

MINISTERUL EDUCATIEI SI INVATAMINTULUI
INSTITUTUL POLITEHNIC „TRAIAN VUIA” TIMISOARA
FACULTATEA DE MECANICA

ing. GHEORGHE ALBU

CONTRIBUTII LA STUDIUL OPTIMIZARII PRELUCRARI
PIESELOR DE TIP CARCASA PE MASINI SI LINII TRANSFER.

TEZA DE DOCTORAT.

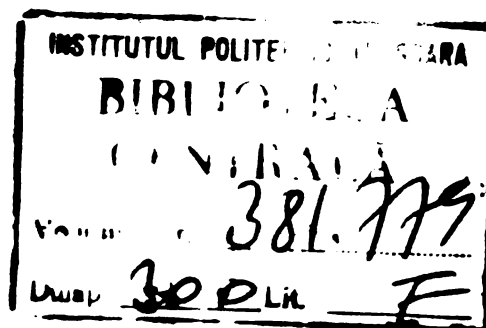
CONDUCATOR STIINTIFIC:

Prof. ea. dr. ing. GHEORGHE SAVII

BIBLIOTECA CENTRALĂ
UNIVERSITATEA „POLITEHNICA”
TIMIȘOARA

TIMIȘOARA

1980



C U P R I N S

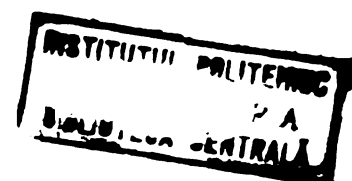
	pagina
1. Introducere	1
2. Statistici și prognoze privind dezvoltarea fabricației de mașini electrice	3
2.1. Generalități	3
2.2. Prognoza internațională în domeniul mașinilor electrice rotative	5
2.3. Prognoza națională în domeniul fabricației mașinilor electrice	9
2.4. Concluzii parțiale	13
3. Considerații generale despre carcasele de motoare electrice	16
3.1. Considerații privind construcția motorului electric asincron	16
3.2. Materiale și modal de elaborare a semifabrica- telor.	19
3.3. Considerații privind construcția carcasei din fontă	25
3.4. Concluzii parțiale	30
4. Stadiul actual privind tehnologiile și mașinile utili- zate la prelucrarea carcaselor de motoare electrice . .	31
4.1. Linii și mașini transfer	31
4.1.1. Linii transfer	31
4.1.2. Mașini Transfer	33
4.2. Variante tehnologice de prelucrare a carcasa- lor pe mașini transfer	35
4.2.1. Varianta „Mauser”	35
4.2.2. Varianta „Csepel” pentru motoare de 0,8-10 Kw	39
4.2.3. Linie automatizată model CSz2	43
4.2.4. Varianta „Stankoimport”	44
4.2.4.1. Mașină transfer nodal 3.A.224	44
4.2.4.2. Mașini cu transfer liniar model 1 i 110	46

4.2.5.	Varianta „Burkhardt și Weber”	49
4.2.6.	Varianta „Mauser Scheerer” cu două mașini transfer cu masă indexată.	50
4.2.6.1.	Mașini transfer cu trei posturi de lucru	52
4.2.6.2.	Mașini transfer cu patru posturi de lucru	52
4.2.7.	Varianta „Mauser Scheerer” cu trei ma- șini transfer cu masă indexată.	54
4.2.7.1.	Mașină transfer cu două posturi de lucru	55
4.2.7.2.	Mașină transfer cu trei pos- turi de lucru	56
4.2.7.3.	Mașină transfer cu patru posturi de lucru.	56
4.2.8.	Varianta „Fritz-Werner” cu trei mașini transfer cu masă indexată	57
4.2.8.1.	Mașină transfer cu șase posturi de lucru	58
4.2.8.2.	Mașină transfer cu șase posturi de lucru	60
4.2.8.3.	Mașini transfer cu patru posturi de lucru	60
4.2.9.	Varianta „Fritz-Werner” cu o mașină trans- fer cu masă indexată și o mașină cu transfer liniar	63
4.2.9.1.	Mașină transfer cu cinci pos- turi de lucru	63
4.2.9.1.	Mașină cu transfer liniar cu 11 posturi de lucru	65
4.3.	Concluzii porțiile	67
5.	Metode matematice de optimizarea prelucrării și calcule tehnic-economic de proiectare	70
5.1.	Modelarea unui sistem tehnologic	70
5.2.	Expresia funcției obiectiv pentru diverse cazuri particulare	72
5.2.1.	Elementele timpului pe piesă.	72
5.2.2.	Elementele prețului de cost al operației.	75
5.3.	Funcțiile de limitare	80

5.4. Metoda clasică de determinare a valorilor elementelor regimului de aşchiere	80
5.5. Metoda programării liniare de determinare a valorilor elementelor regimului de aşchiere . . .	81
5.5.1. În condiţiile durabilităţii impuse, la o singură trecere	83
5.5.2. În condiţiile durabilităţii impuse la mai multe treceri.	86
5.5.3. În condiţiile când durabilitatea nu este impusă, la o singură trecere. . . .	87
5.5.4. În condiţiile când durabilitatea nu este impusă, la mai multe treceri	90
5.6. Metoda analitică de determinare a valorilor elementelor regimului de aşchiere	92
5.6.1. Expunere generală	92
5.6.1.1. Cazul când numărul necunoscutelor este egal cu numărul relaţiilor de limitare	92
5.6.1.2. Cazul când numărul necunoscutelor este mai mare decât numărul relaţiilor de limitare .	93
5.6.1.3. Cazul când numărul necunoscutelor este mai mic decât numărul relaţiilor de limitare . .	94
5.6.2. Modele matematice particulare	96
5.6.2.1. În condiţiile durabilităţii impuse la o singură trecere. .	96
5.6.2.2. În condiţiile durabilităţii impuse, la mai multe treceri. .	98
5.6.2.3. În condiţiile când durabilitatea nu este impusă la o singură trecere	99
5.6.2.4. În condiţiile când durabilitatea nu este impusă la mai multe treceri	100
5.7. Metoda grafoanalitică de determinare a valorilor elementelor regimului de aşchiere	101
5.7.1. La prelucrarea dintr-o singură trecere .	102
5.7.2. La prelucrarea din mai multe treceri . .	104
5.8. Concluzii parţiale	106

6. Proiectarea și realizarea unei mașini transfer pentru prelucrarea simultană a umerilor de fixare scuturi și a locașurilor de bobină la carcasele din fontă a motoarelor electrice	108
6.1. Factorii care impun proiectarea unei mașini transfer	108
6.2. Schema de prelucrare aleasă.	110
6.3. Proiectarea și realizarea unui cap multi cuțit pentru strunjirea simultană a suprafețelor exterioare, frontale și interioare pentru prelucrarea de grup	113
6.4. Proiectarea și realizarea dispozitivului de centrare și fixare a obiectului prelucrării	116
6.5. Stabilirea ciclului de funcționare și compunerea mașinii unelte transfer	121
6.6. Dispozitive și accesorii ale mașinii transfer.	123
6.7. Instalația de comandă și acționare electrică și hidraulică	126
6.8. Concluzii parțiale	129
7. Studiul optimizării prelucrării carcaselor motoarelor electrice pe mașina transfer experimentală.	131
7.1. Metoda analitică generală de determinare a numărului de cuțite pentru un cap de strunjire multicuțit destinat prelucrării dintr-o singură trecere în condițiile durabilității impuse	131
7.2. Metodă de calcul simplificat pentru determinarea numărului de cuțite pentru un cap multicuțit la o concentrare de ordinal I	133
7.3. Calculul numărului de cuțite pentru un cap multicuțit destinat prelucrării carcaselor motoarelor electrice gabarit 160-200.	134
7.4. Metoda grafică de calcul pentru determinarea numărului de cuțite pentru un cap multicuțit la o concentrare de ordinal I	135
7.5. Coeficienți de corecție stabiliți pe baza experimentărilor	139
7.6. Modelul matematic pentru determinarea valorilor elementelor regimului de aşchiere, la prelucrarea prin strunjire dintr-o singură trecere, având o concentrare a operațiilor de ordinal I și o prelucrare de grup, în condițiile durabilității impuse	140

7.7. Determinarea valorilor optime ale elementelor regimului de aşchiere pentru prelucrarea simul- tană a unerilor pentru fixare scuturi şi locaş bobine la carcassele motoarelor electrice gaba- rit 160-180-200	147
7.8. Metodă analitică de determinare a optinului la un sistem liniar.	165
7.9. Concluzii parţiale	168
8. Aplicarea industrială a cercetării tehnologice	169
8.1. Generalităţi	169
8.2. Structura unei centrale de date	171
8.2.1. Cartela de prelucrabilitate.	171
8.2.2. Construcţia modelului	171
8.2.3. Optimizarea	171
8.3. Precizia datelor folosite	172
8.4. Concluzii parţiale	173
9. Concluzii finale	175
10. Bibliografie	177



INTRODUCERE

Producția de bunuri materiale, cunoaște un permanent proces de transformări calitative și cantitative, atât din punct de vedere al structurii organizatorice, cât și din cel al tehnologiilor aplicate, în condițiile, evoluției demografice actuale, a cerințelor mereu crescînde a gradului de civilizație, a afirmării, cu intensitate a revoluției tehnico-științifice.

În domeniul construcției de mașini și aparate, prin standardizarea, normalizarea și tipizarea elementelor, utilizarea tehnologiilor în grup, introducerea organizării în flux, a permis să se obțină o producție, care se apropie cât mai mult de caracterul unei producții de serie mare - chiar și pentru fabricația unor produse unice, de serie mică sau mijlocie -, promovarea largă a mecanizării complexe, automatizării și cibernetizării. Odată cu creșterea nivelului tehnic al mașinilor și aparatelor apare cerința unei mai largi diversificări, trecerea mai frecventă de la realizarea unui tip de produs la altul, ceea ce presupune o mai mare flexibilitate în întregu desfigurare a procesului de fabricație.

Aceste transformări calitative și cantitative în funcționalitatea sistemului industrial au loc în condițiile asigurării unei eficiențe tehnico-economice activității productive.

Obiectivul fundamental al unei cercetări pozitive, este ca prin contribuții teoretice sau experimentale, să constituie microelemente ale progresului științei și tehnicii, care să se integreze în imediată dezvoltare a cunoașterii contemporane.

Pentru atingerea acestui obiectiv, cu posibilitățile modeste ale unui individ, a fost abordat un domeniu restrîns în raport cu dimensiunile cunoașterii și anume tehnologia prelucrării pieselor de tip carcasi pe mașini și utilaje de mare productivitate.

Deși pentru compunerea și construirea mașinilor unelte de mare productivitate-mașini și linii transfer - literatura de specialitate furnizează suficiente date concrete, pentru proiectarea tehnologiei de prelucrare numeroase aspecte sînt rezolvate parțial sau nerezolvate permițînd specialiștilor (proiectanți, tehnologi) să introducă erori de natură subiectivă.

Definitivarea ansamblului de obiective de atins, precum și a sacrificiului la care trebuie conștient pentru realizarea lui, este determinată de decizii (implicînd alegerea conștientă a uneia dintre mai multe soluții posibile) care în contextual exploziei informaționale

le prezente implică substituirea binomului „experiență-intuiție” cu dipticul „informație-raționament”.

Preluând critic recomandările bibliografiei de specialitate, pornind de la particular la general, s-a urmărit conceperea unor modele matematice care să permită determinarea valorii optime a elementelor regimului de așchiere la prelucrarea pe mașini și linii transfer, condiție de bază a creșterii productivității muncii și a eficienței tehnico-economice, deziderate ale oricărei activități economice.

Particularizând, pentru concentrarea de ordinal I și II a operațiilor în condițiile cînd iurabilitatea este sau nu este impasivă la prelucrarea dintr-o singură sau mai multe treceri s-a urmărit stabilirea unor metode de rezolvare rapide, ușor accesibile, a modelelor matematice stabilite.

Pentru a răspunde comendamentelor social-economice actuale ne-am propus ca - în particular - cercetirile să se refere la prelucrarea corcodelor de motoare electrice fabricate la Întreprinderea Electromotor Timișoara, unde autorul a lucrat în primii zece ani de activitate inginerescă.

Adoptînd o metodă de cercetare care în unele cazuri pornește de la teoretic la experiment, iar în altele cazuri, invers, s-a urmărit realizarea unei mașini transfer, care să rezolve prelucrarea simultană a umerilor de fixare a scutarilor și a locșurilor de bobină, adoptarea unor soluții originale, brevetabile, privind sculele și dispozitivele folosite, care să permită eliminarea importurilor.

Totodată s-a avut în vedere verificarea modelelor matematice și a metodelor de rezolvare stabilite, pentru regimul de prelucrare folosit pe această mașină transfer.

Valorificarea eficientă a cercetării tehnologice în aplicația industrială este o problemă strîngantă care poate fi optimizată în condițiile integrării învățămîntului cu cercetarea și producția.

Autorul mulțumește pe aceste cile conducătorului științific profesor emerit dr.ing. Gheorghe Sevi pentru îndrumarea permanentă, și sprijinul acordat, tuturor celor care l-au sprijinit într-o formă sau alta în realizarea tezei.

2. STATISTICI SI PROGNOZE PRIVIND DEZVOLTAREA FABRICATIEI DE MASINI ELECTRICE

2.1. Generalități

Statisticile întocmite pînă în prezent, precum și prognozele realizate pe baza acestora, permit să se aprecieze că pînă în anul 2000 populația terrei se va dubla, atîngînd impresionante cifră de 7 miliarde de locuitori. Dacă avem în vedere că necesarul de bunuri de consum crește mai repede decît creșterea normală a populației se poate aprecia că, în aceeași perioadă, mijloacele de producție necesare asigurării acestor bunuri de consum, vor crește de 3 pînă la 5 ori. [120]

O asemenea prognoză, privind dezvoltarea probabilă a populației globale, a necesarului de mijloace de producție și a producției mondiale de energie electrică - principala formă de energie utilizată în industrie - înfîlțită în bibliografia statistică este redată sub forma unei diagrame în figura 2.1.

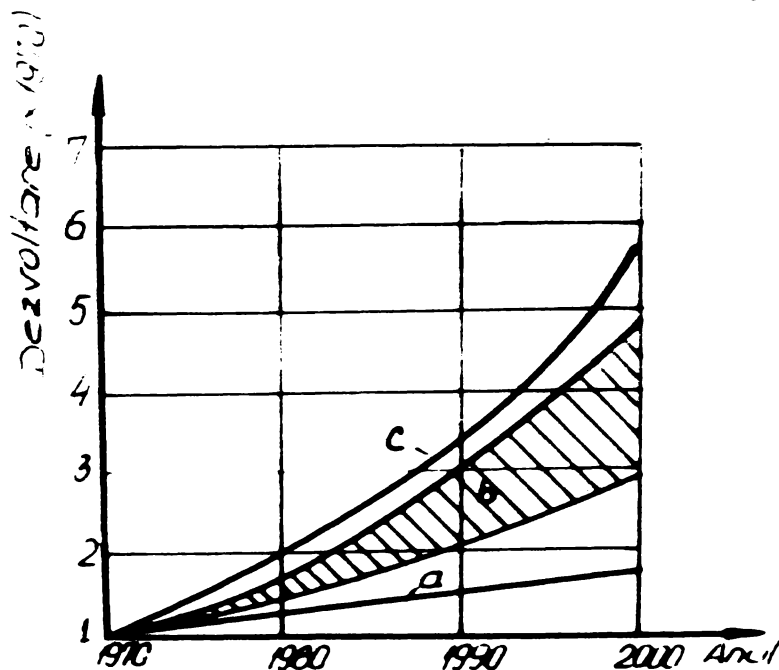


Fig. 2.1. Dezvoltarea probabilă a populației globale, a necesarului de mijloace de producție și a producției mondiale de energie electrică.

- a - populația globală
- b - mijloacele de producție
- c - producția mondială de energie electrică.

România este considerată de statisticile internaționale ca fiind țara cu una dintre cele mai dinamice economii din lume. Industrializarea socialistă - mijloc fundamental de valo-

rificarea rațională a resurselor naturale și umane de care dispune țara noastră a permis dezvoltarea ramurilor producătoare de mijloace de producție într-un ritm rapid.

În tabelul 2.1. sînt prezentate realizările la indicatorii de bază ai dezvoltării economiei naționale pe perioada 1976-1980.

Tabelul 2.1.

Nr. crt.	Ritmul mediu anual pe perioada 1976-1980	
	Directivile Congresului al XI-lea	Preliminări pe 5 ani
1. Producția globală industrială	9-10	11
2. Investițiile totale în economia națională - miliarde lei -	920-960	circa 970
3. Volumul comerțului exterior	11,5-12,5	15
4. Productivitatea muncii	6,7- 7,2	8,8

Volumul producției industriale, se prelucinează să crească pe întregul cincinal cu 70 la sută, într-un ritm mediu anual de 11 la sută, superior prevederilor inițiale. Un ritm mai dinamic au cunoscut construcțiile de mașini - de peste 13 la sută - precum și industria bunurilor de consum, care va înregistra o creștere de 60 la sută pe întregul cincinal. Concomitent, s-a intensificat procesul de înnoire și modernizare a producției industriale, produsele noi și re proiectate introduse în fabricație în perioada 1976-1980, - circa 10000 de mașini, utilaje și instalații, precum și 5500 noi materiale și bunuri de consum - va reprezenta 44 la sută din valoarea producției industriale a anului 1980. [1]

Sporirea venitului național într-un ritm mediu anual superior ritmului de creștere a produsului social - tabelul 2.2. - astfel ca în anul 1985 venitul național pe locuitor va fi de 34600-35900 lei, va permite României, să treacă în rîndul țărilor cu nivel mediu de dezvoltare economică. [2]

Tabelul 2.2.

	Prevederi 1985 față de plan 1980	Ritm mediu anual 1981-1985
Produsul social	133,5-137,5%	6,0-6,6%
Venitul național	138,0-143,0%	6,7-7,4%

În cincinelul 1981-1985, circa 80% din sporul venitului național se va realiza pe seama creșterii productivității muncii

sociale, în condițiile ridicării nivelului tehnico și calitativ al producției materiale, afirmării cu intensitate a revoluției tehnico-științifice, promovirii largi a mecanizării complexe, automatizării și cibernetizării producției, într-un ritm mediu anual de 7,0-7,5%.

Pe baza celor arătate mai sus, se poate aprecia că ritmul de creștere a mijloacelor de producție, pe plan mondial, va fi de 3 pînă la 5 ori, țara noastră, cîntînd să atingă și să depășească limita maximă a prognozei.

2.2. Prognoza internațională în domeniul mașinilor electrice rotative.

În cele ce urmează, avînd în vedere temă de cercetare aleasă, ne vom ocupa mai amănunțit de previziunile privind fabricația mașinilor electrice rotative.

O clasificare a mașinilor electrice rotative în funcție de domeniile de utilizare este arătată în Tabelul 2.3. [92]

Tabelul 2.3.

Grupa de produse	Familia	Domenii principale de utilizare (tipuri reprezentative)
Mașini electrice sub 0,75kW (rotative sau liniare)	1 micromotoare (sub 10 W)	2 -casnice sau semiindustriale (jucării, ceasuri, etc.) -automatizări -tehnica informațională (audio, video, calculatoare, etc.)
	motoare fracționare	-industriale (elemente de acționare în automatizări) -semiindustriale (mașini unelte de mîni tehnice de calcul, înregistrare, etc.) -bunuri de larg consum -transporturi (auto, C.F.R., aero, navale)
Mașini electrice peste 0,75kW (rotative sau liniare)	Mașini de uz general (standard) Mașini electrice derivate	-Serii unitare de mașini de c.a. și c.c. de joasă frecvență și înaltă frecvență.
	Mașini electrice speciale	condiții speciale a) mediu (micro și microclimat) b) utilizare în domenii industriale
	Mașini electrice pentru transporturi terestre	cu alimentare de la: a). rețea b). motor primar cu combustie internă c). de la baterie -diverse

0	1	2
Grupuri electrogene	Grupuri electrogene cu motor electric	- grupuri convertitoare de frecvență - grupuri de c.c. (alimentare, sudură)
	Grupuri electrogene cu motor termic	- grupuri de alimentare c.c. sau c.a. - grupuri de sudură

Evoluția producției valorice de mașini electrice rotative (motoare și generatoare) a principalelor țări capitaliste dezvoltate, în perioada 1970-1978 în milioane dolari este redată în tabelul 2.4. [136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143]

Evoluția producției de motoare electrice de curent alternativ în țările socialiste membre ale O.A.E.R. în perioada 1970-1977 este redată în tabelul 2.5. [144, 145]

Prognoza internațională în domeniul mașinilor electrice rotative are în vedere următoarele aspecte generale:

a) dezvoltarea civilizației fiind legată direct de dezvoltarea tehnicii, este necesară o cantitate mereu crescândă de energie, (civilizația de gradul I, are un consum de cca $4 \cdot 10^{12}$ W), țările cu o economie dezvoltată având prevăzut un necesar de energie care se dublează la fiecare 7 ani până în anul 2000.

b) necesarul de energie, determină căutarea de noi surse de energie primară - actualele surse clasice neputând asigura necesarul previzibil și nici creșterea preziselor de trecere la un grad superior de civilizație: II, III -, dar datorită avantajelor pe care le prezintă, se admite astăzi că energia electrică va fi, cel puțin într-un viitor apropiat, energia de bază. Această prognoză prezintă un grad de certitudine mai mare decât se referă la utilizarea ei, ca sursă de energie pentru elementele de activizare în scopuri industriale și casnice.

c) ritmul intens de creștere a industrializării conduce la concluzia că elementele de acționare respectiv mașinile electrice vor cunoaște o dezvoltare corespunzătoare.

Paralel cu dezvoltarea cantitativă a mașinilor electrice se prevede și o dezvoltare calitativă caracterizată în principiu pe:

1. soluții constructive care să rezolve unele probleme de bază ca:

Tabelul 2.4.

No. ord.	Tara	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	Ritm mediu anual in %
1.	S.U.A.	2.478	2.433	2.636	2.730	2.933	3.125	3.250	4.175	4.590	8%
2.	R.P. Germania	737	861	974	1.374	1.574	1.688	1.648	1.913	2.315	15,4%
3.	Japonia	700	670	780	810	845	871	958	1.100	1.254	7,5%
4.	Anglia	335	376	453	543	599	662	720	860	1.027	15%
5.	Franta	250	270	350	439	490	587	650	785	946	18,1%
6.	Italia	107	110	112	115	116	117	120	145	175	6,3%
TOTAL:		4.607	4.730	5.305	6.011	6.553	6.950	7.346	8.978	10.309	10,6%

Tabelul 2.5.

Modificari in %
1977/1970

A. Motoare cu puterea cuprinsa intre 0,25 si 100 KW.

	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	
1. R.R. Bulgaria	679,8	584,9	706,3	773,8	793,4	841,2	880,6	1.072,9	+57,8%
2. R.S. Cehoslovacia	854,6	988,3	1.014,0	1.076,1	1.153,4	1.177,6	1.161,3	1.226,2	+43,5%
3. R.D. Germania	1939,5	2.062,6	2.394,9	2.580,8	2.760,0	2.806,0	2.747,7	2.983,6	+53,8%
4. R.P. Polonia	665,6	706,4	875,8	925,7	1.126,9	1.579,8	1.276,2	1.236,9	+85,8%
5. R.S. Romaniaa	435,2	536,2	583,0	706,5	796,3	341,0	...	...	-
6. R.P. Ungaria	443,3	490,9	569,6	463,7	622,0	715,2	570,6	764,0	+75,6%
7. U.R.S.S.	6.151,2	6.709,5	7.210,5	7.585,6	7.964,4	8.436,7	8.963,4	9.341,2	+51,9%
TOTAL:	11.169,2	12.238,8	13.356,6	14.112,2	15.182,4	16.397,5	15.598,8	18.624,8	+48,8%

B. Motoare cu puterea peste 100 KW

1. R.P. Bulgaria	3,1	2,2	3,3	3,1	4,0	3,9	4,0	4,7	+51,6%
2. R.S. Cehoslovacia	1,4	2,3	2,4	2,5	2,9	2,6	2,7	2,7	+92,9%
3. R.J. Germania	1,0	0,8	1,0	2,0	2,5	2,2	1,1	1,2	+20,0%
4. R.P. Polonia	2,3	2,4	2,8	3,1	3,1	3,4	3,6	3,7	+60,9%
5. R.S. Romaniaa	1,4	1,8	2,7	3,0	3,6	5,0	...	...	-
6. R.P. Ungaria	0,5	0,5	0,5	0,7	0,6	0,4	0,6	0,8	+60,0%
7. U.R.S.S.	28,0	28,2	30,7	31,6	33,5	33,5	37,8	38,5	+37,5%
TOTAL:	37,7	38,9	43,4	46,0	50,2	53,0	49,8	51,6	+36,9

a) motoare la curent alternativ cu puterea pînă la 160 KW.
b) motoare de curent alternativ cu puterea peste 160 KW.

- a. obținerea directă a mișcării rectilinii - motoare liniare care ar înlocui circa 50% din motoarele asincrone utilizate astăzi.
 - b. rezolvarea reglajului de viteză la motoarele asincrone, care ar înlocui în mare măsură acționările în curent continuu.
 - c. realizarea unor soluții cu consum redus de materiale, concomitent cu introducerea de noi materiale electroizolante și reducerea consumului de energie.
2. soluții tehnologice care să rezolve:
- a. fabricarea în serie mare a mașinilor electrice în condiții de automatizare ovasitotale.
 - b. introducerea tehnicii noi, având în vedere că astăzi, durata maximă de utilizare optimă a unei tehnologii, în industria constructoare de mașini nu depășește 12 ani.
3. intensificarea cercetării.

Informativ putem arăta că pentru U.S.A. considerând producția anului 1957 de 100%, în anul 1972 de 248%, pentru anul 1982 se prevede o producție de 435%.

2.3. Prognoza națională în domeniul fabricației mașinilor electrice

Pe plan național, studii privind dezvoltarea fabricației mașinilor electrice, au fost întocmite de Electrouzinproiect București, - Institutul specializat de proiectare pentru industria electrotehnicii și Centrula industrială de motoare și materiale electrotehnice București.

La elaborarea prognozelor s-a ținut de următorii parametrii specifici:

- a. destinația producției
- b. caracteristica dezvoltării
- c. baza materială
- d. nivelul calitativ al producției.

După ONU, dezvoltarea cantitativă, corespunzătoare unei producții de serie mare și de masă, cu realizarea unui sortiment mai puțin larg, necesită asigurarea unei piețe de desfacere forme și a materiilor prime. Dezvoltarea calitativă, organizată pe produse de serie medie și mijlocie, profilată pe fabricarea mașinilor speciale sau la comandă, se recomandă țărilor care nu au asigurate piețe de desfacere și materii prime.

Nivelul calitativ al producției influențează posibilitățile de desfacere și în mod indirect influențează nivelul cantitativ al producției. Obținerea unui nivel calitativ comparabil cu

cel internațional, nu poate fi însă acceptat, decât în condiții economice comparabile, obținerea nivelului calitativ cu orice preț nefiind admisibilă. La aprecierea nivelului calitativ se are în vedere în special fiabilitatea, care în prezent are două tendințe:

- europeană, care pune accentul în mod special asupra calității
- U.S.A., care pune accent pe economicitatea produsului, astfel că permite înlocuirea produsului cu unul mereu nou.

Considerentele de mai sus au stat la baza prognozelor elaborate de E.U.P. și CILEK, pe care le redăm sub formă tabelară mai jos.

Prognoza E.U.P. Tabelul 2.6.

A n u l	1970	1975	1980	1975/1970	1980/1975
Producția MW	2749,2	6499	12940	2,36	2

Prognoza CILEK Tabelul 2.7.

A n u l	1970	1975	1980
Producția MW.	2749,2	6135,8	10462,4
	%	100%	290%
			465%

O statistică privind exportul de motoare electrice, în perioada 1970-1978 pe piața internațională este arătată în Tabelul 28.-29. [136,137,138,139,140,141,142,143,144,145]

În ultimii ani se constată că țări puternic dezvoltate industrial, cu tradiții în fabricația motoarelor electrice ca: R.F.G., U.S.A., Anglia, Franța, Italia, și-au consolidat poziția pe piața mondială. În același timp se poate observa că nivelul importului a crescut mai rapid decât exportul, ceea ce presupune și o anumită specializare în fabricația fiecărei țări.

În ceea ce privește țara noastră, volumul exportului în perioada 1970-1977 este arătată în Tabelul 29.

Tabelul 2.8.

Nr. T a r a	Anii 1971-1977							1978	Ritm mediu anual
	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977		
1. S.U.A.	51.381	72.025	105.089	142.100	147.653	154.980	154.980	17,1 %	
2. Japonia	46.887	78.413	107.427	120.198	137.479	150.198	151.340	18,2 %	
3. Statele comuniste	290.160	469.605	691.770	715.598	722.450	678.169	821.953	16,0 %	
4. R.D.Germania	173.115	263.023	348.529	354.212	363.500	340.054	359.124	14,9 %	
5. Franța	51.206	103.739	127.362	148.312	161.320	174.485	188.365	20 %	
6. Italia	27.008	39.986	51.749	60.304	68.700	70.791	75.619	16 %	
7. Anglia	46.500	54.916	62.228	68.673	72.687	78.845	78.845	7,8 %	
TOTAL:	434.928	674.959	904.286	1.014.748	963.301	1.108.273	1.108.273	14,3 %	

Tabelul 2.9.

Nr. T a r a	Anii 1970-1977							1977	Modificari + 1977/1970
	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976		
1. R.P.Bulgaria	358,1	320,9	526,8	590,3	682,1	791,8	895,2	24,2	+150,0
2. R.S.Cehoslovacia	221,6	294,8	304,2	436,2	580,9	582,5	799,4	21,6	+260,7
3. R.D.Germania	530,7	429,7	534,5	589,7	615,3	579,8	646,2	17,4	+ 21,8
4. R.P.Polonia	126,5	191,7	305,2	430,9	725,3	616,5	527,5	14,2	+317,0
5. R.S.România	135,7	...	...	...	292,0	373,2	447,5	12,1	+229,8
6. R.P.Ungaria	210,7	194,0	263,7	85,7	101,1	93,9	181,2	4,9	- 14,0
7. U.R.S.S.	63,1	67,4	115,8	133,9	148,9	185,9	207,2	5,6	+228,4
TOTAL JABR:	1.646,4	...	...	...	3.145,6	3.170,0	3.704,2	100,0	+ 125

Pentru o orientare cât mai precisă privind dezvoltarea fabricației de motoare electrice asincrone (seria unitară și derivate) CIMM indică și structura planului pe gabarite, pînă în anul 1985.

În tabelul 2.10 redăm informativ structura fabricației de motoare electrice asincrone pentru anii 1970 și 1975.

Din cele două variante, prognoza elaborată de C.I.I.N.E. pare să fie mai riguroasă. Ea se bazează pe o experiență înalțată în proiectarea, fabricația și desfacerea motoarelor electrice, precum și în domeniul asigurării cu materii prime.

Nivelul producției va crește în anul 1980 de 4,65 ori față de 1970. Dacă ne referim la gabaritele 160, 180, 200, gabarite reprezentative, de la 50.000 buc. în anul 1970, producția anului 1975 a fost de 100.000 buc., iar în anul 1980 va fi de aproximativ 200.000 - 220.000 bucăți.

2.4. Concluzii parțiale

1. Studiile de prognoză făcute pînă în prezent pe plan mondial, arată că producția mijloacelor de producție în general va cunoaște o dezvoltare cantitativă, astfel că în anul 2000 aceasta va fi de 3 pînă la 5 ori mai mare comparativ cu anul 1970.

2. România - considerată de statisticile internaționale ca fiind țară cu cele mai dinamice economii din lume - prin politica sa economică, prevede o dezvoltare cantitativă a producției mijloacelor de producție care să atingă și să depășească limita maximă a prognozelor internaționale.

3. În particular, statisticile și studiile de prognoză întocmite, privind fabricația mașinilor electrice, pe plan mondial, evidențiază următoarele tendințe:

- dezvoltarea civilizației presupune un necesar de energie care se dublează la fiecare 7 ani; numai în acest mod se pot crea premisele trecerii de la civilizația de gradul I la civilizația de gradul II și III.
- energia electrică este și va fi, cel puțin pentru perioada studiată, sursa de energie principală pentru elementele de acționare în scopuri industriale și casnice.
- dezvoltarea industrializării conduce la concluzia că elementele de acționare respectiv mașinile electrice vor cunoaște o dezvoltare corespunzătoare.

- dezvoltarea fabricației mașinilor electrice are două tendințe principale: de scădere a puterii mașinilor electrice deci de schimbare a structurii producției în favoarea mașinilor cu putere mică și de a se înlocui circa 50% din mașinile electrice, în particular motoare electrice asincrone, cu motoare liniare.
- țările cu tradiție în fabricarea mașinilor electrice: U.S.A., Japonia, R.F.G., Anglia, Franța, Italia, în anul 1979 și-au dublat producția față de 1969, pe viitor intenționând să accentueze dezvoltarea cantitativă a fabricației. Spre exemplificare U.S.A. pentru anul 1982 prevede o producție de două ori mai mare ca cea a anului 1972.
- paralel cu dezvoltarea cantitativă a fabricației mașinilor electrice se prevede și o dezvoltare calitativă, bazată pe soluții constructive care să folosească materiale noi, calitativ mai bune și mai puțin costisitoare, pe soluții tehnologice care presupun automatizarea evasitotală a fabricației, pe intensificarea cercetării, etc.

4. Studiile de prognoză întocmite în țară, privind dezvoltarea fabricației mașinilor electrice scot în evidență următoarele:

- o previziune realistă nu se poate face decât dacă ținem seama de tendințele existente pe plan mondial în acest domeniu, la care se adaugă parametrii specifici și anume: asigurarea unei piețe de desfacere și asigurarea cu materii prime pe termen lung.
- peste jumătate din fabricația motoarelor electrice este destinată exportului, ceea ce presupune asigurarea unui nivel calitativ al producției comparabil cu al celorlalte țări exportatoare, fără a se face însă sacrificii economice.
- în aceste condiții, producția în MW. a anului 1980 va fi de 2 ori mai mare ca a anului 1975, urmând ca și în viitor să se mențină același ritm de dezvoltare.

5. Dezvoltarea cantitativă a fabricației, determină din punct de vedere tehnologic - organizarea fabricației pe principiile producției de serie mare și de masă, impunând creșterea corespunzătoare a productivității muncii.

6. Automatizarea proceselor de producție și concentra-
rea operațiilor - două cii principale de creștere a productivității
muncii - conduc inevitabil la utilizarea pe scară largă a
mașinilor unelte transfer.

3. CONSIDERATII GENERALE DESPRE CARCASELE DE MOTOARE ELECTRICE.

Pentru tratarea problemelor privind prelucrarea carcasei motorului electric s-a considerat necesar a se prezenta în mod succint unele caracteristici constructive și tehnologice. [23, 103, 104, 131]

3.1. Considerații privind construcția motorului electric asincron

Motorul electric asincron este cea mai răspândită mașină electrică construită pe principiul inducției electromagnetice, formată din două părți principale: partea fixă, statorul, care creează câmpul magnetic învârtitor și partea mobilă rotorul.

După modul de alimentare, motorul electric asincron poate fi trifazat, sau monofazat.

Carcasa motorului electric executată din fontă cenușie cu grafit lamelar sau aluminiu, are în interior fixat subansamblul pachet stator bobinat. Sînt însă și construcții de motoare electrice la care carcasa, este turnată sub presiune direct pe pachetul stator bobinat.

După cum se cunoaște, pachetul stator este executat din tole de tablă silicioasă fixate cu șoabe sau nituri și împreună cu bobinajul statoric executat din conductori de cupru electrolițic STAS 685-74 formează subansamblul pachet stator bobinat.

Pachetul rotor executat din același material ca și oel statoric este presat pe arbore.

După construcția rotorului, motorul electric asincron, poate fi: cu rotor în scurtcircuit (Fig.3.1.) sau cu rotor bobinat (Fig.3.2.).

Asamblarea subansamblului rotor cu subansamblul stator se realizează cu cele două scutări unul în partea de tracțiune (antrenare) și unul în partea ventilatorului - și a doi rulmenți rulioli cu bile, STAS 3041-68 . Rulmenții sînt protejați prin capace de rulment.

Un ventilator montat pe arborele motor asigură răcirea motorului electric.

Alimentarea de la rețea a motorului electric asincron, respectiv a bobinajului stator, se realizează prin intermediul subansamblului cutie de borne montat pe bosajul special prevăzut pe carcasă.

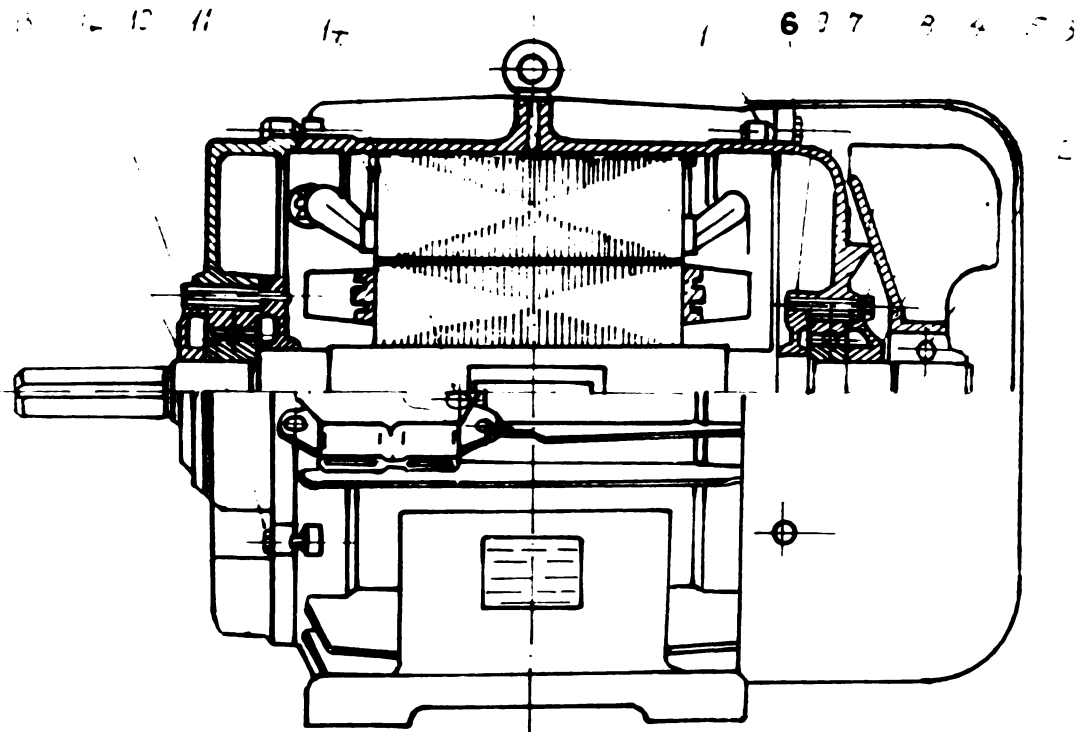


Fig. 3.1. Motor electric asincron trifazat cu rotor în scurtcircuit.

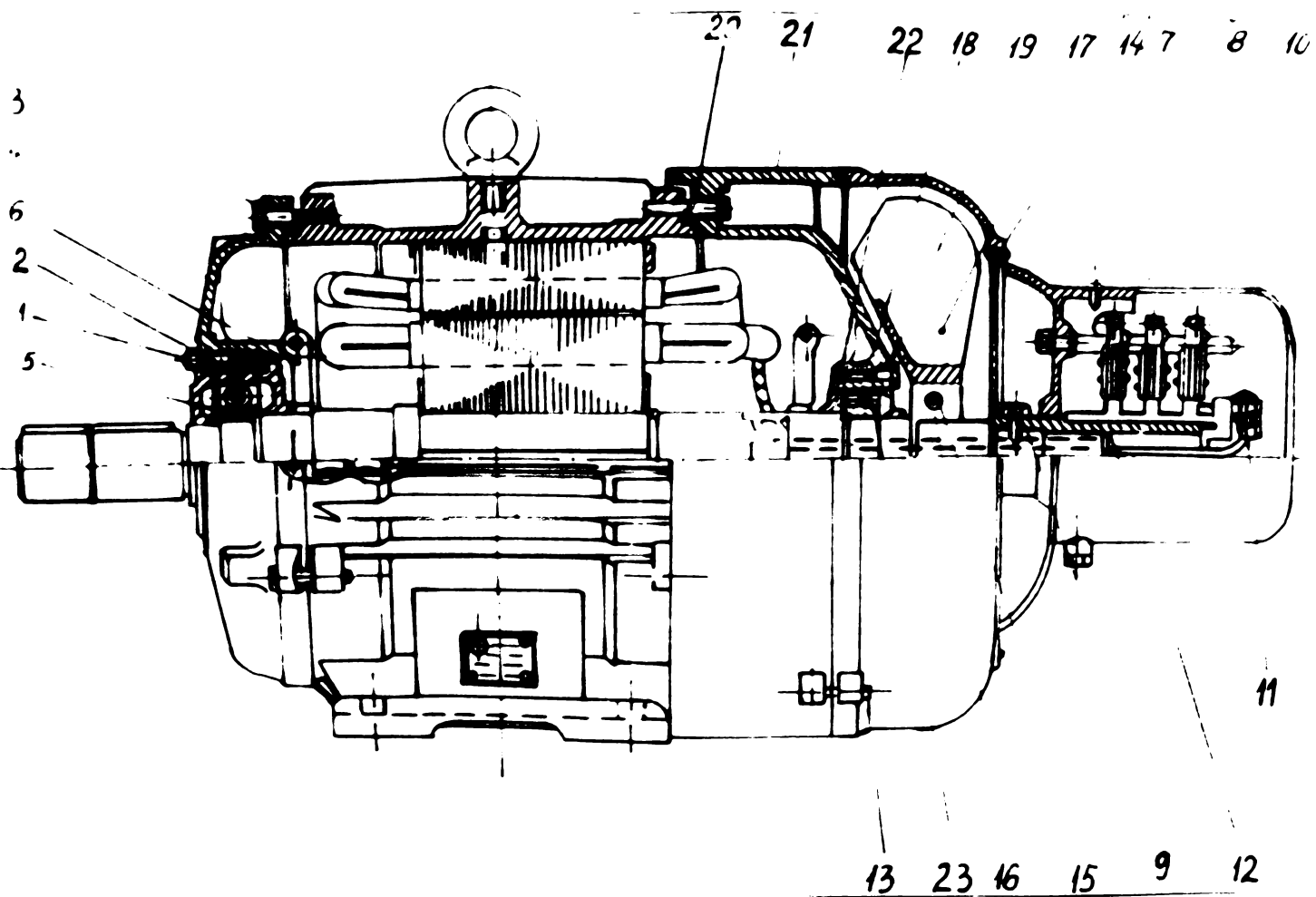


Fig. 3.2. Motor electric asincron trifazat cu rotor bobinat.

381.779
200 F

INSTITUTUL POLITEHNIC
BUCUREȘTI CENTRALĂ

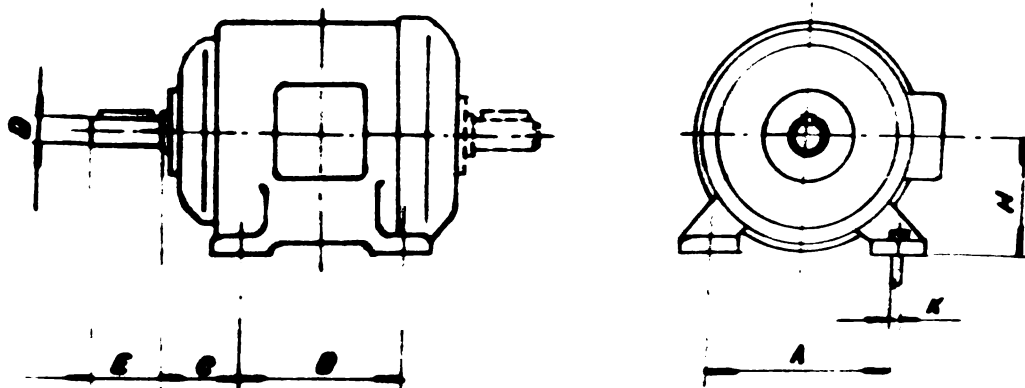


Fig. 3.3. Dimensiuni de montaj

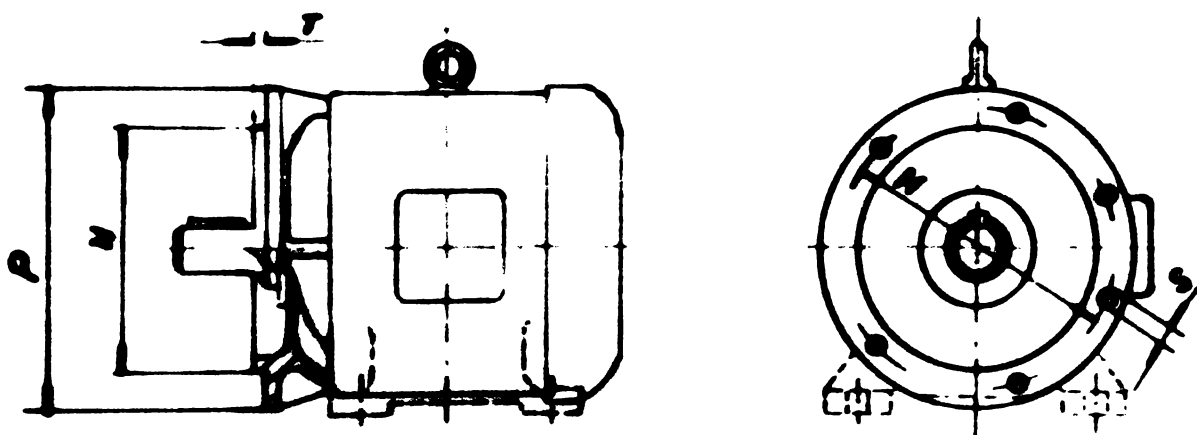


Fig. 3.4. Dimensiuni de montaj

- A, B = distanțele dintre axele giurilor la prindere în plan transversal (perpendicular pe direcția arborelui) și longitudinal.
- C = distanța între unghiul capului de arbore și axa celei mai apropiate giuri de fixare.
- D = diametrul capului de arbore.
- E = lungimea capului de arbore.
- H = înălțimea axei arborelui motorului față de suprafața inferioară a tălpilor.
- K = diametrul giurilor de fixare din tălpi.
- M = diametrul cercurilor giurilor pentru șuruburile de fixare din flanșă.
- N = diametrul pragului de centrare din flanșă de fixare.
- P = diametrul exterior al flanșei de fixare.
- S = diametrul giurilor din flanșă pentru șuruburile de fixare.
- T = înălțimea pragului de centrare.

Dimensiunile de montaj prescrise de STAS 2755-74 sînt corelate cu dimensiunile de montaj conform DIN 42673.

Deoarece cota "H" determină gabaritul motorului electric se mai numește cotă le gabarit.

Simbolul carcaselor constă din: o primă parte compusă din cifre care indică înălțimea axei motorului în mm (cota H) și o a doua parte compusă dintr-o literă care indică lungimea carcasei și anume: S pentru motoare scurte, M pentru motoare medii și L pentru motoare lungi.

Pentru motoarele cu flanșă se simbolizează flanșa, simbol care constă din: o primă parte care conține litera "F" care indică construcția cu flanșă și o a doua parte compusă din cifre care indică în mm. diametrul pe care sînt așezate giurile de prindere din flanșă. Numărul de giuri de fixare din flanșe sînt de 4 pentru flanșele pînă la F300 inclusiv și de 8 pentru flanșele peste F300.

Construcția motoarelor asincrone prezentate în Fig. 3.1., 3.2. asigură protecția părții interioare de mediul exterior, motiv pentru care se numește de tip închis. Această construcție cu scuturi și capace de rulmenți este tip IP 44 conform STAS 625-71, respectiv P33 conform DIN 40.050 și asigură o protecție normală față de mediul în care lucrează.

În situația cînd condițiile de mediu o impun se utilizează o protecție superioară (mărită) tip I.P.54 conform STAS 625-71.

O clasificare a motoarelor electrice asincrone trifazate este reiată în tabelul 3.1.

3.2. Materiale și modul de elaborare a semifabricatelor pentru carcasele motoarelor electrice asincrone.

Carcasa este piesa de bază a motorului electric asincron, care, prin bazele sale auxiliare se asamblează cu bazele principale de îmbinare ale celorlalte repere. Semifabricatele se elaborează prin turnare din aluminia sau din fonta cenușie cu grafit lamelar STAS 568-75 aliaje care se topesc ușor, umplu bine forma și se prelucurează cu ușurință.

S-au făcut încercări de a se obține semifabricate în construcție sudată din tablă de oțel, dar această soluție nu a dat rezultatele scontate din punct de vedere economic, tehnologic și estetic.

CLASIFICAREA MOTORILOR ASINCRONE TRIPAZATE

Tabelul 3.1.

Tura	Clasa	Clasa	Clasa
Clasa	Clasa	Clasa	Clasa
Clasa	Clasa	Clasa	Clasa
56	56	56	56
63	63	63	63
71	71	71	71
80	80	80	80
90	90	90	90
100	100	100	100
112	112	112	112
132	132	132	132
160	160	160	160
180	180	180	180
200	200	200	200
225	225	225	225
250	250	250	250
280	280	280	280
315	315	315	315

Tura
Clasa
Clasa
Clasa

Clasa
Clasa
Clasa
Clasa

Clasa
Clasa
Clasa
Clasa

Clasa
Clasa
Clasa
Clasa

Clasa
Clasa
Clasa
Clasa

Clasa
Clasa
Clasa
Clasa

Clasa
Clasa
Clasa
Clasa

Execuția carcасelor din siluminia se realizează prin turnare sub presiune, direct pe pachetul de tole stator pe mașini speciale de turnare sub presiune, echipate cu cochile de construcție complexă. Procedul se utilizează îndeosebi la carcасe de dimensiuni mici.

Turnarea carcасelor din fontă se realizează prin formarea manuală în nisip de turnătorie cu ajutorul modelelor metalice și a cutiilor de miez. În ultimul timp, s-au construit linii mecanizate de formare, care reduc considerabil timpul de formare.

Aceste procedee de elaborare a semifabricatelor prezintă următoarele avantaje și dezavantaje:

1. Operația de turnare sub presiune a siluminului, are un grad ridicat de automatizare, muncitorul care deserveste mașina execută operațiile: de alimentare cu tole stator orientate, de alimentare cu aliaj lichid a mașinii, de comandă a ciclului de lucru al mașinii-presare tole stator în vederea formării miezului magnetic stator pe un dorn fals, simultan cu închiderea cochilei de turnare, injectare siluminia sub presiune în cochilă și desfacere cochilă simultan cu extragerea dornului fals - și o evacuare piesă turnată.

2. Gradul de calificare al muncitorilor care deservesc mașinile de turnare sub presiune este mult mai mic decât al celor care execută formarea și turnarea carcасelor din fontă.

3. Cuptoarele pentru topirea și menținerea siluminului lichid au o complexitate mult mai mică decât a cuptoarelor pentru fontă.

4. Mașinile de turnare sub presiune, sînt utilaje complexe cu un preț ridicat, care necesită cheltuieli de întreținere ridicată (cilindri și pistoanele care injectează aliajul topit se uzează foarte repede). Cochilele de turnare sub presiune sînt scule de o construcție complexă și precizie ridicată care au de asemenea, un preț de cost ridicat și o uzură mare a părților active executate din oțeluri speciale.

Modelele și cutiile de miez pentru formarea și turnarea carcасelor din fontă au o construcție mai simplă și un preț de cost mai mic.

5. Gradul de poluare al mediului de lucru al muncitorului este mult mai redus într-un atelier de turnare sub presiune decât într-un atelier de turnare în nisip, și cheltuielile necesare pentru ventilație sînt considerabil mai mici.

6. Manopera specifică la operația de turnare sub presiune este mult mai mică decât manopera specifică necesară pentru turnarea carcасelor din fontă.

7. Ciclul de elaborare este mult mai mic la carcасele turnate din siluminia față de carcасele turnate din fontă formare, uscare forme, formare miezuri, uscare miezuri, scoaterea modelului, reperarea eventualelor defecte, introducerea și fixarea miezuri, turnare, ricire lentă, desbateră .

8. Carcасele turnate din fontă necesită o operație de îmbătrânire naturală aproximativ 6 luni sau artificială în cuptor .

9. La carcасele turnate din siluminiu se elimină operațiile de prelucrare mecanică a alezajului stator, a alezajului de protecție a capetelor de bobină, de giurire, de strungire a pachetului de tole stator, de presare pochet stator în carcасă și utilajele necesare pentru aceste operații.

10. Temperatura de turnare a siluminului deformează pachetul de tole stator și impune ca necesară o operație de brogere a alezajului interior al pachetului de tole stator, după turnare, operație care este costisitoare datorită sculelor pe care le folosește.

11. La același tip de ancoșe ale tolei stator, același tip de bobinaj și același tehnologie de bobinare, manopera de bobinare și consumul de cupru crește la motoarele cu carcасe din aluminiu. La motoarele cu carcасe din fontă, pachetul stator se bobinează înainte de a se asambla cu carcасe și astfel se reduce manopera de bobinare și consumul de cupru.

12. Fiabilitatea carcасelor turnate din fontă este mai mare.

13. Intreținerea și reperarea motoarelor electrice cu carcасă din fontă este mai simplă.

14. Operația de impregnare a bobinajului la motoarele electrice cu carcасe din siluminiu impune măsuri suplimentare de protecție a suprafeței exterioare a carcасei și a alezajului interior al pachetului de tole stator.

15. La construcția cu carcасe din fontă, subansamblul pachet de tole stator bobinat necesită o operație de curățire exterioară și interioară a locului rămas de la operația de impregnare, operație care se realizează pe o mașină specială.

16. Recuperarea și remedierea rebaturilor este dificilă la carcasa turnate din siluminia. Carcasele din fontă se remediază prin suduri, iar recuperarea materialului se obține prin retopirea pieselor.

17. La motoarele cu carcase din siluminia operația de formare a subansamblului pachet de tole stator se realizează pe mașina de turnat sub presiune, iar consolidarea pachetului direct prin turnare. Se elimină astfel inelele de consolidare, scoabele de consolidare (sau niturile), repere ale subansamblului pachet de tole stator și operația de formare a subansamblului pachet stator, care necesită utilaje speciale.

18. Greutatea motorului cu carcasă din siluminia este mai mică.

19. După turnare carcasele din fontă necesită operații de sablare, polizare (debavurare) și grunduire.

20. Precizia de execuție a carcaselor din siluminia depinde de precizia de execuție a cochilei, în timp ce precizia de execuție a carcaselor din fontă depinde de atenția și calificarea ~~operatorii~~ muncitorilor turnători.

21. Construcția carcaselor din fontă este rigidă și solidă.

22. Pe piața mondială prețurile aluminului și cuprului sînt în continuă creștere, situație care pledează pentru fabricarea motoarelor cu carcase din fontă.

Alegerea soluției de elaborare a carcasei turnate trebuie să se facă cu mult discernîmînt, ținînd seamă de influența pe care aceasta o are asupra tehnologiei de prelucrare mecanică proprii, precum și asupra tehnologiilor de bobinare și impregnare. La alegerea soluției optime este necesar să se întocmească un calcul riguros pentru întreaga construcție a motorului electric, care să țină seamă de posibilitățile de asigurare a materialelor prime și a utilajelor necesare, de prognozele privind prețurile acestora pe o perioadă înălțată.

Este un caz particular la care calculul economic privind alegerea procedurii de elaborare al semifabricatului nu poate fi limitat la piesa respectivă, el trebuie extins la întregul ansamblu.

În prezent, atât pe piața internă cît și pe piața mondială, fabricația motorului cu carcasă din fontă are un caracter

preponderent și se prevede, cel puțin pentru perioada următoare o menținere a acestei structuri.

În țara noastră, Fabrica de motoare electrice Pitești execută motoare electrice asincrone de gabarit 56 pînă la 132 cu carcasi din aluminiu, în timp ce întreprinderea Electroprecizia Sucele, întreprinderea Electromotor Timișoara și Uzina de mașini electrice București execută motoare electrice asincrone de gabarit 80 pînă la 315 cu carcasi din fontă.

Carcasele turnate din fontă se execută în clasă II-a de precizie cu abateri limită la dimensiunile nominale conform STAS 1592-74. (Tabelul 3.2.).

Tabelul 3.2.

Abateri limită la dimensiuni nominale conform STAS 1592-74 clasă II-a

Pînă la 30 mm	Peste 30 mm pînă la 60 mm	Peste 60 mm pînă la 100 mm	Peste 100 mm pînă la 200 mm	Peste 200 mm pînă la 300 mm	Peste 300 mm pînă la 500 mm
---------------	---------------------------	----------------------------	-----------------------------	-----------------------------	-----------------------------

$\pm 0,6$	$\pm 0,7$	$\pm 0,75$	$\pm 0,8$	$\pm 0,9$	± 1
-----------	-----------	------------	-----------	-----------	---------

Abateri limită la grosimea pereților și necourilor conform STAS 1592-62, clasă II-a

Pînă la 6 mm	Peste 6 mm pînă la 10 mm	Peste 10 mm pînă la 20 mm	Peste 20 mm pînă la 30 mm	Peste 30 mm pînă la 50 mm	Peste 50 mm pînă la 60 mm
--------------	--------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------

$\pm 0,5$	$\pm 0,6$	$\pm 0,7$	$\pm 0,8$	± 1	$\pm 1,25$
-----------	-----------	-----------	-----------	---------	------------

În figure 3.5. sînt arătate abaterile de formă și de poziție, mai des întîlnite la piesele turnate. Aceste abateri sînt aleatorii și depind de îndemînarea și priceperea muncitorilor turnători.

Excentricitatea alezajului stator față de suprafața exterioară a carcasei (Fig.3.5.a.) apare datorită deplasării miezului central față de formă, la turnare.

Inclinația axei longitudinale a alezajului stator față de axa longitudinală a suprafeței exterioare a carcasei cu un unghi "d" se datorează centrării necorespunzătoare a miezului central față de formă (Fig.3.5.b.).

Pe suprafața turnată apar macro neregularități (scobituri și surplusuri de material) provenite din uscarea necorespunzătoare sau transportul neglijent al miezului (Fig.3.5.c.).

