

**UNIVERSITATEA "POLITEHNICA" DIN TIMIȘOARA  
FACULTATEA DE MECANICĂ**

**Ing. Mihai STĂNIȘOARĂ**

**CONTRIBUȚII PRIVIND INFLUENȚA PREREGLĂRII ȘI  
REGLĂRII SCULELOR ȘI PORTSCULELOR ASUPRA  
PRECIZIEI DE PRELUCRARE ÎN SISTEME FLEXIBILE DE  
FABRICAȚIE**

**-TEZA DE DOCTORAT-**

**CONDUCĂTOR ȘTIINȚIFIC:  
Prof. Dr. Ing Vasile Popovici**

**BIBLIOTECA CENTRALĂ  
UNIVERSITATEA "POLITEHNICA"  
TIMIȘOARA**

**Timișoara 2002**



## CUPRINS

1.	<b>INTRODUCERE</b>	6.
2.	<b>STADIUL ACTUAL TEHNIC ȘI ȘTIINȚIFIC AL CONCEPTULUI PREREGLĂRII ȘI REGLĂRII SCULELOR ȘI PORTSCULELOR ÎN SISTEMELE DE FABRICAȚIE. FLEXIBILE.....</b>	10.
2.1.	<b>EVALUAREA CONCEPTULUI SISTEM DE SCULE , PARTICULARITĂȚI CONSTRUCTIVE , ELEMENTE DE CODIFICARE A SCULELOR AȘCHietoARE.....</b>	10.
2.1.1.	Generalități.....	10.
2.1.2.	Particularitățile sculelor folosite pe mașini-unelte cu comandă numerică.....	12.
2.1.3.	Elemente de codificare a sculelor așchietoare ....	14.
2.2.	<b>EVOLUȚIA, REFERINȚA ȘI PERFORMANȚA PENTRU SISTEME INTEGRATE DE CONTROL, A STĂRII SCULELOR AȘCHietoARE.....</b>	16.
2.2.1,	<b>CONSIDERAȚII PRIVIND INTEGRAREA CALCULATOARELOR ÎN SISTEMUL DE CONTROL AL PRODUCȚIEI</b>	16.
2.2.2.	<b>METODE SI MIJLOACE DE CONTROL ACTIV PENTRU PROCEDEE DE PRELUCRARE PRIN AȘCHIERE .....</b>	26.
2.2.2.1.	Generalități.....	26.
2.2.2.2.	<b>METODE SI MIJLOACE DE CONTROL ACTIV CU MASURAREA VARIATIEI MARIMII ADAOSULUI DE PRELUCRARE .....</b>	27.
2.2.2.2.1.	Sisteme de prelucrare închise cu dirijare analogică....	27.
2.2.2.2.2.	Sisteme închise de prelucrare mecanică cu comandă limitată a ciclului .....	30.
2.2.2.3.	Factorii de influență în exploatarea mijloacelor de control operaționale.....	32.
2.2.2.4.	<b>MIJLOACE REFERENȚIALE DE CONTROL ACTIV PENTRU RECTIFICAREA SUPRAFEȚELOR DISCONTINUI.....</b>	41.
2.2.2.4.1.	Generalități.....	41.
2.2.2.4.2.	Controlul activ al pieselor cu secțiune transversală necirculară.....	43.
2.2.2.5.	<b>MIJLOACE DE CONTROL ACTIV PENTRU DIVERSE PROCEDEE DE PRELUCRARE PRIN AȘCHIERE.....</b>	44.

## CUPRINS

---

2.2.2.5.1.	Prelucrarea prin honuire.....	44.
2.2.2.5.2.	Controlul activ la prelucrarea prin strunjire. Compensarea automată a uzurii sculei.....	46.
2.2.2.5.3.	Controlul activ la prelucrarea roților dințate.....	50
2.2.2.6.	CONSIDERAȚII ASUPRA SISTEMELOR DE COMANDĂ ADAPTIVĂ, DIN COMPUNEREA MAȘINILOR- UNELTE .....	52.
2.2.2.6.1.	2.2.2.6.1 Generalități.....	52.
2.2.2.6.2.	Sisteme de comandă adaptivă pentru mașini-unelte de frezat.....	53.
2.3.	<b>DEFINIREA CONCEPTUALĂ A NIVELULUI DE PERFORMANȚĂ PENTRU METODE ȘI MIJLOACE DE CONTROL ȘI REGLARE</b> .....	57.
2.3.1.	INDICATORII DE FIABILITATE AI SISTEMELOR PENTRU AUTOMATIZAREA CONTROLULUI ȘI REGLAJULUI.....	57.
2.3.2.	CONSIDERAȚII ASUPRA UNOR STRATEGII ȘI METODE DE COMPENSARE A ERORILOR ÎN SISTEME DE REGLARE ȘI MĂSURĂRI DE CALITATE ȘI MONITORIZARE A SISTEMELOR DE MĂSURĂ.....	62.
2.3.2.1.	Compensarea erorilor pentru o mașină de măsurat.....	62.
2.3.2.2.	Considerații asupra măsurătorilor de calitate.....	65.
2.3.2.3.	Monitorizarea prin estimarea parametrilor fizici, a sistemelor de măsură și reglare, bazat pe conceptul de senzori inteligenți.....	72
2.4.	<b>ECHIPAMENTE ,MIJLOACE SI METODE DE PREREGlare A SCULELOR SI PORTSCULELOR PENTRU PRELUCRARE PRIN AȘCHIERE</b> .....	77.
2.4.1.	GENERALITĂȚI .....	77.
2.4.2.	PREREGlAREA SCULELOR DE ROTAȚIE.....	78.
2.4.3.	PREREGlAREA SCULELOR DE TIP CUȚIT DE STRUNG.....	83.
2.4.3.	APARATE UNIVERSALE DE PREREGlARE.....	84.
3.	<b>CONTRIBUȚII PRIVIND DEFINIREA CONCEPTELOR PENTRU SISTEME DE PRELUCRARE PRIN AȘCHIERE</b> .....	88.
3.1.	CONSIDERAȚII ASUPRA PROCESULUI DE PRELUCRARE CA SISTEM .....	88.
3.2.	<b>CARACTERIZAREA PROCESULUI DE PRODUCȚIE CA SISTEM</b> .....	90.
3.2.1.	Scopul procesului tehnologic.....	90.
3.2.2.	Tehnologia* proceselor tehnologice.....	93.
3.2.3.	Fluxurile procesului tehnologic.....	95.
3.3.	<b>CONSIDERAȚII ASUPRA CONCEPTULUI SISTEM FLEXIBIL DEFABRICAȚIE.</b> .....	99.
3.3.1.	GENERALITĂȚI.....	99.
3.3.2.	NECESITATEA INTRODUCERII AUTOMATIZĂRII FLEXIBILE ÎN PROCESELE TEHNOLOGICE PRELUCRARE	101.

3.3.3.	PRINCIPIILE FABRICAȚIEI ASISTATE DE CALCULATOR	102.
3.3.4.	SOLUȚII CUNOSCUTE PENTRU SISTEME FLEXIBILE DE FABRICAȚIE.....	106
3.3.5	SISTEME DE FABRICAȚIE MODULATE.....	110
4.	<b>SISTEME DE SUPRAVEGHERE ȘI CONTROL AUTOMAT ALE SCULELOR AȘCHIETOARE.....</b>	114.
4.1.	<b>4.1. SISTEME INFORMAȚIONALE DE CONDUCERE DE PROCES.....</b>	114.
4.2.	<b>CONTROLUL AUTOMAT AL STĂRII SCULELOR AȘCHIETOARE.....</b>	119.
4.3.	<b>CONTROLUL AUTOMAT AL UZURII ȘI AL INTEGRITĂȚII SCULEI AȘCHIETOARE.....</b>	123.
4.3.1.	Control automat al uzurii sculelor.....	123.
4.4.	<b>COMPENSAREA AUTOMATĂ A UZURII SCULELOR AȘCHIETOARE .....</b>	130.
5	<b>CERCETĂRI EXPERIMENTALE.....</b>	133.
5.1.	<b>5.1. CONSIDERAȚII DESPRE ANALIZA STATISTICĂ A EXPERIMENTELOR.....</b>	133.
5.1.1.	Generalități.....	133.
5.1.2.	Strategii de experimentare.....	134.
5.1.3.	Metode de analiză statistică .....	138.
5.2.	<b>CONDIȚIILE DE EXPERIMENTARE.....</b>	145.
5.2.1.	Considerații tehnice și de calitate asupra piesei prelucrate.	145.
5.2.2.	Mașini-unelte utilizate la prelucrarea piesei din programul de cercetare. ....	147.
5.2.3.	Scule și portscule utilizate .....	149
5.3.	<b>MODELUL EXPERIMENTAL PENTRU UN ECHIPAMENT DE PREREGlare AL SCULELOR ȘI PORTSCULELOR.....</b>	152.
5.3.1.	<b>SISTEM DE ACHIZIȚIE DATE DIN PROCES.....</b>	152.
5.3.1.	Considerații generale despre sisteme de achiziție date în procese de prelucrare.....	152.
5.3.2.	<b>SISTEM DE ACHIZIȚIE DATE MICROEL 01.....</b>	156.
5.3.2.1.	Considerații generale.....	156.
5.3.2.	Soluție constructivă pentru placa de achiziție a datelor (iESP).....	157.
5.3.3.	<b>SISTEM DE PREREGlare AL SCULELOR SI PORTSCULELOR IN SISTEME DE FABRICAȚIE FLEXIBILE.....</b>	163.
5.3.3.1.	Soluția de principiu a echipamentului de prerulare.....	163.
5.3.3.2.	Construcția generală a echipamentului complex pentru reglarea și prerulare sculelor și portsculelor.....	166.
5.3.3.3.	Comentariul programului de comandă și control.....	168.
6.	<b>6. PRELUCRAREA STATISTICĂ A REZULTATELOR EXPERIMENTALE.....</b>	170.

## CUPRINS

---

6.1	EXPERIMENT FACTORIAL $2^k$ ÎN VERSIUNE SUPRAFEȚELOR DE RĂSPUNS.....	170.
6.2.	DETERMINAREA INFLUENȚEI DIAMETRULUI PRELUCRAT DR ȘI A LUNGIMII DE PRELUCRARE.....	175.
7.	CONCLUZII.....	180.

## 1 INTRODUCERE

Prezenta lucrare se dorește o contribuție modestă în direcția dezvoltării conceptelor moderne destinate a susține creșterea performanțelor metodelor și mijloacelor de fabricație .

Tema lucrării privește aspecte concrete ale fabricației urmărind o armonizare în plan tehnologic a problemelor ridicate de tehnologia prereglării și reglării diferitelor mijloace de măsurare și comandă din compunerea utilajelor de prelucrare.

Puternica dezvoltare a industriei și mai ales a automatizării cu referire expresă la sisteme de fabricație flexibile impune noi cerințe industriei metodelor și mijloacelor de măsurare cu ținte precise: creșterea preciziei unei activități și mai ales a mijloacelor , situație care reclamă cercetarea și dezvoltarea de noi cunoștințe tehnice și științifice în contextul fabricației flexibile.

În condițiile dezvoltării, tehnologizării și re tehnologizării avansate, noțiunea *măsurare - comandă-reglare* devine inseparabilă, este vorba despre conexiunea tehnologică și logică între semnalele de intrare și semnalele de ieșire, situație obligatorie pentru un proces de fabricație asistat și condus prin mijloace moderne ale automatizării, un exemplu concludent în acest sens sunt CIMu-rile.

În contextul temei date, se pune problema de a obține informații despre mărimile de intrare și ieșire din proces, care să fie memorate și redade pentru comunicare sau pentru control. În general, procesele fizice sunt caracterizate prin mărimi fizice care pot fi transformate în semnale electrice (analogice), utilizând traductoare. Prelucrarea semnalelor se poate realiza prin tehnici analogice, numerice și cele mai performante digitale. Structura unui sistem [77]cu prelucrare numerică pentru controlul unui proces, memorarea și redarea informației, este prezentată în fig.1.1.

În contextul acestor cercetări s-au identificat și stabilit algoritmi în vederea prelucrării informațiilor obținute precum și softw-uri pentru conducerea sistemului digital de achiziție date. Rezultatele obținute în condițiile sistemului de achiziție realizat conduc la soluții eficiente privind asistarea proceselor de prelucrare prin așchiere mai ales în condițiile întreprinderilor mici și mijlocii care doresc o re tehnologizare la costuri mici ale investiției și o eficiență considerabilă a producției societății cu un profil de acest gen.

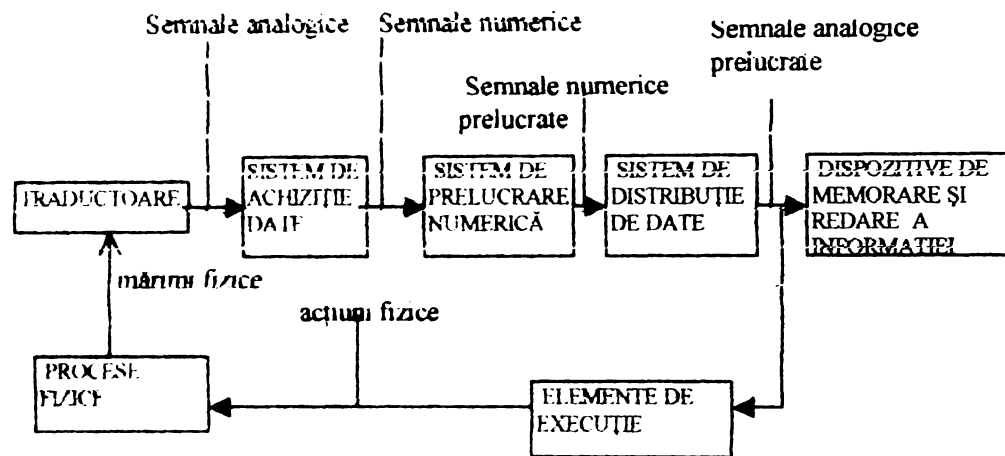


Fig. 1.3 Structura unui sistem bazat pe prelucrare numerică pentru controlul unui proces fizic și pentru memorarea și redarea informației.

### Obiectivele lucrării

Procesele de prelucrare pe utilaje de prelucrare, sunt subordonate unor criterii și restricții economice, perfect armonizate cu cerința de calitate, precizie a prelucrării și productivitatea fabricației:

- din studiul bibliografic realizat s-a conturat tendința dominantă pe plan mondial a perfecționării și mai ales a integrării tehnicilor de vârf conexe, informatizării și conducerii proceselor de fabricație în construcția de mașini;
- aceste perfecționări sunt conturate îndeosebi în zona implementării mijloacelor de control și măsurare în sistemele de fabricație flexibile (asistate de calculator), urmărind anumite criterii și tehnici de optimizare în condițiile re tehnologizării controlului în fabricație;



- prin studiul și cercetările întreprinse s-a urmărit identificarea și dezvoltarea acelor metode și mijloace de control care se dovedesc a fi compatibile cu fabricația asistată de calculator d.p.d.v. al integrării, gestiunii acestora și al performanțelor obținute;
- cercetările au drept țință realizarea unui echipament (mijloc) de prereglare și reglare al sculelor și portsculelor pentru utilajele de prelucrare, care să reprezinte un vârf tehnologic;
- deoarece procesul de prereglare și reglare este caracterizat de tehnici și procedee care se regăsesc în clase de precizie foarte ridicate d.p.d.v. al mărimii și restricțiilor câmpului de toleranță, s-a convenit ca partea de informatizare să fie realizată în tehnici digitale, care asigură parametrul de reglaj (sensibilitate, răspuns și reacție de răspuns în limitele cerute de o fabricație informatizată);
- echipamentul fiind destinat studiului procesului de reglare și prereglare în condițiile unui grad ridicat de diferență constructivă a sculelor și portsculelor, s-a dovedit necesară extensia sistemului digital și pentru comenzile post-proces și chiar în proces a utilajului de prelucrare.
- în aceste condiții s-a creat posibilitatea monitorizării mărimilor ce caracterizează procesul de prelucrare și stocare a datelor, în vederea prelucrării lor ulterioare pe calculator. Pentru ilustrarea posibilităților de lucru ale sistemului, se realizează un experiment factorial complet.

Cercetările vizează programul de fabricație pentru plăci de bază și portmatrice aferente echipamentelor de fabricare motoare electrice din SA Electromotor SC Timișoara, din secția scularie. Procesul tehnologic de prelucrare subansamble stanțe pentru tole electromotor este asigurat cu mașini de rectificat în coordonate capabile să satisfacă cele mai performante programe de fabricație din punctul de vedere al preciziei cerute.

Experimentul factorial  $2^k$  în versiunea suprafețelor, de răspuns (RSM) permite investigarea domeniului de interacțiune luând în considerare valorile extreme de variație a parametrilor investigați și valorile căutate pentru a determina un model de ordinul 2. de variație a parametrilor investigați și valorile căutate pentru a determina un model de ordinul 2.

În aceleași condiții în lucrare se mai are în vedere un set de experimentări este specific parametrilor de așchiere, pentru realizarea compensării uzurii sculei, se urmărește determinarea influenței diametrului de prelucrat DR și a lungimii

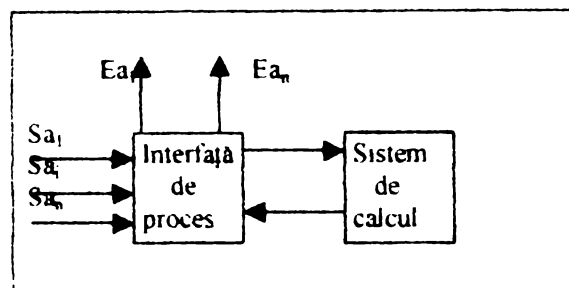
de prelucrare  $H$ , care determină consolajul sculei și rigiditatea piesei prelucrate. Pentru a satisface cerințele precizate anterior la proiectarea sistemului de achiziție digital se ține cont de faptul că acestea de regulă sunt localizate pe

circuitul de reacție al unui sistem de comandă-control. În principal acestor sisteme li se atribuie următoarele funcții:

- *conversia analog-numerică a semnalelor de intrare;*
- *prelucrarea datelor numerice rezultate din conversie;*
- *stocarea datelor numerice în fișiere;*
- *formarea și transmiterea datelor de ieșire.*

Schema bloc generală a unui sistem de achiziție date, pentru care se optează în lucrare este în principiu următoarea, fig. 1.2.

În principal un sistem de achiziție digital satisface următoarele funcții speci-



fică interfeței de achiziție:

- a) *conversia analog-numerică ;*
- b) *comunicarea cu sistemul de calcul ;*
- c) *conversia numeric/analogică*

Fig. 1.2. Structura generală pentru un sistem de achiziție date.

Folosesc acest prilej deosebit din viața mea pentru a aduce o pioasă aducere aminte celui ce a fost Prof. Dr. Ing. LUCIAN BAGIU, conducător al lucrării de doctorat în faza inițială, pedagog eminent, un deosebit și neprecupețit om, de un caracter deosebit, cu o deosebită dispoziție în orice moment al activității comune în perioada elaborării prezentei lucrări.

În condițiile noi create m-am bucurat în continuare de încredere și susținere din partea Domnului Prof. Dr. Ing. VASILE POPOVICI, în vederea finalizării lucrării de doctorat. Mulțumesc Domnului Prof. Dr. ing. VASILE POPOVICI pentru competența, tactul și sollicitudinea manifestate în cadrul colaborării noastre.

De asemenea aduc mulțumirile mele colectivului și conducerii Societății BEGAMET (fostă secție scularie a Soc. Electromotor) care mi-au permis efectuarea unor experimente folosind facilitățile existente în societate.

## 2.STADIUL ACTUAL TEHNIC ȘI ȘTIINȚIFIC AL CONCEPTULUI PREREGĂRII ȘI REGLĂRII SCULELOR ȘI PORTSCULELOR ÎN SISTEMELE DE FABRICAȚIE FLEXIBILE

### 2.1. EVALUAREA CONCEPTULUI SISTEM DE SCULE , PARTICULARITĂȚI CONSTRUCTIVE , ELEMENTE DE CODIFICARE A SCULELOR AȘCHietoARE.

#### 2.1.1. Generalități

Necesitatea utilizării terminologiei de sistem, pe parcursul lucrării, impune clarificarea și definirea conceptului de sistem.

Așa cum este cunoscut din literatura de specialitate [17], un sistem este o reuniune de elemente care interacționează între ele și care funcționează în scopul realizării unui obiectiv comun. Această definiție arată că ceea ce poate fi definit ca un sistem, indiferent de complexitatea sa, este un subsistem al unui sistem mai cuprinzător. Sistemul este considerat [17], în ansamblul său, "cutia neagră", Fig.(2.1.1), neinteresând deocamdată informațiile privind procesele sale interioare. Mărimile  $Y$  ale ieșirilor din sistem, sunt comparate cu obiectivele  $Y$ , și întrucât în cele mai multe cazuri apar abateri  $y \neq Y$ , regulatorul

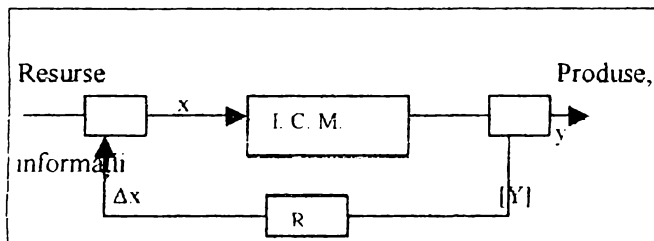


Fig.2.1.1. Structura unui sistem "cutia neagră"

$R$  al procesului care generează mărimi de reglare  $x$ , care au rolul să aducă ieșirile la rezultate eficiente numai când se cunoaște foarte bine relația între intrări și ieșiri, caracteristica oricărui sistem în parte și este economic

a se aplica acolo unde timpul disponibil, sau mărimea sistemului face imposibilă o analiză de amănunt. În condițiile obiectivului acestei lucrări, se poate aprecia că regulatorul  $R$ , se referă la procedurile de reglare și compensare a uzurii sculei pentru un centru de prelucrare, evident, echipat cu mașini-unelte cu comandă numerică, situație ce justifică aplicarea acestui procedeu. Pentru un nivel superior de analiză, se poate trece la analiza interiorului "cutiei negre" (fig. 2.1.2), când se poate pune în evidență faptul că sistemul cibernetic cuprinde, de fapt, trei subsisteme de bază, și anume:

- *subsistemul tehnologic ST,*
- *subsistemul informațional-decizional SID,*
- *subsistemul structurilor umane SUM*

Rezultă din aceste condiții că problemele unei societăți comerciale, ca sistem, nu sunt numai economice, ci și tehnice și economice, cibernetica societății, comerciale însemnând, de fapt, îmbinarea organică a ciberneticii tehnice cu cea economică.

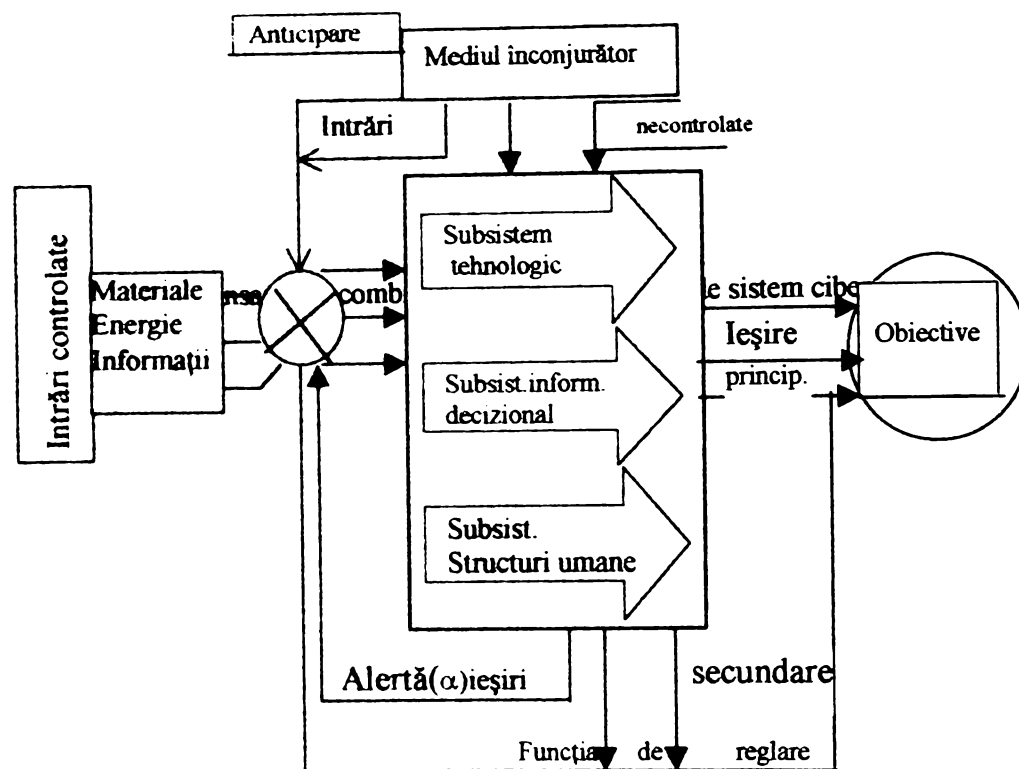


Fig. 2.1.2 Ansamblul combinativ pentru o structură de sistem cibernetic.

Sistemul general de producție poate fi împărțit [17] în două sisteme parțiale:

- **sistemul principal de producție**, reprezentând sistemul legăturii reciproce al utilajului tehnologic, de-a lungul întregului lanț tehnologic de fabricare a produsului principal;

- **sistemul de deservire** (serviciile funcționale), care include :

a) **sistemul de planificare tehnologică și calcule economice**,

b) **sistemul de pregătire al producției** (în care se include serviciul de proiectare și tehnologie și evident, activitatea de programare, reglare și prereglare a subsistemului sculă-așchietoare),

c) **sistemul de calcul și planificare tehnologică** (în care sunt incluse procedurile de asigurare a compensațiilor uzurii sculei, asistate de sistemul de calcul electronic). În condițiile identificării locului subsistemului sculă așchietoare în ansamblul sistemului de producție, se poate considera oportună nevoia clarificării asupra metodelor și mijloacelor de bază utilizate în realizarea unei activități optime. Pentru a răspunde acestui deziderat, în lucrare se încearcă tocmai parcurgerea unor etape conexe temei propuse.

### 2.1.2. Particularitățile sculelor folosite pe mașini-unelte cu comandă numerică

Luând în considerare particularitățile mașinilor-unelte [1] cu comandă

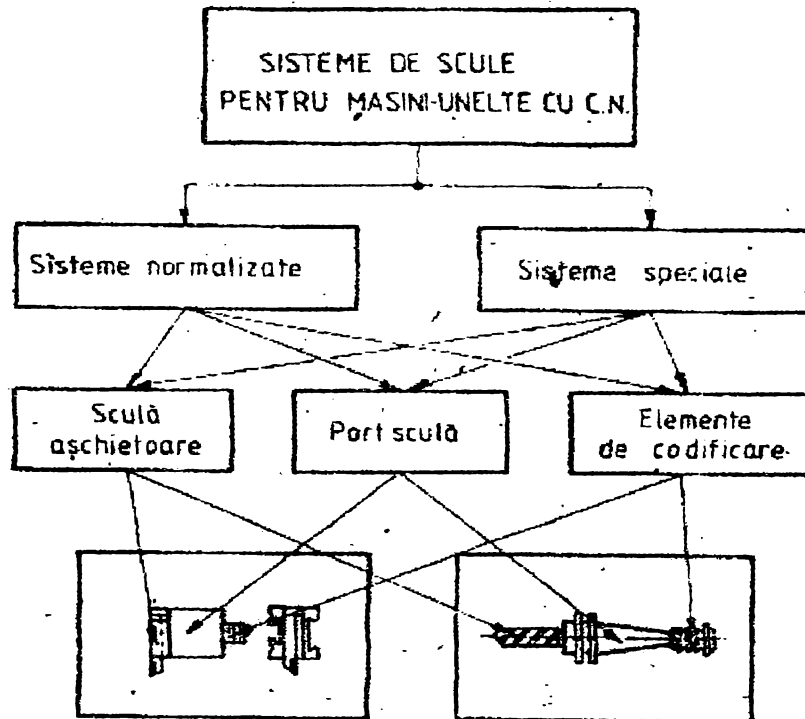


Fig.2.1.3 Particularitățile subsistemului sculă-așchietoare care definesc prereglarea pentru acest subsistem.

numerică(MUCN) cum ar fi:

- **automatizarea ciclului de prelucrare**,
- **schimbarea automată** a sculelor,
- **compensarea uzurii** sculelor,
- **absența dispozitivelor** de ghidare a sculelor, la prelucrarea găurilor,
- **utilizarea sculelor** prereglate.

Se impune necesitatea creării unui subsistem de scule așchietoare și dispozitive de instalarea acestora pe MUCN.

În fig. (2.1.3) se prezintă un astfel de subsistem de scule care pune în evidență particularitățile enumerate, care fac posibilă utilizarea unui anumit tip de sculă.

