114,25	117,25
91,55	93,50	95,57	97,76	100,07	102,51	105,07	107,75	110,56	113,49	116,54	119,71
92,45	94,51	96,70	99,02	101,47	104,05	106,76	109,60	112,57	115,67	118,90	122,26
93,37	95,55	97,87	100,32	102,91	105,64	108,50	111,50	114,64	117,92	121,33	124,88
94,32	96,62	99,07	101,66	104,39	107,27	110,29	113,46	116,77	120,23	123,83	127,57
95,30	97,73	100,30	103,03	105,91	108,95	112,13	115,47	118,96	122,60	126,40	130,35
96,30	98,86	101,57	104,44	107,48	110,67	114,03	117,54	121,21	125,05	129,04	133,19
97,33	100,02	102,87	105,89	109,08	112,44	115,97	119,66	123,52	127,55	131,75	136,11
98,39	101,21	104,21	107,38	110,73	114,25	117,96	121,83	125,89	130,12	134,52	139,11
99,47	102,43	105,57	108,90	112,41	116,11	119,99	124,06	128,31	132,75	137,37	142,17
100,57	103,67	106,97	110,45	114,14	118,01	122,08	126,34	130,79	135,43	140,27	145,31
101,70	104,95	108,39	112,04	115,90	119,95	124,21	128,66	133,32	138,18	143,25	148,51
102,85	106,25	109,85	113,67	117,70	121,93	126,38	131,04	135,91	140,99	146,28	151,78
104,03	107,58	111,34	115,33	119,53	123,96	128,60	133,47	138,55	143,85	149,38	155,12
105,23	108,93	112,86	117,02	121,40	126,02	130,86	135,94	141,24	146,77	152,54	158,53
106,45	110,31	114,40	118,74	123,31	128,12	133,17	138,46	143,98	149,75	155,75	162,00
107,69	111,71	115,97	120,49	125,25	130,26	135,51	141,02	146,77	152,78	159,03	165,53
108,96	113,14	117,57	122,27	127,22	132,43	137,90	143,63	149,61	155,86	162,36	169,12
110,24	114,59	119,20	124,08	129,23	134,64	140,33	146,28	152,50	158,98	165,74	172,76
111,55	116,06	120,85	125,92	131,26	136,89	142,79	148,97	155,42	162,16	169,18	176,47
112,87	117,55	122,52	127,78	133,33	139,16	145,28	151,70	158,40	165,38	172,66	180,23
114,21	119,07	124,22	129,67	135,42	141,47	147,82	154,46	161,41	168,65	176,19	184,04

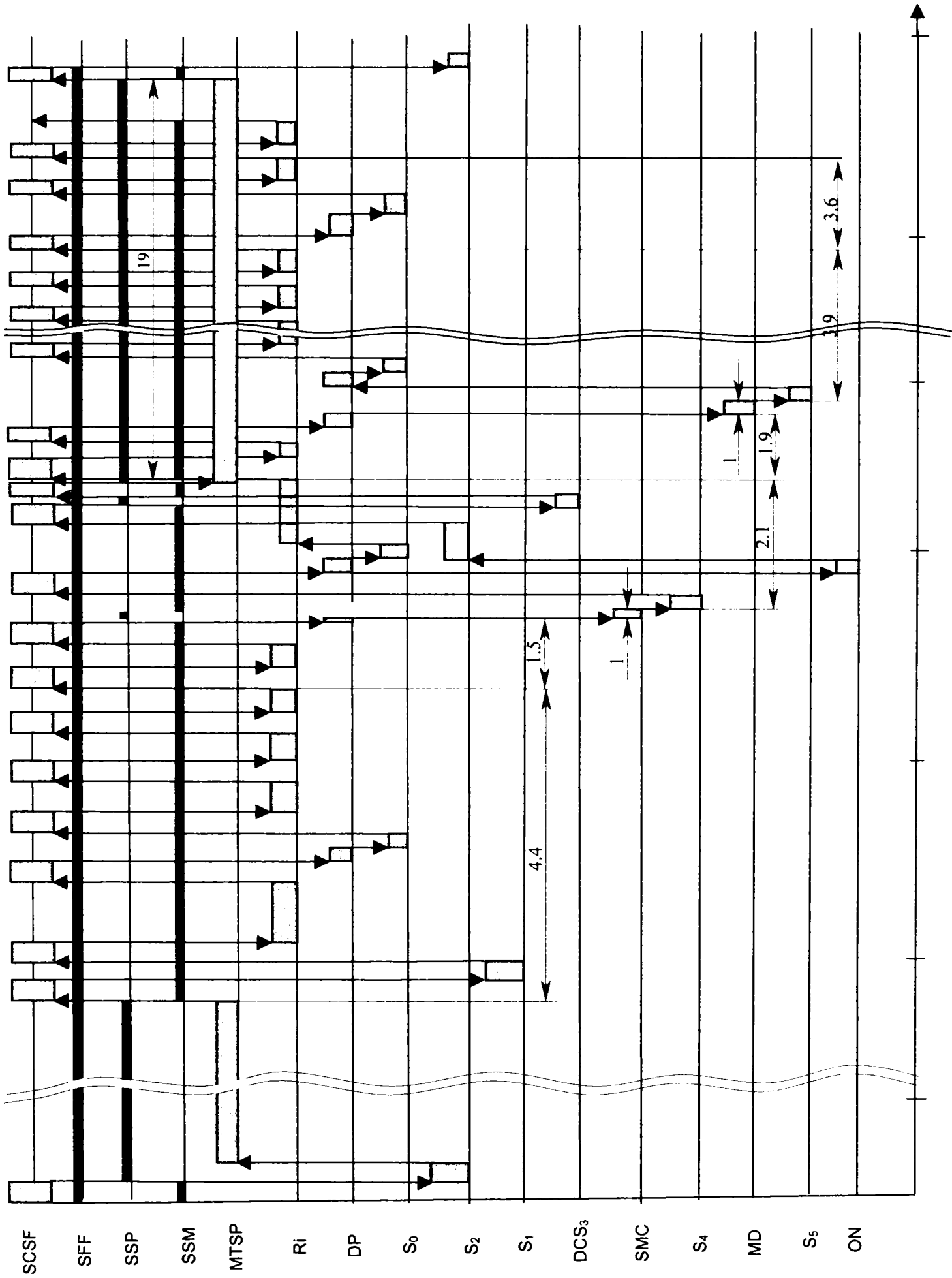
115,57	120,60	125,94	131,58	137,54	143,81	150,38	157,26	164,46	171,96	179,77	187,89
116,95	122,15	127,68	133,52	139,69	146,17	152,98	160,10	167,55	175,31	183,39	191,80
118,34	123,72	129,44	135,48	141,86	148,56	155,60	162,97	170,67	178,70	187,06	195,75
119,75	125,31	131,22	137,46	144,05	150,98	158,25	165,87	173,82	182,12	190,76	199,74
121,17	126,91	133,01	139,46	146,27	153,42	160,93	168,80	177,01	185,58	194,50	203,77
122,60	128,53	134,82	141,48	148,50	155,89	163,64	171,75	180,23	189,07	198,27	207,84
124,04	130,16	136,65	143,51	150,76	158,37	166,36	174,73	183,47	192,58	202,07	211,94
125,50	131,80	138,49	145,56	153,03	160,87	169,11	177,73	186,73	196,13	205,90	216,07
126,96	133,45	140,34	147,63	155,31	163,39	171,87	180,75	190,02	199,69	209,76	220,23
128,44	135,12	142,20	149,70	157,61	165,92	174,65	183,78	193,33	203,28	213,64	224,41
129,92	136,79	144,08	151,79	159,92	168,47	177,44	186,84	196,65	206,88	217,54	228,61
131,40	138,46	145,96	153,88	162,24	171,03	180,25	189,90	199,99	210,50	221,45	232,84
132,90	140,15	147,84	155,98	164,57	173,59	183,06	192,98	203,34	214,14	225,38	237,07
134,39	141,84	149,74	158,09	166,90	176,17	185,89	196,06	206,69	217,78	229,32	241,32
135,89	143,53	151,63	160,20	169,24	178,74	188,71	199,15	210,06	221,43	233,27	245,57
137,39	145,22	153,53	162,31	171,58	181,32	191,54	202,24	213,42	225,08	237,22	249,83
138,89	146,91	155,43	164,43	173,92	183,90	194,37	205,34	216,79	228,73	241,16	254,09
140,39	148,60	157,32	166,54	176,26	186,48	197,20	208,43	220,15	232,38	245,11	258,34
141,89	150,29	159,21	168,65	178,59	189,05	200,03	211,51	223,51	236,02	249,05	262,59
143,38	151,98	161,10	170,75	180,92	191,62	202,84	214,59	226,86	239,66	252,98	266,83
144,87	153,66	162,98	172,84	183,24	194,18	205,65	217,65	230,20	243,28	256,89	271,05
146,35	155,33	164,85	174,93	185,55	196,72	208,44	220,71	233,52	246,88	260,79	275,25
147,82	156,99	166,72	177,00	187,85	199,25	211,22	223,74	236,83	250,47	264,67	279,43
149,29	158,64	168,57	179,06	190,13	201,77	213,98	226,76	240,11	254,03	268,52	283,58
150,74	160,28	170,40	181,11	192,40	204,27	216,72	229,75	243,37	257,57	272,34	287,71
152,18	161,91	172,23	183,14	194,64	206,74	219,44	232,72	246,60	261,07	276,13	291,79
153,61	163,52	174,03	185,15	196,87	209,20	222,13	235,66	249,80	264,54	279,89	295,84
155,02	165,11	175,81	187,13	199,07	211,62	224,79	238,57	252,97	267,98	283,60	299,84
156,41	166,68	177,58	189,10	201,25	214,02	227,42	241,44	256,09	271,37	287,27	303,80
157,79	168,23	179,32	191,04	203,39	216,39	230,01	244,28	259,18	274,72	290,89	307,71
159,14	169,77	181,03	192,95	205,51	218,72	232,57	247,08	262,22	278,02	294,46	311,55
160,48	171,27	182,72	194,83	207,59	221,01	235,09	249,83	265,22	281,27	297,98	315,34
161,79	172,75	184,38	196,68	209,64	223,27	237,57	252,53	268,16	284,46	301,43	319,06
163,08	174,21	186,01	198,49	211,65	225,48	240,00	255,19	271,05	287,60	304,82	322,72
164,35	175,63	187,61	200,27	213,62	227,65	242,38	257,79	273,88	290,67	308,14	326,30
165,58	177,03	189,17	202,01	215,54	229,78	244,71	260,33	276,65	293,67	311,39	329,80

8

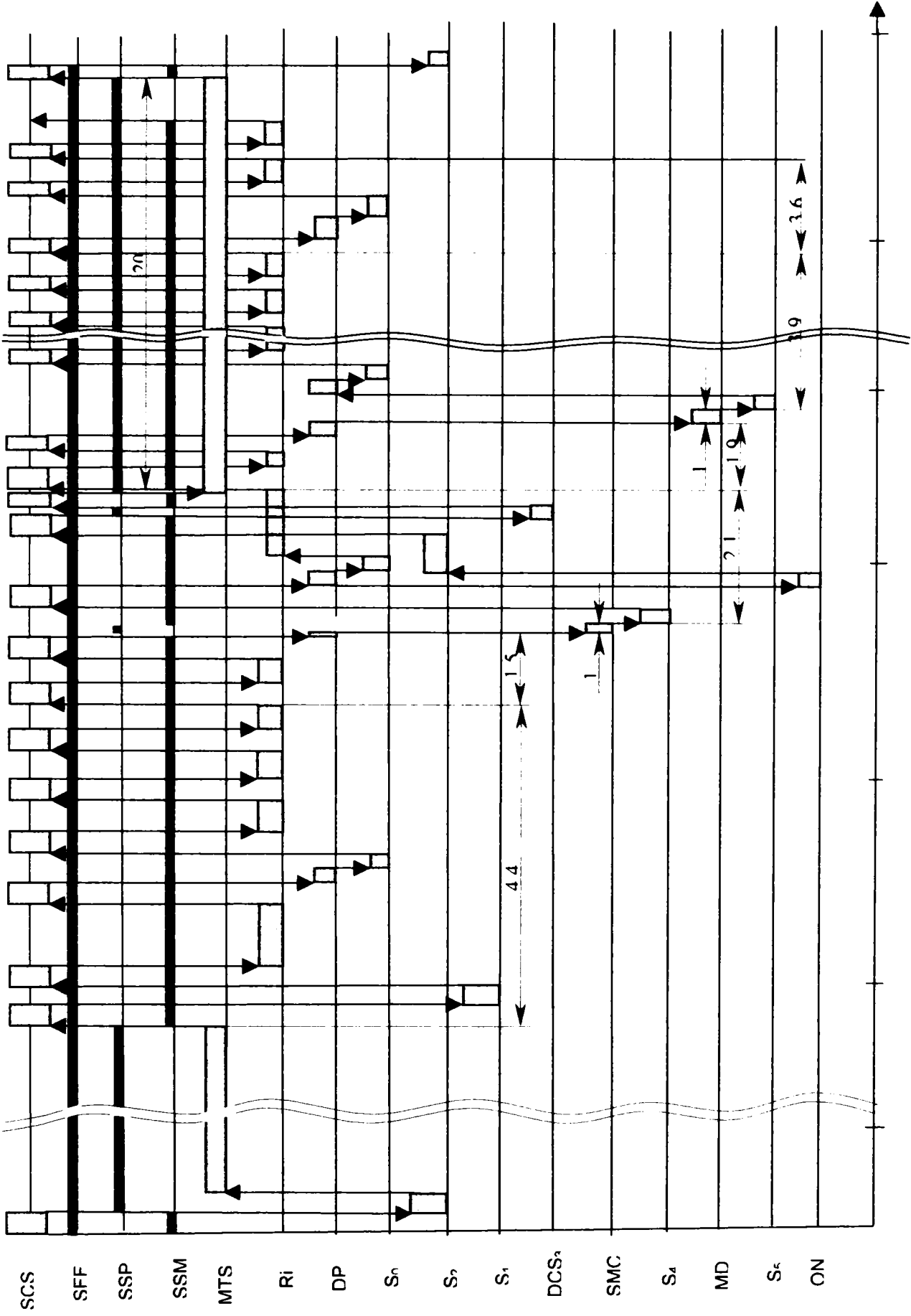
166,79	178,39	190,69	203,71	217,42	231,85	246,98	262,82	279,36	296,61	314,56	333,22
167,96	179,71	192,18	205,36	219,26	233,87	249,20	265,24	281,99	299,47	317,65	336,55
169,11	181,01	193,63	206,97	221,04	235,83	251,35	267,59	284,56	302,25	320,66	339,80
170,22	182,26	195,03	208,54	222,77	237,74	253,44	269,88	287,05	304,95	323,58	342,94
171,29	183,47	196,39	210,05	224,45	239,59	255,47	272,09	289,46	307,56	326,41	345,99
172,33	184,64	197,70	211,51	226,07	241,37	257,43	274,23	291,78	310,09	329,13	348,93
173,33	185,77	198,97	212,92	227,63	243,09	259,31	276,29	294,03	312,52	331,76	351,77
174,30	186,86	200,18	214,27	229,13	244,74	261,12	278,27	296,18	314,85	334,29	354,49
175,22	187,90	201,35	215,57	230,56	246,32	262,86	280,16	298,24	317,09	336,70	357,09
176,09	188,89	202,46	216,80	231,93	247,83	264,51	281,97	300,20	319,22	339,01	359,58
176,93	189,83	203,51	217,98	233,23	249,26	266,08	283,68	302,07	321,24	341,19	361,93
177,72	190,72	204,50	219,08	234,45	250,61	267,56	285,30	303,83	323,15	343,26	364,16
178,46	191,55	205,44	220,13	235,61	251,88	268,96	286,82	305,49	324,95	345,20	366,26
179,15	192,33	206,31	221,10	236,68	253,07	270,26	288,25	307,04	326,63	347,02	368,21
179,79	193,06	207,13	222,00	237,68	254,17	271,46	289,56	308,47	328,18	348,70	370,02
180,38	193,72	207,87	222,83	238,60	255,18	272,58	290,78	309,79	329,61	350,25	371,69
180,92	194,33	208,55	223,59	239,44	256,11	273,59	291,88	310,99	330,91	351,65	373,21
181,41	194,88	209,16	224,27	240,19	256,93	274,49	292,87	312,07	332,08	352,92	374,57
181,84	195,36	209,70	224,87	240,86	257,67	275,30	293,75	313,02	333,12	354,04	375,77
182,21	195,78	210,17	225,39	241,44	258,30	275,99	294,51	313,85	334,02	355,00	376,82
182,52	196,13	210,57	225,83	241,92	258,84	276,58	295,15	314,55	334,77	355,82	377,69
182,78	196,42	210,89	226,19	242,32	259,27	277,05	295,67	315,11	335,38	356,48	378,40
182,97	196,64	211,13	226,46	242,61	259,60	277,41	296,06	315,53	335,84	356,97	378,94
183,11	196,79	211,30	226,64	242,82	259,82	277,66	296,32	315,82	336,15	357,31	379,30
183,17	196,86	211,38	226,74	242,92	259,93	277,78	296,46	315,96	336,30	357,47	379,48
183,18	196,87	211,39	226,74	242,92	259,94	277,78	296,46	315,96	336,30	357,47	379,47
183,12	196,80	211,31	226,65	242,82	259,82	277,66	296,32	315,82	336,14	357,30	379,28
182,99	196,65	211,15	226,47	242,62	259,60	277,41	296,05	315,52	335,82	356,94	378,90
182,80	196,43	210,90	226,19	242,31	259,26	277,03	295,64	315,07	335,33	356,41	378,33
182,53	196,14	210,56	225,82	241,89	258,80	276,53	295,08	314,46	334,67	355,70	377,56
182,20	195,76	210,14	225,34	241,37	258,22	275,89	294,39	313,70	333,84	354,81	376,60
181,80	195,30	209,63	224,77	240,73	257,52	275,12	293,54	312,78	332,85	353,73	375,43
181,32	194,76	209,02	224,10	239,99	256,69	274,21	292,55	311,70	331,67	352,46	374,06
180,77	194,15	208,33	223,32	239,13	255,74	273,17	291,41	310,46	330,32	350,99	372,48
180,15	193,44	207,54	222,44	238,15	254,67	271,99	290,12	309,05	328,79	349,34	370,69
179,46	192,66	206,66	221,46	237,06	253,46	270,67	288,67	307,48	327,08	347,49	368,70