Carcasele se toarnă în poziție verticală. În partea superioară (desenat întrerupt) se găsește un surplus de material necesar pentru eliminarea zgurii și a gazelor din materialul

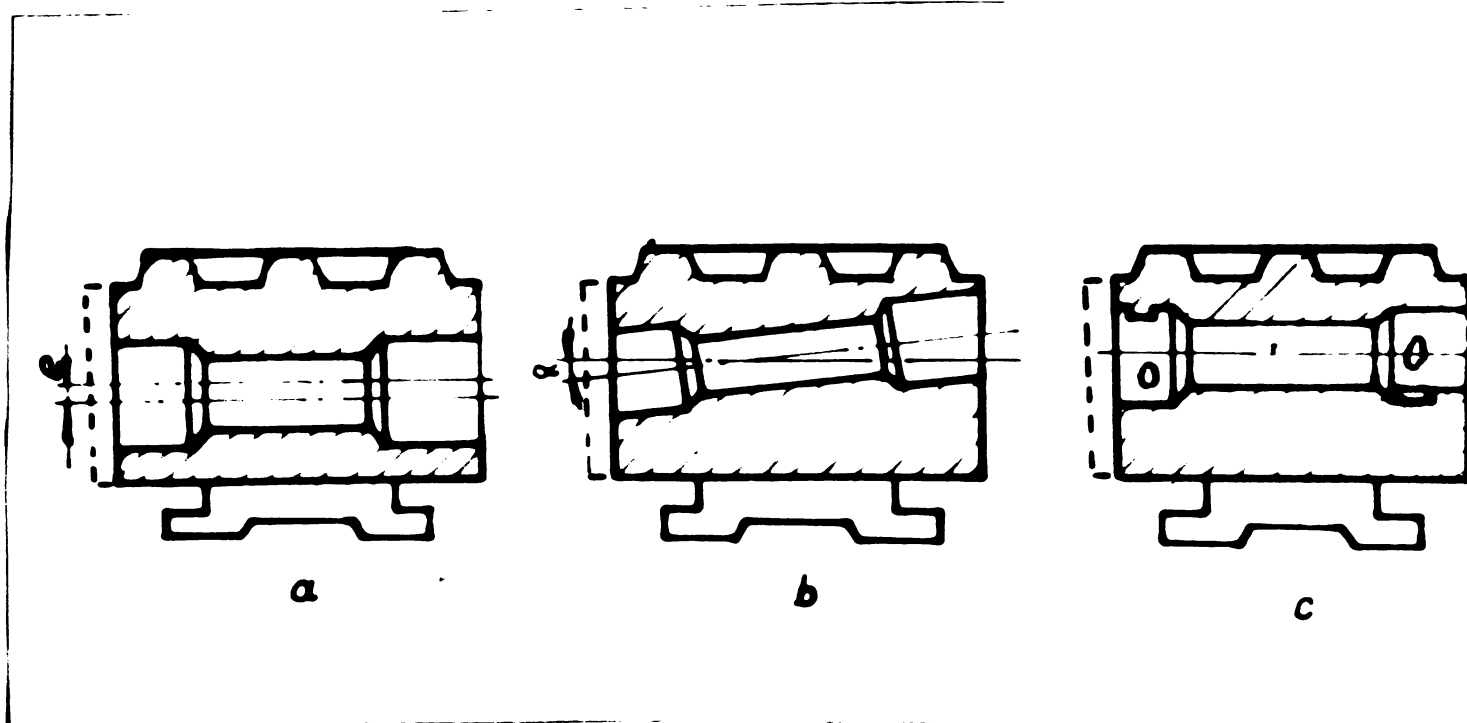


Fig. 3.5. Abateri de formă și de poziție ale carcaselor turnate din fontă cenușie.

topit, care va trebui îndepărtat prin operații de prelucrări mecanice.

Turnarea fontei lichide se poate face direct prin ploaie cu dezavantajul că zgura și gazele pot rămâne în interiorul piesei turnate sau prin miezul central care la mijloc are 3 sau 4 canale radiale, metode care elimină impedimentul arătat, dar care complică operația de îndepărtare a culeelor de turnare.

Neregularitățile care rămân după îndepărtarea culeelor de turnare, trebuie îndepărtate prin polizare sau alte procedee, deoarece afectează durabilitatea sculelor așchietoare la operațiile de prelucrări mecanice.

3.3. Considerații privind construcția carcasei din fontă

În funcționarea de ansamblu a motorului electric asincron, carcasa are un rol mecanic, de susținere și fixare a celorlalte repere și un rol termic, de asigurare a schimbului de căldură din interior către exterior împreună cu sistemul de ventilație.

În ansamblul motorului electric, carcasa are următoarele funcții constructive:

1. asigură poziția pachetului de tole stator bobinat
2. asigură schimbul de cilduri cu exteriorul
3. asigură poziția scuturilor motorului electric și, prin intermediul lor, asigură poziția subansamblului rotor față de stator.
4. asigură poziția de funcționare a motorului electric
5. asigură poziția cutiei de borne
6. asigură poziția inelului de ridicare
7. asigură poziția tăbliței cu date
8. asigură poziția șurubului de punere la pământ
9. asigură posibilitatea eliminării condensului ce se formează în interiorul motorului.

Construcția cu nervuri dispuse după două direcții perpendiculare se aplică astăzi la aproximativ 70 % din producția mondială. Prezintă avantajul că reduce timpul de formare (modelul se construiește din 4 segmente cu nervuri bloc), mărește precizia pieselor turnate și are o estetică bună.

Asemblarea scuturilor cu carcasa se realizează prin intermediul umerilor de centrare sub formă de arbore (Fig. 3.6. și 3.7.) sau sub formă de alezaj (Fig. 4.6. și 4.8.). Fixarea scuturilor se asigură cu ajutorul a trei (Fig. 3.6.) sau patru (Fig. 3.7.) șuruburi care se înșurubează în găurile filetate din urechile carcasei.

Construcțiile moderne folosesc varianta cu 4 șuruburi de fixare, deoarece se reduce diametrul filetului șurubului de fixare și implicit dimensiunile urechilor. Se obține economie de metal și o estetică mai bună. Acest avantaj iese în evidență cu deosebire la motoarele în construcție cu flanșă, unde sollicitările șurubarilor sînt mai mari.

Motoarele electrice care funcționează în poziție orizontală se fixează în poziție de funcționare prin intermediul tălpilor carcasei. Pentru a se realiza economie de metal, tălpile au o formă scobită (Fig. 3.6.), în care scop la turnare sînt necesare mai multe miezuri. Se cunosc construcții, la care tălpile se toarnă și prelucresc separat, după care se assemblează cu șuruburi de carcasă. Se reduce astfel timpul de formare și turnare, se reduce numărul rebuturilor la turnare dar sînt necesare operații de prelucrare mecanică suplimentare la carcase și tălpi pentru a se realiza cota de gabarit "H".

Soluția constructivă care s-a impus în ultimul timp este carcasa cu patru tălpi fixe, care realizează importante economii de material, fără a se modifica rigiditatea piesei (Fig. 3.7.).

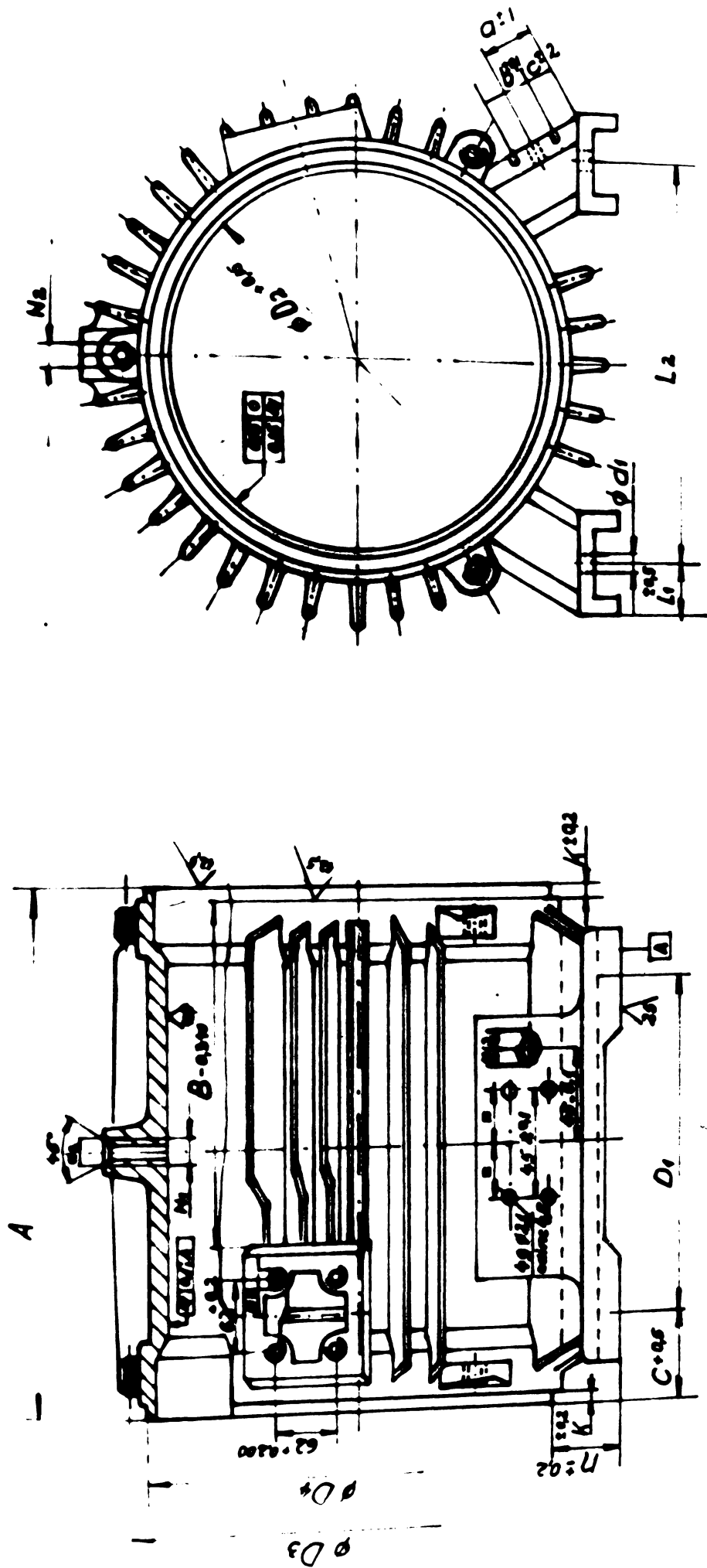


Fig. 3.6. Jeroosi cu nervuri radiale, bobaj pentru etie de borne laterale, trei urechi de fixare pentru scutul doi tîlpi.

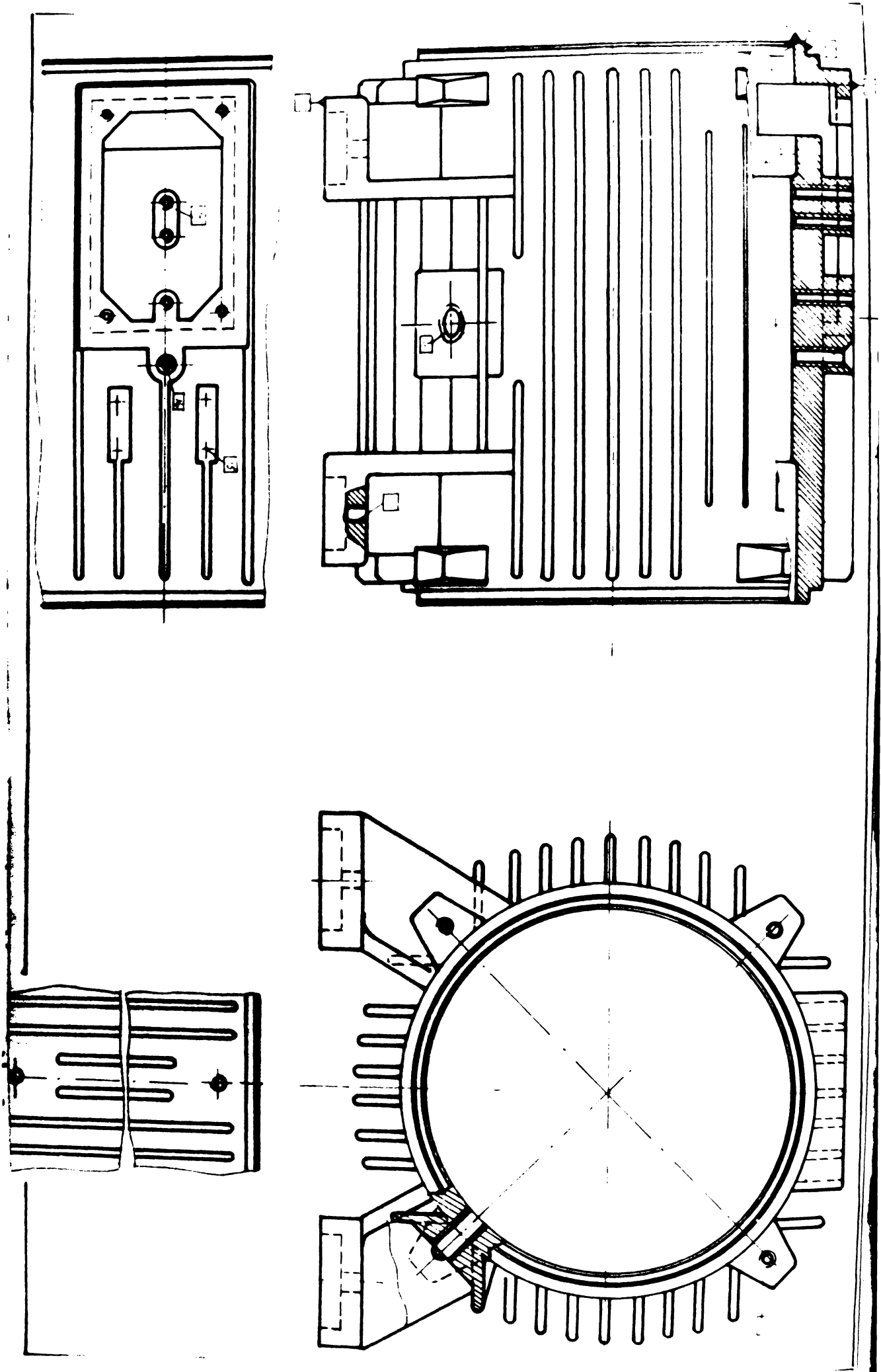


Fig. 3.7. Vedere cu nervuri longitudinale, cu bossajul central în
borne în partea superioară, cu patru urechi pentru fixare scut și cu patru țigări.

Motoarele electrice care funcționează cu arborele în poziție verticală se fixează în poziție de funcționare prin intermediul flangei scutului din partea capătului de antrenare al arborelui (tracțiune). În general se folosește aceeași construcție de carcasi cu precizarea că se toarnă firi țilpi, iar găurile filetate pentru fixarea scutului cu flange sînt mai mari.

Pentru fixarea cutiei de borne carcasa are prevăzut un bosaj special dispus la $10-15^\circ$ față de axa de simetrie orizontală, într-un plan perpendicular pe axa longitudinală a carcasei (Fig.3.6)

Construcțiile moderne (Fig.3.7.) au dispus bosajul cutiei de borne diametral opus cu planul inferior al țilpilor. Astfel piesa are o tehnologicitate mai bună, se reduce lățimea motorului electric, dar crește înălțimea totală și este ușor de alimentat din trei direcții: sus și lateral.

Tăblița cu date a motorului se fixează prin nituire, fie pe talpă motorului (Fig.3.6.) fie în partea superioară, lângă bosajul cutiei de borne (Fig.3.7.). Ultima soluție prezintă avantajul posibilității de găurire simultană a găurilor de fixare cutie de borne și a găurilor pentru fixare tăbliță cu date cu un singur cap de găurire.

Surubul de punere la pământ se fixează pe talpa carcasei (Fig.3.6.) sau pe bosajul special prevăzut pe carcasi (Fig.3.7.).

Găurile pentru evacuarea condensului sînt dispuse pe carcasi între țilpi (Fig.3.7.) diametral opuse cu bosajul pentru fixarea inelului de ridicare.

Motoarele electrice de gabarit 56-100 nu au prevăzut inel de ridicare.

Suprafețele care urmează să se prelucreze la carcasa unui motor electric sînt arătate în Fig.3.7. și au următoarele denumiri:

1. alezajul stator
2. alezajul de protecție a capetelor de bobină - în partea de tracțiune și în partea opusă.-
3. suprafața frontală a unîrului - în partea de tracțiune și în partea opusă
4. unîrul de centrare - în partea de tracțiune și în partea opusă -
5. teșirea unîrului
6. teșirea alezajului de protecție a capetelor de bobină
7. suprafața de așezare a cutiei de borne
8. suprafața țilpilor

9. găurile din urechi pentru fixare scut - în partea de tracțiune și în partea opusă -
10. găurile din tălpi
11. găuri pentru fixare șurub de punere la pământ
12. găurile pentru fixare cutie de borne
13. găurile pentru fixare placă de borne
14. găuri pentru fixare inel de ridicare
15. găuri pentru fixare plăcuță cu date
16. găuri pentru eliminarea condensului.

Toleranțele de prelucrare sînt prescrise de STAS 2755-74
Calitatea suprafețelor prescrisă este de 12,6.

3.4. Concluzii parțiale

1. Motorul electric asincron este utilizat în prezent într-un număr mare de variante constructive, descrise în paragraful 3.1.

2. O clasificare a diverselor variante constructive de motoare electrice asincrone în vederea aplicării tehnologiei de grup este arătată în Tabelul 3.1.

3. Cele mai răspîndite construcții de motoare electrice sînt cu carcase turnate din silaminiu sau fontă cenușie. În paragraful 3.2. se face o analiză comparativă între cele două construcții din punct de vedere constructiv, tehnologic, funcțional și al fiabilității.

4. Dimensiunile de montaj ale motoarelor electrice asincrone trifazate normale de 0,06-132 kW sînt prescrise de STAS 2755-74.

5. Carcasa - reperul de bază al unui motor electric - turnată din fontă cenușie, este varianta constructivă care predomină pe piața mondială în prezent, situație care se prevede a se menține și în perioada următoare.

6. Abaterile limită la dimensiunile nominale, la grosimea pereților și nervurilor sînt prescrise de STAS 1592-74. Abaterile de formă și de poziție a pieselor turnate au fost arătate în Fig.3

7. Formele constructive cele mai răspîndite ale carcaselor turnate din fontă, au fost analizate și descrise în paragraful 3.3.

8. Precizia de prelucrare impusă pentru carcasa motorului electric (precizia dimensională și calitatea suprafețelor) de asemenea au fost arătate în acest capitol.

4. Stadiul actual privind tehnologiile și mașinile utilizate la prelucrarea carcaselor de motoare electrice

4.1. linii și mașini transfer.

4.1.1. linii transfer.

Din bibliografia studiată [6, 16, 18, 40, 59] noțiunile de mașini unelte agregate, mașini transfer și linii automate, nu rezultă cu o definiție suficient de clară, de cele mai multe ori, noțiunea de mașini transfer fiind confundată cu noțiunea de linie automată, noțiunea de linie automată este alăturată noțiunii de mașini unelte agregat, chiar noțiunea de linie automată nu este bine definită. [66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 74, 78, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 101, 116, 118.]

În subcapitolul de față vom încerca să găsim o delimitare clară a acestor noțiuni, o definiție corespunzătoare, în care scop vom începe cu un scurt istoric. [120, 122, 130, 132]

Tendința de reducere a cheltuielilor de fabricație și de mărire a productivității muncii, a existat încă din perioada manufacturieră a producției capitaliste, și a determinat aplicarea metodelor de producție în flux. Prima descriere a producției în flux a fost făcută în anul 1746 de Adam Smith în legătură cu confecționarea în masă a acelor de gămilie. Producția în flux în construcția de mașini, în formele sale cele mai evoluate, a fost realizată, la fabricația de automobile în cel de-al doilea deceniu al secolului nostru în Uzina de automobile Ford.

Metoda de producție în flux, este metoda la care operațiile de prelucrare sau de asamblare a unei mașini sunt repartizate pe anumite utilaje sau locuri de muncă, care sunt amplasate în ordinea realizării operațiilor, iar piesele de prelucrat sau produsele care se montează sunt transmise de la o operație la alta imediat după realizarea celei precedente. Baza producției în flux este linia în flux pentru confecționarea pieselor sau asamblarea produselor.

Linia în flux pentru prelucrarea pieselor este o înșiruire de mașini prelucrătoare, amplasate în ordinea executării operațiilor piesei de prelucrat, prevăzută de regulă cu o instalație specială de transportat.

O linie de montaj în flux reprezintă un șir de locuri de muncă echipate cu utilaj, dispozitive, scule de montaj și instalații de transportat pentru deplasarea produsului ce se assemblează.

Este evident că metoda de producție în flux, folosește principial diferențierii și concentrării operațiilor.

Astfel a apărut noțiunea de linie în flux, sau, pentru că pe aceste linii se executau operații tehnologice, linii tehnologice în flux, noțiune care mai târziu, pentru simplificare, s-a redus la simpla denumire de linie tehnologică.

Cerințele de creștere a productivității muncii, de reducere a efortului pe care trebuie să-l depună muncitorul în procesul de producție, au determinat introducerea mecanizării și automatizării operațiilor de prelucrare pe mașini unelte sau a operațiilor de montaj.

Au apărut astfel noțiunile de linie tehnologică mecanizată, linie tehnologică automatizată și linie tehnologică automată [113].

Dacă linia tehnologică simplă era o simplă înșiruire a mașinilor sau a posturilor de lucru, linia tehnologică mecanizată presupune un anumit grad de mecanizare al fazelor și operațiilor și eventual al transportului interoperațional.

După gradul de mecanizare, simplu sau complex, pot fi mecanizate prinderea și desprinderea pieselor (care se realizează printr-o simplă apăsare pe o pedală, manetă sau buton), alimentarea cu semifabricate și evacuarea piesei prelucrate, transportul interoperațional.

Linia tehnologică automatizată se compune din mașini automate, mașini transfer, posturi automate de montaj, corelate între ele printr-un sistem de coordonate și sincronizate automată a mișcărilor pentru fixarea, prelucrarea, desprinderea, transportul și controlul tehnic calitativ al produsului. Chiar eliminarea pieselor rebut se poate face automat.

Linia tehnologică automată, constituie cel mai înalt grad de automatizare a procesului tehnologic, unde chiar și reglarea se face automat; autoreglarea realizându-se cu ajutorul unor dispozitive electronice care acționează automat de îndată ce se sesizează vreo dereglare pe linie, datorită uzurii sculelor sau altor cauze.

Din cele arătate mai sus rezultă că noțiunea de linie automată este folosită impropriu, de cele mai multe ori confundându-se cu noțiunea de linie automatizată.

Dacă liniile mecanizate sau automatizate se utilizează pentru realizarea diferitelor procese tehnologice (prelucrări prin tășchiere, prelucrări la rece, prelucrări la cald, montaj, etc.) liniile

automate sînt specifice proceselor tehnologice pentru prelucrarea prin aşchiere.

În unele lucrări de specialitate, se arată că pentru piese ce se execută în producție de serie mici, dar care permit aplicarea tehnologiei de grup, se pot construi linii tehnologice formate din mașini cu comenzi numerice. Firmele de laire și Hatoe din S.U.A. se pare că încă din anul 1969 folosesc aceste mașini în linii. [74].

Liniiile tehnologice meconizate, automatizate și automate sînt cuprinse în noțiunea globală de linii transfer.

Liniiile transfer sînt formate din mașini anelte univereale, mașini transfer, mașini cu comenzi numerice, etc., dispuse în ordinea succesiunii operațiilor, unde se aplică în regulă principiul diferențierii și concentrării operațiilor, legate între ele printr-un sistem de transfer al piesei, de un anumit grad de meconizare și automatizare.

După gradul de automatizare liniiile transfer pot fi: meconizate, automatizate, automate.

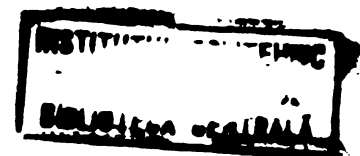
După sistemul de transfer liniiile transfer pot fi rotative, liniare, cu bandă, cu alimentatoare, etc.

4.1.2. Mașini transfer

Un alt mijloc de reducere a timpului de prelucrare și a prețului de cost este folosirea principiului concentrării operațiilor principia care se referă în special la operații tehnologice în care mișcare principală de aşchiere este realizată de către sculă: frezare, găurire, alezare, filetare, etc.

Încă din 1908 firma Greenlee Co of Rockford, Illinois, a construit o mașină cu două posturi de lucru pentru găurirea anbelor capete a traverselor din lemn pentru ciile ferate. Mai tîrziu, "linia" a fost completată cu încă o mașină cu două posturi de lucru pentru executarea operației de brunare. Transportul piesei între cele două mașini se făcea manual.

În anul 1911 firma Ford Motor Co, preia aceste tipuri de mașini, care, cu foarte puține modificări, erau destinate pentru prelucrarea pieselor metalice. După 1920 aceste mașini erau deja destul de cunoscute. Cele mai multe dintre ele aveau evene mecanice la capetele portsculii. Avansul și retragerea rapidă se realizau încă cu roata de mîni sau manivelă.



În această perioadă se renunța la mecanismele cu olie cheși, prea agocotoase în funcționare și se introduce mecanismele hidraulice pentru avans și avans rapid, cu o funcționare silențioasă și liniștită, care permitea, foarte ușor, variația vitezei la avans, ceșul port-șculă putând să coboare pînă la un anumit punct de oprire.

Firma Archdale din Anglia susține că ar fi construit prima mașină transfer pentru prelucrarea metalelor în anii 1924-1925. Este vorba de un proiect ambițios, care își propune să facă găurirea, alezarea, filetarea și frezarea carcasselor pentru cutia de viteze a automobilului Morris.

Astăzi pentru prelucrarea pieselor care necesită operații de găurire, filetare, frezare, broșare și câteva operații de alezare se utilizează mașini transfer, ale căror elemente componente sînt standardizate.

Mașinile transfer sînt mașini unelte cu mai multe posturi de lucru, dispuse în ordinea succesiunii operațiilor, unde se aplică de regulă principiul concentrării operațiilor, fiecare post fiind compus din elemente standardizate, și la care piesa se deplasează de la un post de lucru la altul istorită unui sistem de transfer circular sau liniar unic.

După sistemul de transfer mașinile de transfer sînt: cu mașini indexate, cu tambur indexat, cu transfer liniar.

Din cele expuse mai sus rezultă că mașinile transfer nu pot fi confundate cu liniile transfer, față de care au următoarele deosebiri:

1. liniile transfer sînt constituite din mașini-unelte universale, mașini transfer, mașini cu comenzi numerice, etc., iar mașinile transfer sînt constituite din elemente standardizate specifice.

2. liniile transfer permit executarea de diverse operații, pe cînd mașinile transfer sînt specifice pentru operațiile de prelucrare la care piesa rămîne fixă, șcula executînd mișcarea de avans și mișcarea principală de așchiere.

3. liniile transfer au un sistem de transfer complex, compus din mecanisme și subsisteme care diferă constructiv și principal, mașinile transfer au un sistem de transfer unic.

4. metoda de celoul pentru o linie transfer reprezintă o generalizare, care poate fi particularizată pentru mașinile transfer.

4.2. Variante tehnologice de prelucrare a carcaselor pe mașini transfer

In ultimii zece ani producția de motoare electrice a crescut vertiginos, fapt ce a determinat pe producători să apeleze la tehnologii specifice producției de serie mare, de mare productivitate și cu un grad de automatizare ridicat.

Carcasele motoarelor electrice, având un ciclu de fabricație relativ mare față de celelalte repere, sînt piesele cărora li s-au aplicat astfel de tehnologii.

In capitolul acesta ne propunem să descriem cîteva soluții tehnologice de prelucrare a carcaselor de motoare electrice folosind mașini unelte transfer.

4.2.1. Varianta "Mauser"

"Mauser" una dintre cele mai cunoscute firme constructoare de mașini transfer din R.F.G., propune ca prelucrarea carcaselor de motoare electrice să se execute pe trei mașini:

- o mașină universală (strung) care să prelucereze unul dintre umerii pe care se montează scuturile și care să constituie baza tehnologică pentru celelalte operații;

- o mașină transfer cu masă indexată cu trei posturi de lucru care să prelucereze alezajul statoric, cel de-al doilea umăr, două degajări circulare în alezajul statoric și frontal pentru a se obține lungimea prescrisă;

- o mașină transfer cu masă indexată cu cinci posturi de lucru care execută operațiile de frezare, găurire și filetare.

Se prelucurează 9 tipo-dimensiuni de carcase turnate din fontă cenușie pentru motoare gabarit 90, 100, 112, 132. Ritmul de livrare în condiții de funcționare normale, este în funcție de dimensiunile pieselor și are valori cuprinse între 1,5 și 2,7 minute.

In figura 4.1. se arată o vedere generală a mașinii transfer cu masă indexată cu trei posturi de lucru și un post de încărcare - descărcare. Piesa este fixată în poziția verticală cu ajutorul unor dispozitive acționate hidraulic, iar alimentarea se face manual. Mașina este deservită de un singur muncitor.

La figura 4.2. se arată ciclul de lucru al mașinii.

Trebuie să menționăm că prelucrarea alezajului stator și a umărului în două treceri, asigură precizia prescrisă, adică H7 respectiv h 8. Deoarece prelucrarea celor două suprafețe se realizează simultan, se asigură și precizia de poziție.

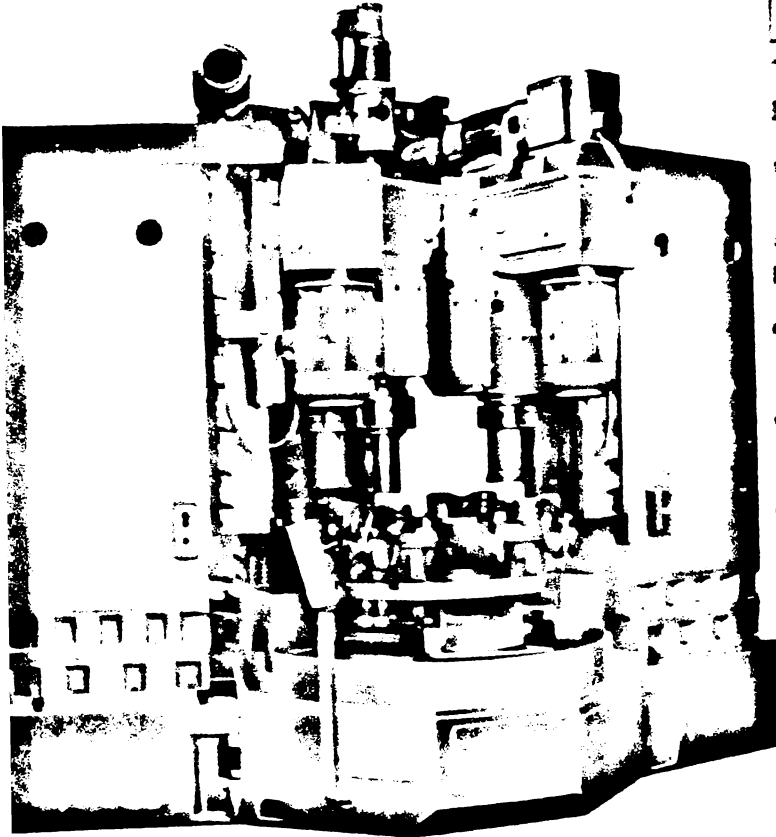


Fig.4.1. Mașini transfer cu
măști indexate și trei posturi
de lucru, model Mauser.

Succesiunea operațiilor este
următoarea:

- postul I - încălzire-încălzire
caldă
- postul II - degroșare alezaj
statoric
- postul III - degroșare micș II
și frontal
-strângere legajuri
- postul IV - finisare alezaj
stator
-finisare micș II
și frontal.

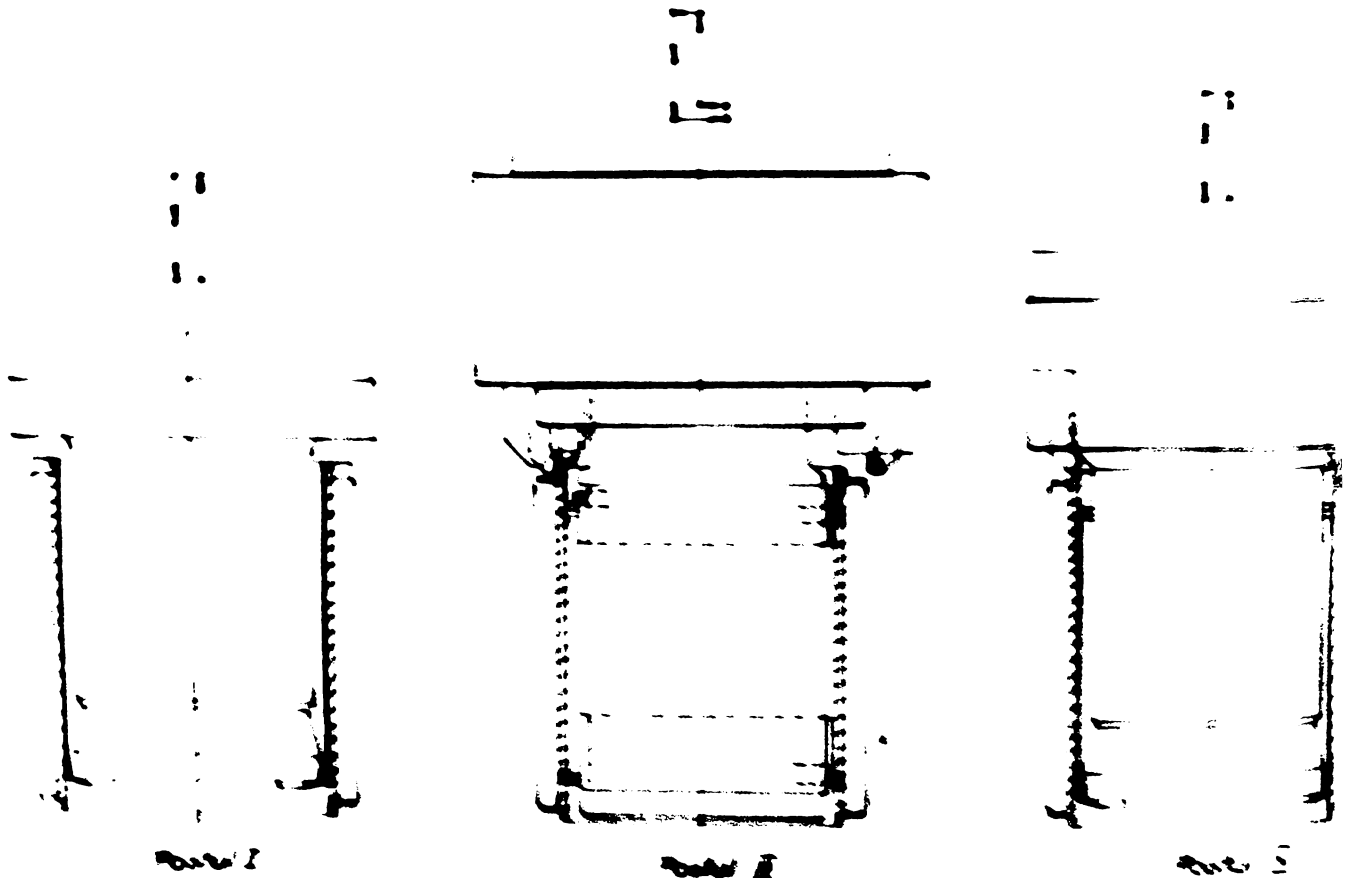


Fig. 4.2. Model de lucru al mașinii transfer.

Detalii privind fixarea pieselor în dispozitivele de prindere se văd în figura 4.3.

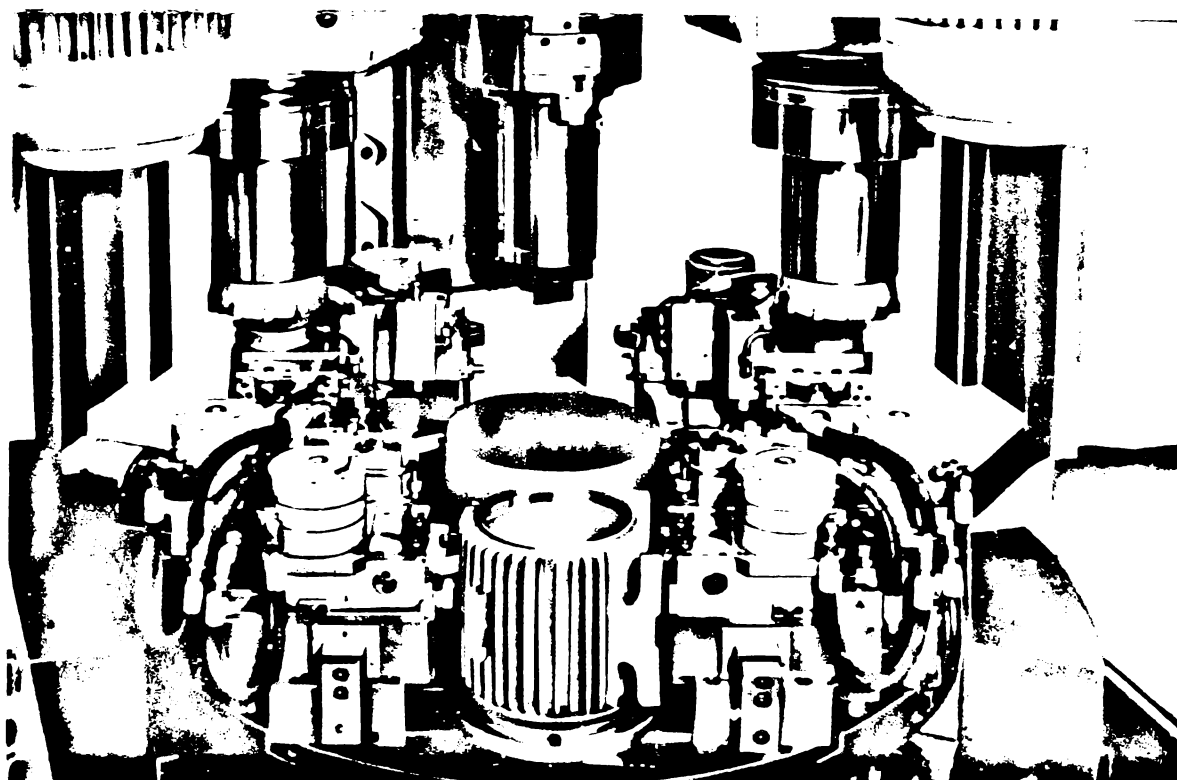


Fig. 4.3. Vedere parțială a mașinii transfer cu trei posturi de lucru model "Manser".

Urmiatoarele operații de prelucrare mecanice se execută pe o mașină transfer cu masă înlocuită cu 5 posturi de lucru, al cărui ansamblu general se vede în figura 4.4.

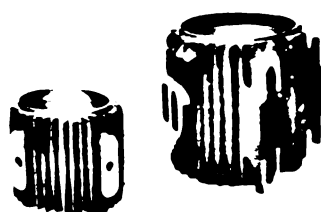
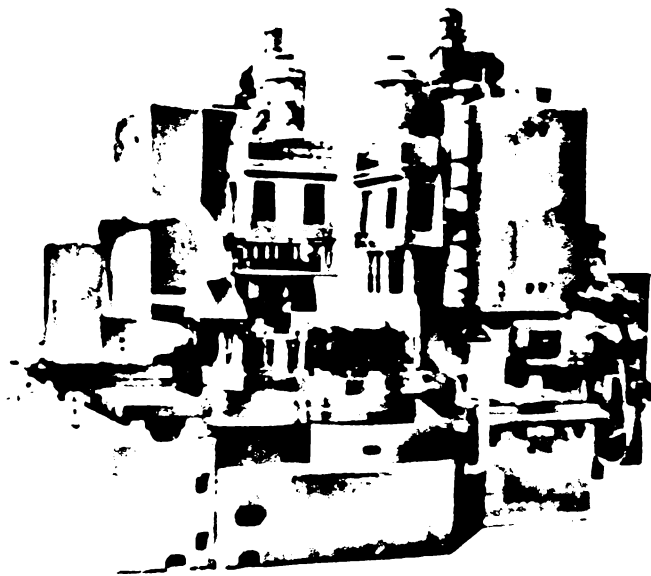


Fig. 4.4. a) Mașină transfer cu 5 posturi de lucru și masă înlocuită, model "Manser".



Piesa se fixează în poziție verticală, baza tehnologică fiind alezajul static, iar prelucrarea se realizează în două prinderi, după ciclul de lucru descris în figura 4.5.

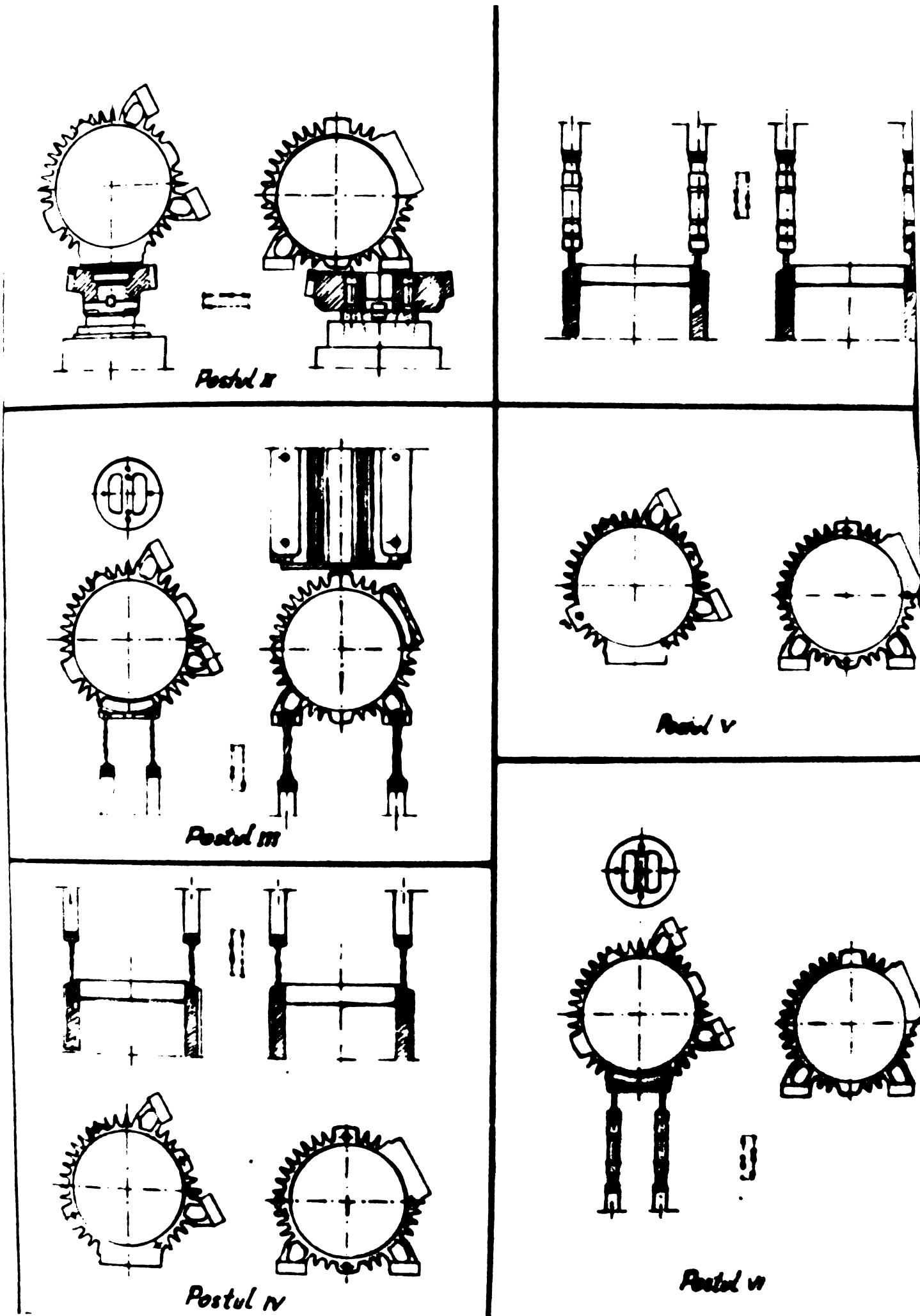


Fig. 4.5. Mecanizme de lucru ale mașinii transfer cu mase îndreptate și cinci posturi de lucru model "Mauser".

Succesiunea operațiilor este următoarea:

- postul I - încălzire-descălzire
- postul II - prima prindere - frezare C.B. (cutie borne)
- a doua prindere - frezare talpi.
- postul III - prima prindere - găurire cutie borne
- a doua prindere - găurire talpi
- postul IV - prima prindere - găurire găuri pentru scut I
- a doua prindere - găurire găuri pentru scut II
- postul V - prima prindere - filetare găuri pentru scut I
- a doua prindere - filtare găuri pentru scut II
- postul VI - prima prindere - filetare găuri cutie borne
- a doua prindere - liber.

Mașina lucrează simultan cu 30 de arbori, iar în cazul schimbării dimensiunilor piesei care se prelucurează (când se trece de la un gabarit la altul) sînt prevăzute capete de găurit schimbabile precum și plăci de schimbare a burghiilor și de lăgărire a port broșelor. Este deservită de un singur muncitor, iar alimentația se face manual.

4.2.2. Varianta "Csepel" pentru carcase de motoare de 0,8 - 10 kW

Pentru motoare electrice de 0,8 - 10 kW de gabarit 90-160, firma "Csepel" din R.P. Ungară, propune ca prelucrarea carcaselor să se execute pe o linie formată din două mașini:

- o mașină specială care să realizeze baza tehnologică pentru celelalte operații tip CD.1.
- o mașină cu transfer liniar tip CD.2.

Mașina specială CD.1. prelucurează simultan (vezi Figura 4.8.) cei doi umeri, frontal și porțiunea din alezajul stator numită locaș bobine. Se utilizează la prelucrarea carcaselor cu sau fără talpi.

Regimul de lucru folosit este:

- V = 35 m/minut
- S = 0,15 mm/ouțit
- Z = 8 ouțite

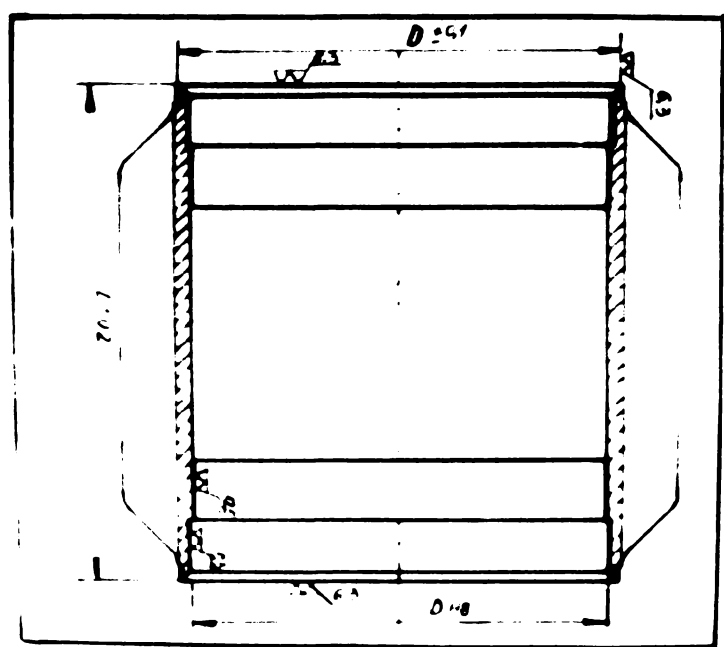


Fig. 4.6. Mosa ce se prelucroază pe mașina 30.1.
model "Csepel".

O vedere de ansamblu a mașinii 30-1 este relată în Fig.
4.7.

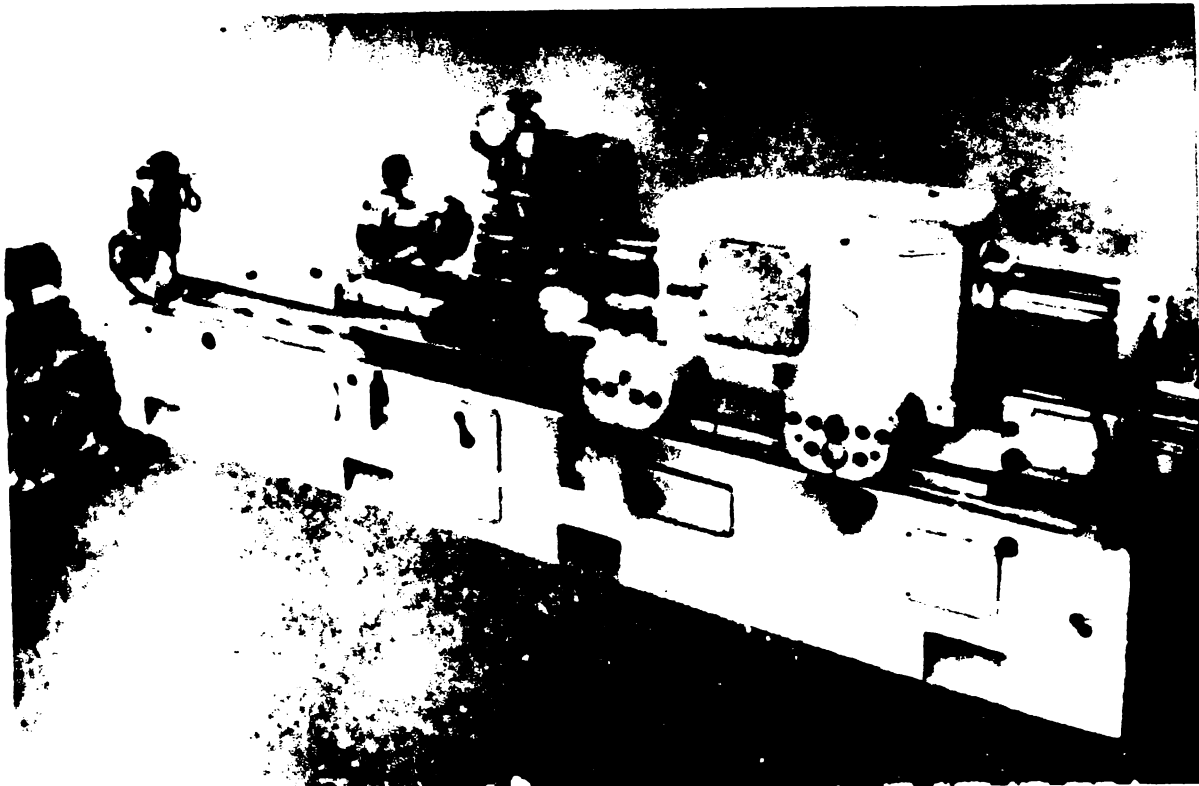


Fig. 4.7. Mașini speciale 30.1. model "Csepel".

Caracteristicile tehnice ale mașinii J. D. 1. sînt următoarele:

- Greutatea 8.000 kg.
- Puterea instalată 22 kW
- Ritmul de livrare 1,5-2,2 buc/buc.
- Productivitatea la încălcare de 75%. 25 buc/h.

Mașina de transfer J. D. 2. execută următoarele operații din itinerariul tehnologic stabilit, operații relate în tabelul 4.1. împreună cu regimul de lucru folosit.

Tabelul 4.1.

Nr. crt.	Denumirea operației	V m/min	S mm/cușit
1.	Prezare țilpi	90	0,06
2.	Glarire țilpi	18	0,12
3.	Ebogare alezaj statoric	35	0,3
4.	Finisare alezaj statoric	105	0,6
5.	Glarire	16	0,12
6.	Filetare	3	1,0
7.	Strungire plană	45	0,08

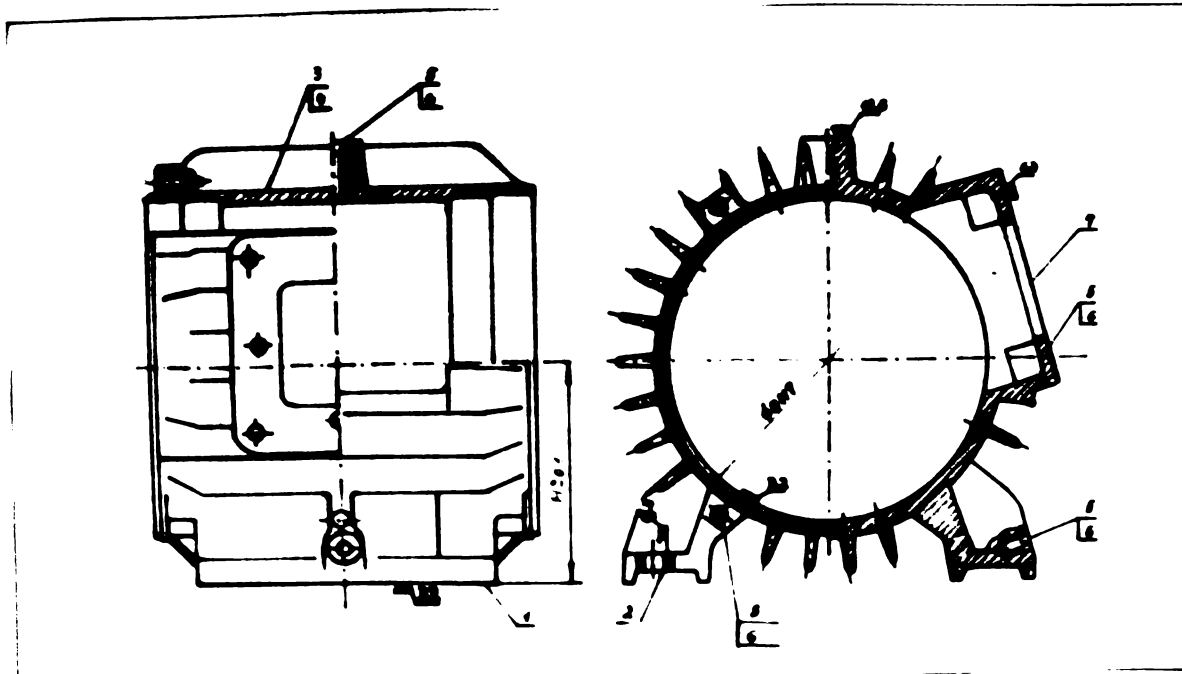
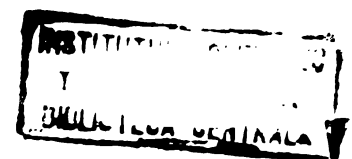


Fig. 4.8. Piess ce se prelucrașă pe mașina J. D. 2. model "Coșepel".



În Figura 4.9. este reletă o vedere de ansamblu a mașinii cu transfer liniar C.D.-2.

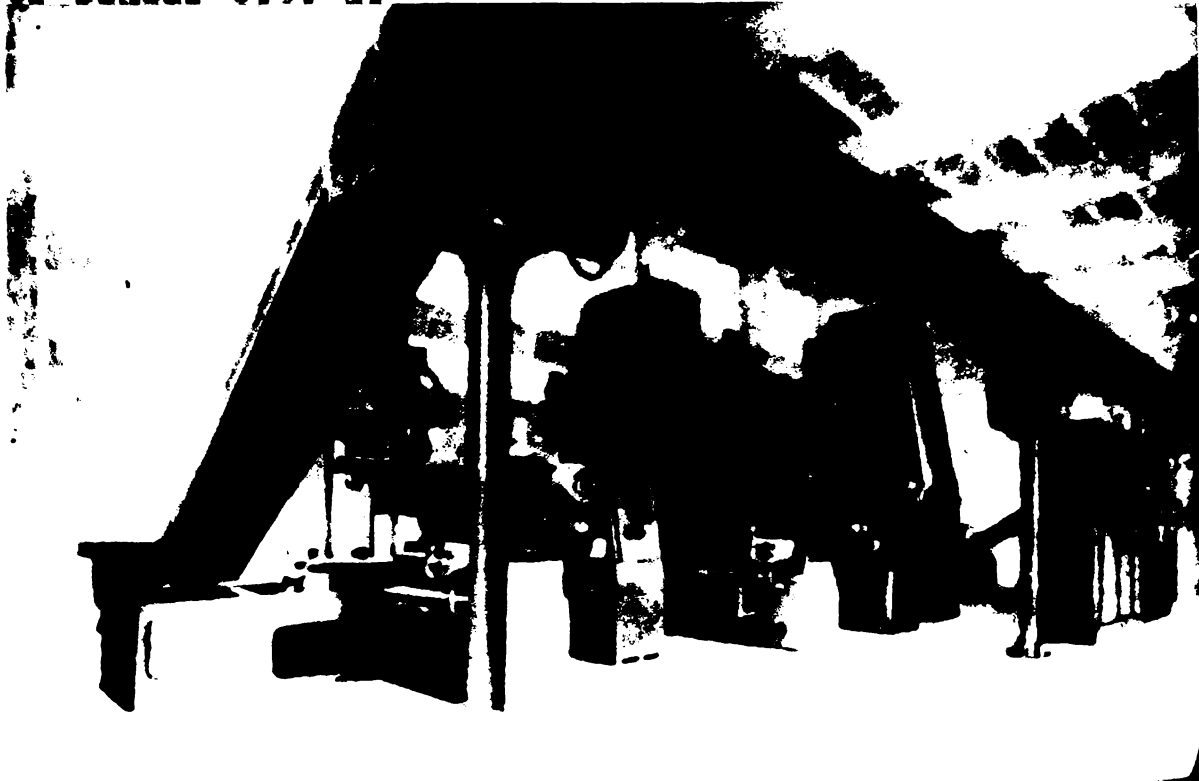


Fig. 4.9. Mașină cu transfer liniar C.D.-2 model "Csepel"

Pe mașina de transfer C.D.-2 carcusele se deplasează pe un dispozitiv de însoțire (vezi Fig.4.10.) pe care sînt fixate în poziție verticală și care trebuie să parcurgă linia de două ori, pentru a se termina prelucrarea. Această soluție a determinat ca linia să fie mult mai scurtă și asigură o productivitate mare, folosind mai puține unități. Mașina cu transfer liniar se compune din 6 posturi de lucru, 12 unități, numărul sculelor aflate simultan în lucru fiind de 50.

Ritmul de lucru este de 1,5-2,5 min/buc, și împreună cu mașina CD-1 este deservită de un singur muncitor.

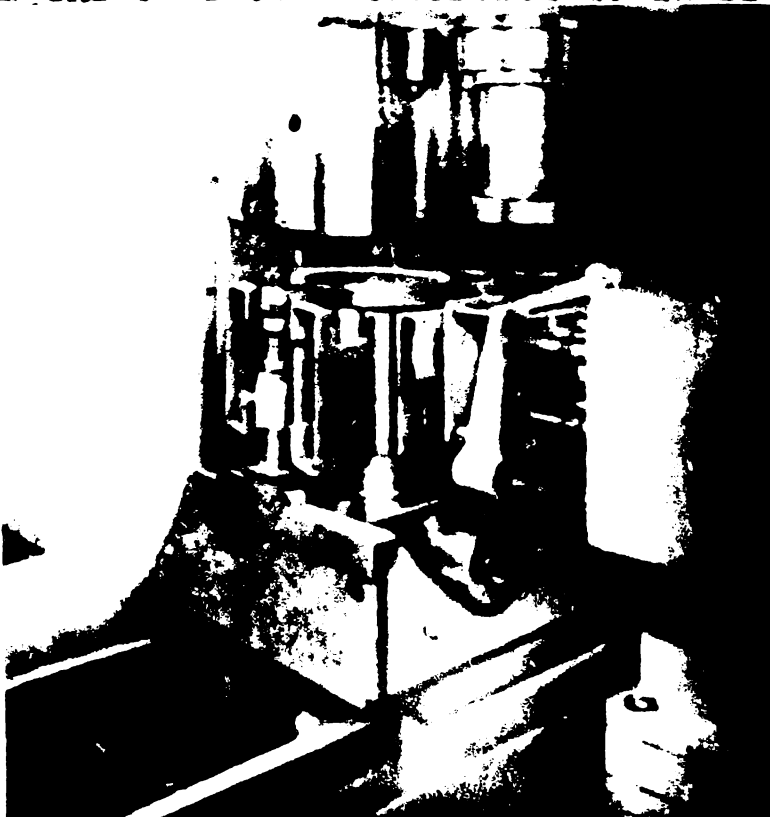


Fig. 4.10. Dispozitivul de însoțire pe mașina cu transfer liniar CD-2.

Caracteristici principale:
Capacitatea (CD-1+CD-2)...55.000kg
Puterea electrică instalată(CD-1+CD-2)... 70kW
Suprafața ocupată (CD-1+CD-2)..... 60m²
Productivitatea la o încălzire de 75%.....30-18 buc/h.

4.2.3. Linia automatizată pentru prelucrarea
carcaselor de motoare electrice model
"Csepel" 3Sz2.

Pentru prelucrarea carcaselor de motoare electrice de
2-10 kW (gabarit 112-160) se utilizează o linie automatizată, for-
mată din două mașini cu transfer liniar între care există un banc de
intermedii.