În aceleași condiții în fig.(2.1.4) sunt prezentate modalitățile de instalare-schimbare a sculei așchietoare pe o MUCN. Din analiza acestor figuri rezultă condițiile[1], concrete pe care trebuie să le îndeplinească subsistemul sculă-așchietoare împreună cu portscula, pentru a asigura funcționarea corectă a acestora:

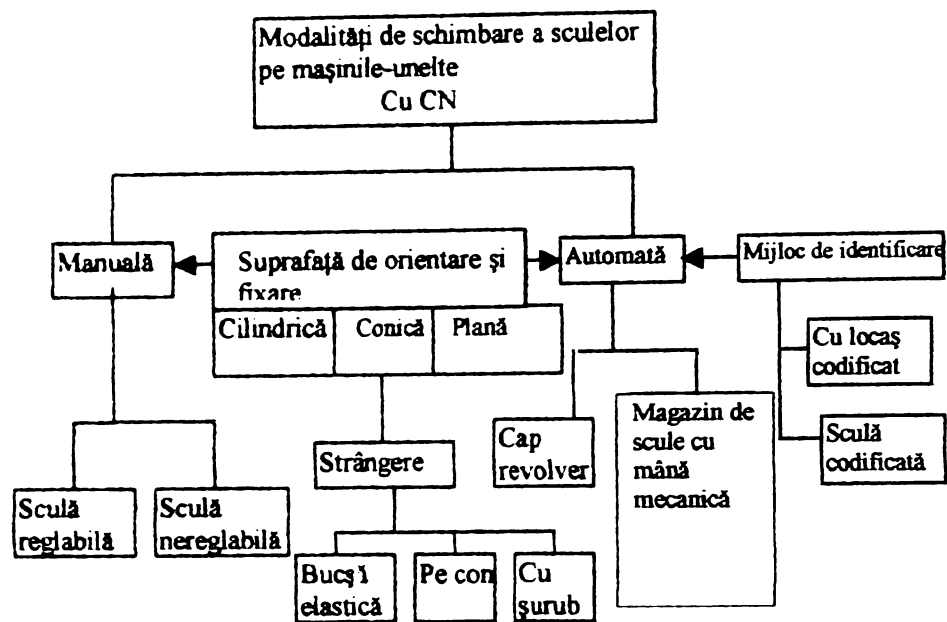


Fig.2.1.4 Modalități și soluții pentru asigurarea schimbării sculei așchietoare pe MUCN.

1. **rigiditatea mare**, care asigură împreună cu MUCN obținerea unei precizii ridicate a formei și dimensiunilor piesei, în condițiile păstrării restricției de toleranță prescrisă asupra căreia muncitorul nu poate interveni. Totodată rigiditatea și o bună rezistență la uzură asigură reducerea timpilor de prelucrare reclamați de procedurile de compensare a uzurii, deci costuri reduse de fabricație;

2. **capacitate de așchiere ridicată** în condițiile unei viteze de așchiere optime, creșterea capacității de prelucrare a sculei, mărind considerabil economicitatea prelucrării. În acest sens, sunt recomandate scule echipate cu plăcuțe din carburi metalice sau mineralo-ceramice care asigură creșteri sensibile ale vitezei de așchiere și obținerea unei calități superioare a suprafeței prelucrate, precizii ridicate de formă și dimensionale și reduce în mod deosebit operațiile de reglare;

3. **asigurarea evacuarii ușoare a așchiilor**. Pentru MUCN s-a impus în practica tehnologică utilizarea unor SA cu durabilitate mare și asigurarea unor forme și dimensiuni optime ale secțiunilor transversale, cum ar fi cazul sculelor cu memorarea rigidă a formei. În acest context, trebuie avute în vedere aspectele legate de asigurarea schimbului de căldură a rezistenței termice și a evacuarii ușoare a așchiilor din zona de lucru, care se realizează, evident, diferențiat în funcție de calitatea materialelor prelucrate;

4. **simplitatea constructivă**. Această problemă se rezolvă prin:

- a) asigurarea unui număr minim de elemente componente;
- b) utilizarea unor suprafețe plane sau de revoluție în construcția SA, respectiv a părții de instalare;
- c) adoptarea unor soluții constructive care să permită înlocuirea rapidă și ușoară a plăcuțelor așchietoare;

5. **interschimbabilitatea și posibilitatea de schimbare rapidă**. În condițiile utilizării MUCN, s-au redus considerabil timpii de reglare și totuși, apar probleme când este necesară schimbarea pieselor de prelucrat. Având în vedere problemele ridicate, legate de creșterea costului de prelucrare în utilizarea unei mașini MUCN, dacă apar timpii de staționare, trebuie făcută o alegere a SA pentru MUCN care să conducă la

reducerea acestora. Este vorba despre stabilirea unui lot optim de scule de utilizat, care să poată fi folosite indiferent de forma și natura semifabricatului care se poate realiza prin selectarea plăcuțelor așchietoare și a portsculelor din cele posibil de folosit ;

**6. Ascuțire și control. Mijloace precise.** După cum se știe, utilizarea sculelor echipate cu plăcuțe interschimbabile a devenit preponderentă, deci problemele reascuțirii sunt reduse la minim, dar utilizarea sculelor ce nu pot fi echipate cu plăcuțe, impune această operație ca obligatorie. Ascuțirea corectă cu respectarea parametrilor geometrici și a rugozității prescrise reprezintă premisele folosirii raționale a SA, asigurându-se o durabilitate ridicată și un consum minim de scule ;

**7. Timp cât mai scurt de prereglare.** În condițiile utilizării MUCN, numărul de scule prereglate este mai mare, ceea ce conduce la creșterea gradului de oboseală a operatorului care realizează prereglarea la cotă a sculelor și portsculelor, influențând în mod negativ asupra operației de prereglare. Din acest considerent durata operației de prereglare trebuie să fie cât mai mică.

### 2.1.3. Elemente de codificare a sculelor așchietoare

Pentru a asigura schimbarea automată a sculelor așchietoare în condițiile utilizării MU cu CN, se impune ca procedură obligatorie, identificarea acestora, care se poate face prin :

*codificarea sculei;*

*codificarea locașului portsculei din magazinul de scule.*

Pentru recunoașterea fiecărei scule s-a adoptat o construcție adecvată a portsculei, care să cuprindă elemente de identificare, soluție ce prezintă avantajul că sculele pot fi așezate în magazin într-o ordine arbitrară. Sunt cunoscute trei construcții : *amplasarea pe coada sculei, pe flanșa acesteia sau în regiunea de fixare a sculei așchietoare.* În fig. 2.1.5.(a) sunt prezentate schematic soluțiile amplasării elementului de identificare EI pe coada portsculei CPS, sesizarea făcându-se de către blocul de citire BC.

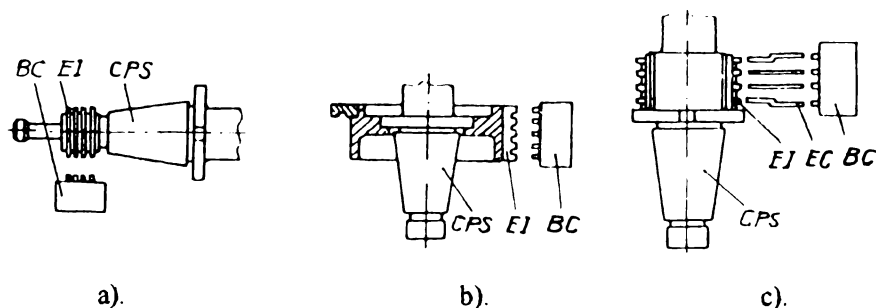


Fig. 2.1.5. Soluții de amplasare a elementului de identificare pe coada portsculei

În cazul variantei firmei SHARMANN, elementul de identificare este format din patru came sub formă de inele codificate (fig. 2.1.6.), fixate pe tija ciupercă de pe conul sculei. Codul pe cele patru inele este materializat prin frezarea unor suprafețe pe o parte sau alta a inelului, realizându-se în felul acesta 8 piste.

Codificarea este făcută în sistemul binar-zecimal, primele patru piste sunt codificate pentru numerele 1,2,4 și 8, iar celelalte patru piste pentru numerele 10, 20,40 și 80, putând fi codificate 99 de scule.

Operația de codificare se face într-un dispozitiv special, orientarea inelelor de codificare făcându-se cu ajutorul unei pene care intră în canalul fiecăruia dintre inele, canale ce servesc la orientarea sculei instalate în locașul ei din magazinul de scule. În fig. 2.1.6. este prezentată varianta cu elementul de identificare amplasat pe flansa sculei. Acest element de identificare EI este montat pe flanșa portsculei CPS,

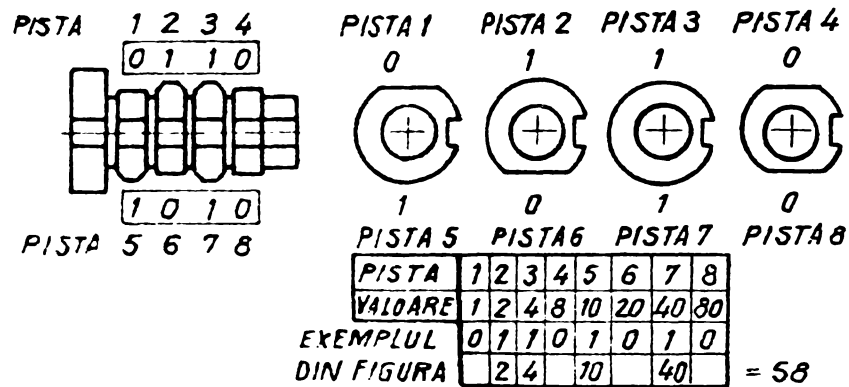


Fig 2.1.6. Varianta cu element de identificare amplasat pe flanșa sculei

fig.2.1.5.(b). Această soluție are avantajul că nu mărește gabaritul portsculei. La aceste soluții constructive, elementul de identificare, fig. 2.1.7., este format din inele cu două diametre diferite fie din combinații de magneți permanenți. În această figură elementul de codificare este format din 10 inele cu două diametre diferite, corespunzător unei codificări binare, o serie de 5 elemente

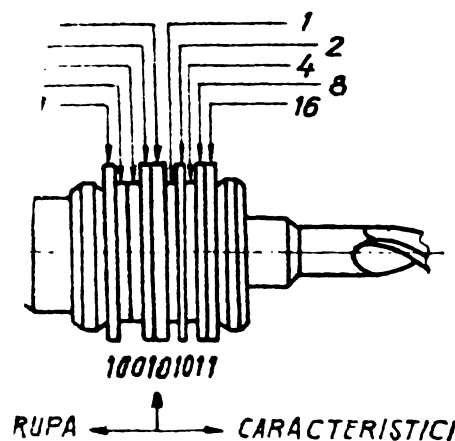


Fig 2.1.7 Soluția unui element de identificare format din inele cu diametre diferite.

definesc 31 de grupe (burghie, alezoare, freze etc.), iar celelalte 5 inele definesc 31 de caracteristici diferite ale acestora, în acest mod putând fi codificate 961 de scule diferite.



## 2.2. EVOLUȚIA, REFERINȚA ȘI PERFORMANȚA PENTRU SISTEME INTEGRATE DE CONTROL A STĂRII SCULELOR AȘCHIETOARE

### 2.2.1 Considerații privind integrarea calculatoarelor în sistemul de control al producției

Integrarea calculatoarelor [45],[42],[56],[55], în sistemele de fabricație este folosită pentru automatizarea producției, în ultimă instanță sistemul de control (componentă indispensabilă a fabricației) are rolul de a planifica activitățile și controlul producției.

În fig. 2.2.1. este prezentat modelul de referință al sistemului de control ierarhizat al producției. Modelul de referință prezintă trei grupuri independent ierarhizate:

- *control ierarhizat* al producției (modelul arhitectural al NBS) ;
- *ierarhizarea comunicației* de date în concordanță cu modelul ISO ;
- *ierarhizarea sistemului* de transport.

Fiecare nivel de ierarhizare este asimilat unei sarcini primite de la nivelele superioare în scopul delegării subtask-urilor la nivelul următor.

Nivelele din ierarhizarea comunicației se axează pe transmiterea și recepționarea de informații; are loc transferul task-urilor la echipamentul de comunicare al datelor care sunt într-o structură ierarhizată în concordanță cu modelul de referință ISO. Linia de producție sau sistemul celular de lucru realizează transportul instrucțiunilor de lucru la sistemul de transport intern.

Modelul de referință al sistemului de control al producției combină aceste trei ierarhii într-un model multidimensional, în care planul orizontal reprezintă structura nivelelor de control. Aceste nivele reprezintă părți de comunicații virtuale pentru schimbarea instrucțiunilor și datelor, ele putând să facă accesibil echipamentul de comunicare al datelor, în nivelul următor, în concordanță cu modelul de referință ISO. Întrucât controlerele joacă un rol important în structura sistemelor de control ierarhizat, este necesară o detaliere a structurii acestora, pentru care modelul structurii interne este prezentat prin unitatea de decizie-execuție (fig.2.2.2.). Principalele trei componente ale controlerului sunt:

- *execuția funcției (H)* ;
- *cercetarea funcției (G)* ; *depozitarea funcției (M)*.

Modelul prezentat [57],[56], este abstract, în el funcția H a controlerului C

2 STADIUL ACTUAL TEHNIC ȘI ȘTIINȚIFIC AL CONCEPTULUI PREREGĂRII ȘI REGLĂRII SCULELOR ȘI PORTSCULELOR ÎN SISTEMELE DE FABRICAȚIE FLEXIBILE

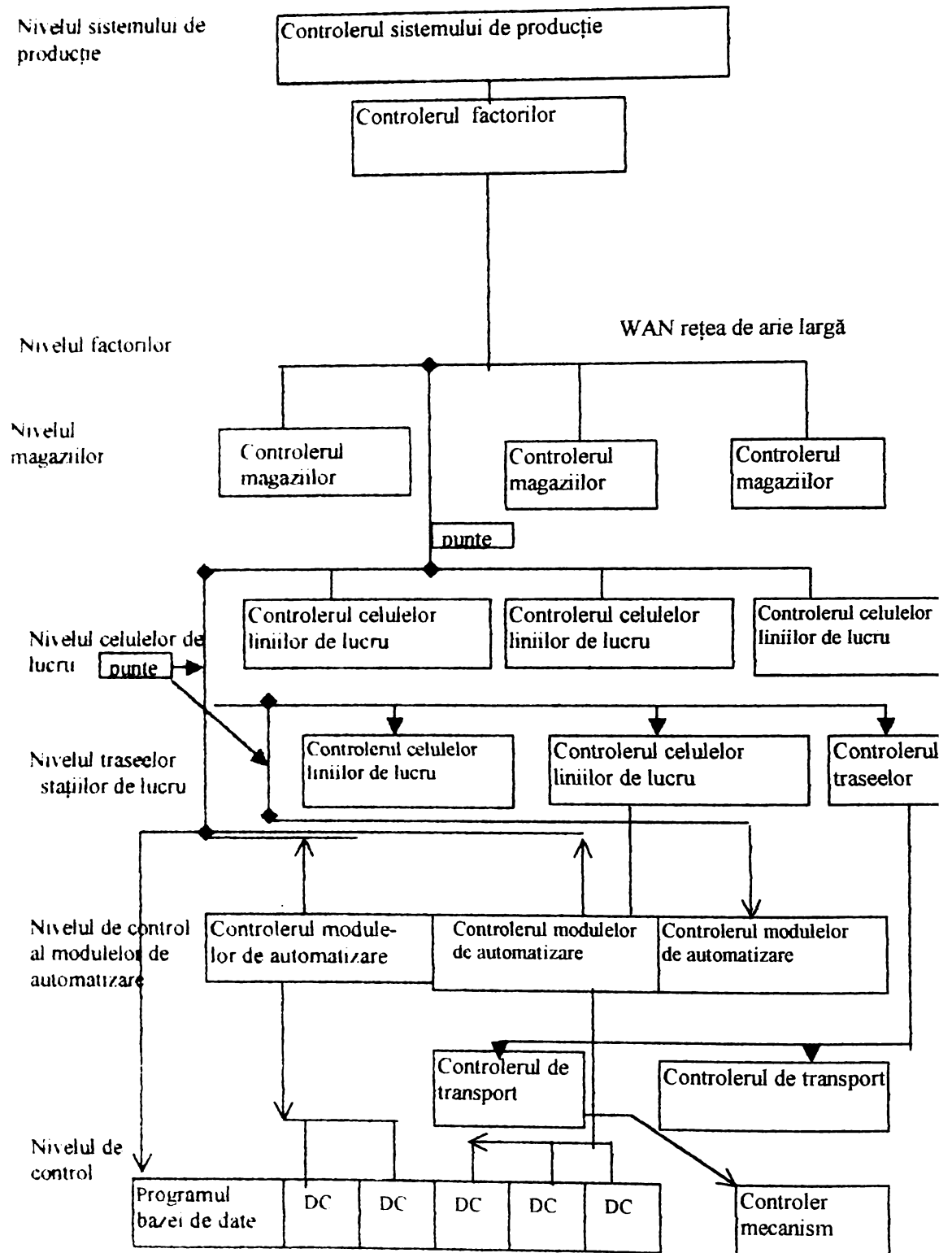


Fig 2 2 1 Modelul de referință al sistemului ierarhizat de control al producției

primește comenzi( $C_2$ ) de la controlerul [ $C+1$ ] îndeplinind diferite task-uri așa

cum s-a mai afirmat. Modulul H convertește instrucțiunile de la acest controler în setul de instrucțiuni (C10-C1n) pentru controlerul [C-1].

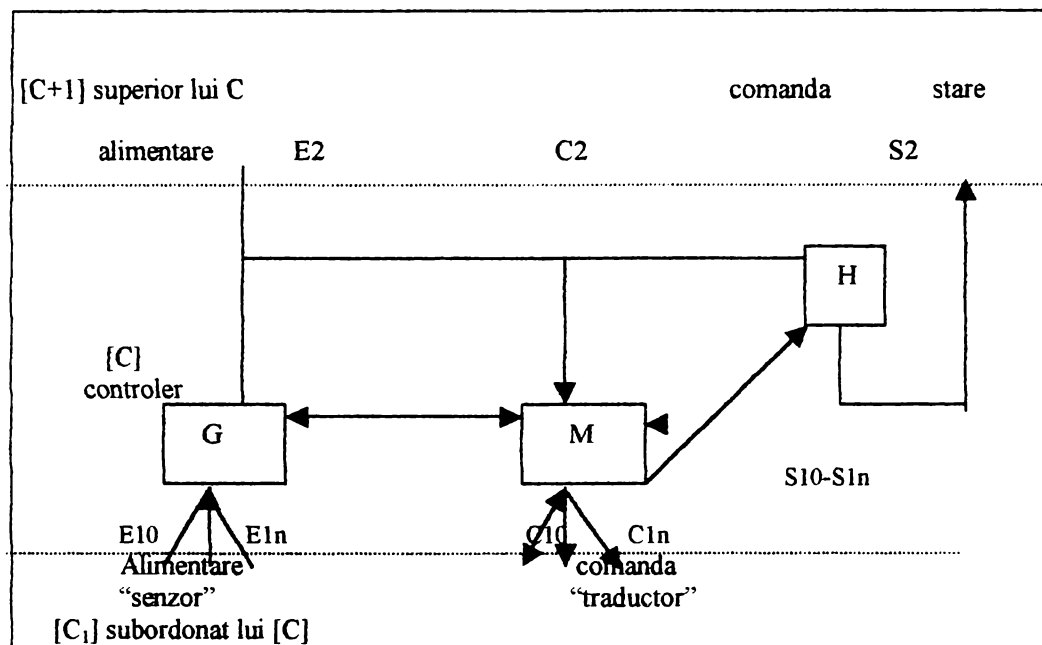


Fig.2.2.2. Structura internă pentru controlerul din sistemul de producție.

Funcția H realizează astfel o monitorizare a execuției folosind funcția de stare(S10-S1n). Toate task-urile inițializează instrucțiuni (C2) care sunt îndeplinite; informația de stare (SL) este definită. Controlerul (C+1) monitorizează execuția instrucțiunilor (C2) folosind informațiile de stare (S2). Datele senzorilor (E10-E1n) furnizează informații instrucțiunilor de stare procesând în controlerul [C-1], pe care funcția G le va procesa în fapt. Confirmarea (E<sub>2</sub>) este transmisă controlerului [C+1]. Starea aceasta monitorizată a controlerului [C-1] este posibilă prin folosirea funcției M a controlerului [C].

**Modelul ierarhizat** al sistemului de transport intern care utilizează de fapt produse distribuite, dispune de trei nivele:

- *nivelul de senzori și traductori*, permite produselor să fie transmise pe toate căile;
- *nivelul de transport pentru produs*, care procesează simultan datele de produs;
- *nivelul de control* al traseului;

**Modelul de referință** al sistemului de control are în compunere următoarele nivele de control :

- *plan orizontal* care conține părți ale comunicării virtuale pentru schimbarea instrucțiunilor și datelor ;
- *subsistemul accesibilității* echipamentului de comunicare a datelor;

- **subsistemul elaborării** concordanței cu modelul de referință ISO. În sistemul metrologic[46], actual un loc aparte în dezvoltarea funcțiilor modelului de referință îl ocupă **rețeaua locală**. Configurația unei rețele locale dezvoltată pe sisteme inteligente distribuite se bazează pe mini și microcalculatoare și controlere programabile PLC cu o structură redată în fig.2.2.3. În figura 2.2.4. se prezintă deschiderea rețelei lo-

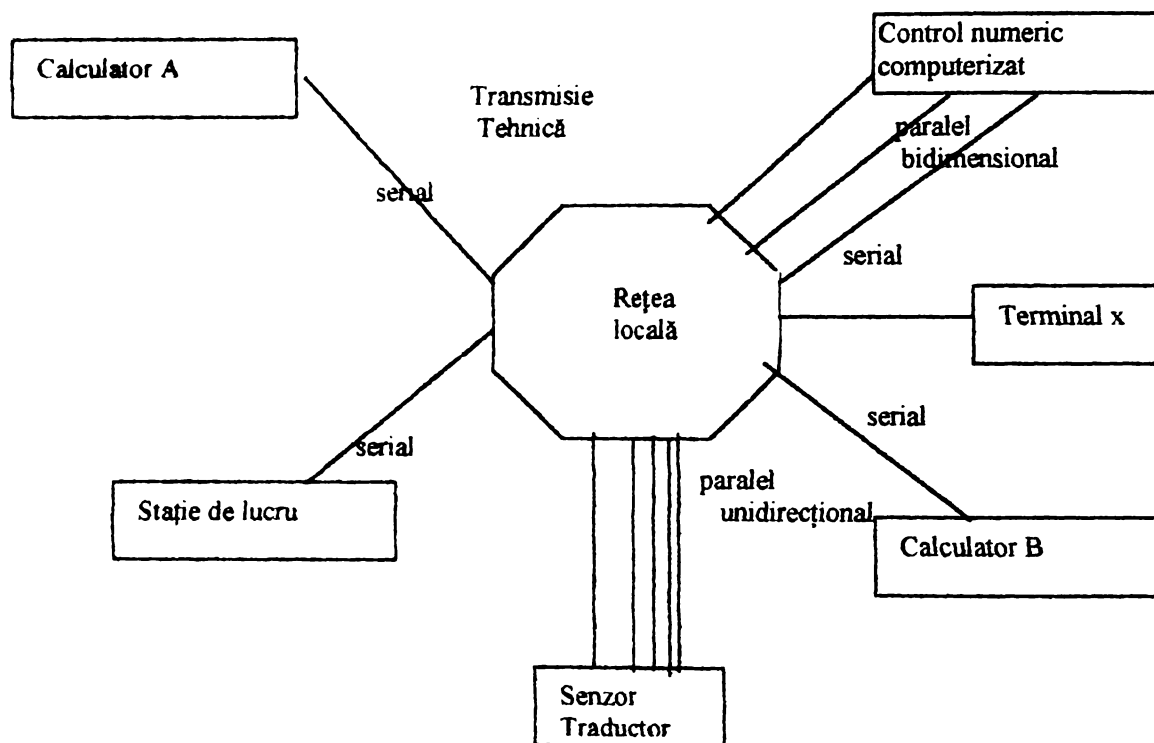


Fig.2.2.3. Configurația rețelei locale.

cale (numită LOCAN) cu o topologie compusă dintr-o rețea tip master și 250 adaptări care permit utilizarea unei game largi a echipamentelor aferente sistemelor de rețea. În acest caz monitorul rețelei este responsabil în a superviza traficul rețelei, mod în care se realizează o comunicare sigură între utilizatorii rețelei prin folosirea mai multor protocoale care trebuie implementate fiecare în adaptor sau terminal.

Din punct de vedere al modului de operare rețeaua dispune de următoarele module :

- **modul A** - comunicare calculator terminal ;
- **modul B** - comunicare clară punct-punct ;
- **modul C și modul C fixat** - microinformații și conectarea virtuală în modulul C.

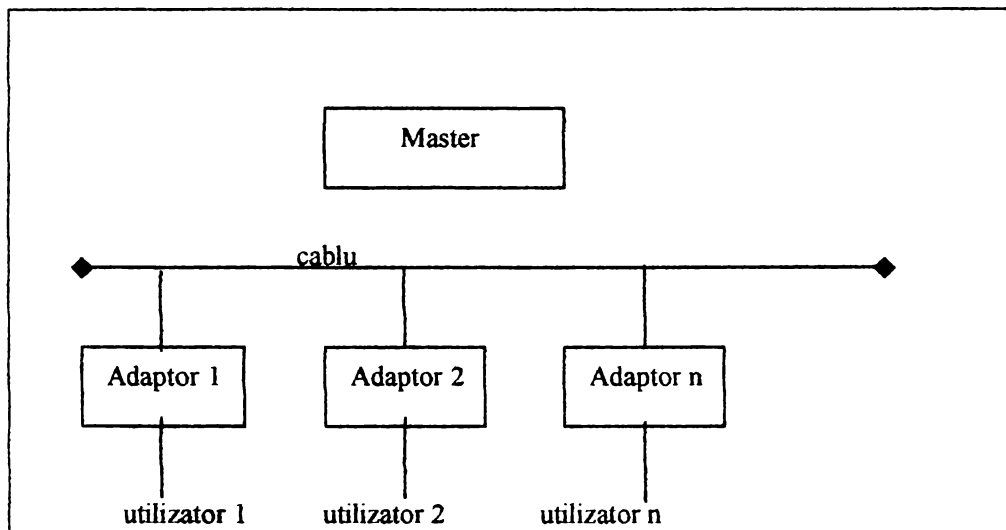


Fig.2.2.4. Deschiderea rețelei locale (tip LOCAN).

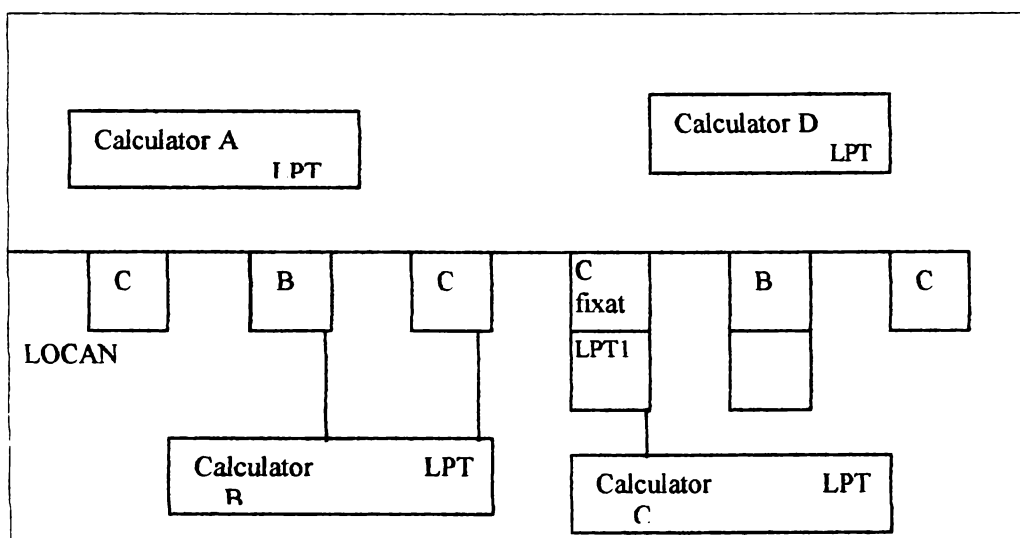


Fig2.2.5. Schema configurației comunicației calculatoarelor din rețeaua locală.

De remarcat că fiecare adaptor operează numai într-unul din modulele A,B sau C, situație în care se impune cel mai important tip de comunicare, implementată în regiunea factorilor automatizați; comunicare de tip semnal-calculator, controlul senzorilor și al traductorilor (fig. 2.2.5.).

În condițiile conectării în sistemul om-mașină calculatoarele B și D lucrează după modulul B, ținând seama că A,B și D furnizează o comunicație flexibilă după modulul C. Controlerul mașină are în general unități de inteligență

situație în care controlerul programelor poate fi procesat (în situația în care controlerul mașină ține seama de interfața pentru comunicație externă, poate fi conectat la rețea). În figura 2.2.6. se prezintă comunicația mașină-calculator,

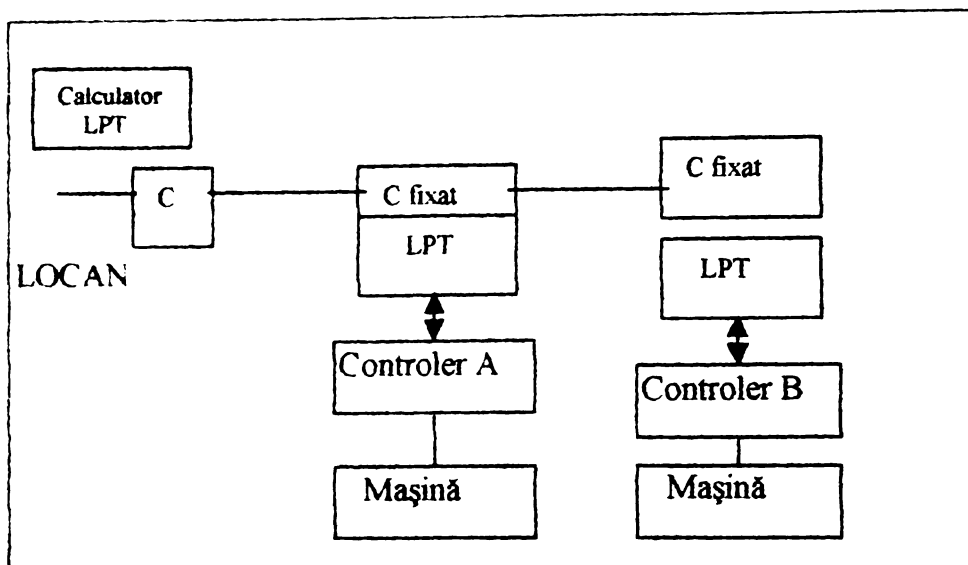


Fig 2.2.6. Structura comunicației mașină-calculator.

conectarea fiind realizată între adaptorul rețelei și controlerul mașinii, fiind serială sau paralelă depinzând de tipul interfeței utilizate.