178,69	191,79	205,68	220,37	235,85	252,13	269,20	287,07	305,73	325,19	345,44	366,49
177,84	190,83	204,61	219,17	234,53	250,67	267,60	285,31	303,82	323,11	343,19	364,06
176,92	189,79	203,44	217,87	233,08	249,07	265,85	283,40	301,73	320,85	340,74	361,42
175,92	188,66	202,17	216,46	231,52	247,35	263,95	281,32	299,47	318,39	338,09	358,56
174,85	187,45	200,81	214,94	229,83	245,49	261,91	279,09	297,04	315,75	335,23	355,47
173,69	186,14	199,35	213,31	228,02	243,49	259,72	276,70	294,43	312,92	332,17	352,17
172,46	184,75	197,79	211,57	226,09	241,36	257,38	274,14	291,65	309,90	328,90	348,64
171,15	183,27	196,12	209,71	224,04	239,10	254,89	271,42	288,68	306,68	325,42	344,89
169,76	181,70	194,36	207,75	221,86	236,69	252,25	268,54	285,54	303,27	321,73	340,91
168,29	180,04	192,50	205,67	219,56	234,16	249,47	265,49	282,22	299,67	317,83	336,70
166,74	178,29	190,53	203,48	217,13	231,48	246,53	262,28	278,72	295,87	313,72	332,27
165,11	176,45	188,47	201,18	214,58	228,66	243,44	258,90	275,04	291,88	309,40	327,61
163,40	174,51	186,30	198,76	211,90	225,71	240,19	255,35	271,18	287,69	304,87	322,72
161,61	172,49	184,03	196,23	209,10	222,62	236,80	251,64	267,14	283,30	300,12	317,60
159,74	170,38	181,66	193,59	206,17	219,39	233,25	247,76	262,92	278,72	295,16	312,25
157,78	168,17	179,19	190,84	203,11	216,02	229,55	243,72	258,51	273,94	289,99	306,68
1,6	1,7	1,8	1,9	2	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7