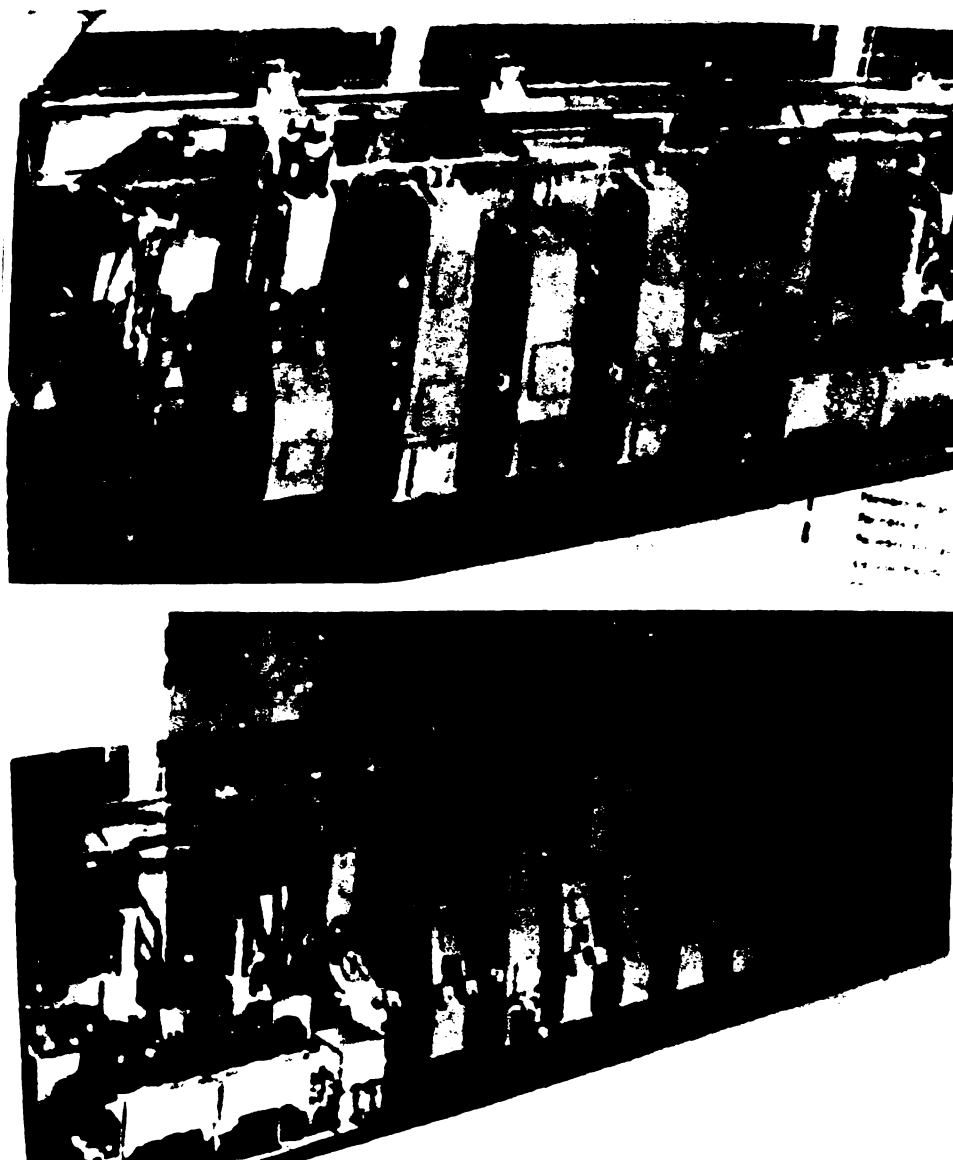


Fig.4.11. Vedere generală a liniei automatizate compuse
din două mașini cu transfer liniar, model
"Csepel" 3Sz2.

Linia este deservită de un singur încălțător, deoarece
prinderea și ieșirea pieselor, ca și întoarcerea lor se
realizează automat.

Pentru carcase de motoare de 13-22 kW (gab. 1^o și 2^o) linia are o construcție asemănătoare.

4.2.4. Varianta "Stankoinport"

Firma "Stankoinport" în J.M.S.S. oferă pentru prelucrarea carcaselor de motoare electrice două mașini transfer: una cu masă înlexată, model 3.A.224., care realizează operațiile de frezare, găurire și așezare și una cu transfer liniar, model 1 I 110, care realizează celelalte operații.

4.2.4.1. Mașina transfer cu masă înlexată model 3.A.224.

Mașina este destinată pentru prelucrarea tălburilor carcaselor turnate în fontă cenușie și are patru posturi:

- postul I - încălzire-încălzire
- postul II - Veză postul IV
- postul III - frezare finită a tălburilor
- postul IV - găurire 2 găuri $\varnothing 18$
 - găurire și așezare 2 găuri $\varnothing 18$
 - găurire 3 găuri $\varnothing 6$

Piesa și modul de fixare în dispozitivul de strângere este arătate în Fi. 4.12.

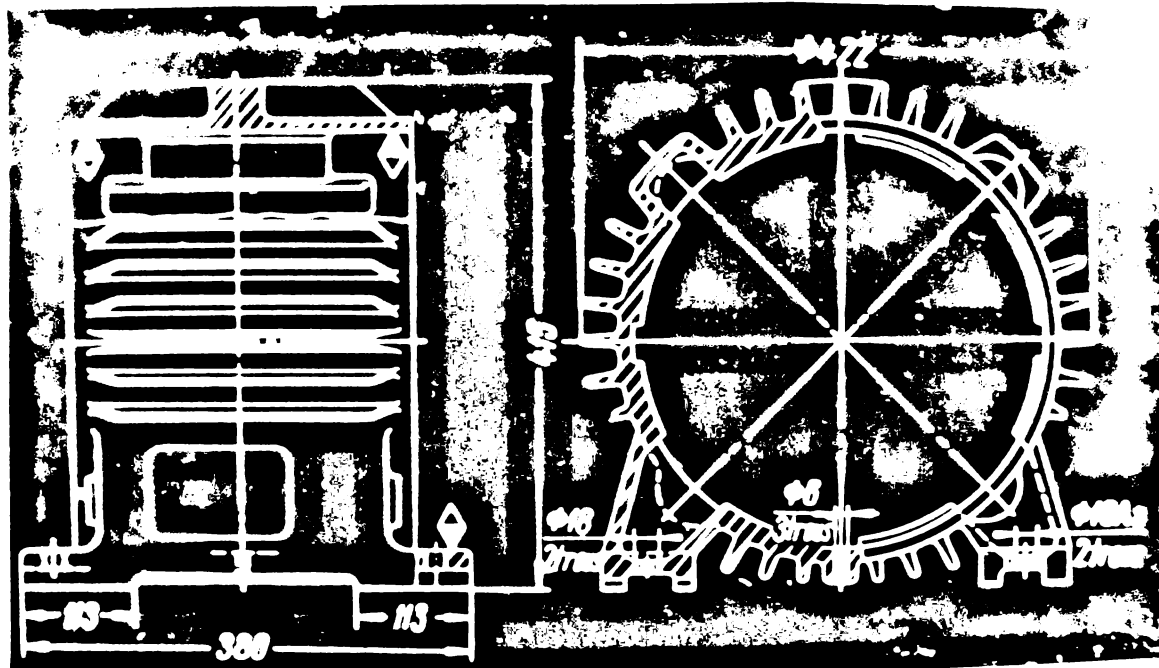


Fig.4.12. Piesa ce se prelucurează pe mașina transfer 3A224.

Mașina transfer, este cuprinsă dintr-un batiu central, echipat cu o masă mecanică rotativă înlexată, cu patru poziții, pentru fiecare poziție având montat un dispozitiv de strângere-fixare al piesei, un montanț pe care este montată o unitate de frezare cu două capete port freză, două batii laterale, fixate pe soclari, pe care sînt montate unitățile hidraulice de găurire echipate cu cutii multiax.

Acționarea dispozitivelor de strângere și fixare a pieselor se face pneumatic.

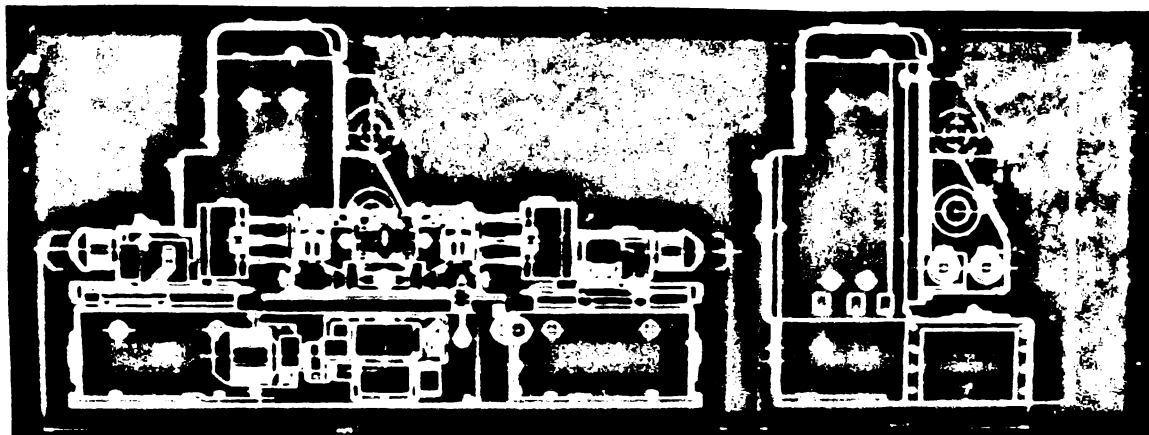


Fig. 4.13. Schema de ansamblu a mașinii transfer
3.A.224.

Caracteristicile principale:

- Numărul unităților de lucru 3
- Numărul axelor portscali 16
- Numărul pieselor preluate simultan 3
- Productivitatea la o utilizare 100% 27 buc/oră
- Înălțimea de încălțare, echipată cu o casă cu șapte axe:
 - puterea motorului electric kW 4,5
 - efortul maxim de avans (efort presiunea în sistemul hidraulic este de 50 daN) 1700 kg.
 - game de avansuri mm/min 20 la 100
 - game de viteze rot/min 195 la 640
 - cursa maximă de lucru mm 250
 - dimensiunile cutiei multi ax mm 520 x 500
- Unitate de frezare echipată cu două axe port freză:
 - puterea motorului electric kW 7
 - puterea motorului electric la comană hidraulică kW 2,8
 - forță maximă de avans (la presiunea în sistemul hidraulic de 50 daN) 5100 daN
 - game de avansuri mm/min. 15 la 300
 - viteza arborilor principali rot/min 177
 - cursa maximă de lucru mm 600
- Numărul total de motoare electrice 5
- Puterea totală a motoarelor electrice 20,5 KW
- Dimensiunile de gabarit:
 - (lungime x lățime x înălțime) mm 4200x2000x2710
 - Greutatea aproximativă a mașinii 13 tone

4.2.4.2. Mașină cu transfer liniar model 1.L.110

Mașina transfer este compusă din opt posturi de lucru care formează două grupe distincte.

Prima grupă formată din 6 posturi execută următoarele operații:

- Unitatea pe stînga - execută strungirea alezajului $\varnothing 348$ pe lungimea de 63 mm
- postul I
- unitatea pe dreapta - execută strungirea de $\varnothing 345$ pe lungimea de 77 mm.
- unitatea pe stînga - eboșează umîrul interior pentru fișare scut și frontal
- postul II și III
- unitatea pe dreapta - Idem pentru cel de-al doilea scut
- unitatea pe stînga - finisează umîrul interior pentru scut frontal
- postul IV și V
- unitatea pe dreapta - finisează umîrul interior pentru scut, alezajul interior statoric $\varnothing 343 \pm 0,005$ și frontal $-0,13$
- unitatea pe stînga - găurește 4 găuri $\varnothing 10,1$ (poziția I) și filetează 4 găuri M.12 (în poziția II-a)
- unitatea pe dreapta - găurește 4 găuri $\varnothing 10,1$ (în poziția I) și filetează 4 găuri M.12 (în poziția II)
- pentru fiecare scut.

Pentru creșterea productivității mașinii transfer, operația de strungire alezaj stator, care limitează tactul, este executată pe două posturi analoge (C_2 și C_3 pentru eboșare și C_4 și C_5 pentru finisare). Tot în prima grupă se include și masa pivotantă care rotește piesa cu 90° în jurul axei verticale.

A doua grupă este formată din două posturi de lucru care execută următoarele operații:

- unitatea verticală: găurește gaurainelului de ridicare (în poziția I) țesire și lamare pentru așezareainelului de ridicare (în poziția II).
- postul VII
 - unitatea pe dreapta: găurește 8 găuri \varnothing 7 pentru fixare cutie borne (în poziția I) găurește 8 găuri \varnothing 5 pentru fixare cutie borne (în poziția II).
 - unitatea verticală: filetează gaurainelului de ridicare
- postul VIII
 - unitatea de dreapta: filetează cu M6 cele 8 găuri pentru fixarea cutiei de borne.

Captatorul și transportorul de așchii se află sub sistemul de transfer. Piesele se deplasează pe sistemul de transfer pe un dispozitiv de însoțire pe care sînt fixate, baze tehnologice fiind folosite suprafețele executate pe prima mașină transfer.

Comanda avansului pentru toate operațiile executate la prima grupă este hidraulică, cu excepția tarozilor conduși de o pilașă de reproducere, care asigură o înaltă precizie de filetare. A doua grupă, deoarece prelucrează găuri înfundate, are comanda avansului prin came. Filetarea este precedată de verificarea adîncimii găurilor de filetat și de un post de curățire span B K respectiv B C.

În postul de încărcare, piesele sînt așezate pe dispozitivul de însoțire unde sînt poziționate prin două bolțuri care intră în găurile alezate pe mașină 3.A.224. În posturile de lucru piesele și dispozitivele de însoțire sînt strînse simultan. Pentru executarea operației de strângere a alezajului stator, care este mai dificilă, piese de prelucrat se așează pe suporturi suplimentari la așezare - strângere.

Transferul dispozitivelor de însoțire se realizează cu un transportor pas cu pas, cu clichetși cu arc. Pe bara circulară de transfer o parte a clichetșilor sînt plasatși la 180° în raport cu ceilalți clichetși. Aceștia din urmă deplasează dispozitivele de însoțire cu un pas dublu pentru posturile care au timp de prelucrare mai îndelungat.

Transportul de retur al dispozitivelor de însoțire (pas cu pas cu clienși cu resort) este plasat puțin deasupra solului și trece prin batiurile unitășilor din dreapta unde sînt practicate orificiile de trecere. La sfîrșitul și începutul sistemului de transfer, brațe mecanice transportă dispozitivele de însoțire de pe sistemul de transfer pe sistemul de transport și invers.

Comanda transportului, a transferului, a brațelor mecanice, a strângerii și îndepărtării se face centralizat și este hidrolică. Tot aparatul hidraulic se află montat într-o centrală hidrolică. Comanda generală se realizează de la un pupitr de comandă central, dotat cu un comutator care permite trecerea mașinii de transfer din ciclul automat la ciclul de reglare. În acest caz, comanda mecanismelor constituente se face separat din posturile de reglare plasate direct pe mecanismele comandate.

Evacuarea găurilor este asigurată de către un transportor cu roțelă plasat într-un canal care este lângă linia de transfer.

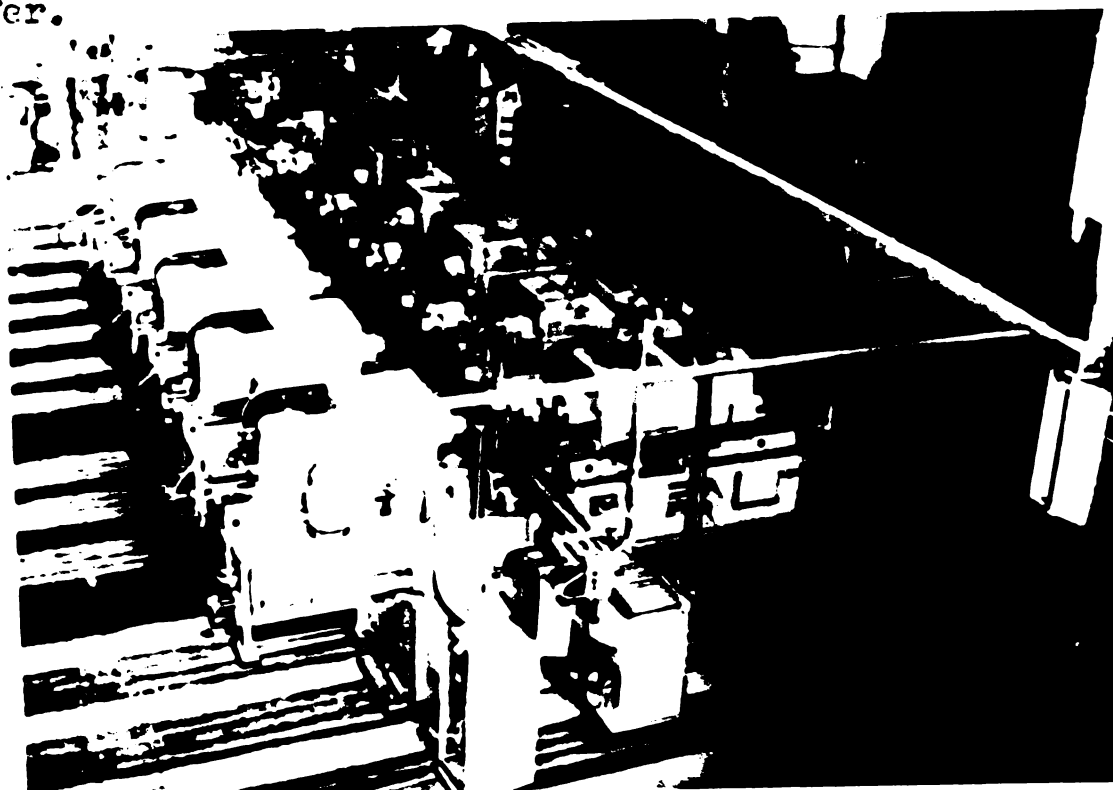


Fig. 4.14. Vedere de ansamblu a mașinii transfer model 1.1.110.

Dispozitivele de aducere la cot și a sculelor și mandrinele de schimbare rapidă utilizate pe mașina transfer și păstrate într-un dulap la scule amplasat alăturat, reduc în mare parte timpul necesar pentru înlocuirea sculelor uzate.

Mașina transfer, a cărei vedere generală este redată în figura 4.14. este constituită în esență din elemente normalizate, ceea ce permite foarte ușor modificarea sa în cazul modificării piesei de prelucrat.

Caracteristicile principale:

Piesa de prelucrat	carcasă de motor electric din Ec. Gab.160-200
Productivitatea la o utilizare 100%	25 buc/h
Numărul posturilor de lucru	8

Numărul unităților de lucru	18
Numărul sculelor (axelor portsculă)	53
Numărul posturilor	11
Posturi de control	1
Numărul dispozitivelor însoțitoare	34
Numărul motoarelor electrice	33
Puterea totală a motoarelor electrice	104,3 kW
Dimensiunile de gabarit (lungime x lățime, înălțime)	2500 x 5160 x 2500
Greutatea aproximativă	47,5 tone

4.2.5. Varianta "Burkhardt și Weber"

În cadrul unei reorganizări a utilajului uzinei de electromotoare DEMAC din Welter (Ruhr), printre altele, s-a pus și problema prelucrării carcасelor de motoare electrice cu un număr relativ mic de muncitori. A rezultat necesitatea utilizării unor mașini cu transfer linier care să asigure un ritm de fabricație ridicat. [47]

Aceste mașini trebuie să asigure prelucrarea unei game largi de tiposiensiuni: de la carcасe cu diametrul alezajului statoric de \varnothing 132 mm (gabarit 90) până la carcасe cu diametrul alezajului statoric \varnothing 355 mm (gabarit 225).

Baza tehnologică necesară pentru așezarea și fixarea pieselor în vederea prelucrării pe mașinile transfer era asigurată prin prelucrarea simultană a celor doi umeri pentru fixarea scuturilor, pe un strung carusel înzestrat cu o dispozitivare specială. Precizia de execuție a celor doi umeri era h 8, deoarece se avea în vedere faptul că după operația de presare a miezului magnetic stator în carcасă, aceștia se vor finiza.

Din analiza dimensională a pieselor a rezultat că sînt necesare două mașini transfer: o mașină transfer care să prelucraze carcасele de dimensiuni \varnothing 132 - \varnothing 190 mm (gabarit 90-132) și o mașină transfer care să prelucraze carcасele din domeniul \varnothing 240 - \varnothing 355 mm (gabarit 160-225). Prezentarea schematică a celor două mașini de transfer este făcută în figura 4.15.

Ritmul impus este de 3 minute pentru carcасele mici și de 5 minute pentru carcасele mari.

Reglarea mașinilor transfer de la un tip de piesă la altul se efectuează cu 4 oameni în timp de o oră.

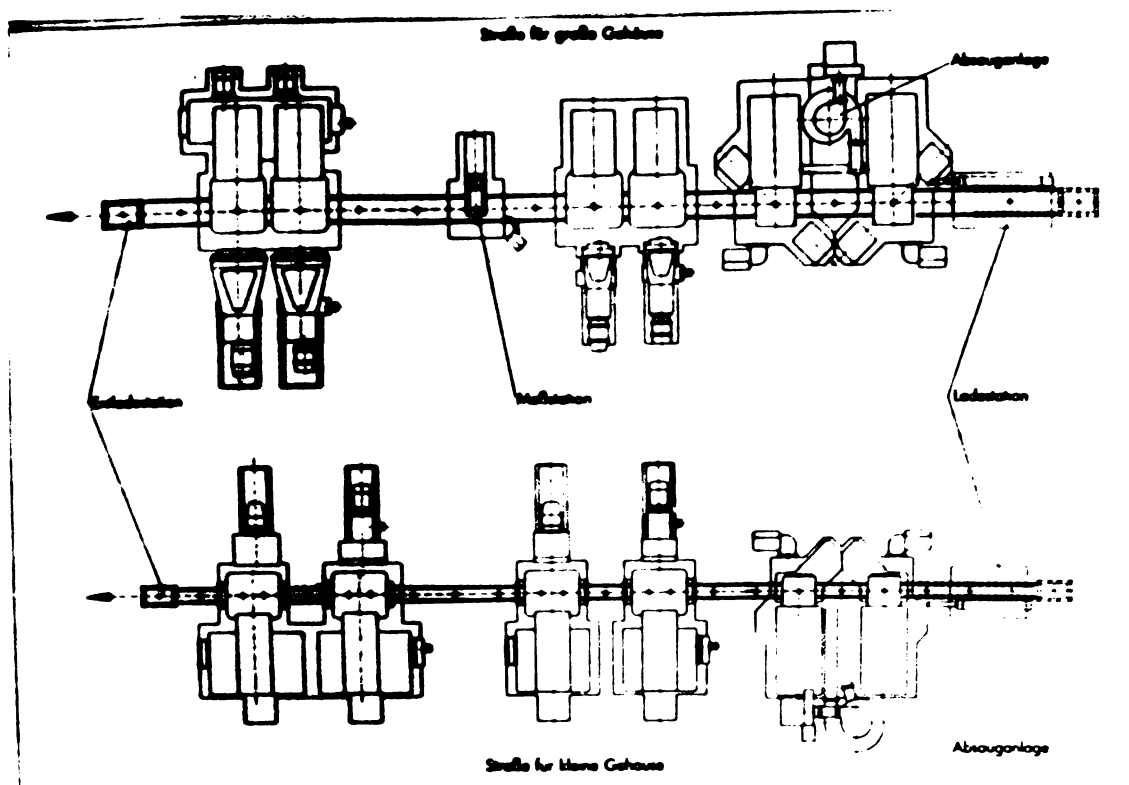


Fig. 4.15. Schema mașinilor transfer "Burkhardt și Weber".

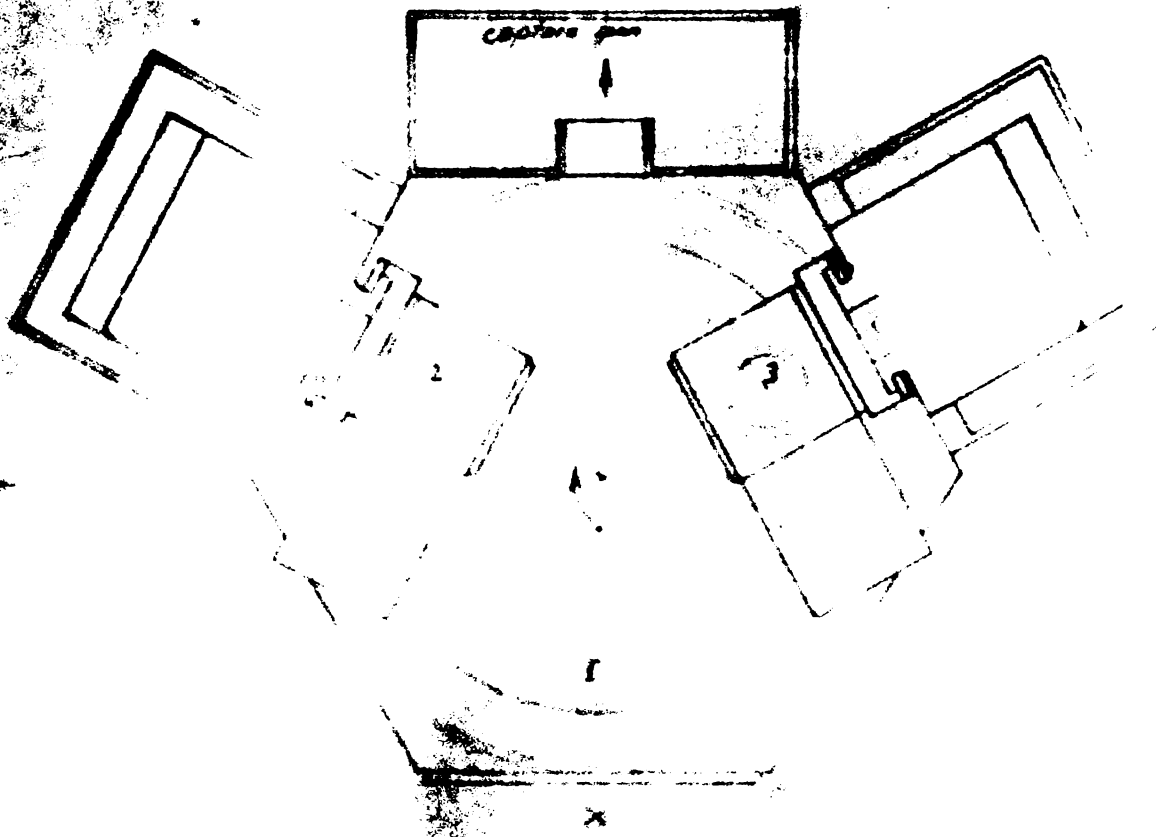
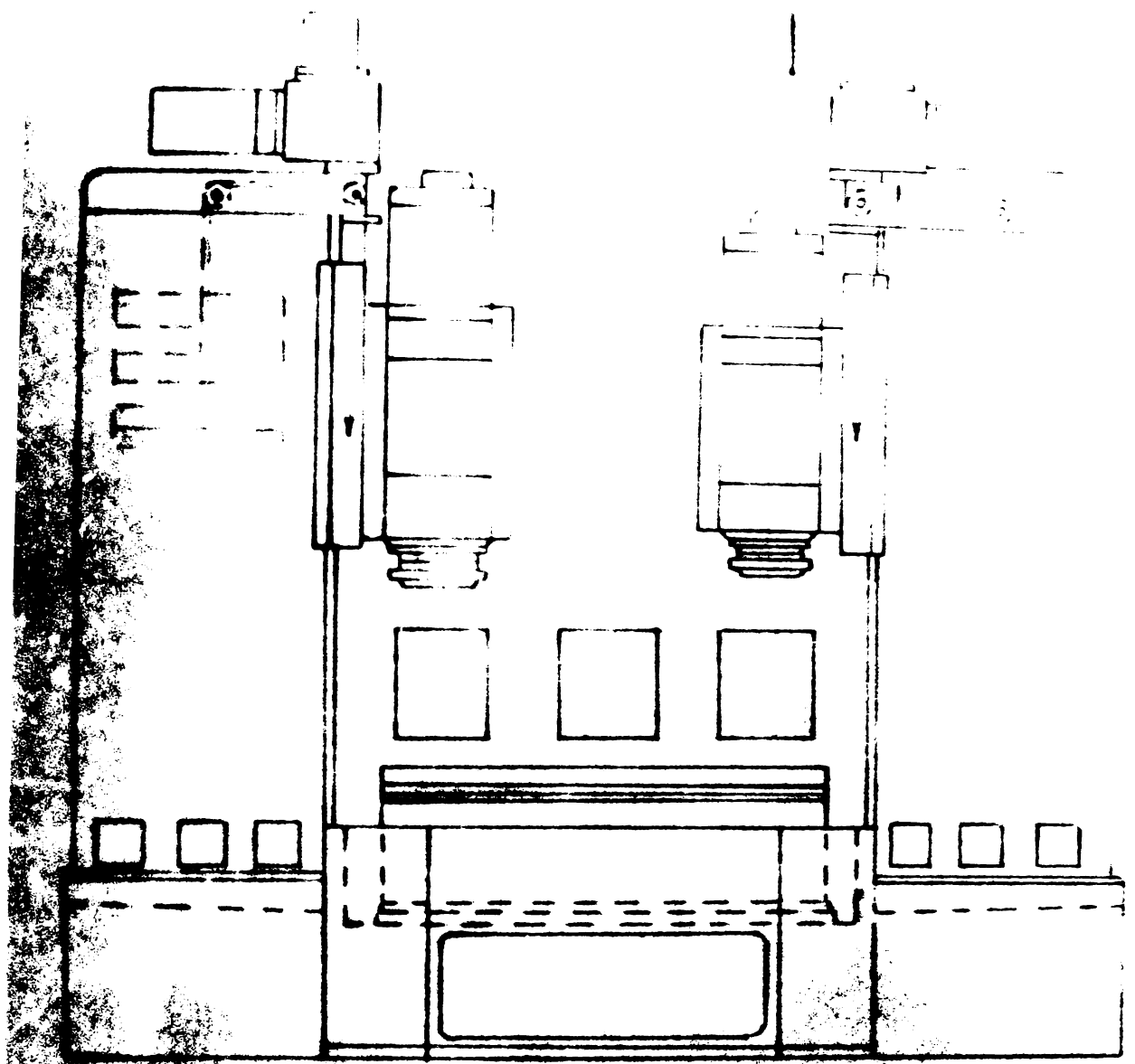
Mașina cu transfer liniar are următoarele posturi:

- post de încălzire
- post de eboșare alezaj stator
- post de absorbție span și răcire
- post de finisare alezaj stator
- post de găurire pentru fixare scut I și C.B.
- post de filetare găuri pentru fixare scut I și C.B.
- post de control
- post de găurire găuri pentru fixare scut II și tălpi
- post de filetare găuri pentru fixare scut II
- post de descărcare

4.2.6. Variante "Mauser Schaeerer" de prelucrare cu două mașini transfer cu masă indexată.

Pentru prelucrarea carcasselor de motoare electrice de gabarit 80, 90, 100, turnate din fontă cenușie, cu duritatea maximă 240 HB, firma "Mauser Schaeerer" G.M.B.H. din R.F.G., propun utilizarea a două mașini transfer cu masă indexată: o mașină transfer care să prelucereze alezajul stator și o mașină transfer care să execute operațiile de găurire, filetare și frezare. [103]

Piecele, pentru a putea fi fixate și prelucrate pe aceste mașini, au baza tehnologică - umărul I pentru fixare scut și suprafața frontală I - asigurată prin prelucrarea lor pe o mașină universală.



4.2.6.1. Mașini transfer cu masă indexată cu trei posturi

Mașina transfer este destinată prelucrării alezajului stator și a umirului II pentru fixare scut și are trei posturi:

- postul I - încărcare manuală și prindere automată a piesei;
- postul 2 - degroșare alezaj stator, umir II și strungire frontală;
- postul 3 - finisare alezaj stator.

Piesa este așezată manual pe un inel de centrare și se fixează cu ajutorul unui dispozitiv acționat hidraulic.

Deoarece carcasa se încălzește puternic în timpul prelucrării, verificarea diametrului alezajului stator nu se poate face pe mașină.

Mașina transfer are următoarele date tehnice:

- greutatea mașinii 16 tone
- suprafața ocupată 2,1 x 4,3 m.
- puterea instalată 28 kW.

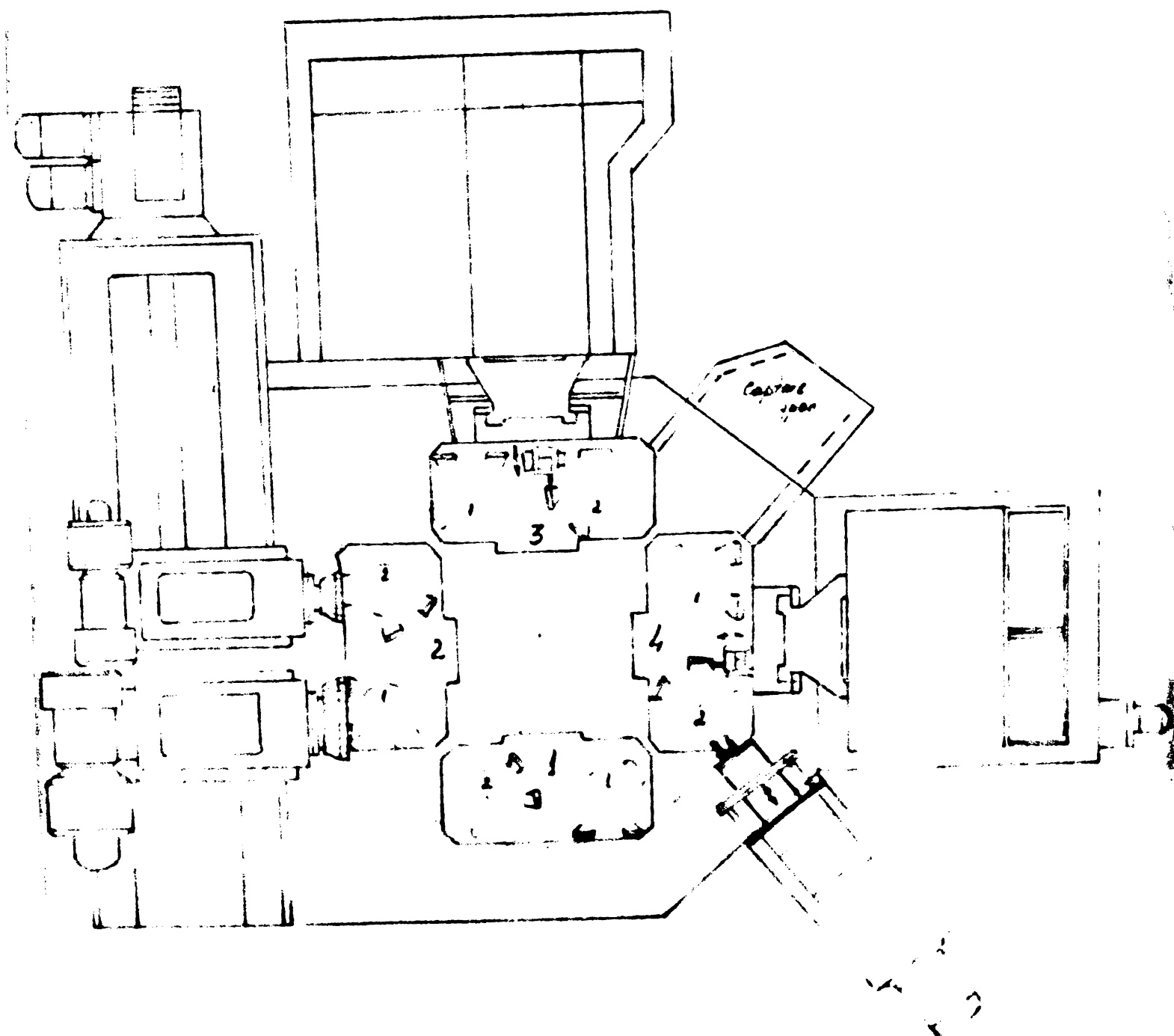
Schema de principiu a mașinii transfer cu masă indexată cu trei posturi este arătată în figura 4.16.

4.2.6.2. Mașini transfer cu masă indexată cu patru posturi.

Mașina transfer este destinată pentru executarea următoarelor operații:

- postul I - descărcarea piesei prelucrate, încărcare piesă neprelucrată și transbordare piesă semiprelucrată.
- postul II
 - prinderea I-a : frezare tălpi - cu o unitate orizontală
 - prinderea II-a : frezare cutie borne - cu o unitate orizontală
 - prinderea I-a : găurire tălpi - cu o unitate orizontală
- postul III
 - prinderea II-a : găurire găuri pentru fixare cutie cu borne - cu o unitate orizontală.
 - găurire găuri fixare scut II-cu o unitate verticală.
 - găurire găuri pentru guburubul de punere la pământ-cu o unitate orizontală.

- postal IV - prinderea I-a : filetare giuri de fixare scut I - cu o unitate verticală.
- prinderea II-a : filetare giuri pentru fixarea cutiei borne - cu o unitate orizontală.
- : filetare giuri pentru fixarea scut II - cu o unitate verticală.
- : filetare giuri pentru șurubul de punere la pământ - cu o unitate orizontală.



- Fig. 4.17. Lagini cu masă rotativă cu 4 posturi.

Piesa se fixează în poziție verticală pe un dispozitiv acționat hidraulic care folosește ca suprafață de centrare și strângere alezajului stator. Prelucrarea completă a piesei se realizează după ce masa indexată a realizat două rotații complete. După prima rotație a mesei indexate, piesa se prinde în alt dispozitiv de prindere, după ce a fost rotită cu 180° .

Caracteristicile mașinii:

- greutatea 27 tone
- spațiul necesar 4,6 x 6 m.
- puterea instalată 60 kW

Schema de ansamblu a mașinii transfer cu masă indexată cu patru posturi este redată în figura 4.17.

4.2.7. Varianta "Mousser Schaefer" de prelucrare cu trei mașini transfer cu masă indexată.

Este o variantă îmbunătățită față de aceea expusă în paragraful precedent și constă într-o linie tehnologică formată din trei mașini transfer cu masă indexată, independente, care asigură prelucrarea integrală a carcасelor turnate din fontă cenușie, pentru motoarele electrice gabarit 80, 90, 100.

Duritatea maximă admisă pentru piesele turnate este de 240 HB.

Prima mașină din linie este o mașină transfer cu masă indexată cu două posturi, destinată prelucrării simultane a celor doi aneri pentru fixare scuturi, suprafețelor frontale și alezajelor de protecție a capetelor de bobine. Deservirea este asigurată de către un singur muncitor.

A doua mașină din linie este o mașină transfer cu masă indexată cu trei posturi, destinată prelucrării alezajului stator. Ca baze tehnologice de așezare și fixare a piesei sînt folosite suprafețele prelucrate pe prima mașină, deservirea mașinii fiind asigurată de un singur muncitor.

Ultima mașină din linie este o mașină transfer cu masă indexată cu patru posturi, care execută operațiile de frezare, găurire și filetare. Deoarece piesa este fixată în poziție verticală, prelucrarea completă a piesei se realizează pe două rotații complete ale mesei indexate. După o rotație completă a mesei indexate piesa se desprinde și se rotește cu 180° , pentru a se asigura accesul sculelor în vederea prelucrării tuturor suprafețelor.

4.2.7.1. Mașină transfer cu masă indexată cu două posturi

- Mașina transfer este prevăzută cu două posturi unde se execută următoarele operații:

- postul I : se introduce piesa manual, se centrează și se avansează în poziția de prindere-automat.
- postul II : se execută prelucrarea simultană a suprafețelor frontale, a celor doi umeri pentru fixare scuturi și a alezajelor de protecție a capetelor de bobine.

Schema de prelucrare a mașinii este arătată în figură 4.18. Iar elementele regimului de așchiere folosit se găsesc în Tabelul 4.2. Valorile se referă la carcasa de gabarit 60.

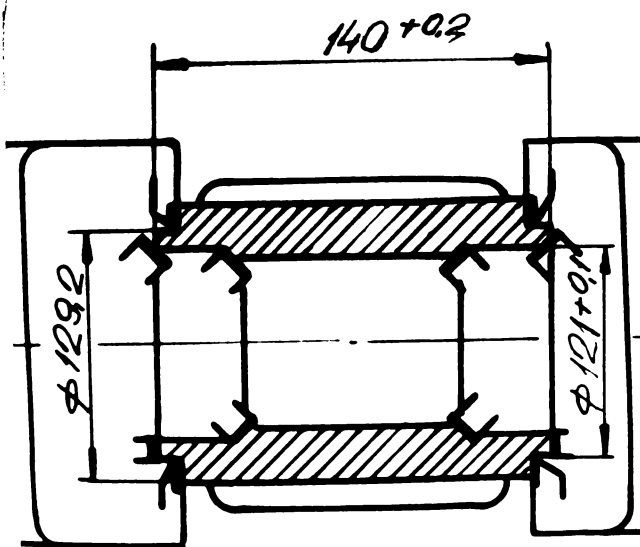


Fig.4.18.Schema de prelucrare pe mașina transfer cu două posturi.

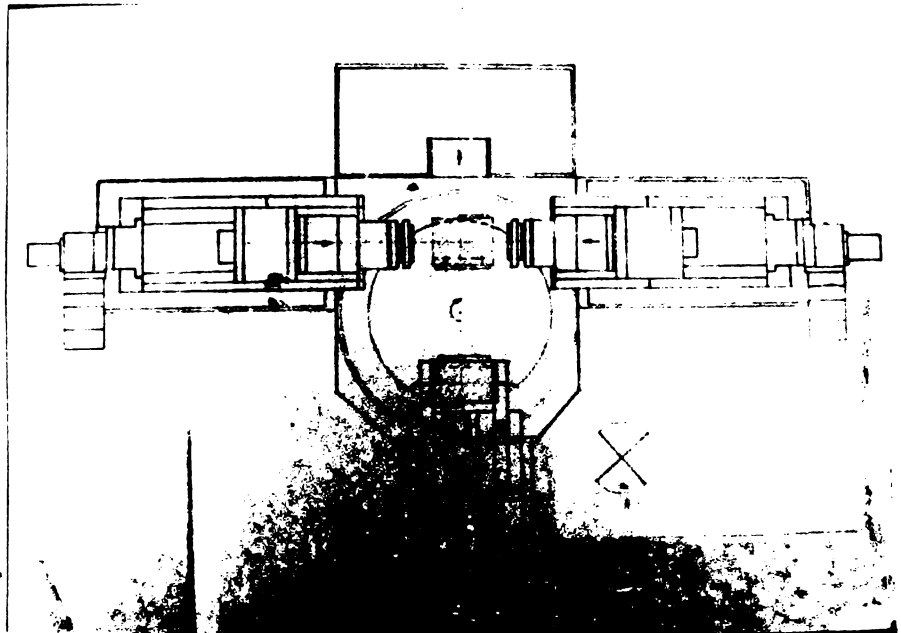


Fig.4.19.Schema de asamblare a mașinii transfer.

Tabelul 4.2.

Instalația	-----	-----
ce centrare și încărcare automată se compune dintr-o consolă, o semie de glisare cu cilindru hidraulic, un mecanism de centrare cu clește și inelele pe care se așează piese.	ϕ	mm 120/130
	v	m/min 118/128
	n	rot/min 315
	s	mm/rot 0,24
	s'	mm/min 75
	l	mm 30
	tb	min 0,40
	ta	min 0,20
	tu	min 0,60
	-----	-----

Prinderea și fixarea piesei în poziție de lucru se realizează cu ajutorul unor

cilindri hidraulici.

Schița de ansamblare a mașinii transfer cu masă indexată cu două posturi se vede în figura 4.19. și are următoarele caracteristici:

- greutatea 8.000 kg.
- suprafața ocupată 2,6 x 6,2 m.
- puterea instalată 30 kW

4.2.7.2. Mașină transfer cu masă indexată cu trei posturi

În cele trei posturi ale mașinii transfer se execută următoarele operații:

- postul I : încălcarea manuală și prinderea automată a piesei
- postul II : eboșarea alezajului stator
- postul III : finisarea alezajului stator.

Pentru captarea și eliminarea șepnului, mașina transfer este echipată cu un captator de șepn.

Caracteristicile principale ale mașinii transfer sînt următoarele:

- suprafața necesară pentru montaj . . . 3,1 x 4,3 m
- greutatea 16.000 kg.
- puterea instalată cca 28 kW

4.2.7.3. Mașină transfer cu masă indexată cu patru posturi

Mașina transfer este asemănătoare cu cea descrisă în paragraful 4.2.6.2. și este destinată pentru executarea următoarelor operații:

- postul I : descărcare piesă prelucrată, încălcare piesă neprelucrată, strângere și fixare piesă automat - sînt necesare două prinderi.
- postul II : prinderea I-a : fixare tălpi- cu o unitate orizontală
prinderea II-a : frezare cutie de borne- cu o unitate orizontală
- postul III : prinderea I-a : găurirea tălpilor- cu o unitate orizontală
găurirea găuri fixare scut I - cu o unitate verticală
prinderea II-a : găurire găuri pentru fixare cutie de borne - cu o unitate orizontală
găurire gaură pentru șurubul de panare la pînînt- cu o unitate late-

- postul IV : prinderea I-a : filetare găuri fixare scut I - cu o unitate verticală
- prinderea II-a : filetare găuri pentru fixare câtie borne-cu o unitate orizontală
- filetare găuri pentru fixare scut I - cu o unitate verticală
- filetare găuri pentru gurubul de punere la pământ - cu o unitate laterală.

Deosebirea esențială față de mașina transfer descrisă în paragraful 4.3.6. constă în faptul că pentru găurirea și filetarea găurii pentru gurubul de punere la pământ nu se mai folosesc unități orizontale ci unități laterale.

Timpu de prelucrare pentru o carcasă de motor electric gabarit 80 este de aproximativ 0,75 minute.

Fiecare post de găurire are pe lângă dispozitivul de strângere 4 coloane de ghidare pentru conducerea plăcilor port buce.

Pentru simplificarea construcției mașinii transfer și a dispozitivării se fac următoarele precizări asupra formei constructive a piesei de prelucrat:

- distanța de la găurile pentru fixare plătute cu date la bosaful cutiei de borne să fie aceeași la toate tipurile de carcase;

- bosaful cutiei de borne și gaura gurubului de punere la pământ să fie dispuse la aceeași distanță față de unul din unerii pentru fixare scut (suprafața de așezare).

4.2.3. Varianta "Fritz-Werner" de prelucrare cu trei mașini transfer cu masă indexată.

Pentru prelucrarea carcaselor de motoare electrice de gabarit 80, 90, 100, turnate din fontă cenușie, firma "Fritz-Werner" din R.F.G., Frankfurt pe Main, propune o linie formată din trei tipuri de mașini transfer cu masă indexată:

- o mașină transfer cu masă indexată cu șase posturi pentru degroșare olezaj stator și prelucrarea finală a unei părți frontale și unirii pentru fixare scut I;

- mașină transfer cu masă indexată cu șase posturi, pentru finisarea olezajului statoric și prelucrarea finală a celei de-a doua părți frontale și a unirii pentru fixare scut II;

- mașină transfer cu masă indexată cu patru posturi, pentru frezarea tălpilor și a bosașului cutiei de borne, găurirea și filetarea găurilor în tălpi și din bosașul cutiei de borne.

4.2.8.1. Mașină transfer cu masă indexată cu șase posturi

Mașina execută următoarele operații:

- postul I : încărcare-descărcare
- postul II : eboșarea alezajului stator
- postul III : eboșarea umărului I și strângerea fronta-
lă
- postul IV : strângerea alezajului de protecție și
finisarea umărului I
- postul V : găurirea găurilor pentru fixare scut I
- postul VI : filetarea găurilor pentru fixare scut I.

Piesa se fixează în poziție orizontală, iar prinderea se face pe conturul exterior brut.

Partea principală a mașinii transfer o constituie masa rotativă acționată de către un motor hidraulic, pe care este montat dispozitivul hidraulic cu șase posturi de strângere. Poziționarea mesei în poziție de lucru se realizează cu ajutorul unor indexi acționați hidraulic.

Piesa se orientează după tălpile neprelucrate ale carcasei, cu ajutorul unui mecanism acționat mecanic, după care are loc strângerea piesei pe suprafața exterioară, care se realizează hidraulic.

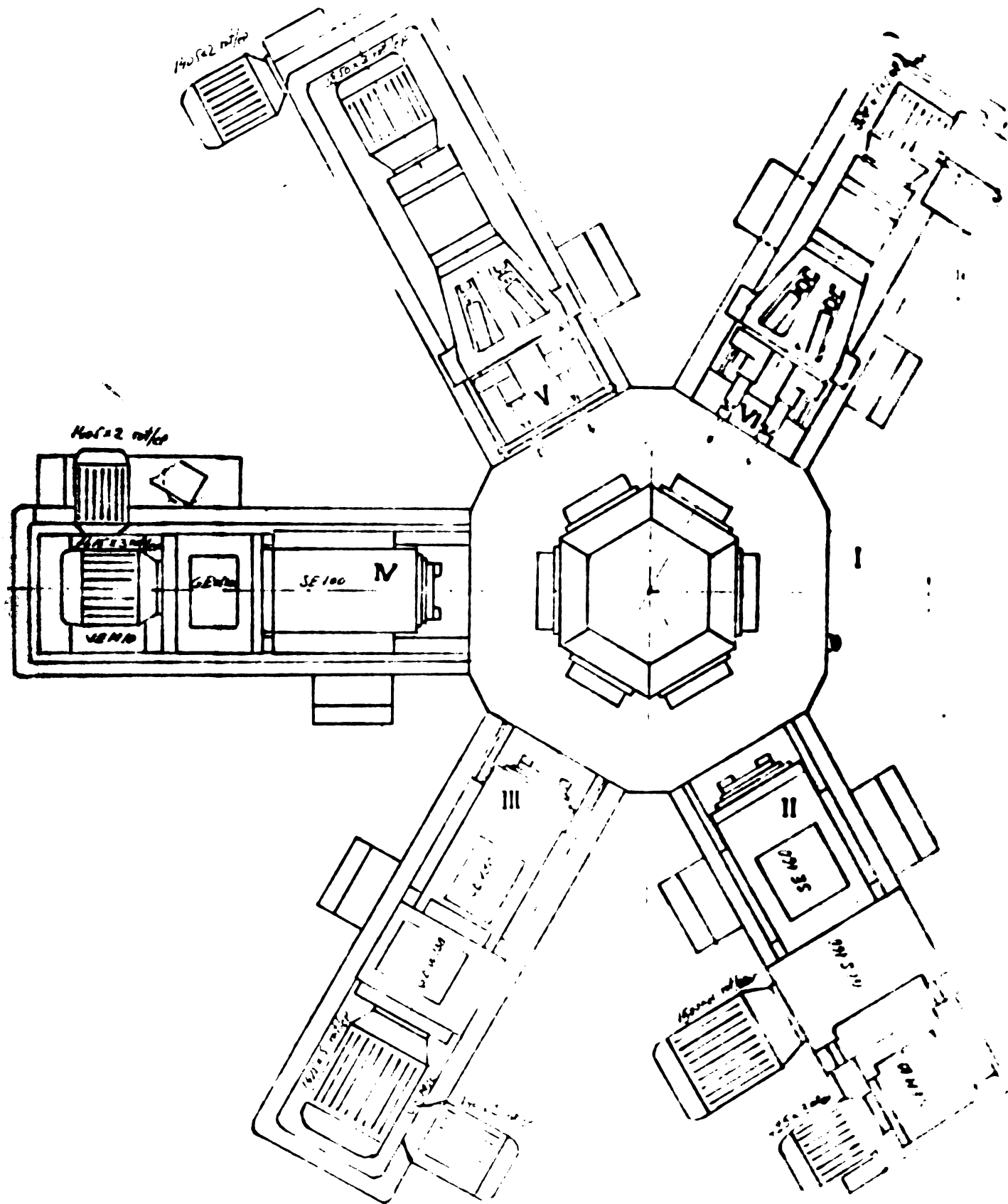
Celelalte elemente componente ale mașinii: unități, sănii batiuri orizontale, etc. sînt elemente tipizate.

Pentru ghidarea precisă a burghiilor sînt prevăzute plăci de ghidare corespunzătoare, iar la filetare pentru compensarea diferențelor dintre pasul tarodului și Evans se utilizează mandrine cu compensare.

La postul V se află montat și un dispozitiv de măsurare, care verifică diametrul umărului prelucrat și în cazul cînd acesta nu se încadrează în cîmpul de toleranță prescris, oprește automat mașina.

Pe lângă tabloul central de comandă amplasat lângă mașină, aceasta are la fiecare post cîte un pupitru de comandă individual pentru reglare.

Schița de ansamblare a mașinii transfer cu masă indexată cu șase posturi este redată în figura 4.20.



4.2.8.2. Mașini transfer cu mașă indexată cu șase posturi

Este asemănătoare cu mașini descrise mai sus și execută următoarele operații:

- postul I : încălzire-descălzire
- postul II : finisare alezaj stator
- postul III : degroșare umir II și strunjire frontală
- postul IV : finisare umir II și strunjire locaș bobine
- postul V : găurire găuri pentru fixare scut II
- postul VI : filetare găuri pentru fixare scut II.

Piesa se introduce manual, se așează și se prinde în dispozitivul de strângere, folosind ca baze tehnologice, suprafețele prelucrate pe mașina descrisă mai sus. Orientarea se realizează după o aripioară și strângerea se realizează hidraulic.

Deoarece timpul pentru prelucrarea alezajului stator este cel mai mare, se utilizează un cap multicutit cu 8 cutite pe circumferință.

În posturile de găurire sînt prevăzute plăci de ghidare pentru conducerea burghiilor, în vederea asigurării preciziei cerute.

În postul V este montat un dispozitiv de măsurare care verifică diametrul umirului prelucrat și oprește mașina la depășirea toleranțelor impuse.

Postul de filetare este prevăzut cu mandrine care compensează diferența dintre pasul tarodului și avans.

Ungerea tuturor sînilor de lucru se realizează de către un sistem de ungere central, iar a celorlalte elemente sistemele de ungere proprii.

Pe lîngă tabloul central de comandă, fiecare post are un panou de comandă individual pentru reglare.

4.2.8.3. Mașini transfer cu mașă indexată cu patru posturi.

Mașina execută următoarele operații:

- postul I : prindere-desprindere - se utilizează 2 prinderi
- postul II : prinderea I-a: frezare tălpi
prinderea II-a: frezare bosaj pentru cutie de borne

- postul III: prinderea I-a: găurire tălpi
prinderea II-a: găurire bosaaj cutie de borne și găuri pentru fixare tăbliță cu date.
- postul IV : prinderea I-a : găurirea și filetare gaură pentru fixare pachet stator
prinderea II-a : filetare găuri pentru cutia de borne.

Piesa se fixează în poziție orizontală, iar prinderea se face pe interiorul alezajului stator.

În fig.4.21. este redată schița de ansamblu a mașinii transfer cu patru posturi.

Piesa se prelucurează pe mașină, în două prinderi, cu ciclul automat. După fiecare ciclu de prelucrare, muncitorului care deserveste îi revine sarcina de a scoate piesa prelucrată definitiv, de a schimba prinderea la piesa pe jumătate prelucrată și de a introduce o altă piesă neprelucrată în locul ei.

Dispozitivul de prindere este acționat hidraulic și are patru posturi de prindere pentru prima prindere și patru posturi de prindere pentru cea de-a doua prindere.

Partea principală a mașinii transfer o constituie masa rotativă tip R.B.T. 150 montată pe un batiu central, pe ea fiind fixat dispozitivul de prindere hidraulic cu cele opt posturi de prindere. Avansul masei rotative se face printr-un motor hidraulic cu două pompe. La rotirea masei debitează ambele pompe iar la sfârșitul cursei, unde este necesară o viteză mai mică, se lucrează cu o singură pompă. Masa se blochează hidraulic în poziție de lucru.

La posturile de frezare, după terminarea operației, un sistem hidraulic înlătură scula de frezat de piesă, pentru ca la revenirea unității de frezat în poziție inițială, această să nu producă rizari (urme) pe suprafața prelucrată.

Găurirea găurilor din tălpi se realizează cu un cap multi-ax de găurire cu 4 axe cardanice telescopice, burghiile având asigurată ghidare de o placă telescopică cu bușe de ghidare, schimbabilă de la gabarit la gabarit.

Pentru executarea găurilor din bosaajul pentru cutia de borne și pentru fixarea tăbliței cu date se folosește un cap multi-ax cu 11 broșe.

Avansul sculelor pentru filetare se realizează prin intermediul unor bușe de copiere care au același pas cu pasul terodului.

Aparatele de comandă electrice, sînt montate într-un dulap de comană, amplasat lîngă mașină. Comanda se face de la un pupitru de comandă central. Pentru reglare, individuală, fiecare post de lucru are un pupitru de comandă aparte.

Pentru echilibrarea timpului de lucru al liniei, se folosesc patru mașini transfer cu mașini indexată cu șase posturi și o mașină transfer cu mașini indexată cu patru posturi.

4.2.9. Varianta de prelucrare cu o mașină transfer cu mașini rotativă și o mașină cu transfer liniar "Fritz-Werner"

Este o altă variantă de prelucrare a carcасelor turnate din fontă cenușie, pentru motoare electrice de gabarit 80, 90, 100, pentru care se propune o linie de prelucrare formată din două mașini transfer: o mașină transfer cu mașini rotativă cu cinci posturi de lucru și o mașină cu transfer liniar cu 11 posturi de prelucrare.