În acest caz traductorii și senzorii sunt conectați după modulul C, fiind controlați analog comunicației mașină-calculator pe baza controlerului mașină cu interfață paralelă (fig.2.2.7) Luând în considerare cele prezentate referitor la modelul de referință pentru control precum și structurile din fig.2.2.1, ( fig.2.2.2... fig.2.2.7), arhitectura sistemului de control la nivelul fabricației se poate exprima pe trei nivele ierarhice (fig.2.2.8.):

- **Nivelul de control al sistemului** este responsabilitatea calculatorului central CC care materializează interfața procesului de fabricație. El are acces în același timp la module software acoperind și celelalte domenii putându-se simula toate procesele de fabricație;

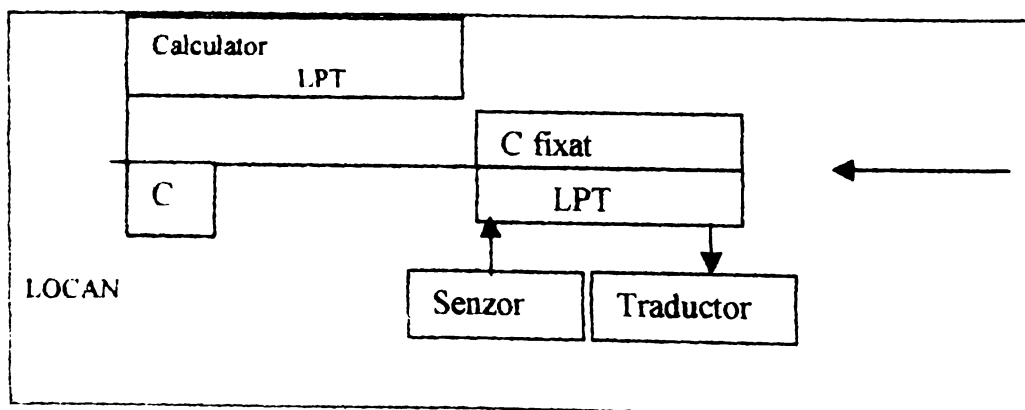


Fig 2.2.7. Structura conectării senzorilor și traductorilor în sistemul mașină-calculator

- **Calculatorul CC supervizează** întregul proces delegând fiecare task individual la nivel inferior, controlerul de celulă Cci care la rândul lui are în subordine

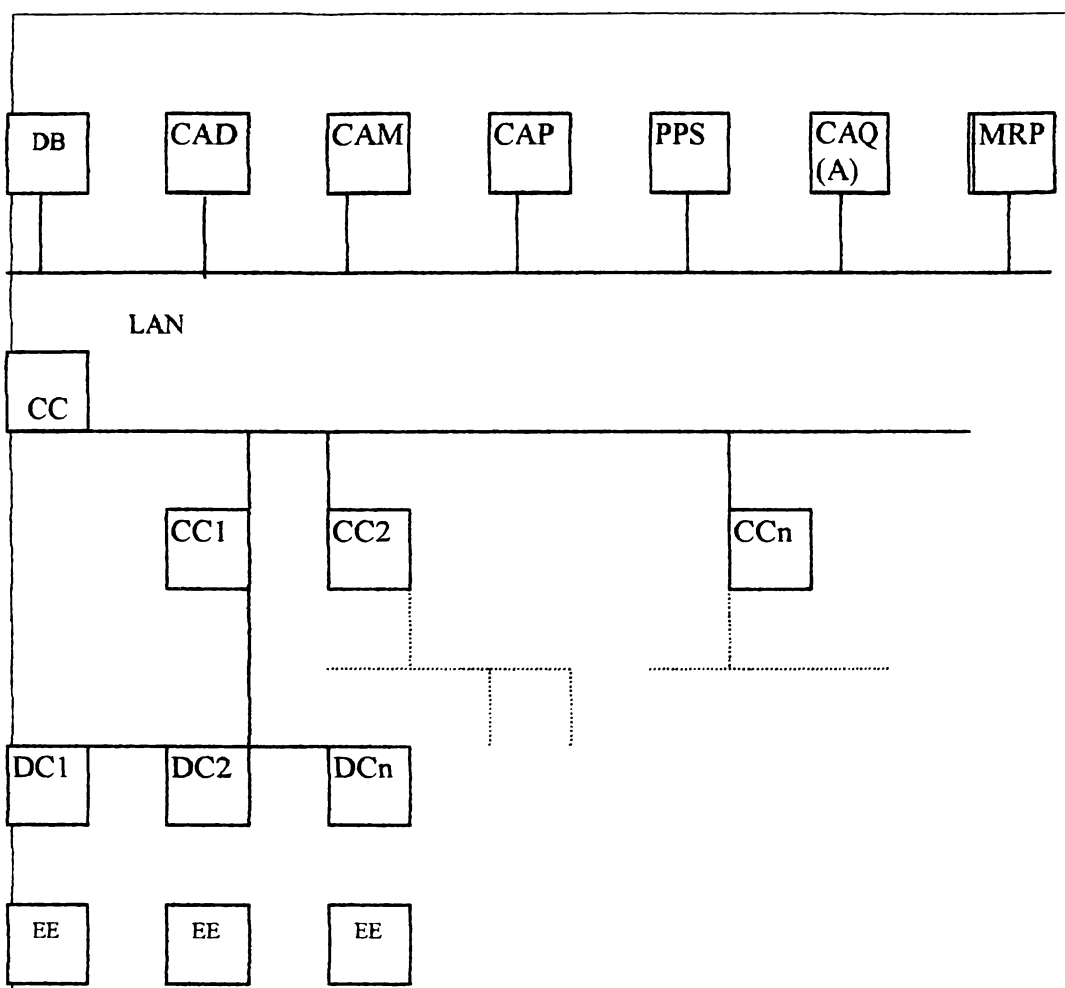


Fig.2.2.8. Arhitectura generală a unui sistem de control la nivelul fabricației.

un set de drivere de dispozitiv, fiecare dintre ele fiind responsabil cu controlul direct al mașinilor sau activităților specifice procesului de fabricație (fig.2.2.8.) ;

- **Nivelul de bază** este cel al fabricației propriu-zise la care are loc comanda efectivă a task-urilor pentru fiecare participant la procesul de fabricație. În figura 2.2.9. se exemplifică modul de integrare la nivelul întreprinderii după arhitectura din fig.2.2.8., pentru cazul subsistemului CIM cu particularizare la nivelul CAM.

Calitatea și nivelul tehnologic al produselor, gradul lor de nouitate, serviciile asociate, respectarea termenelor constituie punctele esențiale ale competitivității întreprinderilor. În[4] s-a prezentat contextul inițial subliniindu-se evoluția conceptului de calitate odată cu mutațiile importante petrecute în mediul economic și social. În general se poate aprecia costul noncalității ca variind între 5 și 12% din cifra de afaceri a întreprinderilor, cu alte cuvinte costul

2 STADIUL ACTUAL TEHNIC ȘI ȘTIINȚIFIC AL CONCEPTULUI PREREGĂRII ȘI REGLĂRII SCULELOR ȘI PORTSCULELOR ÎN SISTEMELE DE FABRICATIE FLEXIBILE

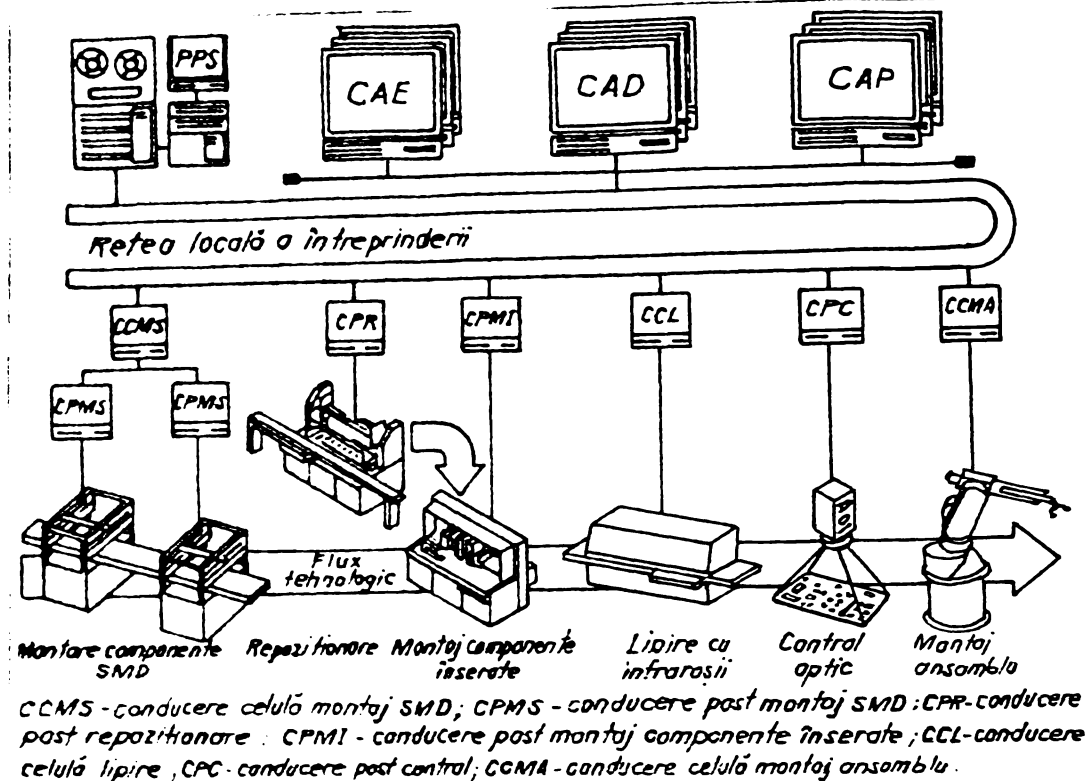


Fig 2.2.9. Modul de integrare la nivelul întreprinderii a subsistemelor CIM, cu particularizare la nivelul CAM.

noncalității este un abis în care se pierd profiturile, termenele de livrare și uneori întreprinderea însăși. În acest mod se poate explica necesitatea imperioasă a evoluției conceptului de calitate care duce direct spre *managementul calității totale - TQM*, care înseamnă de fapt, o parte intrinsecă a culturii și civilizației societăților, un efort global al conducerii sale și a angajaților ei. În practica TQM trebuie să se inoculeze fabricanților o stare de spirit care semnifică *ZERO DEFECT* pentru toți angajații societății. Conceptul *TQM (Total Quality Control)* se referă la a construi prin calitate și nu controlând în.

De aici explicitarea conceptuală adică „*calitatea este liberă*” deci cere o perfecționare continuă care presupune un profit mare și competența pe piață și în aceeași măsură a conceptului „*calitatea costă*” bazat pe creșterea costurilor ca în figura 2.2.10.

Din figură se vede cu ușurință creșterea exponențială a costului producției cu creșterea calității, logic, sub „*calitatea costă*” punctul minim în curba costului care poate fi ales, aceste concepte impun o strânsă conlucrare între proiectanți, procese, controlul calității, departamentul de comercializare (marketing) ca și menținerea unor relații strânse cu furnizorii.

Două puncte de vedere asupra calității sunt importante și anume: „*calitatea este liberă*”, concept care cere o continuă perfecționare pe termen lung, stare care include un profit mare, o mai bună competiție pe piață, „*calitatea costă*” concept bazat pe creșterea costurilor(fig 2.2.10) Așa cum



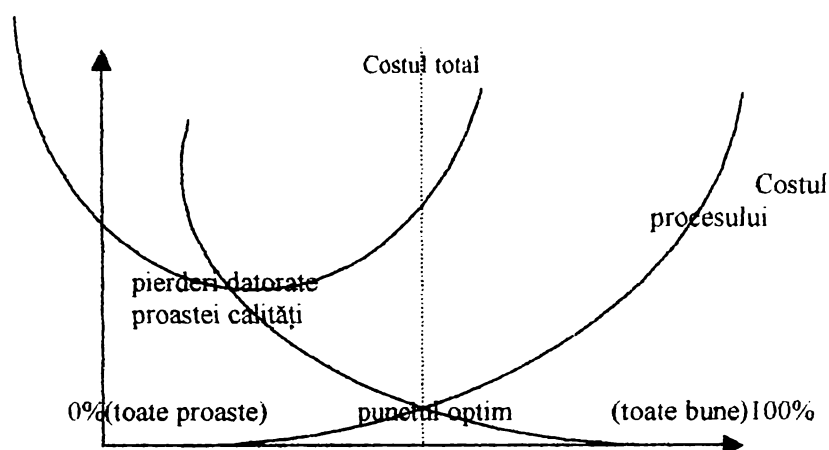


Fig. 2.2.10. Schema influenței creșterii costurilor asupra cheltuielilor cu calitatea.

se vede din fig.2.2.10. costul pentru producție și inspecție crește exponențial cu creșterea calității. Dacă toate produsele la ieșirea din proces sunt perfecte atunci nu există costuri pentru calitate proastă. **Calitatea este costisitoare**, este punctul de vedere al *managementului american*, iar **calitatea este liberă**, punctul de vedere al *managementului japonez*. Cei care conduc după conceptul calitatea este liberă cred și în programele pentru zero defecte, care tind către produse perfecte.

În literatura de specialitate[55],[56], se regăsesc câteva definiții pentru standardele calității, care pot fi concretizate în cele ce urmează:

- **clientul dictează** standardele de calitate ;
- **un produs este bun** dacă clientul spune că este bun ;
- **un serviciu nu este rapid**,dacă clientul spune că nu este rapid ;
- **percepția clientului** despre calitate este definitivă pentru acest concept ;
- **calitatea produsului** trebuie să fie cel puțin la nivelul de calitate acceptat.

Din analiza acestor precizări se pot exprima concluzii definitorii la adresa controlului calității .Cererile clientului sunt elementul motor care stau la baza dezvoltării procesului de producție, a procesului de proiectare a unui produs serviciu. În acest scop se impune o definiție operațională a calității, din care să rezulte o înțelegere a dimensiunilor sale și a metodologiilor, pentru includerea cererilor în aceste condiții specificate.

**Calitatea producției/serviciului** se poate defini prin **calitatea proiectării produsului** care rezultă din acel proces sau serviciu și calitatea produsului ce rezultă din proces (concordanța calității) față de cea a produsului proiectat. Studiul calității încă din faza de proiectare devine o strategie pentru societate, firma. Tocmai de aceea trebuie respectate mai ales acele elemente care au o legătură directă cu calitatea, elemente care se regăsesc sub

2 STADIUL ACTUAL TEHNIC ȘI ȘTIINȚIFIC AL CONCEPTULUI PREREGLĂRII ȘI REGLĂRII  
SCULELOR ȘI PORTSCULELOR ÎN SISTEMELE DE FABRICAȚIE FLEXIBILE

denumirea generică "*dimensiuni*" așa cum sunt ele prezentate în Tab.2.2.1.

Tab 2 2 1 Elementele definitorii ale dimensiunii calității

Dimensiune	Sens
Performanța	Caracteristicile primare ale produsului sau serviciului
Previțiuni	Conexiuni, cereri, caracteristici secundare.
Funcționare	Mentenanța
Durabilitate	Fiabilitate
Service	Rezolvarea problemelor ivite(prin mentenanța corectivă)
Răspuns	Caracteristicile interfeței(profesionalism, timp de răspuns)
Esterica(Designul)	Perceperea calităților(simț, aspect, etc.)
Reputație	Performanțele din trecut și istoria firmei.

## 2.2.2 Metode si mijloace de control activ pentru procedee de prelucrare prin aşchiere

### 2.2.2.1. Generalități

În fabricația modernă, se consideră că sunt raționale[114],[7], [8],[28],[29],[39], acele metode și mijloace de control care permit nu numai înregistrarea dimensiunii rezultate prin prelucrare ci și conducerea procesului de obținere a dimensiunilor prescrise, cu alte cuvinte determinarea (realizarea)

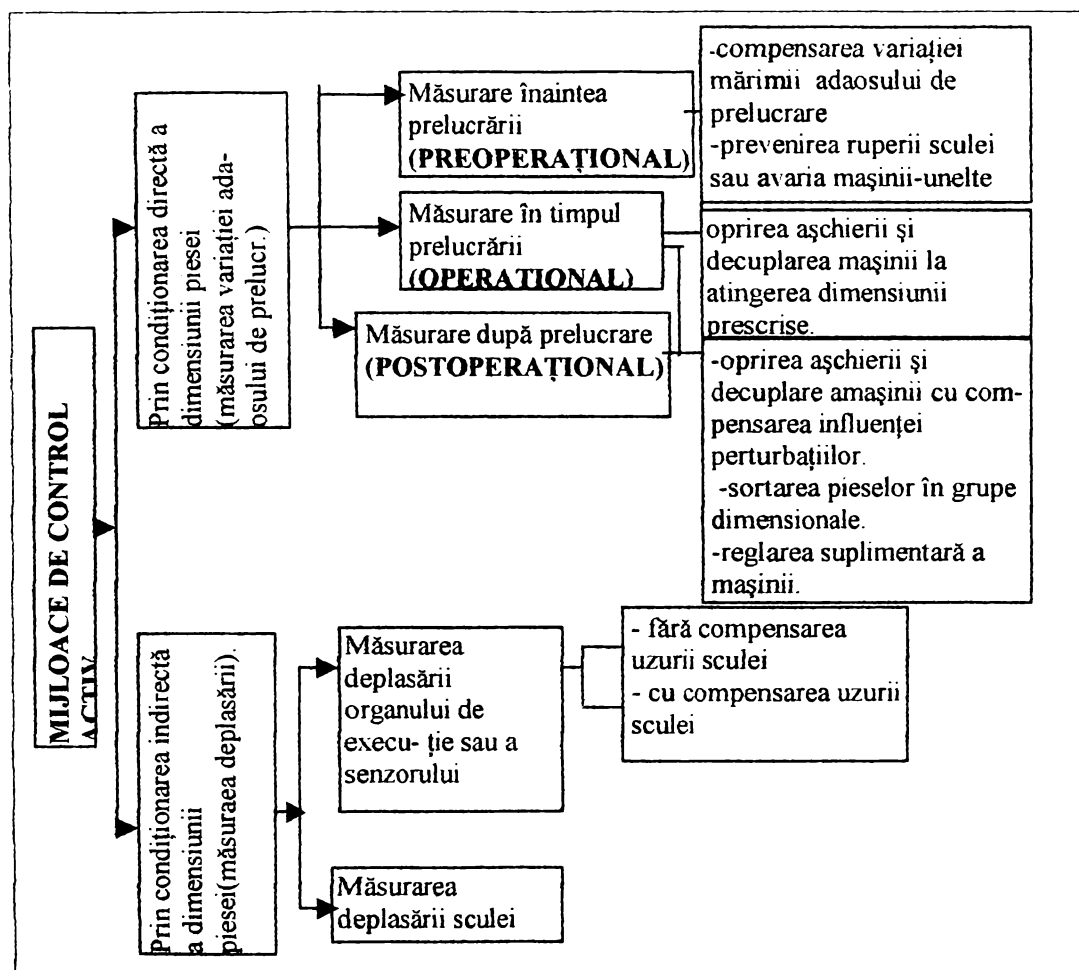


Fig.2.2.11Clasificarea mijloacelor de control activ

calității dimensiunii prelucrate. Edificatoare în acest sens sunt definițiile care se dau în literatura[114] de specialitate, pentru operația (fig.2.2.11.)de control și pentru mijloace de control. În fig.2.2.11. se prezintă o clasificare a metodelor și mijloacelor specifice controlului activ, figură care pune în evidență complexitatea și pragmatismul aplicării acestor soluții constructive, specifice controlului activ în procesele de prelucrare prin aşchiere, după cum urmează:

- *controlul automat pe baza măsurării*, poate identifica mijloace

de comandă a mașinii unelte (MU), pentru reglarea sa intermediară sau chiar sisteme pentru supravegherea funcționării sculelor sau sortarea pieselor prelucrate ;

- **mijloacele pentru controlul activ pre-operațional** sunt de protecție și blocare (fig 2.2.12 a), asigurând protecția la deteriorarea sculei sau a subsistemelor MU .

- **mijloacele pentru controlul activ operațional**, fig.2.2.12.(b), asigură măsurarea și oprirea operației după variația adaosului de prelucrare, pe baza unor stări sau condiții (limite ale toleranțelor, abateri de la forma geometrică, sau poziția reciprocă) ,

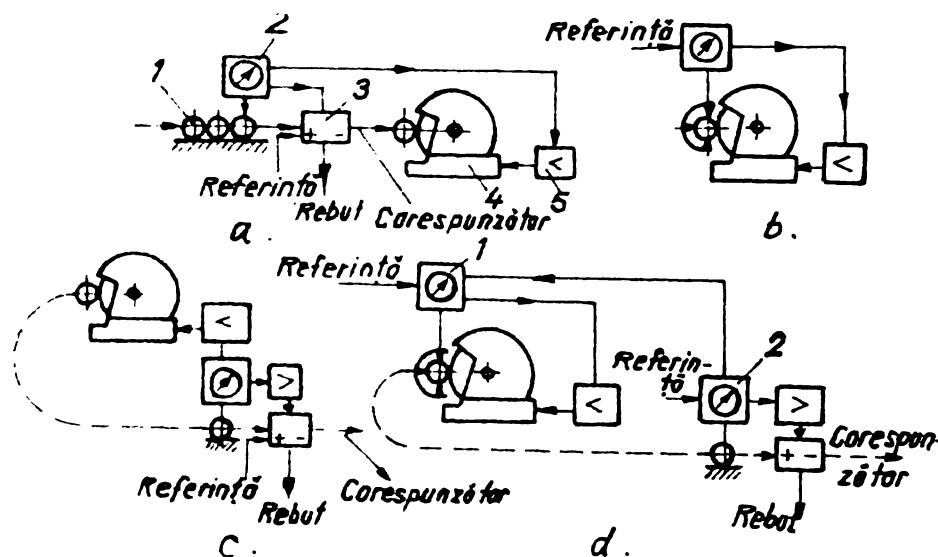


Fig.2.2.12 Procedee uzuale de control activ

- **mijloacele pentru controlul activ postoperațional** , realizează pe baza măsurării uneia sau a mai multor dimensiuni a piesei prelucrate compensarea erorii cumulate de execuție prin reglarea intermediară automată a MU. Aceste mijloace mai pot asigura sortarea dimensională a pieselor, eliminarea rebutului, oprirea fabricației la repetarea succesivă a rebutării, etc ;

- **automate cu autocorectarea reglajului**, sunt mijloacele concepute pentru a efectua reglarea intermediară pe o porțiune a câmpului de toleranță, fig. .2.2.12(d), sau proporțional cu mărimea abaterii constatate postoperațional . Acest tip de control asigură funcționarea cea mai stabilă a MU automate.

Procedeele de fabricație mai performante sunt cele efectuate pe MU echipate cu sisteme cu comandă adaptivă (SCA) care asigură un control permanent și real al procesului de fabricație , având drept consecință instalarea continuă a unei mărimi de execuție (avans sau viteză de așchiere).

### 2.2.2.2. Metode și mijloace de control activ cu măsurarea variației mărimii adaosului de prelucrare

#### 2.2.2.2.1. Sisteme de prelucrare închise cu dirijare analogică

Stabilitatea prelucrării dirijate prin evaluarea adaosului de prelucrare este specifică procedeeelor operaționale de control activ.

Pentru cazul analizat în fig.2.2.13., variația diametrului  $d=d_0+\Delta d$  este transformată în variația  $\Delta U_D$  a tensiunii de alimentare  $U_0$  a traductorului inductiv  $C_i$ . Divizarea avansului transversal de așchiere  $\Delta f_y$  și decuplarea sa la dimensiunea finală a piesei  $d_0$  este realizată de amplificatorul  $U_A$ . Încetarea prelucrării are loc prin oprirea motorului  $M$  din circuitul de acționare în momentul în care tensiunea la ieșirea amplificatorului  $U_A$  devine zero prin compensare cu tensiunea prescrisă  $U^0_c = U_A^0$ . În cele ce urmează, se va stabili [116],[49],77], modelul matematic, plecând de la schema bloc generalizată (fig.2.2.14), a unui sistem închis "mașină-mijloc de măsurare", care are drept mărime de intrare variația avansului transversal  $\Delta f_y$  iar cea de ieșire, variația adaosului de prelucrare. Prin aplicarea unei aproximări caracteristice sistemului raportată la variația adaosului de prelucrare, se obține un element liniar de întârziere descris de ecuația:

$$T_0 d\Delta_d / dt + \Delta d = -K_0 \Delta f_y + f(a), \quad (2.2.1)$$

unde:

$T_0$ - constanta de timp experimentală;

$f(a)$ - funcția de perturbare inclusiv uzura sculei.

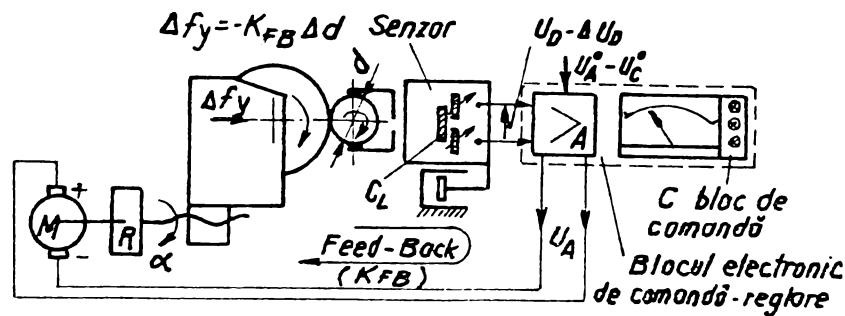


Fig.2.2.13. Conducerea prin controlul activ operațional.

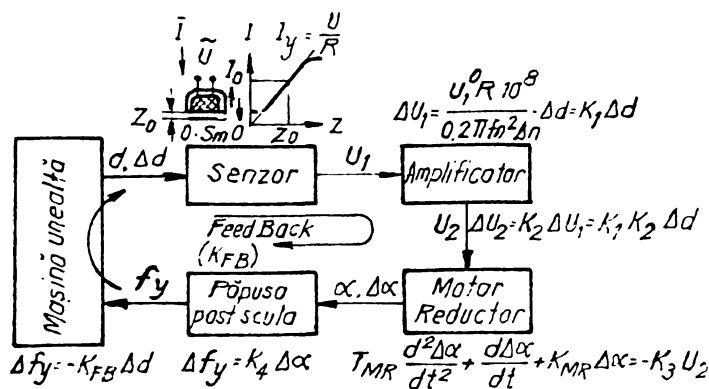


Fig.2.2.14 Structura unui sistem de prelucrare închis.

Deoarece traductorul mărimii măsurate  $C1$  amplificatorului  $U_A$  și sistemul port piatră nu introduc întârzieri în transmiterea variabilei specifice (tensiune sau deplasare) putem exprima variația prin reglarea avansului de așchiere ( $f$ ) în funcție de variația adaosului de prelucrare:

$$\left[ T_w^2 \cdot d^2 \Delta f_y / dt^2 + T_\xi d \Delta f_y / dt + \Delta f_y \right] = K_{FB} \Delta d, \quad (2.2.2.)$$

în care

$$T_w = \sqrt{(T/K)_{MR}} \quad \text{și} \quad T_\xi = \sqrt{1/K_{MR}}$$

sunt constante de pulsație și amortizare pentru bucla feed-back-lui.

$$K_{FB} = K_1 K_2 K_3 K_4 / K_{MR} \text{ este constanta de amplificare.}$$

Dacă din ecuația (2.2.1.) și (2.2.2) eliminăm factorul variabil  $\Delta f_y$  se obține ecuația generală a sistemului de prelucrare închis:

$$T_0 T_w^2 d^3 \Delta d / dt^3 + (T_0 T_\xi + T_w^2) d^2 \Delta d / dt^2 + (T_0 + T_w) d \Delta d / dt + (1 - K_0 K_{FB}) \Delta d = T_w^2 d^2 f(a) dt^2 + T_\xi df(a) / da + f(a), \quad (2.2.3.)$$

Ecuația (2.2.3) permite o apreciere calitativă a sistemului de prelucrare considerat, adică, arată necesitatea prioritară a stabilității dinamice și apoi realizarea atributelor de eroare statică și dinamică a sistemului pentru procesul de așchiere.

Plecând de la aceste considerente, se pot face următoarele aprecieri asupra sistemului considerat și anume:

- **cauza erorii statice generatoare** mai ales de abateri de la forma geometrică este dependentă de legătura rigidă a poziției sculei, considerată în starea de echilibru în bucla feed-back-lui, față de mărimea adaosului de prelucrare;
- **variația  $\Delta d$**  presupune o poziție diferită a sculei și atunci mărimea dimensiunii prelucrate  $d_0$  va diferi de la o piesă la alta, ca urmare a deformației remanente  $\Delta d_0$ ;
- **sistemele de prelucrare închise** caracterizate prin erori statice  $\Delta d_0$  se numesc **sisteme închise statice**.