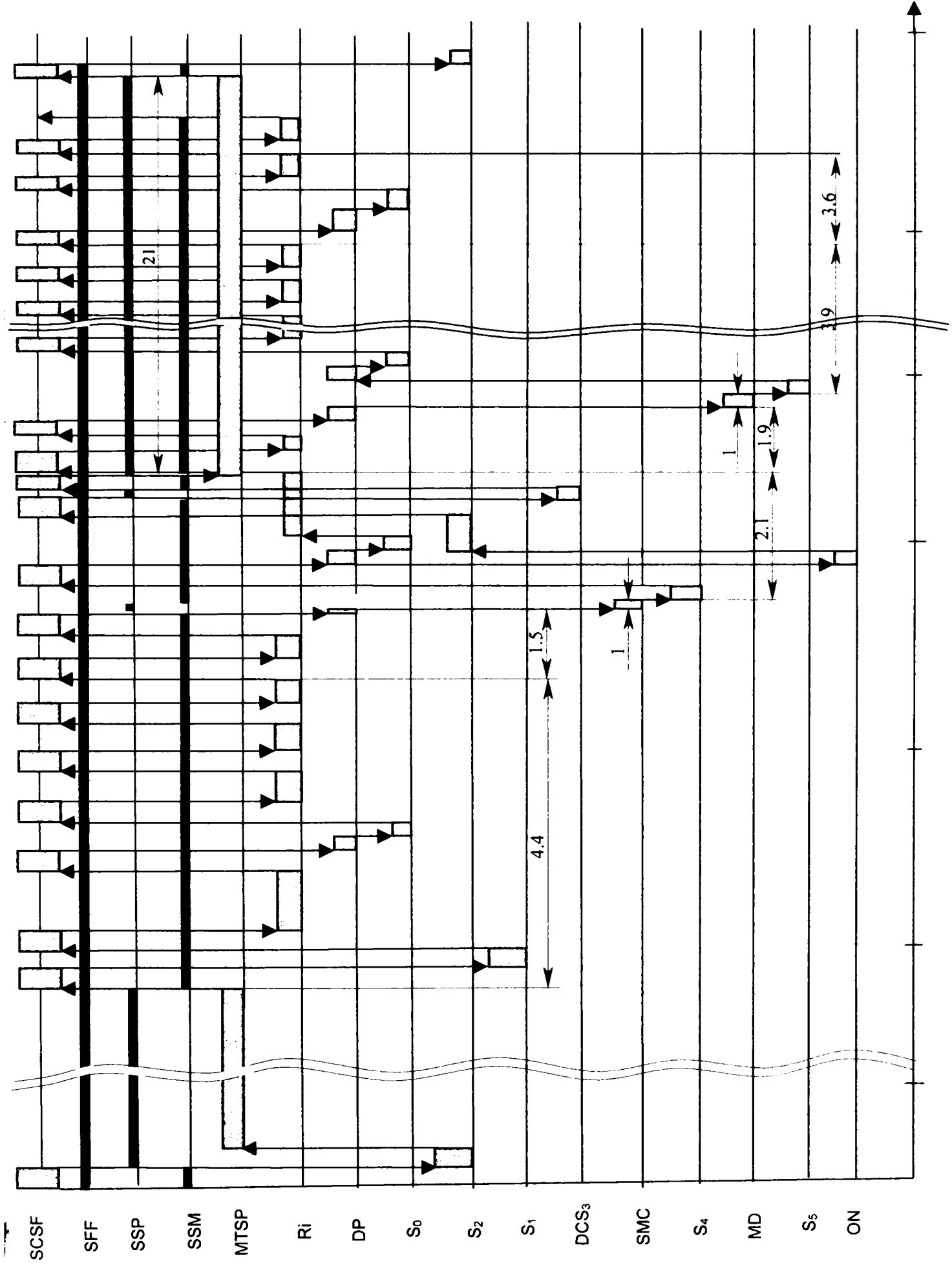
ANEXA II



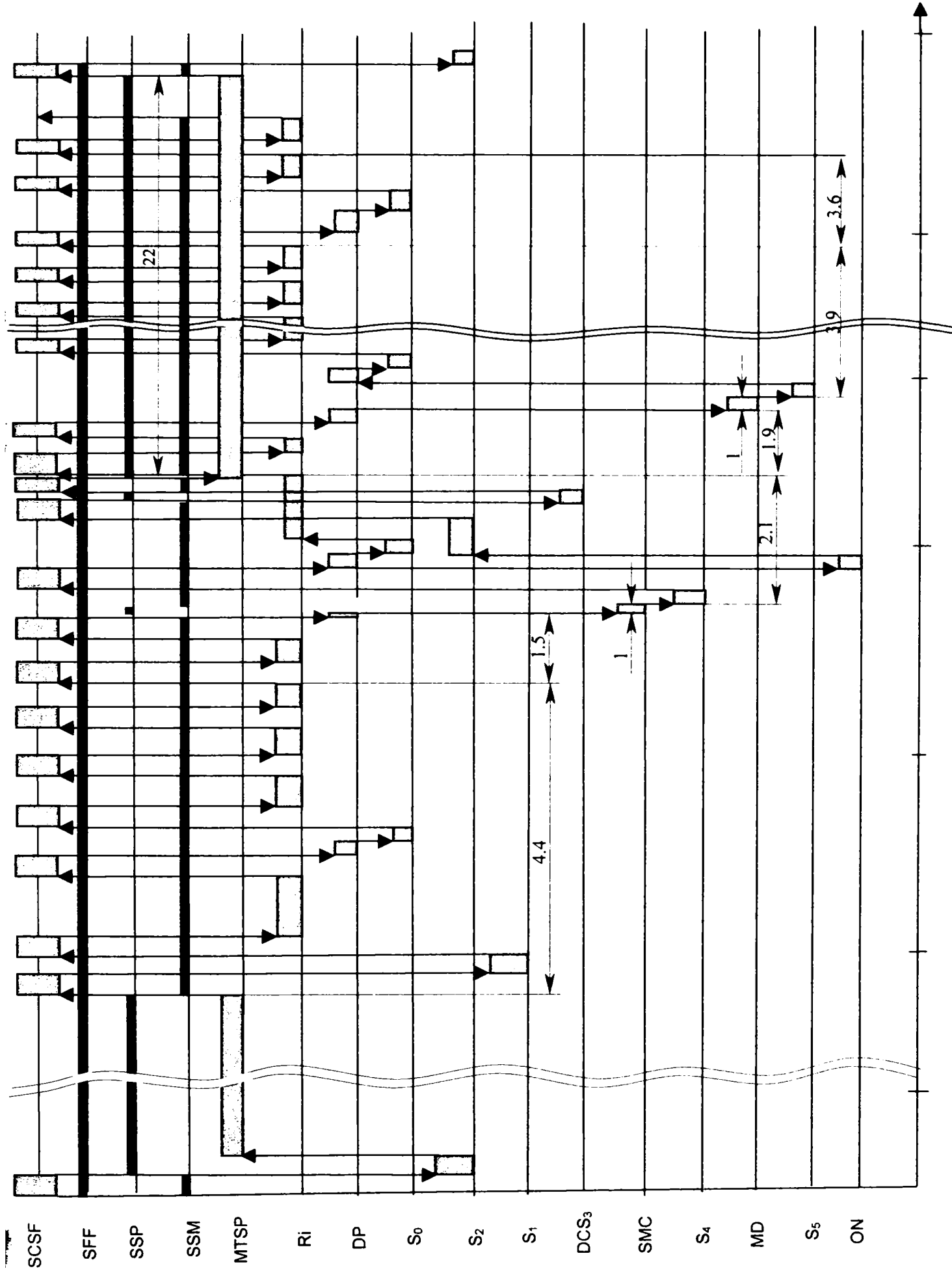
Ciclograma C1



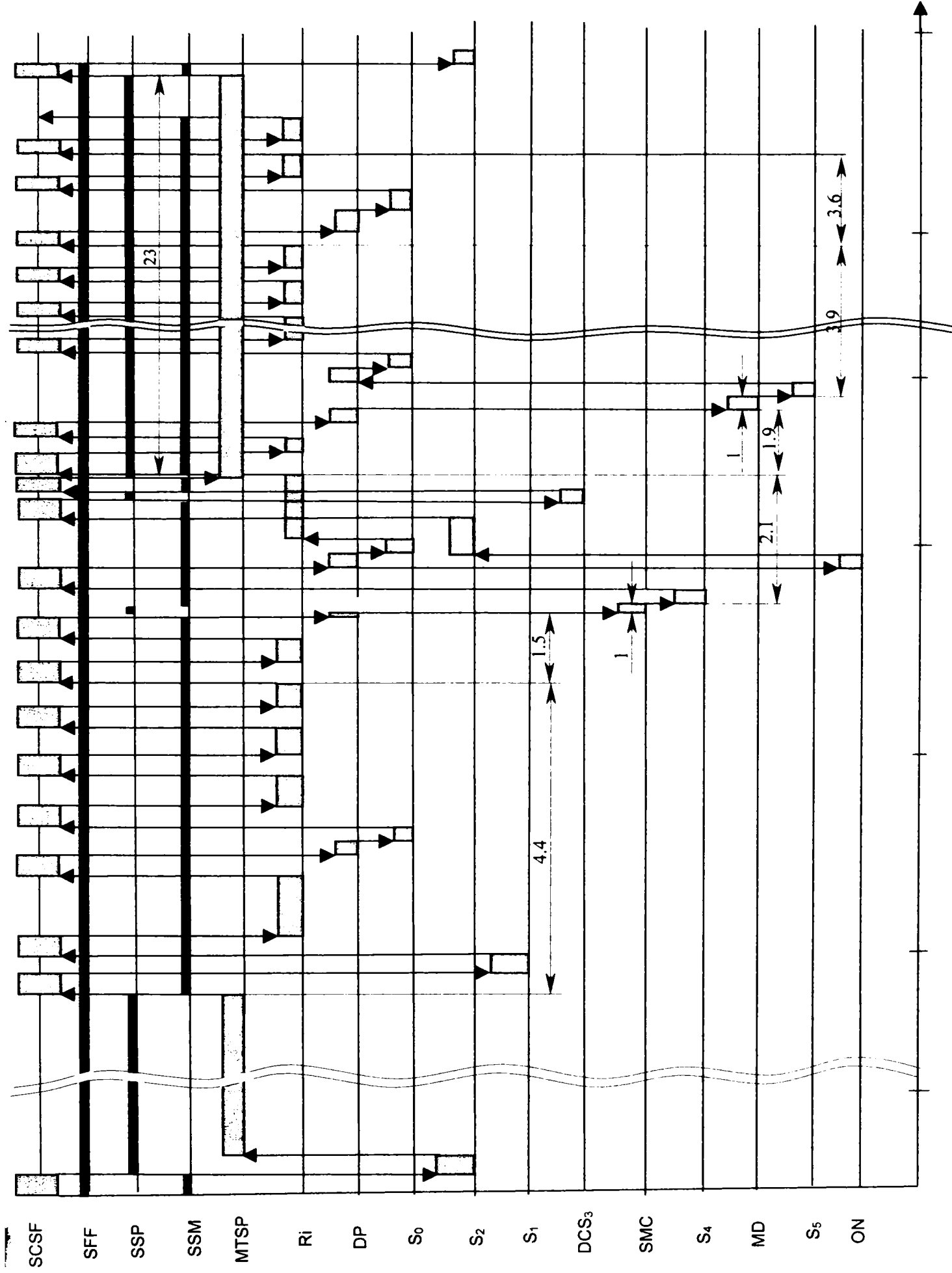
Ciclograma C2



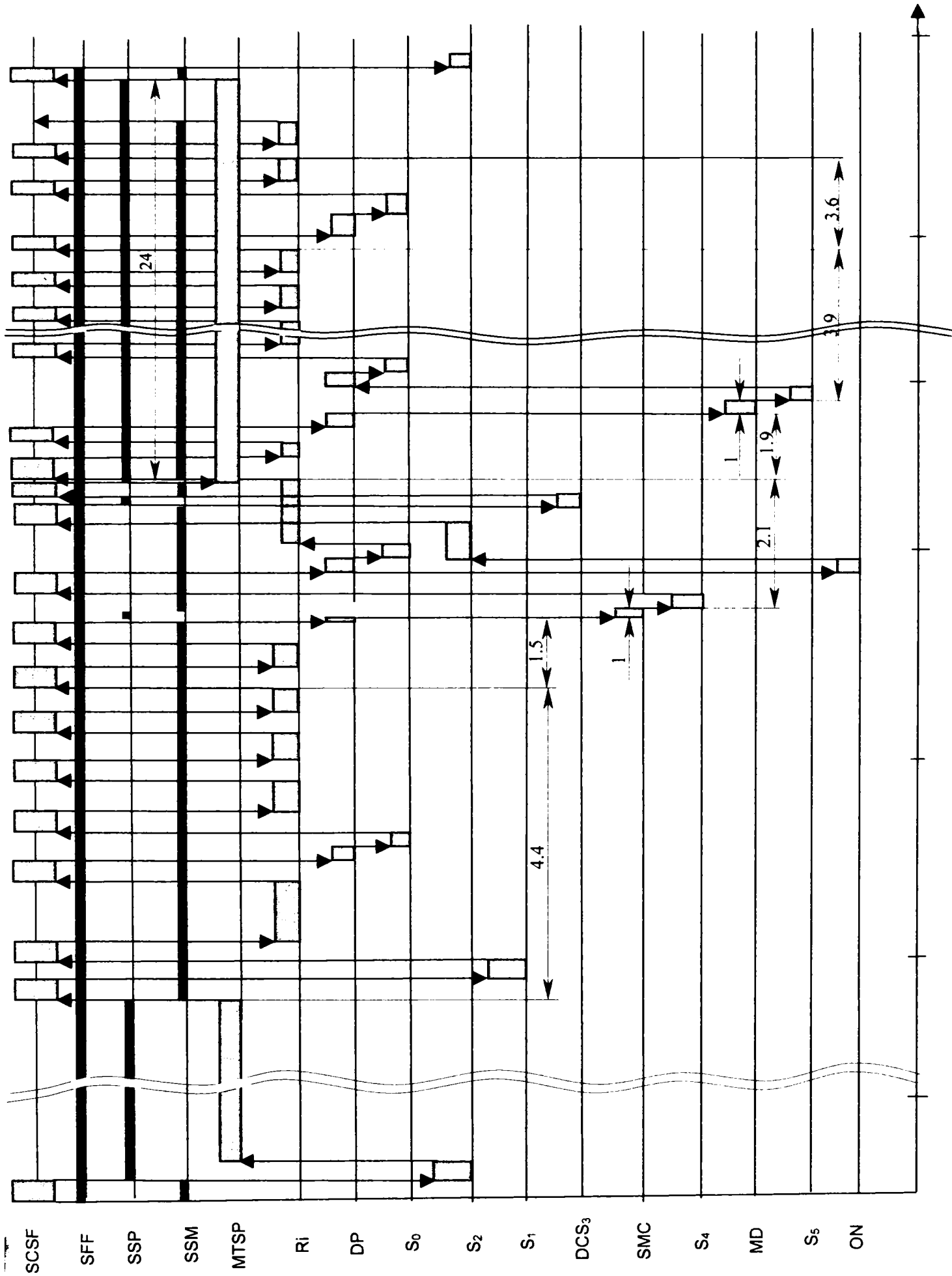
Ciclograma C3



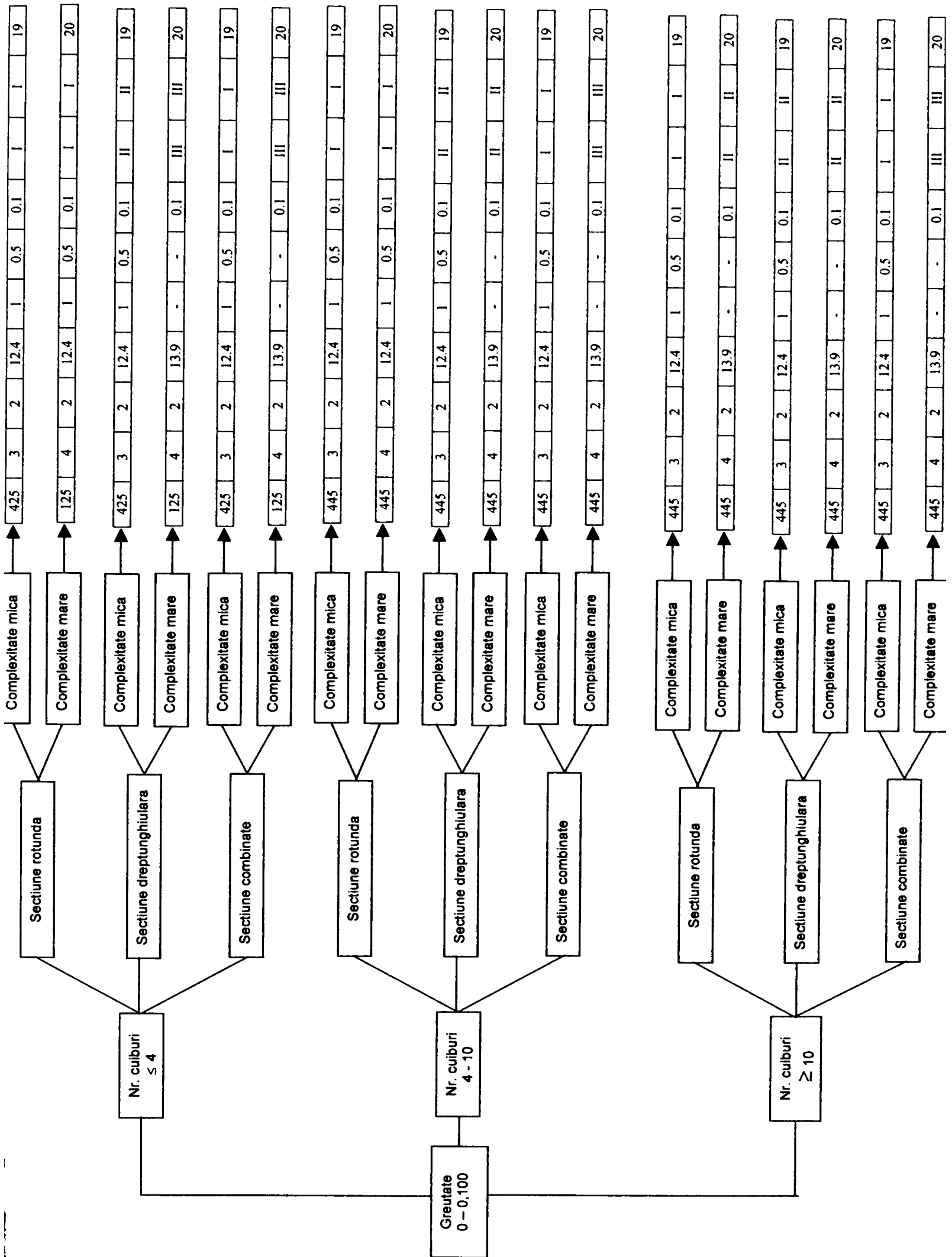
Ciclograma C4

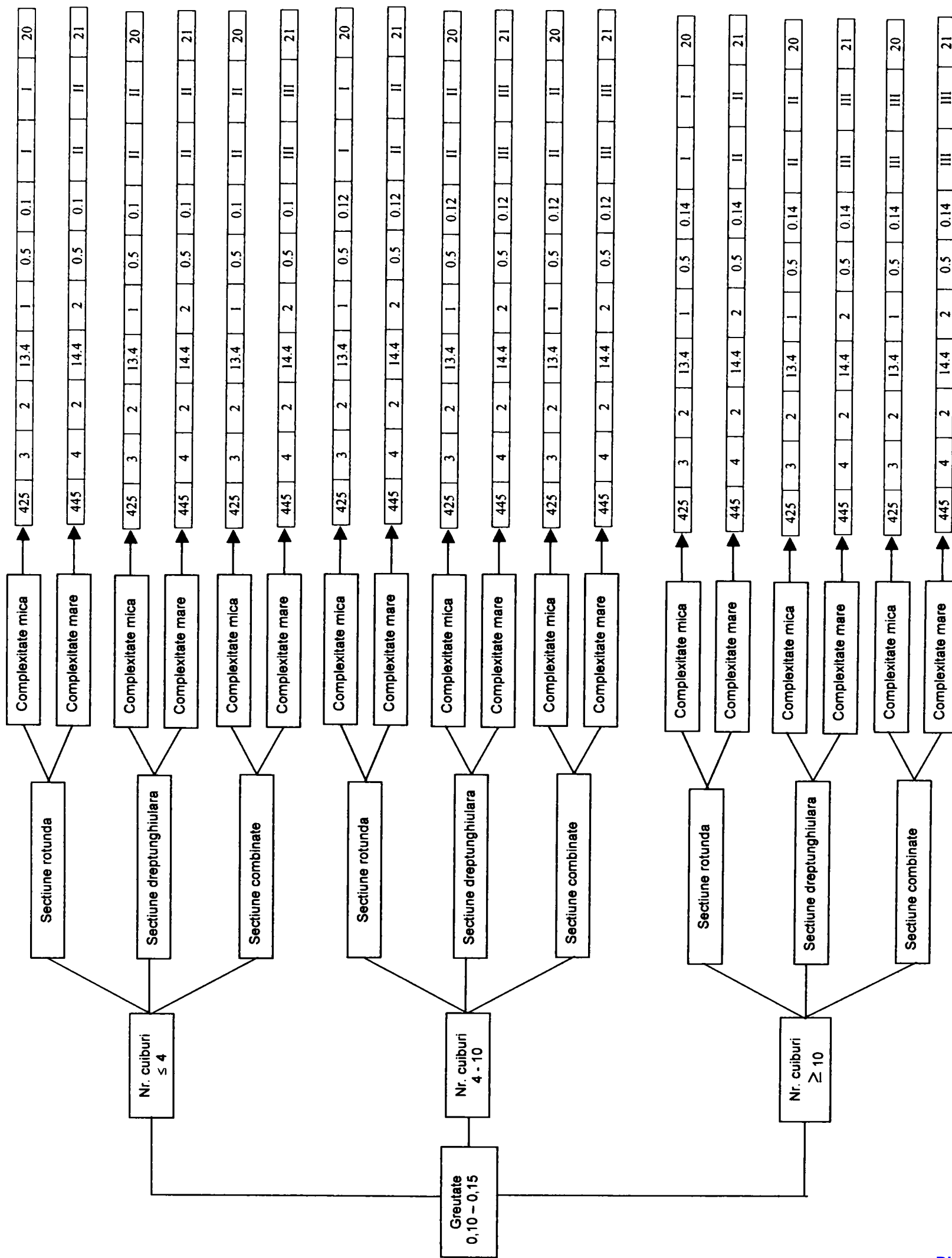


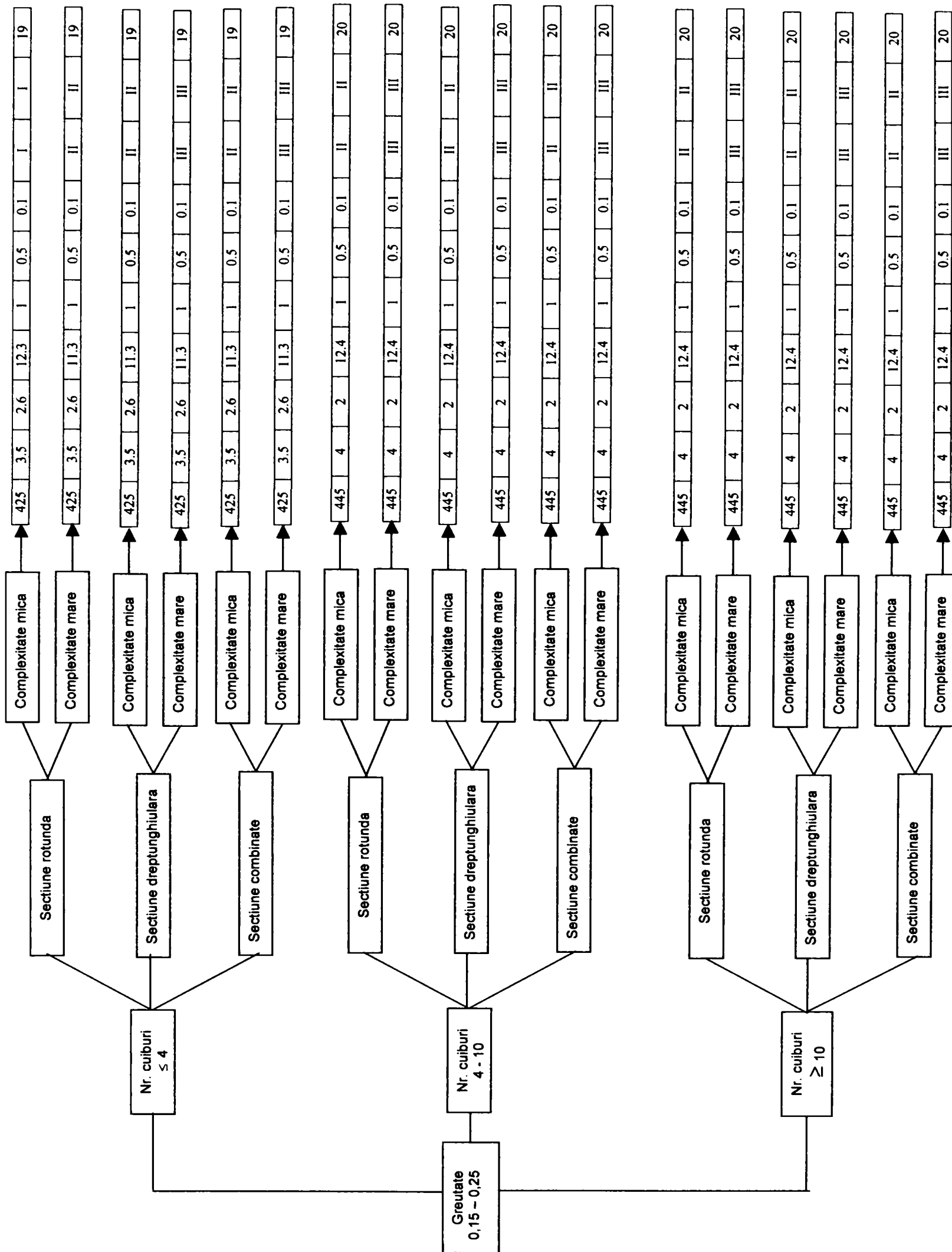
Ciclograma C5

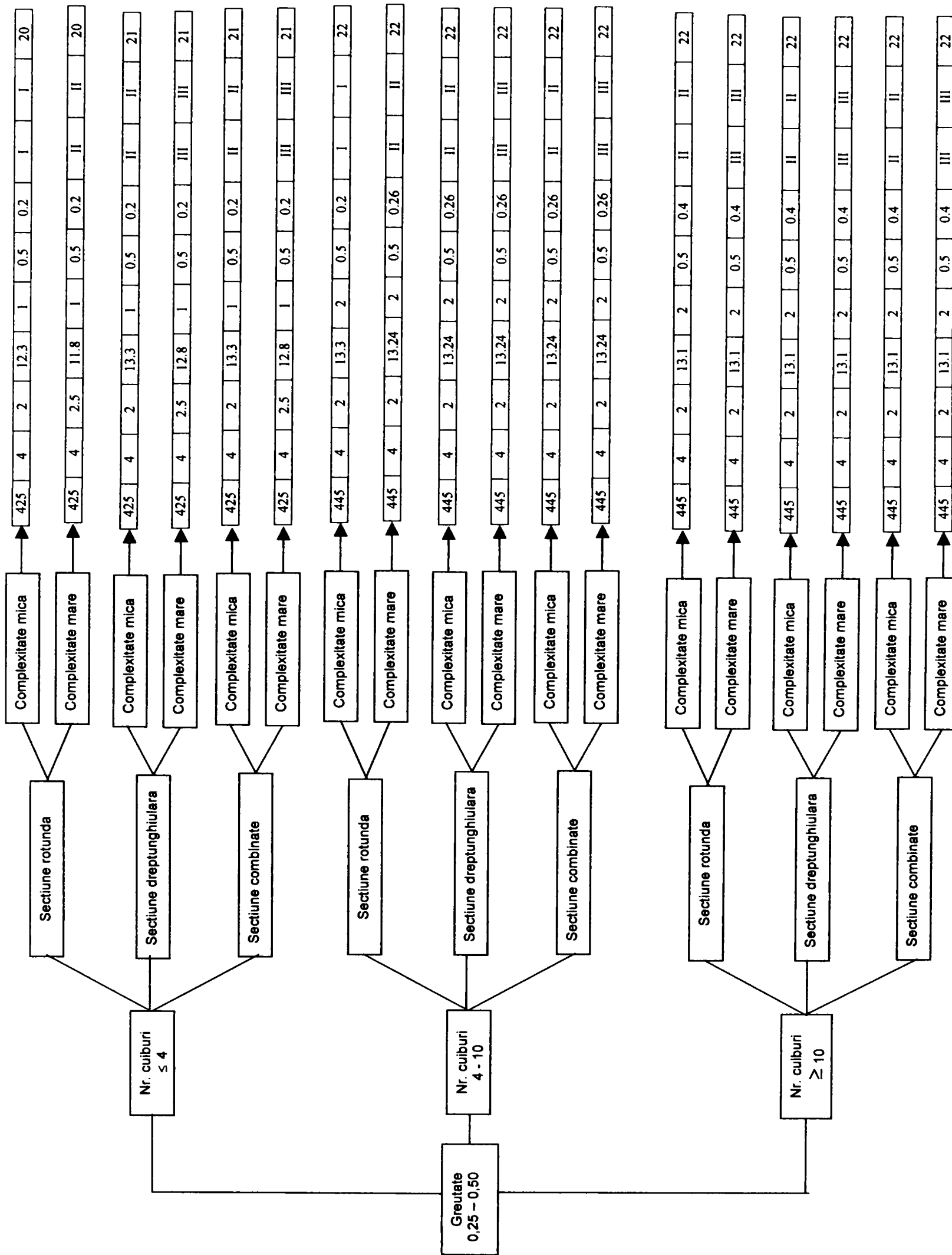


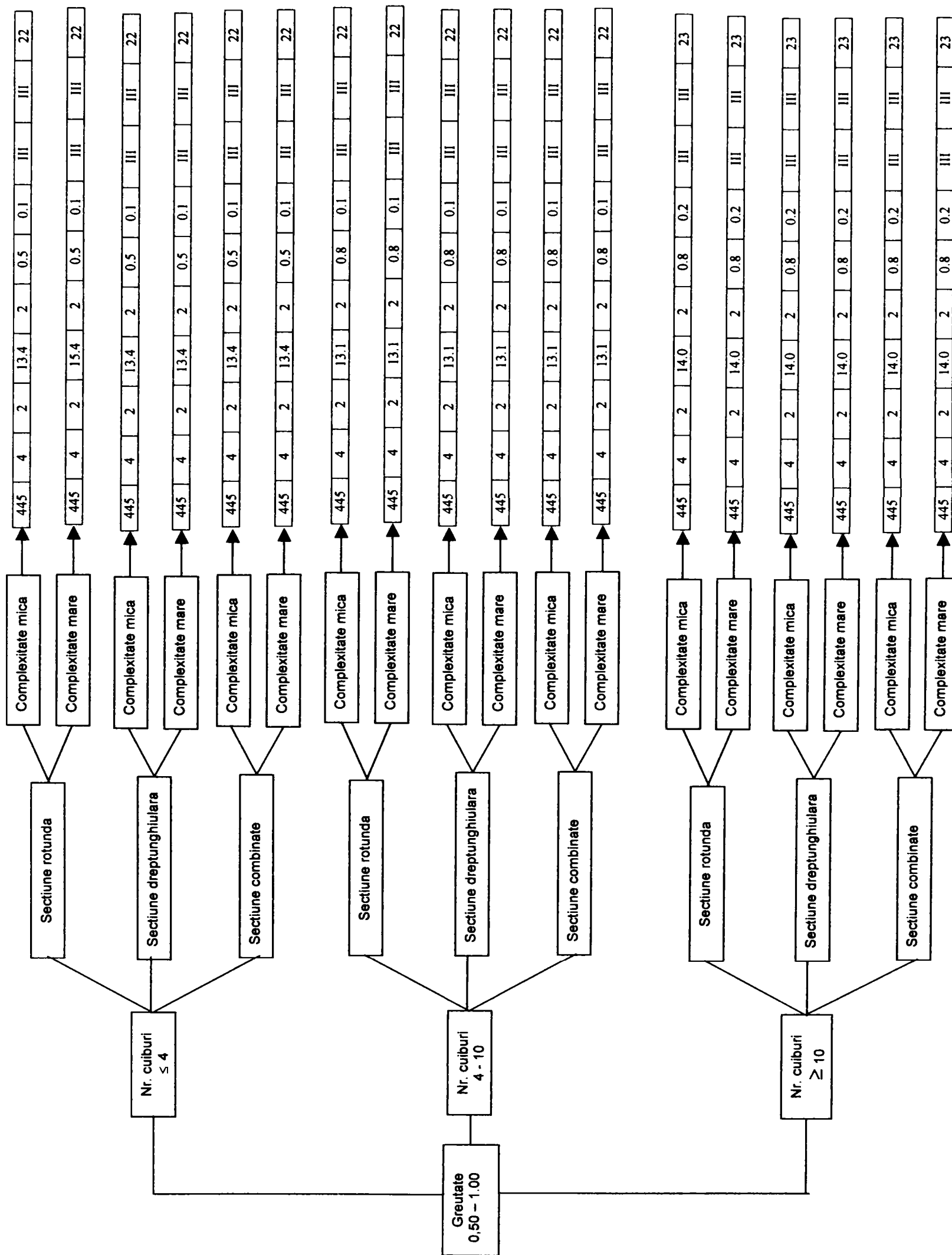
Ciclograma C6

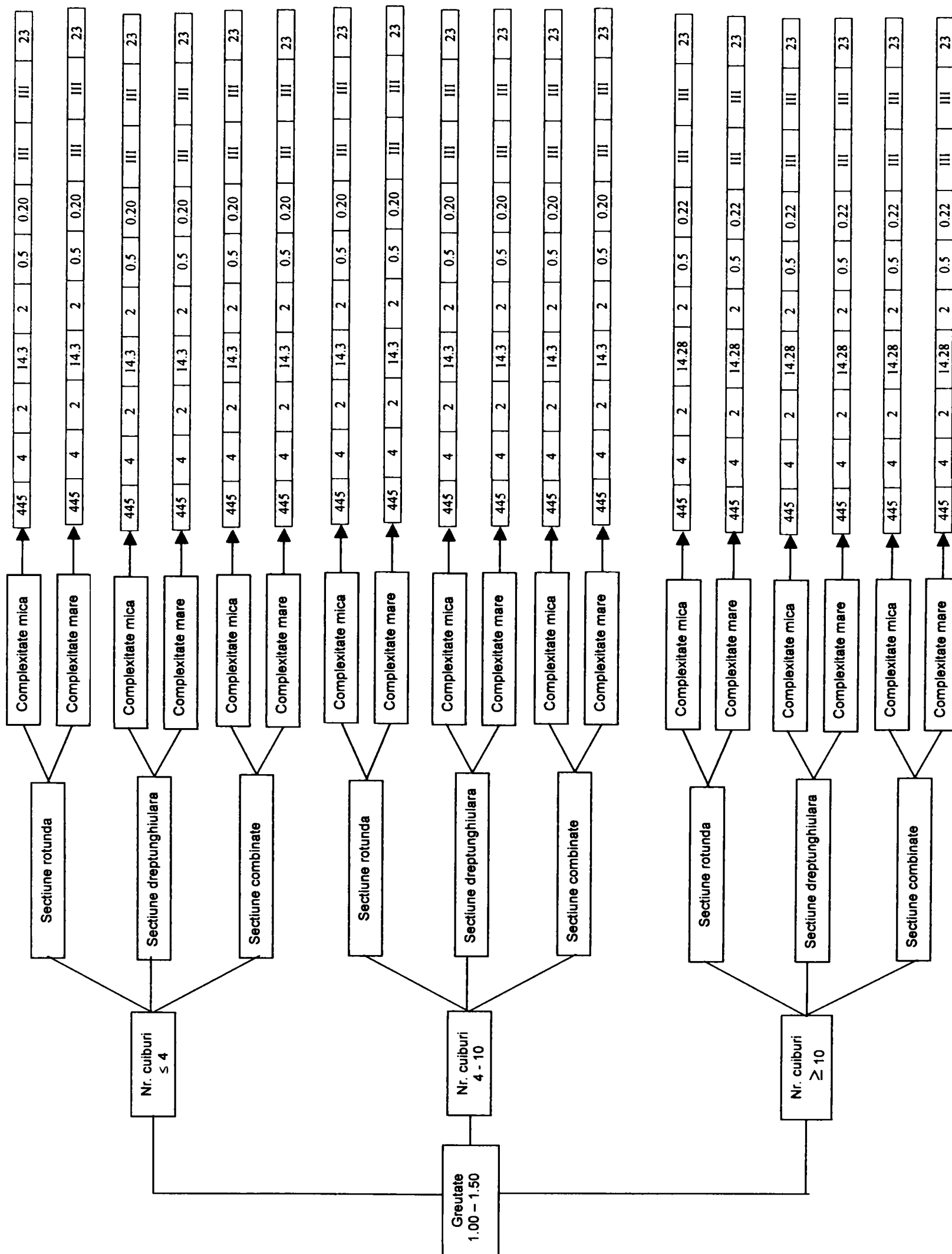


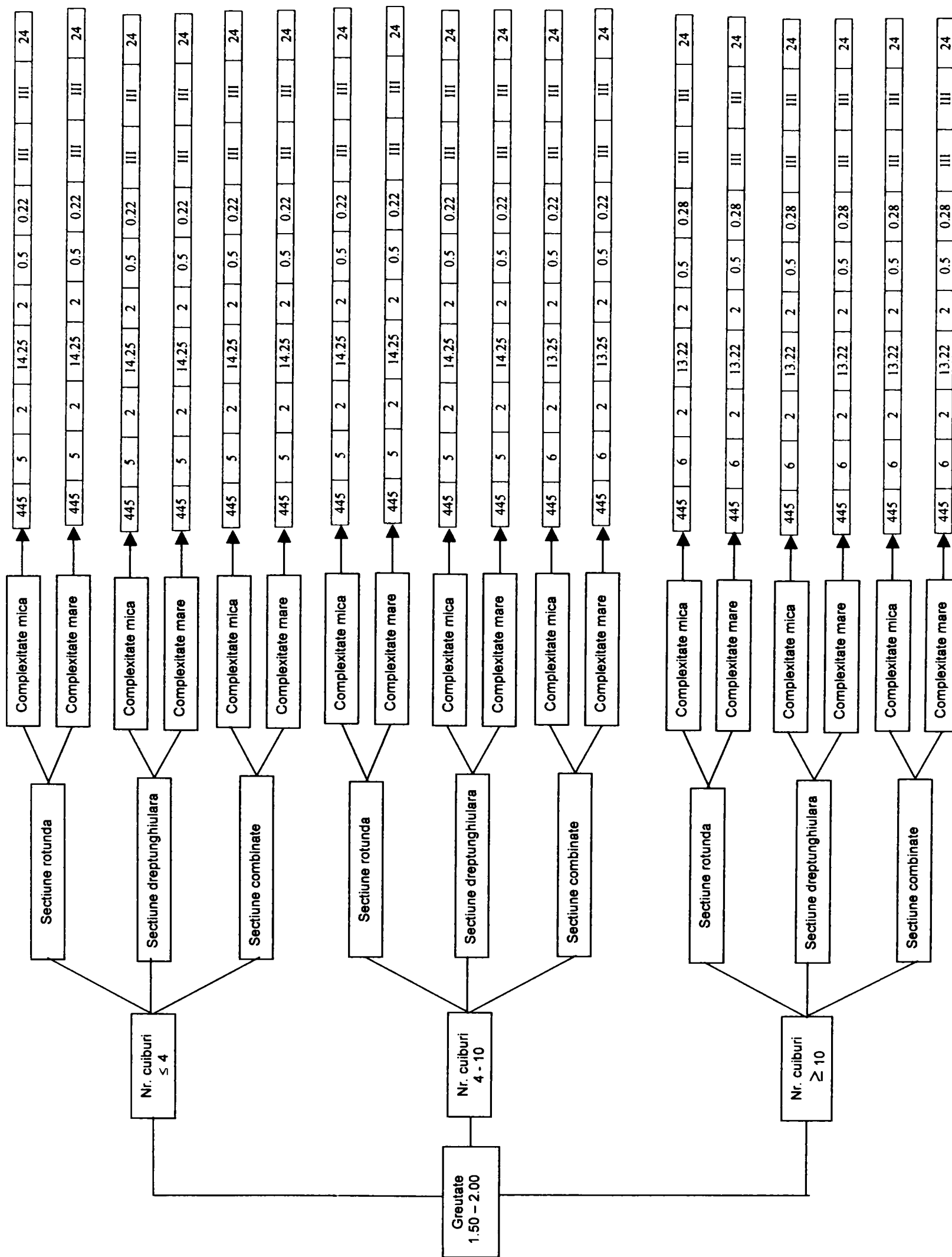












ANEXA III


```
// SimTurnUtils.cpp: implementation of the SimTurnUtils class.
//
////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
////

#include "stdafx.h"
#include "resource.h"
#include "SimTurnUtils.h"

#include "gemat3d.h "
#include "actrans.h "
#include "timer.h"

#include <stdio.h>
#include <math.h>
#include <stdlib.h>

#include <windows.h>
#include "StdArx.h"

#ifdef _DEBUG
#undef THIS_FILE
static char THIS_FILE[]=__FILE__;
#define new DEBUG_NEW
#endif

#define bzero(x, y) memset(x, 0, y);

////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
////
// Construction/Destruction
////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
////

//=====
//Constructor
//=====
SimTurnUtils::SimTurnUtils()
{

}

//=====
//Destructor
//=====
SimTurnUtils::~SimTurnUtils()
{

}

//=====
//Citeste valoare dintr-un fisier de tip ini
```

```

//=====
CString SimTurnUtils::ReadFromIni ( char * section, char * key)
{
    // let's test our work
    CHAR inBuf[1024];
    bzero (inBuf,1024);
    GetPrivateProfileString (section,
        key,
        "Bogus Value: Get didn't work",
        inBuf,
        1024,
        "C:\\DragTurn\\SimTurnUtils.ini");
    CString value(inBuf);
    return value;
}

//=====
//Scrie valoare dintr-un fisier de tip ini
//=====
void SimTurnUtils::WriteInIni ( char * section, CString key, CString value )
{
    WritePrivateProfileString (section,
        key,
        value,
        "C:\\DragTurn\\SimTurnUtils.ini");

    return ;
}

//=====
//Functia creaza o matrice pentru rotirea in jurul unei linii cu un unghi dat
//=====
void SimTurnUtils::createRotMat ( ads_name axisForRot , double angleForRot, ads_matrix transMatrix)
{
    //acutPrintf ("createRotMat START \n ") ;

```

```

// timer.cpp: implementation of the timer class.
//
////////////////////////////////////
////

#include "stdafx.h"
#include "resource.h"
#include "timer.h"

#ifdef _DEBUG
#undef THIS_FILE
static char THIS_FILE[]=__FILE__;
#define new DEBUG_NEW
#endif

////////////////////////////////////
////
// Construction/Destruction
////////////////////////////////////
////

timer::timer()
{

}

timer::~timer()
{

}

// Determine how much time has passed since the timer was started.
double timer::elapsed_time()
{
    clock_t curr_time = clock();
    return double(curr_time - start_time) / CLOCKS_PER_SEC;
} // timer::elapsed_time

// Start a timer. Return accumulated time.
void timer::start(const char* timer_name)
{

    accumulated_time = 0;

    /*
    // Return immediately if the timer is already running
    if (running)
        return;
    */

    // Change timer status to running
    running = 1;

```

```
// Determine the current time;
start_time = clock();

} // timer::start

// Check how much time has passed.
double timer::check(const char* timer_name)
{
    if (running)
        return accumulated_time + elapsed_time();

    return accumulated_time;
} // timer::check

void timer::restart(const char* timer_name)
{
    accumulated_time = 0;

    // Change timer status to running
    running = 1;

    // Determine the start time;
    start_time = clock();
} // timer::restart

// _____
// _____

void timer::stop(const char* timer_name)
{
    // Recalculate the total accumulated time the timer has run
    if (running)
        accumulated_time += elapsed_time();

    running = 0;
} // timer::stop
```

```

//-----
//Extrage datele de definitie ale entitatii