4.2.9.1. Mașină transfer cu mașini indexată cu cinci posturi

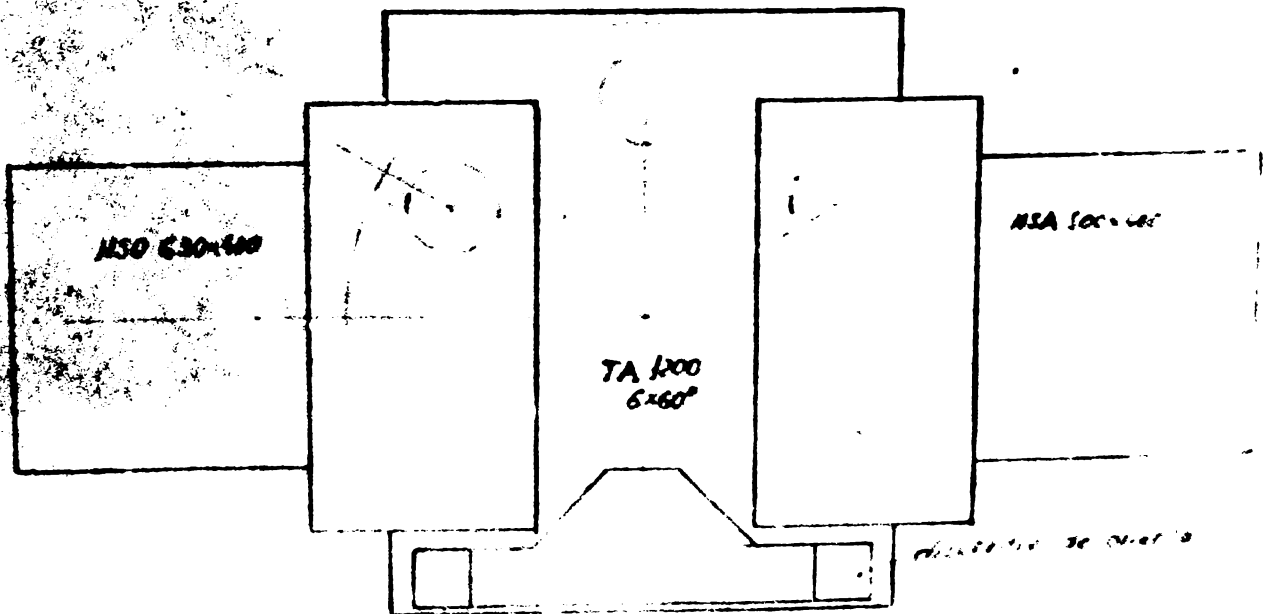
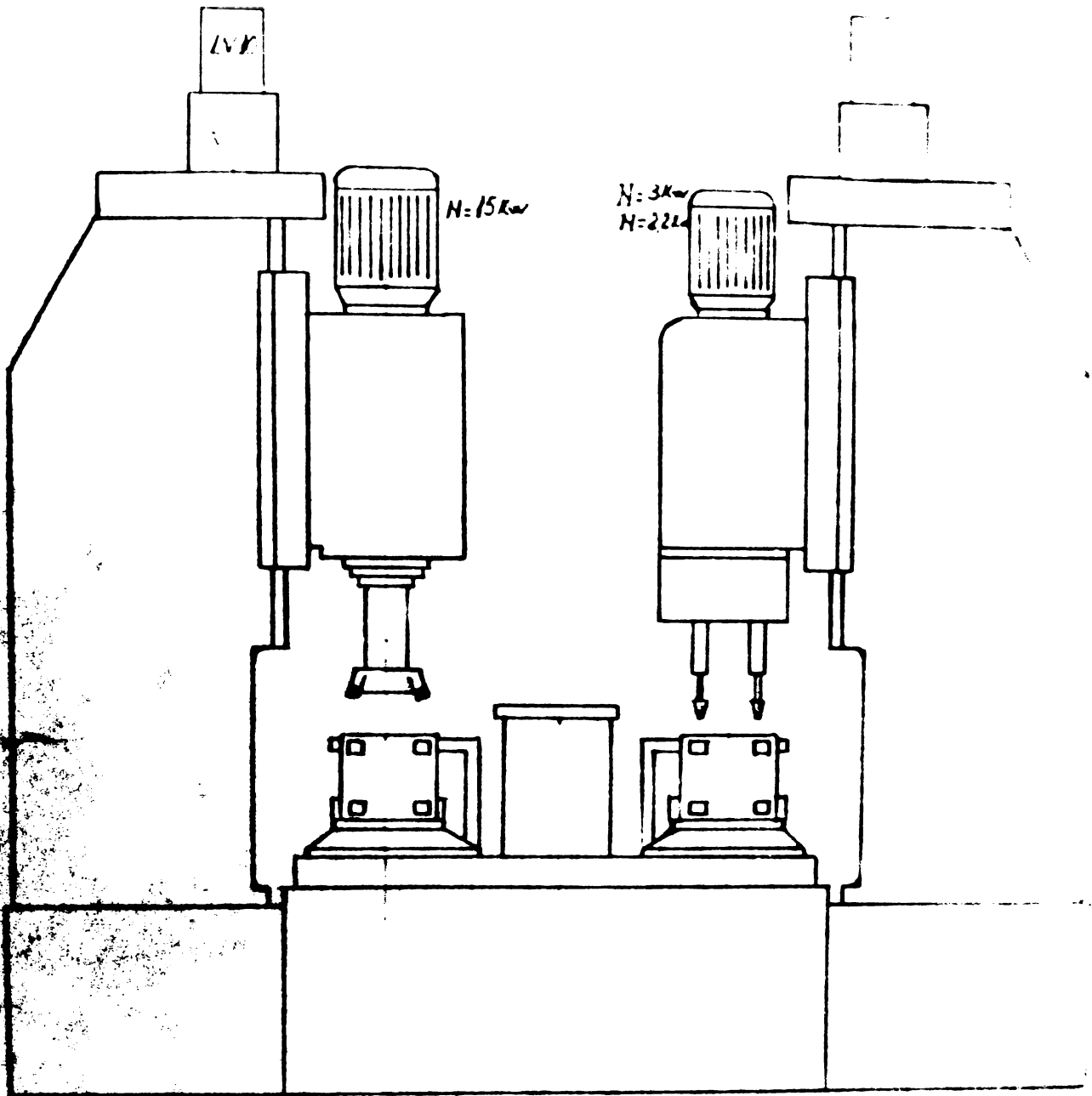
Mașina transfer cu mașini indexată cu cinci posturi, asigură prelucrarea tuturor suprafețelor de pe o parte a carcасei, inclusiv alezajul stator. Are următoarea distribuție a operațiilor:

- postul I : încărcare-descărcare
- postul II : eboșare alezaj stator
eboșare unăr I și frontal
- postul III : finisare unăr I și strungire locaș
pentru bobine.
- postul IV : găurire găuri pentru fixare scut I
- postul V : filetare găuri pentru fixare scut I.

Piese se introduc în poziție verticală în dispozitivul de strîngere. Centruarea se face după suprafața exterioară a carcасei care este neprelucrată.

Schița de ansamblu a mașinii este redată în fig.4.22.

Este de remarcat soluția tehnologică aleasă. Deoarece pe această mașină se prelucrazează toate suprafețele de pe o parte a carcасei, se simplifică foarte mult cea de-a doua mașină cu transfer liniar, unde nu mai este necesară întoarcerea piesei cu 180°, deci un post de întoarcere. Se elimină astfel toate dezavantajele pe care le introduce această operație.



De asemenea, trebuie să arătăm că pe această mașină se execută numai operația de eboğare a alezajului stator, urmînd ca operația de finisare să se execute pe mașina cu transfer liniar, pe care se prelucurează și cel de-al doilea unîr pentru fixare scut.

Unîrul I și suprafața frontală prelucrate pe mașina transfer cu masă rotativă, vor fi folosite ca baze tehnologice de fixare și centrare pentru operațiile ce le execută mașina cu transfer liniar.

4.2.9.2. Mașină cu transfer liniar cu 11 posturi de lucru

Mașina cu transfer liniar, este cea de-a doua mașină din linie, care asigură executarea următoarelor operații:

- postul I : încărcare-descărcare
- postul II : frézare bosaj pentru fixare cutie de borne
- postul III : frezare tălpi
- postul IV : eboğare unîr II pentru fixare scut
- postul V : găurire tălpi
- postul VI : găurire și filetare găuri pentru fixare cutie de borne
- postul VII : finisare unîr II și strunjire aleșaj de protecție a capetelor de bobină.
- postul VIII : găurire găuri pentru fixare scut II
- postul IX : filetare găuri pentru fixare scut II
- postul X : găurire și filetare gaură pentru șurabul de punere la pământ
- postul XI : finisare alezaj stator.

Piese se fixează în poziție verticală, bazele tehnologice fiind asigurate de operațiile executate pe mașina transfer cu masă indexată, pe un dispozitiv de însoțire. Mașina este echipată cu 18 asemenea dispozitive.

Mașina cu transfer liniar este construită din elemente tipizate, respectîndu-se aceleași principii ca și la mașinile transfer cu masă indexată descrise în paragraful anterior.

Schema de principiu a mașinii cu transfer liniar este redată în fig.4.23.

Pentru readucerea dispozitivelor de însoțire în poziție inițială (la postul de încărcare-descărcare) mașina este echipată cu o linie de returnare a acestora.

4.3. Concluzii parțiale

1. Noțiunea de linie transfer este o noțiune complexă ce se referă la mai multe mașini de diverse tipuri, sau la posturi de montaj, dispuse în ordinea succesiunii operațiilor, la care transportul pieselor se realizează cu mecanisme și sisteme de transfer de diverse construcții.

2. După gradul de mecanizare și automatizare al transportului piesei, al operațiilor de control și al sistemelor de reglaj, liniile transfer pot fi: simple, mecanizate, automatizate și automate.

3. Mașinile transfer sînt mașini de mare productivitate, care folosesc principial concentrării și diferențierii operațiilor și care au un sistem de transfer unic. Ele pot constitui părți componente ale unei linii transfer.

4. După sistemul de transfer folosit, mașinile transfer pot fi cu transfer circular sau cu transfer liniar.

5. În capitolul 4.2. au fost descrise mai multe variante de linii transfer formate din mașini transfer destinate pentru prelucrarea carosnelor de motoare electrice, a căror structură și construcție depinde de următorii factori:

- forma constructivă și dimensiunile piesei
- volumul și structura producției
- tehnologia aleasă
- economicitatea construcției.

6. Costul unei linii transfer cu mașini transfer rotative este mai mic decît al unei linii transfer cu mașini transfer liniare dar numărul muncitorilor de deservire este mai mare.

7. Mașinile transfer rotative se utilizează cu precădere la prelucrarea pieselor de dimensiuni mici, unde alimentarea se poate face manual cu eforturi mici din partea muncitorilor.

În cazul prelucrării pieselor de dimensiuni mari sînt necesare mecanisme de alimentare suplimentare.

8. Mașinile cu transfer liniar se justifică în cazul pieselor de dimensiuni mari.

9. Poziția pieselor în timpul prelucrării este cu axa longitudinală, fie orizontală (paragrafele 4.2.4. și 4.2.8.) fie verticală (paragrafele 4.2.1., 4.2.2., 4.2.3., 4.2.5., 4.2.6., 4.2.7., 4.2.9.). Poziția de prelucrare orizontală are avantajul posibilității de prelucrare din ambele părți, dar la prelucrarea aliajului stator rigiditatea sistemului de lucru este redusă (turele cu capul multiconțit lucrează în consolă).

Poziția de prelucrare verticală permite ca prelucrarea alezajului stator să se facă cu un sistem cu rigiditate mare, dar - în cazul mașinilor cu transfer liniar - este necesar un post de întoarcere a piesei cu 180° , operație care la mașinile cu transfer circular se execută manual de muncitorul care deservește mașina.

10. Baza tehnologică folosită la prelucrarea pe mașini transfer este unîrul pentru fixare scut, dacă carcasa este în poziție verticală sau suprafața inferioară a tălpilor, dacă carcasa este în poziție orizontală. Face excepție de la această regulă linia de la paragraful 4.2.8. la care, pentru prelucrarea carcasei în poziție orizontală, ca bază tehnologică este folosit unîrul pentru fixare scut, dar care se pare că nu asigură o bazare precisă.

11. Pentru prelucrarea bazei tehnologice, piesa se centrează și fixează după suprafața cilindrică exterioară sau după alezajul stator al carcasei. Prelucrarea se execută fie pe mașini universale - strung paralel sau strung carusel - fie pe mașini speciale sau direct pe mașini transfer (vezi paragrafele 4.2.4., 4.2.7., 4.2.8., 4.2.9.).

12. Eliminarea postului de întoarcere la mașinile cu transfer liniar se poate realiza dacă pe mașina cu transfer circular care prelucraza baza tehnologică, se execută și operațiile de găurire și filetare, găuri pentru fixare scut de pe aceeași parte (paragrafele 4.2.9.).

13. Dublarea posturilor de prindere pe masa indexată și a posturilor de prelucrare permite reducerea necesarului de mașini cu transfer circular la jumătate. (Paragrafele 4.2.6., 4.2.7., 4.2.8.). Prelucrarea completă a pieselor în acest caz, se realizează la două rotații complete ale mesei indexate, iar după prima rotație este necesară scoaterea piesei din dispozitivul de prindere și prinderea ei în dublura acestuia.

14. Operația de strungire alezaj stator este operația cu timpul de prelucrare cel mai mare. Aceasta impune ritmul de livrare al liniei. Pentru mărirea productivității se iau următoarele măsuri:

- dublarea posturilor de prelucrare;
- prelucrarea alezajului de protecție bobine separat;
- se utilizează capete multicuțite;
- prelucrarea din două treceri: eboșare și finisare.

15. Deoarece la prelucrarea alezajului stator piesa se încălzește puternic, datorită regimului intensiv folosit, se iau măsuri de răcire a piesei. Răcirea se realizează forțat, folosind instalații de ciclonare sau intercalând între postul de eboșare și postul de finisare alte posturi (găurire, de filetare, de frezare) pentru ca piesa să se răcească în mod natural. Cu toate că este mai costisitoare se preferă prima variantă.

16. Deoarece forțele de aşchiere la prelucrarea alezajului stator sînt mari se iau măsuri speciale de strîngere și fixare în posturile respective.

17. Controlul piesei se face pe mașină dacă prelucrarea piesei se realizează pe o mașină cu transfer liniar sau separat dacă se folosesc mașini cu transfer circular.

18. Ciclul de lucru al unităților este: avans rapid, avans de lucru, retragerea rapidă. La unitățile de frezare plană se realizează și o mișcare de retragere, perpendiculară pe direcția de avans (cursa 0,5 - 1 mm) pentru protejarea soulei și a suprafeței prelucrate (paragraful 4.2.5., 4.2.7., 4.2.6.).

19. Pentru strungirea umărului și a suprafeței se folosesc unități de strungire cu avans pentru strungire plană. Avansul pentru strungirea plană este comandat de un motor hidraulic independent, montat în interiorul capului de forță.

20. Unitățile de filetare sînt identice cu unitățile de găurire, axele portacule fiind prevăzute cu bușe de compensare a diferenței dintre pasul tarodului și avans.

5. Metode matematice de optimizarea prelucrării și calculele tehnico-economice de proiectare

5.1. Modelarea unui sistem tehnologic

Studiul unui sistem tehnologic, prin metode analitice, grafice sau pe calculator, necesită prezentarea acestui sistem printr-un model matematic, format dintr-un sistem de ecuații care exprimă dependența dintre mărimile și parametrii care caracterizează procesul tehnologic.

După scopul tehnic urmărit studiul unui sistem tehnologic constă în:

a. determinarea, pe baza unui model matematic real, a modificărilor posibile, ce pot fi aduse unui sistem tehnologic dat, în vederea îmbunătățirii performanțelor sale funcționale.

b. determinarea unui model matematic care să reflecte modul cum urmează a reacționa un sistem tehnologic, la diferite valori ale mărimilor ce îl caracterizează, fără o simulare ce nu poate, sau nu este rentabilă, să fie făcută în laborator.

Stabilirea modelului matematic se face în următoarele etape:

- se descompune sistemul tehnologic în componentele sale de bază;

- se stabilesc relațiile caracteristice ale fiecărui element component, numite relații de limitare sau funcții de limitare;

- se stabilesc relațiile privind legăturile între elementele componente, numite relații obiectiv sau funcții obiectiv;

- se formează sistemul de ecuații și/sau inecuații care reprezintă funcția obiectiv și funcțiile de limitare.

În general, expresiile matematice ale acestor relații sînt funcții de parametri necunoscuți: x, y, z, \dots și parametri cunoscuți: a, b, c, \dots , care caracterizează sistemul tehnologic, de forma:

- pentru funcția obiectiv:

$$z = \Theta (x, y, z, \dots, a, b, c, \dots) \quad (5.1.)$$

- pentru funcțiile de limitare:

$$\begin{aligned} C_1 &\leq f_1(x,y,z,\dots a,b,c,\dots) \\ C_2 &\leq f_2(x,y,z,\dots a,b,c,\dots) \\ &\dots\dots\dots \end{aligned} \quad (5.2.)$$

Semnificația practică a funcției obiectiv se numește criteriu de optimizare.

Bibliografia [19,28,34,35,36,37,43,48,56,57,88,89,91,101,124], arată că prețul de cost al produsului reprezintă criteriul de optimizare de bază, deoarece:

(a). ține seama de cheltuielile cu toate tipurile de muncă, independent de timpul folosirii ei, ca: munca prezentă, cheltuită direct la exploatarea mașinii-unelte: munca muncitorului direct productiv, munca muncitorilor auxiliari: sculieri, cei care ascut și întrețin sculele, cei care se ocupă cu reparațiile, etc. și munca trecută, indirectă care ține seamă de cotele de amortizare a mașinilor, a clădirilor, etc. .

(b). ține seama de toate cheltuielile de muncă, independent de locul unde se cheltuiesc acestea: în secțiile de bază, în ascuțitorie, în atelierelor de reparații sau în alt atelier ajutător sau auxiliar.

(c). prețul de cost minim determină timpul de bucată, numărul mașinilor necesare, a sculelor, dispozitivelor, muncitorilor și reglorilor, productivitatea pe un muncitor, etc.

Reiese că prețul de cost este un criteriu general, sintetic, care caracterizează activitatea unei întreprinderi.

Când prelucrarea se realizează în serie pe linii tehnologice, încălzirea mașinilor, respectiv a posturilor de lucru și în consecință prețurile de cost sînt legate între ele, ceea ce impune să se ia în considerare prețul de cost pe întreaga linie.

Pentru asigurarea calculelor, în modelul matematic se poate considera numai aceea parte a funcției obiectiv care este dependentă de necunoscutele problemei.

În cazurile cu totul particulare, cînd prețul de cost nu interesează, drept criteriu de optimizare se poate considera timpul de prelucrare.

Dacă sistemul de ecuații și/sau inecuații format din expresiile (5.1) și (5.2) este liniar, studiul analitic sau pe calculator a modelului matematic este relativ ușor, pe baza metodelor generale de rezolvare care se găsesc în bibliografie. În cazul unui sistem neliniar, se pot obține soluții particulare sau aproximative.

5.2. Expresia funcției obiectiv pentru diverse cazuri particulare

Pentru determinarea funcției obiectiv, respectiv a prețului de cost al prelucrării în lei, se consideră ca variabilele elementele timpului pe piesă.

Legătura între elementele timpului pe piesă și prețul de cost al operației se face prin introducerea noțiunii de preț de cost al unui minut mașină-unealtă sau prescurtat al unui minut-mașină.

5.2.1. Elementele timpului pe piesă

Structura normei de timp pe o piesă este dată de relația:

$$T_p = \frac{t_{pi}}{n} + t_b + t_a + t_{dt} + t_{do} + t_o \quad [\text{min}] \quad (5.3.)$$

în care:

t_{pi} este timpul de pregătire încheiere format din:

- timpul pentru primirea desenelor și a instrucțiunilor de lucru;
- timpul pentru primirea dispozitivelor și a sculelor;
- timpul pentru reglarea inițială, fixarea dispozitivelor, fixarea sculelor și reglarea propriuzisă la cotă;
- timpul pentru desprinderea dispozitivelor și sculelor și predarea lor;
- predarea lucrului executat și restului de materiale.

t_a este timpul auxiliar format din:

- timpul necesar pentru prinderea și desprinderea semifabricatului;
- timpul necesar pentru pornirea și oprirea mașinii-unelte;
- timpul necesar pentru apropierea și îndepărtarea rapidă a sculei;

- timpul necesar pentru măsurare.

t_{do} este timpul de deservire organizatorică format din:

- timpul necesar pentru ungerea și curățirea utilajului;

- timpul necesar pentru așezarea și curățirea sculelor la începutul și sfârșitul zilei de lucru;

- timpul necesar pentru îndepărtarea așchii.

t_o este timpul de odihnă format din:

- timpul necesar pentru odihnă fiziologică;

- timpul necesar pentru necesități firești.

Considerând că adâcosul de prelucrare este identic cu adâncimea de așchiere, adică prelucrarea se realizează la o singură trecere, putem considera că t_{pi} , t_m , t_{do} și t_o nu depind de elementele regimului de așchiere și de durabilitate.

t_b este timpul de bază format din:

- timpul de așchiere $t_{așch}$

- timpul de intrare și ieșire a sculei din material t_{ie}

$$t_b = t_{așch} + t_{ie} \quad (5.4.)$$

$$t_b = t_{așch} \frac{l_p + l_i + l_e}{l_p} \text{ sau } t_b = a \cdot t_{așch} \quad (5.5.)$$

$$a = \frac{l_p + l_i + l_e}{l_p} \quad \begin{array}{l} l_p = \text{lungimea de așchiere} \\ l_i = \text{lungimea de intrare} \\ l_e = \text{lungimea de ieșire} \end{array}$$

t_{dt} este timpul de deservire tehnică format din:

- timpul necesar pentru schimbarea sculei din cauza uzurii sculei t_{sc}

- timpul necesar pentru reglarea sistemului M.D.S.P. t_{reg}

$$t_{sc} = \frac{P}{Q} = t_{așch} \frac{P}{T} \quad (5.6.)$$

cînd se lucrează cu o singură sculă

$$t_{sc} = \frac{P}{Q} = t_{așch} \frac{p' \cdot q + p''}{T} \quad (5.7.)$$

cînd se lucrează cu q scule identice care lucrează în condiții identice și se schimbă simultan.

$$t_{sc} = \frac{P}{Q} = t_{aşch} \frac{P}{T} \quad (5.8.)$$

cînd se lucrează cu q scule identice care lucrează în condiții identice și se schimbă independent.

$$t_{sc} = \sum_1^q \frac{P_j}{Q_j} = \sum_1^q t_{aşch_j} \frac{P_j}{T_j} \quad (5.9.)$$

cînd se lucrează cu q scule diferite în condiții diferite.

P = timpul de schimbare a unei scule

P_q = timpul de schimbare a q scule

P' = timpul de schimbare a unei scule în cazul a q scule identice.

P'' = timpul de pregătire pentru schimbare a q scule

T_j = durabilitatea sculei j

Q_j = numărul de piese ce se prelucresc între două reascuțiri de scule.

Formula (5.3) devine:

$$T_p = \frac{t_{pi}}{n} + t_a + t_{do} + t_o + t_{reg} + a \cdot t_{aşch} + t_{aşch} \frac{P}{T}$$

Notăm:

$$t_N = \frac{t_{pi}}{n} + t_a + t_{do} + t_o + t_{reg} \quad (5.10)$$

$$\tau = t_{aşch} \left(a + \frac{P}{T} \right) \quad (5.11)$$

sau

$$\tau = t_b \left(1 + \frac{P}{T} \cdot a \right) \quad (5.11')$$

$$T_p = \tau + t_N \quad (5.12.)$$

Relația ce reprezintă partea variabilă a timpului pe piesă, funcție de elementele regimului de aşchiere S, V și T are următoarele expresii:

I. pentru cazul cînd se lucrează cu o singură sculă:

$$\tau = \frac{1}{n \cdot S} \left[\frac{1_p + 1_1 + 1_o}{1_p} + \frac{P}{T} \right] \quad (5.13.)$$

II. pentru cazul cînd se lucrează cu mai multe scule q.

1. sculele sînt identice și identic încărcate.

a. sculele se schimbă independent:

$$\bar{c} = \frac{l_p}{n \cdot s} \left[\frac{l_p + l_i + l_e}{l_p} + \frac{P}{T} q \right] \quad (5.14.)$$

b. sculele se schimbă simultan:

$$\bar{c} = \frac{l_p}{n \cdot s} \left[\frac{l_p + l_i + l_e}{l_p} + \frac{P' + P''}{T} \right] \quad (5.15.)$$

2. sculele sînt diferite și diferit încărcate.

$$\bar{c} = \sum_{j=1}^q \frac{l_{pj}}{n_j \cdot s_j} \left[\frac{l_{pj} + l_{ij} + l_{ej}}{l_{pj}} + \frac{P_j}{T_j} \right] \quad (5.16.)$$

Expresia (5.16.) reprezintă cazul general cînd piesa se prelucurează pe o linie tehnologică la mai multe operații.

5.2.2. Elementele prețului de cost al operației

Costul unei piese prelucrate printr-o operație mecanică oarecare [100] este dat de formula:

$$C_{op} = C_{mat} + C_{man} + C_{regie} + C_{maș} + C_{disp} + C_{scule} \quad (5.17.)$$

în care:

C_{mat} reprezintă cheltuielile necesare pentru obținerea semifabricatului și nu depind de regimul de aşchiere cu care urmează să se prelucureze piesa.

$$C_{mat} = V_{mat} - V_{deg} \quad (5.18.)$$

V_{mat} valoarea semifabricatului

V_{deg} valoarea deșeurilor obținute

C_{man} reprezintă cheltuielile necesare pentru remunerarea operațiilor ce deserveșc locul de muncă.

$$C_{man} = T_p \cdot S_m \quad (5.19.)$$

S_m = remunerarea muncitorului în lei/minut

C_{regie} reprezintă cheltuielile de regie (amortismente, întreținerea și iluminatul clădirilor, uleiul, materiale tehnologice etc.).

$$C_{regie} = C_{man} \frac{R}{100} = T_p \cdot S_m \cdot \frac{R}{100} \quad (5.20)$$

$C_{maş}$ reprezintă cheltuielile cu maşinile-ansete necesare, care pe de o parte cresc cu creşterea regimului de aşchiere (S , V mari implică puteri mari şi preţ de cost mare) iar pe de altă parte scad cu creşterea regimului de aşchiere (S , V mari micşorează timpul pe piesă şi în consecinţă cheltuielile corespunzătoare de amortisment sînt mai mici).

C_{disp} reprezintă cheltuielile cu dispozitivele necesare, care pe de o parte cresc cu creşterea regimului de aşchiere (S , V mari necesită dispozitive robuste, forţe de strîngere mari, etc.), iar pe de altă parte scad cu creşterea regimului de aşchiere deoarece se micşorează timpul pe piesă.

$$C_{maş} = T_p \cdot \frac{V_m \left(\frac{1}{a_m} + \frac{R_m}{100} \right)}{60 N} \quad (5.21.)$$

$$C_{disp} = T_p \cdot \frac{V_d \left(\frac{1}{a_d} + \frac{R_d}{100} \right)}{60 N} \quad (5.22.)$$

V_m , V_d = valoarea maşinii respectiv a dispozitivului

a_m , a_d = ani de amortizare a maşinii respectiv a dispozitivului

R_m , R_d = valoarea reparaţiilor exprimate în procente

N = numărul orelor de funcţionare pe an

Pentru uşurinţa calculelor vom introduce coeficienţii C_m şi C_d care depind de adîncimea de aşchiere, felul operaţiei (degroşare sau finisare), rigiditatea piesei ce se prelucraază, dacă operaţia se execută cu răcire sau nu, de calitatea semifabricatului, etc.

Relaţiile (5.21.) şi (5.22.) devin:

$$C_{maş} = C_m T_p \quad (5.23.)$$

$$C_{disp} = C_d T_p \quad (5.24.)$$

C_{scule} reprezintă cheltuielile cu sculele necesare.

$$C_{scule} = \frac{I}{Q} = \frac{P S'_m + S}{Q} \quad (5.25.)$$

S'_m = retribuiția reglorului în lei/min

S = cheltuieli privind valoarea sculei și a ascuțirii ei pe o perioadă de timp egală cu durabilitatea sculei T .

$$S = \frac{V_{sc}}{i} + V_{asc} \quad (5.26.)$$

în care:

V_{sc} = valoarea sculei

i = numărul de ascuțiri posibile

V_{asc} = valoarea ascuțirii

Deosebim următoarele cazuri:

I. când se lucrează cu o singură sculă:

$$C_{scule} = \frac{I}{Q} = \frac{P \cdot S'_m + S}{Q} \quad (5.27.)$$

II. când se lucrează cu mai multe scule:

1. sculele sînt identice și identic încărcate:

a. sculele se schimbă independent.

$$C_{scule} = \frac{I_q}{Q} = \frac{P \cdot S'_m + S}{Q} \cdot q \quad (5.28.)$$

b. sculele se schimbă simultan.

$$C_{scule} = \frac{I_q}{Q} = \frac{(P' \cdot q + P') S'_m + S \cdot q}{Q} \quad (5.29.)$$

2. sculele sînt diferite și diferit încărcate.

$$C_{scule} = \sum_{j=1}^q \frac{I_{qj}}{Q_j} = \sum_{j=1}^q \frac{P'_j \cdot S'_m + S_j}{Q_j} \quad (5.30.)$$

Introducem expresiile (5.18, 5.27) în formula (5.17.)

și obținem:

$$C_{op} = C_{mat} + T_p \cdot S'_m + T_p \cdot S'_m \frac{R}{100} + T_p \cdot C_m + T_p \cdot C_d + \frac{I}{Q}$$

$$C_{op} = C_{mat} + T_p \left[S_m \left(1 + \frac{R}{100} \right) + C_m + C_d \right] + \frac{I}{Q}$$

Dacă se ia în considerare relația (5.12.):

$$C_{op} = C_{mat} + t_H \left[S_m \left(1 + \frac{R}{100} \right) + C_m + C_d \right] + \zeta \left[S_m \left(1 + \frac{R}{100} \right) + C_m + C_d \right] + \frac{I}{Q}$$

Expresia: $S_m \left(1 + \frac{R}{100} \right) + C_m + C_d = V_m$ (5.31.)

reprezintă costul unui minut-magazin, adică al unui minut de funcționare a magazinului dășpozitivate.

$$C_{op} = C_{mat} + t_H \cdot V_m + \cdot V_m + \frac{I}{Q}$$

$$C_{op} = C_{mat} + t_H \cdot V_m + t_b \left(1 + \frac{P}{T} \cdot a \right) \cdot V_m + \frac{I}{Q}$$

Notăm: $C = C_{mat} + t_H \cdot V_m$ (5.32.)

$$\Theta = t_b \left(1 + \frac{P}{T} \cdot a \right) \cdot V_m + t_b \cdot \frac{I}{T} \cdot I$$
 (5.33.)

seu: $\Theta = t_{agch} \left(a + \frac{P}{T} \right) \cdot V_m + t_{agch} \frac{I}{T}$ (5.34.)

Θ = reprezintă partea variabilă a prețului de cost față de S, V, T.

C = reprezintă partea constantă a prețului de cost față de S, V, T.

Considerând drept criteriu de optimizare timpul de piesă, se împart expresiile (5.33.) și 5.34.) cu V_m se obține:

$$\Theta' = t_b \left(1 + \frac{P}{T} \cdot a \right) + t_b \cdot \frac{1}{T} \cdot \frac{I}{V_m} \cdot I$$
 (5.35.)

$$\Theta' = t_{agch} \left(a + \frac{P}{T} \right) + t_{agch} \cdot \frac{1}{T} \cdot \frac{I}{V_m}$$
 (5.36.)

In tabelul 5.1. sint redade centralizat expresiile criteriului de optimizare.

Tabelul 5.1.

Nr. crt.	Nr. de scule și modul de încercare	Modul de schimbare	Expresia părții variabile a prețului de cost
1.	o singură sculă	independent	$\Theta = t_b \left(1 + \frac{P}{T} \cdot a\right) \cdot V_m + t_b \cdot \frac{1}{T} \cdot a (P \cdot S'_m + S)$ <hr/> $\Theta = t_{agch} \left(a + \frac{P}{T}\right) \cdot V_m + t_{agch} \frac{P \cdot S'_m + S}{T}$
2.	"q" scule identice și identic încercate	independent	$\Theta = t_b \left(1 + \frac{P}{T} \cdot a \cdot q\right) \cdot V_m + t_b \cdot \frac{1}{T} \cdot a \cdot (P S'_m + S) q$ <hr/> $\Theta = t_{agch} \left(a + \frac{P}{T} \cdot q\right) \cdot V_m + t_{agch} \frac{(P S'_m + S) q}{T}$
		simultan	$\Theta = t_b \left(1 + \frac{P' \cdot q + P''}{T} a\right) V_m + t_b \cdot \frac{1}{T} \cdot a \left[(P' \cdot q + P'') S'_m + S \cdot q \right]$ <hr/> $\Theta = t_{agch} \left(a + \frac{P' \cdot q + P''}{T}\right) V_m + t_{agch} \frac{(P' \cdot q + P'') S'_m + S \cdot q}{T}$
3.	"q" scule diferite și diferit încercate	independent	$\Theta = t_{bi} \left(1 + a \sum_{j=1}^q \frac{P_j}{T_j}\right) V_m + \sum_{j=1}^q \frac{t_{bj} a_j (P_j S'_m + S_j)}{T_j}$ <hr/> $\Theta = t_{agch_1} \left(a_1 + \sum_{j=1}^q \frac{P_j}{T_j}\right) V_m + \sum_{j=1}^q t_{agch_j} \frac{P_j \cdot S'_m + S_j}{T_j}$

t_{bi} reprezintă timpul de bază maxim: $t_{bi} \geq t_{bj}$ pentru orice $j = 1, 2, \dots, q$

$$t_{agch_1} = \frac{t_{bi}}{a_1}$$

In expresia părții variabile a prețului de cost, parametri: $P, a, V_m, S_m^0, S, P', P'', q, a_1, a_j, P_j, S_j$ sînt considerați cunoscuți, iar $t_b, t_{a\phi h}, T$ respectiv $t_{bj}, t_{a\phi h_j}, T_j$ sînt considerate variabile.

5.3. Funcțiile de limitare

Intre parametri ce caracterizează un sistem tehnologic se pot stabili relații de legătură, de natură geometrică, cinematică și economică, care au forma unor identități sau inegalități.

După [28, 36, 37, 54, 56, 63, 98, 101, 124] relațiile de limitare cele mai reprezentative sînt determinate de:

- a. durabilitatea sculei ca o funcție de elementele regimului de așchiere.
- b. rigiditatea piesei ce se prelucurează.
- c. rezistența și rigiditatea sculei.
- d. calitatea suprafeței prelucrate.
- e. forța admisă de rezistența mecanismului de avans.
- f. turațiile limită.
- g. avansurile limită.
- h. puterea admisă de motorul principal de antrenare.
- i. adăosul de prelucrare.
- j. temperatura rezultată în zona de așchiere.
- k. ritmul liniei tehnologice.

Parametrii variabili care caracterizează sistemul tehnologic și care intră în relațiile de limitare, dau acestora un caracter de funcții de mai multe variabile, motiv pentru care se numesc funcții de limitare sau funcții restrictive.

5.4. Metoda clasică de determinare a valorilor elementelor regimului de așchiere.

Metoda clasică de determinare a valorilor elementelor regimului de așchiere se bazează pe legile generale ale așchierii [29, 36, 98, 101] și anume:

1. la o durabilitate dată a sculei, pentru mărirea productivității este mai bine să se mărească adîncimea de așchiere pe seama avansului.

2. la o durabilitate dată a sculei, pentru mărirea productivității este mai bine să se mărească avansul pe seama vitezei de așchiere.

Având în vedere cea de a doua lege a aşchierii, se calculează apoi avansul de lucru ţinând seama de funcţiile de limitare ale:

- rigidităţii piesei;
- rigidităţii sculei;
- gradului de netezime al suprafeţei;
- forţa maximă admisă de mecanismul de avans;
- avansul limită.

Având determinate trei (T, S, t) din cele patru necunoscute căutate, ultime se determină uşor din formula durabilităţii, stabilite de Time-Taylor:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K \quad (5.37.)$$

Cunoscând valorile tuturor elementelor regimului de aşchiere, este necesar să se facă o verificare a funcţiilor de limitare

- temperatura rezultată în zona de aşchiere;
- ritmul liniei tehnologice;
- puterea admisă de motorul principal de antrenare;
- turaţiile limită.

Metoda prezintă unele dezavantaje:

1. Nu este suficient de precisă, deoarece permite tehnologului să introducă erori în calcul, de natură subiectivă.
2. Relaţia generalizată a lui Time-Taylor este mult contestată astăzi de diverşi autori, deoarece coeficienţii m, x, y şi K nu sînt independenţi de viteza de aşchiere, decît în domeniul relativ mic.
3. Reclenă un volum mare de calcul, deoarece în majoritatea cazurilor este necesar să se refacă calculele.
4. Este dificilă automatizarea calculelor.

5.5. Metoda programării liniare de determinare a valorilor elementelor regimului de aşchiere

Metoda presupune determinarea unui sistem de ecuaţii liniare format din funcţia economică şi funcţiile limitatoare, considerînd ca variabile elementele regimului de aşchiere (t, s, T, n sau V).

Funcția economică care urmează a fi optimizată, se consideră de obicei partea variabilă a prețului de cost (vezi tabelul 5.1.) sau, în cazuri particulare, partea variabilă a timpului de prelucrare \bar{C} (relațiile 5.13., 5.14., 5.15., 5.16.).

Funcțiile restrictive sau limitatoare sînt centralizate în tabelul 5.2.

Se formează sistemul de ecuații și inecuații, format din relațiile amintite, de formă generală:

$$\Theta = \frac{A}{v \cdot t \cdot s} \left(1 + \frac{B}{T}\right) \quad (5.38.)$$

funcția economică.

$$v \leq \frac{c_1}{T^m \cdot t^{b1} \cdot s^{a1}} \quad (5.39.)$$

funcția restrictivă a durabilității.

$$t^{b2} \cdot s^{a2} \leq c_2 \quad (5.40)$$

funcția restrictivă a rigidității piesei.

$$t^{b3} \cdot s^{a3} \leq c_3 \quad (5.41.)$$

funcția restrictivă a rigidității sculei.

$$s^{a4} \leq c_4 \quad (5.42.)$$

funcția restrictivă a gradului de netezime a suprafeței.

$$t^{b5} \cdot s^{a5} \leq c_5 \quad (5.43.)$$

funcția restrictivă a forței admise de mecanismul de avans.

$$t^{b6} \cdot s^{a6} \cdot v^{c6} \leq c_6 \quad (5.44.)$$

funcția restrictivă a temperaturii în zona de așchiere.

$$t^{b7} \cdot s^{a7} \cdot v^{c7} \leq c_7 \quad (5.45.)$$

funcția restrictivă a ritmului liniei tehnologice.

$$t^{b8} \cdot s^{a8} \cdot v^{c8} \leq c_8 \quad (5.46.)$$

funcția restrictivă a puterii motorului principal.

$$v \leq c_9 \quad (5.47.)$$

$$v \geq c_9 \quad (5.47i)$$

funcția restrictivă a turațiilor limită

$$S \leq C_{10} \quad (5.48.)$$

$$S \geq C_{10}' \quad (5.48'.)$$

funcția restrictivă a avansurilor limită.

$$t \leq C_{11} \quad (5.49.)$$

$$t \geq C_{11}' \quad (5.49'.)$$

funcția restrictivă a adâncimii de aşchiere limită.

$$T \leq C_{12} \quad (5.50.)$$

$$T \geq C_{12}' \quad (5.50'.)$$

funcția restrictivă a durabilității limită.

Pentru ca sistemul format să permită rezolvarea prin metoda programării liniare trebuie ca ecuațiile să fie independente, ori ecuațiile 5.38 și 5.39 sînt dependente. Eliminarea acestui impediment se realizează prin înlocuirea valorii lui T din ecuația 5.38 cu valoarea obținută din ecuația 5.39, sau prin considerarea durabilității ca o valoare cunoscută (impusă).

O a doua condiție pe care trebuie să o îndeplinească sistemul format este ca toate ecuațiile să fie liniare.

5.5.1. Metoda programării liniare de determinare a valorilor elementelor regimului de aşchiere în condițiile durabilității impuse la o singură trecere

Modelul matematic va fi format din sistemul de inecuații:

$$\begin{aligned} \Theta = \frac{A}{V \cdot S \cdot t} \rightarrow \min \\ \hline \begin{array}{lll} v \cdot t \cdot s^{a_1} \leq C_1 & t^{b_5} \cdot s^{a_5} \leq C_5 & v \leq C_8 \\ t^{b_2} \cdot s^{a_2} \leq C_2 & v^{c_6} \cdot t^{b_6} \cdot s^{a_6} \leq C_6 & v \geq C_8' \\ t^{b_3} \cdot s^{a_3} \leq C_3 & v^{c_7} \cdot t^{b_7} \cdot s^{a_7} \leq C_7 & s \leq C_{10} \\ & & s \geq C_{10}' \\ & s^{a_4} \leq C_4 & v^{c_8} \cdot t^{b_8} \cdot s^{a_8} \leq C_8 \\ & & t \leq C_{11} \\ & & t \geq C_{11}' \end{array} \quad (5.51.) \end{aligned}$$

liniarizarea sistemului de ecuații se realizează prin logaritmicizarea sistemului (5.51) în care V [m/min]; t [μ m]; S [μ m]

pentru a se respecta o a treia condiție necesară metodei programării liniare și anume ca toate necunoscutele să fie totdeauna pozitive.

Se obține sistemul liniar:

$$f_0 - x_1 - x_2 - x_3 = Z \rightarrow \text{Minim}$$

$$\left. \begin{aligned} x_1 + a_1x_2 + b_1x_3 &\leq f_1 \\ a_2x_2 + b_2x_3 &\leq f_2 \\ b_3x_2 + b_3x_3 &\leq f_3 \\ a_4x_2 &\leq f_4 \\ a_5x_2 + b_5x_3 &\leq f_5 \\ c_6x_1 + a_6x_2 + b_6x_3 &\leq f_6 \\ c_7x_1 + a_7x_2 + b_7x_3 &\leq f_7 \\ c_8x_1 + a_8x_2 + b_8x_3 &\leq f_8 \\ x_1 &\leq f_9 \\ x_1 &\geq f_{10} \\ x_2 &\leq f_{11} \\ x_2 &\geq f_{12} \\ x_3 &\leq f_{13} \\ x_3 &\geq f_{14} \end{aligned} \right\} (5.52)$$

$$f_0 - x_1 - x_2 = Z \rightarrow \text{Minim}$$

$$\left. \begin{aligned} x_1 + a_1x_2 &\leq \delta_1 \\ a_2x_2 &\leq \delta_2 \\ a_3x_2 &\leq \delta_3 \\ a_4x_2 &\leq \delta_4 \\ a_5x_2 &\leq \delta_5 \\ c_6x_1 + a_6x_2 &\leq \delta_6 \\ c_7x_1 + a_7x_2 &\leq \delta_7 \\ c_8x_1 + a_8x_2 &\leq \delta_8 \\ x_1 &\leq \delta_9 \\ x_1 &\geq \delta_{10} \\ x_2 &\leq \delta_{11} \\ x_2 &\geq \delta_{12} \end{aligned} \right\} (5.53)$$

in care:

$$\begin{aligned} x_1 &= \log V & f_1 &= \log C_1 \\ x_2 &= \log S & \dots & \\ x_3 &= \log t & f_{14} &= \log o_{11} \end{aligned}$$

Deoarece x_3 ($i=1$; nr. de treceri) nu intră în componența funcției economice, pentru a nu se obține rezultate densurate trebuie considerată cunoscută, lucru de altfel posibil dacă avem în vedere metodele de calcul analitic a sa.

Rezultă sistemul (5.53.).

Prin adaptarea de variabile auxiliare $x_3, x_4, x_5, x_6, \dots, x_{14}$, sistemul de inecuații se transformă într-un sistem de ecuații:

$f_0 - x_1 - x_2 = Z \rightarrow \text{Minim}$

$$\begin{array}{rcl}
 x_1 + a_1x_2 + x_3 & & = \varepsilon_1 \\
 & a_2x_2 + x_4 & = \varepsilon_2 \\
 & a_3x_2 + x_5 & = \varepsilon_3 \\
 & a_4x_2 + x_6 & = \varepsilon_4 \\
 & a_5x_2 + x_7 & = \varepsilon_5 \\
 C_6x_1 + a_6x_2 + x_8 & & = \varepsilon_6 \\
 C_7x_1 + a_7x_2 + x_9 & & = \varepsilon_7 \\
 C_8x_1 + a_8x_2 + x_{10} & & = \varepsilon_8 \\
 x_1 + x_{11} & & = \varepsilon_9 \\
 x_1 - x_{12} & & = \varepsilon_{10} \\
 & x_2 + x_{13} & = \varepsilon_{11} \\
 & x_2 - x_{14} & = \varepsilon_{12}
 \end{array} \quad (5.54)$$

Cu condiția: $x_3 \geq 0; x_4 \geq 0; \dots x_{14} \geq 0;$

Se scrie matricea sistemului de ecuații (5.54):

$$\begin{bmatrix}
 1 & a_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & a_2 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & a_3 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & a_4 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & a_5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 C_6 & a_6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 C_7 & a_7 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 C_8 & a_8 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\
 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \\
 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0
 \end{bmatrix}
 \begin{bmatrix}
 x_1 \\
 x_2 \\
 x_3 \\
 x_4 \\
 x_5 \\
 x_6 \\
 x_7 \\
 x_8 \\
 x_9 \\
 x_{10} \\
 x_{11} \\
 x_{12} \\
 x_{13} \\
 x_{14}
 \end{bmatrix}
 =
 \begin{bmatrix}
 \varepsilon_1 \\
 \varepsilon_2 \\
 \varepsilon_3 \\
 \varepsilon_4 \\
 \varepsilon_5 \\
 \varepsilon_6 \\
 \varepsilon_7 \\
 \varepsilon_8 \\
 \varepsilon_9 \\
 \varepsilon_{10} \\
 \varepsilon_{11} \\
 \varepsilon_{12} \\
 -Z + f_0
 \end{bmatrix} \quad (5.55)$$

Deci problema admite un minim, orice soluție care dă un minim funcției Z va corespunde unuia din virfurile poliedru-

lui convex format prin intersecția poliedrului de referință (cu 14 fețe, adică cu numărul variabilelor) cu hiperplanele care constituie restricțiile. Sînt cazuri de degenerare cînd minimul este atins nu într-un punct ci pe o dreaptă sau pe o suprafață.

Problema de minim se poate transforma într-o problemă de maxim dacă se face schimbarea de variabile:

$$x_k = x_{ok} - x'_k \quad \text{pentru } k = 1, 2, \dots, 14 \quad (5.55)$$

Metodele de rezolvare a problemei de maxim sau minim sînt descrise detaliat în [56], din care amintim:

1. metoda simplex sau metoda Dantzig;
2. metoda folosirii formei prolate și inversei (o variație a metodei simplex, folosită mai mult pe mașini electronice de calcul);
3. metoda summatricelor;
4. tabelul Charles, Cooper, Henderson.

5.5.2. Metoda programării liniare de determinare a valorilor elementelor regimului de aşchiere în condițiile durabilității ampuse la mai multe treceri.

Modelul matematic va fi format din sistemul de inecuații (5.51) cu precizarea că funcția Θ va fi de forma:

$$\Theta = \frac{A}{v \cdot S \cdot f} \rightarrow \text{Minim}$$

deoarece numărul de treceri este diferit de 1 $\Rightarrow i = \frac{A \cdot C}{f}$

Sistemul liniar (5.52) prin adoptarea variabilelor auxiliare x_4, x_5, \dots, x_{17} cu condiția ca: $x_i \geq 0$ pentru $i = 4, 5, \dots, 17$, se transformă în sistemul (5.56).

Dacă problema admite un minim, orice soluție care dă un minim funcției Z va corespunde unuia din vîrfurile poliedrului convex format prin intersecția poliedrului de referință (cu 17 fețe, adică cu numărul variabilelor) cu hiperplanele care constituie restricțiile. Sînt cazuri de degenerare cînd minimul este atins nu într-un punct ci pe o dreaptă sau pe o suprafață.

$$f_0 - x_1 - x_2 - x_3 = Z \rightarrow \text{Minim}$$

$$\begin{array}{rcl}
 x_1 + a_1x_2 + b_1x_3 + x_4 & = & f_1 \\
 a_2x_2 + b_2x_3 + x_5 & = & f_2 \\
 a_3x_2 + b_3x_3 + x_6 & = & f_3 \\
 a_4x_2 + x_7 & = & f_4 \\
 a_5x_2 + b_5x_3 + x_8 & = & f_5 \\
 c_6x_1 + a_6x_2 + b_6x_3 + x_9 & = & f_6 \\
 c_7x_1 + a_7x_2 + b_7x_3 + x_{10} & = & f_7 \\
 c_8x_1 + a_8x_2 + b_8x_3 + x_{11} & = & f_8 \\
 x_1 + x_{12} & = & f_9 \\
 x_1 - x_{13} & = & f_{10} \\
 x_2 + x_{14} & = & f_{11} \\
 x_2 + x_{15} & = & f_{12} \\
 x_3 + x_{16} & = & f_{13} \\
 x_3 - x_{17} & = & f_{14}
 \end{array} \quad (5.56)$$

Matricea sistemului de ecuații (5.56) este:

$$\begin{array}{cccccccccccccccc|cccc}
 1 & a_1 & b_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & x_1 & f_1 \\
 0 & a_2 & b_2 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & x_2 & f_2 \\
 0 & a_3 & b_3 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & x_3 & f_3 \\
 0 & a_4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & x_4 & f_4 \\
 0 & a_5 & b_5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & x_5 & f_5 \\
 c_6 & a_6 & b_6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & x_6 & f_6 \\
 c_7 & a_7 & b_7 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & x_7 & f_7 \\
 c_8 & a_8 & b_8 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & x_8 & f_8 \\
 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & x_9 & f_9 \\
 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & x_{10} & f_{10} \\
 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & x_{11} & f_{11} \\
 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & x_{12} & f_{12} \\
 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & x_{13} & f_{13} \\
 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & x_{14} & f_{14} \\
 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & x_{15} & -Z+f_0 \\
 & & & & & & & & & & & & & & & & & & x_{16} & \\
 & & & & & & & & & & & & & & & & & & x_{17} &
 \end{array} \quad (5.57)$$

5.5.3. Metoda programării liniare de determinare a valorilor elementelor regimului de aşchiere în condițiile când dureabilitatea nu este impusă la prelucrarea printr-o singură trecere.

Deoarece necunoscutele problemei sînt V, S și T, adîncimea de aşchiere fiind egală cu adaosul de prelucrare, liniarizarea funcției economice prin logaritmare nu mai este posibilă.

În [36] se dă o metodă aproximativă care presupune aproximarea expresiei $\psi_1 = 1 + \frac{B}{T}$ cu o funcție exponențială de forma: $\psi = \alpha T^\beta$, în care α și β sînt coeficienți ce se determină din condiția ca cele două curbe ψ și ψ_1 să aibe două puncte comune (fig.5.1.).

Relația (5.38) ce caracterizează funcția economică va avea forma:

$$\theta = \frac{A \alpha T^\beta}{V \cdot S} \quad (5.58)$$

Dar din relația durabilității se obține:

$$T = \frac{C_1 \frac{1}{m}}{V^{\frac{1}{m}} \cdot S^{\frac{1}{m}}} \quad (5.59)$$

$$\theta = \frac{A \alpha}{V^{\frac{\beta}{m} + 1} \cdot S^{\frac{1}{m}(\beta + 1)}} \quad (5.60)$$

Fig.5.1.

Prin logaritmare, obținem sistemul liniar:

$$\underline{f_1 - \left(\frac{\beta}{m} + 1\right)x_1 - \left(\frac{a_1}{m} \beta + 1\right)x_2 = Z \rightarrow \text{Minim}}$$

$$\left. \begin{array}{l} a_2 x_2 \leq h_1 \\ a_3 x_2 \leq h_2 \\ a_4 x_2 \leq h_3 \\ a_5 x_2 \leq h_4 \\ a_6 x_1 + a_6 x_2 \leq h_5 \\ a_7 x_1 + a_7 x_2 \leq h_6 \\ a_8 x_1 + a_8 x_2 \leq h_7 \\ x_1 \leq h_8 \\ x_1 \geq h_9 \\ x_2 \leq h_{10} \\ x_2 \geq h_{11} \end{array} \right\} \quad (5.61)$$

Adăugînd variabilele auxiliare $x_3 \dots x_{13}$, toate pozitive, transformăm sistemul de inecuații în sistem de ecuații:

$$f_1 = \left(\frac{\beta}{\alpha} + 1\right)x_1 - \left(\frac{\alpha_1}{\alpha}\beta + 1\right)x_2 = Z \rightarrow \text{Minim}$$

$$\begin{array}{rcl}
 a_2x_2 + x_3 & = & h_1 \\
 a_3x_2 + x_4 & = & h_2 \\
 a_4x_2 + x_5 & = & h_3 \\
 a_5x_2 + x_6 & = & h_4 \\
 c_6x_1 + a_6x_2 + x_7 & = & h_5 \\
 c_7x_1 + a_7x_2 + x_8 & = & h_6 \\
 c_8x_1 + a_8x_2 + x_9 & = & h_7 \\
 x_1 + x_{10} & = & h_8 \\
 x_1 - x_{11} & = & h_9 \\
 x_2 + x_{12} & = & h_{10} \\
 x_2 - x_{13} & = & h_{11}
 \end{array} \quad (5.62)$$

Matricea sistemului de ecuații (5.62) este:

$$\begin{bmatrix}
 0 & a_2 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & a_3 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & a_4 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & a_5 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 c_6 & a_6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 c_7 & a_7 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 c_8 & a_8 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\
 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\
 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\
 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \\
 \frac{\beta}{\alpha} + 1 & \frac{\alpha_1}{\alpha}\beta + 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0
 \end{bmatrix}
 \begin{bmatrix}
 x_1 \\
 x_2 \\
 x_3 \\
 x_4 \\
 x_5 \\
 x_6 \\
 x_7 \\
 x_8 \\
 x_9 \\
 x_{10} \\
 x_{11} \\
 x_{12} \\
 x_{13}
 \end{bmatrix}
 =
 \begin{bmatrix}
 h_1 \\
 h_2 \\
 h_3 \\
 h_4 \\
 h_5 \\
 h_6 \\
 h_7 \\
 h_8 \\
 h_9 \\
 h_{10} \\
 h_{11} \\
 -Z + f_1 \\

 \end{bmatrix} \quad (5.63)$$

Minimalul funcției Z va corespunde unui din vîrfurile poliedrului convex, format prin intersecția poliedrului de referință, cu treisprezece fețe, cu hiperplane restrictive, în condițiile în care nu avem degenerare.

5.5.4. Metoda programării liniare de determinare a valorilor elementelor regimului de aşchiere în condiţiile când durabilitatea nu este impusă, iar prelucrarea se realizează în mai multe treceri.

Considerând aproximarea descrisă în paragraful precedent avem:

$$\Theta = \frac{A \cdot \alpha \cdot T^\beta}{V \cdot S \cdot t} \quad (5.64)$$

$$T = \frac{c_1 \cdot \frac{1}{M}}{\frac{1}{V^M} \cdot \frac{1}{S^M} \cdot \frac{1}{t^M}} \quad (5.65)$$

$$\Theta = \frac{A'}{\frac{\beta}{V^M} + 1 \cdot \frac{a_1}{S^M} + 1 \cdot \frac{b_1}{t^M} + 1} \quad (5.66)$$

Prin logăritmare se obţine sistemul liniar:

$$\begin{aligned} f_1 - \left(\frac{\beta}{M} + 1\right)x_1 - \left(\frac{a_1}{M} + 1\right)x_2 - \left(\frac{b_1}{M} + 1\right)x_3 = Z \rightarrow \text{Minim} \\ \left. \begin{aligned} a_2 x_2 + b_2 x_3 &\leq h_1 \\ a_3 x_2 + b_3 x_3 &\leq h_2 \\ a_4 x_2 &\leq h_3 \\ c_6 x_1 + a_6 x_2 + b_6 x_3 &\leq h_5 \\ c_7 x_1 + a_7 x_2 + b_7 x_3 &\leq h_6 \\ c_8 x_1 + a_8 x_2 + b_8 x_3 &\leq h_7 \\ x_1 &\leq h_8 \\ x_1 &\geq h_9 \\ x_2 &\leq h_{10} \\ x_2 &\geq h_{11} \\ x_3 &\leq h_{12} \\ x_3 &\geq h_{13} \end{aligned} \right\} \quad (5.67) \end{aligned}$$

Se adaugă variabilele auxiliare x_4, x_5, \dots, x_{16} toate pozitive, şi se obţine sistemul de ecuaţii:

$$f_1 - \left(\frac{\beta}{m} + 1\right)x_1 - \left(\frac{a_1}{m}\beta + 1\right)x_2 - \left(\frac{b_1}{m}\beta + 1\right)x_3 = Z \rightarrow \text{Minim}$$

$$\left. \begin{array}{l} a_2x_2 + b_2x_3 + x_4 = h_1 \\ a_3x_2 + b_3x_3 + x_5 = h_2 \\ a_4x_2 + x_6 = h_3 \\ a_5x_2 + b_5x_3 + x_7 = h_4 \\ c_6x_1 + a_6x_2 + b_6x_3 + x_8 = h_5 \\ c_7x_1 + a_7x_2 + b_7x_3 + x_9 = h_6 \\ c_8x_1 + a_8x_2 + b_8x_3 + x_{10} = h_7 \\ x_1 + x_{11} = h_8 \\ x_1 - x_{12} = h_9 \\ x_2 + x_{13} = h_{10} \\ x_2 - x_{14} = h_{11} \\ x_3 + x_{15} = h_{12} \\ x_3 - x_{16} = h_{13} \end{array} \right\} (5.68)$$

a cărui matrice este

$$\begin{bmatrix} 0 & a_2 & b_2 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & a_3 & b_3 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & a_4 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & a_5 & b_5 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ c_6 & a_6 & b_6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ c_7 & a_7 & b_7 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ c_8 & a_8 & b_8 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ \frac{\beta}{m} + 1 & \frac{a_1}{m} + 1 & \frac{b_1}{m} + 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \\ x_6 \\ x_7 \\ x_8 \\ x_9 \\ x_{10} \\ x_{11} \\ x_{12} \\ x_{13} \\ x_{14} \\ x_{15} \\ x_{16} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_1 \\ h_2 \\ h_3 \\ h_4 \\ h_5 \\ h_6 \\ h_7 \\ h_8 \\ h_9 \\ h_{10} \\ h_{11} \\ h_{12} \\ h_{13} \\ -Z + f_1 \end{bmatrix} \quad (5.69)$$

Minimul funcției Z va corespunde unuia din vârfurile poliedrului convex, format din intersecția poliedrului de referință cu disjunctele fețe, cu hiperplanurile restrictivi, în condițiile în care nu avem degenerare.

Metoda programării liniare prezintă unele dezavantaje:

1. Se bazează pe formule generalizată a lui Tins-Taylor ai cărui coeficienți sînt constanți pe domenii relativ mici.
2. Liniarizarea funcției obiectiv se face dificil și cu unele erori.
3. Volumul de calcul este mai mare dar se pretează la automatizare.

5.6. Metoda analitică de determinare a valorilor elementelor regimului de eschieră.

5.6.1. Expunere generală

Se stabilesc necunoscutele ce urmează a fi determinate:

x_1, x_2, \dots, x_n .

Se stabilește expresia criteriului (funcției) de optimizare, funcție de aceste variabile: [124]

$$Z = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (5.70)$$

Se stabilesc expresiile relațiilor de limitare:

$$\begin{aligned} f_1(x_1, x_2, \dots, x_n) &= 0 \\ f_2(x_1, x_2, \dots, x_n) &= 0 \\ &\dots \\ f_m(x_1, x_2, \dots, x_n) &= 0 \end{aligned} \quad (5.71)$$

Se disting trei cazuri :

1. numărul necunoscutelor este egal cu numărul relațiilor de limitare: $n = m$
2. numărul necunoscutelor este mai mare decît numărul relațiilor de limitare: $n > m$
3. numărul necunoscutelor este mai mic decît numărul relațiilor de limitare: $n < m$.

5.6.1.1. Cazul cînd numărul necunoscutelor este egal cu numărul relațiilor de limitare

Se formează modelul matematic de forma:

$$\left. \begin{aligned} Z &= f(x_1, x_2, \dots, x_n) \\ f_1(x_1, x_2, \dots, x_n) &= 0 \\ f_2(x_1, x_2, \dots, x_n) &= 0 \\ \dots\dots\dots \\ f_n(x_1, x_2, \dots, x_n) &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (5.72)$$

Rezolvînd sistemul de ecuații format din relațiile limitatoare se obține o soluție comună:

$$x_1 = a_1; \quad x_2 = a_2; \quad \dots\dots\dots \quad x_n = a_n \quad (5.73)$$

Soluția este valabilă numai în cazul cînd rădăcinile au valori pozitive, rădăcinile negative sau imaginare neavînd sens.

De asemenea este necesar să se verifice dacă rădăcinile dau funcției Z o valoare pozitivă sau nulă.

5.6.1.2. Cazul cînd numărul necunoscutelor este mai mare decît numărul relațiilor de limitare

Modelul matematic este format din sistemul de ecuații:

$$\left. \begin{aligned} Z &= f(x_1, x_2, \dots, x_m, x_{m+1}, \dots, x_n) \\ f_1(x_1, x_2, \dots, x_m, x_{m+1}, \dots, x_n) &= 0 \\ f_2(x_1, x_2, \dots, x_m, x_{m+1}, \dots, x_n) &= 0 \\ \dots\dots\dots \\ f_m(x_1, x_2, \dots, x_m, x_{m+1}, \dots, x_n) &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (5.74)$$

Din sistemul de ecuații format din relațiile de limitare se elimină "m" necunoscute. Numărul variantelor de eliminare a necunoscutelor este:

$$N = C_n^m \quad (5.75)$$

Fie x_1, x_2, \dots, x_m variabile eliminate.

Se exprimă funcția Z în funcție de restul necunoscutelor:

$$Z = f_2(x_{m+1}, x_{m+2}, \dots, x_n) \quad (5.76)$$

Determinarea acestor necunoscute se face prin rezolvarea sistemului format din ecuațiile:

$$\left. \begin{array}{l} \frac{\partial Z}{\partial x_{m+1}} = 0 \\ \frac{\partial Z}{\partial x_{m+2}} = 0 \\ \dots\dots\dots \\ \frac{\partial Z}{\partial x_n} = 0 \end{array} \right\} (5.77) \Rightarrow \left. \begin{array}{l} x_{m+1} = a_1 \\ x_{m+2} = a_2 \\ \dots\dots\dots \\ x_n = a_{n-m} \end{array} \right\} (5.78)$$

Se determină restul de necunoscute prin introducerea valorilor (5.78) în ecuațiile de limitare:

$$\left. \begin{array}{l} x_1 = b_1 \\ x_2 = b_2 \\ \dots\dots\dots \\ x_m = b_m \end{array} \right\} (5.79)$$

Soluțiile obținute trebuie să fie pozitive, soluțiile negative sau imaginare nu au sens.