Pentru aceste sisteme, pe baza ecuației (2.2.3), criteriile de stabilitate pot fi exprimate în două moduri, deoarece partea dreaptă a ecuației nu are nici implicație:

a) toți coeficienții din stânga ecuației (2.2.3) sunt pozitivi:

$$T_0 T_w^2 > 0; \quad T_0 T_\xi + T_w^2 > 0; \quad T_0 T_w > 0 \quad \text{și} \quad 1 + K_0 K_{FB} > 0;$$

b) **produsul coeficienților mediani** să fie mai mare decât produsul coeficienților extremi:

$$(T_0 T_\xi^2 + T_w^2)(T_0 + T_\xi) > T_0 T_w^2 (1 + K_0 K_{FB}).$$

Rezultă că:

$$K_{FB} < (T_\xi / K_0) \left[ 1 / T_0 + (T_0 + T_\xi) / T_w^2 \right] \quad (2.2.4)$$

Dacă  $f(a) = f_0 = \text{constant}$ , eroarea statică este:

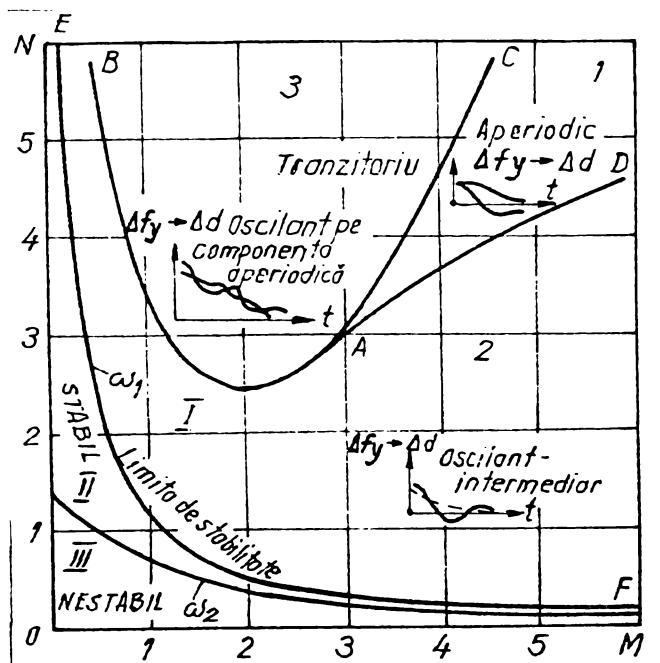
$$\Delta d_{st} = f_0 / (K_0 K_{FB} + 1), \quad (2.2.5)$$

relație care arată necesitatea unui factor de amplificare pentru bucla feed-back-lui, cât mai mare, situație posibilă dinamic, dar limitat.

Analizând concluziile ecuațiilor (2.2.4) și (2.2.5), se constată existența unor contradicții care se rezolvă prin stabilirea limitelor superioare de compatibilitate, favorabile ambelor situații cu respectarea condițiilor de stabilitate.

$$\text{Fie: } M = (T_0 T_\xi + T_\omega^2) / \sqrt[3]{T_0^2 T_\omega^4 (1 - K_0 K_{FB})} \text{ și } N = (T_0 + T_\xi) / \sqrt[3]{T_0 T_\omega^2 (1 + K_0 K_{FB})}$$

Aceste relații conduc la formularea condițiilor de stabilitate ale sistemelor de



prelucrare închise, sub forma :

$$M > 0, N > 0 \text{ și } MN > 0.$$

Reprezentarea acestor condiții, ca în figura 2.2.15, pune în evidență zonele și limitele de stabilitate la prelucrarea în sisteme statice închise:

- **Zona I** cuprinsă între curbele ACA și AD, corespunde regimului tranzitoriu aperiodic, după [4], soluția ecuației în acest caz este:

Fig.2.2.15. Diagrama regimurilor de funcționare pentru cazul mașinilor de rectificat în sistem închis de rectificare.

$$M^2 N^2 - 4(M^3 + N^3) + 18MN - 27 = 0,$$

- **zona a**

**II a**, limitată inferior de curba stabilității limită EF (MN=1) și superior de curbele AB și AD zonă care corespunde regimului tranzitoriu intermediar preponderent pe componenta oscilantă, soluția ecuației în acest caz este :

$$2M^3 - 9MN + 27 = 0 \text{ pentru } M < 3.$$

- **zona a III-a**, mărginită inferior de curba BAC, corespunde unui regim tranzitoriu, intermediar, preponderent pe componenta aperiodică, pentru care soluția ecuației este identică cu cea pentru zona a doua în aceleași condiții.

#### 2.2.2.2.2. Sisteme închise de prelucrare mecanică cu comandă limitată a ciclului

Se consideră exemplul din figura (2.2.16), în care contactul mediu al releului polarizat funcție de curentul din diagonala punții este proporțional

variației adaosului de prelucrare, adică  $I=K_1\Delta d$  și se închide pe unul din contactele de comandă a înfășurării de excitație a motorului de antrenare M. Ca urmare, sistemul de antrenare se rotește în sensul corespunzător variației dimensiunii piesei prelucrate  $\Delta d_0$ . Modulul de funcționare al sistemului îi corespunde ecuația de forma:

$$T_0 d\Delta/d_c + \Delta d = -K_0\varphi + f(a) \quad (2.2.6)$$

Tensiunile  $U=+u$  sau  $U=-u$  de alimentare a înfășurării motorului M, corelate cu curentul I din diagonala punții, se stabilesc în funcție de caracteristica statică a releului de comandă. Situațiile ce se pot întâlni la acest sistem precum și

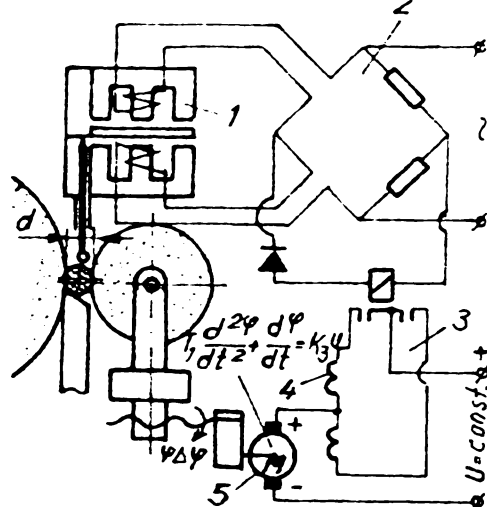
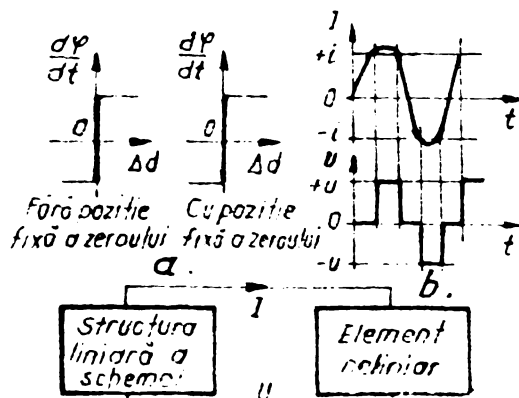


Fig 2.2.16. Rectificarea fără centre, sistem închis cu comandă limitată a ciclului de prelucrare

variația  $U(I)$  reprezentate în figura(2.2.17), impun comutarea comenzilor nu după apariția necesității în timp, ci după mărimea curenților de comandă  $I = \pm i$ , situație care permite și cuprinderea influențelor perturbatorii. Dacă se separă elementul "limitativ-neliniar (releu) și considerând liniare restul elementelor din schemă, inclusiv mașina-unealtă (MU), fig.2.2.17. (c), putem scrie ecuația structurii liniare(2.2.7.) (în care  $I=K_1\Delta d$ ):

$$T_0 T_1 d^3 I / dt^3 + (T_1 + T_0) d^2 I / dt^2 + dI / dt = -K_0 K_{FB} U + K_1 (T_1 d^2 f / dt^2 + df / dt), \quad (2.2.7.)$$



în care  $K_{C_{FB}} = K_1 K_3$ , situație specifică structurii liniare a sistemului de prelucrare considerat. Analiza relației(2.2.7.) trebuie făcută în ansamblul sistemului prin asociere cu ecuația neliniară  $U(I_a)$ , specifică elementului limitativ în sensul că pentru  $|I| < i, U = 0$ .

Fig 2.2 17. Automatizarea comenzii cu elemente fizice "limitative"



### 2.2.2.3 Factorii de influență în exploatarea mijloacelor de control operaționale

#### a). Influența deformațiilor statice

Considerând fig.(2.2.18.), se poate constata[114],[75], că acțiunea componentelor forței de așchiere ( $F_c$ ), generează deplasări statice  $\Delta_y$  și  $\Delta_z$  ale piesei în ansamblul sistemului tehnologic. Deformația  $\Delta_y$  condiționează precizia dimensiunii și formei geometrice (cilindricitate). Deformația  $\Delta_z$  se transmite în mică măsură și depinde de mărimea diametrului corespunzător relației:

$$\delta d = 2\delta r_0 = 2\Delta z^2 / (2r_0) = 2\Delta z^2 / d_0$$

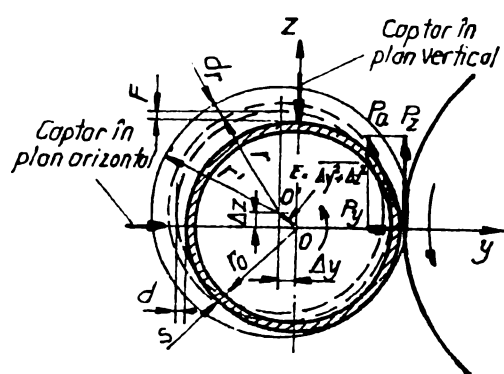


Fig.2.2.18. Influența deformării sistemului MUDPS

Pentru valori mici  $\Delta z$  și diametre mari  $d_0$ , deformația este neglijabilă. Influența acestui factor în exploatarea mijlocului de măsurare se poate cuantifica în următoarele efecte:

- *dacă poziția contactului de așchiere este sub sau deasupra liniei centrelor cu mărimea  $\delta_z$ , apare o eroare de diametru, iar abaterea de la forma circulară se micșorează,  $\delta_z$  fiind mic,  $+\delta_{d0}^z$  prezintă interes doar la prelucrarea diametrelor foarte mici;*

- *pe parcursul prelucrării are loc și modificarea poziției suprafeței prelucrate față de cea de referință, astfel apare eroarea suplimentară de diametru  $\delta_{d0}$ , provocată de rotirea piesei care este mai mare cu  $+\delta_{d0}$  și o eroare de cilindricitate  $\delta C$  care ca și celelalte erori este alta în diferite planuri ale piesei;*

- *evaluarea influenței deformației sistemului tehnologic elastic se face pe baza preciziei admise a dimensiunii prelucrate, utilizând [4]relația următoare:*

$$\delta_{0st} = \left[ \frac{4}{3\pi} \frac{\sigma}{E_p} A \right]^2 \left( \frac{l_p^2}{d_0^3} \right)^3 \quad (2.2.8)$$

În care:

$\delta$ - este rezistența la așchiere a materialului prelucrat;

$E_p$ - modulul elasticității;  
 A- secțiunea așchii nedetașate;  
 $l_p$  și  $d_0$ - lungimea și diametrul piesei.

**b). Influența vibrațiilor**

Se poate aprecia că sistemul tehnologic este perturbat de mișcarea piesei din rotația precedentă, mai ales dacă aceasta a suferit o perturbare tranzitorie produsă de neregularitatea variabilă contactului de așchiere, prin conturul piesei sau pietrei de rectificat. Prin dezechilibrul sistemului în rotație, sub acțiunea forței centrifuge rezultantă, axa rotației piesei nu rămâne fixa. În timp, ce piesa se rotește odată, axa descrie traiectoria determinată de deformările statice și dinamice ale sistemului tehnologic.

Dacă dinamic sistemul este izotrop, axa de rotație descrie o vibrație circulară întreținută de amplitudine A și frecvență  $f_n = n/60$  Hz, iar dacă este anizotrop, traiectoria este eliptică, ovală sau de formă oarecare. Compunerea vibrațiilor proprii, principale cu cea circulară, generată de forța centrifugă dă naștere la o **tracoidă de vibrații**, care este chiar traiectoria axei de rotație a piesei. Natura ei depinde de forma și parametri vibrației proprii. Dacă aceasta este circulară, traiectoriile de vibrații sunt epi sau hipotroncoide care au ecuații parametrice proprii, caracterizate de termeni și factori care sunt influențați de elemente proprii așchierii.

**c). Transmiterea traiectoriei axei de rotație la suprafața piesei prelucra**

În majoritatea cazurilor, fig.(2.2.19.) numărul maximelor se transmite cu unul mai puțin pentru traiectoriile hipotroncoide și circular translatorice,  $m_f = n_H - 1 = f_p / f_n$ , respectiv cu unul mai mult pentru traiectoriile epitroncoide,  $m_f = n_E + 1 = f_p / f_n$ .

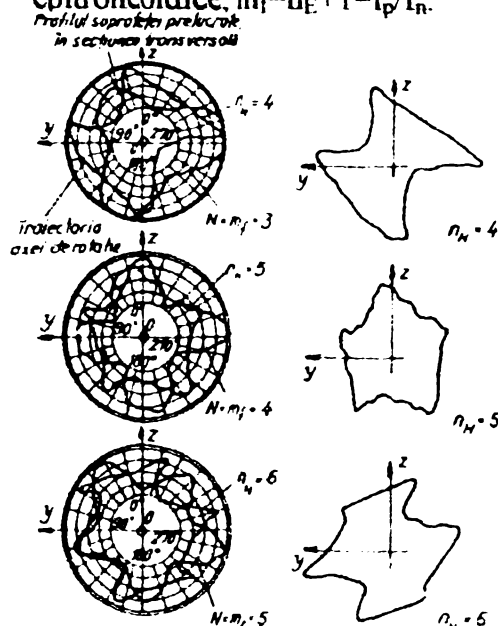


Fig.2.2.19 Transmiterea traiectoriilor axelor de rotație la suprafața prelucrată.

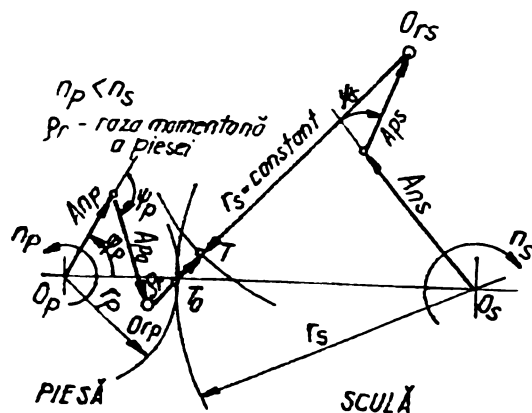


Fig.2.2.20. Variația dinamică a distanței dintre axa de rotație a piesei și axa discului de rectificat.

Numărul maximelor este întotdeauna determinat de raportul frecvențelor vibrațiilor. În consecință axele de rotație ale piesei și sculei nu rămân fixe în timpul prelucrării. Distanța dintre acestea este variabilă ca mărime și direcție, fig.(2.2.20.). Transmiterea traiectoriei axei de rotație la suprafața piesei prelucrate și variabilitatea distanței dintre axele piesei și sculei în timpul prelucrării influențează determinant mărimea semnal deformat în amplitudine și frecvență, conservarea mărimii forței de măsurare și uzura(neuniformă) a suprafețelor contactelor.

Precizia măsurării și stabilitatea comenzilor scad de la o piesă la alta, se măresc dispersia și abaterile de formă geometrică. Erorile de dimensiune, de formă și poziție iau naștere pentru oricare valoare a raportului frecvențelor  $m_f$ .

#### d). Eroarea de rotunjime

Această eroare este considerată a fi consecința apariției vibrației în frecvența proprie. Influența acestui factor se poate exprima prin relația (2.2.9.):

$$R_F = 1/2(d_R - d_i) = (A_n + A_p) - (A_n - A_p) = 2A_p \quad (2.2.9.)$$

în care:

$d_R$ - cercul de diametru minim, tangent exterior cercului;

$d_i$ - cercul de diametru maxim și concentric cercului  $d_R$  și tangent interior conturului piesei fig.(2.2.21.) raportul frecvențelor  $m_f \geq 2$ .

#### e). Eroarea de diametru

Diametrul maxim al piesei prelucrate este  $d_R$ , diametrul reglat al piesei fiind  $d_e = 2\overline{O_R T}$  (fig.2.2.21.), situație în care se constată o eroare dinamică de

$$\text{diametru: } R_D = d_R - 2\overline{O_R T} = 2A_p \quad (2.2.10.)$$

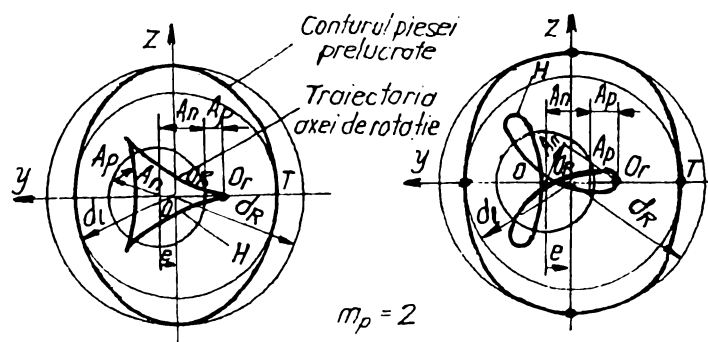


Fig.2.2.21. Conturul prelucrat și traiectoria axei de rotație (epi și hipotrocoică) pentru  $m_f \geq 2$ .

Această eroare nu este legată de eroarea reglării inițiale la cotă, ci tot de vibrația frecvenței proprii.

Pentru a reduce sau evita instabilitatea comenzii de oprire a prelucrării sunt necesare comenzi suplimentare pentru unul sau două paliere de calibrare fără avans, de așchiere sau pentru retragerea întârziată a sculei, declanșată de comanda de oprire a ciclului de prelucrare.

### f). Eroarea dinamică

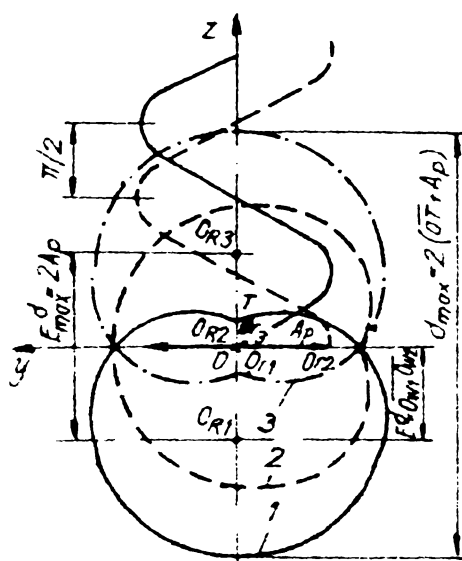
Acest factor de influență sub formă absolută reprezintă eroarea de poziție a conturului prelucrat, în raport cu axa geometrică statică (de reglaj) adică:

$$E^d = O\bar{O}_R = A_p \quad (2.2.11.)$$

Dacă  $\varepsilon=0$ , vibrațiile sunt în fază, (fig.2.2.12.). Dacă  $\varepsilon \neq 0$  adică faza variază, atunci centrul de rotație al conturului prelucrat  $O_R$  ocupă poziții diferite, generând excentricități dinamice relative  $E_i^d = \bar{O}_{R1}\bar{O}_{Ri}$  (fig.2.2.21.)

Când vectorii,  $A_n$  și  $A_p$  sunt defazați cu  $\varepsilon=\pi$  (fig.2.2.22.) se obține relația (2.2.12), care face posibile comentariile următoare:

$$E_{\max}^d = 2A_p; 0 < E^d < 2A_p, \quad (2.2.12.)$$



relația pune în evidență o rotire a profilului prelucrat. În acest caz se pot întâlni următoarele situații distincte :

1). diametrul măsurat în secțiunea N-N este mai mare cu  $R_D=2A_p$ , în lungul generatoarei diametrul va fi și mai mare;

2). dacă variația fazei este întâmplătoare valorile diametrului respectiv ale erorii  $R_D$  vor fi tot mai întâmplătoare și oricum mai mari decât cu  $2A_p$ ;

3). dacă raportul frecvențelor  $m_f$  nu este întreg, rotirea conturului apare continuu, iar centrul  $O_R$  se deplasează pe un cerc de diametru  $2A_p$ , în care caz excentricitatea dinamică

Fig.2.2.22. Variația excentricității dinamice relative relativă intră direct în diametrul prelucrat, cu o eroare de diametru  $R_D=2A_p$ , chiar dacă eroarea de rotunjire și rugozitate sunt neglijabil de mici ( $m_f=1$ ).

### g). Bătăia radială

Acest factor de influență este determinat de traiectoria axei de rotație, de erorile de formă, de precizia centrării și de parametrii vibrației.

Mărimea maximă a bătăii radiale (fig.2.2.23.) corespunde vibrațiilor în fază când și direcția de vibrare coincide cu direcția avansului de așchiere, dată de

$$\text{relația: } B_{r\max}^y = 2 \left[ A_n \left( 1 + \frac{\lambda}{f_n} \right) + B_{rst\max}^y \right] \quad (2.2.13)$$

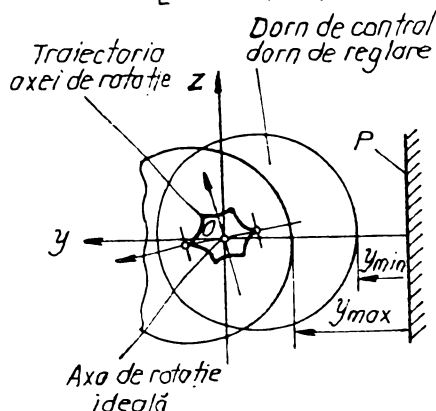


Fig.2.2.23. Bătaia radială determinată de traiectoria axei de rotație.

Bătaia radială influențează numai excentricitatea suprafeței prelucrate, în raport cu cele de prindere sau cu o suprafață prelucrată anterior, în alte condiții. În acest caz, se generează erori de comandă sensibil mai mari decât cele ale reglării inițiale datorate fluctuației captorilor de pe suprafața de prelucrat.

#### h) Eroarea de cilindricitate

În practica tehnologică, această eroare se manifestă ca un factor de influență, fiind o consecință a variației amplitudinii  $A_p$  cu lungimea piesei. Acest factor generează o eroare de cilindricitate variabilă, condiționată de modul de instalare și antrenare, de forma:

$$R_x = \frac{(d_{\max} - d_{\min})}{2}, \quad (2.2.14)$$

Situații similare se întâlnesc și la prelucrarea între vârfuri sau în universal și rezemat pe un vârf de centrare, concretizate în modificări ale axei reale de rotație, care nu mai este cea ideală (fig.2.2.24) și nici nu mai este paralelă generatoarei suprafeței de așchiere. Dacă se ia în considerare deformarea pinolei (fig.2.2.25.) traiectoria axei piesei în reazem rezultă din trei mișcări:

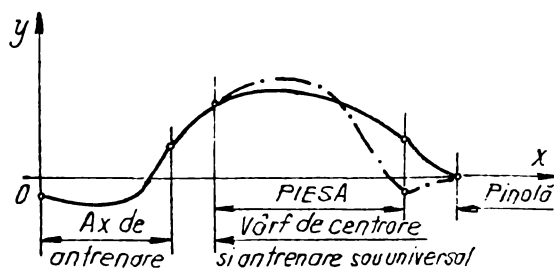


Fig.2.2.24. Deformarea sistemului de instalare la prelucrarea între vârfuri sau universal și vârf de centrare.

1. *eliptică sau translatorică* a pinolei într-un plan oarecare;
2. *circulară* a vârfului de centrare ;
3. *vibratorie* cu frecvență proprie.

Pentru cazul forțelor axiale sau radiale mari, traiectoria axei de rotație în condițiile rezemării piesei se află departe de axa ideală

Ox. (punctele B și B' într-o singură parte). Rezultă o traiectorie *cardioidică* mate-

rializată la suprafața piesei într-un contur eliptic.

Figura (2.2.25) reprezintă comparativ contururile piesei în zona de prindere și antrenare (în secțiunea  $\lambda=1/d_R=1$ ) și în zona de sprijin (în secțiunea  $\lambda=1/d_R=6$ ). Valorile mici pentru amplitudinea ( $A_n$ ) a vibrației forțate și turației ridicate ale

piesei arată tendința de eliminare a influenței abaterii de la forma geometrică transversală prin inerția la măsurare. În concluzie se impune necesitatea

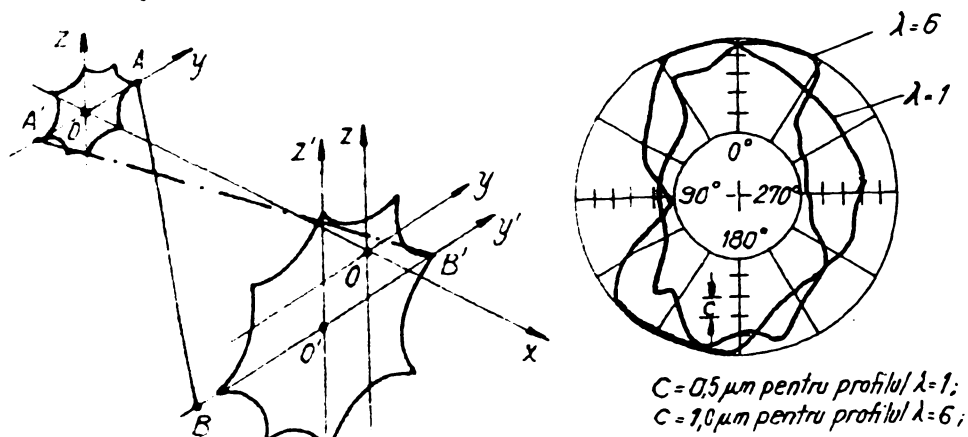


Fig.2.2.25 Traiectoriile axei de rotație și conturul în secțiune ale capetelor piesei la prelucrare, pentru cazul deformării sistemului axă de antrenare-universal-piesă-vârf de centrare.

corecției dinamice a comenzilor de dirijare a prelucrării pentru media variațiilor dimensiunii, incluzându-se de fapt efectul abaterii de la forma geometrică transversală.

### 1) Influența deformațiilor termice

Acest factor pune în evidență trei situații considerate principale:

- *încălzirea zonală în locul sau în apropierea sursei* calorice cu constantă mică în timp, pentru o stare stabilizată sau nu, de circa până în două ore (sculă-piesă-arbore principal);
- *încălzire zonală în locul sau în vecinătatea sursei* calorice cu o constantă mare în timp, pentru o stare stabilizată de circa cinci ore (fundaj și batiul mașinii);
- *influența mediului ambiant* (modificarea temperaturii aerului, a circulației lui, radiații calorice).

Eroarea de temperatura este suma deformațiilor termice liniare  $f_l$  și unghiulare  $\varphi_i$  (fig.2.2.26.)

$$f_{TTC} = \sum f_l^+ - \sum f_l^- + \sum a_k \varphi_k = \sum l_i \alpha_i \Delta \theta_i + \sum a_k \varphi_k \quad (2.2.15)$$

în care:

$\alpha_i$  - reprezintă coeficienții dilatării termice;

$\Delta \theta_i$  - reprezintă diferențele de temperatură;

$l_i$  - dimensiunea liniară a elementelor luate separat.

Eroarea maximă se determină aproximativ prin suma erorilor elementelor separate.

$$f_{i \max} \cong \alpha \Delta \theta \sum l_i + a \varphi \quad (2.2.16.)$$

Deformația termică a piesei prelucrate  $\Delta d_i$ , în funcție de durata prelucrării ei este dată de relația:

$$\Delta d_i = d_\alpha \Delta \theta_i \exp(-K\tau) \quad (2.2.17)$$

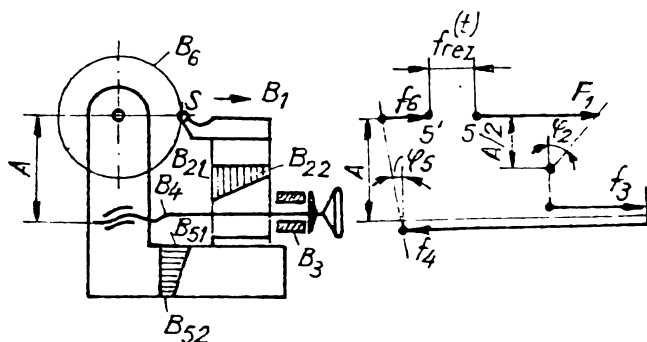


Fig.2.2.26 Schema de calcul a deformației termice a sistemului tehnologic.

în care :

$\Delta\theta$ - diferența de temperatură față de cea de referință;  
 $K$ -coeficient de acoperirea și calitatea suprafeței. În literatura de specialitate [4] sunt acceptate două situații pentru analiza deformației de temperatură a piesei în timpul prelucrării :

- *i1). prelucrarea uscată fără agent de răcire,* deci fără evacuare termică ;
- *i2). prelucrarea umedă, cu agent de răcire,* deci cu evacuare termică.

#### i1). Prelucrarea uscată cu avans transversal

În acest caz, volumul așchiilor degajate prin prelucrare este  $V = \pi db \Delta d$ . În mod similar, se poate exprima și relația de calcul pentru cantitatea de căldură înmagazinată în piesă, de forma:

$$Q_p = VK_\zeta = \pi db \Delta K_\zeta \quad (2.2.18.)$$

unde  $K_\zeta$ - coeficientul de transfer caloric în piesă.