//-----
struct resbuf *ed; *cb;
ed = acdbEntGet(axisForRot);

//-----
//Extrage coordonatele capetelor liniei
//-----
double ptStartX;
double ptStartY;
double ptStartZ;
double ptEndX;
double ptEndY;
double ptEndZ;

//acutPrintf ("\n Coordonatele capetelor liniei date ca p
arametru ") ;
for (cb = ed; cb != NULL; cb = cb->rbnext)
{
    if (cb->restype == 10)
    {
        // DXF code for start poin
t
        ptStartX = cb->resval.rpoint[X];
        ptStartY = cb->resval.rpoint[Y];
        ptStartZ = cb->resval.rpoint[Z];
        /*
the first point of the line") ;
        acutPrintf ("\n coord X : %lf",
cb->resval.rpoint[X]) ;
        acutPrintf ("\n coord Y : %lf",
cb->resval.rpoint[Y]);
        acutPrintf ("\n coord Z : %lf",
cb->resval.rpoint[Z]) ;
        */
    }
    if (cb->restype == 11)
    {
        // DXF code for end point
        ptEndX= cb->resval.rpoint[
X];
        ptEndY = cb->resval.rpoint
[Y];
        ptEndZ = cb->resval.rpoint
[Z];
        /*
of the second point of the line") ;
        acutPrintf ("\n coord X
: %lf", cb->resval.rpoint[X]);
    }
}

```

```

he first point of the line") ;
cb->resval.rpoint[X]) ;          acutPrintf ("\n coord X : %lf",
cb->resval.rpoint[Y]);          acutPrintf ("\n coord Y : %lf",
cb->resval.rpoint[Z]) ;          acutPrintf ("\n coord Z : %lf",
                                  */
                                  }
                                  if (cb->restype == 11)
                                  {
                                  // DXF code for end point
                                  ptEndX= cb->resval.rpoint[
X];
                                  ptEndY = cb->resval.rpoint
[Y];
                                  ptEndZ = cb->resval.rpoint
[Z];
                                  /*
                                  acutPrintf ("\n Coordinates
of the second point of the line") ;
                                  acutPrintf ("\n coord X
: %lf", cb->resval.rpoint[X]);
                                  acutPrintf ("\n coord Y
: %lf", cb->resval.rpoint[Y]) ;
                                  acutPrintf ("\n coord Z
: %lf", cb->resval.rpoint[Z]) ;
                                  */
                                  }
                                  }

                                  //-----
                                  // Release the acdbEntGet() list.
                                  //-----
                                  acutRelRb(ed);

                                  //-----
                                  //-----
                                  //Calculeaza punctul de start si vectorul pt matricea de
rotire
                                  //-----
                                  //-----
                                  AcGeVector3d axis((ptStartX - ptEndX), (ptStartY - ptEndY)
, (ptStartZ - ptEndZ));
                                  axis.normalize();

                                  /*
                                  acutPrintf ("\n Vectorul care da directia axei :") ;
                                  acutPrintf ("\n : %lf", axis[0]) ;
                                  acutPrintf ("\n : %lf", axis[1]) ;
                                  acutPrintf ("\n : %lf", axis[2]) ;
                                  */

```

```

//Create the vector for translation
AcGeVector3d vecTrans;
vecTrans = axis *`dblDeplasare;

//-----
//Creaza matricea de rotire
//-----
//acutPrintf ("\n ***** Create a matrix for translation
- ***** ") ;
AcGeMatrix3d matTrans;

matTrans.setToTranslation ( vecTrans);

int i;
int j;
for (i = 0; i < 4 ; i ++)
{
    for (j = 0; j < 4 ; j ++)
    {
        transMatrix[i][j] = matTrans(i,j);
        //acutPrintf ("\n      : %lf", trans
Matrix[i][j]) ;
    }
}

//acutPrintf ("createTransMat END\n ") ;

return;

} // End createTransMat

//=====
//Initializeaza matricea
//=====
void SimTurnUtils::ident_init(ads_matrix id)
{
    int i, j;
    for (i=0; i<=3; i++)
        for (j=0; j<=3; j++)