5.6.1.3. Cazul cînd numărul necunoscutelor este mai mic decît numărul relațiilor de limitare

Modelul matematic va avea forma:

$$\left. \begin{array}{l} Z = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \\ f_1(x_1, x_2, \dots, x_n) = 0 \\ f_2(x_1, x_2, \dots, x_n) = 0 \\ \dots\dots\dots \\ f_n(x_1, x_2, \dots, x_n) = 0 \\ f_{n+1}(x_1, x_2, \dots, x_n) = 0 \\ \dots\dots\dots \\ f_m(x_1, x_2, \dots, x_n) = 0 \end{array} \right\} (5.80)$$

Pentru rezolvarea acestui sistem, se aplică metoda produselor Lagrange.

Se consideră $x_{n+1}, x_{n+2}, \dots, x_{n+m}$ coeficienți numerici necunoscuți care țin seama de influența relațiilor de limitare asupra mîrimii funcției Z.

Se construiește noul model matematic:

$$U = Z + x_{n+1} f_1(x_1, x_2, \dots, x_n) + x_{n+2} f_2(x_1, x_2, \dots, x_n) + \dots + x_{n+m} f_m(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

$$\left. \begin{aligned} f_1(x_1, x_2, \dots, x_n) &= 0 \\ f_2(x_1, x_2, \dots, x_n) &= 0 \\ \dots\dots\dots \\ f_n(x_1, x_2, \dots, x_n) &= 0 \\ f_{n+1}(x_1, x_2, \dots, x_n) &= 0 \\ \dots\dots\dots \\ f_m(x_1, x_2, \dots, x_n) &= 0 \\ \frac{\partial Z}{\partial x_1} &= 0 \\ \dots\dots\dots \\ \frac{\partial Z}{\partial x_n} &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (5.81)$$

Sistemul format cuprinde $n+m$ necunoscute :

$$x_1, x_2, \dots, x_n, x_{n+1}, \dots, x_{n+m}$$

și $n+m$ ecuații:

m ecuații determinat de relațiile de limitare
 n ecuații determinat de derivatele parțiale a
 funcției nou formate "U" în raport cu primele
 "n" necunoscute.

Se obține soluția:

$$\left. \begin{aligned} x_1 &= a_1 \\ x_2 &= a_2 \\ \dots\dots\dots \\ x_n &= a_n \\ x_{n+1} &= a_{n+1} \\ \dots\dots\dots \\ x_{n+m} &= a_{n+m} \end{aligned} \right\} \quad (5.82)$$

Dacă admitem că rădăcinile pot fi pozitive, negative sau imaginare se disting următoarele trei cazuri:

1. dacă toate rădăcinile sînt pozitive funcția Z admite o extremă, respectiv un maxim sau un minim (fig.5.2. a,b).

2. dacă toate rădăcinile sînt negative sau imaginare, funcția Z nu admite un extrem absolut (dacă variabilele sînt limitate, minimum sau maximum se va afla la limite domeniului impus) (fig.5.2. e,f).

3. dacă o parte din rădăcini sînt pozitive iar o parte sînt negative sau imaginare funcția Z poate admite o valoare extremă (fig.5.2 c,d).

In figura 5.2. sînt redată cazurile de minim ale funcției economice Θ , de două variabile. In figurile 5.2 a, 5.2.c, 5.2.e limitarea este determinată numai de extremele variabilelor. In figurile 5.2. b, 5.2. d, 5.2. f, pe lîngă limitarea determinată de extremele variabilelor mai există o relație de limitare [124].

5.6.2. Modele matematice particulare

5.6.2.1. Metoda analitică de determinare a valorilor elementelor regimului de aschiere în condițiile durabilității impuse la prelucrarea dintr-o singură trecere.

Considerînd sistemul de ecuații (5.53) rezultă:

- funcția economică:

$$f_0 - x_1 - x_2 = Z \rightarrow \text{Minim} \quad (5.83)$$

- relațiile de limitare ale vitezei :

$$\left. \begin{array}{l} x_1 \leq \delta_9 \\ x_1 \geq \delta_{10} \end{array} \right\} \quad (5.84) \Rightarrow h_1 \leq x_1 \leq h_2$$

- relațiile de limitare ale avansului :

$$\left. \begin{array}{l} a_2 x_2 \leq \delta_2 \\ a_3 x_2 \leq \delta_3 \\ a_4 x_2 \leq \delta_4 \\ a_5 x_2 \leq \delta_5 \\ x_2 \leq \delta_{11} \\ x_2 \geq \delta_{12} \end{array} \right\} \Rightarrow h_3 \leq x_2 \leq h_4 \quad (5.85)$$

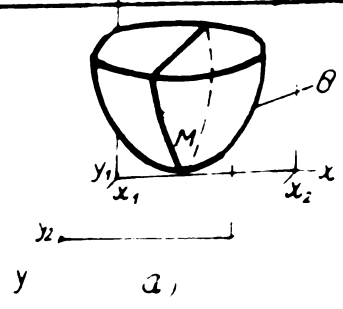
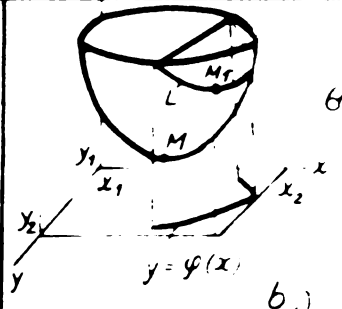
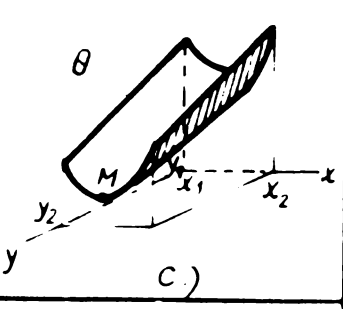
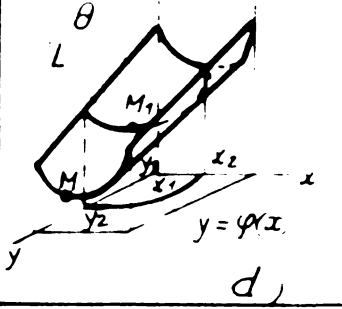
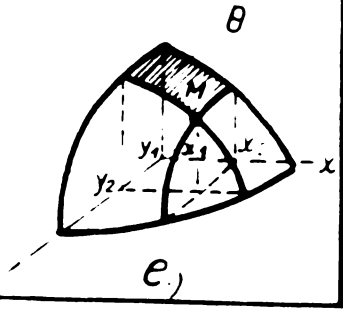
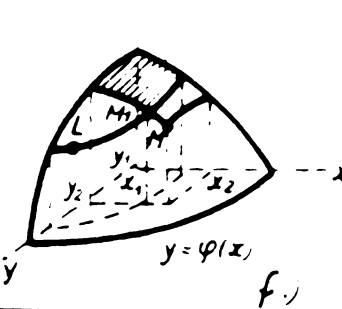
Cazurile de minim al funcției θ de două variabile, ținând cont de relațiile de limitare		
Limitarea se face numai de extremele variabilelor $x(x_1, x_2)$ și $y(y_1, y_2)$ în domeniu $(x_1, x_2); (y_1, y_2)$	Caracteristica funcției θ	Limitează limitele domeniului variabilelor x și y și relația de limitare $y = \varphi(x)$
 <p>a.)</p>	Are minim absolut	 <p>b.)</p>
 <p>c.)</p>	Are minim numai într-o secțiune	 <p>d.)</p>
 <p>e.)</p>	Nu are minim	 <p>f.)</p>
Obs. Schițele au fost desenate în coordonate logaritmice		

Fig. 5.2.

- relațiile de limitare ale "puterii" :

$$\left. \begin{aligned}
 x_1 + a_1 x_2 &\leq b_1 \\
 c_6 x_1 + a_6 x_2 &\leq b_6 \\
 c_7 x_1 + a_7 x_2 &\leq b_7 \\
 c_8 x_1 + a_8 x_2 &\leq b_8
 \end{aligned} \right\} \Rightarrow c x_1 + a x_2 \leq b_5 \quad (5.16)$$

Modelul matematic va fi:

$$\left. \begin{array}{l} f_0 - x_1 - x_2 = Z \rightarrow \text{Minim} \\ cx_1 + ax_2 \leq h_5 \end{array} \right\} \text{pentru: } \left. \begin{array}{l} h_1 \leq x_1 \leq h_2 \\ h_3 \leq x_2 \leq h_4 \end{array} \right\} (5.87)$$

Deoarece avem două necunoscute și o singură ecuație de limitare pe lângă limitele domeniului ne situăm în cazul $n > m$.

5.6.2.2. Metoda analitică de determinare a valorilor elementelor regimului de aşchiere în condițiile durabilității impuse la prelucrarea din mai multe treceri.

Considerând sistemul de ecuații (5.52) rezultă:

- funcția economică:

$$f_0 - x_1 - x_2 - x_3 = Z \rightarrow \text{Minim} \quad (5.88)$$

- relațiile de limitare ale vitezei:

$$\left. \begin{array}{l} x_1 \leq f_9 \\ x_1 \geq f_{10} \end{array} \right\} \Rightarrow h_1 \leq x_1 \leq h_2 \quad (5.89)$$

- relațiile de limitare ale avansului :

$$\left. \begin{array}{l} a_4 x_2 \leq f_4 \\ x_2 \leq f_{11} \\ x_2 \geq f_{12} \end{array} \right\} \Rightarrow h_3 \leq x_2 \leq h_4 \quad (5.90)$$

- relațiile de limitare ale adâncimii de aşchiere:

$$\left. \begin{array}{l} x_3 \leq f_{13} \\ x_3 \geq f_{14} \end{array} \right\} \Rightarrow h_5 \leq x_3 \leq h_6 \quad (5.91)$$

- relațiile de limitare ale "forțelor" :

$$\left. \begin{array}{l} a_2 x_2 + b_2 x_3 \leq f_2 \\ a_3 x_2 + b_3 x_3 \leq f_3 \\ a_5 x_2 + b_5 x_3 \leq f_5 \end{array} \right\} \Rightarrow a' x_2 + b' x_3 \leq h_7 \quad (5.92)$$

- relațiile de limitare a "puterii" :

$$\left. \begin{array}{l} x_1 + a_1 x_2 + b_1 x_3 \leq f_1 \\ c_6 x_1 + a_6 x_2 + b_6 x_3 \leq f_6 \\ c_7 x_1 + a_7 x_2 + b_7 x_3 \leq f_7 \\ c_8 x_1 + a_8 x_2 + b_8 x_3 \leq f_8 \end{array} \right\} \Rightarrow cx_1 + ax_2 + bx_3 \leq h_8 \quad (5.93)$$

Se obține astfel modelul matematic:

$$\underline{f_0 - x_1 - x_2 - x_3 = Z \rightarrow \text{Minim}}$$

$$\left. \begin{array}{l} cx_1 + ax_2 + bx_3 \leq h_8 \\ ax_2 + bx_3 \leq h_7 \end{array} \right\} \text{ pentru: } \left. \begin{array}{l} h_1 \leq x_1 \leq h_2 \\ h_3 \leq x_2 \leq h_4 \\ h_5 \leq x_3 \leq h_6 \end{array} \right\} (5.94)$$

Numărul necunoscutelor (trei) este mai mare decât numărul relațiilor de limitare (două) $n > m$.

5.6.2.3. Metoda analitică de determinare a valorilor elementelor regimului de aschiere în condițiile când durabilitatea nu este impusă la prelucrarea printr-o singură trecere.

Se consideră sistemul de ecuații (5.61) din care:

- funcția economică :

$$f_1 = \left(\frac{\beta}{\alpha} + 1\right)x_1 - \left(\frac{\alpha}{\beta} + 1\right)x_2 = Z \rightarrow \text{Minim} \quad (5.95)$$

- relațiile de limitare ale vitezei :

$$\left. \begin{array}{l} x_1 \leq h_8 \\ x_1 \geq h_9 \end{array} \right\} \Rightarrow \varepsilon_1 \leq x_1 \leq \varepsilon_2 \quad (5.96)$$

- relațiile de limitare ale avansului :

$$\left. \begin{array}{l} a_2 x_2 \leq h_1 \\ a_3 x_2 \leq h_2 \\ a_4 x_2 \leq h_3 \\ a_5 x_2 \leq h_4 \\ x_2 \leq h_{10} \\ x_2 \geq h_{11} \end{array} \right\} \Rightarrow \varepsilon_3 \leq x_2 \leq \varepsilon_4 \quad (5.97)$$

- relațiile de limitare a "forțelor" :

$$\left. \begin{array}{l} c_6 x_1 + a_6 x_2 \leq h_5 \\ c_7 x_1 + a_7 x_2 \leq h_6 \\ c_8 x_1 + a_8 x_2 \leq h_7 \end{array} \right\} \Rightarrow cx_1 + ax_2 \leq \varepsilon_5 \quad (5.98)$$

Modelul matematic obținut este:

$$\left. \begin{aligned} f_1 - \left(\frac{c}{m} + 1\right)x_1 - \left(\frac{a_1}{m}\beta + 1\right)x_2 = Z \rightarrow \text{Minim} \\ cx_1 + ax_2 \leq \xi_5 \end{aligned} \right\} \text{pentru: } \left. \begin{aligned} \xi_1 \leq x_1 \leq \xi_2 \\ \xi_3 \leq x_2 \leq \xi_4 \end{aligned} \right\} (5.99)$$

Si în acest caz numărul necunoscutelor este mai mare decât numărul ecuațiilor de limitare. $n > m$.

5.6.2.4. Metoda analitică de determinare a valorilor elementelor regimului de aşchiere în condițiile când durabilitatea nu este impusă, iar prelucrarea se realizează în mai multe treceri.

Considerăm sistemul de ecuații (5.6) din care:

- funcția economică:

$$f_1 - \left(\frac{c}{m} + 1\right)x_1 - \left(\frac{a_1}{m}\beta + 1\right)x_2 - \left(\frac{b_1}{m}\beta + 1\right)x_3 = Z \rightarrow \text{Minim} (5.100)$$

- relațiile de limitare ale vitezei :

$$\left. \begin{aligned} x_1 \leq h_8 \\ x_1 \geq h_9 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \xi_1 \leq x_1 \leq \xi_2 (5.101)$$

- relațiile de limitare ale avansului :

$$\left. \begin{aligned} a_4 x_2 \leq h_3 \\ x_2 \leq h_{10} \\ x_2 \geq h_{11} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \xi_3 \leq x_2 \leq \xi_4 (5.102)$$

- relațiile de limitare ale adâncimii de aşchiere :

$$\left. \begin{aligned} x_3 \leq h_{12} \\ x_3 \geq h_{13} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \xi_5 \leq x_3 \leq \xi_6 (5.103)$$

- relațiile de limitare a "forțelor" :

$$\left. \begin{aligned} a_2 x_2 + b_2 x_3 \leq h_1 \\ a_3 x_2 + b_3 x_3 \leq h_2 \\ a_5 x_2 + b_5 x_3 \leq h_4 \end{aligned} \right\} \Rightarrow a_2 x_2 + b_2 x_3 \leq \xi_7 (5.104)$$

- relațiile de limitare a "puterii" :

$$\left. \begin{aligned} c_6x_1 + a_6x_2 + b_6x_3 &\leq h_5 \\ c_7x_1 + a_7x_2 + b_7x_3 &\leq h_6 \\ c_8x_1 + a_8x_2 + b_8x_3 &\leq h_7 \end{aligned} \right\} \Rightarrow cx_1 + ax_2 + bx_3 \leq \varepsilon_8 \quad (5.105)$$

$$\underline{f_1 - \left(\frac{\beta}{\alpha} + 1\right)x_1 - \left(\frac{a_1}{\alpha} + 1\right)x_2 - \left(\frac{b_1}{\alpha} + 1\right)x_3 = Z \rightarrow \text{Minim}}$$

$$\left. \begin{aligned} cx_1 + ax_2 + bx_3 &\leq \varepsilon_8 \\ ax_2 + bx_3 &\leq \varepsilon_7 \end{aligned} \right\} \text{ pentru: } \left. \begin{aligned} \varepsilon_1 &\leq x_1 \leq \varepsilon_2 \\ \varepsilon_3 &\leq x_2 \leq \varepsilon_4 \\ \varepsilon_5 &\leq x_3 \leq \varepsilon_6 \end{aligned} \right\} \quad (5.106)$$

Decarece avem 3 necunoscute și două relații de limitare, ne încadrăm în cazul II $n > m$.

Metoda de calcul analitic prezintă avantajele:

- necesită un volum mic de calcule;
- este accesibilă la diverse nivele;
- se pretează la automatizare.

5.7. Metoda grafoanalitică

Metoda constă în întocmirea unor grafice sau tabele cu valorile funcției Z în funcție de variabilele considerate, pentru diferite combinații de valori ale acestora. Se determină astfel combinația de valori a variabilelor pentru care funcția Z adună o extremă (de maxim sau de minim).

În majoritatea cazurilor tabelele sau graficele sînt foarte voluminoase și din acest motiv, se utilizează numai cînd celelalte metode sînt greoaie, sau cînd pe lîngă condiția de optim, vrem să cunoaștem variația funcției Z în funcție de abaterile pe care le avem la variabilele considerate, față de valorile optime.

Pentru reducerea volumului de calcule, se trasează curbele sau suprafețele determinate de funcția obiectiv și relațiile restrictive, calculele fiind necesare pentru determinarea unor puncte reprezentative.

În general, pînă la trei variabile, metoda este relativ ușor de aplicat și dă rezultate foarte bune, motiv pentru care în cele ce urmează vom da cîteva exemple particulare.

**4.7.1. Metoda grafo-analiticii la prelucrarea
dintr-o singură trecere.**

Este un caz particular, des intilnit in practică, mai ales la prelucrarea pe linii tehnologice (in flux, mecanizate, automate) pe mașini transfer și la prelucrarea simultană cu mai multe scule.

Se consideră sistemul (5.87) pentru durabilitatea impusă:

$$\left. \begin{aligned} f_0 - x_1 - x_2 &= Z \rightarrow \text{Minim} \\ cx_1 + ax_2 &\leq h_5 \\ h_1 &\leq x_1 \leq h_2 \\ h_3 &\leq x_2 \leq h_4 \end{aligned} \right\}$$

și un sistem de axe rectangular (fig.5.3.) Ox_1, x_2 .

Se reprezintă dreptele care sînt determinate de inecuațiile de limitare. S_e formează pentagonul ABCDE.

Funcția economică se poate explicita sub forma :

$$x_1 + x_2 = ct \quad (5.107)$$

Această formă reprezintă o familie de drepte paralele, a căror pantă este $\text{tg } \alpha_2 = -1$.

Deoarece notăm cu $\text{tg } \alpha_1$ panta dreptei determinată de relația de limitare $cx_1 + ax_2 = h_5$, distingem următoarele trei cazuri:

1. $\text{tg } \alpha_1 < \text{tg } \alpha_2$. Panta dreptei de limitare este mai mică decît panta familiei de drepte paralele determinate de funcția economică fig.5.3.a.

2. $\text{tg } \alpha_1 > \text{tg } \alpha_2$. Panta dreptei de limitare este mai mare decît panta familiei de drepte paralele determinate de funcția economică fig. 5.3.b.

3. $\text{tg } \alpha_1 = \text{tg } \alpha_2$. Panta dreptei de limitare este egală cu panta familiei de drepte paralele determinate de funcția economică.

Locul geometric al intersecției familiei de drepte paralele ce reprezintă funcția economică cu dreapta de limitare este segmentul AB.

Minimal cîtatat va fi în punctul în care distanța de la origine pînă la dreapta care reprezintă funcția economică este cea mai mică: în cazul 1 (fig.5.8.a.) punctul A, în cazul 2 (fig.5.8.b.) punctul B.

În mod esențial metoda se poate aplica și cînd durabilitatea nu este impusă, la prelucrarea dintr-o singură trecere, cu precizarea că se va considera sistemul (5.99).

5.7.2. Metoda grafo-analitică la prelucrarea din mai multe treceri

Considerăm sistemul (5.94) pentru cazul cînd durabilitatea este impusă :

$$\left. \begin{aligned} f_0 + x_1 - x_2 + x_3 &= Z \rightarrow \text{Minim} \\ ax_1 + ax_2 + bx_3 &\leq h_8 \\ ax_2 + bx_3 &\leq h_7 \\ h_1 &\leq x_1 \leq h_2 \\ h_3 &\leq x_2 \leq h_4 \\ h_5 &\leq x_3 \leq h_6 \end{aligned} \right\}$$

și un sistem de axe triangular $Ox_1x_2x_3$.

Se reprezintă planele determinate de inecuații de limitare. Se formează paralelipipedul 1,2,3,4,5,6,7,8.

Se explicitază funcția economică sub forma :

$$x_1 + x_2 + x_3 = ct \tag{5.108}$$

care ne caracterizează o familie de plane paralele.

Din intersecția paralelipipedului 1,2,3,4,5,6,7,8 cu planul de limitare $ax_1 + ax_2 + bx_3 = h_8$ se obține planul hexagonal a,b,c,d,e,f, iar cu planul de limitare $ax_2 + bx_3 = h_7$ patrulaterul $\alpha, \beta, \delta, \delta$.

Intersecția planului a,b,c,d,e,f cu planul $\alpha, \beta, \delta, \delta$ se realizează după dreapta AB.

Familia de plane paralele determinată de funcția economică, intersectează dreapta AB într-un punct. Locul geometric al punctelor de intersecție între planele paralele (5.108) și dreapta AB va fi o curbă.

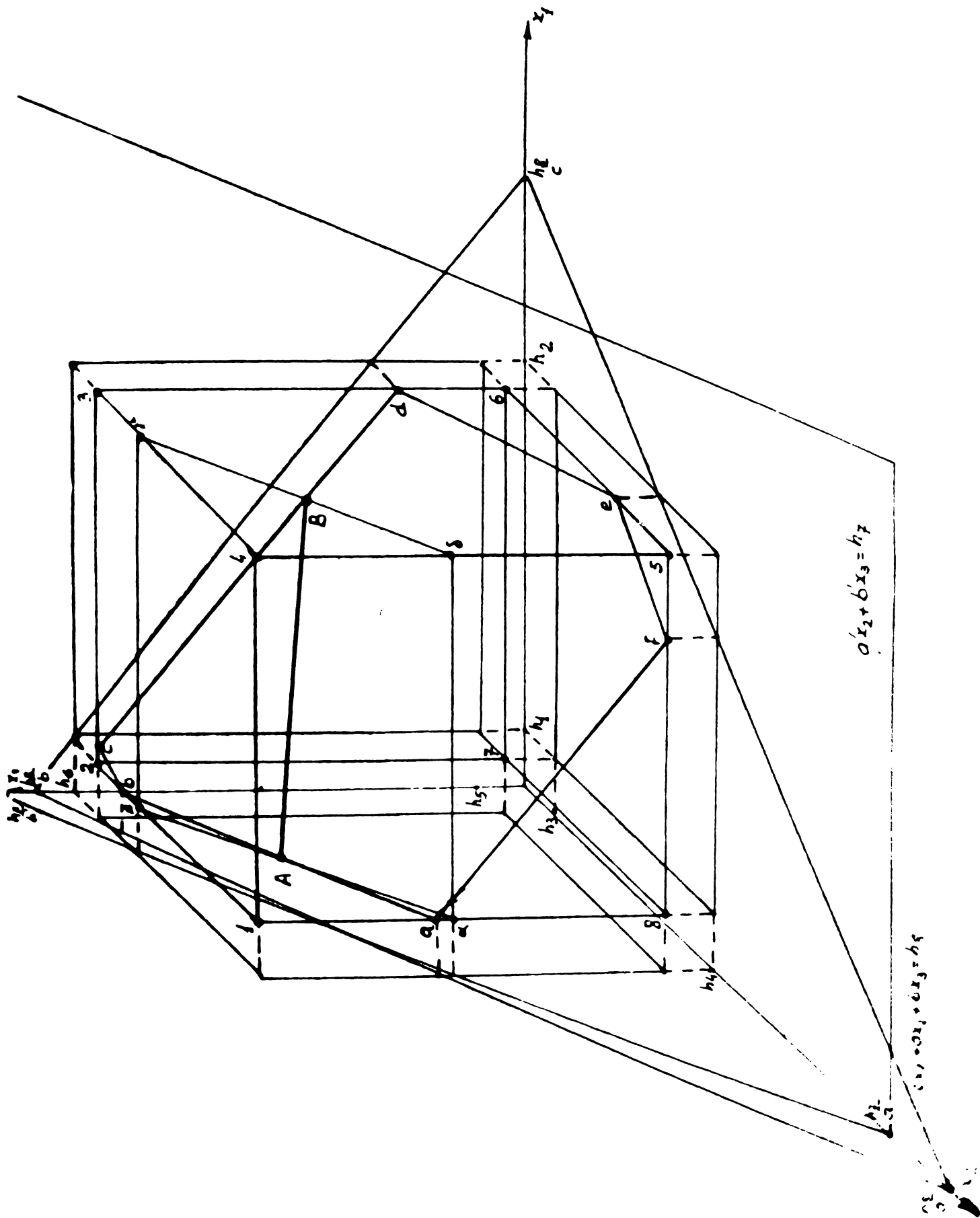


FIG. 5.4.

Minimul căutat va fi punctul în care distanța de la origine și pînă la planul care face parte din familia de plane ale funcției economice, este minimă.

Trebuie să precizăm că se vor lua în considerare numai soluțiile pozitive din primul cadran, soluțiile negative nu au sens.

Dacă planele paralele ale funcției economice sînt paralele cu planul de limitare $Cx_1 + ax_2 + bx_3 = h_3$, atunci vom avea mai multe soluții, determinate de punctele de pe dreapta AB.

Metoda este sugestivă și relativ ușoară pentru cazul cînd avem două variabile. După cum se vede din acest capitol, pentru cazul a trei variabile metoda devine mai complicată. Pentru un număr mai mare de variabile, metoda devine foarte dificilă.

5.8. Concluzii parțiale

1. Orice sistem tehnologic permite reprezentarea sa printr-un model matematic format dintr-un sistem de ecuații și/sau inecuații care exprimă dependența dintre mărimile și parametrii ce îl caracterizează.

2. Expliciterarea unui model matematic sub formă de funcții, permite evidențierea funcției economice (funcției obiectiv, funcției scop sau funcției criteriu) care caracterizează "sacrificiul" necesar pentru realizarea obiectivelor propuse și a funcțiilor de limitare (funcții restrictive) - expresiile matematice ale acestor obiective.

3. Prețul de cost al produsului, reprezintă criteriul general, sintetic, ce caracterizează un proces tehnologic și expresia sa matematică ne definește funcția economică ce trebuie optimizată.

4. S-au stabilit expresii originale ale părții variabile a prețului de cost în funcție de elementele regimului de așchiere, la prelucrarea cu o singură sculă, sau cu mai multe scule, expresii redată centralizat în tabelul 5.1.

5. Deoarece în formule generalizată a lui Time-Taylor variabilele sînt explicitate parțial, unii autori recomandă exprimarea durabilității sculei sub formă exponențială [28] sau sub formă exponențial-logaritmică [54].

6. Relațiile de limitare posibile pentru operațiile de prelucrare prin strungire cilindrică, frezare, burghiere, filetare,alezare și adîncire, la prelucrarea cu o singură sculă, sînt tratate pe larg în subcapitolul 5.3. și sînt redată centralizat în tabelul 5.2.

7. Analiza critică a metodei clasice de determinare a valorilor elementelor regimului de aşchiere a permis evidenţierea deficienţelor sale.

8. S-au stabilit modelele matematice originale pentru determinarea valorilor elementelor regimului de aşchiere, pentru operaţiile de strungire cilindrică, frezare, burghiere, filetare, alezare şi adâncire la prelucrarea cu o singură scală în condiţiile:

- când durabilitatea este impusă şi prelucrarea se realizează la o singură trecere;
- când durabilitatea este impusă şi prelucrarea se realizează la mai multe treceri;
- când durabilitatea nu este impusă şi prelucrarea se realizează la o singură trecere;
- când durabilitatea nu este impusă şi prelucrarea se realizează la mai multe treceri.

9. S-au stabilit modelele matematice originale pentru determinarea valorilor elementelor regimului de aşchiere prin metoda analitică pentru cele patru cazuri particulare expuse mai sus.

10. S-au stabilit metode graficoanalitice originale pentru determinarea valorilor elementelor regimului de aşchiere în condiţiile durabilităţii impuse, la prelucrarea dintr-o trecere şi la mai multe treceri, pentru operaţiile de strungire cilindrică, frezare, burghiere, filetare, alezare şi adâncire.

6. Proiectarea și realizarea unei mașini transfer pentru prelucrarea simultană a umerilor de fixare scuturi și a locașurilor de bobină la carcase din fontă a motoarelor electrice

6.1. Factorii care impun proiectarea unei mașini transfer

În capitolul 3 s-a evidențiat faptul că motorul electric asincron este cea mai utilizată mașină de curent alternativ. Cu toate că din punct de vedere constructiv motoarele electrice asincrone se construiesc într-o gamă largă de tipodimensiuni, carcasa sunt asemănătoare între ele și se pretează la aplicarea tehnologiilor de grup.

Din punct de vedere al preciziei de prelucrare, carcasa trebuie să asigure dimensiunile de montaj ale motoarelor electrice reglementate prin standardele și normele internaționale în vigoare precum și lanțul de dimensiuni de montaj care determină întrefierul.

Carcasa turnată din fonta cenușie este varianta constructivă care predomină pe piața mondială în prezent, situația care se prevede a se menține și în perioade următoare.

Analizând stadiul actual privind tehnologiile de prelucrare folosite, se constată că se utilizează linii automatizate constituite din mașini transfer pentru gabaritele mici 80-90-100 (Firmele: Fritz-Werner; Mauser-Schaeerer; Csepel) sau dintr-o mașină universală care prelucurează baza tehnologică-unăru I - și mașini transfer care asigură executarea celorlalte operații. (Firmele: Mauser; Burkhardt și Weber; Mauser-Schaeerer).

Carcasa se prelucurează în poziție orizontală pentru gabaritele mici sau în poziție verticală în deosebi la gabaritele mari.

Baza tehnologică pentru celelalte operații este unăru I cu excepția firmei Stankoimport, care, pentru gabaritele 160-200 recomandă o mașină transfer cu masă indexată ce prelucurează talpa.

Prelucrarea bazei tehnologice la gabaritele mari se realizează pe mașini universale, lucru ce dovedește că extrapolarea proiectelor existente pentru gabaritele mici nu poate fi făcută în condiții de eficiență și productivitate.

Operația de eboșare și respectiv finisare alezaj stator are ciclul de prelucrare mare față de celelalte operații ceea ce a determinat dublarea acestor posturi. Pentru prelucrare, în aceste posturi de lucru se folosesc capete multicutit speciale de mare productivitate, este necesară o fixare suplimentară și o instalație de răcire forțată.

Cu excepția variantei Fritz-Werner care se referă la gabaritele 80-90-100, baza tehnologică se execută pe o mașină fie universală fie specială (transfer) restul operațiilor executându-se pe mașini transfer cu masă înlexată pentru gabaritele mici sau cu transfer linier pentru gabaritele mari în unele cazuri, pe linii transfer în funcție de caracterul producției, de seria de fabricație.

Pentru asigurarea unei estetici industriale corespunzătoare motoarelor electrice, este necesar ca pentru prelucrarea bazei tehnologice să se folosească ca bază de așezare suprafața exterioară a carcasei, cînd unîrul I este exterior.

Din concluziile rezultate în capitolele 3 și 4 precum și din aceste succinte considerații ne-am ales ca teme de cercetare experimentală, proiectarea unei mașini transfer care să asigure prelucrarea bazei tehnologice a carcaselor motoarelor electrice turnate din fontă pentru gabaritele 160-180-200.

Rezumînd motivele alegerii acestei teme putem conchide ca:

a) dezvoltarea rapidă a fabricației motoarelor gabarit 160-180-200 în cadrul Intreprinderii Electromotor Timișoara impunea proiectarea unei tehnologii de mare productivitate care să asigure un timp mediu pe piesă de aproximativ 3 minute.

b) mașinile transfer-mijloace de producție moderne pentru producția de serie - sînt mașini de mare productivitate care folosesc principiul concentrării și diferențierii operațiilor.

c) pentru gabaritele 160-180-200 firme cu tradiție în fabricația de utilaje pentru prelucrarea carcaselor la motoare electrice oferă mașini universale de mică productivitate și neeconomice.

d) soluțiile existente pentru mașinile transfer destinate prelucrării carcaselor la gabarit 80-90-100 nu pot fi extinse la gabaritele mari.

e) pentru asigurarea unei estetici industriale cu o tehnologie simplă și eficientă este necesar ca bază tehnologică pentru prelucrarea unîrului I, să se utilizeze suprafața exterioară a carcasei.

f) pentru asigurarea unei precizii corespunzătoare, a reducerii timpului de prelucrare și pentru simplificarea tehnologiei de prelucrare a celorlalte suprafețe, mașina transfer va prelucra simultan la o singură fixare 4 suprafețe:

- unghiul de centrare scut
- suprafața frontală a unghiului de centrare scut
- alezajul de protecție a capetelor de bobină
- teșitura unghiului de centrare scut.

g) prelucrarea alezajului stator considerăm că este tratată suficient în bibliografia de specialitate, precizând că datorită regimului intensiv folosit se iau măsuri de răcire a piesei fie forțat, folosind instalații de ciclonare sau intercalând între postul de eboșare și postul de finisare alte posturi (găurire, filetare, frezare) pentru ca piesa să se răcească în mod natural.

h) operațiile de găurire, filetare și frezare nu ridică probleme deosebite și considerăm că ele sînt tratate suficient în bibliografia de specialitate.

i) considerăm că bibliografia de specialitate oferă date suficiente privind: construcția și tipizarea elementelor componente ale mașinilor transfer, dispozitivele, sculele și sistemele de control, sistemele de evacuare a așchiilor, a sistemelor de transport și transfer, a obiectelor prelucrării, a sistemelor de comandă, a legilor de probabilitate a funcționării și exploatării mașinilor transfer.

j) dacă există suficiente date bibliografice privind alegerea parametrilor regimului de așchiere pentru prelucrarea cu capete multiax a găurilor, filetelor, mai puțin întâlnim metode concrete de optimizare a elementelor regimului de așchiere la prelucrarea prin strunjire cu capete multi cuțit a mai multor suprafețe.

6.2. Schema de prelucrare aleasă

Pe baza celor arătate mai sus a fost admisă următoarea schemă de prelucrare, redată în fig.6.1.

Prelucrarea se realizează simultan cu două capete multi-cuțit, fiecare executînd următoarele operații:

- strunjirea suprafeței cilindrice exterioare A.
- strunjirea suprafeței frontale înclinate B.

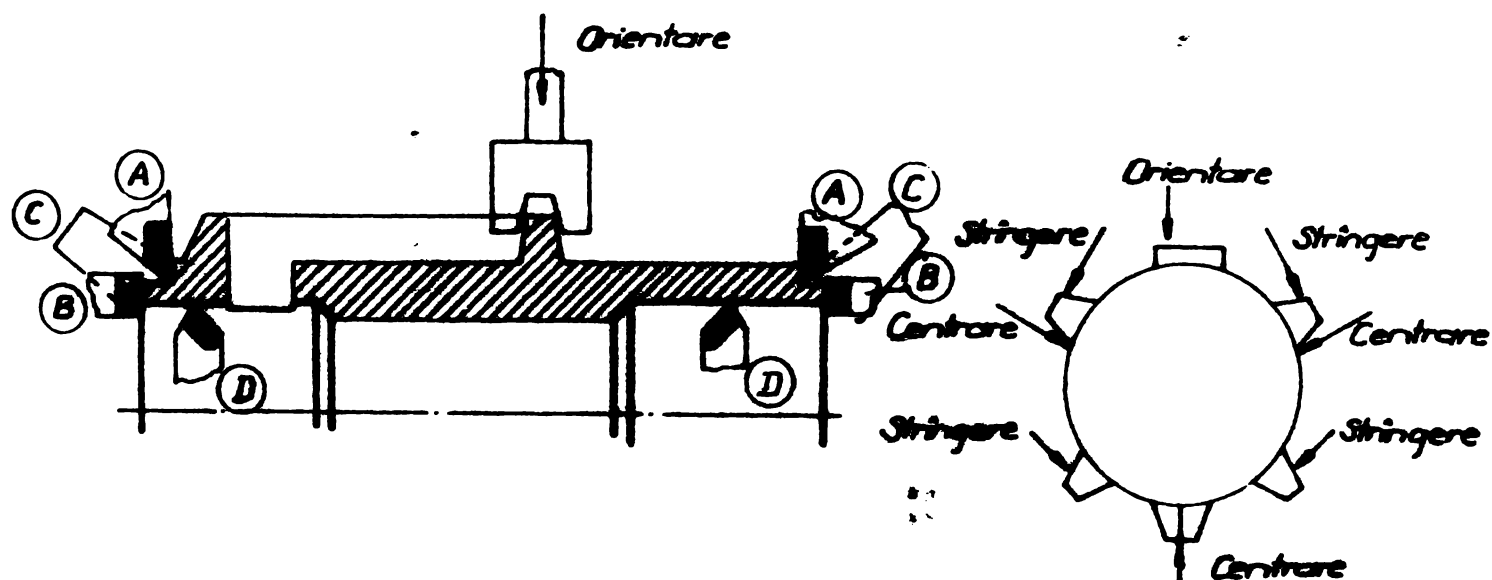


Fig. 6.1.

- teșirea exterioară (C).
- strungirea suprafeței cilindrice interioare D.

Dimensiunile principale pentru gabaritele 160, 180, 200 sînt centralizate în tabelul 6.1.

Lungimea maximă de prelucrare - lungimea pe care se lucrează cu avans de lucru - se află în partea cutiei de borne și se calculează cu relația:

$$l_{\max} = a + 5 \text{ mm}$$

În partea opusă cutiei de borne lungimea de prelucrare este mai mică, lucru ce rezultă prin simpla comparare a valorilor lui b cu a.

Tabelul 6.1.

Nr. crt.	Gabarițul Tipul	A ₁	a	b	A ₂	C	d	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	Observații maximă de prelungire
1.	L	443	71	58	412								76
2.	M	404	71	38	374	6	6	329	323	308	307	297	76
3.	S	349	78	40	319								83
4.	L	398	66	24	377								
5.	M	360	66	24	339	7	7	218	283	270	269	260	71
6.	S	310	66	24	288								
7.	L	384	43	30	366								49
8.	M	341	56	44	323	4,5	4,5	268	263	249	248	237	61
9	S	308	68	55	290								73

6.3. Proiectarea și realizarea unui cap multi cuțit pentru strângerea simultană a suprafețelor exterioare, frontale și interioare pentru prelucrarea la grup.

Pentru realizarea schemei de utilizare admise, a fost conceput, proiectat și realizat un cap multicuțit pentru strângere combinată, destinat prelucrării simultane a suprafețelor exterioare, frontale și interioare, valabil pentru mai multe tipodimensiuni de piese de configurație asemănătoare.

Acest proiect a fost înregistrat la S.B.I.M. ca propunere de invenție cu numărul 84.875/30.III.1975 și caracterizat ca invenție prin hotărârea nr.767/decembrie 1978.

În figura 6.2. este relatată valoarea la asamblu a capului multicuțit format dintr-un corp ce se montează pe arborele principal al anitului de strângere, un număr de 16 posteațite în care sînt montate și reglate cușitele de strângere exterioare, frontale și tegine și un cap de strângere interioră.

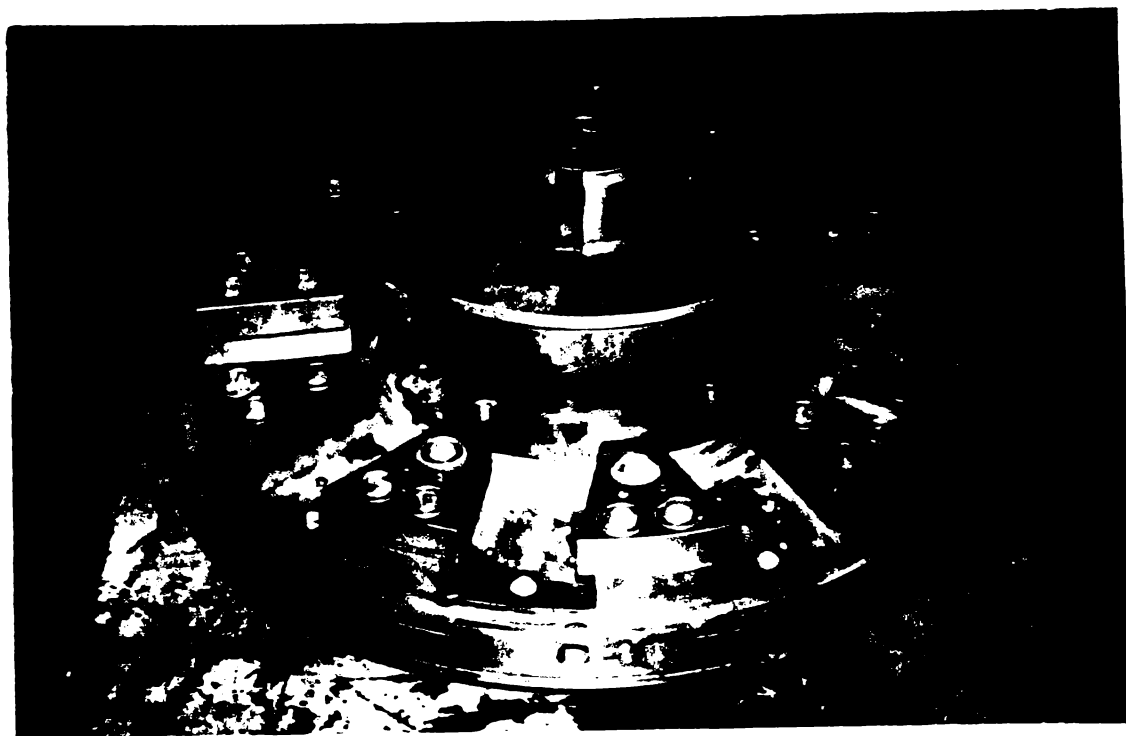


Fig. 6.2. Cap multicuțit pentru strângere combinată.

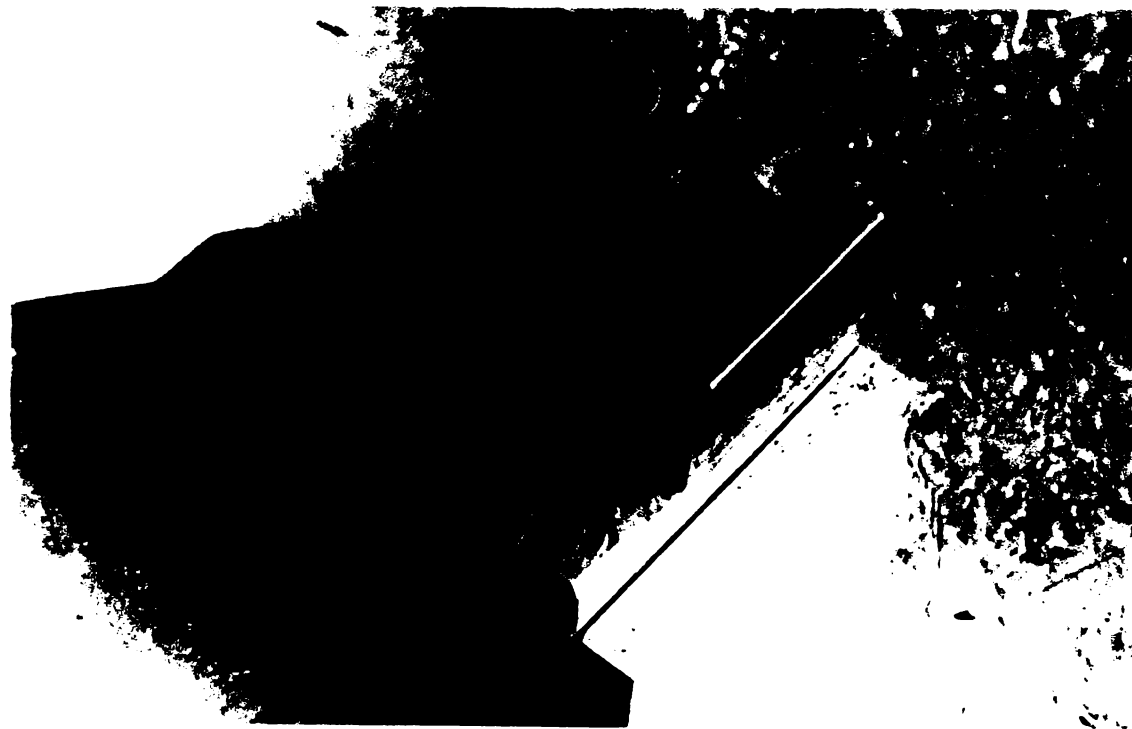


Fig. 6.3. Port cașit.

Caracteristicile acestui cap multicașit pentru strângere combinată sînt următoarele:

- este destinat pentru prelucrarea la grup a carcasa motoarelor electrice gab.160-180-200.

- la portcașite reglabile cu o cursă de 40 mm din care:

- două cașite de țegire exterioară

- patru cașite de strângere cilindrică exterioară.

- patru cașite de strângere frontală.

- un cap cu cinci cașite pentru strângere interioară reglabilă, cu o cursă de 60 mm.

- diametrele exterioare care pot fi strânse $\varnothing 330$ - $\varnothing 350$ mm.

- pe lărgo cașitelor în port cașit se poate realiza un șablon, înainte de montarea port cașitalui în corpul capului multicașit.

- capul de strungire interioară se reglează la cotă direct din ascuțire pe magini de ascuțit specializate.
- fixarea cuțitelor în port cuțit prin pană conică și șuruburi cu locaș hexagonal.
- reglarea portcuțitului la cotă-mecanic.
- reglarea poziției capului de strungire interioară față de portcuțite-mecanic.
- cuțitele sînt armate cu plăcuțe K.10 STAS 6374-61 tip A12 cu dimensiunile 12 x 8 x 5.
- unghiurile caracteristice ale cuțitelor.

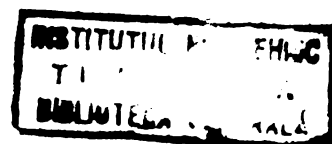
Tabelul 6.2.

Nr. crt.	Tipul cuțitului	Materialul					P		
		Corpul cuțitului	Plăcuță	α	δ	χ		χ_1	r
1.	Cuțit pentru strungire exterioară	OLC 45 STAS 880-60	K 10 STAS 6374-61 A 12	10°	0°	0°	5°	0,5	-
2.	Cuțit pentru strungire frontală	OLC 45 STAS 880-60	K 10 STAS 6374-61 A 12	10°	0°	0°	0°	-	-
3.	Cuțit pentru țesire exterioară	OLC 45 STAS 880-60	K 10 STAS 6374-61 A 12	10°	0°	45°	45°	-	-
4.	Cuțit pentru strungire interioară	OLC 45 STAS 880-60	K 10 STAS 6374-61 A 12	6°	0°	45°	45°	-	4

Au fost executate două bucăți de asemenea capete multi cuțit în cadrul secției de scalirie a Intreprinderii Electromotor și au fost folosite cu rezultate foarte bune din anul 1975.

Deoarece reglarea întregului cap multicuțit se poate realiza în poziție demontată de pe arborele principal al maginii, se reduce timpul auxiliar și staționarea maginii transfer.

Montarea capului pe arborele principal se realizează într-un timp de aproximativ 5 minute, prin strângerea a patru șuruburi. M 16 x 75. STAS. 5144-78.



6.4. Proiectarea și realizarea a dispozitivului de centrare și fixare a obiectului prelucrării.

Prelucrarea diferitelor suprafețe ale carcасelor motoarelor electrice, trebuie să se facă după cum s-a văzut în fig. 3.7., cu o anumită precizie pentru dimensiuni, poziții relative, forme și calitatea suprafețelor.

Precizia de prelucrare este determinată de modul de alegere a bazelor tehnologice - având în vedere că piesa cu dimensiunile sale formează un element al lanțului de dimensiuni S.M.D.P. - și de erorile sistematice, introduse de dispozitivele de fixare și de mașina uneltă.

Din acest motiv s-a acordat o atenție deosebită alegerii bazelor tehnologice și a stabilirii schemei de bazare și așezare.

Pornind de la faptul că unghiul de fixare scut trebuie să fie concentric cu suprafața exterioară a carcасei pentru a nu afecta estetica industrială a motorului electric s-a ales această suprafață ca bază tehnologică de așezare și fixare.

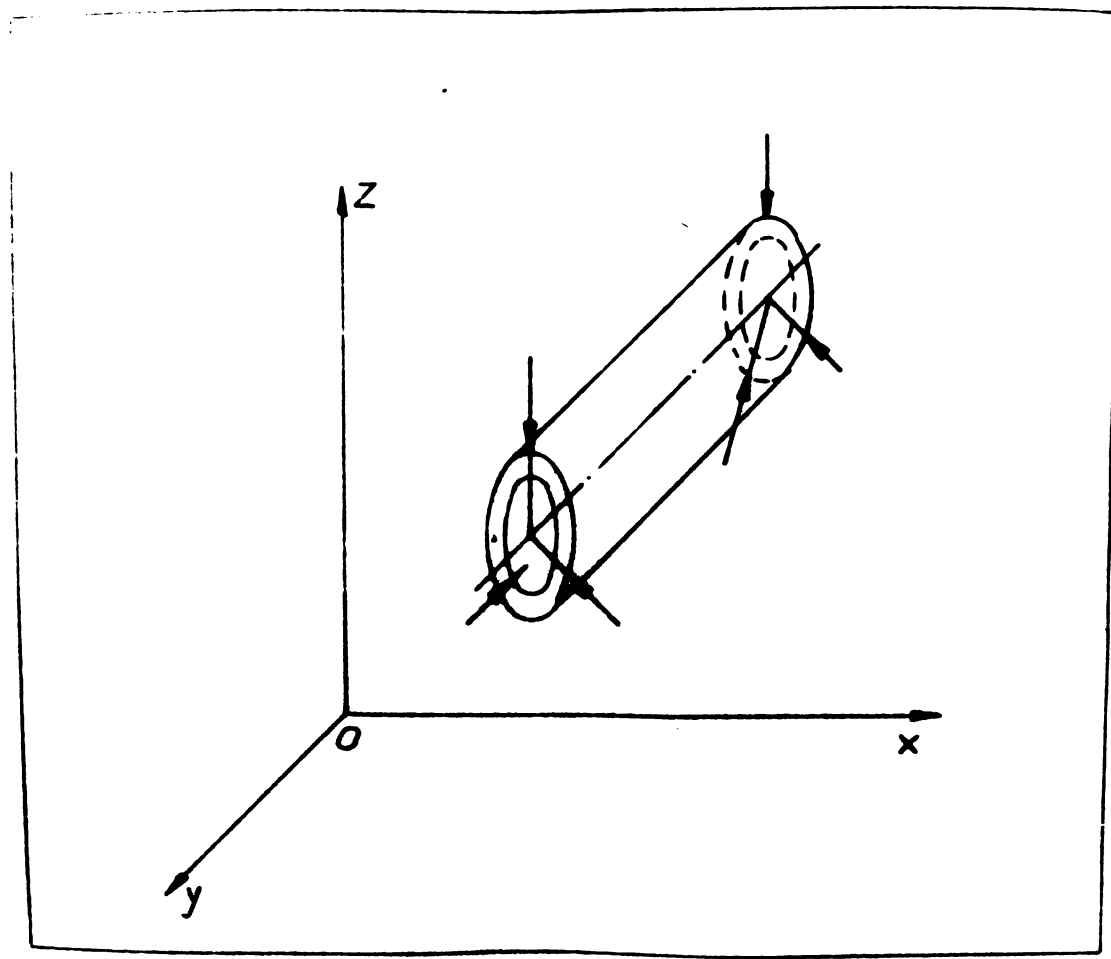


Fig.6.4.

Carcasa fiind o piesă cilindrică lungă, pentru anularea celor 6 grade de libertate s-a adoptat sistemul de antrenare care asigură orientarea pieselor după două plane de simetrie perpendiculare. Această bază dublă de ghidare anulează 4 grade de libertate:

- rotația în jurul axei Ox .
- rotația în jurul axei Oz .
- translația în lungul axei Ox .
- translația în lungul axei Oz .

Practic la anumite valori ale forțelor de strângere, forțele de frecare care iau naștere pot să anuleze și celelalte două grade de libertate: rotația în jurul axei Oy și deplasarea în lungul axei Oy determinate de forțele și momentele de așchiere. Prin experimentările efectuate s-a constatat că forțele de strângere necesare preluării forțelor axiale și momentelor de așchiere introduc abateri de formă de la circularitate.

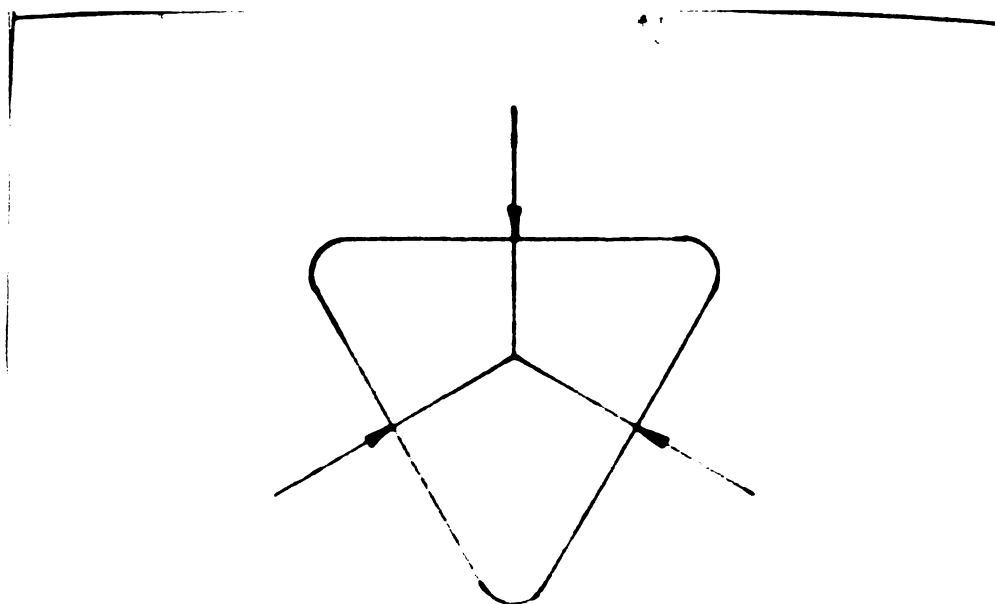


Fig. 6.5.

Pentru anularea ultimelor două grade de libertate s-a introdus o bază dublă de prîjin care elimină inconvenientele arătate.

Materializarea bazei duble de ghidare s-a făcut printr-un universal dublu cu 6 fălci - trei dispuse într-un plan iar celelalte trei în alt plan -, la care centrarea fălcilor se asigură prin intermediul unui canal spiral, executat pe suprafața plană a două discuri turnate, montate în corpul dispozitivului.

Având în vedere lungimea variabilă a pieselor ce urmează a fi prelucrate, distanța dintre cele două plane în care se află fișele este reglabilă prin construcție.

Acționarea dispozitivului de centrare se realizează hidro-mecanic. De la un motor hidraulic rotativ mișcarea se transmite la un reductor diferențial de construcție specială, cu o verigă de blocare prin intermediul unui cuplaj electromagnetic, iar prin intermediul a două angrenaje cilindrice la cele două discuri turnate.

Schema de principiu a acționării dispozitivului de centrare este redată în figura 6.6.-

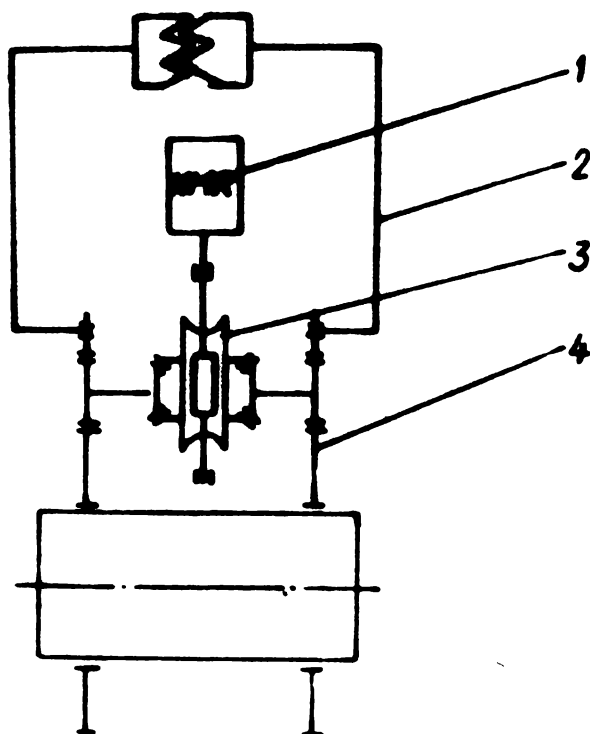


Fig. 6.6.

1. motor hidraulic rotativ.
2. verigă de blocare temporară cu cuplaj electromagnetic.
3. reductor diferențial melcat.
4. discuri turnate.

Reductorul diferențial proiectat elimină dezavantajele actualelor mecanisme diferențiale utilizate în special pentru acționarea roților de tracțiune ale autovehiculelor și anume:

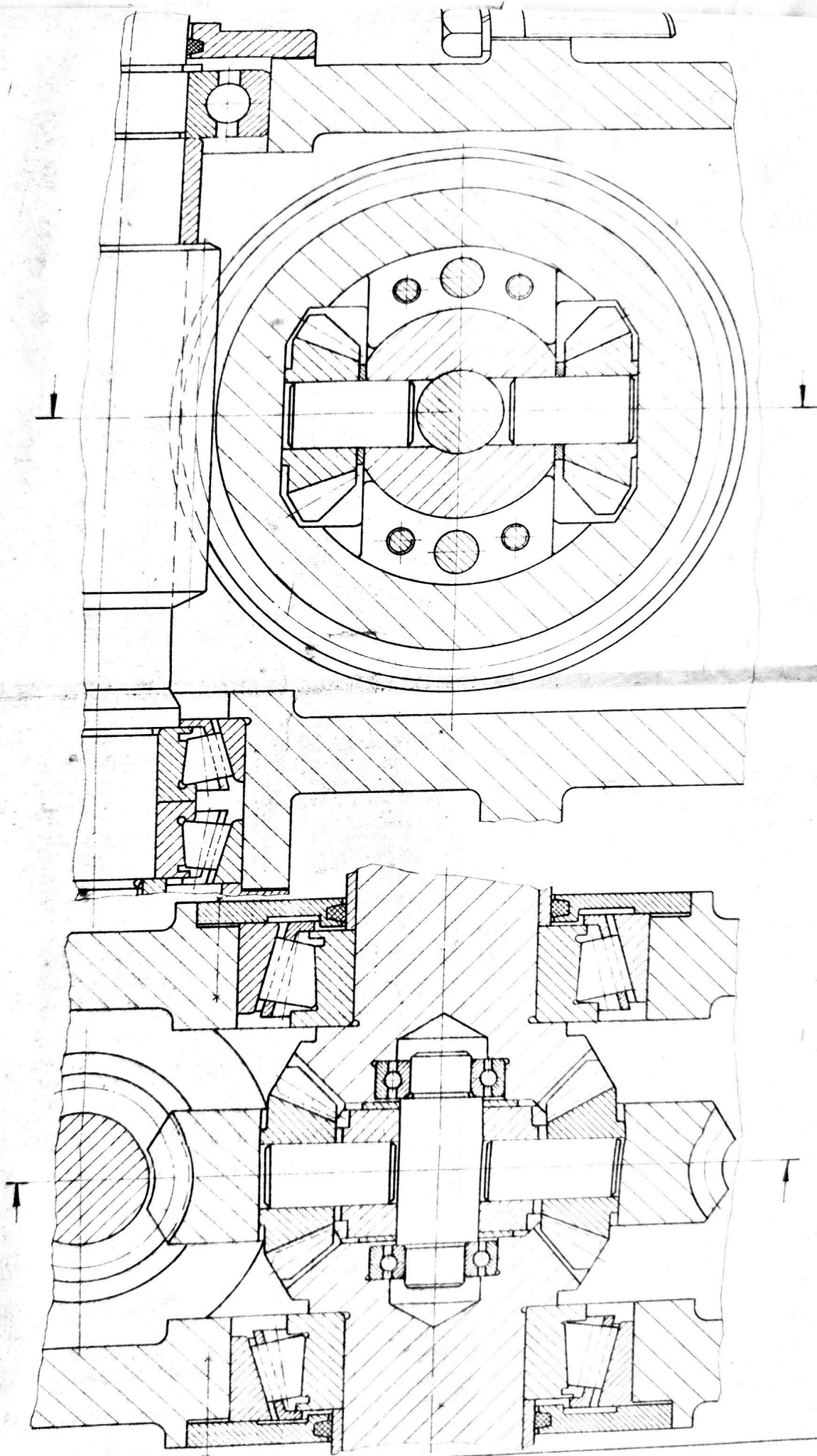


Fig. 6.7

- au un raport de transmitere relativ mic 4 ... 12.
- au o construcție asimetrică care determină apariția unor solicitări suplimentare.
- carcasa, execută o mișcare de rotație în timpul funcționării.
- au o construcție închisă pentru a permite asamblarea pieselor componente ale mecanismelor.
- au o tehnologicitate complexă.