În cazul mașinilor de rectificat, trebuie să se ia în considerare și variația temperaturii piesei prelucrate, care induce erori de dimensiune pentru mijlocul de control, în același timp erorile vor fi și o consecință a variației adaosului de prelucrare, care induce erori suplimentare. În acest context, se poate concluziona că echiparea cu mijloace de control activ a mașinilor de rectificat poate reduce eroarea de temperatură.

#### i2). Prelucrarea umedă cu avans transversal

În acest caz, suprafața prelucrată este chiar suprafața schimbului caloric. Căldura generată în zona de așchiere este parțial absorbită de piesă, iar restul evacuată de lichidul de răcire. În condițiile operației de suprafinisare sau calibrare, nu este permis ca diametrul piesei să se modifice, tocmai de aceea în ciclul prelucrării se prevede un timp de stabilizare a temperaturii, înaintea

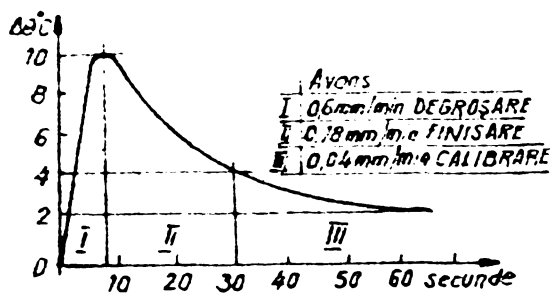


Fig.2.2.27. Modificarea temperaturii piesei în timpul ciclului standard de prelucrare.

atingerii diametrului prescris de prelucrare. Rezultă în aceste condiții că este util un mijloc de control activ cu minimum două comenzi și un releu de temporizare a comenzii de oprire a prelucrării. În exemplu din fig.2.2.27, se reprezintă modificarea temperaturii piesei prelucrate în ciclu standard reprezentativ pentru avansuri diferite și faze diferite ale prelucrării pe utilaje diferite.

#### j) Influența radiației termice asupra mijlocului de control

În literatura de specialitate se consideră creșterea duratei de expunere ca fiind generatoarea erorii suplimentare  $f'_d$  data de relația  $f'_d = -d_c \alpha_c \Delta\theta_f, < f_{at}$  variabilă în timp.

În fig.2.2.28, se reprezintă o soluție de principiu pentru un sistem cu autocompensare a deformației și inducției termice. În fig.2.2.28, se vede că miniterm rezistențele de inerție mică montate în senzor și față de piesa prelucrată sunt conectate la una din ramurile punții de comandă a autocompensării.

Ieșirea diagonalei alimentează printr-un amplificator  $A_1$  una din înfășurările micromotorului (mME) care printr-un minireductor de precizie (mR<sub>p</sub>) deplasează cursorul rezistenței de autoechilibrare  $R_T^{(4)}$ , pentru echilibrarea punții. Deplasarea cursorului este proporțională diferenței de temperatură dintre piesă și senzor. Variația dimensiunii este preluată de modulul de măsurare MM, programat pentru funcția A-B.

Semnalul de compensare  $\pm S_T = const.$   $T_S/T_p$ , aplicat modulului MM, este generat de un convertor inductiv cu reluctanță variabilă al cărui miez este deplasat corespunzător variației de temperatură  $T_p - T_S$  printr-o cremalieră  $C_R$  și un pinion P solidar cu cursorul rezistenței R de echilibrare  $R_T^{(4)}$ .

Prelucrările efectuate pe MU pentru oțel termosensibil, cu diametrul până la 300 mm, au arătat o dispersie de până la 1,5  $\mu\text{m}/100$  piese și variații de temperatură de  $-10 \dots +40^\circ\text{C}$ . Mai sunt cunoscute și soluții [4] care fac referiri față de cazul prelucrării unei piese martor, în condiții de programare pentru un anumit mod de lucru corespunzător unui mijloc de control activ.



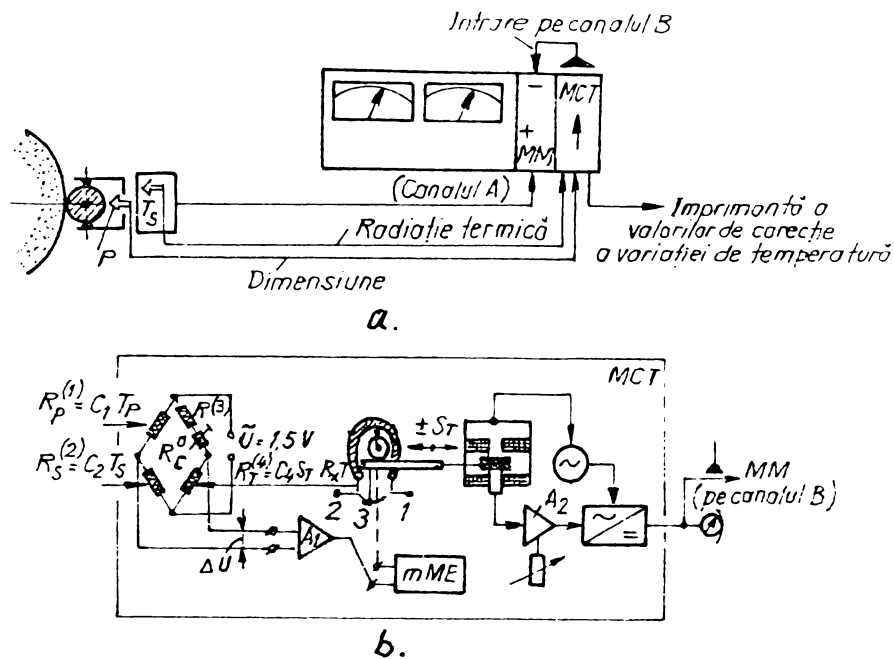
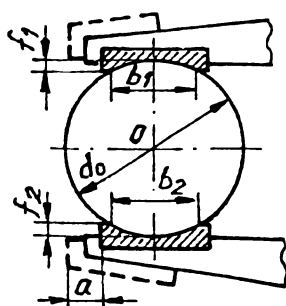


Fig.2.2.28 Controlul operațional, cu compensarea automată aproximativ în timp real, a influențelor termice

**k).Influența uzurii suprafețelor de măsurare a captorilor**

În practica tehnologică, captorii sunt executați din diamant, așchii de diamant, carbură metalică sau mai rar din materiale mineralo-ceramice. Recomandați sunt captorii din carburi metalice(CM) mai ieftini și insensibili la șocuri ca cei din diamant. Pentru captorii utilizați la rectificarea exterioară și captorii transversali(fig.2.2.29.), eroarea generată prin uzare este:

$$f_u = f_1 + f_2 = 2d_0 - \sqrt{d_0^2 - b_1^2} - \sqrt{d_0^2 - b_2^2} \cong (b_1^2 + b_2^2)/(2d_0) \quad (2.2.19)$$



În practică sunt cunoscute diferite soluții pentru compensarea uzurii, de exemplu în cazul soluției din fig.(2.2.30). La uzura treptată a captorului , contactul electric pentru comanda de oprire a ciclului de prelucrare se închide din ce în ce mai repede, situație în care dimensiunea piesei a crescut. Soluția are dezavantajul instabilității dinamice, fiind elocventă în varianta din fig.(2.2.30.).

Fig.2.2.29Eroarea de măsurare la folosirea captorilor uzați Dimensiunea de măsurare este transformată în tensiunea  $U_{DM}$  cu ajutorul traductorului inductiv montat în senzor și cuplat la puntea formată din bobinajele convertorului și de

rezistențele  $R$  și  $R_0E$ . Tensiunea din diagonala punții este amplificată de blocul BA. Tensiunea de ieșire  $u_e$ , proporțională variației dimensiunii piesei, acționează elementele de comandă EC1 și EC2 pentru decuplarea mașinii când  $u_e=0$ . Senzorul este retras automat de cilindrul hidraulic și captorii cuprind etalonul ET cu diametrul  $d_0$ .

Uzura captorilor (și eroarea de temperatură) dezechilibrează puntea și la ieșirea amplificatorului BA apare o tensiune  $u_e < \text{sau} > 0$ . Sub acțiunea acestei tensiuni releul tripозиțional RTP prin elementele de comandă EC activează

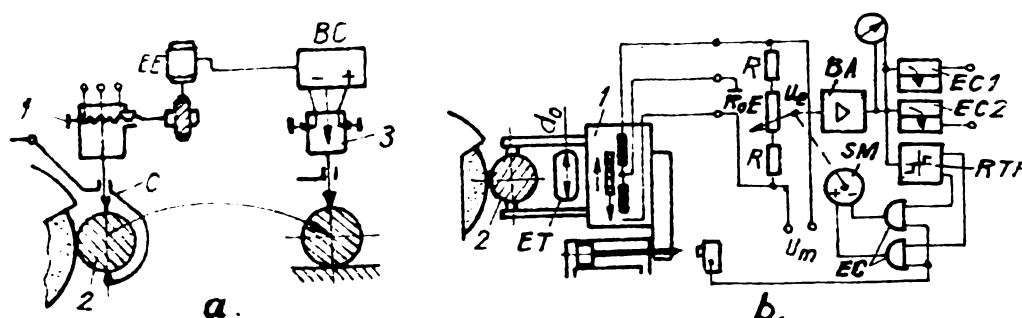


Fig. 2.2.30 Compensarea uzurii suprafeței contactelor de măsurare.

Servomotorul SM care echilibrează automat puntea cu ajutorul rezistenței  $R_0E$  și  $R$ . Compensarea uzurii se realizează numai în timpul schimbării piesei de prelucrat. Principalul avantaj al soluției este acela că etalonul este supus direct aceluiași influențe ca și piesa. Totuși, aceste soluții au marele dezavantaj deoarece compensarea uzurii sculei include în mărimea corecției și erorile aleatoare de execuție și măsurare. De aceea pentru a evita rebuturile, corecția trebuie făcută după prelucrarea fiecărei piese și nu la intervale prestabilite.

#### 2.2.2.4. Mijloace referențiale de control activ pentru rectificarea suprafețelor discontinue

##### 2.2.2.4.1 Generalități

Aceste mijloace au cea mai largă aplicabilitate în fabricație datorită simplității și eficienței economice agreate îndeosebi pentru cazul fabricației de serie mare. Clasificarea acestor mijloace are la bază următoarele criterii:

a). **numărului de contacte ale senzorului** cu piesa de măsurat, care poate fi:

- **cu unul** - control după variația razei sau lungimii;
- **cu două sau trei** - control după variația diametrului sau a diferenței între două suprafețe prelucrate succesiv, sau concomitent.

b). **forma geometrică a suprafeței prelucrate** (cilindrică, conică, plană etc.), în prezent tendința generală este orientată către soluția cu doi captori derivați prin asamblare modulară, iar pentru cei cu un captor tendința constructivă este spre o poziție compactă (într-o carcasă compactă comună),

pentru diametre între  $\Phi d=3...300$  și carcasă detașată pentru diametre  $\Phi d>100$  mm.

În funcție de numărul de contacte ale reperului cu piesa de măsurat sunt cunoscute:

- **mijloace(senzori) cu un contact**, utilizate pentru controlul înainte, în timpul sau după prelucrare, Fig.(2.2.31) ( cazul controlului operațional). Acest mijloc este recomandat pentru piese rigide și relativ scurte ( cu consolă mică) cu precizia de prelucrare în limite clasei a 2-a și mai mică pentru prinderea între vârfuri ;

- **mijloace (senzori) cu două contacte**. Acest mijloc este utilizat în timpul prelucrării sau după aceea având ca principal avantaj precizia măsurării (care nu este influențată de deformarea STE).

În marea majoritatea cazurilor, senzorii cu două contacte lucrează în ciclul automat de apropiere și retragere față de piesă.

Pentru cazul prelucrării la rectificarea exterioară instalarea senzorului se face pe masa mașinii sau păpușa pietrei (fig.2.2.32) Cea mai des utilizată este soluția instalării pe masa mașinii cu angajare din fața sau spatele pietrei fig.2.2.32(a) și fig.2.2.32. (b) Instalarea senzorilor pe păpușa pietrei sau batiul (fig.2.2.32.c,d, )oferă posibilitatea controlului cu avansul longitudinal al piesei, permițând și corecția de conicitate. La prelucrarea interioară instalarea senzorului este impusă de jocul dintre alezaj și piatră.

În funcție de aplicabilitate senzorii cu doi captori se întâlnesc în variantele:

- pentru rectificarea exterioară;
- pentru rectificarea interioară ;
- rectificarea universală.

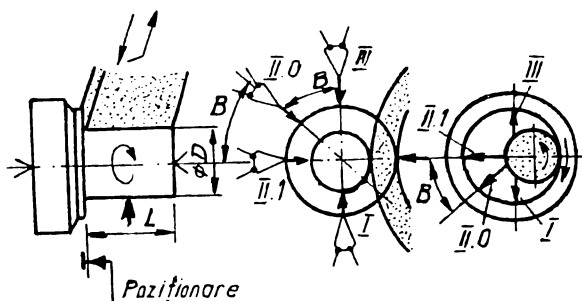


Fig.2.2.31. Cazuri de instalare ale senzorilor cu un captor.

Aceste situații sunt caracterizate de aceea că numai palpatorii sunt specifici tipului de operație.

- **mijloace (senzori) cu trei contacte** Aceste sisteme asigură controlul după variația diametrului, situație în care sunt influențate semnificativ de deformarea STE și perturbatorii de așchiere și vecinătate.

Principalul dezavantaj al senzorilor cu trei contacte este aducerea

și scoaterea manuală din poziția de măsurare. Precizia prelucrării este de  $\pm 1,5...2\mu m$  pentru cazul echipării senzorilor cu traductoare inductive. Utilizarea senzorilor cu trei contacte pe MU automate sau semiautomate a complicat construcția suportului senzorului și a introdus organe de execuție dificile pentru automatizarea aducerii și retragerii din spațiul de măsurare. În aceste condiții cazul cel mai des întâlnit este al automatizării pentru retragerea și ridicarea senzorului în poziția de așteptare, soluția constructivă fiind a

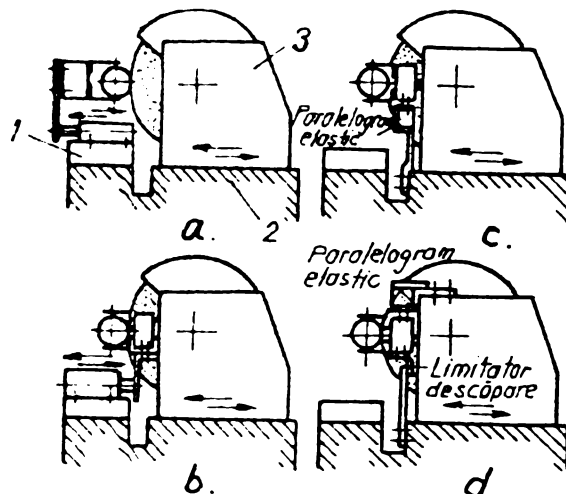


Fig.2.2.32. Instalarea senzorilor cu două contacte pentru cazul rectificării exterioare.

suportului cu potcoavă.

#### 2.2.2.4.2. Controlul activ al pieselor cu secțiune transversală necirculară

În condițiile prelucrării pieselor necirculare după secțiunea transversală (fig.2.2.33) la prelucrare sunt semnificative :

- diametrul sau raza înscrierii la interior;
- mărimea minimă și deviația conturului pe perimetru .

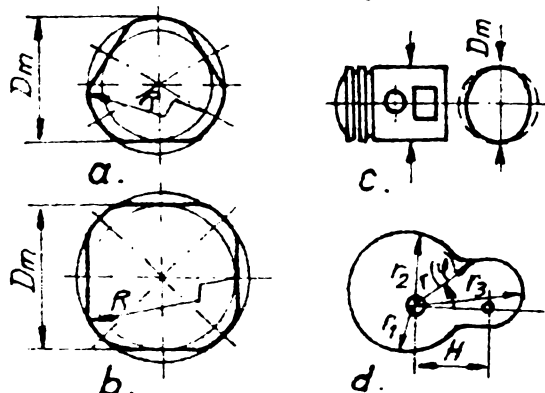
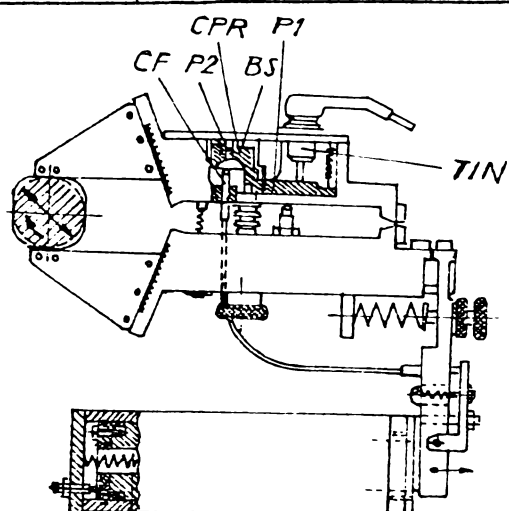


Fig.2.2.33. Exemple de piese necirculare prelucrate în construcția de mașini.

Controlul acestor piese se face cu mijloace formate din senzor cu unul sau două contacte cu frânare hidraulică și blocuri de afișare și comandă cu memorare electronică sau pneumatică în verigă dublă sau simplă. În fig. (2.2.34), se prezintă soluția construcției senzorului pentru controlul arborilor poligonali.

Pentru a putea măsura constant diametrul configurației înscrise senzorul este echipat cu memorie mecanică. Limitatorul prereglat LPR transmite variația diametrului minim prin pârghia P1 traductorului inductiv TIN. Cursa pârghiei P1 se va mări constant, situație în care bila de sprijin BS al unui cap al acestei pârghii coboară preîntâmpinând rotirea inversă a pârghiei P1, asigurând mișcarea liniștită a indicatorului și inserierea comenzilor de divizare a prelucrării.



Ffig 2.2.34. Soluție constructivă pentru controlul activ la prelucrarea pieselor necirculare.

La terminarea ciclului ,prin pârghia P2 acționată de cablul flexibil CF bila BS se readuce în poziția inițială pentru prelucrarea piesei următoare .

Controlul activ al pieselor cu secțiunea transversală necirculară, sau parțial circulară deseori se rezolvă prin aplicarea soluției cu memorarea discretă a semnalului de măsurare prin suprapunerea semnalelor incorecte. În această situație se realizează comanda opririi prelucrării la  $z = \Delta d = 0$  bazat pe semnalul unui traductor cu un contact.

## 2.2.2. 5. Mijloace de control activ pentru diverse procedee de prelucrare prin așchiere

### 2.2.2.5.1. Prelucrarea prin honuire

Operația de control activ [114] în timpul honuirii este o problemă dificilă deoarece honul nu permite în timpul honuirii un acces ușor al captoarelor senzorialului, tocmai de aceea în tabelul 2.2.2. sunt prezentate posibilitățile de control. Condițiile controlului activ direct sau indirect se exprimă prin compensarea în limite destul de largi a plăcuțelor de honuire. Controlul cu captori mecanici sau pneumatici se utilizează diferențiat, în funcție de soluția constructivă și adaosul prelucrat. La măsurarea mecanică sau pneumatică se utilizează un număr de trei captoare dispuse la  $120^{\circ}$ , mai perfecționate ca soluție constructivă sunt aparatele hidraulice (Barness Drill-SUA, fig.2.3.25) care utilizează ca suport informațional petrolul de răcire într-o schemă diferențială, de măsurare cu alimentare prin refulare sub presiune. Pentru o bună funcționare este necesară termostatarea și filtrarea permanentă a petrolului de răcire. În care condiții eroarea de măsurare și comanda este de  $0.03 \dots 0.05 \text{mm}$  pe parcursul a doua reglaje într-un schimb de hon Dintre construcțiile honului cu captori incluși certificarea sigură în utilizare au găsit-o cele cu contact vibrator ,cu captor mecanic și traductor inductiv.

În construcția din fig.2.2.36., traductorul este fixat la partea inferioară a honului care se și translatează o dată cu acesta (cv) diametral opus rezemării, se fixează pe corpul honului în canalele dintre pietrele abrazive. Forța de măsurare este generată pe contactul de măsurare pe un arc lamelar pretensionat

Tab 2.2.2 Posibilități tehnologice de control activ la honuire

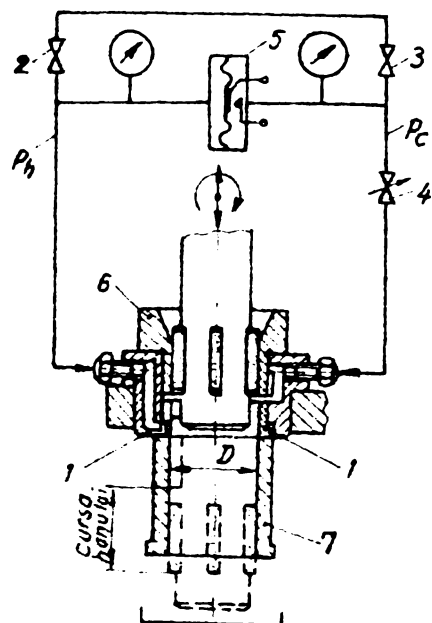
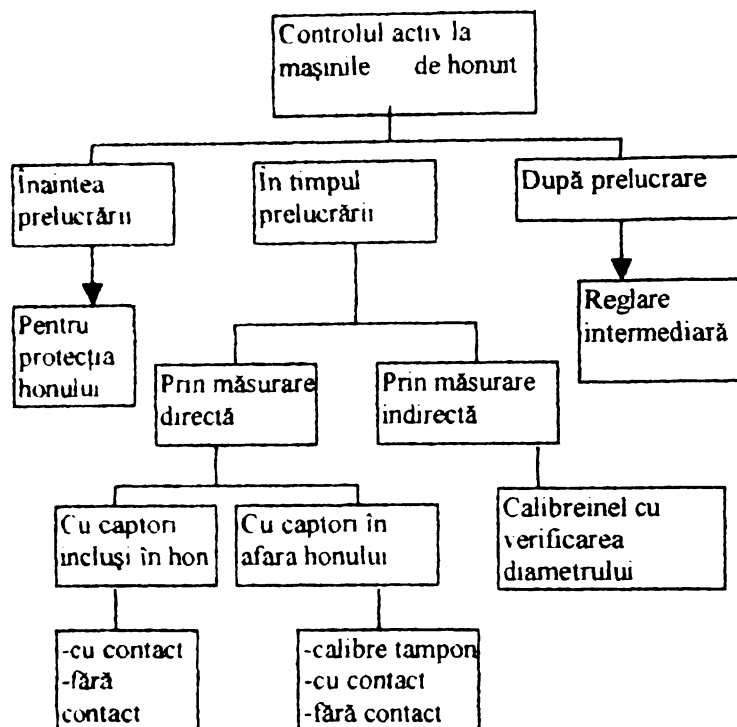


Fig.2.2.35 Soluție constructivă pentru captor mecanic tip Barness Drill-SUA.

și fixat sub acesta pe un canal practic în corpul honului între plăcuțe, face ca prin încovoierea articulației lamelare de fixare a traductorului, contactul vibrator să capete amplitudinea necesară de oscilație inițială și variabilă proporțională pe parcursul prelucrării adaosului. Pe măsura creșterii diametrului alezajului, contactul de rezemare și cel vibrator se îndepărtează unul de celălalt proporțional cu variația diametrului. Îndepărtarea este înregistrată de traductor inițindu-se automat pe parcurs comenzile intermediare pentru avansul radial al plăcuțelor honului și oprirea mașinii la atingerea diametrului prescris. Traductorul este alimentat prin intermediul unui inel colector fixat pe axul honului și al unui cablu plasat într-unul din canalele dintre pietrele abrazive.

Construcția honului cu captori pneumatici sau hidraulici în diverse variante a căpătat acceptabilitate prin simplitatea constructivă și întreținerea ușoară.

Construcțiile cu captori mecanici (sferici sau cu plăci flotante) au dezavantajul uzării acestora chiar dacă sunt placați sau executați integral din carbură metalică.

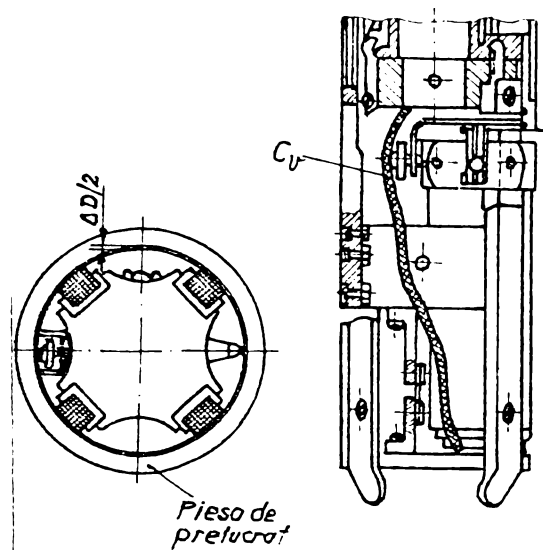


Fig.2.2.36. Soluție constructivă pentru hon cu traductori cu contact vibrator.

adapative, care în principiu asigură îmbunătățirea calitativă a prelucrării, creșterea capacității de producție până la 60% și o uzură mai mică cu 50-55 % a plăcuțelor abrazive.

Însă au avantajul controlului alezajelor discontinue (variante cu plăci flotante) gen cămăși de cilindru de motor în doi timpi, cămăși pistoane cu sertare etc. Pentru a evita efectul pneumatic de cădere a presiunii la parcurgerea discontinuității de către duzele de măsurare, sistemul trebuie echipat cu o riglă de sincronizare a semnalului de măsurare. Corecția abaterilor de la forma cilindrică în timpul prelucrării la controlul cu *captoare incluși* în hon se realizează

cu o schemă asemănătoare comenzii

#### 2.2.2.5.2 Controlul activ la prelucrarea prin strunjire. Compensarea automată a uzurii sculei

În principal controlul activ la strunjire este un reglor intermediar într-un contur închis manual sau automat (fig.2.2.38.) și numai în anumite cazuri este întreruptor urmărind compensarea erorilor sistematice generate de uzura cuțitului și deformarea termică și elastică a sistemului tehnologic.

Eroarea sistematică de obicei apare în același sens în limitele unui lot fiind suficientă reglarea intermediară pe baza unei singure limite (fig.2.2.38.c.), după apariția a 3 ...5 situații de necesitate. În fig.2.2.38.(a) este prezentată comanda și măsurarea manuală, iar în fig.2.2.38.(b). comanda și măsurarea automată. Așa cum rezultă din fig.(2.2.37.) la majoritatea mașinilor-unelte standard (strunguri) domină ca aplicabilitate controlul activ indirect.

Controlul activ operațional sau postoperațional pentru *compensarea automată a uzurii sculei*, în *regim autoadaptiv* formează o grupă de aplicație aparte pentru strunjirea de precizie și alezarea cu cuțit. Un prim exemplu este cel din fig.2.2.39. pentru diametrul și corecția abaterii de formă, o aplicație aparte pentru strunjirea de precizie și alezarea cu cuțit. Un alt exemplu (fig.2.2.39.) este pentru diametrul și corecția abaterii de formă longitudinală și sau transversală. Măsurarea diametrului se face cu un sistem pneumohidraulic de urmărire format dintr-o riglă binară sau un inductosyn liniar, un cursor de citire și o punte de trei captoare pneumatice. În funcționare regulatorul adaptiv

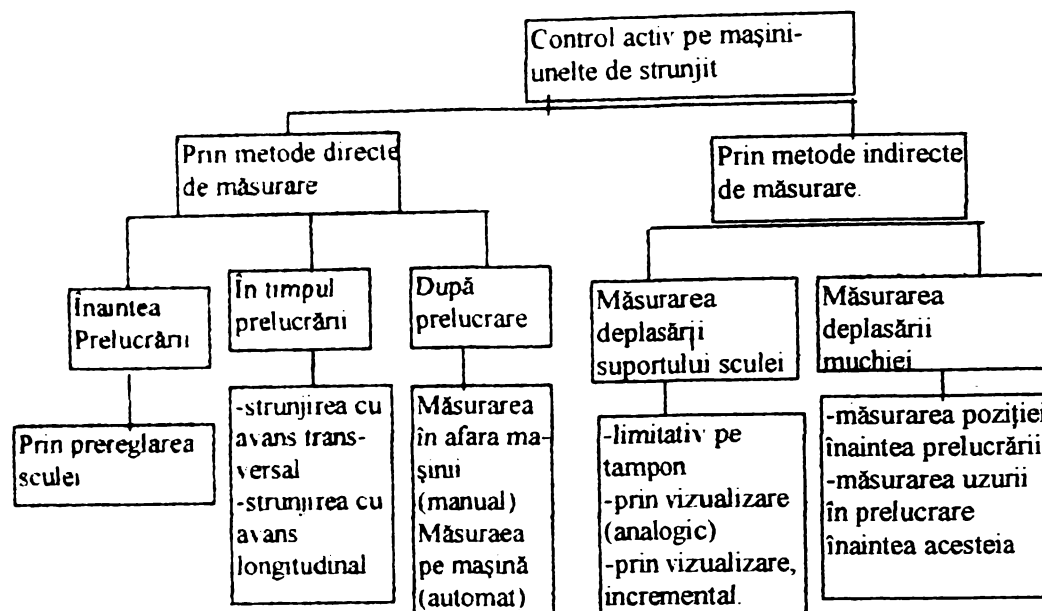


Fig 2.2.37 Clasificarea metodelor (mijloacelor) de control activ la prelucrarea prin strunjire

menține suma jocurilor  $z_1 + z_3$  într-un interval prescris. Deplasarea transversală a cuțitului se afișează digital pe indicatorul ID prin citirea riglei de pe sania port-cuțit cu un cursor de citire montat pe suportul duzei mobile  $z_3$ . Suportul duzei este deplasat de transmisia de urmărire cu banda metalică BM

Prin uzura cuțitului, diametrul piesei  $d$  se modifică. Regulatorul adaptiv compensează automat eroarea prin uzare, prin avansul hidraulic, comandat al suportului cuțit până când  $z_1 = z_1 + uzura + z_2$  după care se compensează automat eroarea prin uzare, prin avansul hidraulic, comandat al suportului cuțit până când  $z_1 = z_1 + uzura + z_2$  după care se intră automat în avansul transversal de așchiere.  $\pm 10\mu\text{m}$  pentru diametre de până la 125mm este  $\pm 5\mu\text{m}$ . Abaterile de la forma cilindrică este de până la  $0.2 \mu\text{m}/500\text{mm}$ .