            id[i][j] = 0.0;
    for (i=0; i<=3; i++)
        id[i][i] = 1.0;
}

//=====
//Refresh display after transformation finished
//=====
void SimTurnUtils::refreshDisplay()
{
    actrTransactionManager->queueForGraphicsFlush();
}

```

```

    actrTransactionManager->flushGraphics();
    acedUpdateDisplay();
}

//=====
// Formeaza multimea de selectie corespunzatoare unei miscari date
// (numarul axei)
//=====
void SimTurnUtils::FormeazaSelSetCorespunzatorAxei( CHAR * strMiscare, ads_name result)
{
    //acutPrintf("FormeazaSelSetCorespunzatorAxei START\n") ;

    //Extrage din ini stringul cu handles
    CString cstrHandlesObj;
    cstrHandlesObj = ReadFromIni ( "handleObj", strMiscare);
    //acutPrintf("cstrHandlesObj la citire = %s\n",cstrHandle
sObj) ;

    //Extrage pe baza handle-urilor multimea de selectie
    char seps[] = " ,";
    char *token;
    CHAR strHandles[2048];
    bzero (strHandles,2048);
    sprintf(strHandles,"%s\0", cstrHandlesObj);
    token = strtok( strHandles, seps );
    //acutPrintf("token = %s\n",token) ;
    ads_name ename;

    //Get current DATABASE
    AcDbDatabase * db = acdbHostApplicationServices()->working
Database();
    ASSERT(db != NULL);

    //Get object from handle
    AcDbObjectId retId;
    Acad::ErrorStatus rc = db->getAcDbObjectId(retId, false ,
token, 0);
    if(rc != Acad::eOk)
    {
        acutPrintf("Error in getAcDbObjectId %s\n") ;
        return ;
    }

    //Get entity name from handle
    rc = acdbGetAdsName(ename, retId);
    if(rc != Acad::eOk)

```



```

    {
        acutPrintf("Error in acdbGetAdsName %s\n") ;
        return ;
    }
    if(acedSSAdd( ename, NULL, result) != RTNORM)
    {
        acdbFail("Unable to add entity to selection set\n"
);
        return ;
    }
    long lNrEntFromSel = 0;
    if (acedSSLength(result, &lNrEntFromSel) != RTNORM)
    {
        acdbFail("acedSSLength failed\n");
        return ;
    }

    //Get current DATABASE
    db = acdbHostApplicationServices()->workingDatabase();
    ASSERT(db != NULL);
    while(NULL != (token = strtok( NULL, seps )))
    {

        //acutPrintf("token = %s\n",token) ;

        //Get object from handle
        rc = db->getAcDbObjectId(retId, false ,token, 0);
        if(rc != Acad::eOk)
        {
            acutPrintf("Error in getAcDbObjectId %s\n"
");
            return ;
        }

        //Get entity name from handle
        int rc = acdbGetAdsName(ename, retId);
        if(rc != Acad::eOk)
        {
            acutPrintf("Error in acdbGetAdsName %s\n"
);
            return ;
        }
        else
        {
            //acutPrintf("a intrat pe result NU este N
UL\n") ;
            if(acedSSAdd( ename,result, result) != RT
NORM)
            {
                acdbFail("Unable to add entity to
selection set\n");
                return ;
            }
        }
    }
}

```

```

    }

    if (acedSSLength(result, &lNrEntFromSel) !
= RTNORM)
    {
        acdbFail("acedSSLength failed\n");

        return ;
    }
    /*
    else
    {
        acutPrintf("lNrEntFromSel = %d\n", lNrEntFromSel) ;
    }
    */
}

//acutPrintf("FormeazaSelSetCorespunzatorAxei END\n") ;

return ;

}

//=====
//Realizeaza deplasarea cu un anumit numar de pasi
//=====
void SimTurnUtils::RealizeazaDedplasareCuNrPasi( int intNrAxa, double dblDeplasare, int intNrPasi )
{

    //acutPrintf("RealizeazaDedplasareCuNrPasi START\n") ;

    CHAR strMiscare[1024];
    bzero (strMiscare,1024);
    itoa(intNrAxa, strMiscare, 10);

    //Extrage handle-ul axei
    CString cstrHandleAxa;
    cstrHandleAxa = ReadFromIni ( "handleAxa", strMiscare);
    //acutPrintf("cstrHandleAxa la citire = %s\n",cstrHandleAxa);
    xa) ;

    CHAR strHandAxa[1024];
    bzero (strHandAxa,1024);
    strcpy(strHandAxa,cstrHandleAxa);

    //Determina numele de entitate din handle
    AcDbDatabase* db = acdbHostApplicationServices()->workingDatabase();
    ASSERT(db != NULL);
    AcDbObjectId retId;