Detalii constructive ale reductorului diferențial sînt redată în figura 6.7.

Elementele constructive:

1. Angrenajul cilindric

$i = 7$	$D_{e1} = 115 \text{ mm}$
$m = 5 \text{ mm}$	$D_{e2} = 745 \text{ mm}$
$Z_1 = 21 \text{ dinți}$	$h = 11,25$
$Z_2 = 147 \text{ dinți}$	Cremaliera de referință
$A = 420_{-0,100}^{+0,100} \text{ mm}$	$\xi = 20^\circ; F_0 = 1; w_0 = 0,25.$

2. Angrenajul melcat

$i = 7,25$	$D_{e1} = 52 \text{ mm}$
$m_2 = 4 \text{ mm}$	$D_{e2} = 124 \text{ mm}$
$z_1 = 4 \text{ începături}$	Cremalieră de referință $\alpha = 20^\circ$
$z_2 = 29 \text{ dinți}$	$F_0 = 1$
$g = 11 \text{ mm}$	$w_0 = 0,25$
$A = 80_{-0,065}^{+0,065} \text{ mm}$	$\xi = 0$
	Inclinarea dinților dreapta
	$\theta = 19^\circ 58' 59''$

3. Angrenajul conic

$i =$	$\xi_1 = + 0,23$	$D_1 = 50 \text{ mm}$
$z_1 = 10$	$\xi_2 = - 0,23$	$D_2 = 80 \text{ mm}$
$z_2 = 16$	$\delta_A = 90^\circ$	
$m = 5$	$h = 11,25$	

Reductorul diferențial prezentat are următoarele avantaje:

- are un raport mare de transmitere;
- are o construcție perfect simetrică;
- construcția carcasei este închisă, oferind reductorului o independență totală;
- poate fi executat în variante care să fie aplicate în diferite domenii;

- este simplă și ușor de realizat.

Pentru anularea altitudinilor două grade de libertate se utilizează un dispozitiv acționat hidraulic, montat pe același dispozitiv de centrare. Acesta se vede în fotografiile de mai jos.

Dispozitivul este prevăzut cu canale de colectare a spațiului și cu sistem de absorbție a prafului.

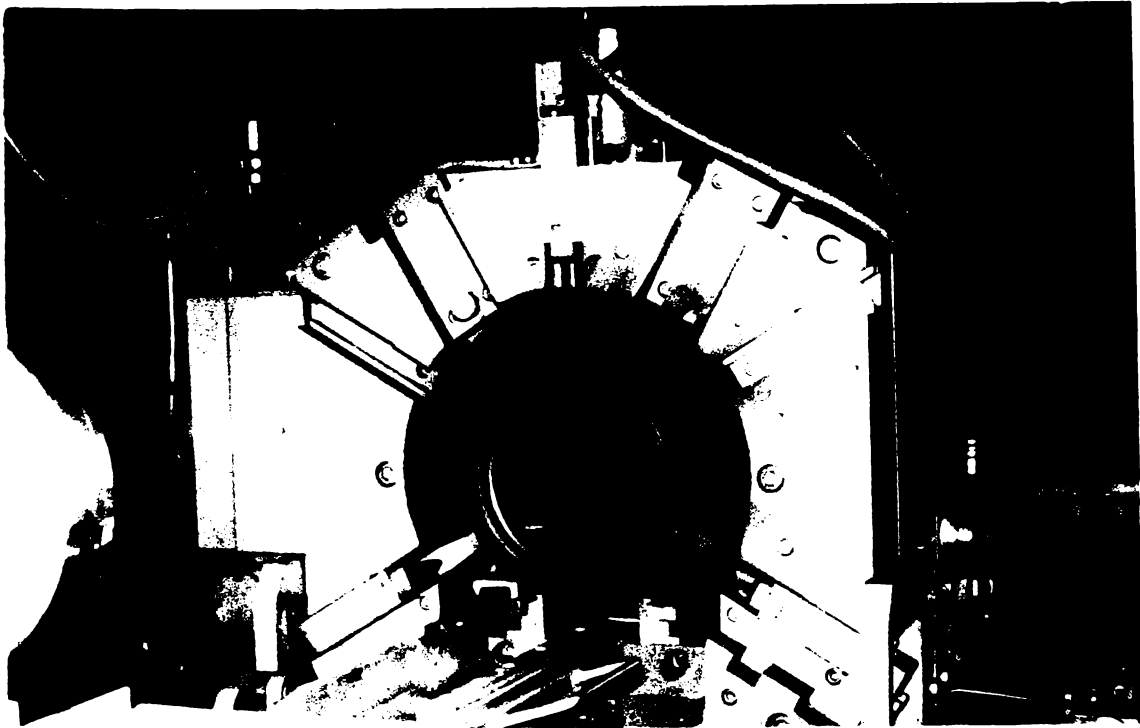


Fig. 6.8. Centrarea și fixarea carcusei.

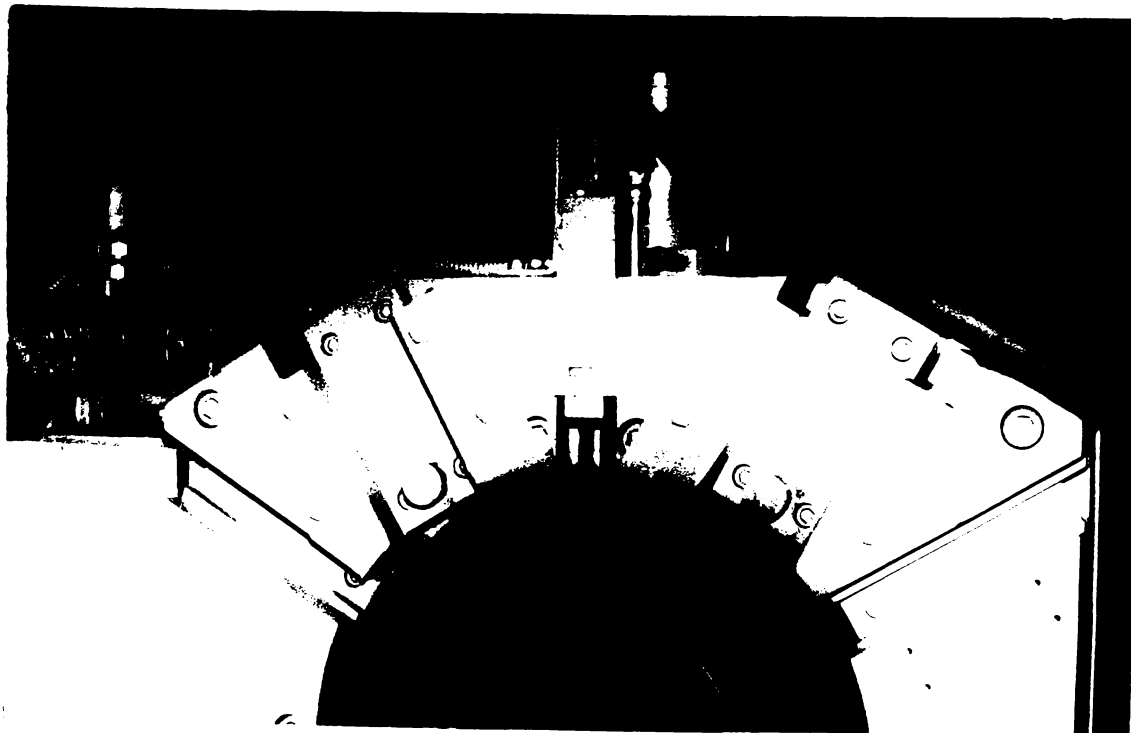


Fig. 6.9. Detaliu privind dispozitivul hidraulic de poziționare și hidromotorul rotativ de antrenare a bocurilor de centrare.

6.5. Stabilirea ciclului de funcționare și compunerea mașinii unelte transfer.

Compunerea mașinii unelte transfer de prelucrare simultană a celor doi umeri de fixare scut și a alezajului pentru capetele de bobină stator, s-a realizat pe baza schemei de prelucrare alese.

Schema de montaj este redată în figura 6.10.

În principiu, mașina transfer se compune din:

- două unități de strungire tip J.C.H. 500 A.
- două batiuri orizontale de susținere a unităților de strungire.
- o sanie transversală tip J.H. 630 A x 800.
- un batiu orizontal de susținere a saniei transversale.
- dispozitivele de fixare și blocarea saniei transversale în poziție de lucru.
- instalația de comandă și acționare hidrolică.
- instalația de comandă și acționare electrică.
- instalația de captare prof.
- instalația de captare gapn.
- dispozitive și accesorii pentru depozitare, alimentare și evacuare cu carcase a mașinii transfer.

Pe sania transversală se montează dispozitivul de centrare și fixare a obiectului prelucrării. Capetele de strungire multicutit se montează pe arborii principali ai celor două unități de strungire.

Obiectele de prelucrare sînt depozitate pe o masă cu role. Alimentarea manuală a dispozitivului de strîngere și fixare a obiectului de prelucrare este facilitată de un dispozitiv de alimentare prevăzut cu rigle de ghidare și orientare. Ciclul de lucru automat al mașinii transfer prevede în continuare: orientarea obiectului de prelucrare prin intermediul bosaajului cutiei de borne - hidrolic-; centrarea pe suprafața exterioară - hidromecanic-; strîngerea și fixarea pe urechile de fixare scuturi - hidrolic-; deplasare rapidă electromecanic - și apoi deplasare cu avans de lucru - hidromecanic - a saniei transversale cu dispozitivul de strîngere și fixare, în vederea instalării obiectului prelucrării în poziția de prelucrare; strîngerea și fixarea în poziția de prelucrare a saniei transversale - hidrolic -; deplasarea cu avans rapid a unităților de lucru - hidrolic-; deplasarea cu avans de lucru a unităților - hidrolic-; retragerea rapidă a unităților - hidrolic-; desfocare, strîngere

sanie transversală cu dispozitiv de strângere și fixare - hidraulic -; retragerea rapidă sanie transversală în poziție de alimentare - electro mecanic -; deștrângere - hidraulic-; retragere bacuri de centrare - hidromecanic-; retragere dispozitiv de orientare - hidraulic. Piesa prelucrată se scoate din dispozitivul de strângere și fixare cu ajutorul unui dispozitiv de scoatere și răsturnare, opțional manual și este depozitată pe masă cu role în poziție verticală.

Ciclograma de funcționare a maginii transfer, concepute, este redată în Figura 6.11.

Timpul de bază realizat este între 1,4 și 1,9 min/buc.

Timpul auxiliar realizat este între 1,3 și 1,1 min/buc.

Timpul unitar realizat este între 2,7 și 3 min/buc.

Caracteristicile tehnice principale ale unității de strângere I.C.M.500 A. din Figura 6.12 sînt următoarele:

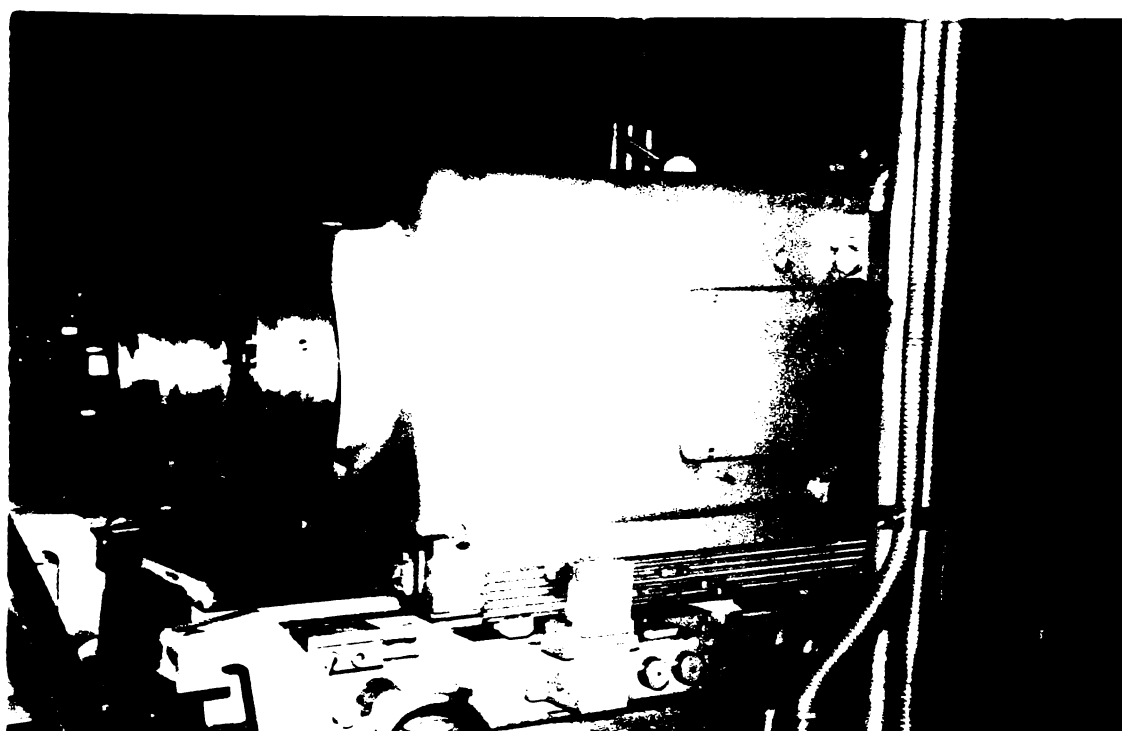
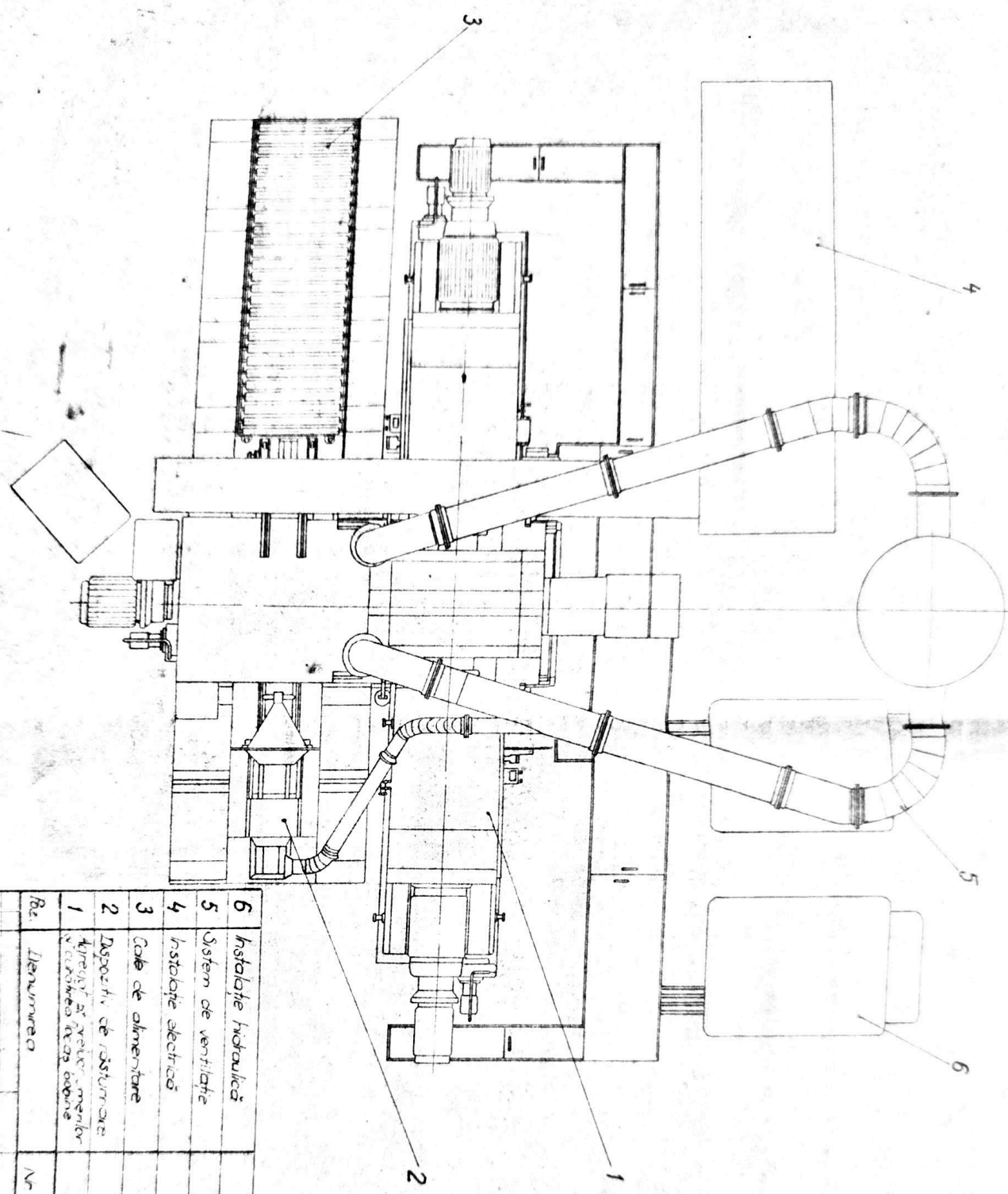


Fig. 6.12.

- puterea motorului de antrenare	7,5 kW
- turația motorului de antrenare	1400 rot/min
- puterea motorului de avans	2,2 kW
- turația motorului de avans	1400 rot/min
- forța axiale de avans la 45 daN/cm ²	3200 daN



6	Instalație hidrolică				
5	Sistem de ventilație	1			
4	Instalație electrică	1			
3	Cale de alimentare	1			
2	Dispozitiv de măsurare				
1	Apărător și preluator pentru	1			
	închiderea bobinei				
Raz.	Denumirea	Nr. desen sau STAS	Sic.	Material	Cantitate

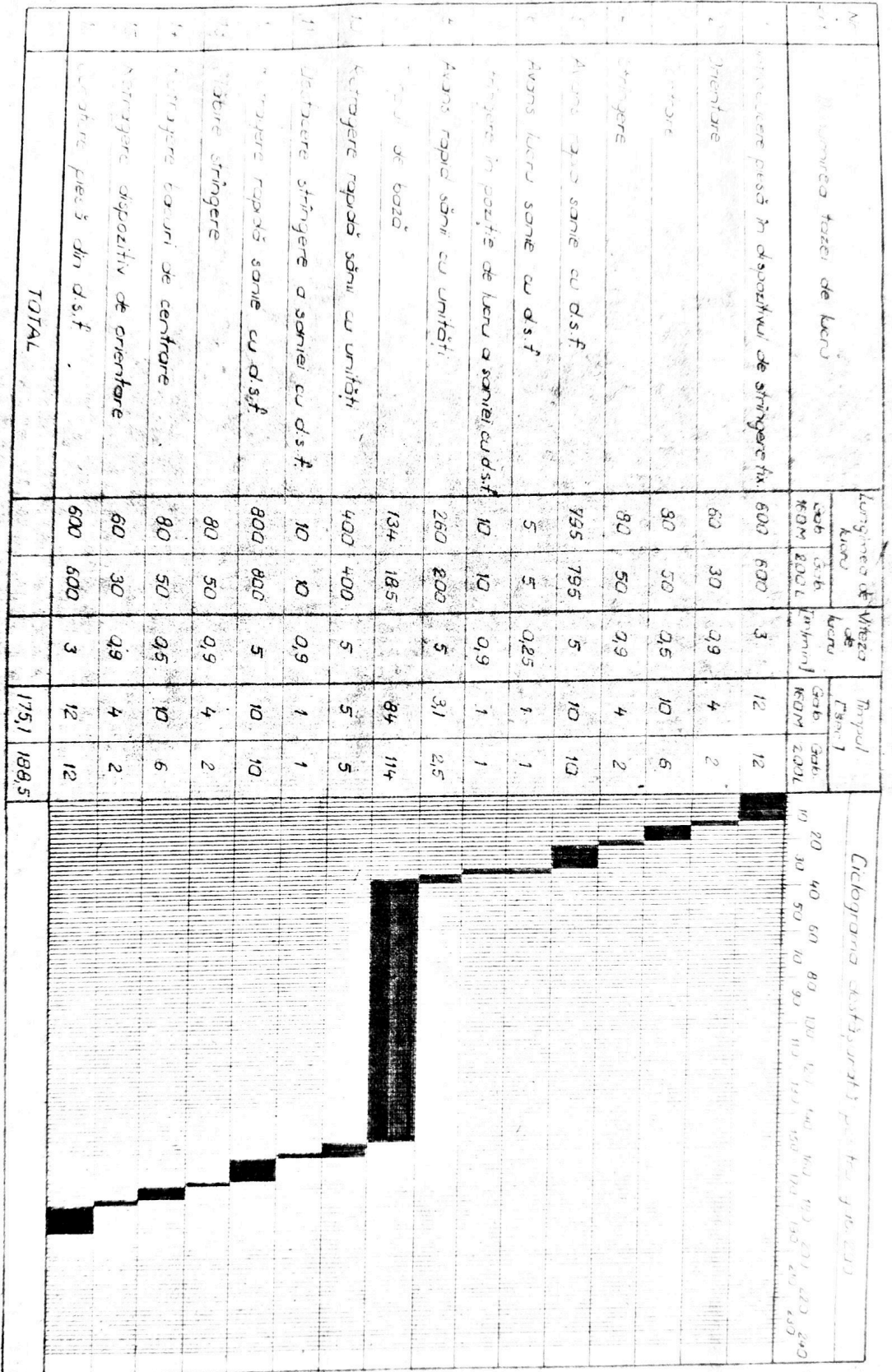
Proiectat de	Albu Gh.	desenat de	Albu Gh.
--------------	----------	------------	----------

AGREGAT PENTRU PRELUCRAT
UMERI ȘI LOCAȘ BOBINE

Fig. 6.10

CICLOGRAMA

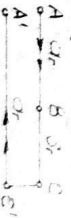
agregatului de stringere unari și alezaj cipeta de lașare



Regimul de aschiere

$$\begin{cases} n = 56 \text{ rot/min} \\ s = 0,2 \text{ mm/lașărit} \\ s_r = 0,8 \text{ mm/lașărit} \end{cases}$$

Ciclul de lucru al agregatului de stringere



Tip de șanț	1600M	200L
1	4,4	1,9
2	1,3	1,1
3	2,7	3

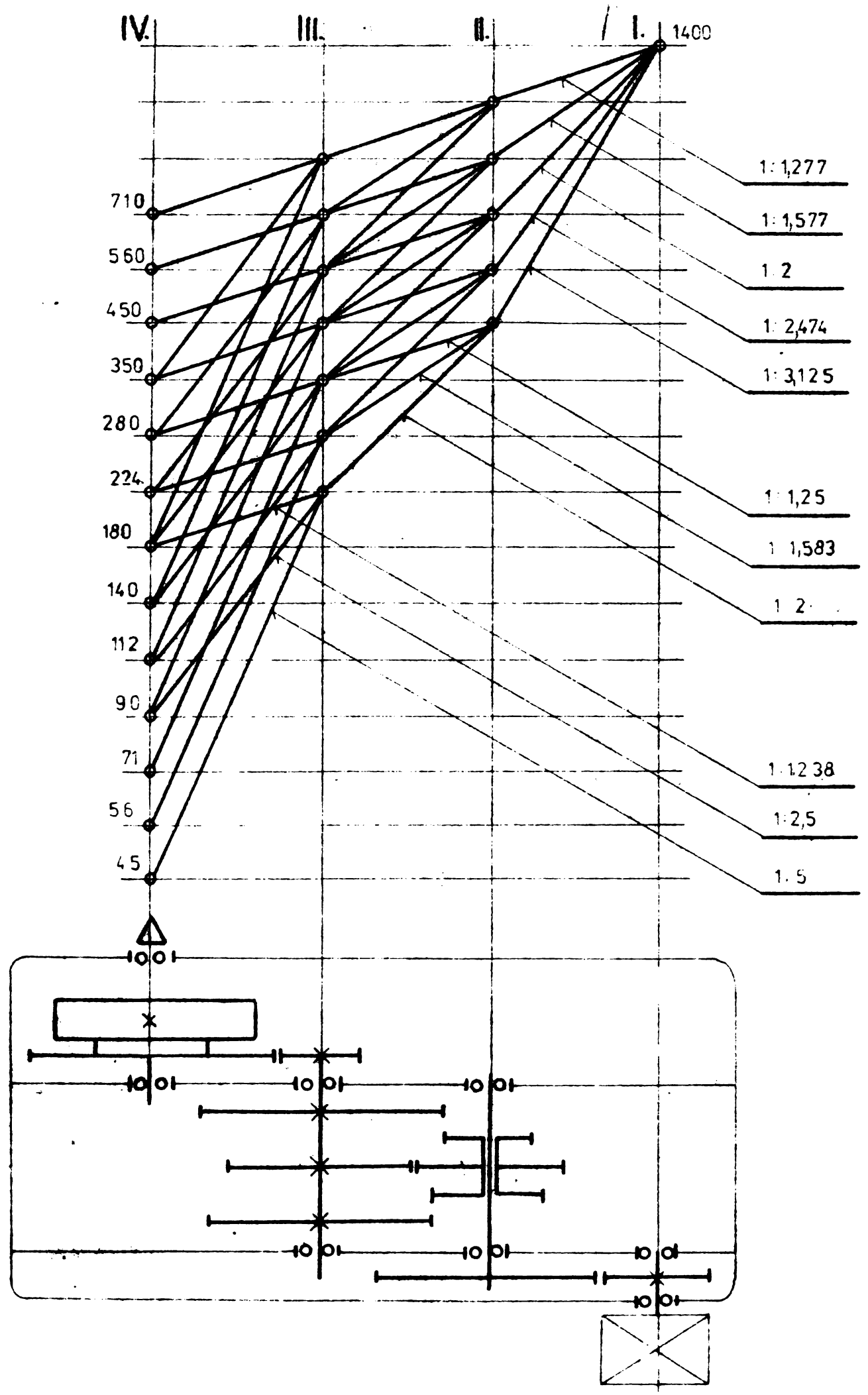


Fig. 6.13

Gama turărilor și schema cinematică pentru unitatea de ștrunjire JCH 500A

itorului care deserveste mașina au fost concepute, proiectate realizate o serie de dispozitive, accesorii și instalații.

In Figura 6.14 o vedere parțială a mașinii transfer, se arată în prim plan masa cu role pe care sînt depozitate piesele între de prelucrare și dispozitivul mobil de alimentare, cu care e prevăzută cu rigle de ghidare, a dispozitivului de centrare și are.



Fig. 6.14.

Dispozitivul de scoatere din dispozitivul de centrare și fixare a carcusei prelucrate, destinat și pentru modificarea

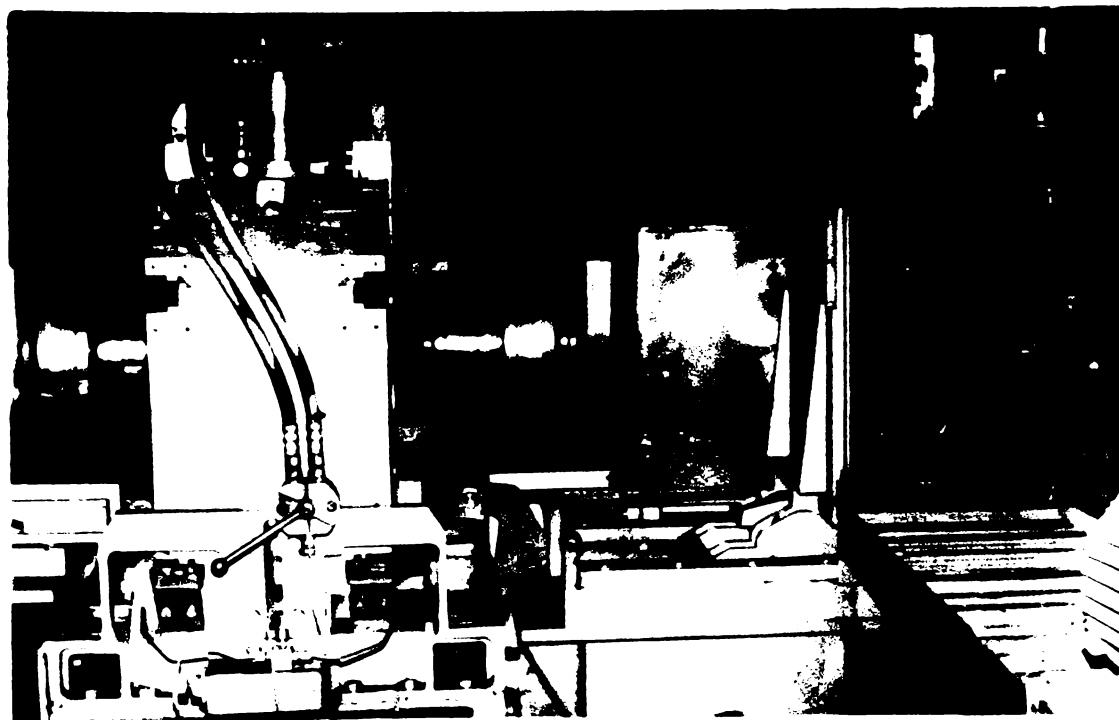


Fig. 6.15.

- forța axială de avans la 25 daN/cm ²	1600
- turațiile arborelui principal	45-710 rot/min
- avansul rapid	6 mm/min
- avansul de lucru, continuu reglabil....	10-250 mm/min
- cursa de lucru	470 mm
- dimensiuni: înălțime	820 mm
lățime	500 mm
lungime	1724 mm
- greutatea	1250 kg

Reglarea turațiilor, conform schemei cinematice și a diagramei turațiilor - Fig.6.13 - se realizează prin roțile de schimb de pe arborii I și II și II și IV precum și prin roțile doare de pe arborele II.

Din calculul elementelor regimului de așchiere, a rezultat că turațiile necesare sînt 45 rot/min; 56 rot/min; și 71 rot/min turații ce se obțin prin folosirea roților de schimb de pe arborii I și II cu raport 1:3,125 și a roților de schimb de pe arborii III și IV cu raport 1:5, roțile baladoare avînd raporturile: 1:1,25; 1:1,583; și respectiv 1:2.

Caracteristicile tehnice principale ale saniei transversale tip I.H. 630 A x 800 sînt următoarele:

- puterea motorului de antrenare	1,5 kW
- turația motorului de antrenare	1400 rot/min
- forța axială de avans la 45 daN/cm ²	5000 daN
- forța axială de avans la 25 daN/cm ²	2500 daN
- avansul de lucru continuu reglabil	10-250 mm/min
- avansul rapid	6 mm/min
- cursa de lucru v... ..	800 mm
- dimensiuni: înălțime	320 mm
lățime	740 mm
lungime	1874 mm
- greutatea	1200 kg

Construcția batiurilor de susținere a celor două mîini de strungire precum și a saniei transversale este sudată, după proiecte I.C.P.M.U.A. adaptate.

6.6. Dispozitive și accesorii ale mașinii transfer.

Pentru reducerea timpului auxiliar și de deservire pentru creșterea productivității muncii și reducerea efortului fizic al

poziției orizontale a acestora în poziție verticală, masa cu role pe care sînt depozitate piesele prelucrate și dispozitivul de fi-o-re și blocare a soniei transversale în poziție de lucru sînt evi-dențiate în figura 6.16.

La înă transfer este prevăzută ca dispozitive de captare a spanului care este conșus la un transportor subteran centralizat. Captarea spanului se face în două puncte distincte: pe dispozitivul de centrare finare în timpul prelucrării și sub dispozitivul de rîsturnare, în timpul modificării poziției piesei.

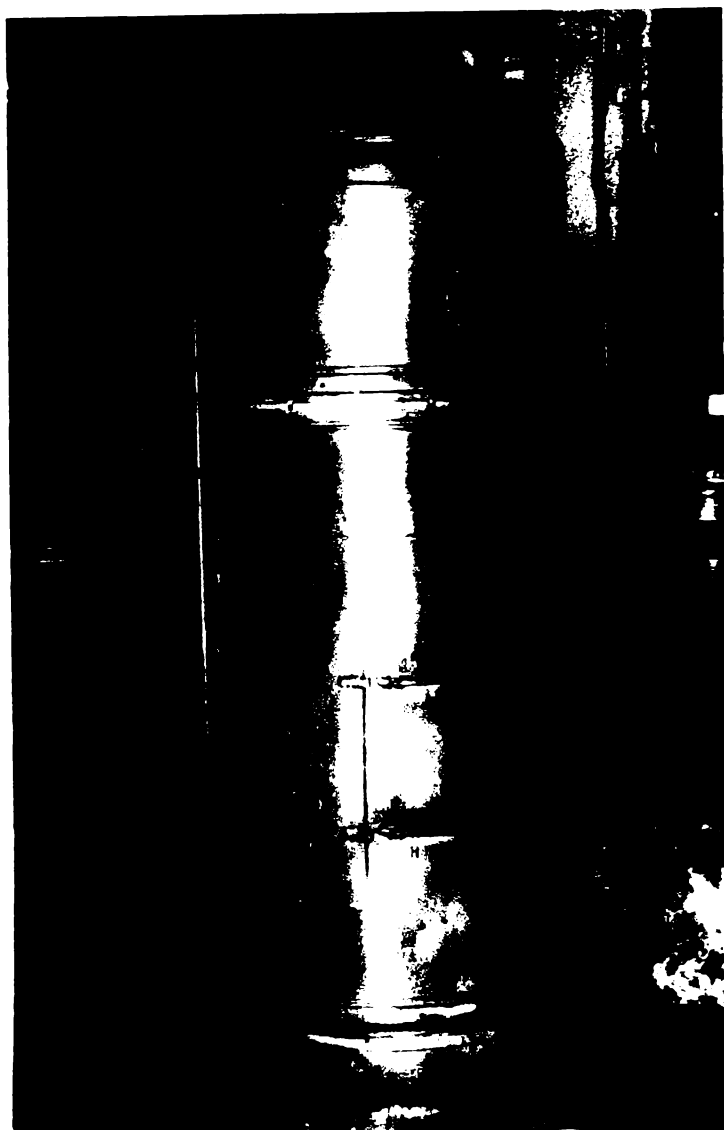


Fig. 6.16.

Pentru captarea profilului care se leagă în timpul preluc-rării și al captării spanului, a fost conceput, proiectat și rea-lizat un sistem de ventilație prin absorbție. În figura 6.16. este re-dat cicloulul de absorbție a profilului.

6.7. Instalația de comandă și acționare electrică și hidraulică.

Instalația de comandă și acționare electrică și hidraulică este concepută în scopul realizării ciclului de lucru și a reglajelor necesare pentru fiecare tipodimensiune a pieselor de prelucrat.

Instalația hidraulică, se compune în mare parte din elemente tipizate executate de I.M.P.Sigala, I.M.Plopeni, Balanțe Sibiu, etc. și constă din:

- un rezervor de ulei de 800 litri, construcție sudată.
- două electropompe duble cu debitele de 17/63 litri/minut cu motoare electrice de 3 KW, respectiv 7,5 KW la o turație de 1500 rot/min.
- două electropompe cu roți dințate tip P.H. 12-26 cu debit de 36 l/min.
- bloc funcțional pentru acționarea unității de strângere din dreapta.
- bloc funcțional pentru acționarea unității de strângere din stânga și a saniei transversale.
- bloc funcțional pentru acționarea dispozitivului de fixare și blocare a saniei transversale și a dispozitivului de centrare a piesei.

Având în vedere că la săniile unităților de strângere și sania transversală, numai avansul tehnologic este realizat hidraulic prin utilizarea motoarelor hidraulice cu pistonage axiale, variația turației - respectiv variația avansului - se realizează prin variația debitului la presiune constantă, folosindu-se un regulator de debit.

Pentru realizarea presiunii și filtrarea uleiului, au fost montate sorburi pe circuitul de aspirație, iar pe circuitul de refulare supape de presiune normal închise cu comandă pilotată și filtre de presiune cu elemente teler din bronz sintetizat.

Distribuirea uleiului sub presiune în cele zece puncte de lucru se face cu ajutorul distribuitoarelor hidraulice cu comandă electrică, iar pentru confirmarea blocării saniei transversale în poziție de lucru s-au utilizat două relee de presiune.

Măsurarea presiunii reglate se poate face pentru fiecare circuit de lucru, pe fiecare bloc funcțional, de la un întrerupător de presiune în legătură cu un manometru.

Cele 4 electropompe și 3 blocuri funcționale sînt montate pe capacul rezervorului, care prin suprafața mare a construcției sudate, asigură o disipație a căldurii și face posibilă termostatarea uleiului - Fig.6.17.

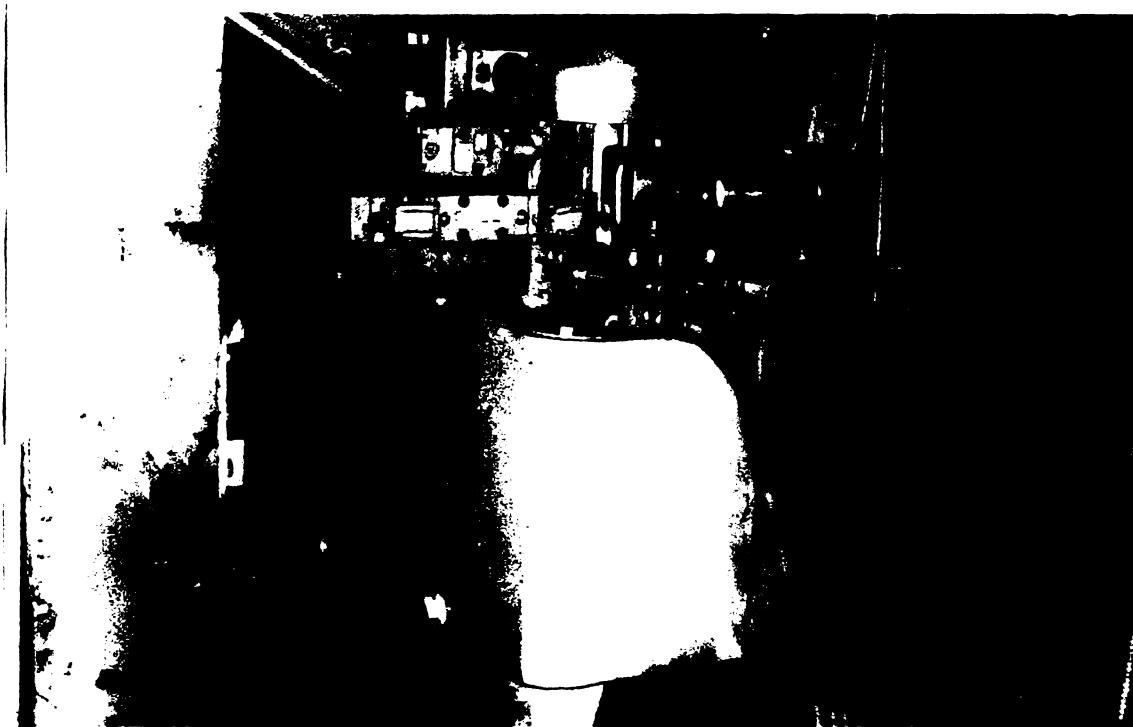


Fig. 6.17.

Schema hidraulică mai asigură următoarele:

- presiune diferită pentru centrarea și respectiv retragerea bacurilor de centrare.

- în poziția de zero distribuțiile "descarcă" la rezervor.

- realizarea de circuite independente pentru acționările ce produc perturbații, în cazul funcționării în paralel.

Racordurile utilizate sînt de tip ERNSTO, iar conductele folosite sînt din OIT-35, cu excepția alimentării hidromotorului rotativ, unde s-a folosit conducte flexibile de presiune.

Uleiul hidraulic utilizat H5.

Instalația electrică este destinată pentru o putere instalată de 50 KW la 380 V. Pentru alimentarea tuturor receptorilor cu energie electrică s-a prevăzut un dulap de comandă compus din 3 corpuri de tip etanș D22-5 Automatica. Fig. 6.18.

Legăturile la receptori se fac prin cabluri armate montate în canalele existente pentru conductele hidraulice și protejate în țevă, sau în jghebul executat special și montat la 2,30 m de la sol.

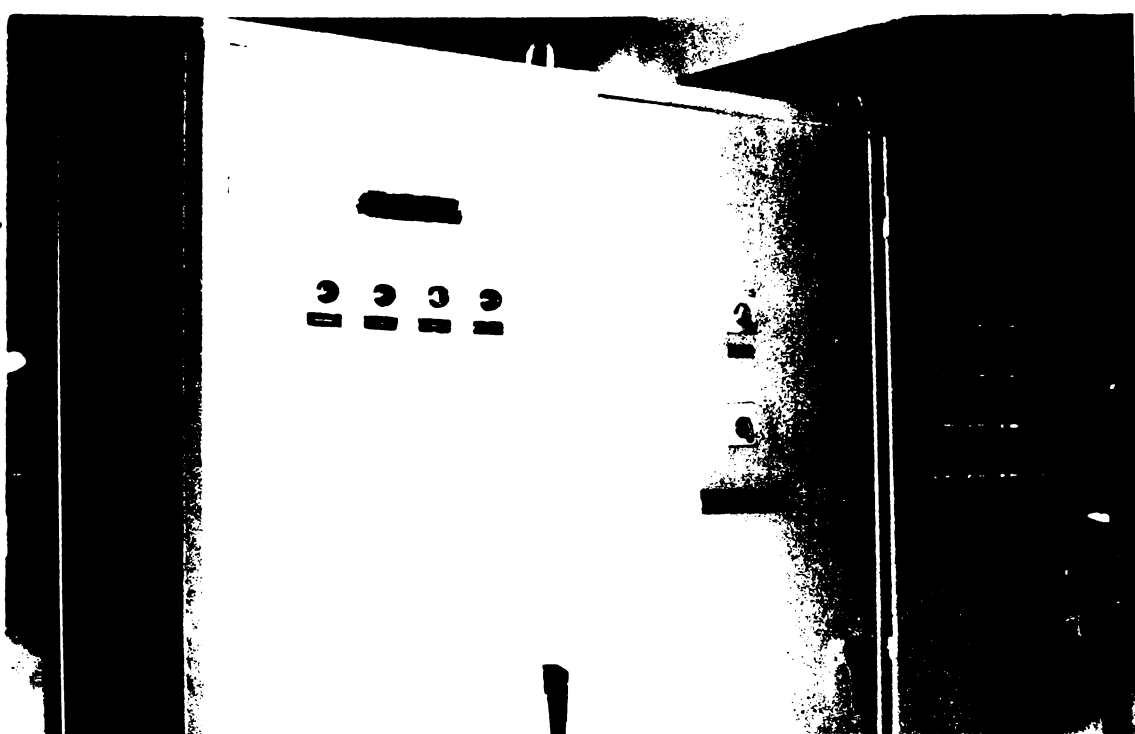


Fig. 6.18.

De la dulapul de comandă cablurile de legătură merg la cutiile cu cleme și montate pe unități, la pupitrul de comandă, la pupitrul de reglaj sau direct la motoarele electrice pe care le alimentează. Alegerea regimului de lucru: AUTOMAT sau REGLAT se face prin comutarea tuturor cheilor de comandă pe poziția corespunzătoare.

Pentru regimul de lucru AUTOMAT comanda se face numai de la pupitrul de comandă, apăsându-se succesiv pe butoanele (de culoare albă):

- agregat filtrare și absorbție praf.
- grupuri hidraulice.
- unități de strungire.
- ciclu de lucru.
- retragere la avarie.

Pentru regimul de lucru REGLAT, comanda se face de la pupitrul de reglaj montate pe unitățile de lucru, prin apăsarea pe butonul de pornire (de culoare roșie) destinat pentru fiecare mișcare. Oprirea se face prin butonul pereche cu cel de pornire (de culoare verde).

Tot aparatajul de comutație, comandă, acționare, protecție și semnalizare este montat în dulapul de comandă.

Orice defect de funcționare normală se semnalizează optic selectiv - prin una din lămpile de semnalizare montate pe dulapul de comandă.

Capetele conductoarelor se echipează cu manșete pe care se înscrie numărul bornei, simbolul aparatului, numărul nodului, simbolul clemei și numărul ei, conform schemei sau tabelului de conexiuni.

În interiorul dulapului de comandă, montanții suportți pentru aparate, contrapenourile, ușile și aparatele prevăzute cu borne de pământ, sînt legate la borne de pământare a dulapului sau la bara de nul. Sînt legate la pământ unitățile de lucru și șania transversală.

La verificările periodice, odată la 6 luni se va măsura rezistența de legare la pământ, care trebuie să aibă o valoare sub 4 ohmi.

6.8. Concluzii particulare

1. Pe baza analizei detaliate a formelor constructive existente al stadiului actual privind tehnologiile de prelucrare folosite pentru prelucrarea carcasmelor motoarelor electrice precum și al prognozelor în acest domeniu în paragraful 6.1. au fost evidențiați factorii care impun proiectarea și realizarea unei mașini transfer destinate pentru prelucrarea simultană a umerilor de fixare scuturi și a locașurilor de bobină la carcasmelor din fontă a motoarelor electrice gabarit 160-180-200.

2. S-a stabilit schema de prelucrare pentru o tehnologie de grup care cuprinde 9 tipodimensiuni de carcasmelor din gabaritele 160-180-200.

3. A fost conceput, proiectat și realizat un cap multicuțit pentru strângere simultană a suprafețelor exterioare, frontale și interioare pentru prelucrarea de grup, căruia i s-a acordat brevetul de invenție Nr.73.610 de către Oficiul de stat pentru invenții și mărci.

4. A fost conceput, proiectat și realizat un dispozitiv original de centrare și fixare a carcasmelor motoarelor electrice de gab. 160-180-200 care să permită prelucrarea simultană a umerilor de fixare scuturi și a locașurilor de bobină.

5. S-a stabilit ciclul de funcționare și schema de compunere a mașinii transfer pentru prelucrarea simultană a umerilor de fixare scuturi și a locașurilor de bobină la carcasmelor din fontă a motoarelor electrice gab. 160-180-200, ținînd seama de elementele tipizate existente pentru mașinile transfer și posibil de aprovizionat.

6. S-a realizat prin secția de autototare a Întreprinderii Electromotor Timișoara o mașină transfer care funcționează din anul 1976.

7. Au fost concepute, proiectate și realizate dispozitivele și accesoriile necesare mașinii transfer, în vederea reducerii timpului auxiliar și de deservire, pentru creșterea productivității muncii, reducerea efortului fizic al muncitorului care deservește mașina și pentru evacuarea șpanului și al prafului rezultat în timpul aşchierii.

8. Au fost concepute, proiectate și realizate în colectiv instalațiile hidraulice și electrice necesare comenzii și a acționării mașinii transfer.

9. Instalația experimentală a permis verificarea relațiilor de calcul al regimurilor de aşchiere stabilite.

10. Instalația experimentală asigură prelucrarea bazei tehnologice de prelucrare, pe o linie transfer, a carcасelor motoarelor electrice gab. 160-180-200, în condiții de calitate și productivitate ridicate - la nivelul tehnologiilor mondiale.

Majoritatea variantelor studiate se referă la gabaritele mici (80-132) și numai Csepel, Stankoimport și Burkhardt și Weber se ocupă și de prelucrarea carcасelor de gabarit 160-200.

Csepel recomandă fie prelucrarea independentă a umerului I și II (la carcасe de gab. 160-200) ¹²prelucrarea simultană a celor doi umeri (la carcасe de gabarit 90-160). Sistemul de fixare adoptat pentru carcасele de gab. mic nu poate fi extins la carcасe de lungimi mari, deoarece introduce erori de bazare care afectează precizia de prelucrare.

Stankoimport stabilește ca bază tehnologică de prelucrare ulterioară a carcасelor, suprafața tălpilor, necorespunzătoare pentru variante constructive cu umeri de fixare scut exteriori.

Burkhardt și Weber recomandă prelucrarea pe un strung Carus adaptat, iar sistemul de centrare al variantei Mauser Scherer (pentru gabaritele 80-100) nu permite autocentrarea.

Soluția de centrare și fixare adoptată permite prelucrarea simultană a umerilor de fixare a celor două scuturi și a locașurilor de bobină, la o singură prindere, elimină erorile de bazare și abaterile de poziție pe care le introduc prinderile și deprinderile repetate, asigură concentricitatea celor doi umeri cu suprafața exterioară a carcасei turnate.

Productivitatea este asigurată de determinarea riguroasă a valorilor elementelor regimului de aşchiere în funcție de restricțiile impuse de durabilitatea sculei, gradul de netezime al suprafeței și puterea motorului de antrenare.

7. Studiul optimizării prelucrării carcасelor motoarelor electrice pe maşina transfer experimentală.

7.1. Metoda analitică generală de determinare a numărului de cuţite pentru un cap de strângere multicuţit destinat prelucrării dintr-o singură trecere în condiţiile durabilităţii impuse.

Bibliografia studiată nu prezintă o metodă matematică care să permită determinarea printr-un calcul riguros numărul de cuţite ale unui cap de strângere destinat prelucrării prin operaţii concentrate de ordinul I. Din acest motiv practic se întâlnesc o varietate mare de forme constructive destinate aceleiaşi prelucrări în funcţie de experienţa şi personalitatea proiectantului. Tehnologul în tema de proiectare nu poate să precizeze cu exactitate acest element din aceleiaşi motive.

În cele ce urmează vom prezenta o metodă generală de calcul cu exemplificare la capul multicuţit proiectat destinat prelucrării prin strângere a carcасelor motoarelor electrice după schema prezentată în fig. 6.1.

Pentru determinarea relaţiilor de calcul se porneşte de la următoarele ipoteze:

a) în cazul de prelucrare a "i" suprafeţe, printr-o concentrare de ordinul I, cuţitele sînt montate pe acelaş arbore principal deci:

$$n_1 = n_2 = \dots = n_i = n \quad [\text{rot/min}] \quad (7.1)$$

b) pentru a se asigura o productivitate optimă, şi a elimina timpi auxiliari necesari pentru schimbarea sculelor sau a blocurilor de scule, se impune condiţia ca toate sculele să se schimbe simultan, după prelucrarea a q piese:

$$q = \frac{T_1}{z_1} = \frac{T_2}{z_2} = \dots = \frac{T_i}{z_i} \quad [\text{buc}] \quad (7.2)$$

c) în condiţiile unor lungimi de prelucrare diferite, acest lucru se poate realiza prin divizarea avansului pe rotaţie, adică folosind mai multe cuţite pentru prelucrarea aceleiaşi suprafeţe. Fie:

- $l_1; l_2; l_3; \dots; l_i; \quad [\text{mm}]$ lungimile de prelucrare .
- $z_1; z_2; z_3; \dots; z_i; \quad [\text{buc}]$ numărul de cuţite necesare pentru fiecare suprafaţă.

$s_{o1}, s_{o2}, s_{o3}, \dots, s_{oi}$ [mm/rot] avansul pe cuțit pentru fiecare suprafață.

d) sculele fiind montate pe scelaș arbore principal rezultă că avansul pe rotație și avansul pe minut pentru aceeași suprafață este același:

$$s_r = s_{o1} \cdot z_1 = s_{o2} \cdot z_2 = \dots = s_{oi} \cdot z_i \quad [\text{mm/rot}] \quad (7.3)$$

și

$$s_m = n \cdot s_{o1} \cdot z_1 = n \cdot s_{o2} \cdot z_2 = n \cdot s_{oi} \cdot z_i \quad [\text{mm/min}] \quad (7.4)$$

e) timpul de bază pentru fiecare suprafață de prelucrare este:

$$t_1 = \frac{1}{n \cdot s_r} = \frac{1}{n \cdot s_{oi} \cdot z_i} \quad [\text{min}] \quad (7.5)$$

f) durabilitatea pentru cuțitele destinate prelucrării suprafețelor „i” va fi:

$$T_1 = \frac{C_v^{\frac{1}{H}}}{v_1^{\frac{1}{H}} \cdot t_1^{\frac{X}{H}} \cdot s_{oi}^{\frac{Y}{H}} \cdot \left(\frac{HB}{200}\right)^{\frac{N}{H}}} = \left(\frac{1000 C_v}{\pi \cdot n}\right)^{\frac{1}{H}} \cdot \frac{1}{\left(\frac{HB}{200}\right)^{\frac{N}{H}}} \cdot \frac{1}{d_1^{\frac{1}{H}} \cdot t_1^{\frac{X}{H}} \cdot s_{oi}^{\frac{Y}{H}}} \quad [\text{min}] \quad (7.6)$$

Dacă ținem seama de condițiile b, e și f, rezultă că:

$$\frac{s_{o1} \cdot z_1}{l_1 \cdot d_1^{\frac{1}{H}} \cdot t_1^{\frac{X}{H}} \cdot s_{o1}^{\frac{Y}{H}}} = \frac{s_{o2} \cdot z_2}{l_2 \cdot d_2^{\frac{1}{H}} \cdot t_2^{\frac{X}{H}} \cdot s_{o2}^{\frac{Y}{H}}} = \dots = \frac{s_{oi} \cdot z_i}{l_i \cdot d_i^{\frac{1}{H}} \cdot t_i^{\frac{X}{H}} \cdot s_{oi}^{\frac{Y}{H}}} \quad (7.7.)$$

sau:

$$\frac{s_{oi}}{s_{o1}} = \frac{z_i}{z_1} \cdot \frac{l_1}{l_i} \cdot \left(\frac{d_i}{d_1}\right)^{\frac{1}{H}} \cdot \left(\frac{t_i}{t_1}\right)^{\frac{X}{H}} \cdot \left(\frac{s_{o1}}{s_{oi}}\right)^{\frac{Y}{H}} \quad (7.8)$$

pentru $j = 1, 2, 3, \dots, i$.

Din condiția „d” rezultă că: $\frac{z_1}{z_j} = \frac{s_{oj}}{s_{o1}} \quad (7.9.)$

deci:

$$\frac{l_1}{l_j} \cdot \left(\frac{d_i}{d_1}\right)^{\frac{1}{H}} \cdot \left(\frac{t_i}{t_1}\right)^{\frac{X}{H}} \cdot \left(\frac{s_{o1}}{s_{oj}}\right)^{\frac{Y}{H}} = 1 \quad \text{pentru } j = 1, 2, 3, \dots, i. \quad (7.10)$$

sau:

$$s_{o1} = s_{oj} \cdot \left(\frac{l_j}{l_1}\right)^{\frac{1}{Y}} \cdot \left(\frac{d_i}{d_1}\right)^{\frac{1}{Y}} \cdot \left(\frac{t_i}{t_1}\right)^{\frac{X}{Y}} \quad \text{pentru } j = 1, 2, 3, \dots, i. \quad (7.11)$$

și:

$$z_1 = z_j \left(\frac{l_1}{l_j} \right)^{\frac{M}{Y}} \cdot \left(\frac{d_1}{d_j} \right)^{\frac{1}{Y}} \cdot \left(\frac{t_1}{t_j} \right)^{\frac{X}{Y}} \quad \text{pentru } j = 1, 2, 3, \dots, i. \quad (7.12)$$

Această ecuație permite să se calculeze numărul de cuțite necesare pentru fiecare suprafață.

Dacă se ține seama de puterea de antrenare a motorului principal sau de forța de avans, rezultă că apare o nouă ecuație restrictivă care nu se găsește în bibliografia de specialitate studiată.

$$\text{Notînd: } \frac{l_1}{l_j} = K_1; \quad \frac{d_1}{d_j} = K_2; \quad \frac{t_1}{t_j} = K_3 \quad (7.13)$$

Relația 7.12 devine:

$$z_1 = z_j \cdot K_1^{\frac{M}{Y}} \cdot K_2^{\frac{1}{Y}} \cdot K_3^{\frac{X}{Y}} \quad (7.14)$$

7.2. Metodă de calcul simplificat pentru determinarea numărului de cuțite pentru un cap multicuțit la o concentrare de ordinul I.

Pentru un calcul rapid și eficient, metoda generală se poate aplica simplificat în următoarele etape:

1. Se calculează produsele:

$$l_1^{\frac{M}{Y}} \cdot d_1^{\frac{1}{Y}} \cdot t_1^{\frac{X}{Y}} \quad \text{pentru orice } i = 1, 2, 3, \dots$$

2. Se determină produsul:

$$l_j^{\frac{M}{Y}} \cdot d_j^{\frac{1}{Y}} \cdot t_j^{\frac{X}{Y}} \leq l_1^{\frac{M}{Y}} \cdot d_1^{\frac{1}{Y}} \cdot t_1^{\frac{X}{Y}} \quad \text{pentru orice } j \neq i$$

3. Se admite $z_j = 1$.

4. Se calculează numărul de cuțite z_1 necesar pentru fiecare suprafață "i".

Pentru un calcul riguros z_j se poate determina așa după cum am mai precizat din niște restricții ca: puterea motorului principal de antrenare, forța de avans a mașinii unelte, sau prin determinarea optinului funcției $z_1 = f(z_j)$ pentru $z_j = 1, 2, 3, \dots$ astfel ca să obținem o utilizare a fierului tip de cuțit, cât mai aproape de durabilitatea stabilită.

Metoda se poate aplica și în condițiile utilizării tehnologiilor de grup.

7.3. Calculul numărului de cutite pentru un cap multicuțit destinat prelucrării carcaselor motoarelor electrice gabarit 160-200

Având în vedere datele prezentate în tabelul 6.1. și valorile coeficienților din formula durabilității, pentru piese din fontă rezultă:

Tabelul 7.1.