Corectarea abaterii de la circularitate și de la cilindricitate se realizează pe baza semnalelor de urmărire date de duza  $z$  după realizarea compensării uzurii.

Servosistemul format din servodistribuitoarea P / Y și servocilindrul de avans transversal realizează circuite de corecție pe baza informațiilor de urmărire a dezacordului între valorile prescrise și cele efective date de regulatorul adaptiv care este prevăzut pentru această funcție cu o punte de comparație. În cazul prelucrării diametrelor mai mari de 50 mm, controlul activ se rezolvă cu compensarea uzurii cuțitului și corectarea abaterilor de la formă în secțiune transversală și/sau longitudinală (fig.2.2.39.b.) Măsurarea se execută cu trei duze instalate la  $120^\circ$ . Practic compensarea uzurii se realizează după variația interstițiului  $\bar{z} = \frac{z_1 + z_2 + z_3}{3}$ .



2. STADIUL ACTUAL TEHNIC ȘI ȘTIINȚIFIC AL CONCEPTULUI PREREGLĂRII ȘI REGLĂRII SCULELOR ȘI PORTSCULELOR ÎN SISTEMELE DE FABRICAȚIE FLEXIBILE

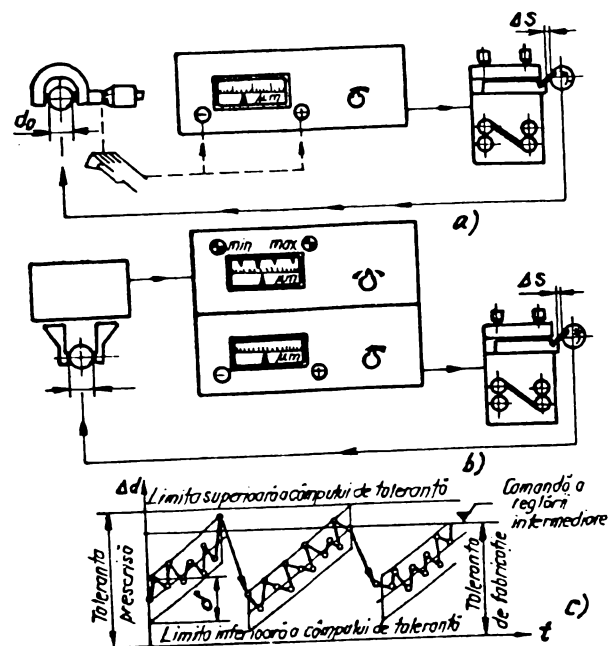


Fig.2.2.38. Controlul activ pentru strung. Comanda și măsurarea manuală (Fig.2.2.38.a); comanda și măsurarea automată (Fig.2.2.38.b); variația diametrului în timpul reglărilor intermediare (Fig.2.2.38.c).

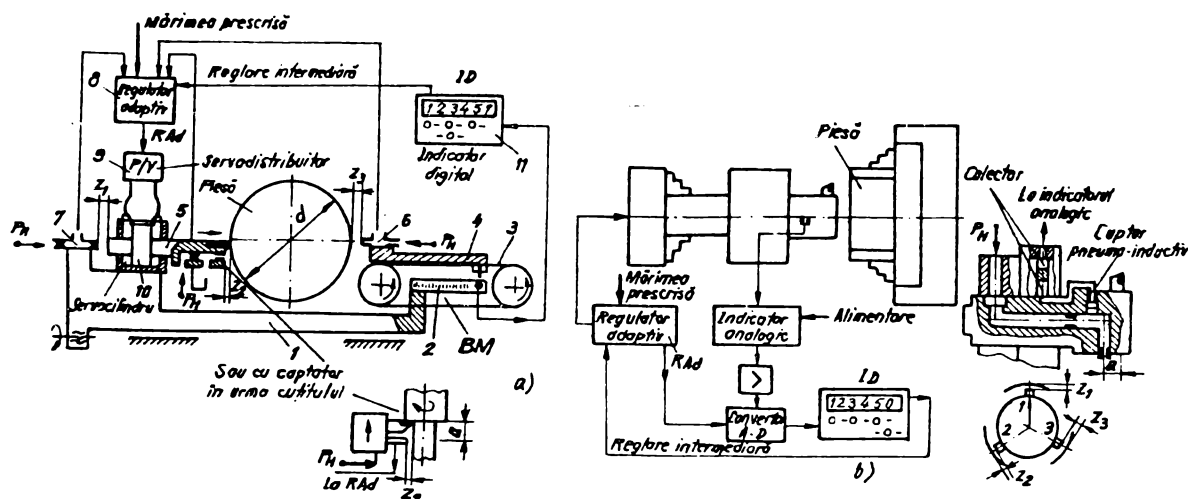


Fig.2.2.39. Instalații de control activ în timpul prelucrării cu reglare intermediară pentru strungurile automate.

**Controlul activ postoperațional**, furnizor de informații pentru comenzi de reglare intermediară în contur discret închis, cu sau fără întârziere are cea mai largă aplicabilitate pentru strungurile automate mono sau multi-ax și revolver. Pentru exemplificare, în figura 2.2.40. se prezintă cazul unui strung automat cu un magazin de 10 scule pentru care compensarea uzurii fiecărei scule are loc în trepte de  $12.5 \mu\text{m}$  până la uzura totală de  $75 \mu\text{m}$  (variația maximă a diametrului  $15 \mu\text{m}$ ). Când dimensiunea piesei se apropie de limita superioară de control, ca urmare a impulsului de comandă format, sania transversală se deplasează spre linia vârfului strungului.

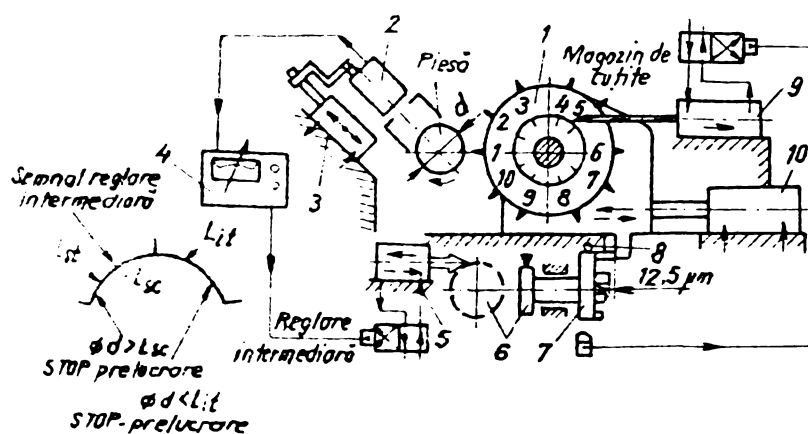


Fig 2 2 40) Automatizarea prelucrării pe strunguri automate cu compensarea uzurii cuțitelor.

Cursa ei este limitată de către opritorul rotativ multiplu care în prealabil a fost rotit cu  $60^\circ$  printr-un mecanism de pas la comanda de reglare. Opritorul rotativ are 6 limitatoare de cursă. Diferența de lungime între două limitatoare succesive în sensul de rotație este de  $12.5\mu\text{m}$ . Prelucrarea după reglarea intermediară este mai mică (sau mai mare) cu  $25\mu\text{m}$  decât precedenta. La rotirea completă a opritorului prin multiplu ( $6 \times 60 = 360^\circ$ ), la uzura totală a cuțitului ( $12.5\mu\text{m} \times 6 = 75\mu\text{m}$ ) întrerupătorul I comandă mecanismul de pas pentru rotirea cu  $36^\circ$  a magazinului de scule corespunzător cuțitului următor. Reglarea intermediară continuă până când toate cuțitele se uzează după care un opritor fixat pe tamburul magazinului acționează un întrerupător de limită care oprește mașina.

Procedeul este condiționat de precizia poziționării reciproce a cuțitelor. Bătăia radială a tășurilor cuțitelor în stare montată nu trebuie să fie mai mare de  $5\mu\text{m}$ .

Compensarea uzurii cuțitului prin efectul termic (fig.2.2.41.), la acest sistem piesa măsurată pentru prelucrare furnizează mărimea uzurii cuțitului.

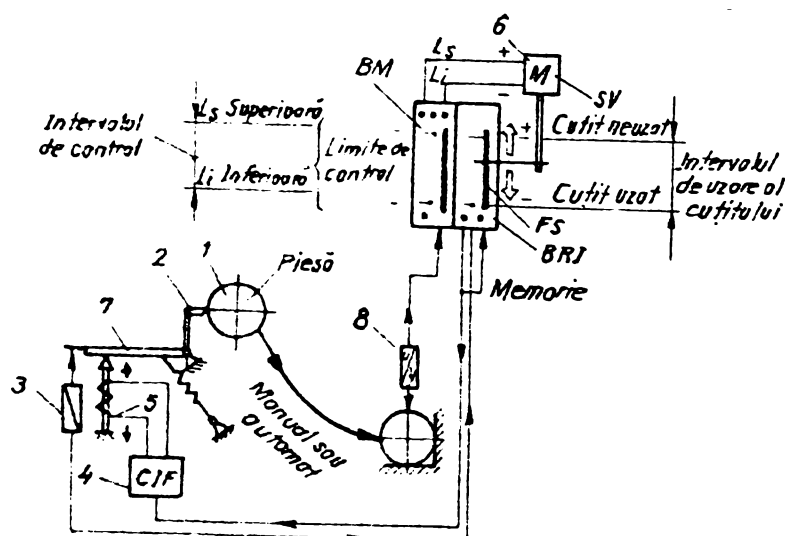


Fig.2.2.41. Reglarea intermediară pentru compensarea uzurii cuțitului prin efect termic.

Poziția cuțitului fiind controlată permanent cu traductori inductivi. Dacă dimensiunea piesei este în afara sau la limitele intervalelor de control, blocul de măsurare BM activează servomotorul SV care deplasează corespunzător fotosenzorul FS față de banda indicatoare luminoasă a blocului de comandă a reglării intermediare BRI și ca urmare prin blocul CIF se mărește (sau micșorează) încălzirea pivotului 4 (din oțel termosensibil) compensându-se uzura cuțitului C2 prin rotirea pârghiei PC.

Încetarea încălzirii și menținerea nivelului prin memoria blocului BRI este comandată de dispariția coincidenței dintre fotosenzorul FS și banda indicatoare luminoasă ca urmare a semnalului traductorului TM de măsurarea deplasării capului pârghiei de compensare PC. Dispersia dimensiunii prelucrate este de 0.02mm/100 de piese, cursa de compensare a uzurii cuțitului este de 150μm în trepte de minim 5μ.

### 2.2.2.5.3. Controlul activ la prelucrarea roților dințate

Controlul roților dințate prelucrate (fig.2.2.42.) , este aproape în toate cazurile *postoperațional*. Se realizează după mărimea diametrului de divizare cu trei semnale, două corespunzătoare limitelor câmpului de toleranță pentru sortare iar cel de-al treilea pentru reglare intermediară după limita superioară a câmpului de control .Pentru sortare pot fi prevăzute și mai mult de două semnale: *prea mic* , *bun<sup>-</sup>* , *bun* , *bun<sup>+</sup>* , *prea mare*.

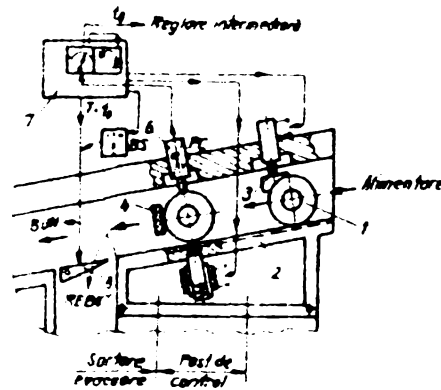
Reglarea intermediară a mașinii are loc pe măsura uzării frezei în limitele a 10...50μm în funcție de precizia necesară în direcția axială și / sau radială . După prelucrare, roata dințată unu se transferă prin rostogolire liberă pe cremaliera înclinată 2 în postul de control PC prin eliberarea zăvorului alimentatorului electromagnetic 3 .

Postul de control are alimentator pentru că timpul de măsurare este mult mai mic decât cel de prelucrare .

La oprirea rostogolirii roții dințate cu opritorul 4, sub aceasta în golul dintre dinți pătrunde reazemul conic de ridicare cu unghiul de deschidere  $2\alpha_0$  ( $\alpha_0$  este unghiul de angrenare).

Cursa lui este aceeași oricare ar fi mărimea diametrului de divizare așa încât cursa captorului (sferic sau conic) este determinată de mărimea abaterii. Reglarea măsurării este referențială și se face cu o roată etalon sau cu o cală. După măsurare roata este reșezată pe cremalieră odată cu transmiterea semnalului de sortare și activarea trapei de primire corespunzătoare din blocul de selecție BS.

Opritorul roții este retras și roata verificată ajunge apoi prin rostogolire liberă în buncărul de colectare . La trei rebuturi succesive mașina de danturat este oprită automat și operatorul avertizat. Pentru rezemarea și măsurarea diametru-



lui de divizare (fig.2.2.43.) se utilizează vârfuri sferice sau tronconice(tangențiale) și mai rar cilindrice. Pentru o așezare oarecare a captorului pe flancurile golului mărimea măsurată este:

$$M_{z=par}^{nom} = 2r_x + r_c \text{ sau } M_{z=imp}^{nom} =$$

$$2r_x \cos\left(\frac{90}{z}\right) + r_c \quad (2.2.20)$$

Fig 2.2.42 Transferul, operațiile, măsurarea diametrului de divizare și reglarea intermediară la mașinile de danturat în care  $r_x = r_c \cos \alpha_n / \cos \alpha_x$  reprezintă distanța dintre axa captorului (sferic sau cilindric,

real sau ipotetic) și raza captorului standardizată ( $r_c$ ) luată în funcție de mărimea modulului roții de prelucrat. Măsurarea diametrului de divizare tot după prelucrarea prin angrenare fără joc la o rotație completă a roții prelucrate cu o roată etalon, (fig.2.2.44) este mai comodă.

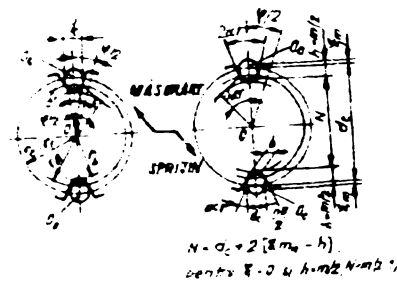


Fig 2.2.43 Măsurarea diametrului de divizare (rostogolire) cu captoare sferice, cilindrice sau tronconice

Variația diametrului de divizare se apreciază indirect prin variația distanței  $A_m$  dintre axele roților, unde RE este roata etalon și RM este roata dințată de verificat pentru variația diametrului de divizare. Reglarea limitelor de sortare se face după mărimea abaterilor distanței  $A_m$ ,  $A_{AmS}$  și  $A_{Ami}$  iar cea a semnalului de reglare intermediară după mărimea

abaterii superioare  $A_{AmS}$  ca și în cazul precedent prin impulsuri mici.

Dezavantajul procedeelelor de mai sus este că semnalul de reglare intermediară radială este în parte determinat de abaterea grosimii dintelui și de mărimea golului dintre dinți. De obicei ele sunt mai mari decât abaterea pasului și a formei dintelui. Prelucrarea roților dințate prin rostogolire cere două semnale de reglare intermediară, unul în direcție

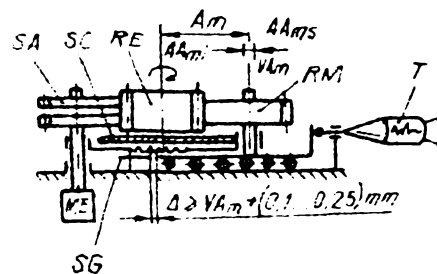


Fig 2.2.44. Transferul, operațiile și măsurarea variației diametrului de divizare prin angrenarea fără joc cu roată etalon

radială și celălalt în direcție axială. Ele sunt obținute prin controlul parametrului corespunzător, mărimea diametrului (sau a razei) de divizare și deplasarea flancului (fig.2.2.45.) Controlul are loc după prelucrarea și retragerea frezei, fără

transferul piesei într-un post anume de control. Analog este și controlul la mașinile de șeveruit

dar reglarea intermediară este numai cu impulsuri mici. Aceste mașini sunt sensibile la variația mărimii adaosului de prelucrare.

*Controlul activ indirect al roților dințate* se practică de regulă pe mașinile de rectificat dantura prin procedeul MAAG- Elveția (fig.2.2.46.). Reglarea

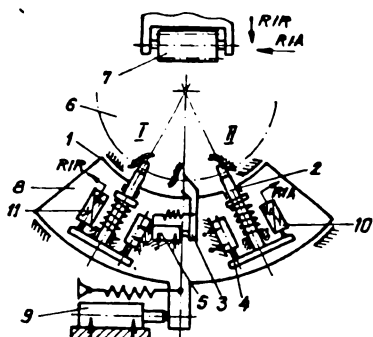


Fig.2.2.45. Aparatul de control activ pentru reglarea intermediară axială (RIA) și radială (RIR).

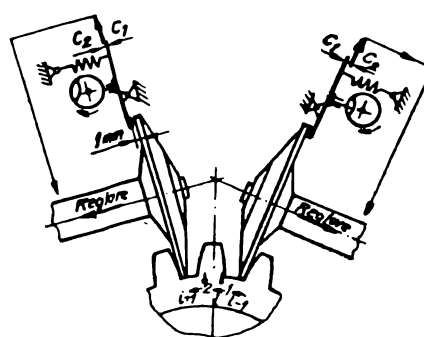


Fig.2.2.46 Aparatul de control activ indirect pentru roțile dințate prelucrate prin procedeul MAAG -Elveția

intermediară specifică acestor prelucrări cu două pietre de rectificat este axială, independentă pentru fiecare piatră. Uzura pietrelor se controlează în parte în timpul prelucrării fiecărui dinte prin stabilirea automată a contactului de măsurare după câte 5s cu ajutorul unor came sincronizate.

Captoarele sunt executate din granulă de diamant pentru evitarea influenței uzurii asupra formării semnalului de reglare intermediară.

Dacă piatra este uzată, contactele C se închid, iar captorul nu mai atinge suprafața acesteia. Pentru fiecare închidere a contactelor se realizează o reglare intermediară de 1  $\mu$ m. timp de 5s Dacă piatra este uzată , contactele C se închid, iar captorul nu mai atinge suprafața acesteia. Pentru fiecare închidere a contactelor se realizează

o reglare intermediară de 1  $\mu$ m. Intervalul maxim de reglare este de 1 mm (1000 de reglări intermediare) Împrăștierea dimensiunii grosimii dinților, măsurată pe coarda constantă este  $\pm 8 \dots 12 \mu$ m.

## 2.2.2.6.Considerații asupra sistemelor de comandă adaptivă, din compunerea mașinilor-unelte

### 2.2.2.6.1. Generalități

În condițiile fabricației[3],[11],[21],32],59], moderne, asistate de echipamente de calcul electronic, se constată că prelucrarea pe mașini-unelte cu sisteme de comandă adaptivă (SCA) reprezintă un nivel de performanță,

pentru care se pot evidenția cu ușurință următoarele avantaje tehnico-economice: **stabilirea realistă a parametrilor așchierii**, îndeosebi pentru procedeele de prelucrare cu un evident caracter tranzitoriu; creșterea preciziei de prelucrare; protejarea sculei așchietoare și a mașinii-unelte la suprasarcini; **corelarea regimului de așchiere** stabilit prin SCA cu un criteriu de performanță dorit; **aplicarea soluției constructive a SCA** în cazul celulelor flexibile, a liniilor flexibile de fabricație mai ales în cazul utilizării unor mașini-unelte cu comenzi numerice.

Analiza soluțiilor constructive pentru SCA pune în evidență rigoarea științifică a acestora precum și principiile de bază ale proiectării, prin care se realizează și controlul complex al produsului prelucrării.

#### 2.2.2.6.2. Sisteme de comandă adaptivă pentru mașini-unelte de frezat

Procedeul prelucrării prin frezare considerat de tip tranzitoriu, reclamă soluții performante precum cele ce urmează a fi analizate:

- **a) instalația de laborator**, proiectată și realizată la Universitatea din Brașov de către prof. dr. ing. Ghe. Boianțiu, controlează și reglează automat regimul de așchiere la o mașină-unelte de prelucrat prin frezare.

Soluția constructivă[3] pune(fig.2.2.47.) în evidență existența a două bucle de reglare, una pentru avans și una pentru viteza de așchiere, fiecare buclă fiind atribuită unei mărimi de intrare diferită. Bucla pentru reglarea avansului are drept mărime de intrare componenta tangențială a forței de frezare, măsurată cu traductorul TFT și realizează menținerea constantă a acestei forțe, prin reglarea în ambele sensuri a mărimii reglate care este de fapt viteza de avans[4]. Comanda vitezei de avans se face cu amplidina A. În aceste condiții în funcție de viteza de avans( $v_f$ ) instalată, măsurată prin intermediul tahogeneratorului TG2 se reglează într-o buclă deschisă prin intermediul motorului M1, turația ( $n_p$ ) a arborelui principal(AP), de fapt se reglează viteza de așchiere( $v$ ). Această soluție nu rezolvă problemele care privesc exclusiv stabilirea avansului tehnologic maxim ( $f_{max}$ ), dar pune în evidență avantajul prelucrării cu forță tangențială constantă comparativ cu prelucrarea clasică cu  $v_f$  și  $v$  constante.

- **b) comparativ cu această soluție a unui SCA** aplicat la o mașină de frezat universală, cercetătorul maghiar M Acs [5] a realizat cercetarea pentru cazul mașinii de frezat verticală. În fig. (2.2.48.) este redată schema bloc a instalației la care s-a avut în vedere în principal mărirea preciziei dimensionale la prelucrare, de aceea sistemul a fost prevăzut cu o a doua buclă de reglare în paralel cu prima. În acest caz, adâncimea de așchiere ( $a_p$ ) și viteza  $v$  au fost

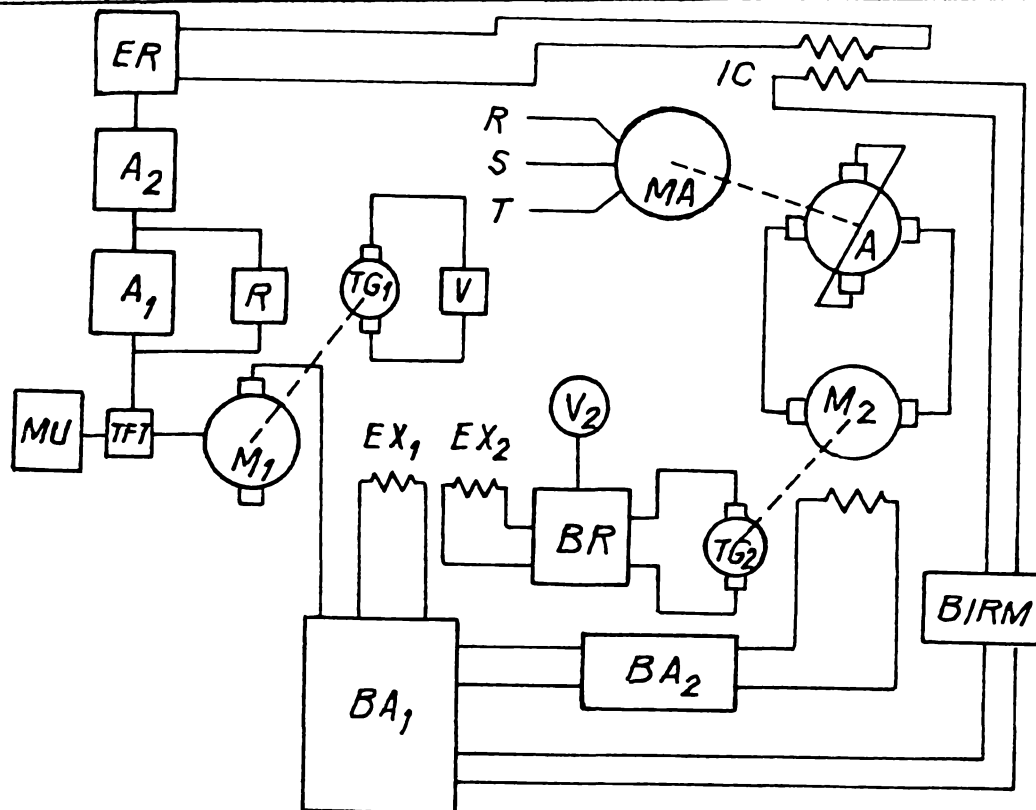


Fig.2.2.47. Schema bloc a instalației de reglare automată.

considerate parametri cu variație independentă, iar avansul este reglat continuu prin intermediul buclei de reglare.

Prima buclă de reglare utilizează ca mărime de intrare deformarea capului de frezare măsurată după direcția  $O_y$  (prin intermediul unui motor electrohidrostatic pas cu pas pentru a reduce influența funcționării sacadate la frezare). A doua buclă de reglare urmărește să mențină constantă puterea absorbită de la motorul acționării principale.

În aceste condiții, se consideră componenta medie a forței de așchiere  $F_c$  ca depinzând de parametrii regimului de așchiere, adică :  $F_c = f(a_e, a_p, a_f, z)$ .

Pentru a se putea controla corect procesul de prelucrare în regim tranzitoriu, s-a prevăzut limitarea maximă a vitezei  $v_f$  prin intermediul elementelor de limitare  $E_{lim}$  (fig.2.2.48.)

▪ c) în fig. (2.2.49) se prezintă schema bloc a SCA a mașinii de frezat vertical cu CNC realizată în Japonia. Așa cum se vede din schemă, această soluție ia în considerare algoritmul de conducere stabilind limitele uzurii și temperaturii pentru tășurile sculelor precum și rata uzurii care va apare la sculă. Pentru acest SCA există o modelare matematică, în care pornind de la un indice de performanță propus (de exemplu pentru uzura sculei), se realizează optimizarea procesului de frezare instalând pe mașina-unealtă valori optime ale avansului ( $f$ ) și turației ( $n$ ). Așa cum reiese din schemă (Fig.2.2.49.), acest SCA realizează modelarea matematică, având drept mărime de intrare

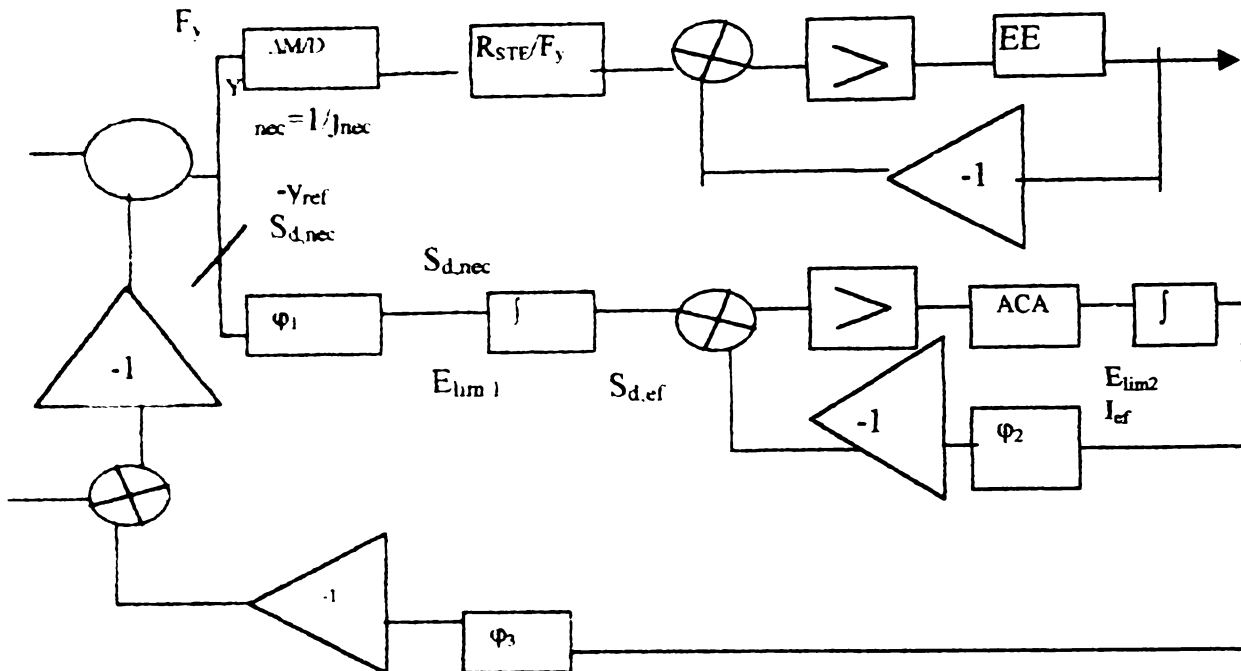


Fig 2.2.48. Schema bloc a SCA

de intrare valorile măsurate ale momentului de încovoiere ale AP în funcție de momentul de torsiune ( $M_t$ ) transmis de AP, precum și pe baza unor date (indici de performanță) introduse de operatorul uman.

d) SCA din Fig.2.2.50. reprezintă un model de performanță pentru mașinile de frezat cu CNC și produse de firma Cincinnati Milling Maschine Co.