```

```

Acad::ErrorStatus rc = db->getAcDbObjectId(retId, false ,s
trHandAxa, 0);
if(rc != Acad::eOk)
{
    acutPrintf("Error in  getAcDbObjectId %s for axis\
n") ;
    return;
}
ads_name enameAxisLine;
rc = acdbGetAdsName(enameAxisLine, retId);
if(rc != Acad::eOk)
{
    acutPrintf("Error in  acdbGetAdsName %s\n") ;
    return;
}

//Extrage tipul miscarii (Rotatie sau translatie)
CString cstrTipMiscare;
cstrTipMiscare = ReadFromIni ( "tipMiscare", strMiscare);
//acutPrintf("cstrTipMiscare la citire = %s\n",cstrTipMis
care) ;

//Formeaza multimea de selectie cu elementele care se depl
aseaza corespunzator numarului axei (miscarii)
ads_name result;
FormeazaSelSetCorespunzatorAxei( strMiscare, result);

//Determina deplasarea corespunzatoare unui singur pas
double dblDeplElementara = 0.0;
dblDeplElementara = dblDeplasare / ((double)intNrPasi );
//acutPrintf("Deplasare elementara :%f\n ",dblDeplElementa
ra);

//Creeaza matricea de transformare
ads_matrix transMatrix;
if (strncmp(cstrTipMiscare,"T",1) == 0)
{
    //acutPrintf("Miscarea e de translatie\n") ;

    //Creeaza matricea de rotatie care se aplica obiec
telor ce trebuie deplasate
createTransMat ( enameAxisLine, dblDeplElementar
a , transMatrix);
}
else if(strncmp(cstrTipMiscare,"R",1) == 0 )
{
    //acutPrintf("Miscarea e de rotatie\n") ;

    //Transforma unghiul de rotatie din radiani in gra
de

double dblDeplElementaraRad = 0.0;
dblDeplElementaraRad = (dblDeplElementara * 3.1415

```

```
9265358979323846) / 180.0;
```

```

        //Creeaza matricea de rotatie care se aplica obiectelor ce trebuie deplasate
        createRotMat ( enameAxisLine, dblDeplElementaraRad , transMatrix);
    }
    else
    {
        acutPrintf("EROARE: Miscarea nu e nici T nici R\n"
) ;
    }

    //Afiseaza matricea calculata
    /*
    acutPrintf ("\n Matricea de transformare in functia asdk
myselect" ) ;
    int k, j;
    for (k = 0; k < 4 ; k ++)
    {
        for (j = 0; j < 4 ; j ++)
        {
            acutPrintf ("\n      : %lf", transMatrix[k][
j]) ;
        }
    }
    */

    //Apeleaza functia pt deplasarea obiectelor ce are ca parametrii :
    // multimea de selectie cu obiectele ce trebuie deplasate, matricea de transformare
    //      AplicaMatriceTransf(ads_name result,ads_matrix transMatrix)

    for (int i = 0; i < intNrPasi; i++)
    {
        //Apply Transformation
        int rcl = acedXformSS(result, transMatrix);
        if (rcl != RTNORM)
        {
            acutPrintf ("\n Error in acedXformSS") ;
            return;
        }
        //acutPrintf("miscarea %d OK\n", i) ;

        //Redraw the current viewport
        //acedRedraw(NULL , 1 );

        //Refresh display
        refreshDisplay();
    }

```

```

}

//Elibereaza multimea de selectie
if (acedSSFree(result) != RTNORM)
{
    acutPrintf("Failed on acedSSFree\n") ;
    return;
}

//acutPrintf("RealizeazaDedplasareCuNrPasi END\n") ;

return;

}

//=====
//Completeaza fisier cu linii default
//index line, mom_timp, pozAxa1, pozAxa2, pozAxa3, .... , pozAxaN;
//=====
void SimTurnUtils::CompleteazaFisier(int nrAxe, double pasTimp, double tCicluComplet , int nrCicluri, FILE *fpDebug)
{
    //Calculeaza nr linii:
    int nrLinii = 0;
    nrLinii = (int)(tCicluComplet * nrCicluri / pasTimp);

    //Deschide fisier //Formeaza calea la fisier
    CHAR strNumeFisier[1024];
    bzero (strNumeFisier,1024);
    strcpy(strNumeFisier,"C:\\DragTurn\\Temp\\Ciclograma.txt")
;

    //Deschide fisierul
    FILE *fp = NULL;
    CHAR buffer[1024];
    bzero (buffer,1024);
    char *s = NULL;
    fp = fopen (strNumeFisier,"w");
    if (NULL == fp)
    {
        acutPrintf("NULL == fp\n") ;
        return;
    }

    for(int i=0;i<nrLinii;i++)
    {

        //Scrie index
        fprintf(fp,"%d,",i);
    }
}

```

```

//Scrie timp
fprintf(fp,"%lf,", (double)i*pasTimp);

//Scrie axe
for(int j=0;j<nrAxe;j++)
{
    //scrie 0 pt axa
    fprintf(fp,"%d",0);
    if(j<nrAxe-1)
    {
        fprintf(fp,",");
    }
}

fprintf(fp,"\n");
}

//inchide fisier
fclose(fp);

return;
}

//=====
//Completare informatii fisier ciclograma
//=====
void SimTurnUtils::ScrieMisc( int nr_axa,double pasTimp, double moment_start,
                                double durata, double deplasare, int tipLegeMiscare, int nrTotalAxe, FILE *fpDebug)
{
    //calculeaza moment end
    double moment_end = 0;
    moment_end = moment_start + durata;

    double incrementDeplasareCazVConst = 0.0;
    incrementDeplasareCazVConst = deplasare / (durata / pasTimp);

    //Genereaza un nou fisier temp apoi il salveaza sub numele
    fisierului initial
    //acutPrintf("CompleteazaFisier ScrieMisc\n") ;

    //Deschide fisier //Formeaza calea la fisierul inainte de modif
    CHAR strNumeFisier[1024];
    bzero (strNumeFisier,1024);
    strcpy(strNumeFisier,"C:\\DragTurn\\Temp\\Ciclograma.txt")
;

    //Deschide fisierul inainte de modif

```

```

FILE      *fp = NULL;
CHAR buffer[1024];
bzero (buffer,1024);
char *s = NULL;
fp = fopen (strNumeFisier,"r");
if (NULL == fp)
{
    acutPrintf("NULL == fp\n") ;
    return;
}

//Deschide fisier      //Formeaza calea la fisierul de du
pa modificare
CHAR strNumeFisierTemp[1024];
bzero (strNumeFisierTemp,1024);
strcpy(strNumeFisierTemp,"C:\\DragTurn\\Temp\\iniCiclogram
aTemp.txt");

//Deschide fisierul inainte de modif
FILE      *fpTemp = NULL;
char *sTemp = NULL;
fpTemp = fopen (strNumeFisierTemp,"w");
if (NULL == fpTemp)
{
    acutPrintf("NULL == fpTemp\n") ;
    return;
}

//acutPrintf("Before while\n");

//Parcurge fisierul initial linie cu linie
CHAR bufferLine[2048];
bzero (bufferLine,2048);
char seps[] = ",";
char * strItem = NULL;
double timpCurrent = 0.0;
int intNrLinCurrent = 0;
double pozCalculata = 0.0;
double pozInitiala = 0.0;
while ( fgets( buffer, 2048, fp ) != NULL)
{
    //Store all content of the line
    strcpy(bufferLine,buffer);

    //acutPrintf("%s\n",buffer);

    char *tokenLin = NULL;

    //Extrage indexul liniei din fisier
    tokenLin = strtok( buffer, seps );
    if(tokenLin ==NULL)

```

```

{
    //acutPrintf("tokenLin = NULL\n") ;
}
//acutPrintf("tokenLin = %s\n",tokenLin) ;
intNrLinCurrent = atoi(tokenLin);

//Extrage timpul curent
tokenLin = strtok( NULL, seps );
//acutPrintf("tokenLin = %s\n",tokenLin) ;
timpCurrent =-atof (tokenLin);

if(timpCurrent >= moment_start)
{

    fprintf(fpTemp,"%d,",intNrLinCurrent);
    fprintf(fpTemp,"%lf,",timpCurrent);

    //Extrage linia curenta separata de virgula
a
    int i = 0;
    int nrAxaCurrent = 0;

    while ((tokenLin = strtok( NULL, seps )) !
= NULL)
    {

        nrAxaCurrent++;
        //acutPrintf("nrAxaCurrent = %d\n"
, nrAxaCurrent) ;
a) ;
        //acutPrintf("nr_axa = %d\n",nr_ax
, timpCurrent) ;
        //acutPrintf("timpCurrent = %lf\n"
",moment_start) ;

        //Extrage poz curenta corespunzatoare ax
ei in linia citita
        if(timpCurrent >= moment_start)
        {

            //acutPrintf("timpCurrent >= mo
ment_start\n") ;

            //tipLegeMiscare
            //- 1 - viteza constanta
            //- 2 - profil triunghiular
r acceleratii
            //- 3 - profil trapezoidal
(cu palier de viteza)

            if(nrAxaCurrent == nr_axa)
            {

```



```

ent == nr_axa\n") ; //acutPrintf("nrAxaCurr

moment_end) if(timpCurrent <=

tf("timpCurrent <= moment_end\n") ; //acutPrin

Miscare == 1)//Pentru viteza constanta if(tipLege

acutPrintf("tipLegeMiscare == 1\n") ; //

zInitiala = atof(tokenLin); po

zCalculata = pozInitiala + incrementDeplasareCazVConst * (timpCurr po
ent - moment_start) / pasTimp; if

((fabs (pozCalculata)) < 0.001) {

pozCalculata = 0; }

rintf(fpDebug,"-----\n"); /*
fp

rintf(fpDebug,"nr_axa = %d\n",nr_axa); fp

rintf(fpDebug,"timpCurrent = %lf\n",timpCurrent); fp

rintf(fpDebug,"moment_start = %lf\n",moment_start); fp

rintf(fpDebug,"incrementDeplasareCazVConst = %lf\n",incrementDepla
sareCazVConst); fp

rintf(fpDebug,"pozCalculata = %lf\n",pozCalculata); */

Scrie in fisier //

(nrAxaCurrent < nrTotalAxe) if

fprintf(fpTemp,"%lf",pozCalculata); {

```

```

}
el
se if (nrAxaCurrent == nrTotalAxe)
{
//Aaug si \n
fprintf(fpTemp,"%lf\n",pozCalculata);
- -
acutPrintf("pozCalculata == pozCalculata\n") ;
}
}
else
{
//Scrie in
if(nrAxaCu
{
fp
}
else if (n
{
//
fp
}
}
}
else
{
//acutPrintf("else
//Scrie in fisier
fprintf(fpTemp,"%s
",tokenLin);
}
if(nrAxaCurrent < nrTotalAxe)
{
fprintf(fpTemp,", "
);
}
}
}

```

```

        else
        {
            //acutPrintf("nu timpCurre
nt >= moment start\n") ;
        }

        //while ((tokenLin = strtok( NULL, seps )
) != NULL)

            //if(timpCurrent >= moment_start)
            else
            {
                //Tipareste linia neschimbata
                fprintf(fpTemp,"%s",bufferLine);
            }

        //while ( fgets( buffer, 2048, fp ) != NULL)

        //Inchide fisierele
        fclose(fp);
        fclose(fpTemp);

        //Sterge fisierul initial
        if( remove( strNumeFisier ) == -1 )
        {
            acutPrintf( "Could not delete %s\n",strNumeFisier );
        }

        //Salveaza fisierul temp sub numele fisierului original
        int result = rename( strNumeFisierTemp , strNumeFisier );
        if( result != 0 )
        {
            acutPrintf( "Could not rename %s\n",strNumeFisierTemp
);
        }

        return;
    }

//=====
//Extrage un item dintrun string cu virgula ca separator
//=====
char * SimTurnUtils::GetItemFromStringWithComma(char * lineStrWith
Comma, int item)
{

    char * strItem = NULL;
    char seps[] = ",";
    char *tokenLin = NULL;

```

```

//Extrage indexul liniei din fisier
tokenLin = strtok( lineStrWithComma, seps );

//acutPrintf("indexLinie = %lf\n", LinesElem[0]);

//Extrage linia curenta separata de virgula
int i = 0;
while (tokenLin != NULL)
{
    //Extrage poz curenta corespunzatoare axei in linia citi
    ta
    tokenLin = strtok( NULL, seps );
    if(tokenLin == NULL)
    {
        return NULL;
    }
    else
    {
        acutPrintf("tokenLin == NULL, continue \n
");
    }

    if ((i + 1) == item)
    {
        return tokenLin;
    }

    //acutPrintf("tokenLin = %s\n",tokenLin);
    i++;
}

return NULL;
}

//=====
//Genereaza fisierul corespunzator ciclogramei
//=====
void SimTurnUtils::GenereazaCiclograma()
{
    //acutPrintf("GenereazaCiclograma START\n");

    //Deschidere fisier debug
    CHAR strNumeFisier[1024];
    bzero (strNumeFisier,1024);
    strcpy(strNumeFisier,"C:\\DragTurn\\Temp\\DebugTurnSim.txt
");
    FILE *fp = NULL;
    fp = fopen (strNumeFisier,"w");
    if (NULL == fp)

```

```

{
    acutPrintf("NULL == fp\n") ;
    return;
}
fprintf(fp,"Parametrii : \n");

//Numar axe
int nrAxeSim = 7;

//Pas timp
double pasTimp = 0.01; //1 zecime de secunda
fprintf(fp,"pasTimp. %lf\n",pasTimp);

//Constanta de timp (folosita si pt a incetini miscarea ..
...
double scTimp = 1; //(sutimi de secunda); //!!! VERIFICARE

//-----
//Parametrii de intrare
//-----
CString cstr_t_alim;
cstr_t_alim = ReadFromIni ( "Param", "t_alimentare");
CHAR str_t_alim[1024];
bzero (str_t_alim,1024);
strcpy(str_t_alim,cstr_t_alim);
double t_alim = atof(str_t_alim) * scTimp;
//--
CString cstr_t_mentin;
cstr_t_mentin = ReadFromIni ( "Param", "t_mentinere");
CHAR str_t_mentin[1024];
bzero (str_t_mentin,1024);
strcpy(str_t_mentin,cstr_t_mentin);
double t_mentin = atof(str_t_mentin) * scTimp;

int nrCicluri = 1;

fprintf(fp,"t_alim. %lf\n",t_alim);
fprintf(fp,"t_mentin. %lf\n",t_mentin);
fprintf(fp,"nrCicluri. %d\n",nrCicluri);

//Constante de proc
double t_int1 = 1 * scTimp;
double t_int2 = 1 * scTimp;
double t_int3 = 1 * scTimp;
double k_1B = 0.2 ;
double k_1C = 0.6 ;
double k_1D = 0.2 ;
double k_2B = 0.2 ;
double k_3A = 0.2 ;

//Durate miscari
double t_1A = 1;//rotire cuva pt umplere