Nr. ord.	Gaba-ritul	Ti-pul	$l_1^{\frac{n}{y}} \cdot d_1^{\frac{1}{y}} \cdot t_1^{\frac{x}{y}}$			
			Suprafața A	Suprafața B	Suprafața C	Suprafața D
1	200	I	$22,2^{0,312} \cdot x$	$16^{0,312} \cdot x \cdot 316^{2,5} \cdot x$	$16^{0,312} \cdot x$	$76^{0,312} \cdot x$
		M	$\cdot x \cdot 323^{2,5} \cdot x$	$\cdot x \cdot 7,5^{0,5} \cdot x$	$\cdot x \cdot 322^{2,5} \cdot x$	$\cdot x \cdot 308^{2,5} \cdot x$
		S	$\cdot x \cdot 3,7^{0,5} \cdot x$ $= 9,49482 \cdot 10^6$	$= 11,54556 \cdot 10^6$	$\cdot x \cdot 1,0^{0,5} \cdot x$ $= 4,4189 \cdot 10^6$	$\cdot x \cdot 11^{0,5} \cdot x$ $= 6,5287 \cdot 10^6$
2	180	I	$24,2^{0,312} \cdot x$	$17^{0,312} \cdot x$	$17^{0,312} \cdot x$	$71^{0,312} \cdot x$
		M	$\cdot x \cdot 283^{2,5} \cdot x$	$\cdot x \cdot 277^{2,5} \cdot x$	$\cdot x \cdot 282^{2,5} \cdot x$	$\cdot x \cdot 270^{2,5} \cdot x$
		S	$\cdot x \cdot 3,15^{0,5} \cdot x$ $= 6,46577 \cdot 10^6$	$\cdot x \cdot 6,5^{0,5} \cdot x$ $= 7,37217754 \cdot 10^6$	$\cdot x \cdot 1,0^{0,5} \cdot x$ $= 3,233 \cdot 10^6$	$\cdot x \cdot 1,0^{0,5} \cdot x$ $= 4,53764 \cdot 10^6$
3	160	I	$19,8^{0,312} \cdot x$	$15,5^{0,312} \cdot x$	$15,5^{0,312} \cdot x$	$61^{0,312} \cdot x$
		M	$\cdot x \cdot 263^{2,5} \cdot x$	$\cdot x \cdot 256^{2,5} \cdot x$	$\cdot x \cdot 262^{2,5} \cdot x$	$\cdot x \cdot 249^{2,5} \cdot x$
		S	$\cdot x \cdot 3,15^{0,5} \cdot x$ $= 4,81624 \cdot 10^6$	$\cdot x \cdot 7^{0,5} \cdot x$ $= 6,525 \cdot 10^6$	$\cdot x \cdot 1,0^{0,5} \cdot x$ $= 2,612738 \cdot 10^6$	$\cdot x \cdot 1,0^{0,5} \cdot x$ $= 3,528 \cdot 10^6$

$x = 0,20$
 $y = 0,40$
 $n = 0,125$

} valorile coeficienților din formula durabilității

S-au luat în considerare valorile maxime pentru d_1 și t_1 și nu valorile medii rezultate din curbele de distribuție determinate pe loturi de piese.

Pentru l_1 s-au luat valorile medii pentru fiecare gabarit.

Din tabelul 7.1. rezultă că pentru fiecare gabarit este valabilă relația:

$$z_0 < z_D < z_A < z_B$$

Valorile raporturilor $\frac{z_A}{z_j}$ sînt redacte în tabelul 7.2.

Tabelul 7.2.

Nr. Gabaritul	$\frac{z_A}{z_C}$	$\frac{z_B}{z_C}$	$\frac{z_D}{z_C}$	Observații
1 200	$\frac{9,50}{4,42} \approx 2,15$	$\frac{11,55}{4,42} \approx 2,60$	$\frac{6,53}{4,42} \approx 1,50$	
2 180	$\frac{6,47}{3,23} \approx 2$	$\frac{7,37}{3,23} \approx 2,28$	$\frac{4,54}{3,23} \approx 1,40$	
3 160	$\frac{4,82}{2,61} \approx 1,85$	$\frac{6,530}{2,61} \approx 2,46$	$\frac{3,528}{2,61} \approx 1,40$	

Valorile funcției $z_1 = f(z_j)$ sînt redacte în tabelul 7.3.

Tabelul 7.3.

Nr. Gabaritul	z_C	z_A	z_B	z_D
1 200	1	2,15	2,60	1,50
	2	4,30	5,20	3,00
	3	6,45	7,80	4,50
	4	8,60	10,40	6,00
	5	10,75	13,00	7,50
	6	12,90	15,60	9,00
2 180	1	2	2,28	1,40
	2	4	4,56	2,80
	3	6	6,84	4,20
	4	8	9,12	5,60
	5	10	11,40	7,00
	6	12	13,68	8,40
3 160	1	1,85	2,46	1,40
	2	3,70	4,92	2,80
	3	5,55	7,38	4,20
	4	7,40	9,84	5,60
	5	9,25	12,30	7,00
	6	11,10	14,76	8,40

$$\text{Pentru } z_C = 2 \Rightarrow \begin{cases} z_A = 5 \\ z_B = 5 \\ z_D = 3 \end{cases}$$

7.4. Metoda grafică de calcul pentru determinarea numărului de căuțe pentru un ceo multicitit, la o concentrare de ordinul I.

Pentru a se evidenția influența valorilor raporturilor

K_1, K_2, K_3 asupra lui z_1 la prelucrarea pieselor din fontă au fost trasate curbele:

$$\left\{ \begin{array}{l} z_1 = f\left(\frac{t_1}{t_1^{\frac{1}{2}}}\right) \quad z_1 = f(k_3) \\ z_1 = f\left(\frac{l_1}{l_1^{\frac{1}{2}}}\right) \text{ respectiv } z_1 = f(k_2) \\ z_1 = f\left(\frac{d_1}{d_1^{\frac{1}{2}}}\right) \quad z_1 = f(k_1) \end{array} \right.$$

Metoda are următoarele etape:

- Se calculează coeficienții K_1, K_2, K_3 .
- Se determină din diagramă valorile lui z_1 corespunzătoare coeficienților calculați. (Fig. 7.1 și 7.2)
- Se face produsul valorilor parțiale obținute pentru z_1 .

Exemplu de calcul pentru gabaritul 200:

$$a) \quad z_A = z_C \cdot K_1^{\frac{M}{J}} \cdot K_2^{\frac{1}{J}} \cdot K_3^{\frac{K}{J}}$$

$$K_1 = \frac{22 \cdot 2}{16} \approx 1,4$$

$$\text{Min diagramă } z_1 \Rightarrow \begin{cases} 1,1 \\ 1 \\ 1,95 \end{cases}$$

$$K_2 = \frac{323}{322} \approx 1$$

$$K_3 = \frac{2,7}{1} \approx 3,7$$

$$z_A = 1,1 \times 1 \times 1,95 \times z_C = 2,145 z_C$$

$$z_A = 2,145 z_C$$

Prin calcul analitic: $z_A = 2,15 z_C$

$$b) \quad z_D = z_C \cdot K_1^{\frac{M}{J}} \cdot K_2^{\frac{1}{J}} \cdot K_3^{\frac{K}{J}}$$

$$K_1 = \frac{76}{16} \approx 4,8$$

$$K_2 = \frac{308}{322} \approx 0,95$$

$$\text{Din diagramă } z_1 \Rightarrow \begin{cases} 1,6 \\ 0,9 \\ 1,05 \end{cases}$$

fig. 7.1.

$$K_3 = \frac{1,1}{1} = 1,1$$

$$z_D = 1,6 \times 0,9 \times 1,05 z_C = 1,512 z_C$$

$$z_D = 1,512 z_C$$

Prin calcul analitic $z_D = 1,5 z_C$

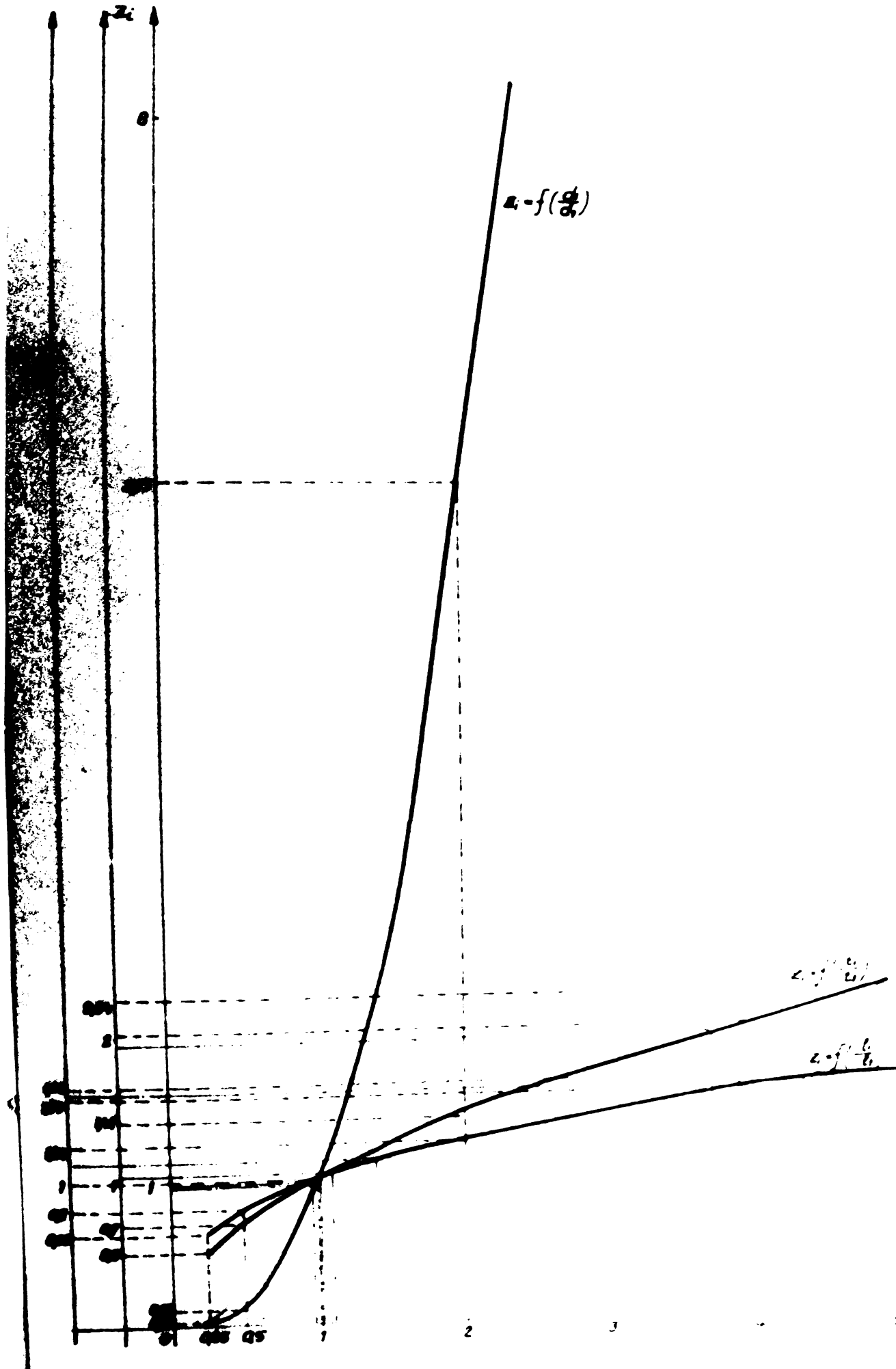


Fig. 7.1.

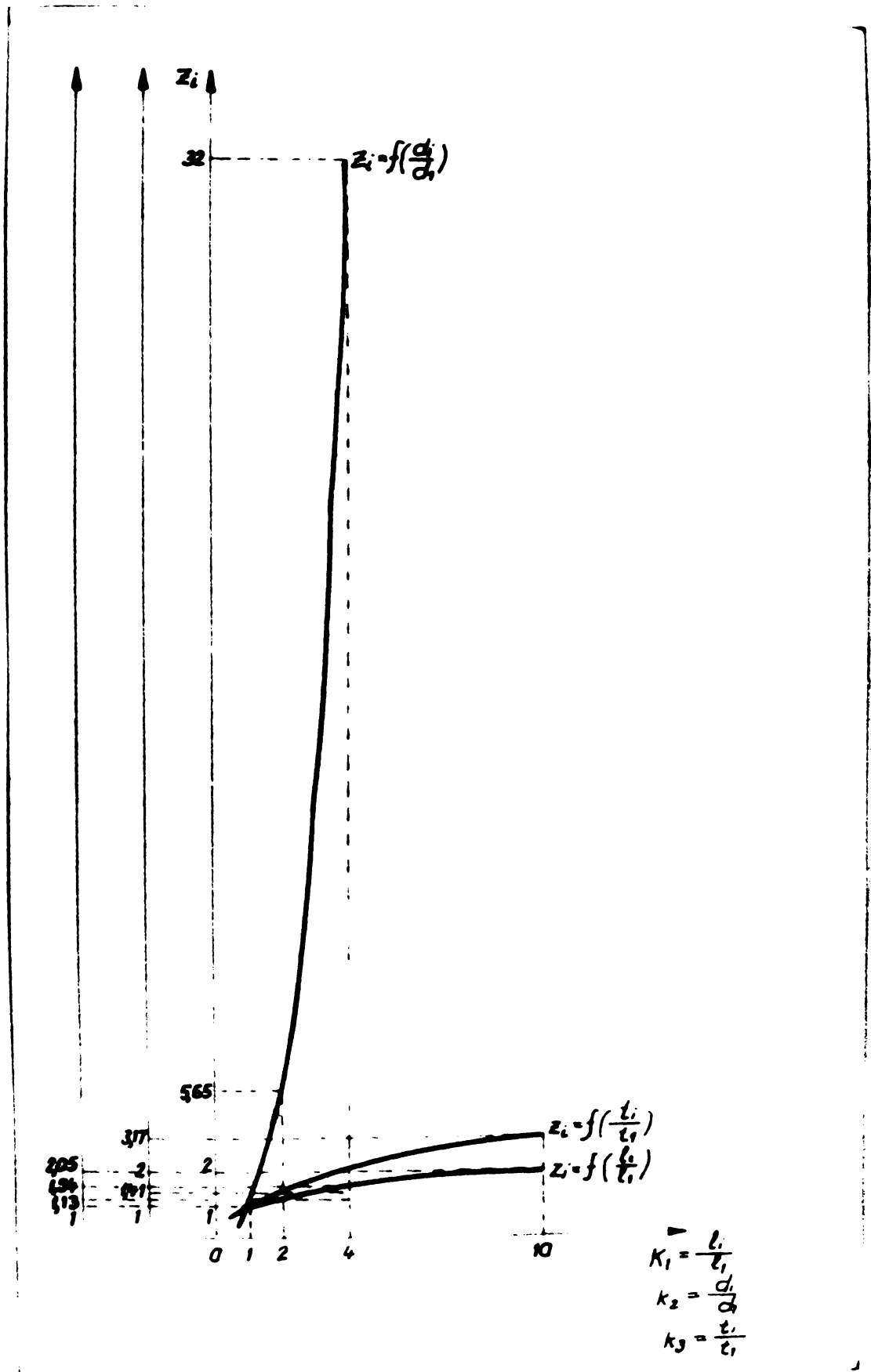


Fig. 7.2

$$c) z_B = z_C \cdot K_1^{\frac{m}{y}} \cdot K_2^{\frac{1}{y}} \cdot K_3^{\frac{x}{y}}$$

$$K_1 = \frac{16}{16} \approx 1$$

$$K_2 = \frac{316}{322} \approx 0,981$$

$$K_3 = \frac{7,5}{1} \approx 7,5$$

Din diagramă $s_1 \Rightarrow$

Fig. 7.1.

$$\left. \begin{array}{l} 1 \\ 1 \\ 2,7 \end{array} \right\}$$

$$z_B = 1 \times 1 \times 2,7 z_C = 2,7 z_C$$

$$z_B = 2,7 z_C$$

Prin calcul analitic $z_B = 2,7 z_C$.

7.5. Coefficienți de corecție stabiliti pe baza experimentărilor.

Formulele de calcul deduse în paragraful 7.1. presupun că duritatea piesei ce se prelucerează este aceeași. Din studiul schemei de prelucrare redată în fig.6.1. și al măsurătorilor experimentale se constată că durabilitatea piesei diferă pentru suprafețele care se prelucerează simultan deoarece:

a) la suprafața A (strângerea cilindrică exterioară) se înlătură un strat de material de aproximativ 3 mm care cuprinde și crusta de turnare a suprafeței exterioare.

b) la suprafața B (strângerea frontală înelară) numai în prima fază este atacat un material mai dur care cuprinde și crusta de turnare, după care durabilitatea materialului devine mai mică.

c) la suprafața C (tesirea exterioară) materialul nu mai prezintă crustă de turnare.

d) la suprafața D (strângerea interioară) materialul este foarte dur, adâncimea de aşchieră mică și neuniformă.

În aceste condiții a fost necesară introducerea unor coeficienți suplimentari de corecție care să țină seama de diferențele de duritate ale suprafețelor prelucrate.

Coefficientul:

$$K_B = \frac{\left(\frac{HB_B}{200}\right)^{\frac{m}{y}}}{\left(\frac{HB_C}{200}\right)^{\frac{m}{y}}} = \left(\frac{HB_B}{HB_C}\right)^{\frac{m}{y}} = \left(\frac{HB_B}{HB_C}\right)^{\frac{1,500}{0,125}} = \left(\frac{HB_B}{HB_C}\right)^{4,12} = \left(\frac{230}{230}\right)^{1,2} = 1$$

$$K_A = \left(\frac{HB_A}{HB_C} \right)^{1,2} = \left(\frac{270}{230} \right)^{1,2} = 1,174^{1,2} = 1,212$$

$$K_D = \left(\frac{HB_D}{HB_C} \right)^{1,2} = \left(\frac{270}{230} \right)^{1,2} = 1,174^{1,2} = 1,212$$

Pentru suprafața D se mai admite un coeficient de risc $K_D' = 1,6$ determinat experimental.

Ținând seama de acești coeficienți de corecție valorile din tabelul 7.3. se modifică conform tabel 7.4.

Tabelul 7.4.

Nr. crt.	Gabaritul	Z_C	Z_A'	Z_B'	Z_D'	Observații
1	200	1	2,6	2,6	3,05	
		2	5,2	5,2	6,10	
2	180	1	2,4	2,3	2,95	
		2	4,8	4,6	5,70	
3	160	1	2,3	2,4	2,85	
		2	4,6	4,8	5,70	

Din motive constructive au fost admise:

$$\begin{cases} Z_A = 4 \text{ cuțite} \\ Z_B = 4 \text{ cuțite} \\ Z_C = 2 \text{ cuțite} \\ Z_D = 5 \text{ cuțite} \end{cases}$$

7.6. Modelul matematic pentru determinarea valorilor elementelor regimului de aşchiere, la prelucrarea prin strungire dintr-o singură trecere, având o concentrare a operațiilor de ordinul I și o prelucrare de grup, în condițiile durabilității impuse.

În capitolul 5 au fost expuse modelele matematice generale de optimizare a valorilor elementelor regimurilor de aşchiere. În cele ce urmează vom căuta să stabilim modelul matematic necesar determinării valorilor optime ale elementelor regimului de aşchiere pentru schema de prelucrare stabilită în capitolul 6.

Deoarece schema de prelucrare aleasă, realizează o concentrare a operațiilor de ordinul I și se referă la o prelucrare de grup apar următoarele condiții suplimentare:

- a) fie: „i” numărul suprafețelor care se prelucresc
(nr. operațiilor concentrate)
„j” numărul tipurilor de piese ce se prelucresc
(gabaritele)
„k” numărul tipodimensiunilor de piese din
fiecare tip (L, M, S).
- b) fie: „lijk” lungimile ce se prelucresc
„Nijk” numărul de piese ce urmează a se prelucra
din fiecare tip
„ijk” timpul de bază
„Sijk” avansul pe cuțit
„tijk” adâncimea de așchiere
„dijk” diametrul de prelucrare
„Zijk” numărul de cuțite pentru fiecare suprafață
prelucrată.
„nij” turația de așchiere
„Vijk” viteza de așchiere

c) pentru că tipodimensiunile diferă în cadrul aceluiaș tip de piesă numai prin lungimea de prelucrare:

$$\left. \begin{array}{l} t_{ijk} = t_{ij} \\ n_{ijk} = n_{ij} \\ d_{ijk} = d_{ij} \\ V_{ijk} = V_{ij} \\ S_{ijk} = S_{ij} \\ Z_{ijk} = Z_{ij} \end{array} \right\} \text{ pentru orice } K \quad (7.15)$$

d) pentru că avem o concentrare de ordinul I.

$$\left. \begin{array}{l} n_{ij} = n_j \\ S_{ij} \cdot Z_{ij} = S_j \\ \frac{d_{ij} \cdot n_j}{1000} = V_j \end{array} \right\} \text{ pentru orice } i \text{ și } k. \quad (7.16)$$

e) pentru că avem acelaș material de prelucrat și același calitate a pieselor turnate (semifabricatelor):

$$V_j = V \text{ (viteza economică) pentru orice } j, k, i.$$

Dar:

și

$$v = \frac{C_v}{\pi^n \cdot t_{1j}^x \cdot s_{1j}^y \cdot \left(\frac{HB}{200}\right)^n} \Rightarrow \frac{s_{11}}{s_{1j}} = \left(\frac{t_{11}}{t_{1j}}\right)^{\frac{y}{x}}$$

$$v = \frac{d_{1j} \cdot n_{1j}}{1000} \Rightarrow \frac{n_{11}}{n_{1j}} = \frac{d_{1j}}{d_{11}}$$

} pentru orice $1 \in [j]$
(7.16)

f) pentru că, concentrarea de ordinul I impune ca lungimea prelucrării, lungimea cea mai mare a suprafețelor i:

$$\left. \begin{aligned} n_{ijk} &= n_{jk} \\ l_{ijk} &= l_{jk} \\ \zeta_{ijk} &= \zeta_{jk} \end{aligned} \right\} \text{ pentru orice } i. \quad (7.17)$$

Reluând sistemul de ecuații și înlocuind al relațiilor de limitare, în care se introduc noile condiții suplimentare, se obține:

1. pentru durabilitate:

$$v \leq \frac{C_v}{\pi^n \cdot \left(\frac{HB}{200}\right)^n \cdot t_{1j}^x \cdot s_{1j}^y}$$

$$v \cdot s_j^y \leq \frac{C_v \cdot z_{1j}^y}{\pi^n \cdot \left(\frac{HB}{200}\right)^n \cdot t_{1j}^x} \quad \text{sau: } n_j \cdot s_j^y \leq \frac{1000 \cdot C_v \cdot z_{1j}^y}{\pi \cdot \pi^n \cdot \left(\frac{HB}{200}\right)^n \cdot d_{1j} \cdot t_{1j}^x} \quad (7.18)$$

2. pentru temperatura în zona de așchiere:

$$\theta \geq C_\theta \cdot n_j^{x_\theta} \cdot t_{1j}^{y_\theta} \cdot s_{1j}^{z_\theta}$$

$$v^{x_\theta} \cdot s_j^{z_\theta} \leq \left(\frac{\pi}{1000}\right)^{x_\theta} \cdot \frac{C_\theta \cdot d_{1j}^{x_\theta} \cdot z_{1j}^{z_\theta}}{C_\theta \cdot t_{1j}^{y_\theta}} \quad \text{sau: } n_j \cdot s_j^{z_\theta} \leq \frac{C_\theta \cdot z_{1j}^{z_\theta}}{C_\theta \cdot t_{1j}^{y_\theta}} \quad (7.19)$$

3. pentru puterea motorului de antrenare:

$$N \cdot \eta_{tot} > \frac{v}{60 \cdot 75 \cdot 1,36} \sum_{i=1}^1 P_{ay} \cdot z_y \cdot \frac{v}{6 \cdot 120} \sum_{i=1}^1 C_B \cdot t_{1j}^{x_{PB}} \cdot s_{1j}^{y_{PB}} \cdot HB^{n_{PB}} \cdot z_{1j}$$

$$v \cdot s_j^{y_{PB}} \leq \frac{6 \cdot 120 \cdot N \cdot \eta_{tot}}{C_B \cdot HB^{n_{PB}}} \sum_{i=1}^1 \frac{1}{t_{1j}^{x_{PB}} \cdot z_{1j}^{(1-y_{PB})}} \quad \text{sau:}$$

$$n_j \cdot s_j^{yFz} \leq \frac{6,12 \cdot 10^6 \cdot N \cdot \eta_{tot}}{C_z \cdot B^{nFz}} \cdot \sum_{i=1}^1 \frac{1}{d_{ij} \cdot t_{ij}^{xFz} \cdot z_{ij}^{(1-yFz)}} \quad (7.20)$$

4. pentru ritmul liniei tehnologice

$$\frac{z_1 \cdot z_2 \cdot h \cdot \eta \cdot 60}{N + N_s + N_r} \geq \tau + t \quad \frac{307 \cdot 2 \cdot 8 \cdot 0,85 \cdot 60}{N + 0 \cdot N + 0,02 \cdot N} \geq \tau + 0,2\tau$$

$$204.666,7 \geq \sum_{j=1}^j \sum_{k=1}^k \tau_{jk} \cdot N_{jk} = \sum_{j=1}^j \sum_{k=1}^k \frac{l_{jk} \cdot N_{jk}}{n_j \cdot s_j}$$

$$V \cdot s_j \geq \frac{\sum_{l=1}^j \frac{d_{l1}}{d_{lj}} \left(\frac{t_{l1}}{t_{lj}}\right)^{\frac{x}{y}} \sum_{k=1}^k l_{lk} \cdot N_{lk}}{204.666,7} \quad \text{sau} \quad n_j \cdot s_j \geq \frac{\sum_{l=1}^j \left(\frac{t_{l1}}{t_{lj}}\right)^{\frac{x}{y}} \sum_{k=1}^k l_{lk} \cdot N_{lk}}{204.666,7} \quad (7.21)$$

5. pentru rigiditatea piesei:

$$F_{adm} \geq \frac{\mu \cdot l^3}{\varepsilon \cdot E \cdot I} \cdot \sum_{i=1}^1 F_{t_{ij}} \cdot z_{ij} = \mu \frac{l^3}{\varepsilon \cdot E \cdot I} \cdot \sum_{i=1}^1 \left(\sqrt{C_z^2 + C_y^2}\right) t_{ij}^{xFz} \cdot s_{ij}^{yFz} \cdot B^{nFz} \cdot z_{ij}$$

$$s_j^{yFz} \leq \frac{F_{odn} \cdot \varepsilon \cdot E \cdot I}{l^3 \cdot \mu \cdot B^{nFz} \cdot \sqrt{C_z^2 + C_y^2}} \cdot \sum_{i=1}^1 \frac{1}{t_{ij}^{xFz} \cdot z_{ij}^{(1-yFz)}} \quad (7.22)$$

6. pentru solicitarea la încovoiere a corbului capătului:

$$\sigma_{ai} \geq \frac{F_{z_{ij}} \cdot a_1}{W_x} = \frac{a_1}{W_x} \cdot C_z \cdot t_{ij}^{xFz} \cdot s_{ij}^{yFz} \cdot B^{nFz}$$

$$s_j^{yFz} \leq \frac{\sigma_{ai} \cdot W_x}{a_1 \cdot C_z \cdot B^{nFz}} \cdot \frac{z_{ij}^{yFz}}{t_{ij}^{xFz}} \quad (7.23)$$

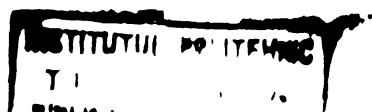
7. pentru sigeata capătului.

$$\frac{F_{z_{ij}} \cdot a_1^3}{3 \cdot E \cdot I_x} \leq 0,05$$

$$s_j^{yFz} \leq \frac{0,15 \cdot E \cdot I_x}{a_1^3 \cdot C_z \cdot B^{nFz}} \cdot \frac{z_{ij}^{yFz}}{t_{ij}^{xFz}} \quad (7.24)$$

8. pentru verificarea rezistenței plicuței.

$$s_j \leq \frac{z_{ij}^{yFz} \cdot z_{ij}}{x_p \cdot \sigma_{yp} \cdot r} \cdot \left(\frac{0,71}{\sin \alpha}\right)^{2p} \cdot K_1 \cdot K_2 \quad (7.25)$$



9. pentru gradul de netezime al suprafeței.

$$S_j^2 \leq 4(2r_{1j}R_{\max ij} - R_{\max ij}^2) \cdot K \cdot z_{1j}^2 \quad (7.26)$$

10. pentru forța de avans.

$$Q \geq 0,34 \sum_{i=1}^1 P_{zi}$$

$$S_j^{yPz} \leq \frac{Q}{0,34 \cdot C_z \cdot HB^n P_z} \cdot \sum_{i=1}^1 \frac{1}{t_{1j}^{xPz} \cdot z_{1j}^{(1-yPz)}} \quad (7.27)$$

11. pentru turații:

$$U_1 \leq n_j \leq U_2 \quad \text{sau} \quad \frac{\pi \cdot d_{11} \cdot U_1}{1000} \leq v \leq \frac{\pi \cdot d_{11} \cdot U_2}{1000} \quad (7.28)$$

12. pentru avansuri:

$$W_1 \leq S_j \leq W_2 \quad (7.29)$$

13. pentru numărul de ouțite:

$$z_{1j} = z_{11} \left(\frac{t_{11}}{t_{1j}} \right)^{\frac{m}{y}} \cdot \left(\frac{d_{11}}{d_{1j}} \right)^{\frac{1}{y}} \cdot \left(\frac{t_{11}}{t_{1j}} \right)^{\frac{x}{y}} \quad (7.30)$$

Modelul matematic de calcul a valorilor elementelor regimului de așchiere la prelucrarea simultană a „i” suprafețe ale „j” tipuri de piese, fiecare tip având „K” variante dimensionale, prin strungire, la o singură trecere, având durabilitatea impusă este:

$$v \cdot S_j^y \leq \frac{C_v \cdot z_{1j}^y}{T^m \cdot \frac{HB^n}{200} \cdot t_{1j}^x}$$

$$v^x \cdot S_j^z \leq \left(\frac{\pi}{1000} \right)^{x_0} \frac{C_\theta \cdot d_{11}^{x_0} \cdot z_{11}^{z_0}}{C_\theta \cdot t_{1j}^{y_0}}$$

$$v \cdot S_j^{yPz} \leq \frac{6.120 \cdot N \cdot \zeta_{tot}}{C_z \cdot HB^n P_z} \sum_{i=1}^1 \frac{1}{t_{1j}^{xPz} \cdot z_{1j}^{(1-yPz)}} \quad (7.31)$$

$$v \cdot S_j \geq \frac{\sum_{l=1}^1 \frac{d_{11}}{d_{1j}} \cdot \left(\frac{t_{11}}{t_{1j}} \right)^{\frac{x}{y}} \cdot \sum_{k=1}^k l_{lk} \cdot N_{lk}}{204.666,7}$$

$$s_j^{yPz} \leq \frac{P_{adm} \cdot \varepsilon \cdot B \cdot I}{I^3 \cdot \mu \cdot HB^{n_{Pz}} \cdot \sqrt{C_z^2 + C_y^2}} \cdot \sum_{i=1}^1 \frac{1}{x_{Pz} (1-y_{Pz}) t_{ij} \cdot z_{ij}}$$

$$s_j^{yPz} \leq \frac{\sigma_{oi} \cdot W_x}{a_1 \cdot C_z \cdot HB^{n_{Pz}}} \cdot \frac{z_{ij}^{yPz}}{t_{ij}^{xPz}}$$

$$s_j^{yPz} \leq \frac{0,15 \cdot E \cdot I_x}{a_1^3 \cdot C_z \cdot HB^{n_{Pz}}} \cdot \frac{z_{ij}^{yPz}}{t_{ij}^{xPz}}$$

$$s_j \leq \frac{C_{11} \cdot z_{ij}^{1,8}}{x_p \cdot \sigma_p \cdot y_p} \cdot \left(\frac{0,71}{\sin x} \right)^{z_p} \cdot K_1 \cdot K_2$$

$$s_j^2 \leq 4 R_{maxij} (2r_{ij} - k_{maxij}) \cdot z_{ij}^2 \cdot K$$

$$s_j^{yPz} \leq \frac{Q}{0,34 \cdot C_z \cdot HB^{n_{Pz}}} \cdot \sum_{i=1}^1 \frac{1}{x_{Pz} (1-y_{Pz}) t_{ij} \cdot z_{ij}}$$

$$v \geq \frac{\pi \cdot d_{ij} U_1}{1000}$$

$$v \leq \frac{\pi \cdot d_{ij} U_2}{1000}$$

$$s_j \geq w_1$$

$$s_j \leq w_2$$

(7.31)

atau:

$$n_j \cdot s_j^y \leq \frac{1000 \cdot C_v \cdot z_{ij}^y}{\pi \cdot T \cdot \left(\frac{HB}{200} \right)^n \cdot d_{ij} \cdot t_{ij}^x}$$

$$n_j^{x0} \cdot s_j^{z0} \leq \frac{\theta \cdot z_{ij}^{z0}}{C_\theta \cdot t_{ij}^{y0}}$$

(7.32)

$$n_j \cdot s_j^{y_{Pz}} \leq \frac{6,12 \cdot 10^6 \cdot n \cdot \ell_{tot}}{c_s \cdot HB^{n_{Pz}}} \cdot \sum_{i=1}^1 \frac{1}{d_{1j}^{x_{Pz}} \cdot z_{1j}^{(1-y_{Pz})}}$$

$$n_j \cdot s_j^{y_{Pz}} \leq \frac{\sum_{l=1}^j \left(\frac{t_{1l}}{t_{11}} \right)^{\frac{1}{y}} \sum_{k=1}^k l_{1k} \cdot n_{1k}}{204.666,7}$$

$$s_j^{y_{Pz}} \leq \frac{F_{adm} \cdot \varepsilon \cdot E \cdot I}{L^3 \cdot \mu \cdot HB^{n_{Pz}} \cdot \sqrt{c_s^2 + c_y^2}} \cdot \sum_{i=1}^1 \frac{1}{t_{1j}^{x_{Pz}} \cdot z_{1j}^{(1-y_{Pz})}}$$

$$s_j^{y_{Pz}} \leq \frac{\sigma_{ai} \cdot n_x}{a_1 \cdot c_z \cdot HB^{n_{Pz}}} \cdot \frac{z_{11}^{y_{Pz}}}{t_{1j}^{x_{Pz}}}$$

$$s_j^{y_{Pz}} \leq \frac{0,15 \cdot E \cdot I}{a_1 \cdot c_s \cdot HB^{n_{Pz}}} \cdot \frac{z_{11}^{y_{Pz}}}{t_{1j}^{x_{Pz}}}$$

$$s_j \leq \frac{c_{1j}^{1,8} \cdot z_{11}}{t_{1j} \cdot \sigma_{r_{Pz}}} \cdot \left(\frac{0,71}{\sin \alpha} \right)^{2p} \cdot K_1 \cdot K_2$$

$$s_j^2 \leq 4R_{max_{1j}} (2r_{1j} - R_{max_{1j}}) \cdot z_{1j}^2 \cdot K$$

$$s_j^{y_{Pz}} \leq \frac{Q}{0,34 \cdot c_s \cdot HB^{n_{Pz}}} \cdot \sum_{i=1}^1 \frac{1}{t_{1j}^{x_{Pz}} \cdot z_{1j}^{(1-y_{Pz})}}$$

(7.32)

$$n_j \geq n_1$$

$$n_j \leq n_2$$

$$s_j \geq s_1$$

$$s_j \leq s_2$$

Cele două sisteme de ecuații sînt valabile pentru orice i, j, k și $l \in [j]$ în care V și S_j , respectiv, n_j și s_j sînt variabile, iar restul elementelor constante, date în problemă, cu excepția numărului de cutite care se calculează cu formula (7.30).

7.7. Determinarea valorilor optime ale elementelor regimului de aşchiere pentru prelucrarea simultană a ungerilor pentru fixare scuturi și locaș bobine, la carcasele motoarelor electrice gab. 160, 180, 200.

Valorile adoptate pentru coeficienții și parametrii sistemului de ecuații determinat în paragraful precedent sînt:

a) pentru durabilitatea sculei:

$$C_v = C_v' \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7 \cdot K_8 \cdot K_9 = 112 \cdot 0,84 = 95$$

$$C_v' = 112$$

$$K_1 = \left(\frac{a}{20 \times 30} \right)^{\frac{1}{3}} = \left(\frac{18 \times 18}{20 \times 30} \right)^{0,04} = 0,54^{0,04} = 0,98 \text{ - influența secțiunii transversale a cuțitului.}$$

$$K_2 = \left(\frac{45}{x} \right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{45}{90} \right)^{0,45} = 0,5^{0,45} = 0,732 \text{ - influența unghiului de atac principal.}$$

$$K_3 = \left(\frac{a}{x_1} \right)^{0,09} = \left(\frac{15}{5} \right)^{0,09} = 3^{0,09} = 1,104 \text{ - influența unghiului de atac secundar.}$$

$$K_4 = \left(\frac{r}{2} \right)^K = \left(\frac{0,5}{2} \right)^{0,08} = 0,25^{0,08} = 0,90 \text{ - influența razei de recordare a cuțitului.}$$

$$K_5 = 1,32$$

- influența materialului plicuței.

$$K_6 = 1$$

- influența materialului de prelucrat.

$$K_7 = 1$$

- influența modului de obținere a semifabricatului.

$$K_8 = 0,9$$

- influența stării suprafeței stratului superficial al semifabricatului

$$K_9 = 1$$

- influența formei suprafeței de legajare.

$$\begin{cases} x = 0,22 \\ y = 0,50 \\ n = 1,50 \\ MB = 270 \end{cases}$$

b) considerînd că în condițiile în care se depășește temperatura admisă, în zone de aşchiere, se vor folosi lichide de răcire și ungere, se renunță la această restricție.

c) pentru forțele de aşchiere:

$$C_z = C_z' \cdot K_{15} \cdot K_{16} \cdot K_{17} \cdot K_{18} \cdot K_{19} = 5,14 \cdot 0,68 = 3,5$$

$$C_y = C_y' \cdot K_{15} \cdot K_{16} \cdot K_{17} \cdot K_{18} \cdot K_{19} = 0,045 \cdot 0,18 = 0,008$$

$K_{15} = 1$ pentru F_x și $K_{15} = 1$ pentru F_y -influența proprietăților materialului de prelucrat.

$K_{16} = 0,92$ pentru F_x și $K_{16} = 0,70$ pentru F_y -influența unghiului de atac principal.

$$K_{17} = \left(\frac{r}{2}\right)^{0,07} = \left(\frac{0,5}{2}\right)^{0,07} = 0,91 \text{ și } K_{17} = \left(\frac{r}{2}\right)^{0,2} = 0,76 \text{ -influența rezei vârfului cuțitului}$$

$K_{18} = 1$ și $K_{18} = 1$ -influența unghiului de degajare

$K_{19} = 0,81$ și $K_{19} = 0,33$ -influența uzurii cuțitului

$$x_{F_x} = 1 \quad x_{F_y} = 1$$

$$y_{F_x} = 0,75, \text{ și } y_{F_y} = 0,75$$

$$n_{F_x} = 0,56 \quad n_{F_y} = 0,55$$

d) avînd în vedere sistemul de fixare adoptat, s-a renunțat la restricția determinată de rigiditatea piesei.

e) pentru cuțite:

- capul cuțitului: OLC 45 cu $\sigma_{al} = 12 \dots 18 \text{ daN/mm}^2$

- plăcuța Klo STAS 6374-61.

- dimensiunile plăcuței $8 \times 12 \times 5 \text{ mm}$.

- reza la vîrf $r = 0,5 \text{ mm}$

- secțiunea cozii: pătrată $18 \times 18 \text{ mm}$

- $E = 2,1 \cdot 10^4 \text{ daN/mm}^2$

- $W_x = \frac{h^3}{6} = \frac{18^3}{6} = 972 \text{ mm}^3$

- $I_x = \frac{h^4}{12} = \frac{18^4}{12} = 8.748 \text{ mm}^4$

- $\sigma_r = 28-36 \text{ daN/mm}^2$ - rezistența la rupere la tracțiune a materialului prelucrat.

- $K_1 = 1$

- influența materialului plăcuței.

- $K_2 = 2,4$

- influența materialului de prelucrat.

$$x_p = 0,13$$

$$y_p = 0,50$$

$$z_p = 0,87$$

$$a_1 = 12 \text{ mm}$$

- lungimea în consolă a cuțitului.

f) pentru rugozitate:

$$R_a = 3,2 \dots 6,3 \mu\text{m}$$

$$R_{a\text{max}} = 4,5 \cdot R_a^{0,07} = 4,5(3,2 \dots 6,3)^{0,07} = 13,9 \dots 26,8 \mu\text{m}$$

$$r = 0,5 \text{ mm}$$

$$K = 2,4$$

- influența materialului de prelucrat și a modului de răcire.

g) pentru mașina transfer.

$$N = 7,5 \text{ Kw}$$

$$\eta_{\text{tot}} = \eta_I \cdot \eta_{II} \cdot \eta_{III} \cdot \eta_{\text{mot}} = 0,96 \cdot 0,96 \cdot 0,96 \cdot 0,9 = 0,80$$

$$Q = 3200 \text{ daN la } 45 \text{ daN/cm}^2 \text{ presiune hidrolică}$$

$$Q = 1600 \text{ daN la } 25 \text{ daN/cm}^2 \text{ presiune hidrolică}$$

$$U_1 = 45 \text{ rot/min}$$

$$U_2 = 180 \text{ rot/min}$$

$$W_1 = \frac{10}{180} = 0,05555 \text{ mm/rot.}$$

$$W_2 = \frac{250}{45} = 5,555 \text{ mm/rot.}$$

h) pentru piesele ce se prelucerează valorile caracteristice se sînt date centralizat în tabelul 7.5.

j) alte precizări:

- s-a notat cu i = 1,2,3,4 suprafețele A,B,C,D.

- s-a notat cu j = 1,2,3 gabaritele 200; 180; 160.

- s-a notat cu K = 1,2,3 tipurile I, II, S.

- corecția privind diferențele de duritate a suprafețelor prelucrate s-a făcut la determinarea numărului de căușite.

- s-a ales ca suprafață de referință suprafața A și B, la care se impun condiții de calitate, pentru celelalte două suprafețe, relațiile se pot determina pe baza relațiilor de dependență stabilite.

Sistemele de ecuații obținute sînt:

1. pentru gabaritul 200.

$$v \cdot S_1^{0,50} \leq \frac{95 \cdot 4^{0,50}}{3,7^{0,22} \cdot \left(\frac{270}{200}\right)^{0,5} \cdot T^{0,125}} = \frac{95 \cdot 2}{1,3335 \cdot 1,568856 \cdot T^{0,125}} = \frac{90,82}{T^{0,125}}$$

$$v \cdot S_1^{0,75} \leq \frac{6,120 \cdot 0,80 \cdot N}{3,5 \cdot 270^{0,55}} \left[\frac{1}{3,7^{1,4 \cdot 0,25} \cdot 7,5^{1,4 \cdot 0,25} + 1^{1,2 \cdot 0,25} + 1^{1,5 \cdot 0,25}} \right]$$

$$= \frac{6,120 \cdot 0,80 \cdot N}{3,5 \cdot 21,74 \cdot 18,524} = 3,474 \cdot N$$

$$v \cdot S_1 \geq \frac{\frac{323 \cdot (3,7)^{0,50}}{323 \cdot (3,7)^{0,50}} (76 \cdot 14.000 + 76 \cdot 10.000 + 83 \cdot 4.000)}{204.666,7} +$$

$$+ \frac{\frac{323 \cdot (3,15)^{0,22}}{323 \cdot (3,7)^{0,50}} (71 \cdot 12.000 + 71 \cdot 10.000 + 71 \cdot 5000)}{204.666,7} +$$

Tabelul 7.5.

Nr. Gabe-		T1- Suprafata A		Suprafata B		Suprafata C		Suprafata D		Nlk							
ort.	ritul pul	13	13	13	23	23	23	13	33		33	33	33	43	43	43	1k
1																76	14.000
2	200															76	10.000
3																83	4.000
4																71	12.000
5	180															71	12.000
6																71	5.000
7																48	15.000
8	160															61	20.000
9																73	10.000

Observatii:

- planul de fabricatie a fost ales pentru un an cercare.
- lungimile de prelucrare ale suprafezelor D constituie lungimea de prelucrare cu avans tehnologic pentru toate suprafețele.

- 1€[3].

$$+ \frac{263 \cdot \left(\frac{3,15}{3,7}\right)^{0,22}}{323} (48 \cdot 15.000 + 61 \cdot 20.000 + 73 \cdot 10.000) = 204.666,7$$

$$= \frac{2.156 \cdot 10^3 + 0,8761609 \cdot 0,9316394 \cdot 1.917 \cdot 10^3 + 0,8142414 \cdot 0,9316394 \cdot 2670 \cdot 10^3}{204.666,7}$$

$$= \frac{2.156 \cdot 10^3 + 1.564,78 \cdot 10^3 + 2.025,41 \cdot 10^3}{204.666,7} = \frac{5.746,2}{204,7} = 28,1$$

$$s_{1A}^{0,75} \leq \frac{\sqrt{a_1} \cdot 972 \cdot 4^{0,75}}{a_1 \cdot 3,5 \cdot (270)^{0,55} \cdot 3,7^1} = \frac{972 \cdot 2,828427}{3,5 \cdot 21,74 \cdot 2,7} \cdot \frac{\sqrt{a_1}}{a_1} = 9,765 \frac{\sqrt{a_1}}{a_1}$$

$$s_{1B}^{0,75} \leq \frac{\sqrt{a_1} \cdot 972 \cdot 4^{0,75}}{a_1 \cdot 3,5 \cdot (270)^{0,55} \cdot 7,5} = \frac{972 \cdot 2,828427}{3,5 \cdot 21,74 \cdot 7,5} \cdot \frac{\sqrt{a_1}}{a_1} = 4,82 \frac{\sqrt{a_1}}{a_1}$$

$$s_{1A}^{0,75} \leq \frac{0,15 \cdot 2,1 \cdot 10^4 \cdot 8,748 \cdot 4^{0,75}}{a_1^3 \cdot 3,5 \cdot (270)^{0,55} \cdot 3,7^1} = \frac{0,15 \cdot 2,1 \cdot 10^4 \cdot 8,748 \cdot 2,828427}{3,5 \cdot 21,74 \cdot 3,7 \cdot a_1^3} = 27,68 \cdot \frac{10^4}{a_1^3}$$

$$s_{1B}^{0,75} \leq \frac{0,15 \cdot 2,1 \cdot 10^4 \cdot 8,748 \cdot 4^{0,75}}{a_1^3 \cdot 3,5 \cdot (270)^{0,55} \cdot 7,5^1} = \frac{0,15 \cdot 2,1 \cdot 10^4 \cdot 8,748 \cdot 2,828427}{3,5 \cdot 21,74 \cdot 7,5 \cdot a_1^3} = 13,66 \cdot \frac{10^4}{a_1^3}$$

$$s_{1A} \leq \frac{c_{11}^{1,8} \cdot 4}{3,7^{0,13} \cdot \sqrt{r}^{0,5}} \cdot \left(\frac{0,71}{\sin 90}\right)^{0,87} \cdot 1 \cdot 2,4 = \frac{4 \cdot 2,4 \cdot 0,742326}{1,1854035} \cdot \frac{c_{11}^{1,8}}{\sqrt{r}^{0,5}} = 6,012 \frac{c_{11}^{1,8}}{\sqrt{r}^{0,5}}$$

$$s_{1B} \leq \frac{c_{11}^{1,8} \cdot 4}{7,5^{0,13} \cdot \sqrt{r}^{0,5}} \cdot \left(\frac{0,71}{\sin 90}\right)^{0,87} \cdot 1 \cdot 2,4 = \frac{4 \cdot 2,4 \cdot 0,742326}{1,2994451} \cdot \frac{c_{11}^{1,8}}{\sqrt{r}^{0,5}} = 5,484 \frac{c_{11}^{1,8}}{\sqrt{r}^{0,5}}$$

$$s_1^2 \leq 8 \cdot 4^2 \cdot 2,4 \cdot R_{\max_{11}} (2r_{11} - R_{\max_{11}}) = 153,6 R_{\max_{11}} (2r_{11} - R_{\max_{11}})$$

$$s_1^{0,75} \leq \frac{Q}{0,34 \cdot 3,5 \cdot (270)^{0,55}} \cdot \left[\frac{1}{3,7^1 \cdot 4^{0,25} + 7,5^1 \cdot 4^{0,25} + 1 \cdot 4^{0,25} + 1 \cdot 5^{0,25}} \right]$$

$$= \frac{Q}{0,34 \cdot 3,5 \cdot 21,74 \cdot 18,524} = \frac{Q}{479,5} = 0,00286 Q.$$

$$v_1 \geq \frac{\pi \cdot 323}{1000} \cdot 45 = 45,64$$

$$v_2 \leq \frac{\pi \cdot 323}{1000} \cdot 180 = 182,56$$

$$s_1 \geq 0,05555$$

$$s_1 \leq 5,5555$$

2) pentru caberitul 180.

$$v \cdot s_2^{0,50} \leq \frac{95 \cdot 4^{0,50}}{3,15^{0,22} \cdot \left(\frac{270}{200}\right)^{1,5} \cdot T^{0,125}} = 94,09 \cdot \frac{1}{T^{0,125}}$$

$$v \cdot s_2^{0,75} \leq \frac{6,120 \cdot 0,80 \cdot N}{3,5 \cdot (270)^{0,55}} \left[\frac{1}{3,15 \cdot 4^{0,25} + 6,5 \cdot 4^{0,25} + 1 \cdot 2^{0,25} + 1 \cdot 5^{0,25}} \right]$$

$$= \frac{6,120 \cdot 0,80 \cdot N}{3,5 \cdot 21,74 \cdot 16,331716} = 3,94 N$$

$$v \cdot s_2 \geq \frac{323 \cdot \left(\frac{3,7}{3,15}\right)^{\frac{0,22}{0,50}} (76 \cdot 14.000 + 76 \cdot 10.000 + 83 \cdot 4.000)}{204.666,7} +$$

$$+ \frac{283 \cdot \left(\frac{3,15}{3,15}\right)^{\frac{0,22}{0,50}} (71 \cdot 12.000 + 71 \cdot 10.000 + 71 \cdot 5.000)}{204.666,7} +$$

$$+ \frac{323 \cdot \left(\frac{3,7}{3,15}\right)^{\frac{0,22}{0,50}} (76 \cdot 14.000 + 76 \cdot 10.000 + 83 \cdot 4.000)}{204.666,7}$$

$$\bullet \frac{2,641 \cdot 10^3 + 1,917 \cdot 10^2 + 2,481,3 \cdot 10^3}{204.666,7} = \frac{7,039,3}{204,7} = 34,40.$$

$$s_{2A}^{0,75} \leq \frac{\sqrt{a_1} \cdot 972 \cdot 4^{0,75}}{a_1 \cdot 3,5 \cdot (270)^{0,55} \cdot 3,15^1} = 11,47 \frac{\sqrt{a_1}}{a_1}$$

$$s_{2B}^{0,75} \leq \frac{\sqrt{a_1} \cdot 972 \cdot 4^{0,75}}{a_1 \cdot 3,5 \cdot (270)^{0,55} \cdot 6,5^1} = 5,56 \frac{\sqrt{a_1}}{a_1}$$

$$s_{2A}^{0,75} \leq \frac{0,15 \cdot 2,1 \cdot 10^4 \cdot 8,748 \cdot 4^{0,75}}{a_1^3 \cdot 3,5 \cdot (270)^{0,55} \cdot 3,15^1} = 32,51 \cdot \frac{10^4}{a_1^3}$$

$$s_{2B}^{0,75} \leq \frac{0,15 \cdot 2,1 \cdot 10^4 \cdot 8,748 \cdot 4^{0,75}}{a_1^3 \cdot 3,5 \cdot (270)^{0,55} \cdot 6,5^1} = 15,76 \cdot \frac{10^4}{a_1^3}$$

$$s_{2A} \leq \frac{C_{11}^{1,8} \cdot 4}{3,15^{0,13} \cdot \sqrt{r}^{0,5}} \cdot \left(\frac{0,71}{\sin 90} \right)^{0,87} \cdot 1 \cdot 2,4 = 6,14 \frac{C_{11}^{1,8}}{\sqrt{r}^{0,5}}$$

$$s_{2B} \leq \frac{C_{11}^{1,8} \cdot 4}{6,5^{0,13} \cdot \sqrt{r}^{0,5}} \cdot \left(\frac{0,71}{\sin 90} \right)^{0,87} \cdot 1 \cdot 2,4 = 5,59 \frac{C_{11}^{1,8}}{\sqrt{r}^{0,5}}$$

$$s_2^2 \leq 4 \cdot 4^2 \cdot 2,4 \cdot R_{\max 12} (2r_{12} - R_{\max 12}) = 153,6 R_{\max 12} (2r_{12} - R_{\max 12})$$

$$s_2^{0,75} \leq \frac{Q}{0,34 \cdot 3,5 \cdot (270)^{0,55}} \left[\frac{1}{3,15 \cdot 4^{0,25} + 6,5 \cdot 4^{0,25} + 1 \cdot 2^{0,25} + 1,5^{0,25}} \right] =$$

$$= 0,00325 Q.$$

$$v_2 \geq \frac{0,283}{1000} \cdot 45 = 40.$$

$$v_2 \leq \frac{0,283}{1000} \cdot 180 = 160$$

$$s_2 \geq 0,05555$$

$$s_2 \leq 5,5555$$

3) pentru coboritul 160.

$$v \cdot s_3^{0,50} \leq \frac{25 \cdot 4^{0,50}}{3,15^{0,22} \cdot \left(\frac{270}{200} \right)^{1,5} \cdot T^{0,125}} = 94,09 \frac{1}{T^{0,125}}$$

$$v \cdot s_3^{0,75} \leq \frac{6,120 \cdot 0,80 \cdot H}{3,5 \cdot (270)^{0,55}} \left[\frac{1}{3,15 \cdot 4^{0,25} + 7 \cdot 4^{0,25} + 1 \cdot 2^{0,25} + 1,5^{0,25}} \right] =$$

$$= \frac{6,120 \cdot 0,80 \cdot H}{3,5 \cdot 21,74 \cdot 17,038823} = 3,78H.$$

$$\begin{aligned}
 v \cdot s_3 &\geq \frac{\frac{323}{263} \left(\frac{3,7}{3,15} \right)^{\frac{0,22}{0,50}} (76 \cdot 14.000 + 76 \cdot 10.000 + 83 \cdot 4.000)}{204.6667} + \\
 &+ \frac{\frac{283}{263} \left(\frac{3,15}{3,15} \right)^{\frac{0,22}{0,50}} (71 \cdot 12.000 + 71 \cdot 10.000 + 71 \cdot 5.000)}{204.666,7} + \\
 &+ \frac{\frac{263}{263} \left(\frac{3,15}{3,15} \right)^{\frac{0,22}{0,50}} (48 \cdot 15.000 + 61 \cdot 20.000 + 73 \cdot 10.000)}{204.666,7} = \\
 &= \frac{1.2281368 \cdot 1,0733765 \cdot 2,156 \cdot 10^3 + 1,076 \cdot 1,917 \cdot 10^3 + 1 \cdot 1 \cdot 2670}{204.666,7} = \\
 &= \frac{2.842,2 + 2.062,7 + 2.670}{204,7} = \frac{7.547,9}{204,7} = 37
 \end{aligned}$$

$$s_{3A}^{0,75} \leq \frac{\sqrt{a_1} \cdot 972 \cdot 4^{0,75}}{a_1 \cdot 3,5 \cdot (270)^{0,55} \cdot 3,15^1} = 11,47 \frac{\sqrt{a_1}}{a_1}$$

$$s_{3B}^{0,75} \leq \frac{\sqrt{a_1} \cdot 972 \cdot 4^{0,75}}{a_1 \cdot 3,5 \cdot (270)^{0,55} \cdot 7^1} = 5,16 \frac{\sqrt{a_1}}{a_1}$$

$$s_{3A}^{0,75} \leq \frac{0,15 \cdot 2,1 \cdot 10^4 \cdot 8,748 \cdot 4^{0,75}}{a_1^3 \cdot 3,5 \cdot (270)^{0,55} \cdot 3,15^1} = 32,51 \frac{10^4}{a_1^3}$$

$$s_{3B}^{0,75} \leq \frac{0,15 \cdot 2,1 \cdot 10^4 \cdot 8,748 \cdot 4^{0,75}}{a_1^3 \cdot 3,5 \cdot (270)^{0,55} \cdot 7^1} = 14,63 \frac{10^4}{a_1^3}$$

$$s_{3A} \leq \frac{C_{11}^{1,8} \cdot 4}{3,15^{0,13} \cdot \sqrt{r}^{0,5}} \cdot \left(\frac{0,71}{\sin 90} \right)^{0,87} \cdot 1 \cdot 2,4 = 6,14 \frac{C_{11}^{1,8}}{\sqrt{r}^{0,5}}$$

$$s_{3B} \leq \frac{C_{11}^{1,8} \cdot 4}{7^{0,13} \cdot \sqrt{r}^{0,5}} \cdot \left(\frac{0,71}{\sin 90} \right)^{0,87} \cdot 1 \cdot 2,4 = 5,54 \frac{C_{11}^{1,8}}{\sqrt{r}^{0,5}}$$

$$s_3^2 \leq 4 \cdot 4^2 \cdot 2,4 \cdot R_{\max 13} (2r_{13} - R_{\max 13}) = 153,6 R_{\max 13} (2r_{13} - R_{\max 13})$$

$$\begin{aligned}
 s_3^{0,75} &\leq \frac{Q}{0,34 \cdot 3,5 \cdot (270)^{0,55}} \left[\frac{1}{3,15 \cdot 4^{0,25} + 7 \cdot 4^{0,25} + 1 \cdot 2^{0,25} + 1,5^{0,25}} \right] = \\
 &= 0,00312 Q.
 \end{aligned}$$

$$v_3 \geq \frac{\pi \cdot 263}{1000} \cdot 45 = 37,16$$

$$v_3 \leq \frac{\pi \cdot 263}{1000} \cdot 100 = 148,65$$

$$s_3 \geq 0,05555$$

$$s_3 \leq 5,5555$$

Controlizarea rezultatelor și calculul pentru diverse condiții de solicitare s-a făcut în tabelul 7.6.

Tabelul 7.6.