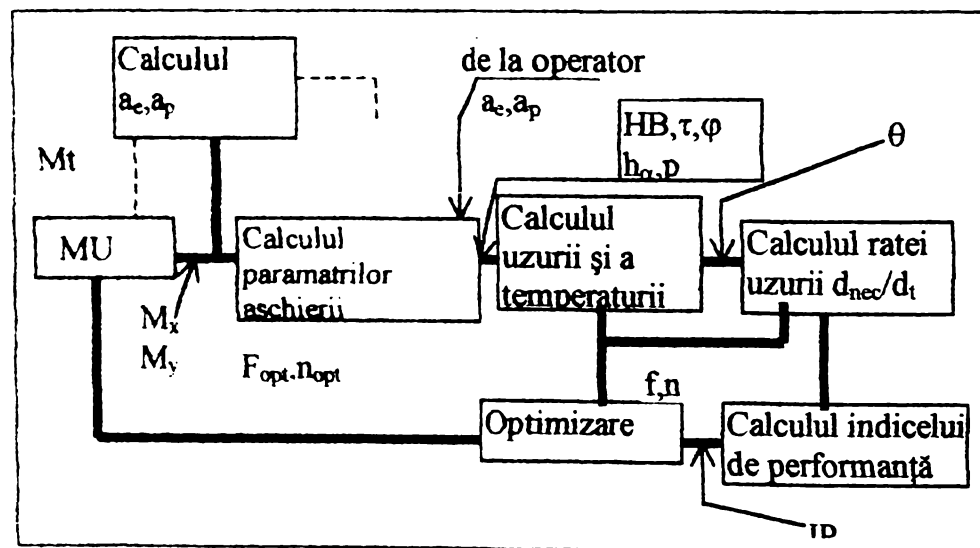


Fig 2.2.49. Schema bloc a SCA



2. STADIUL ACTUAL TEHNIC ȘI ȘTIINȚIFIC AL CONCEPTULUI PREREGLĂRII ȘI REGLĂRII SCULELOR ȘI PORTSCULELOR ÎN SISTEMELE DE FABRICAȚIE FLEXIBILE

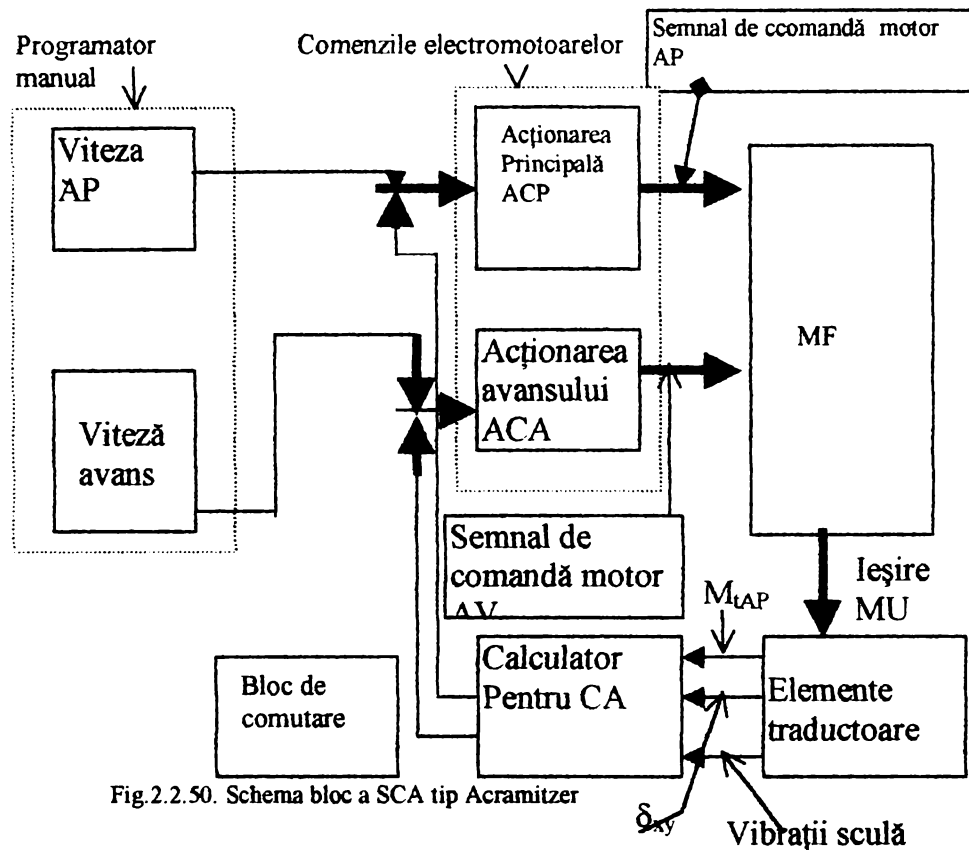


Fig. 2.2.50. Schema bloc a SCA tip Acramitzer

Acest SCA este de tip Acramitzer și funcționează după schema bloc din fig.2.2.50. Sistemul satisface un criteriu economic al costului minim, prin asigurarea unei durabilități constante a sculei în timpul prelucrării. SCA a fost realizat în tehnică numerică având interfață pentru prelucrarea mărimilor de intrare asigurând la ieșire viteza  $v$  efectivă de așchiere.

### 2.3. DEFINIREA CONCEPTUALĂ A NIVELULUI DE PERFORMANȚĂ PENTRU METODE ȘI MIJLOACE DE CONTROL ȘI REGLARE

#### 2.3.1 Indicatorii de fiabilitate ai sistemelor pentru automatizarea controlului și reglajului

##### a) fiabilitatea sistemului

Fiabilitatea sistemelor pentru controlul și reglajul automat este definită de capacitatea nedefectării în condițiile conservării atributelor de precizie a măsurării și coordonării ciclurilor, în ansamblul proceselor tehnologice, într-o anumită perioadă de timp (timp dat). Se apreciază [116],[40],[28],[43], că defectele sunt aleatorii, orice de defectare fiind precedată de modificarea parametrilor funcționali. În tabelul 2.3.1, se dă o clasificare sumară a acestora:

Tabelul 2.3.1. Criterii de clasificare a cauzelor aleatorii ale apariției defectelor în sisteme.

După modul de funcționare	-de funcționare -de indicație -de comandă-semnalizare
după cauze (proveniență)	de construcție(proiectare, execuție) de utilizare
după dependența între defecțiuni:	independente dependente(în consecință)
după modul de apariție:	bruste treptate
după frecvența apariției	unică sistematică
după posibilitatea de prognoză	neprognozabile prognozabile în funcție de timp sau de un parametru de lucru
după posibilitatea eliminării cauzei	eliminabile neeliminabile
după modul de rezolvare	reparabile nereparabile(definitive)

sistemele pentru controlul și reglarea automată, în afara defecțiunilor de funcționare mai prezintă și defecte de indicație și comandă și/sau semnalizare. Expresia generalizată (2.3.1.) a mărimilor de ieșire indiferent de tipul sistemului, este de forma:

$$q_n = \varphi[a, (\varphi), b, (t)], \quad (2.3.1.)$$

Luând în considerare modificarea mărimii  $q$  în exploatare cu valoarea  $\Delta q_n$ , dată de suma variațiilor reversibile  $\Delta q'_n$ , determinate de acțiunea factorilor externi și a variațiilor ireversibile  $\Delta q''_n$  datorate proceselor dăunătoare (uzare, oboseală, relaxare, îmbătrânire.), relația (2.3.1) devine:

$$q_n = \Delta q'_n + \Delta q''_n, \quad (2.3.2.)$$

în care:

$$\Delta q'_n = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \frac{\delta \varphi}{\delta a_i} \cdot \frac{\delta a_j}{\delta b_j} \cdot \Delta b_j + \sum_{j=1}^m \frac{\delta \varphi}{\delta b_j} \Delta b_j; \quad (2.3.3.)$$

$$\Delta q''_n = \sum_{i=1}^n \int_0^{t_0} \frac{\delta \varphi}{\delta a_i} \left[ \theta_i(t) + \sum_{j=1}^m \frac{\delta \varphi_j}{\delta b_j} \right] dt,$$

unde:

$a_i$  – parametrii constructivi și tehnologici;

$b_j$  – factori externi;

$\theta_i$  –  $\frac{da_i}{dt}$  - viteza proceselor ireversibile de variație;

$a_i$  – în condițiile normale de funcționare;

$\theta$  - mărime aleatoare continuă.

Influența factorilor externi esențiali (fig.2.3.1.) se evidențiază prin modificări reversibile  $b_j$  ale mărimii de ieșire sau prin acumularea modificărilor ireversibile  $b_j$  care conduc la ieșirea din funcțiune. Factorii  $b_j$  determină stabilitatea sistemului, iar factorii  $b_j$  determină durabilitatea lui. Durabilitatea sistemului se definește prin suma timpilor de funcționare efectivă:

$$D = \sum_{i=1}^n t_i. \quad (2.3.4)$$

unde:

$t$  - durata funcționării între două operații consecutive.

Ținându-se seama de nedefectarea și de menținerea preciziei indicației comenzii și/sau semnalizării, ieșirea din funcție poate fi analizată din două puncte de vedere:

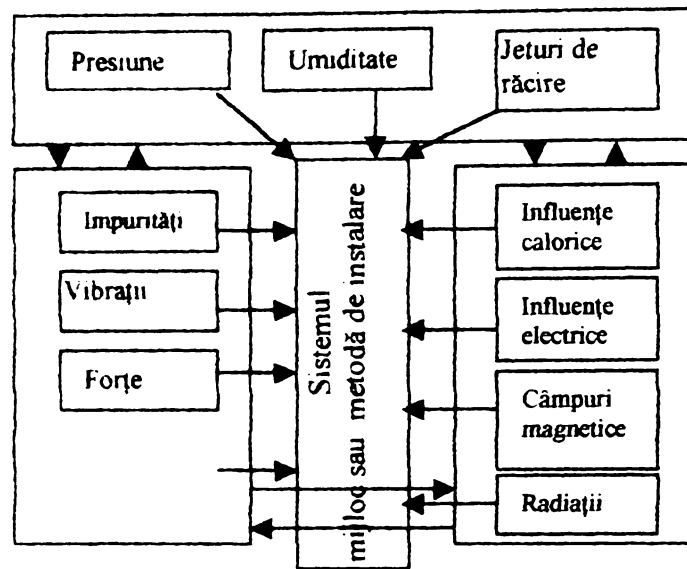
- 1). **aparitia defectiunilor accidentale** - pentru punerea în funcțiune este necesară intervenția de reparare, cauzele defectării fiind evaluate prin *fiabilitatea funcțională*;

- 2). **scăderea preciziei indicației comenzii și/sau semnalizării, cauzele defectării fiind evaluate prin fiabilitatea tehnologică**.

Dacă se ia în considerare natura defectării sistemelor acestea pot fii:

- **cu restabilire** - defectarea totală sau parțială conduce la ieșirea din funcțiune a sistemului.

- **fără restabilire** în cazul sistemului fără restabilire se ia în considerare funcționarea de la începutul exploatării până la prima defectare situație care nu exclude posibilitatea reparării.



Evaluarea durabilității sistemului se face prin așa numită **resursă tehnică** care caracterizează capacitatea sistemului de a mai funcționa o perioadă de timp după o reparare, în condițiile stabilite până la apariția fenomenului de uzură a funcționării sau preciziei.

Fig. 2.3.1. Factorii perturbatori principali din sistemul de comandă și reglare.

#### b) siguranța în funcționare

Siguranța în funcționare a sistemelor pentru controlul automat, de regulă este determinată când se cunoaște unul din parametrii timpului de bună funcționare:

- funcția siguranței în funcționare  $P(t)$ ;
- intensitatea defecțiunilor  $\lambda(t)$ ;
- densitatea distribuției TBF,  $f(t)$ .

a) **Funcția siguranței în funcționare** se poate exprima prin durabilitatea bunei funcționări într-un interval de timp  $T$  mai mare decât timpul prescris  $t$ :

$$P(t) = \text{Prob}\{T > t\} \quad (2.3.5.)$$

b) **Densitatea distribuției TBF** poate fi exprimată prin relația:

$$f(t) = -dP(t)/dt \quad (2.3.7.)$$

c) **Intensitatea defecțiunilor** se definește prin raportul:

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{P(t)} \quad (2.3.6.)$$

Sensul probabilistic al noțiunii se explică prin relația:

$$\lambda(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\text{Probabilitatea ca mijlocul sau instalația de măsurare care a funcționat în intervalul (0,t) să iasă din funcțiune în intervalul (t, t+ \Delta t)}}{\Delta t} \quad (2.3.8.)$$

Pentru condiția inițială  $P(0)$ , funcția de siguranță devine:

$$P(t) = \exp\left(-\int_0^t \lambda(\tau) d\tau\right) \quad (2.3.9.)$$

Relația (2.3.9.) împreună cu curbele  $\lambda(t)$  permit determinarea probabilității funcționării fără defecțiuni în intervalul de timp  $(0,t)$ . De asemenea pentru o probabilitate  $P(t)$  dată se poate determina prin calcul TBF:

▪ **Reînnoirea funcționării** (intensitatea fluxului defecțiunilor) reprezintă un al patrulea indicator specific sistemelor de măsurare cu restabilire dată de relația:

$$\psi(t) = f(t) + \int_0^t \psi(\tau) f(t-\tau) d\tau \quad (2.3.10.)$$

▪  **timpul mediu de bună funcționare (TMBF)**, este un indicator al evaluării fiabilității funcționale, exprimat prin relația:

$$TMBF = \int_0^{\infty} P(t) dt \quad (2.3.11.)$$

Fiabilitatea tehnologică se poate evalua în mod realist prin indicatorii:

- funcția fiabilității tehnologice,  $P_T(t)$ ;
- rezerva de precizie,  $\delta_T$ ;
- coeficientul rezervei de precizie,  $K_{\delta T}$ .

În figura (2.3.2.) este prezentată schema pierderii preciziei de măsurare, de comandă și/sau de semnalizare a sistemului pentru automatizarea controlului, ținându-se seama de împrăștierea parametrilor de reglare inițială și de caracterul aleator al perturbațiilor care afectează precizia procesului prezentat în figura (2.3.1.)

În schemă sau adoptat următoarele notații:

$2f_p$  - câmpul erorii procedurii de măsurare;

$-\delta_T$  - rezerva de precizie pe care o posedă sistemul de măsurare la momentul  $t$ , pentru care ulterior într-un interval de timp se mai pot măsura sau prelucra piese de o anumită precizie. Pentru situația adoptată, probabilitatea certificării dimensiunii controlate în câmpul de toleranță, va fi probabilitatea funcționării sistemului fără defecțiuni pe parcursul perioadei dintre două reglaje succesive,

adică:

$$P(f_p) = P_T(t).$$

În acest caz:

$$f_{pmax} - \bar{f} = \delta_T + \Delta \text{ și}$$

$$\sigma = \frac{1}{3} \Delta \quad \text{Considerându-se}$$

cazul  $f_p = 6\sigma$  fiabilitatea tehnologică este:

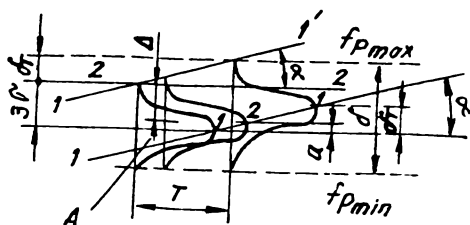


Fig2.3.2. Pierderea preciziei în timpul controlului automat.

$$P_r(t) = 0,5 + \Phi_0[(\sigma_r + \Delta)/(\Delta/3)], \quad (2.3.12.)$$

De regulă, influența factorilor perturbatori are loc cu viteză mică într-o perioadă de funcționare  $T^* = nT$ , după care prin schimbare prin alunecare a preciziei indicației comenzilor sau semnalizărilor, rezultatul certificării nu se mai încadrează în câmpul erorii procedurii. Acest aspect corespunde defectării sistemului de măsurare din punctul de vedere al noțiunii de fiabilitate tehnologică. Coeficientul rezervei de precizie  $K_{\delta_T}$  se determină cu relația:

$$K_{\delta_T} = f_p / (f_p - \delta_T), \quad (2.3.12.)$$

Prin explicitare din relația (2.3.13.) rezultă expresia rezervei de precizie:

$$\delta_T = f_p (1 - 1/K_{\delta_T}), \quad (2.3.14.)$$

Considerând relațiile (2.3.12) și (2.3.13.), se poate exprima relația dintre funcția fiabilității tehnologice, rezerva de precizie și coeficientul rezervei de precizie :

$$P_r(t) = 0,5 + [3 + (3\delta_T / \Delta)(1 - 1/K_{\delta_T})]. \quad (2.3.15.)$$

relație adevărată pentru legea normală de distribuție a parametrului măsurat, câmpul împrăștierii fiind  $6\sigma$ .

Plecând de la analiza figurii (2.3.2.) se observă că  $\delta_T = na$ , cu „n” – numărul pieselor controlate și „a” – variația medie unitară a erorii indicației, comenzii și/sau semnalizării. Dependența  $n(\sigma/a)$  exprimată în formula generală este:  $n = \text{const.} (\sigma/a)$ . În condițiile unei dependențe liniare, dacă logaritmăm expresia lui  $n(\sigma/a)$ , rezultă că  $n = 6,23(\sigma/a)^{0,72}$ , situație care permite stabilirea expresiei parametrului  $\delta_T$ ; după cum urmează:

$$\delta_T = 6,23\sigma^{0,72} \cdot a^{0,28}. \quad (2.3.16.)$$

Rezerva de precizie după mediana populației de N piese controlate (reglate), se

poate aprecia cu relația :  $\sigma_n = \sqrt{\frac{\pi}{2}} \frac{\sigma}{\sqrt{N}}$ . (2.3.17.)

în care caz  $\delta_T^* = 1,1 \cdot N^{-0,36} \cdot \delta_T$  pentru care nu se acceptă o mărime a populației mai mare de  $N = 5 \dots 6$  piese.

Între rezerva de precizie și limita de sensibilitate (LS)  $\Delta S''$  este o intercondiționalitate materializată de LS  $\Delta S$  și de prelucrarea informației de măsurare, ce poate fi exprimată într-o formă generalizată prin relația:

$$\Delta S = (f_0 - f) / CQ_{\min}. \quad (2.3.18.)$$

în care:

$f_0$  – coeficientul de frecare static;

f- coeficientul de frecare cinematic;  
 $Q_{\min}$  – forța în contactul de reglare;  
 C-rigiditatea.

### 2.3.2. Considerații asupra unor strategii și metode de compensare a erorilor în sisteme de reglare și măsurări de calitate și monitorizare a sistemelor de măsură.

#### 2.3.2.1. Compensarea erorilor pentru o mașină de măsurat

##### a) Strategii de control și compensare

Strategia de compensare propusă [89], [90], [91], pentru corectarea erorilor volumetrice se bazează pe ecuațiile (2.3.19) și (2.3.20) a căror elaborare ia în considerare relațiile fizice dintre piesele mașinii de măsurat, unde  $[P_a]$  este poziția actuală (reală) și  $[P_i]$  poziția ideală (nominală) a efectorului:

$$\theta(N) = \left[ \sum_{t=1}^N \Phi(t) \Phi^T(t) \right]^{-1} \sum_{t=1}^N \Phi(t) Y(t) \quad (2.3.19)$$

$$[P_a] = [P_i] - [E] \quad (2.3.20)$$

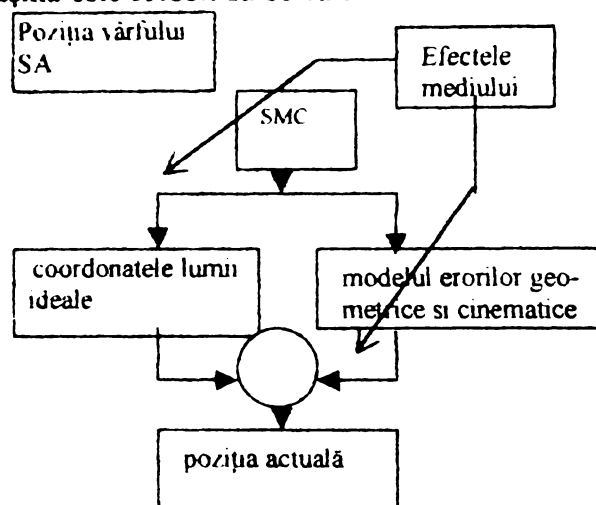
Pentru cazul investigat al sistemului de măsurat  $[P_a]$  și  $[P_i]$ , pot fi găsiți folosind metoda matricelor transformate omogene (HTM). Modelarea completă a cinematicii mașinii de măsurat și a erorilor se găsesc în lucrarea lui Barakat și Elbestawi (1998). De fapt, modelul de eroare finală pentru orice mașină de măsurat are forma din ecuația (2.3.20) pentru care se poate exprima:

$*_i(j)$ : 9 erori de translație unde :  $i$  este direcția erorii,  $j$  este axa ce se deplasează, iar când  $i=j$ ,  $*_i(j)$  include implicit eroarea de verificare;  
 $y_j(i)$ : 9 erori de rotație unde: rotația se face în jurul axei  $i$ , iar  $[X, Y, Z]$  = vectorul de coordonare a efectorului;  $S_j(i)$ : 3 erori de dreptunghiularitate în direcția  $j$ . Toți cei 21 de termeni s-au obținut prin măsurare directă cu interferometrul laser.

*Eroarea volumetrică asociată* cu orice poziție în spațiul studiat al sistemului de măsurare se calculează utilizând modelul de eroare, iar citirea este corectată în software la valoarea poziției actuale a sistemului. În figura 2.3.3., se prezintă strategia de compensare a sistemului. Procedura de implementare a regresiei se execută pentru a produce modelul cinematicii inverse și se repetă pentru fiecare schimbare a stării termice.

**Observatorul de temperatură** - măsoară schimbarea coeficienților utilizând termocuple și calculează noile sale valori bazându-se pe un model hibrid. Strategia de control și compensare, de adaptare directă a reglajului, propusă să elimine erorile în contorizare este prezentată în figura 2.3.4.

Modelul cinematicii inverse al sistemului ce ilustrează erorile care afectează mașina este folosit să se calculeze semnalele de eroare, care la rândul lor, sunt



combinată cu poziții comandate de planificatorul de traiectorie. În consecință, semnalele modificate rezultate sunt date servocontrolerilor sistemului.

Întregul experiment se poate derula cu ajutorul unui aparat de control a temperaturii, echipat cu un controler de precizie a temperaturii. Setarea experimentală s-a completat cu două surse de căldură comerciale de 1500

W putere, amplasate astfel

încât să se obțină starea

Fig 2.3.3 Structura strategiei de compensare a erorilor de măsurare.

termică dorită. Termocuplele au fost montate în locuri strategice din structura mașinii pentru a măsura temperatura în sistem. Ca rezultat, 12 senzori au fost distribuiți în sistem ca în figura 2.3.5. Fiecare gradație a axei are trei senzori: un senzor la colțul de sus în spatele mesei de granit, unul la colțul opus, iar al

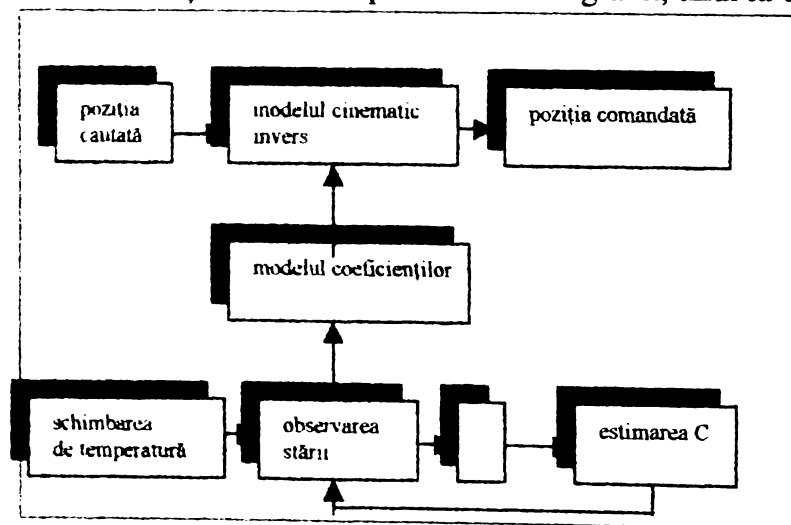


Fig 2.3.4. Structura sistemului de alimentare pentru corectarea erorilor de contorizare  
treilea senzor pe partea măsurată. Acești senzori sunt conectați la un



sistem de achiziție a datelor (DAS) care constă dintr-un tabel electronic de date, un calculator PC), a cărei schemă este prezentată în figura 2.3.5.

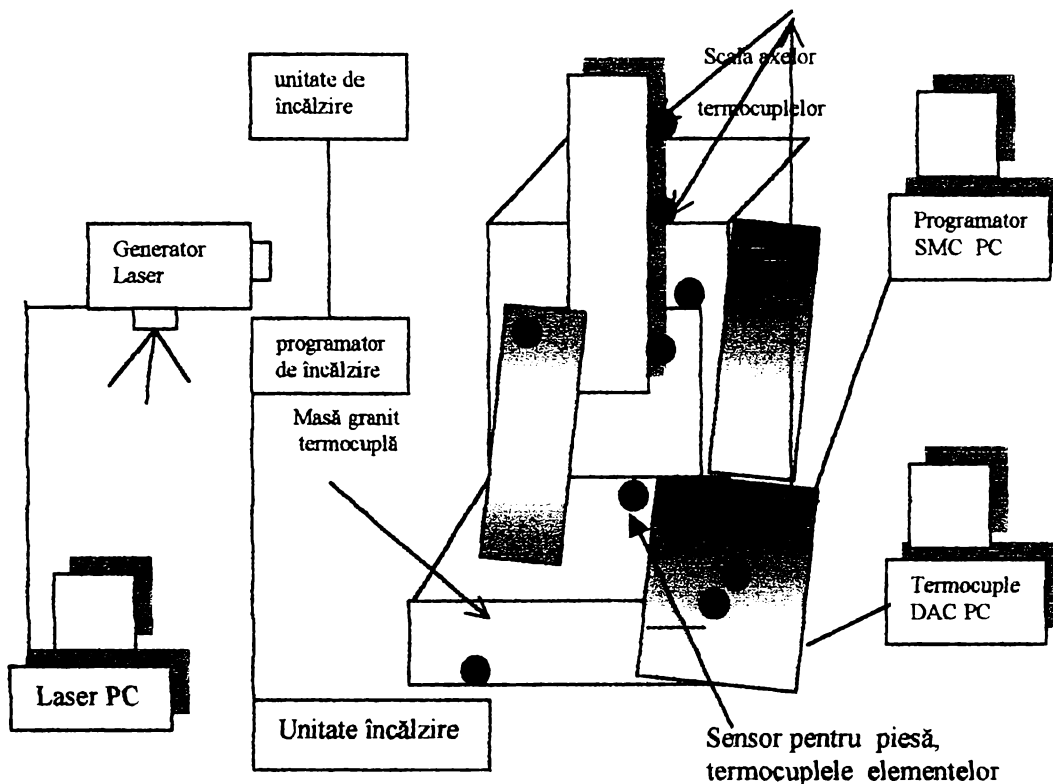


Fig.2.3.5 Modelul setării experimentale pentru măsurători în sistem compensare.

**b). analiza și evaluarea testelor și rezultatelor**

În urma efectuării combinației de simulări și teste experimentale pentru a se putea aplica și valida metodele propuse în lucrare[1], s-au făcut evaluări asupra procedurilor urmate și metodele de compensare propuse.

Analizând aspectele legate de corecția erorilor de măsurare, excluzând efectele

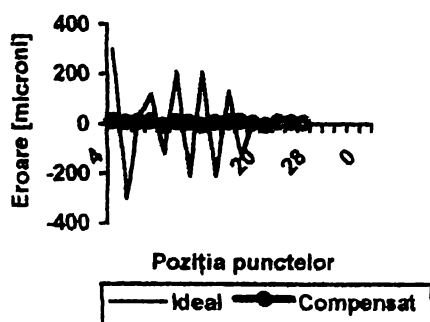


Fig.2.3.6. Erorile reziduale la măsurare înainte și după compensare.

termice în condițiile strategiei de compensare propusă, s-au obținut îmbunătățiri semnificative ale performanțelor sistemului de măsurare așa cum rezultă și din figura 2.3.6 unde zona volumetrică de toleranță a fost redusă la aproape 93% ceea ce reprezintă posibilitatea reducerii unui număr considerabil de

erori pentru sistemul de măsurare. În condițiile evaluării rezultatelor corecției erorilor de contorizare, excluzând efectele termice și utilizând modelul cinematicii inverse, se constată și în acest caz, o îmbunătățire considerabilă a performanțelor lor, mai mult chiar rezultatele demonstrează că inversarea modelului cinematicii folosind metoda de analiză regresivă conduce la rezultate eficiente. Aceste rezultate conduc împreună la concluzia că aplicarea acestor metodologii oferă siguranță în vederea eliminării erorilor la sistemele de măsurare.