```

```

double t_1B = k_1B * t_alim;//ridicare cuva vertical
double t_1C = k_1C * t_alim;//rotire cuva sa ramana vertic
ala
double t_1D = k_1D * t_alim;//evacuare aliaj topit in pilni
e
double t_2A = 3 * scTimp;//coborare brat pentru alimentare
double t_2B = k_2B * t_alim;//aducere brat pt evacuare
double t_2C = 2 * scTimp;//revenire brat in pozitia initia
la
double t_3A = k_3A * t_alim;//deplase piston pt umplere ma
trita cu material
double t_3B = 2 * scTimp;//retragere piston
double t_4A = 2 * scTimp;//coborire brat curatare matrita
double t_4B = 2 * scTimp;//revenire brat curatare matrita
double t_5A = 1 * scTimp;//inchidere matrita
double t_5B = 1 * scTimp;//deschidere matrita
double t_6A = 1 * scTimp;//apropiere brat pt prehensare pi
esa
double t_6B = 2 * scTimp;//deplasare piesa pt extragere di
n matrita
double t_7A = 4 * scTimp;//rotire brat pentru evacuare pie
sa
double t_7B = 2 * scTimp;//revenire brat entru evacuare pi
esa

```

```

//Tiparire durate miscari
fprintf(fp, "-----\n");
fprintf(fp, "Durate miscari\n");
fprintf(fp, "-----\n");
fprintf(fp, "t_1A = %lf\n", t_1A);
fprintf(fp, "t_1B = %lf\n", t_1B);
fprintf(fp, "t_1C = %lf\n", t_1D);
fprintf(fp, "t_2A = %lf\n", t_2A);
fprintf(fp, "t_2B = %lf\n", t_2B);
fprintf(fp, "t_2C = %lf\n", t_2C);
fprintf(fp, "t_3A = %lf\n", t_3A);
fprintf(fp, "t_3B = %lf\n", t_3B);
fprintf(fp, "t_4A = %lf\n", t_4A);
fprintf(fp, "t_4B = %lf\n", t_4B);
fprintf(fp, "t_5A = %lf\n", t_5A);
fprintf(fp, "t_5B = %lf\n", t_5B);
fprintf(fp, "t_6A = %lf\n", t_6A);
fprintf(fp, "t_6B = %lf\n", t_6B);
fprintf(fp, "t_7A = %lf\n", t_7A);
fprintf(fp, "t_7B = %lf\n", t_7B);
fprintf(fp, "\n");

```

```

//Declaratie variabile moment start miscari
double st_1A = 0;//rotire cuva pt umplere
double st_1B = 0;//ridicare cuva vertical
double st_1C = 0;//rotire cuva sa ramana verticala

```

```

double st_1D = 0;//evacuae aliaj topit in pilnie
double st_2A = 0;//coborare brat pentru alimentare
double st_2B = 0;//aducere brat pt evacuare
double st_2C = 0;//revenire brat in pozitia initiala
double st_3A = 0;//deplase piston pt umplere matrta cu ma
terial

```

```

double st_3B = 0;//retragere piston
double st_4A = 0;//coborire brat curatare matrta
double st_4B = 0;//revenire brat curatare matrta
double st_5A = 0;//inchidere matrta
double st_5B = 0;//deschidere matrta
double st_6A = 0;//apropiere brat pt prehensare piesa
double st_6B = 0;//deplasare piesa pt extragere din matrit
a

```

```

double st_7A = 0;//rotire brat pentru evacuare piesa
double st_7B = 0;//revenire brat entru evacuare piesa

```

```
//Declaratie variabile deplasari
```

```

double d_1A = 0;//rotire cuva pt umplere
double d_1B = 0;//ridicare cuva vertical
double d_1C = 0;//rotire cuva sa ramana verticala
double d_1D = 0;//evacuae aliaj topit in pilnie
double d_2A = 0;//coborare brat pentru alimentare
double d_2B = 0;//aducere brat pt evacuare
double d_2C = 0;//revenire brat in pozitia initiala
double d_3A = 0;//deplase piston pt umplere matrta cu mat
erial

```

```

double d_3B = 0;//retragere piston
double d_4A = 0;//coborire brat curatare matrta
double d_4B = 0;//revenire brat curatare matrta
double d_5A = 0;//inchidere matrta
double d_5B = 0;//deschidere matrta
double d_6A = 0;//apropiere brat pt prehensare piesa
double d_6B = 0;//deplasare piesa pt extragere din matrta
double d_7A = 0;//rotire brat pentru evacuare piesa
double d_7B = 0;//revenire brat entru evacuare piesa

```

```
//-----
```

```
//Setare deplasari
```

```
//-----
```

```

d_1A = 60;
d_1B = -60;
d_1C = 60;
d_1D = 60;
d_2A = 70;
d_2B = -140;
d_2C = 70;
d_3A = 400;
d_3B = -400;
d_4A = 300;
d_4B = -300;
d_5A = 200;

```

```

d_5B = -200;
d_6A = 200;
d_6B = -200;
d_7A = 90;
d_7B = -90;

//Moment start ciclu
double tsc = 0; //timpul de start pentru un ciclu;

//Calcul durata ciclului complet
double tCicluComplet = 0;
tCicluComplet = t_2A + t_int1 + t_alim + t_2C + t_mentin +
t_5B + t_6A + t_int3 + t_6B;
fprintf(fp,"tCicluComplet. %lf\n",tCicluComplet);
fprintf(fp,"Durata simulare . %lf\n",tCicluComplet*nrCiclu
ri);
//acutPrintf("tCicluComplet. = %lf\n", tCicluComplet);

//Completeaza fisier cu linii default
//index line, mom_timp, pozAxa1, pozAxa2, pozAxa3, .... ,
pozAxaN;
CompleteazaFisier(nrAxeSim, pasTimp, tCicluComplet , nrCic
luri,fp); //FUNCTIE

//Determina momentul de start al miscarilor si scrie in fi
sierul pt simulare
// in timp real
for (int i = 0;i< nrCicluri; i++)
{

//Tiparire numar ciclu
fprintf(fp,"#####\n");
fprintf(fp,"CICLU NR. %d\n",i);
fprintf(fp,"moment de start. %lf\n",tsc);
fprintf(fp,"#####\n");
fprintf(fp,"\n");

//Determinare moment de start pentru fiecare misca
re
st_1A = tsc ;//rotire cuva pt umplere
st_1B = tsc + t_2A + t_int1;//ridicare cuva vertic
al
st_1C = tsc + st_1B + t_1B;//rotire cuva sa ramana
verticala
st_1D = tsc + st_1C + t_1C ;//evacuare aliaj topit
in pilnie
st_2A = tsc;//coborare brat pentru alimentare
st_2B = tsc + st_1C ;//aducere brat pt evacuare
st_2C = tsc + t_2A + t_int1 + t_alim;//revenire br
at in pozitia initiala
st_3A = tsc + st_1D + t_1D;//deplase piston pt ump
lere matrta cu material

```



```

st_3B = tsc + st_3A + t_3A;//retragere piston
st_4A = tsc;//coborire brat curatare matrila
st_4B = tsc + t_4A;//revenire brat curatare matrila
a
st_5A = tsc + t_2A;//inchidere matrila
st_5B = tsc + st_3B + t_mentin;//deschidere matrila
a
st_6A = tsc + st_5B + t_5B;//apropiere brat pt pre
hensare piesa
st_6B = tsc + st_6A + t_int3;//deplasare piesa p̄
extragere din matrila
st_7A = tsc;//rotire brat pentru evacuare piesa
st_7B = tsc + t_int2 + t_7A ;//revenire brat entru
evacuare piesa

```

```

//Tiparire moment start
fprintf(fp,"-----\n");
fprintf(fp,"Moment start\n");
fprintf(fp,"-----\n");
fprintf(fp,"st_1A = %lf\n",st_1A);
fprintf(fp,"st_1B = %lf\n",st_1B);
fprintf(fp,"st_1C = %lf\n",st_1D);
fprintf(fp,"st_2A = %lf\n",st_2A);
fprintf(fp,"st_2B = %lf\n",st_2B);
fprintf(fp,"st_2C = %lf\n",st_2C);
fprintf(fp,"st_3A = %lf\n",st_3A);
fprintf(fp,"st_3B = %lf\n",st_3B);
fprintf(fp,"st_4A = %lf\n",st_4A);
fprintf(fp,"st_4B = %lf\n",st_4B);
fprintf(fp,"st_5A = %lf\n",st_5A);
fprintf(fp,"st_5B = %lf\n",st_5B);
fprintf(fp,"st_6A = %lf\n",st_6A);
fprintf(fp,"st_6B = %lf\n",st_6B);
fprintf(fp,"st_7A = %lf\n",st_7A);
fprintf(fp,"st_7B = %lf\n",st_7B);
fprintf(fp,"\n");

```

```

//Tiparire deplasari
fprintf(fp,"-----\n");
fprintf(fp,"Deplasari\n");
fprintf(fp,"-----\n");
fprintf(fp,"d_1A = %lf\n",d_1A);
fprintf(fp,"d_1B = %lf\n",d_1B);
fprintf(fp,"d_1C = %lf\n",d_1D);
fprintf(fp,"d_2A = %lf\n",d_2A);
fprintf(fp,"d_2B = %lf\n",d_2B);
fprintf(fp,"d_2C = %lf\n",d_2C);
fprintf(fp,"d_3A = %lf\n",d_3A);
fprintf(fp,"d_3B = %lf\n",d_3B);
fprintf(fp,"d_4A = %lf\n",d_4A);
fprintf(fp,"d_4B = %lf\n",d_4B);

```

```

        fprintf(fp, "d_5A = %lf\n", d_5A);
        fprintf(fp, "d_5B = %lf\n", d_5B);
        fprintf(fp, "d_6A = %lf\n", d_6A);
        fprintf(fp, "d_6B = %lf\n", d_6B);
        fprintf(fp, "d_7A = %lf\n", d_7A);
        fprintf(fp, "d_7B = %lf\n", d_7B);
        fprintf(fp, "\n");

        //Completeaza fisier cu linii default
        //index line, mom_timp, pozAxa1, pozAxa2, pozAxa3,
        .... , pozAxaN;
p);      ScieMisc( 1, pasTimp,  st_1A, t_1A, d_1A, 1, 7, f
p);      ScieMisc( 1, pasTimp,  st_1B, t_1B, d_1B, 1, 7, f

        ScieMisc( 2, pasTimp,  st_2A, t_2A, d_2A, 1, 7, f
p);      ScieMisc( 2, pasTimp,  st_2B, t_2B, d_2B, 1, 7, f
p);      ScieMisc( 2, pasTimp,  st_2C, t_2C, d_2C, 1, 7, f
p);

        ScieMisc( 3, pasTimp,  st_3A, t_3A, d_3A, 1, 7, f
p);      ScieMisc( 3, pasTimp,  st_3B, t_3B, d_3B, 1, 7, f
p);

        ScieMisc( 4, pasTimp,  st_4A, t_4A, d_4A, 1, 7, f
p);      ScieMisc( 4, pasTimp,  st_4B, t_4B, d_4B, 1, 7, f
p);

        ScieMisc( 5, pasTimp,  st_5A, t_5A, d_5A, 1, 7, f
p);      ScieMisc( 5, pasTimp,  st_5B, t_5B, d_5B, 1, 7, f
p);

        ScieMisc( 6, pasTimp,  st_6A, t_6A, d_6A, 1, 7, f
p);      ScieMisc( 6, pasTimp,  st_6B, t_6B, d_6B, 1, 7, f
p);

        ScieMisc( 7, pasTimp,  st_7A, t_7A, d_7A, 1, 7, f
p);      ScieMisc( 7, pasTimp,  st_7B, t_7B, d_7B, 1, 7, f
p);

        //Incrementare timp total ciclu
        tsc = tsc + tCicluComplet;
}

```

```

        //Inchid fisier debug
        fclose(fp);
    }

//=====
//Realizeaza simularea in AutoCAD
//=====
void SimTurnUtils::ExecutaSimulareConformCiclogramei()
{
    //acutPrintf("ExecutaSimulareConformCiclogramei Start!\n")
    ;

    //Deschidere fisier debug
    CHAR strNumeFisierDebug[1024];
    bzero (strNumeFisierDebug,1024);
    strcpy(strNumeFisierDebug,"C:\\DragTurn\\Temp\\DebugTurnSi
mExecutie.txt");
    FILE *fpDebug = NULL;
    fpDebug = fopen (strNumeFisierDebug,"w");
    if (NULL == fpDebug)
    {
        acutPrintf("NULL == fpDebug\n") ;
        return;
    }

    int nrMiscari = 0;

    //Variabila pentru stocarea elementelor liniei
    double pozAxeCurrent[30];
    double pozAxeAnterior[30];
    for (int j = 0;j<30;j++)
    {
        pozAxeCurrent[j]=0.0;
        pozAxeAnterior[j]=0.0;
    }

    //int nrLINIIDETEST = 3;

    ///////////////////////////////////////////////////////////////////
    //Deschide fisierul care contine miscarile in timp
    ///////////////////////////////////////////////////////////////////

    //Formeaza calea la fisier
    CHAR strNumeFisier[1024];
    bzero (strNumeFisier,1024);
    strcpy(strNumeFisier,"C:\\DragTurn\\Temp\\Ciclograma.txt")
    ;

    //Deschide fisierul
    FILE *fp = NULL;

```

```

CHAR buffer[1024];
bzero (buffer,1024);
char *s = NULL;
fp = fopen (strNumèFisier,"rt");
int i = 0;
int isFirstLine = 1;
if (NULL != fp)
{
    //////////////////////////////////////////////////
    //Porneste timer
    //////////////////////////////////////////////////
    timer x;
    double currentTime = 0.0;
    x.start();
    currentTime = x.elapsed_time ();

    int nrAxaMiscare = 0;
    long indexLinie =0;
    double timpLinie = 0.0;
    double pozCurrent = 0;
    double pozAcad = 0;
    int nrPasi = 1;
    double dblDeplasare = 0;

    //Pina la terminarea fisierului se citeste linie c
u linie
    while((s = fgets(buffer , 1024, fp)) != NULL)
    {
        //----- \n");
        fprintf(fpDebug,"-----
        fprintf(fpDebug,"%s",buffer );
        //acutPrintf( "buffer = : %s\n",buffer);
        //fprintf(fpDebug,"-----\n");

        //Extrage linia curenta separata de virgul
a
        char seps[] = ",";
        char *tokenLin = NULL;

        //Extrage indexul liniei din fisier
        tokenLin = strtok( buffer, seps );
        indexLinie = atol(tokenLin);
        //fprintf(fpDebug,"indexLinie :>%ld<\n",in
dexLinie );

        //Citeste timpul curent
        currentTime = x.elapsed_time ();
        //acutPrintf( "Current time : %lf\n",curre
ntTime);

        fprintf(fpDebug,"currentTime : %lf \n",cur