Nr. Funcția ort. restrictivă	Condiții supli- mentare	G a b a r i t u l					
		200		180		160	
		Supraf. A	Supraf. B	Supraf. A	Supraf. B	Supraf. A	Supraf. B
1. Durabilitate sculgi, $v \cdot s_j \leq 0,50$	T=300 min	44,51	38,10	46,12	39,34	46,12	39,69
	T=450 min	42,31	36,22	43,84	37,40	43,84	36,77
	T=600 min	40,82	34,94	42,29	36,07	42,29	35,47
	T=750 min	39,70	33,98	41,13	35,08	41,13	34,50
2. Puterea mo- torului de antrenare $v \cdot s_j \leq 0,75$	H = 11 Kw	38,21		43,34		41,58	
	H = 7,5 Kw	26,05		29,55		28,35	
3. Ritmul li- niei teh- nologice $v \cdot s_j \geq$		28,1		34,4		37	
4. Solicitarea la încălzi- re a cor- pului ou- șitalui $s_j \leq 0,75$	$\sigma_{ai} = 12 \text{ daN/mm}^2$ $a_i = 12 \text{ mm}$	9,765	4,82	11,47	5,56	11,47	5,16
	$\sigma_{ai} = 12 \text{ daN/mm}^2$ $a_i = 24 \text{ mm}$	4,88	2,41	5,74	2,78	5,74	2,58
	$\sigma_{ai} = 18 \text{ daN/mm}^2$ $a_i = 24 \text{ mm}$	7,31	3,61	8,60	4,17	8,60	3,87
5. Siguranța ou- șitalui $s_j \leq 0,75$	$a_j = 12 \text{ mm}$	160,2	79,04	188,12	91,05	188,12	94,66
	$a_j = 24 \text{ mm}$	20,03	9,88	23,51	11,40	23,51	10,57
6. Rezistența plăcuței $s_j \leq$	$\sigma_r = 28 \text{ daN/mm}^2$ $e = 5 \text{ mm}$	20,59	18,78	21,02	19,13	21,02	18,95
	$\sigma_r = 36 \text{ daN/mm}^2$ $e = 5 \text{ mm}$	18,15	16,56	18,54	16,87	18,54	16,71
	$\sigma_r = 28 \text{ daN/mm}^2$ $e = 4 \text{ mm}$	13,78	12,59	14,08	12,80	14,07	12,70
	$\sigma_r = 36 \text{ daN/mm}^2$ $e = 4 \text{ mm}$	12,16	11,1	12,42	11,3	12,42	11,2
7. Gradul de netezime al suprafeței $s_j \leq$	$R = 0,5 \text{ mm}$ $R_{max} = 1,39$			2,14			
	$R = 0,5 \text{ mm}$ $R_{max} = 26,8$			4,00			
	$R = 0,2 \text{ mm}$ $R_{max} = 13,9$			0,84			
	$R = 0,2 \text{ mm}$ $R_{max} = 26,8$			1,53			

Nr. Funcția ort.restric- tivi	Condiții supli- mentare	G a b a r i t a 1					
		200		180		160	
		Supraf.	Supraf.	Supraf.	Supraf.	Supraf.	Supraf.
8. Forța de avans $s_1 + 0,75 s_2 \leq$	$Q=3.200 \text{ daN}$	9,152		10,4		9,984	
	$Q=1.600 \text{ daN}$	4,58		5,2		4,99	
9. Avan- sul $s_1 \leq$ $s_2 \geq$				5,5555			
				0,05555			
10. Vite- za $v \leq$ $v >$		182,56	178,60	160	156,6	148,65	144,69
		45,64	44,65	40	39,5	37,16	36,17

Taboulul 7.7

Nr. Funcția ort.restric- tivi	Condiții supli- mentare	G a b a r i t a 1							
		A		B		A		B	
		1	2	3	4	5	6	7	8
1. Durabili- tatea sculei $x_1 + 0,5x_2 \leq$	$T=300 \text{ min}$	1,65	1,58	1,66	1,60	1,66	1,59		
	$T=450 \text{ min}$	1,63	1,56	1,64	1,58	1,64	1,57		
	$T=600 \text{ min}$	1,61	1,54	1,63	1,56	1,63	1,55		
	$T=750 \text{ min}$	1,60	1,53	1,61	1,55	1,61	1,54		
2. Puterea motorului de antre- nare $x_1 + 0,75x_2 \leq$	$N = 11 \text{ Kw}$		1,59		1,64		1,62		
	$N = 7,5 \text{ Kw}$		1,42		1,47		1,45		
3. Ritmul liniei tehnolo- gice $x_1 + x_2 \geq$			1,45		1,54		1,57		
4. Solicita- ree la inovoie- re a cor- pului ou- știtului $0,75 x_2 \leq$	$\sqrt{\sigma_i}=12 \text{ daN/mm}^2$ $\sigma_i=12 \text{ mm}$	0,99	0,68	1,06	0,73	1,06	0,71		
	$\sqrt{\sigma_i}=12 \text{ daN/mm}^2$ $\sigma_i=24 \text{ mm}$	0,69	0,38	0,76	0,44	0,76	0,41		
	$\sqrt{\sigma_i}=18 \text{ daN/mm}^2$ $\sigma_i=24 \text{ mm}$	0,86	0,56	0,93	0,62	0,93	0,59		
5. Sigeta ouștitului $0,75 x_2 \leq$	$\sigma_1 = 12 \text{ mm}$	2,20	1,90	2,27	1,96	2,27	1,93		
	$\sigma_1 = 24 \text{ mm}$	1,30	0,99	1,37	1,06	1,37	1,02		

		2	3	4	5	6	7	8
6. Rezistența plicuței $x_2 \leq$	$r=28 \text{ daN/mm}^2$ $c=5 \text{ mm}$	1,32	1,27	1,32	1,28	1,32	1,28	
	$r=36 \text{ daN/mm}^2$ $c=5 \text{ mm}$	1,26	1,22	1,27	1,23	1,27	1,22	
	$r=28 \text{ daN/mm}^2$ $c=4 \text{ mm}$	1,14	1,10	1,15	1,11	1,15	1,10	
	$r=36 \text{ daN/mm}^2$ $c=4 \text{ mm}$	1,08	1,05	1,10	1,05	1,10	1,05	
7. Gradul de netezime al suprafeței $2 x_2 \leq$	$r=0,5 \text{ mm}$ $R_{max}=1,35$				0,33			
	$r=0,5 \text{ mm}$ $R_{max}=26,8$				0,60			
	$r=0,2 \text{ mm}$ $R_{max}=13,9$				-0,076			
	$r=0,2 \text{ mm}$ $R_{max}=26,8$				0,185			
8. Forța de avans $0,75 x_2 \leq$	$Q=3.200 \text{ daN}$	0,96			1,02		1	
	$Q=1.600 \text{ daN}$	0,66			0,72		0,70	
9. Avansul $x_2 \leq$ $x_2 \geq$					0,745			
					-1,255			
10. Viteza $x_1 \leq$ $x_1 \geq$		2,26	2,25	2,20	2,20	2,16	2,16	
		1,66	1,65	1,60	1,60	1,57	1,56	

Tabelul 7.8.

Nr. crt.	Funcția restrictivă	Condiții suplimentare	S a b a r i t u l					
			200		130		160	
			Supraf. A	Supraf. B	Supraf. A	Supraf. B	Supraf. A	Supraf. B
1. Durabilitatea sculei $x_1 + 0,50x_2 \leq$	$T=300 \text{ min}$		1,65	1,58	1,66	1,60	1,66	1,59
	$T=450 \text{ min}$		1,63	1,56	1,64	1,58	1,64	1,57
	$T=600 \text{ min}$		1,61	1,54	1,63	1,56	1,63	1,55
	$T=750 \text{ min}$		1,60	1,53	1,61	1,55	1,61	1,51
2. Puterea motorului de antrenare $x_1 + 0,75x_2 \leq$	$N=11 \text{ kW}$		1,58		1,64		1,62	
	$N=7,5 \text{ kW}$		1,42		1,47		1,45	

Nr. crt.	Funcția restric- tivă	Condiții supli- mentare	G a b a r i t u l					
			200		180		160	
			Supraf. A	Supraf. B	Supraf. A	Supraf. B	Supraf. A	Supraf. B
3.	Ritmul liniei tehnologice		1,45		1,54		1,57	
	$x_1 + x_2 >$							
4.	Solicita- rea la încovoie- re a cor- pului cu- țitului	$\sigma_{ai}=12 \text{ daN/mm}^2$ $a_i=12 \text{ mm}$	1,32	0,91	1,41	1	1,41	0,95
		$\sigma_{ai}=12 \text{ daN/mm}^2$ $a_i=24 \text{ mm}$	0,92	0,51	1,01	0,59	1,01	0,55
		$\sigma_{ai}=18 \text{ daN/mm}^2$ $a_i=24 \text{ mm}$	1,15	0,75	1,24	0,83	1,24	0,79
	$x_2 \leq$							
5.	Sigesta- țea cu- țitu- lui	$\sigma_{ai}=12 \text{ mm}$	2,93	2,53	3,03	2,61	3,03	2,57
		$\sigma_{ai}=24 \text{ mm}$	1,73	1,32	1,83	1,41	1,83	1,36
	$x_2 \leq$							
6.	Rezisten- ța plăcu- ței	$\sigma_r=28 \text{ daN/mm}^2$ $c=5 \text{ mm}$	1,32	1,27	1,32	1,28	1,32	1,28
		$\sigma_r=36 \text{ daN/mm}^2$ $c=5 \text{ mm}$	1,26	1,22	1,27	1,23	1,27	1,22
		$\sigma_r=28 \text{ daN/mm}^2$ $c=4 \text{ mm}$	1,14	1,10	1,15	1,11	1,15	1,10
		$\sigma_r=36 \text{ daN/mm}^2$ $c=4 \text{ mm}$	1,08	1,05	1,10	1,05	1,10	1,05
	$x_2 \leq$							
7.	Gradul de netezime al supra- feței	$r=0,5 \text{ mm}$ $R_{max}=13,5$				0,165		
		$r=0,5 \text{ mm}$ $R_{max}=26,8$				0,30		
		$r=0,2 \text{ mm}$ $R_{max}=13,9$				- 0,038		
		$r=0,2 \text{ mm}$ $R_{max}=26,8$				+ 0,092		
	$x_2 \leq$							
8.	Forța de avans	$Q=3,2000 \text{ daN}$	1,28		1,36		1,33	
		$Q=1600 \text{ daN}$	0,88		0,96		0,93	
	$x_2 \leq$							
9.	Avan- sul	$x_2 <$			0,745			
		$x_2 >$			-1,255			
10.	Vite- za	$x_1 \leq$	2,26	2,25	2,20	2,20	2,16	2,16
		$x_1 \geq$	1,66	1,65	1,60	1,60	1,57	1,56

Din analiza ecuațiilor restricțiilor obținute, rezultă că se pot neglija cele referitoare la rigiditatea sculei și a plăcuței precum și cea referitoare la forța mecanismului de avans, unde sînt rezerve foarte mari.

Rămîn sistemele restrînse:

Tabelul 7.9.

Nr. Funcția ort. restricțivă	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	Condiții suplimentare
							180				160
1. Durabilitatea sculei	$x_1 + 0,50$	$x_2 \leq 1,65$	$x_1 + 0,50$	$x_2 \leq 1,66$	$x_1 + 0,50$	$x_2 \leq 1,66$					$T = 300$ min
	$x_1 + 0,50$	$x_2 \leq 1,60$	$x_1 + 0,50$	$x_2 \leq 1,61$	$x_1 + 0,50$	$x_2 \leq 1,61$					$T = 750$ min
2. Puterea motorului de antrenare	$x_1 + 0,75$	$x_2 \leq 1,58$	$x_1 + 0,75$	$x_2 \leq 1,64$	$x_1 + 0,75$	$x_2 \leq 1,62$					$N = 11$ Kw
	$x_1 + 0,75$	$x_2 \leq 1,42$	$x_1 + 0,75$	$x_2 \leq 1,47$	$x_1 + 0,75$	$x_2 \leq 1,45$					$N = 7,5$ Kw
3. Ritmul liniei tehnologice	$x_1 + x_2 \geq 1,45$		$x_1 + x_2 \geq 1,54$		$x_1 + x_2 \geq 1,57$						
4. Gradul de netezime al suprafețelor	$x_2 \leq 0,17$		$x_2 \leq 0,30$								$R_{\text{outlet}} = 0,5$ mm $R_{\text{max}} = 13,9$ m
			$x_2 \leq -0,038$								$R_{\text{cutit}} = 0,5$ mm $R_{\text{max}} = 26,8$ m
			$x_2 \leq 0,09$								$R_{\text{cutit}} = 0,2$ mm $R_{\text{max}} = 13,9$ m
5. Avansul	$-1,255 \leq x_2 \leq 0,745$										$R_{\text{cutit}} = 0,2$ mm $R_{\text{max}} = 26,8$ m
6. Viteza	$2,26 \leq x_1 \leq 1,66$		$2,20 \leq x_1 \leq 1,60$		$2,16 \leq x_1 \leq 1,57$						

Rezolvînd sistemele sau reprezentînd grafic se determină minimumul cu valorile din

tabelul 7.10.

Nr. Gaba- ort. rti tutului	T1- Viteza m/min	Avansul mm/rot Sj	Tura- tura 1/min nj	Suprafata A				Suprafata B				Suprafata C				Suprafata D				Z min
				V1j	S1j	Z1j	V2j	S2j	Z2j	V3j	S3j	Z3j	V4j	S4j	Z4j					
1	200	$\frac{1}{8}$	45,64	0,8	45,0	45,64	0,20	4	44,7	0,20	4	45,5	0,40	2	43,5	0,16	5	2,1		
2	180	$\frac{1}{8}$	40,00	1,12	45	40	0,28	4	39,2	0,28	4	39,86	0,56	2	38,2	0,224	5	1,4		
3	160	$\frac{1}{8}$	37,2	1,17	45	37,2	0,29	4	36,2	0,29	4	37,06	0,58	2	35,22	0,234	5	0,21		
9		$\frac{1}{8}$																1,39		

In conditiile in care forta de tractiune scadea a suprafetelor, decoree sinton 14ml-
 tati de puterea de antrenare, motiv pentru care am schimbata motorul de antrenare de la 7,5 Kw la
 11 Kw, minimele are valorile redacte in tabelul 7.11.

Reprezentarea grafică a valorilor funcțiilor economice și restricționale este redată în fig.

7.3; 7.4; 7.5.

Tabelul 7.11.

Nr. Caba-	Ti-	Viteza Avansul	Turașile	Suprafața A			Suprafața B			Suprafața C			Suprafața D			Σ min	
				V _{1j}	S _{1j}	Z _{1j}	V _{2j}	S _{2j}	Z _{2j}	V _{3j}	S _{3j}	Z _{3j}	V _{4j}	S _{4j}	Z _{4j}		
rot	mm/rot	m/min	rot/min														
<u>1</u>	<u>1</u>														<u>2,1</u>		
<u>2</u>	<u>200</u>	<u>45,64</u>	<u>0,8</u>	<u>45</u>	<u>45,64</u>	<u>0,20</u>	<u>4</u>	<u>44,7</u>	<u>0,20</u>	<u>4</u>	<u>45,5</u>	<u>0,40</u>	<u>2</u>	<u>43,5</u>	<u>0,16</u>	<u>5</u>	<u>2,1</u>
<u>3</u>																	<u>2,3</u>
<u>4</u>	<u>1</u>																<u>1,58</u>
<u>5</u>	<u>180</u>	<u>53,70</u>	<u>0,8</u>	<u>60,4</u>	<u>49,76</u>	<u>0,20</u>	<u>4</u>	<u>48,71</u>	<u>0,20</u>	<u>4</u>	<u>49,58</u>	<u>0,40</u>	<u>2</u>	<u>47,48</u>	<u>0,16</u>	<u>5</u>	<u>1,58</u>
<u>6</u>																	<u>1,58</u>
<u>7</u>	<u>1</u>																<u>1,07</u>
<u>8</u>	<u>160</u>	<u>50,1</u>	<u>0,8</u>	<u>60,7</u>	<u>46,25</u>	<u>0,20</u>	<u>4</u>	<u>45,01</u>	<u>0,20</u>	<u>4</u>	<u>46,07</u>	<u>0,40</u>	<u>2</u>	<u>43,78</u>	<u>0,16</u>	<u>5</u>	<u>1,36</u>
<u>9</u>																	<u>1,63</u>

In prima variantă rezultă un fond de timp anual necesar de 15.0.950 min, iar în cea de a doua variantă 16.4.970 min, adică cu 9,3 % mai mult sau 233,6 ore/anual de lucru efectiv.

7.8. Metodă analitică de determinare a optimaului la un sistem liniar.

Metoda programării liniare, este o metodă recomandată foarte mult de literatura de specialitate din ultimii ani, dar prezintă unele dificultăți de utilizare:

- a) liniarizarea funcției obiectiv se face dificil și cu unele aproximații.
- b) presupune mașini de calcul complexe-calculatoare.
- c) timpul de întocmire a programului este relativ mare.
- d) presupune o anumită specializare a tehnologului pentru adaptarea programului pe calculator.
- e) se prelungeste timpul de adaptare sau de introducere a noilor tehnologii.

In cele ce urmează vom prezenta o metodă analitică de determinare a optimaului la un sistem liniar, pe baza experienței câștigate în efectuarea calculelor în capitolul 7.6.

In cap.5 s-au expus modelele matematice particulare pentru rezolvarea analitică.

Reluăm modelul pentru prelucrarea dintr-o singură trecere în condițiile durabilității impuse.

- funcția economică $f_0 - x_1 - x_2 = Z \rightarrow \text{Min}$
- relațiile de limitare ale vitezei: $h_1 \leq x_1 \leq h_2$
- relațiile de limitare ale avansului:

$$h_3 < x_2 < h_4 \text{ rezultate din:}$$

- a) funcția restrictivă a rigidității piesei

$$a_2 x_2 \leq b_2$$

- b) funcția restrictivă a rigidității sculei

$$a_3 x_2 \leq b_3$$

- c) funcția restrictivă a gradului de netezime a suprafeței

$$a_4 x_2 \leq b_4$$

- d) funcția restrictivă a mecanismului de avans

$$a_5 x_2 \leq b_5$$

- e) funcția restrictivă a avansului $x_2 < b_{11}$
 $x_2 > b_{12}$

- relațiile de limitare ale "puterii": $Cx_1 + ax_2 \leq h_5$ rezultată din:

- a) funcția restrictivă a durabilității sculei $x_1 + a_1x_2 \leq b_1$
- b) funcția restrictivă a temperaturii în zona de aşchiere $C_6x_1 + a_6x_2 \leq b_6$
- c) funcția restrictivă a ritmului liniei tehnologice $C_7x_1 + a_7x_2 \leq b_7$
- d) funcția restrictivă a puterii motorului de antrenare $C_8x_1 + a_8x_2 \leq b_8$

Deci pentru obținerea relațiilor: $h_1 \leq x_1 \leq h_2$
 $h_3 \leq x_2 \leq h_4$

este suficientă rezolvarea inegalităților arătate și compararea valorilor obținute, pentru determinarea relației $Cx_1 + ax_2 \leq h_5$ se procedează astfel:

1) Se calculează pantele dreptelor

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = -\frac{1}{a_1}$$

$$\operatorname{tg} \alpha_2 = -\frac{C_6}{a_6}$$

$$\operatorname{tg} \alpha_3 = -\frac{C_7}{a_7}$$

$$\operatorname{tg} \alpha_4 = -\frac{C_8}{a_8}$$

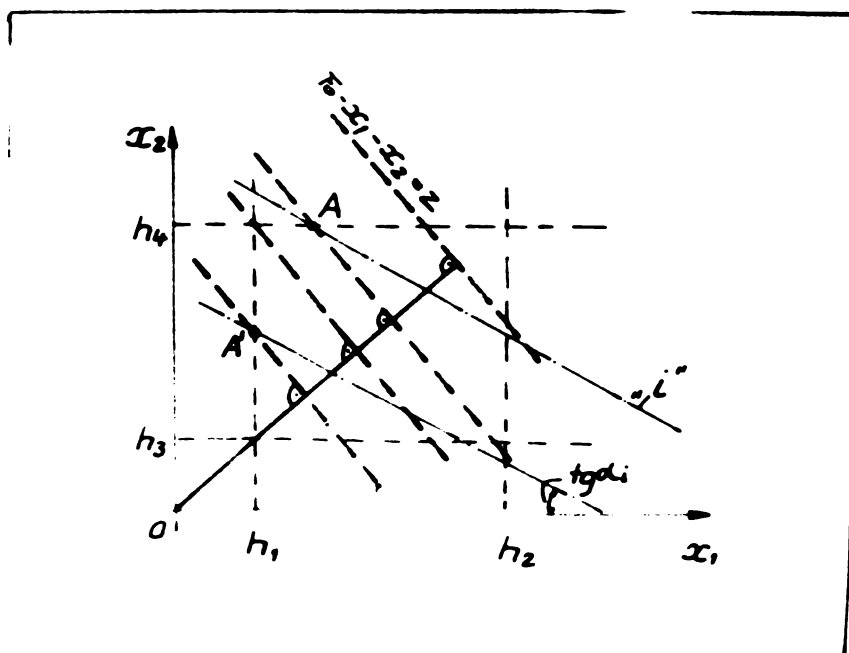


Fig. 7.6.

2) Distingem 3 cazuri:

- a) $\operatorname{tg} \alpha_j < -1$ pentru orice $j = 1, 2, 3, 4, \dots$
 Fie $\operatorname{tg} \alpha_1 < \operatorname{tg} \alpha_j$ pentru orice $j \neq 1$

Decarece optinul (minimal) trebuie să se găsească într-un punct care corespunde distanței celei mai mici a dreptei la origină care reprezintă funcția economică, rezultată că minimalul căutat va intersecția dreptei „i” cu dreapta $x_2 = h_4$ când $x_1 > h_1$ (A) sau cu dreapta $x_1 = h_1$ când $x_2 < h_4$ (A') Fig.7.6.

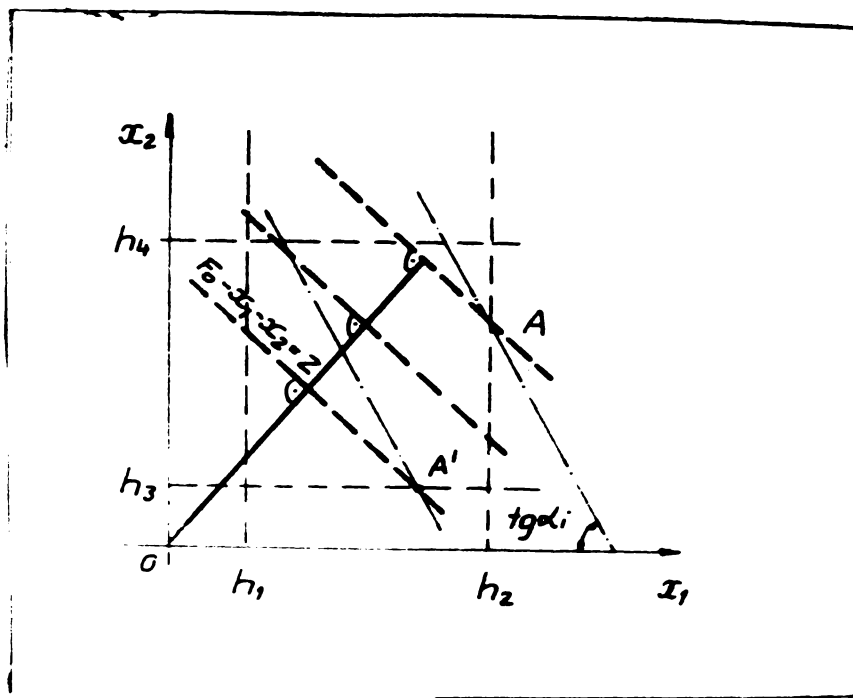


Fig. 7.7.

b) $\text{tg } \alpha_j > -1$ pentru orice $j = 1, 2, 3, 4, \dots$

Fie $\text{tg } \alpha_1 > \text{tg } \alpha_j$ pentru orice $j \neq 1$

Minimul căutat va fi intersecția dreptei „i” cu dreapta $x_1 = h_2$ când $x_2 > h_3$ (A) sau cu dreapta $x_2 = h_3$ cu condiția ca $x_1 < h_2$ (A'). Fig. 7.7.

c) $\left. \begin{array}{l} \text{tg } \alpha_j < -1 \text{ pentru } j = 1 \dots n \\ \text{tg } \alpha_j > -1 \text{ pentru } i = n \dots m \end{array} \right\} n, m \in [1, 2, 3, 4, \dots]$

Dacă $|\text{tg } \alpha_1| < |\text{tg } \alpha_j|$ sîntem în cazul a.

Dacă $|\text{tg } \alpha_1| > |\text{tg } \alpha_j|$ sîntem în cazul b.

Dacă $|\text{tg } \alpha_1| = |\text{tg } \alpha_j|$ avem nedeterminare pe segmentul AB ce reprezintă intersecția dreptei $Cx_1 + ax_2 = h_5$ cu dreptele $x_2 = h_4$ și $x_1 = h_2$ respectiv $x_2 = h_3$ și $x_1 = h_1$.

Metoda prezentată are următoarele avantaje:

- a) necesită un volum mic de calcule elementare
- b) este accesibilă și pregătirii medii
- c) permite utilizarea unui calculator de buzunar
- d) simplifică și reduce timpul de pregătire a programului pe calculatorul programat
- e) reduce timpul de asimilare a tehnologiilor noi
- f) elimină dezavantajul folosirii calculatorului programat, de multe ori încă greu accesibil.

7.9. Concluzii parțiale

1. S-a stabilit o metodă analitică originală de determinare a numărului de cuțite, pentru un cap multicutit cu o concentrare a operațiilor de ordinal I.

2. Metoda și relațiile originale stabilite au fost utilizate la proiectarea capului multi cuțit destinat prelucrării carcaselor din fontă, ale motoarelor electrice de gabarit 160-180-200.

3. S-a stabilit o variantă simplificată și una grafică de aplicare a metodei analitice de determinare a numărului de cuțite, în care scop sa fost construite graficele din fig.7.1. și 7.2.

4. Au fost determinați coeficienții de corecție rezultați pe baza măsurătorilor experimentale.

5. S-a determinat modelul matematic original pentru optimizarea valorilor elementelor regimului de aşchiere la prelucrarea prin strungire, dintr-o singură trecere, la o concentrare a operațiilor de ordinal I și o prelucrare de grup, în condițiile durabilității impuse.

6. Pe baza modelului stabilit sa fost determinate valorile vitezei și avansului la prelucrarea carcaselor din fontă, gabarit 160-180-200 pe mașina transfer prezentată în capitolul 5.

7. S-a stabilit o metodă analitică originală de determinare optimului la un sistem liniar.

8. Metoda și modelul matematic pentru optimizarea valorilor elementelor regimului de aşchiere la prelucrarea prin strungire dintr-o singură trecere, în condițiile durabilității impuse, deoarece se determinat în condițiile prelucrării de grup, se pretează a fi folosită și în cazul concentrării operațiilor de ordinal II.

8. Aplicarea industrială a cercetării tehnologice

8.1. Generalități.

Preocupările permanente pentru descoperirea modalităților de asigurare a unei eficiențe tehnico-economice a activității productive a determinat un salt calitativ atât din punct de vedere tehnic - perfecționarea mașinilor și utilajelor, a dispozitivelor, sculelor și verificatoarelor, diversificarea lor și a materialelor folosite - cât și din punct de vedere organizatoric - standardizarea, normalizarea și tipizarea elementelor de mașini sau a tehnologiilor de execuție.

Proiectarea și elaborarea proceselor tehnologice moderne, ținând seama de multitudinea factorilor care le influențează, presupune pe lângă cunoașterea metodelor și tehnologiilor de analiză o informare cât mai precisă ce permite măsurarea cantitativă a fenomenelor și degajarea aspectelor calitative (cu condiția de a stabili și adopta criterii corespunzătoare).

Scopul sau ansamblul obiectivelor pe care tehnologul și le-a fixat (productivitate, beneficiu, investiții, etc.) nu poate fi atins decât în condițiile acceptării unui anumit „sacrificiu” exprimat sub forma unei funcții economice sau a unei funcții de mijloace de acțiune. De cele mai multe ori este necesară o evidențiere a independenței acestor elemente într-un domeniu mult mai larg, pentru a urmări variația funcției obiectiv față de limitările impuse și a permite luarea unei decizii corecte. Această necesitate este mai evidentă în cazul proiectării proceselor tehnologice pe mașini și linii transfer, așa cum reiese și din cele prezentate în capitolul 7.

Voluntă mare de informații analitice și cifrice de care trebuie să dispună tehnologul, într-un timp cât mai scurt impune perfecționarea sistemului de obținere, stocare (depozitare) și alegerea datelor, care în literatură de specialitate este denumit: Centrală de date sau Bancă de date [43; 54; 129]

În cele ce urmează se prezintă în mod succint structura ce o poate avea o centrală de date [43] .

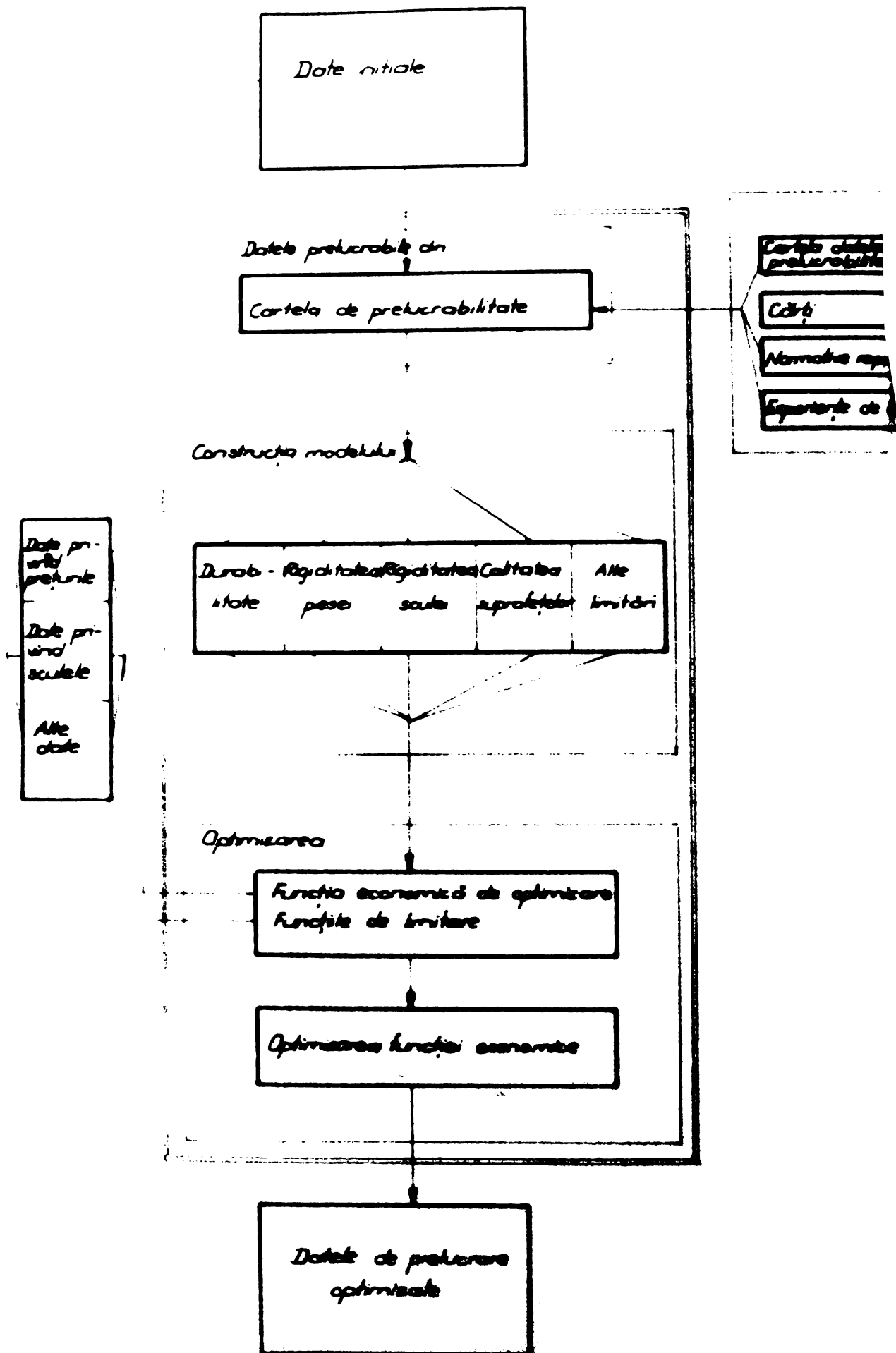


Fig. 2.1. Schema bloc a unei Centrale la 1ote.

8.2. Structura unei Centrale de date

Sistemul unei Centrale de date este format din trei părți de bază (fig.8.1.):

- întocmirea cartei de prelucrabilitate;
- construcția modelului matematic;
- optimizarea.

8.2.1. Cartea de prelucrabilitate constă dintr-o carte-lă pe care sînt înscrise datele privind condițiile de prelucrabilitate, funcția de materialul prelucrat, de operația prin care urmează să se execute prelucrarea, de precizia de prelucrare impusă (calitatea suprafeței, precizia dimensională, de formă și de poziție), de adîncimea de așchiere, sau de caracteristicile geometrice ale sculei, durabilitatea, forțele sau puterile necesare.

Dacă este cazul se pot prescrie și alte mîrimi, ca de exemplu: durata între două schimbări de scule, rigiditatea piesei sau rigiditatea sculei.

Nu sînt necesare informații ce materialul sculei, mediul de răcire, etc.

Prezentarea cartei de prelucrabilitate se face sub formă de date numerice.

Sursele datelor necesare completării cartei de prelucrabilitate sînt: bibliografia de specialitate, normativele republicane, normativele pe întreprindere și experimentările de laborator.

8.2.2. Construcția modelului constă dintr-o serie de relații care stabilesc raportul matematic între mîrimile prescrise și condițiile de așchiere. Aceste relații nu reprezintă altceva decît niște funcții prezentate tabelar.

În tabelul 5.2. se găsesc exemple de asemenea funcții: funcția de limitare a durabilității; funcția de limitare a rigidității piesei; funcția de limitare a rigidității sculei; funcția de limitare a netezimii suprafeței, etc.

8.2.3. Optimizarea constă în rezolvarea sistemului de ecuații, format din funcția economică și funcțiile limitatoare și determinarea valorilor optime ale parametrilor citați (viteză, avans, etc), respectîndu-se condițiile impuse de prescripțiile constructive și de limitările de rigiditate și durabilitate.

8.3. Precizia datelor folosite

Ca la orice problemă, precizia datelor, fidelitatea modelului matematic, feșii de fenomenul studiat și corectitudinea rezolvirii lui, au o importanță hotărâtoare asupra utilității practice a rezultatelor obținute.

Datele inițiale **fig. fig.8.1.** sînt furnizate de primele șapte faze ale metodicii de elaborare a proceselor tehnologice și anume:

1. Datele constructive:
 - desenul de ansamblu din care face parte piesa;
 - desenul de execuție al piesei.
2. Alegerea procedurii de elaborare al semifabricatului.
3. Stabilirea itinerariului tehnologic și a succesiunii operațiilor.
4. Stabilirea bazelor tehnologice de așezare (anularea celor șase grade de libertate în vederea fixării piesei), măsurare și asamblare.
5. Revizuirea sistemului de cotare și a valorilor toleranțelor în vederea obținerii unor erori de bazare minime.
6. Stabilirea sculelor elementare necesare: burghie, tarozi, cuțite, plicuțe, etc.
7. Calculul adosului de prelucrare și a adîncimii de așchiere.

Aceste elemente constituie minimumul de informații necesare pentru calculul regimului optim de așchiere, alături de datele referitoare la prețuri, scule sau alte date, înscrise în stînga figurii 8.1.

Cînd ne referim la precizia datelor, ne referim la precizia datelor înscrise în cartela de prelucrabilitate.

Precizia datelor de prelucrabilitate depinde de sursele de la care provin; datele obținute în laboratoarele de cercetare sînt cele mai precise, comparativ cu datele din normative și din diferite cărți.

Datorită complexității procesului de așchiere, determinarea cu o precizie suficientă a datelor de prelucrabilitate este dificilă, iar domeniul foarte larg de variație și imprecizie a măsurătorilor folosite duce la limitarea transmiterii sau extrapolării lor.

Pe de altă parte determinarea practică sau prin simulare a condițiilor de lucru, necesită aparatură și dispozitivare, care de multe ori este foarte costisitoare sau inaccesibilă, fapt ce determină tendința - în țările vestice - să se considere obținerea acestor date creații originale.

Construirea unor modele matematice incomplete, constituie o altă cauză care afectează precizia datelor.

În condițiile în care în fața școlii românești stau sarcini deosebite privind integrarea învățământului cu producția și cercetarea, considerăm că înființarea unor centre de date pe lângă Institutele politehnice din țară ar rezolva în mod fericit această cerință legată de dezvoltării industriale, deoarece:

- în cadrul atelierelor și laboratoarelor există o bază materială adecvată care permite simularea, experimentarea și obținerea datelor de prelucrabilitate;

- cadrele didactice sînt persoanele cele mai competente și autorizate să organizeze și să îndrume o activitate de cercetare de asemenea proporții;

- în cadrul activităților tehnico-productive și de cercetare pot fi implicați direct studenții;

- deoarece coordonarea activității de perfecționare a cadrelor ingineresti se realizează sub directă coordonare a Institutelor politehnice (doctorate, grade didactice, sesiuni de comunicări etc.) se poate realiza cu ușurință transmiterea și extrapolarea datelor obținute;

- este facilă realizarea schimbului de date și informații între institutele politehnice din țară, care ar permite generalizarea datelor obținute, a modelelor matematice stabilite și a metodelor de rezolvare indicate.

8.4. Concluzii parțiale

1. Volumul mare de informații analitice și cifrice necesare proiectării și elaborării proceselor tehnologice moderne, avînd în vedere complexitatea factorilor ce le determină, impune perfecționarea sistemului de obținere, stocare și alegere a datelor, modelelor matematice și a metodelor de rezolvare, sub forma unei centrale de date.

2. Structura unei centrale de date este reprodusă în fig. 8.1.

3. Detoriții avantajelor pe care le prezintă propunem înființarea și funcționarea centrelor de date pe lângă Institutele

politehnice.

4. Modelele matematice și metodele de rezolvare stabilite pot fi folosite în proiectarea proceselor tehnologice de către oricare tehnolog.

5. Mașina transfer realizată experimental funcționează cu rezultate bune de trei ani în secția de prelucrări mecanice a carcaselor gab. 160-180-200 a Intreprinderii Electromotor. Ea poate fi adaptată pentru toate tipodimensiunile carcaselor de motoare electrice și utilizată în toate întreprinderile constructoare de motoare electrice din țară (București, Pitești, Sicele, Filieși, Timișoara).

9. Concluzii finale

Deoarece în cadrul fiecărui capitol s-au expus concluziile parțiale, vor fi prezentate, într-o formă rezumativă, numai principalele contribuții originale, precum și unele concluzii ce se desprind pe marginea lor.

1. Cu scopul de a elabora o metodă generală care să permită proiectarea tehnologiei de prelucrare pe mașini și linii transfer, în condițiile asigurării unei eficiențe tehnico-economice sporite ne-am propus ca cercetarea să se efectueze asupra pieselor de tip carcasă, iar pentru a răspunde cerințelor social-economice actuale s-au ales carcășele de motoare electrice fabricate la Întreprinderea Electromotor Timișoara.

S-a realizat un studiu de oportunitate privind obiectivele propuse, prin evidențierea statisticilor și prognozelor naționale și internaționale privind fabricația de motoare electrice - cap.2 -, a formelor constructive mai răspândite, a modului de elaborare a semifabricatelor și a prescripțiilor de calitate care se impun carcășelor de motoare electrice - cap.3-, a tehnologiilor și utilajelor folosite pentru prelucrarea acestora - cap.4.-.

2. S-au adus contribuții privind expresia funcției economice ce caracterizează un sistem tehnologic și s-au stabilit expresii originale ale părții variabile a prețului de cost în funcție de elementele regimului de așchiere, la prelucrarea cu o singură sculă sau cu mai multe scule; modele matematice originale pentru determinarea valorilor elementelor regimului de așchiere, la prelucrarea cu o singură sculă în condițiile: durabilității impuse la o singură trecere și la mai multe treceri, respectiv când durabilitatea nu este impusă la o singură trecere și la mai multe treceri; precum și metode graficoanalitice originale de rezolvare - cap.5 -.

3. În domeniul cercetării aplicative s-a proiectat și realizat o mașină transfer (Schema de prelucrare pentru o tehnologie de grup care cuprinde 9 tipodimensiuni de carcăse, ciclul de funcționare și schema de compunere a mașinii transfer, cap multicutit pentru strângere simultană a suprafețelor exterioare, frontale și interioare pentru prelucrarea de grup-brevet O.S.I.M. Nr.73610-dispozitiv original de centrare și fixare a pieselor, accesoriile mașinii transfer, instalațiile hidraulice și electrice), destinat prelucrării simultane a umerilor de fixare scutari și a locașurilor de bobină la carcășele din fontă a motoarelor electrice laborat 160-180-200, pe care au fost efectuate experimentările, folosite în prezent la prelucrarea bazei tehnologice de prelucrare pe o linie

transfer - cap 6 -.

4. S-au stabilit, o metodă analitică și grafică, originale, de determinare a numărului de cașite, pentru un cap multicutit de strungire, cu o concentrare de ordinul I a operațiilor - cap.7-.

5. S-au determinat, modelul matematic original și o metodă analitică originală de rezolvare, pentru optimizarea valorilor elementelor regimului de așchiere, la prelucrarea prin strungire, dintr-o singură trecere, la o concentrare a operațiilor de ordinul I și o prelucrare de grup, în condițiile durabilității impuse, care au fost utilizate la stabilirea valorilor optime ale vitezei și avansului, la prelucrarea carcasmelor din fontă gab.160-180-200; pe mașina transfer proiectată - cap.7-.

6. Au fost verificate experimental modelele matematice și relațiile stabilite și s-au determinat coeficienții de corecție ce se impun datorită unor condiții specifice în care are loc așchieria - cap.7 -.

7. S-a descris structura unei centrale de date care să stocheze datele de prelucrabilitate ce urmează a fi livrate sub formă de cartele beneficiarilor. Având în vedere complexitatea problemelor tehnice și organizatorice ce le implică cerințele privind precizia datelor de prelucrabilitate propunem ca acestea să funcționeze pe lângă Institutul politehnic din țară - cap.8 -.

8. Determinarea valorilor elementelor regimului de așchiere pe mașini și linii transfer - în condițiile concentrării și/sau diferențierii operațiilor - nu trebuie să se bazeze în exclusivitate pe legile generale ale așchierii așa cum se procedează la prelucrarea pe mașinile unelte universale, deoarece o productivitate maximă poate să stragă după sine cheltuieli suplimentare nejustificate. Este foarte important însă să se cunoască „sacrificiul” de productivitate acceptat în condițiile unor cheltuieli de producție minime.

B I B L I O G R A F I E

1. Nicolae Ceaușescu, Raportul Comitetului Central cu privire la activitatea P.C. . . în perioada dintre Congresul al XI-lea și Congresul al XII-lea și sarcinile de viitor ale partidului.
2. Nicolae Ceaușescu, Programul-directiv de creștere a nivelului de trai în perioada 1981-1985 și de ridicarea continuă a calității vieții.
3. Nicolae Ceaușescu, Programul-directiv de dezvoltare economică-socială a României în profil teritorial în perioada 1981-1985.
4. Aisann, J.S., Compunerea mașinilor agregat o e liniilor automate pentru prelucrarea carosajelor de electromotoare în condițiile producției de masă. Stanki i Instrument, nr.11/1972.
5. Alba, Gh., Brevet de invenție, Nr.73.610.
6. Antonescu, N.H. și Mașini unelte și prelucrări prin aşchiere. Girleanu, I.T., București, 1972.
7. Anerswald, H., Alegerea sculelor și determinarea caracteristicilor de aşchiere pentru alezare prin prelucrarea electronică a detelilor. Fertigungstechnik und Betrieb, nr.4/1971.
8. Beldini, I., Practica controlului înfrotării mașinilor unelte. Machine Italia, 24, nr.9, septembrie 1969.
9. Bonsevicius, R.Iu., Folosirea vibrautoarelor ca subansamblari Ragulskis, K.M., de precizie ale manipuletoarelor și roboților. Stanki i instrument, nr.8/78.
10. Saranov, B.A., Normarea tehnicii în uzinele constructoare de mașini. București, Ed. tehnicii, 1960.
11. Basov, V.V., Determinarea prelucrabilității oțelurilor Sadovnicov, G.H., prin metoda vitezei de aşchiere mirite. Stanki i instrument, nr.8/1978.
12. Bînciil, A.R., ș.a. Nouități în construcția mașinilor unelte, dispozitivelor și sculelor. București, Ed. tehnicii, 1969.

13. Belolopețki, A.M., Linitele economice ale dimensiunii optime a unui lot. *Mașinostroenie* nr.2, februarie 1973.
14. Beckhaus, H., Influența condițiilor de contact asupra durabilității frezelor frontale. *Industrie-Anzeiger* 90, nr.44/1968.
15. Boangiu, Gh., Dodon, B., *Mașini-unelte și agregate*. București, Ed. didactică și pedagogică, 1978.
16. Butlo, A., Linile transfer *Macchine Italia*, nr.9, septembrie 1970.
17. Buzatu, V., Tabele pentru ateliere mecanice. București, Ed. tehnică, 1970.
18. Călinescu, V., Tendința în prelucrarea metalelor pe mașini-unelte agregate și linii automate. București, I.D.T./ 1968.
19. Cerchez, M., Programe liniare cu mai mulți indici. București, Ed. Acad. R.S.R., 1974.
20. Cernenko, G.A., Influența modului de ascuțire și finisare a cașitelor cu plăcuțe din aliaj dur asupra durabilității lor. *Investia V.U.Z., Mașinostroenie* nr.2/1967.
21. Chispalini, R., Calcularea diagramei de stabilitate a trepidățiilor pe baza încercărilor de eșchiere fără vibrații. *Werkstatt und Betrieb*, nr.9/1974.
22. Chiriacescu, S., și Gutanoi, G., Optimizarea regimului de eșchiere la prelucrarea simultană cu mai multe scule. *Construcția de mașini*, nr.6/1974.
- ✓ 23. Ciocirdia, C., Zgară, Gh., Tehnologia prelucrării carosnelor. București, Ed. tehnică, 1975.
24. Dances, I., Metode de optimizare. Ed. Dacia, 1976.
25. Davinsson, I.B., Liniile utilizatoare cu privire la sculele mașinilor cu comandă numerică. *Machinery Anglia* 111, nr.2.861, septembrie 1967.
26. Degrange, E., Industria italiană de mașini-unelte. *L'usine nouvelle France*, nr.49, 4 dec. 1969.
27. Demianuk, P.S., Bazele tehnologice ale prelucrării în flux. București, Ed. tehnică, 1961.

28. Depiereux, H.R., Determinarea condițiilor optime de aşchiere, Industrie-Anzeiger 92, nr.32, 17 aprilie 1970.
29. Diaconescu, I., Maşini unelte, vol.I. Ed. Transp. şi telecomunic., Bucureşti, 1959.
30. Dick, F., Lassman K., Posibilităţi privind utilizarea calculatoarelor electronice în proiectarea tehnologică, Fertigungstechnik und Betrieb, R.D.G., 22 nr.11/1972.
31. Dimitrov, D., Metodologia de calculare analitică a parametrului de la prelucrarea prin aşchiere cu cuţitul, Construcţia de maşini, nr.5, 1973.
32. Dinaf, G., Analiza cantitativă a riscului, Zeitschrift für Betriebswirtschaft, 42, noiembrie 1972.
33. x x x Dispozitiv de prindere automat cu acţionare mecanică, Technika Elveţia 18, nr.16, august 1969.
34. Dorin, Al., Marinescu, I., Stabilirea regimului optim de aşchiere la rectificarea plană cu discuri diamantate, Construcţia de maşini, nr.4/1979.
35. Dragomirescu, M., Măliţa M., Programare neliniară, Bucureşti, Ed. ştiinţifică, 1972.
36. Drăghici, Gh., Bazele teoretice ale proiectării proceselor tehnologice în construcţia de maşini, Bucureşti, Ed. tehnică, 1971.
37. Drăghici, G., Păltines, C., Calculul programat al datelor de aşchiere la găurirea cu capete de găurit multi ax, Werkstatt und Betrieb, nr.2, 1974.
38. Dreucanu, A., Maşini-unelte şi prelucrarea prin aşchiere, Bucureşti, Editura didactică, 1968.
39. x x x Durabilitatea sculei aşchietoare criteria de bază pentru eficienţa prelucrării, Iron Age S.U.A., 195, nr.2/1965.
40. Dürr, A. şi Wechter, O., Linii de transfer cu comandă electrohidraulică, Hydraulik in Werkzeugmaschinen, München, 1968.

41. Enache, St.,
Popescu, I., Contribuții privind generalizarea sculei
aşchietoare Construcția de maşini, nr.1/
1975.
42. x x x Evoluția în construcția maşinilor-anelte,
Macchine Italia 24, 10 octombrie, 1969.
43. Friedman, M.V., Construcția modulelor durabilității sculei
într-o centrală de date cu computer, pri-
vind aşchieres. Conferința internațională
de tehnologii de fabricații, Tokio, 26-29
august, 1974.
44. Gerlach, B., Automatizarea producției cu maşini agrega-
te aşchietoare. T.Z. für praktische
Metallherarbeitung R.F.G., nr.11, noiembrie,
1970.
45. Gladfelter, R.D., Alimentarea automată și orientarea piese-
lor. Usine automașion Franța, 3 nr.27,
martie, 1969.
46. Gosagnen, I.V., Metale dure sau carburi metalice la Mașin
outil Francoise 35, nr.263, aprilie, 1970.
47. Goebel, H., Automatische Herstellung von Motorengehäusen
für den „Demag-motor“ in Electromotorenwerk
der Demag in Wetter (Ruhr).
48. Gosievici, R.E., ș.a. Determinarea eficienței economice a robo-
ților industriali.
Stenki i instrument, nr.8/1978.
49. Gredasov, I.M., Noi posibilități de automatizare în cons-
trucția de maşini.
Stenki i instrumenti, nr.11, noiembrie, 1969.
50. Hauser, K., Raționalizarea prin prereglare a sculelor.
Stenki i instrumenti, nr.12/1965.
51. Heiselhovan, I., Găurirea cu burghie spirale scurte.
Werkstattstechnik 59, nr.2/1969.
52. Işukin, V.I., Analiza regimurilor de aşchiere în func-
ție de siguranța sistemelor tehnologice.
Vestnik Maşinostroenie, nr.6/1966.

53. Ivan, V.H., și Tase, E., Determinarea parametrilor regiunilor de aşchiere utilizate pe strunguri automate. Construcția de mașini, nr.2-3/1975.
54. Kahles, I.F., Field, M., Pretențiile actuale privind datele necesare procesului tehnologic de prelucrare "Werkstatt und Betrieb, nr.8/1974.
55. Kaminskaja, V.V., Masin, B.F., Dinamica caracteristică procesului rezanței pri alivnom strujkoobrazovanii. Stanki i instrumenti, nr.5/1979.
56. Kaufman, A., Metode și modele ale cercetării operaționale. București, Ed.Șt., 1967.
57. Koenig, W., Depiereux, W.R., Cum se pot optimiza avansul și viteza de aşchiere Industrie-Anzeiger, 91 nr.61/1969.
58. Kolev, K.S., Vaprosi torinosti pri rejenii metalov. Kiev, Mashiz 1965.
59. Korte, H.K., Linie transfer firii dispozitive. Werkstatt und Betrieb, R.F.G., 103, nr.3, martie 1970.
60. Kubler, A., Producția automatizată într-o fabrică de motoare electrice. Werkstattstechnik, 3 martie 1972.
61. Lay, W., Dispozitive moderne de înmagazinare a pieselor și dispozitivelor de alimentare. Schweizer Maschinenmarkt Elveția 68, nr.46, noiembrie/1968.
62. Lizirescu, I., Teoria aşchierii metalelor și proiectarea sculelor. București, E.D.P., 1964.
63. Lizirescu, I., Calculul și construcția sculelor aşchietoare. București, Ed. tehnici, 1962.
64. Lizirescu, I., Toleranțe și măsurători tehnice. București Ed. didactice și pedagogice, 1969.
65. Lizirescu, I., ș.a. Cotarea funcțională și cotarea tehnologică. București, Ed. tehnici, 1973.

66. x x x Linia de transfer Roffman pentru producția de șine de comutare de la sutia de viteze.
Machinery and production engineering, Anglia 116, 11 noiembrie 1970.
67. x x x Linie transfer pentru strungire Werkstatt und Betrieb. R.F.G., 103 nr.3, martie 1970.
68. x x x Linie de transfer de strunguri cu corectare automată a avansului sculelor. Iron Age Metalworking Internz Olanda 8, nr.8, august/1969.
69. x x x Linie transfer care înlocuiește 30 mașini unelte. Iron Age Metalworking Internz, Olanda 8, nr.1, ianuarie/1969.
70. x x x Linie transfer pentru montaj.
Schweizer Maschinenmarkt R.F.G., 69, nr.31., iulie 1969.
71. x x x Linie de transfer automată. Industrie Anzeiger R.F.G., 91, nr.72, august 1969.
72. x x x Linie de transfer automată. Tooling and Production S.U.A., 33, nr.11, februarie 1968.
73. Lloyd, E.D., Transfer and unit machines. London, 1969.
74. Loewenich, H., Clasificarea mașinilor unelte. Die machine R.F.G., 23, nr.12, decembrie 1969.
75. Lombard, I., Automatizarea manipulării și fixării pieselor. Machine outil Franța, 36, nr.271, ianuarie 1971.
76. Mager, Th., Supravegherea automată a dispozitivelor de găurit. Automatik R.F.G., 16, nr.3, martie 1971.
77. Manoliu, R., ș.a., Mașini agregate și linii automate. București, 1965.
78. x x x Manualul inginerului meșnic. București. Ed. tehnici, 1973.

79. x x x Maşina de transfer Ettec Tool Manufacturing Engineering Management, S.U.A., 64., nr.3 martie 1970.
80. x x x Machines à unités d'usinage et machines-transferts. Catalog le produse Stankoimport.
81. x x x Maşină transfer cu utilizare dublă (pentru două repere). Machine Italia 3, nr.8/1969.
82. x x x Maşini automate de transfer. Iron and Steel Anglia, 41, nr.12, decembrie 1968.
83. x x x Maşină transfer. Metalworking Production, Anglia, 112, nr.11, martie 1968.
84. x x x Maşină transfer rotativă acţionată mecanic. Machinery Anglia 111, nr.2661, septembrie 1967.
85. Melamed, G., s.a. Siguranţa şi durabilitatea maşinilor anelate. Minsk Belorus, 1967.
86. Mensch, G. Soluţii de o-1 la programarea liniară ca o singură treaptă la probleme tip programare a operaţiilor de maşini. Mathematische Operationsforschung und statistik caiet 1, ian.-februarie 1972.
87. Mioc, G., Nădejde, I. Programare matematică. Bucureşti Ştiinţifică, 1966.
88. Mihoş, Gh. Modele matematice ale aşteptării. Bucureşti, Ed. Academiei R.S.R., 1973.
89. Mitrofanov, S.P. Tehnologia de grup în construcţia de maşini. Bucureşti, Ştiinţifică, 1962.
90. Nădejde, I. s.a. Probleme de cercetare operaţională. Bucureşti Ed. Academiei R.S.R., 1971.
91. Jecula, I., s.a. Analiza previzională a fabricaţiei maşinilor electrice rotative. Biblioteca S.M.T., 1974.
92. Okashima, K. O contribuţie la determinarea intervalului de schimbare a sculei la maşinile-anelate transfer. Buletin oficial I.S.M.E., Japonia, 12, nr.52, august 1969.

93. Oleru, A., Măsurarea ovalității alezajelor și evidențierea cauzelor de determinare reală. Construcția de mașini, nr.5/1979.
94. Orlikov, M.I., Proiectarea mecanismelor și a mașinilor anale automate. Moscova Mașinostroenie, 1968.
95. Orlov, I., Bazele proiectării în construcția de mașini. Moscova, 1976.
96. Pestanov, V.M. Copul de acționare al mașinii agregat cu alimentare automată. Mașinostroitel U.R.S.S., nr.10, octombrie 1969.
97. Picoș, C., ș.a., Calculul adăsurilor de prelucrare al rașinurilor de aşchiere. București, Ed. tehnicii, 1974.
98. Picoș, I., Slătineanu, I., Grămesca, T., Construcții privind determinarea analitică a rugozității suprafeței prelucrate prin aşchiere. Construcția de mașini, nr.4/1979.
99. Popescu, I., Dispozitivul pentru prinderea sculei-factor al productivității și al prelucrării în sistemul tehnologic. Construcția de mașini, nr.1/1975.
100. Popovici, C., Sevil, Gh., Killman, V., Tehnologia construcțiilor de mașini. București, 1967.
101. x x x Practica liniilor de transfer față de centrul de prelucrare. Machinery Anglia 115, nr.2764, septembrie, 1969.
102. x x x Prospekte ale firmei Messer din R.F.G.
103. x x x Prospekte ale firmei Caspel din R.F.U.
104. Pötschke, H., Elemente de alimentare la mașinile anale. Technische Rundschau Elveția, 62, nr.35, 25 august, 1970.
105. Melston, S., Wilf, H., S., Metode matematice pentru computere digitale. Ed. von H. Wiley and Sons New York, S.U.A., vol. I., S.U.A.
106. Ranca, N., Tăvissi, I., Statistica matematică cu aplicații în producție. București, Ed. Acad. RSR, 1963.

107. x x x Rezoluția asupra capacității de proiectare în construcția de mașini-unelte și raportul asupra capacității de proiectare. Editată de Comitetul european pentru colaborarea de mașini unelte, 1971.
108. Robs, H.G., Sisteme de scale mijloc auxiliar al automatizării. *Industria-Anzeiger*, 92, nr.41, noi 1970.
109. Rosinger, Et., Curs de teorie așchierii și proiectarea sculelor. I..T., 1964.
110. Rusu, S., Bades, S.V., Regim optim de așchiere la suprafețarea cu bandă abrazivă. *Construcția de mașini*, nr.8/1978.
111. Sebeș, Gh.I., *Matematici speciale, vol.I., București, 1968.*
112. Sevil, Gh., ș.a., Considerații asupra organizării științifice a procesului de producție și construcții de mașini prin grafice și monograme. *Universitatea Timișoara*, 1970.
113. Sevil, Gh., ș.a., Bazele teoretice ale organizării deservirii mai multor mașini. *Calet. Mitare Academiei R.S.R.*, 1969.
114. Sevil, Gh., Cojocaru, G., *Flexibilitatea în fabricația de mașini. St. Facla*, 1977.
115. Schütz, W., Prelucrarea optimă a fuzetelor pe o linie de producție. *Werkstattstechnik*, 59, nr.3/1969.
116. Serase, T., Tendințe de dezvoltare a industriei engleze constructoare de mașini unelte. *Zeitschrift für Wirtschaft oft liche Fertigungs RFG 64*, nr.11, noiembrie 1969.
117. Sidders, P.A., Mașini de transfer Mulehead legate în lanț pentru prelucrarea capetelor de bari de direcție. *Machinery and Production Engineering*, 117, nr.3033, 30 decembrie, 1970.
118. Skrayneshi, E.N., Cile de dezvoltare tehnici a mașinilor unelte. *Mechanik R.S.Poloni*, 23, nr.12, decembrie 1969.

119. Stöferle, Th., Maşini agregate şi maşini transfer moderne. Werkstatt und Betrieb, 105, nr. 3, martie 1972.
120. Stöferle, Th., Tehnica producţiei în locurile timpului. Werkstatt und Betrieb, 104, nr. 3, martie 1971.
121. Stöferle, Th., Maşini speciale şi linii transfer. Maschinenmarkt R.F.G., 75, nr. 48, ianuarie 1969.
122. x x x Stringerea automată reduce timpii auxiliari. Maschinenmarkt 77, nr. 42, mai 1971.
123. Tencin, C.I., Maşininstrumentale noledki. Moscova, 1963.
124. Teodorescu, M.,
Târa, E.,
Jocuseari, I., Influenţa materialului prelucrat asupra forţei Fz. Precizări privind influenţa materialului prelucrat asupra mărinii componentei principale a forţei de aşchiere la strunjirea la finisare. Construcţia de maşini, nr. 4/1979.
125. Tiron, M., Prelucrarea statistică şi informaţională a datelor de măsurare. Bucureşti, Ed. didactică şi pedagogică, 1977.
126. Tîrpe, Gh., Precizia prelucrării prin aşchiere. Bucureşti, Ed. tehnici, 1972.
127. Traşculescu, M., Stadiul metalelor. Bucureşti, Ed. didactică şi pedagogică, 1977.
128. Tverskoi, M.N., Optimizarea automată a regimului de aşchiere la prelucrarea cu sculă de rigiditate mică. Stanki i instrumenti, nr. 10/1974.
129. Vaida, Alex.,
Jolon, E., ş.a. Maşini-unelte. Bucureşti, 1970.
130. Vinogradov, N.V., Fabricarea maşinilor electrice. Bucureşti, 1964.
131. Vladizievski, A.P., Liniile automate în industrie construcţiilor de maşini. Bucureşti, I.D.T., 1961.

132. Vituşkin, V.I., g.a. Scule moderne pentru construcţia maşinilor grele. Metallverarbeitung R.D.G., 32, nr.3, mai-iunie 1978.
133. Voskoboinikov, B.S., Komplekno avtomatizirovannie sistemy iz stankov dlia obrabotki korpusnykh detalei. Stanki i instrumenty, nr.5/1979.
134. x x x Utilizarea plăcuţelor ceramice. Technik und Betrieb, 24, nr.5, mai 1972.
135. x x x Statisticile naţionale ale U.S. Industrial Outlook, S.U.A., 1967-1975, 1976-1980.
136. x x x B.I.S.I., Supliment nr.3/1976.
137. x x x NIMEXE, tabele analitice de comerţ pentru R.F.Germania, Franţa şi Italia.
138. x x x U.S.Exports, Schedule B, Commodities by Country.
139. x x x Overseas Trade Statistics of the United Kingdom.
140. x x x Japan Exports and Imports Ministry of Finance.
141. x x x O.N.U. The Growth of World Industry Commodity Production - ptr. S.U.A.
142. x x x Industrie und Handwerk pentru R.F.G.
143. x x x Anuarul statistic de comerţ exterior-CAER.
144. x x x Statisticile de producţie a CAER.