```

```

rentTime );

//Extrage timpul corespunzator liniei cure
nte
tokenLin = strtok( NULL, seps );
timpLinie = atof(tokenLin);
fprintf(fpDebug,"timpLinie : %lf \n",timpL
inie );

i = 0;
while (tokenLin != NULL)
{
//Extrage poz curenta corespunzatoare ax
ei in linia citita
tokenLin = strtok( NULL, seps );
if(tokenLin == NULL)
{
//acutPrintf("tokenLin == NULL,
continue \n");
break;
}
//fprintf(fpDebug,"tokenLin == %s\n",to
kenLin);
pozAxeCurrent[i] = atof(tokenLin);
//fprintf(fpDebug,"Poz axa %d este :%lf
\n",i,pozAxeCurrent[i]);
i++;
}

int nrMaxAxe =0;
nrMaxAxe = i - 1;

//Daca timpul contorului e > timpul liniei
se executa linia
if(timpLinie >= currentTime)
{
//Wait
while (currentTime < timpLinie)
{
currentTime = x.elapsed_ti
me ();
}

//acutPrintf( "timpLinie >= curren
tTime\n");

//Extrage pozitia corespunzatoare
fiecarei axe si realizeaza deplasarea daca e necesar
nrAxaMiscare = 0;

```

```

while (nrAxaMiscare <= nrMaxAxe )
{
    //acutPrintf( "nrAxaMiscare <=
nrMaxAxe\n");

    nrAxaMiscare++;

    //fprintf(fpDebug,"nrAxaMiscare
= %d \n",nrAxaMiscare);
    //acutPrintf( "nrAxaMiscare = %
d \n",nrAxaMiscare);

    pozCurrent = 0.0;
    pozAcad = 0.0;
    dblDeplasare = 0.0;

    //Verifica daca este prima lini
e din fisier
    if(isFirstLine == 1)
    {
        //acutPrintf("Prima lini
ie\n");
        pozAxeAnterior[nrAxaMis
care - 1] = pozAxeCurrent[nrAxaMiscare - 1 ];
        isFirstLine = 0;
    }
    else
    {

        //Extrage poz curenta
corespunztoare axei in linia citita
        pozCurrent = pozAx
eCurrent[nrAxaMiscare - 1];

        //Pozitia axei stocata
        pozAcad = pozAxeAn
terior[nrAxaMiscare - 1 ];

        //Calculeaza deplasare
a necesara
        dblDeplasare = poz
Current - pozAcad;

        /*
        fprintf(fpDebug,"P
oz anterioara pozAcad %lf\n",pozAcad);
        fprintf(fpDebug,"N
oua poz pozLinie %lf\n",pozCurrent);
        fprintf(fpDebug,"d
blDeplasare %lf\n",dblDeplasare);

```


Parametrii :
pasTimp. 0.010000
t alim. 2.000000
t mentin. 4.000000
nrCicluri. 1

Durate miscari

t 1A = 1.000000
t 1B = 0.400000
t 1C = 0.400000
t 2A = 3.000000
t 2B = 0.400000
t 2C = 2.000000
t 3A = 0.400000
t 3B = 2.000000
t 4A = 2.000000
t 4B = 2.000000
t 5A = 1.000000
t 5B = 1.000000
t 6A = 1.000000
t 6B = 2.000000
t 7A = 4.000000
t 7B = 2.000000

tCicluComplet. 17.000000
Durata simulare . 17.000000

CICLU NR. 0
moment de start. 0.000000
#####

Moment.start

st 1A = 0.000000
st 1B = 4.000000
st 1C = 5.600000
st 2A = 0.000000
st 2B = 4.400000
st 2C = 6.000000
st 3A = 6.000000
st 3B = 6.400000
st 4A = 0.000000
st 4B = 2.000000
st 5A = 3.000000
st 5B = 10.400000
st 6A = 11.400000
st 6B = 12.400000
st 7A = 0.000000
st 7B = 5.000000

Deplasari

d 1A = 60.000000
d 1B = -60.000000
d 1C = 60.000000
d 2A = 70.000000
d 2B = -140.000000
d 2C = 70.000000
d 3A = 400.000000
d 3B = -400.000000
d 4A = 300.000000

d 4B = -300.000000
d 5A = 200.000000
d 5B = -200.000000
d 6A = 200.000000
d 6B = -200.000000
d 7A = 90.000000
d 7B = -90.000000

BIBLIOGRAFIE

- [Abr 96] Abrudan I ,Sisteme flexibile de fabricatie,concepte de fabricatie si management,,Ed. Dacia, 1996;
- [Ash 68] Ashby W. R.; Introduction á la cybernétique,Dunon, 1968;
- [BG 96] Babeu T,Ghita E, Logistica industrială –curs-,UPT 1996
- [Bar 00] Barabas T,Referat nr. 1,2,3,Integrarea informationala a robotilor industriali UPT 2000;
- [BCDG00] But A,Carlan D,Dragomir R,Gal L:CNC Hole machine tool, -al IV-lea Simpozion International CERCETAREA MULTIDISCIPLINARA REGIONALA Timisoara 2000;
- [BPDCL] But A,Pop M,Dragomir R,Carlan D,Luminosu I,The contributions about the position determination of main arbor under the action of different disturbing factors, 10th International Exhibition for Casting and Casting Technologies,Nitra 2004;
- [BPDV 00] But A, Pop M, Dragomir Radu, Vesseleny T; Precizia de pozitionare a sistemelor de transfer la centrele de prelucrare, - al XV -lea simpozion national cu participare internationala "ROBOTICA 2000" Oradea 2000;
- [Buz 81] Buzila S. : Tehnologia formarii. Ed. Didactica si pedagogica, Bucuresti, 1981;
- [Chi 80] Chira I., Sofroni L., Brabie V. : Procedee speciale de turnare. Ed. Pedagogica, Bucuresti, 1980;
- [Cos 80] Cosneanu C. : Vida M. : Turnarea in forme ceramice Ed. Tehnica, Bucuresti,1980;
- [Coj 86] Cojocaru G. ; Kovacs Fr. : Roboti in actiune. Probleme ale sintezei sistemelor de fabricatie flexibile. Ed. Facla, Timisoara, 1986;
- [Coj 85] Cojocaru G. ; Kovacs Fr. : Roboti in actiune. Sistemele flexibile si fabricatia in serie. Ed. Facla, Timisoara, 1985;

- [CDP 88] Crisan I,Draganoiu Gh.,Predoi; Sisteme flexibile de montaj cu roboti si manipolatoare,Ed. Tehnica, Bucuresti 1988;
- [DR] Dragomir R; An optimization Tehnique for the Manipulation in a Pressure Casting of Flexible Manufacturing Systems,ROBOTICA & MANAGEMENT,Vol.9,no1,June,2004;
- [DB 04.1] Dragomir R., But A.; Manipulation and storage optimization structure for pressure casting of flexible manufacturing system,-10th International Exhibition for Casting and Casting Technologies,Nitra 2004;
- [DB 04.2] Dragomir R,But A.; Flexibile system of manufacturing for pressure casting, time optimisation of robot motion, ,-10th International Exhibition for Casting and Casting Technologies,Nitra 2004;
- [DB 04.3] Dragomir R.,But A.; The optimisation of a FSF unseed at pressure casting,-10th International Exhibition for Casting and Casting Technologies,Nitra 2004;
- [DB 04.4] Dragomir R, But A, ;Constructive peculiars of pressure casting materials regarding the correct functioning of flexible fabrication system,-10th International Exhibition for Casting and Casting Technologies,Nitra 2004;
- [CD 01] Carlan D, Dragomir R,;Automate system for elimination error in advance system of CNC-Kutatási és fejle sztési tanácskozás Nr 25/2001 SZIE;
- [Cio 80] Cioc D.;Hidraulică ; Ed. Did. Ped. București 1980;
- [DBP 00] Dragomir R,But A,Pop M.; Instalatie robotizata pentru lustruirea pieselor turnate, -al XV -lea simpozion national cu participare internationala "ROBOTICA 2000" Oradea 2000;
- [DCBG 00] Dragomir R., Carlan D, But A, Gal L -.; Instalatie de reglare si mentinere a temperaturii in procesul de turnare sub presiune" , -al IV- lea Simpozion International CERCETAREA MULTIDISCIPLINARA REGIONALA Timisoara 2000;

- [Dre 96] Dreuceanu M., Ioanovici I. : Masini de lucru in procese robotizate. Lito Universitatea " POLITEHNICA " Timisoara, 1996;
- [Dro 79] Drosu M., Turnatoria. Ed. Tehnica, Bucuresti, 1979;
- [Dub 80] Dubinin N. : Turnarea in forme metalice. Ed. Tehnica, Buc. 1980;
- [DCBN] Dumitrache I, Calin S, Boton C, Nitu C; Automatizari si echipamente electro-nice,EDP Bucuresti 1982
- [Elm 79] Elmaghraby S, Proiectarea sistemelor de productie, Ed.Tehnica, Bucuresti 1978;
- [Eng 81] Engelberger J. F. : Les robots industriels. Applications, Gestion, Practique. Hermes Publ., Paris, 1981;
- [Fle 90] C.A.J. Fletcher Computational Techniques for Fluid Dynamics 1- Springer-Verlag,Berlin, New York,London,Paris, Tokio,Barcelona, 1990
- [Grig 00] Grigorescu S; Optimizarea sistemelor de fabricatie flexibila pentru prelucrari prin aschiere, eroziune,Teza de doctorat,UPT 2000;
- [GuR] Günter Ropohl , Sisteme flexibile de fabricatie;
- [GF 86] Guran M,Filip G;Sisteme ierarhizate in timp real cu prelucrare distribuita a datelor,E.T. Bucuresti 1986;
- [IPMB 84] Ienciu M.,Panait N.,Moldovan P.,Buzatu M.;Elaborarea si turnarea aliajelor neferoase speciale,E.D.P. Bucuresti 1984;
- [IPMG 82] Ienciu M,Panait N.,Moldovan P.,Groza J.;Elaborarea si turnarea aliajelor neferoase,E.D.P. Bucuresti 1982;
- [Ion 82] Ionescu T ;Sisteme si echipamente pentru conducerea proceselor , EDP, Bucuresti 1982;
- [IS 85] O.Iordache O Smigelschi Ecuatiile fenomenelor de transfer de masa si caldura,Editura Tehnica Bucuresti 1985
- [IG 95] Isbasoiu E.C., .Georgescu S.C.; Mecanica fluidelor-Editura tehnica, Bucuresti 1995
- [Kov 94] Kovacs Fr., Grigorescu S., Radulescu C. : Sisteme de fabricatie flexibile, vol I si vol II. Lito UTT, 1994;

- [Kov 99] Utilizarea notiunii "conexiune cinematica" in teoria mecanismelor si robotica, Disertatie-Universitatea Tehnica Craiova 1999;
- [KTV 99] Kovacs Fr., Tusz Fr., Varga St. : Fabrica viitorului. Ed. Multimedia International, Arad, 1999;
- [Kov 82] Kovacs Fr., Cojocaru G. : Manipulatoare, roboti si aplicatiile lor industriale, Ed. Facla, Timisoara, 1982:
- [KTBT 99] Kovacs Fr., Tarca R., Blaga F., Tripe A.; Sisteme de fabricatie flexibile, Ed. Univ. Oradea 1999;
- [Kov 00] Kovacs Francisc V., Varga St., Paul V. C. : Introducere in robotica, Ed. Printech, Bucuresti, 2000;
- [Leb 83] Lebedev M., Melnikov V. : Turnarea pieselor din aliaje de aluminiu. Ed. Tehnica, Bucuresti, 1983;
- [LZC 95] Luca E., Zet G., Ciubotariu C. Mecanica fizica statistica termodinamica – Editura Stiintifica Bucuresti 1995
- [Mei 98] Meinadier J.P.; Inginerie et integration des systemés, Ed. Hermes, Paris 1998;
- [Mitr 70] Mitrofanov A.; Tehnologia de grup, Ed. Tehnica 1970;
- [PIR 80] Penescu I, Ionescu V, Rosinger E; Procese Optimale, Ed. Academiei RSR, Bucuresti, 1980;
- [Pro 80] Prosianik V. Babriakov I. : Executarea miezurilor de turnatorie. Ed. Tehnica, Bucuresti, 1980;
- [Raa 81] Raab Horst H. : Handbuch Industrieroboter., Friedr. Vieweg & Sohn., 1981;
- [SC 77] Savii G, Cojocaru G; Flexibilitatea in fabricatia de masini, Ed. Facla, 1977
- [Sch 84] Schraft R. D. ; Industrierobotertechnik, Kontakt & Studium Band 115, 1984;
- [Sof 80] Sofroni L., Brabie V., Bratu C.; Bazele teoretice ale turnarii, E.D.P., Bucuresti 1980
- [SVZ 81] Sontea S., Vladoi M., Zaharia N.; Metale si aliaje neferoase de turnatorie, Scrisul Romanesc Craiova , 1981;

- [Teo 78] Teodorescu A. L., Gagiu Gh. ; Turnarea cu modele fizibile. Ed. Tehnica, Bucuresti, 1978;
- [Tru 77] Trusculescu M.; Studiul metalelor, E.D.P. Bucuresti,1977;
- [Vlă 80] Vlădea I; Tratat de termodinamică tehnică și de transmiterea căldurii;Ed. Did. Ped. București 1980;
- * * * Actionari hidraulice. Catalog Electrotermometria Pascani;
- * * * AUTOTEX MACHINERY CO. LTD, oferta 2002;
- * * * Catalog BOHLER,Austria 2001;
- * * * Catalog HASCO,Austria 2004;
- * * * Catalog HUTTENES – ALBERTUS GERMANY 2003;
- * * * Catalog KRAUTZBERGER GmbH GERMANY 2002;
- * * * Constructia de masini, nr. 10 – 11 – 12. Bucuresti, 1990;
- * * * Hanbook of industrial robotics, Nof. Schimon Krieger Publising.
Cxompany, Malabor Florida, 1992;
- * * * Robotica vol 4 ROB 4, Ministerul Industriei, 1986;
- * * * Solutions de ghauffage electrique refroidissement mesure et regulation de temperature pour l' industrie, catalogue – vulcanic 2001, France;