Testele ce includ efectele termice s-au desfășurat într-o încăpere izolată termic utilizând surse de căldură și instalații de aer condiționat pentru stabilizarea temperaturii. Măsurătorile efectuate s-au referit la coeficientul efectiv al expansiunii termice a elementelor mașinii. Calibrarea modelului termic s-a realizat utilizând interferometria laser la temperaturi și poziții diferite ale sistemului analizat.

#### c). concluzii

În urma evaluării performanțelor legate de corectarea erorilor de măsurare și de contorizare, pentru un model al mașinii multiax, se parcurg două etape și anume:

1). *modelarea fizică* - bazată pe folosirea matricelor transformate omogene pentru a se obține modelarea cinematică a sistemului la temperatura de referință și a ajunge la un model de eroare;

2). *erorile termice* - și variațiile de temperatură au fost incluse în modelele cinematice, prin utilizarea modelelor teoretice de bază folosite la început, care au fost ulterior verificate și apoi calibrate după măsurătorile actuale cu laser la diferite valori termice.

Rezultatele obținute au făcut dovada corectitudinii modelelor propuse în estimarea erorilor și a eficacității strategiei propuse de a adapta modelul la variațiile de temperatură. Modelarea cinematicii s-a executat pentru ambele etape cu ajutorul analizei regresive neliniare.

Referitor la metodologia propusă se poate concluziona:

- *schimbările dinamice ale temperaturii* mașinii au fost monitorizate de termocuple;

- *reacția mașinii* la schimbările termice s-a calculat utilizând un coeficient determinat experimental, de expansiune termică, iar rezultatele obținute în aceste condiții arată o reducere semnificativă a erorilor la valori foarte mici;

- *strategia de compensare* pentru contorizare s-a aplicat în timpul contorizării traiectoriilor selectate la o valoare termică apropiată de cea normală.

Rezultatele obținute arată o reducere semnificativă a erorilor până la valori infinit de mici.

### 2.3.2.2.Considerații asupra măsurătorilor de calitate

#### a). Generalități

În condițiile actuale ale fabricației asistate de calculator, prin folosirea unei interfețe om-mașină, operatorul nu mai este preocupat de programele de procesare a datelor [72], [77], [78], și oricum nu poate urmări toate fazele de operare. Tocmai de aceea, în această lucrare se urmărește [72] să se modeleze lanțul de achiziții al sistemului de măsurare și prereglare, de asemenea să se calculeze automat doar necunoscutele de un anumit tip, necesare calibrării sistemului de verificare. Scopul declarat al cercetării este introducerea în activitate a unui model universal care să rezolve toate operațiile de bază ce ar trebui făcute de utilizator.

**b). Aplicații și elaborarea unui model de calcul automat al necunoscutei definite în sistem**

Analiza propusă pentru sistem poate fi aplicată pentru orice structură în parte, pentru care există următoarele patru etape:

**etapa I: poziționarea sau localizarea** (mașină de măsurat, sistem de verificare, sferă de referință), este etapa centrală a procesului. Celelalte etape depind de aceasta (flux de date) sau o influențează (etapa a treia o perturbă);

**etapa a II -a: nodul de informații** (mașina de măsurat, sistem de verificare, preprocesare). Aici este bine de definit următoarea stare a sistemului și anume: când penița de înregistrator atinge suprafața piesei, se obține un semnal cu front descrescător.

În acest moment, sistemul de procesare este informat și va defini valoarea poziționării, însumând impulsurile generate de cele trei axe optice de măsurare (XYZ). Rezultatul obținut reprezintă inițializarea la zero prin contactul cu cele trei limitatoare;

**etapa a III-a: buclă mecanică** (sistemul de măsură, suportul, piesa). Această etapă are influență asupra primei etape doar când sistemul de referință al piesei nu este realizat pentru fiecare piesă, variațiile de temperatură fiind neglijabile;

**etapa a IV-a : procesarea** (preliminarii, software). Această etapă preia datele preprocesate despre coordonatele punctelor  $M_j$  în funcție de axele mașinii de măsurare, apoi bucla livrează coordonatele punctelor  $M_j$  în funcție de coordonatele piesei. În figura 2.3.7, se reprezintă structura celor patru etape analizate. În vederea stabilirii obiectivului de cercetare de la acest model, putem lua etapa centrală I ce permite localizarea grupurilor funcționale implicate în inițializare. Inițial, sunt descriși toți parametrii din etapa I. În figura 2.3.8, sistemul de măsurare este plasat la limitele sale (de fapt originea coordonatelor sistemului). Aplicarea conceptului de grup funcțional la modelul din etapa I, permite introducerea vectorilor preliminari ce contribuie la valoarea vectorului dorit. În figura 2.3.8, sunt precizate notațiile specifice cercetării:

$O_M$  - originea axelor mașinii (punctul zero al axelor);

$O_m$  - centrul sferei de referință;

$M_j$  - punct aparținând suprafeței măsurate;

CI - centrul rubinului;

PI - punctul de contact dintre rubinul I și suprafața măsurată.

Obiectivul cercetării constă în găsirea vectorului  $\overline{O_p M_j}$  în funcție de axele



$$B = \begin{bmatrix} X_p \cdot X_M & X_p \cdot Y_M & X_p \cdot Z_M & 0 \\ Y_p \cdot X_M & Y_p \cdot Y_M & Y_p \cdot Z_M & 0 \\ Z_p \cdot X_M & Z_p \cdot Y_M & Z_p \cdot Z_M & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}^{-1} \quad (2.3.22.).$$

După ce se cunosc vectorii de inițializare, procesorul poate calcula coordonatele punctului  $M_j$  în funcție de coordonatele piesei. În continuare, studiul se va axa pe faza de pregătire a sistemului de măsură, propunându-se o

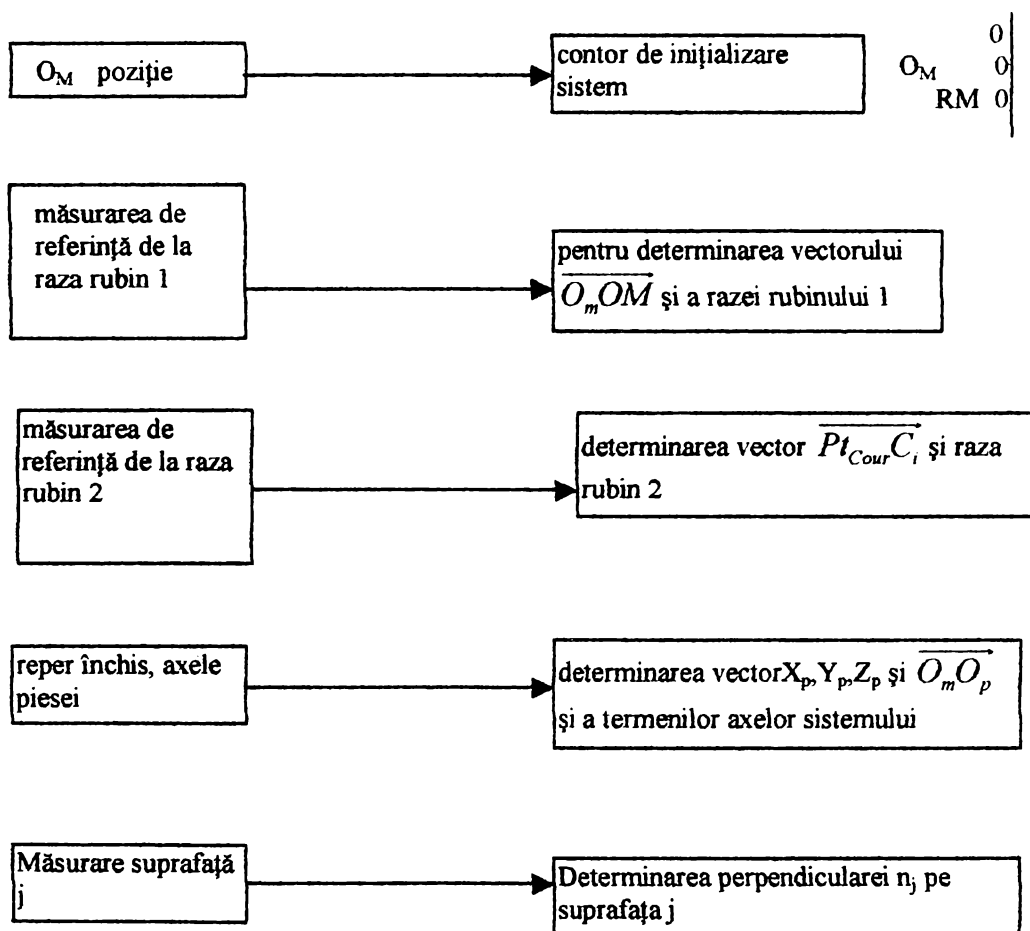


Fig.2.3.9.Procedura de inițializare a sistemului.

programare a etapelor fazei de inițializare pentru sistem, folosind ecuația vectorială și de modelare. Aceste etape de programare (fig.2.3.9.) pot fi utilizate pentru orice sistem, situație în care inițializarea sistemului considerat se face prin atingerea limitatorilor.

Un punct al părții mobile realizat de un contact vertical  $Z$  și de sistemul de verificare, este ales ca origine a axelor sistemului de măsurare și reglare.

În continuare, este necesar să se definească poziția sferei de referință, în relație cu originea sistemului. Sfera ideală este asociată cu punctele de măsurare de pe sfera de referință, prin metoda celor mai mici pătrate:

$$y_i = d_i - R \quad (2.3.23.),$$

unde:

$$d_i = \sqrt{(x_1 - h_1)^2 + (x_2 - h_2)^2 + (x_3 - h_3)^2} \quad (2.3.24.)$$

Metoda de optimizare folosită de obicei este metoda celor mai mici pătrate

$$\frac{\partial \sum_{i=1}^n}{\partial a_j} = 0 \quad (2.3.25.)$$

unde n este numărul punctelor verificate. Software - ul furnizează vectorul

$$\overline{O_M Pt_{Court}}$$

( $Pt_{Court}$  se confundă cu  $O_M$  dacă nu are loc o deplasare) și raza s asociate  $R_{ass}$ . În programare, software găsește diametrul real  $R_{real}$  al sferei de referință. Raza rubinului ce a măsurat sfera de referință este imediat dedusă (rel.2.3.26.) prin scădere (fig.2.3.10). Imediat ce operația este făcută, originea sistemului este reglată la prima peniță de înregistrator. Aceeași operație se repetă cu alte rubine dacă acestea participă la faza de verificare.

$$R_{rubin} = R_{ass} - R_{real} \quad (2.3.26.)$$

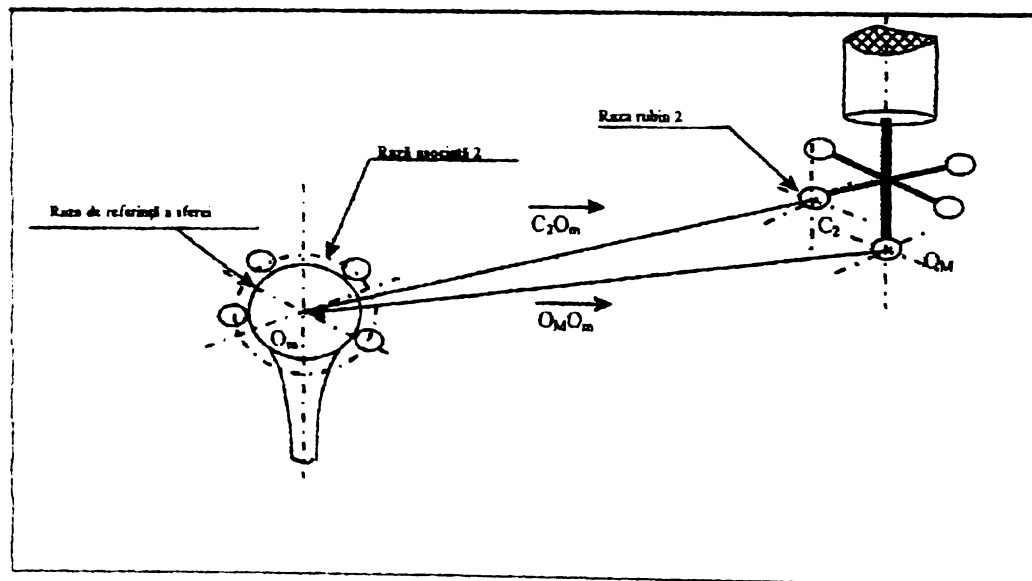


Fig.2.3.10 Schema determinării razei rubinului radius 2.

de verificare. Vectorul  $\overline{C_2 O_m}$  se obține după faza de optimizare realizată de software. Scăzând vectorul  $\overline{O_M M_M}$  din  $\overline{C_2 O_m}$ , se obține vectorul  $\overline{O_M C_2}$  sau

$\overline{P_{1_{Court}}C_2}$  și așa mai departe, pentru celelalte rubine. Raza rubinului se obține prin aceeași procedură (fig.2.3.10.)

$$\overline{O_M C_{2/RM}} = \overline{C_2 O_{m/RM}} - \overline{O_m O_{M/RM}} \quad (2.3.27.)$$

În continuare, se poate calcula vectorul  $\overline{O_p O_m}$  și de completat axele transformatei matrice. În momentul când o suprafață este achiziționată, software-ul îi calculează parametrii. Spre exemplu, un plan este cunoscut după vectorul său normal și centrul său în funcție de axele mașinii de măsurat. Dacă această suprafață este considerată plan de referință, utilizatorul comandă printr-o funcție software punerea matricei normale în transformata matricei definite anterior. Un al doilea vector este folosit în mod similar și completează a doua coloană a transformatei matrice. Al treilea vector este obținut din produsul vectorial. În continuare se va completa transformata matricei (fig.2.3.11.).

Vectorul  $\overline{O_p O_m}$  se obține în două etape:

- construcții geometrice realizate de utilizator ;
- obținerea vectorului printr-o funcție specifică de software

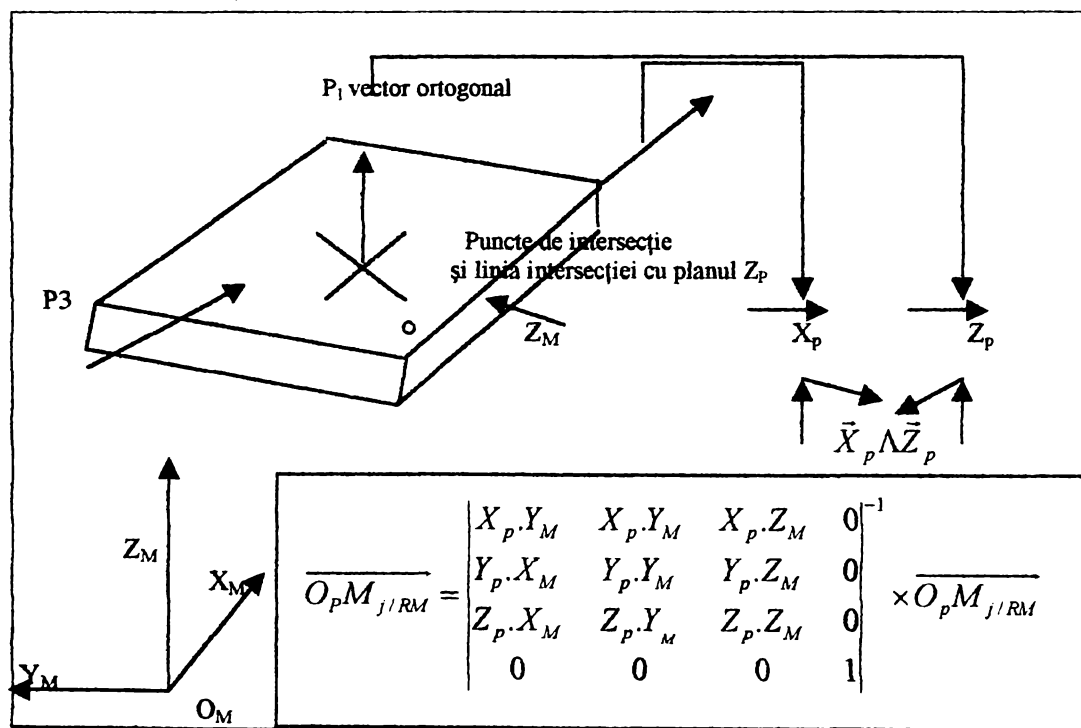


Fig.2.3.11. Model de obținere a transformatei matricei, pentru calculul vectorului din produsul vectorial.

### c) Determinarea necunoscutelor în sistemul de calibrare

Când această procedură este finalizată ,sistemul este pregătit să înceapă faza de verificare Din modelul realizat s-au găsit vectorii care participă la obținerea vectorului  $\overline{O_p M_j}$ . Necunoscutele acestui vector sunt funcții ale necunoscutelor vectorilor componenți.

Exprimând succesiv vectorul  $\overline{O_p M_j}_{RM}$  prin componentele sale, se obține funcția necunoscutelor vectorilor:

$$\bar{u}_{c(O_p M_j)_{RM}} = F[\bar{u}(\overline{O_p O_M}), \bar{u}(\overline{O_M P_{icour1}}), \bar{u}(\overline{P_{icour1} C_1}), \bar{u}(\overline{C_1 P_1}), \bar{u}(\overline{P_1 M_j})]_{RM} \quad (2.3.28.),$$

Este important de stabilit ghidul necunoscutelor în măsurare care împarte necunoscutele astfel : de tip A și necunoscute de tip B [1].

Varianta propusă permite calculul automat al necunoscutelor de tip A din coordonatele punctelor (fig. 2.3.12.). Autorul desfășoară în continuare calcule în vederea stabilirii funcției  $y_i$  care minimizează distanța dintre punctele realizate și suprafața de substituție, utilizând ecuații specifice pentru sferă.

Necunoscutele parametrului suprafeței de substituție sunt calculate de matricea covarianță  $Cov(X)$ , pentru care funcția modelului de măsurare este:

$$y \equiv f(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (2.3.29.),$$

unde:

-y este scalar;

- $x_i$  sunt valori ce nu sunt independente din punct de vedere statistic.

Necunoscuta de ieșire este :  $u_{c(y)}^2 = (J)^T \cdot Cov[X] \cdot (J)$  (2.3.30.),

Necunoscutele provenite din faza de calibrare pot fi determinate cu ecuațiile (2.3.28) iar necunoscuta vectorului cu ecuațiile (2.3.29.) și (2.3.30.), rezultatul este o matrice Jacobiană din ai cărei termeni diagonali, covarianți, putem defini vectorul:

$$u_{c(y^a)} = Cov[y^a]_{\alpha\beta} \quad (2.3.31.),$$

În acest caz, găsim necunoscutele vectorului  $\overline{O_M C_2}$  și a razei rubinului.

$$\bar{u}^2(\overline{O_M C_2}) = \bar{u}^2(\overline{O_M O_m}) + \bar{u}^2(\overline{O_M C_2}) \quad (2.3.32.),$$

$$u^2(Rrubin) = u^2(Rass 2) + u^2(Rreal) \quad (2.3.33.)$$

$$\text{și } u_{(Rreal)} = U/k; \quad (2.3.34.) .$$

U-necunoscută nedefinită; k=2

Din 6 puncte de pe suprafața de referință (calibrare standard) s-a realizat calibrarea a 5 rubine pentru sistemul de măsură. Autorul [2] precizează că aceste procesări de date nu sunt dezvăluite utilizatorului.

#### d). concluzii

Modelul bazat pe conceptul de grup funcțional permite analizarea surselor de erori



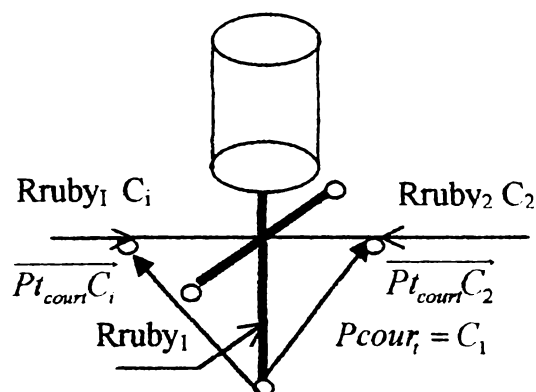


Fig.2.3.12. Modelul de calcul automat al necunoscutelor de tip A.

Performanța acestui proces depinde de cunoașterea inițializării metodologiei sistemului prezentat. În partea a doua a lucrării este prezentată metodologia pentru necunoscuta de tip A la calibrarea sistemului de verificare. În practică, modelul prezentat dă automat valorile necunoscutelor, valori care permit operatorului să controleze calitatea calibrării sistemului de verificare.

### 2.3.2.3 Monitorizarea prin estimarea parametrilor fizici, a sistemelor de măsură și reglare, bazat pe conceptul de senzori inteligenți

#### a). Generalități

Utilizarea calculatoarelor a permis și permite în continuare îmbunătățirea monitorizării [3], [73], sistemelor de prelucrare și control, inclusiv a proceselor de prelucrare prin utilizarea algoritmilor specializați pentru aceste funcții. Conceptul de senzor inteligent satisface pretențiile actuale ale fabricației flexibile. Lucrarea elaborată [3] se referă la aspectele legate de conducerea automată a MU, de conceptul de senzor inteligent, tehnici de conducere automată a MU și în final de condițiile estimării parametrilor componentelor senzorilor inteligenți. În continuare, se va acorda o atenție deosebită conceptului de senzor inteligent, celelalte aspecte au fost abordate în capitolele anterioare.

#### b). Conceptul de senzor inteligent

Deoarece controlul funcționării proceselor de fabricație este asigurat în totalitate de calculatorul [fig.2.3.13.] cu arhitectură centralizată, ar putea apărea întârzieri în asigurarea continuității comenzilor. În acest context, se impune necesitatea utilizării unui senzor inteligent în arhitectura generală a sistemului de conducere automată. Consecințele se resimt asupra depistării erorilor care afectează în mod direct geometria pieselor prelucrate, situație care se amplifică în condițiile fabricației cu viteze mari. În consecință, acest tip de arhitecturi nu asigură destulă libertate necesară obținerii unui înalt nivel de flexibilitate și integrare cerut de sistemele actuale de fabricație. Studiile efectuate au demonstrat [3] importanța senzorilor și a dispozitivelor de comandă capabile să proceseze informațiile (calibrarea, detectarea defecțiunilor, diagnosticarea etc.). Conceptul de senzor inteligent ia în

considerare și capacitatea de procesare pe lângă senzorul tradițional. Dintre capacitățile unui senzor inteligent se enumără:

- procesarea datelor,
- memorarea datelor,
- autodiagnosticarea,
- măsurarea,
- validarea datelor și comunicarea bidirecțională.

Utilizarea instrumentelor de acest gen poate fi o soluție pentru integrarea componentelor unui nivel mai jos decât cel al mașinii, cum ar fi senzorii (fig. 2.3.13.) și dispozitivele de comandă.

### c) Estimarea parametrilor fizici

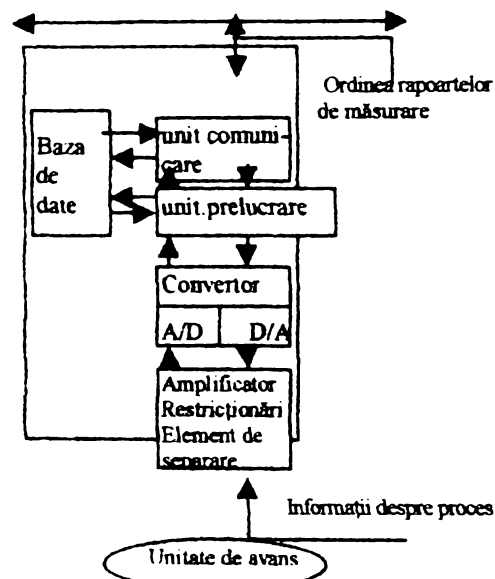


Fig. 2.3.13. Arhitectura senzorului inteligent.

Primul pas al monitorizării îl constituie detectarea defecțiunilor. Sunt cunoscute câteva metode bazate pe modele de procesare[3]. În continuare s-a ales să se estimeze parametri fizici ai modelului sistem de alimentare continuu. Rezultatele estimării sistemului de ungere, pentru un sistem de alimentare a strungului sunt prezentate în tab. 2.3.2. Din tabel rezultă că parametri fizici sunt cei mai predispuși defecțiunilor. Estimarea parametrilor fizici ai unui sistem, cere un model fizic comportamental la care apar acești parametri. În acest caz, legile fizicii care descriu comportamentul unui sistem de

alimentare nesolicitat, încadrat în câmpul monitorizării, sunt:

$$\Gamma(t) = J(t) \frac{d\omega(t)}{dt} + f_t \cdot \omega(t) + C_d \text{sign} \cdot \omega(t) \quad (2.3.35.)$$

unde:

- $\Gamma(t)$ : momentul de torsiune al motorului electric,

- $i(t)$ : curentul din motorul electric,

- $\omega(t)$ : viteza unghiulară a

-motorului electric,

- $K$ : coeficientul momentului de torsiune a motorului electric.

$J_t, f_t, C_d$ : sunt parametri fizici pentru monitorizare, definiți în tab.2.3.2

Controlul sistemului de alimentare se realizează, ca la majoritatea sistemelor de alimentare care sunt activate, cu un magnet permanent DC sau de un motor AC și controlate după principiul descris în fig.2.3.14., unde  $R_0, R_\omega$  și  $R_I$  sunt

controlerii de poziție, curent și viteză. În fig. 2.3.15,  $T_e$  și  $T_m$  sunt funcțiile de transfer ale părților mecanice și electrice ale sistemului de alimentare. Controlerii numerici pot calcula diferite viteze de referință pentru deplasările cu viteză mare, din programul de prelucrare al pieselor. Viteza unghiulară de referință este cea mai utilizată. În timpul deplasării, curentul și viteza motorului electric arată ca în (fig.2.3.15.).

Tab. 2.3.2.Reprezentarea parametrilor fizici monitorizați

Defecțiuni	Parametrii de precizie
uzarea cuzineților și/sau a pantei de alunecare	uscarea totală a cuplului de frânare $C_d$ frecare vâscoasă totală, coeficientul $f_t$
lipsa uleiului de ungere, încălzirea uleiului de ungere ,învechirea uleiului de ungere	uscarea totală a cuplului de frecare $C_d$ frecarea vâscoasă totală, coeficientul $f_t$
suportul piesei de prelucrare și/sau absența piesei de prelucrare	momentul de inerție $J_t$

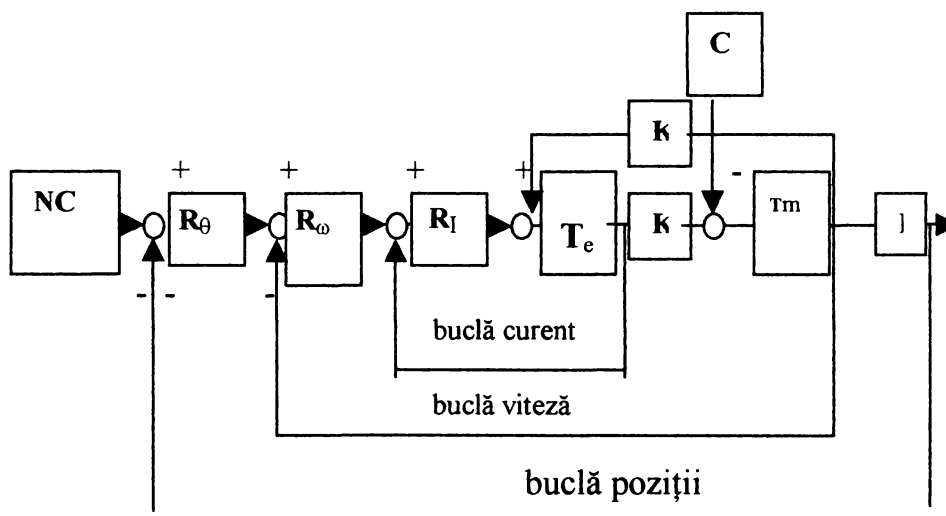


Fig.2.3.14. Arhitectura programatorului sistemului de alimentare

În vederea estimării parametrilor fizici, se alege [3] un model parametric de regresie liniară:

$$K_i(t) = J_t y(t) + f_t \omega_t + C_d \quad (2.3.37.)$$

unde  $\omega(t)$  este viteza unghiulară măsurată a motorului electric,  $y(t)$  este accelerația cunoscută a motorului electric, programată și constantă în timpul de referință și nulă în repaus, când viteza este constantă. Relația (2.3.38) poate fi scrisă:

$$[y] = [\Phi] \times [\theta] \quad (2.3.38)$$

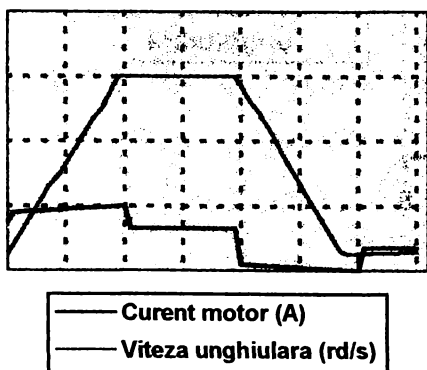


Fig.2.3.15. Diagrama de viteze și curent în timpul deplasării cu viteză mare a unității de avans.

Datorită fenomenelor ce afectează dereglarea treptată a mașinii, nu sunt necesare tehnici recurente de estimare a parametrilor. Suntem interesați de calculul celor mai mici pătrate (relația 2.3.39.) deoarece o singură estimarea unui set de parametri pentru o deplasare cu viteză mare, este suficientă pentru monitorizare

$$[\hat{\theta}] = [\Phi]^T \times [\phi]^{-1} \times [\phi]^T \times [y] \quad (2.3.39.)$$

d). Analiza, estimarea și validarea datelor experimentale

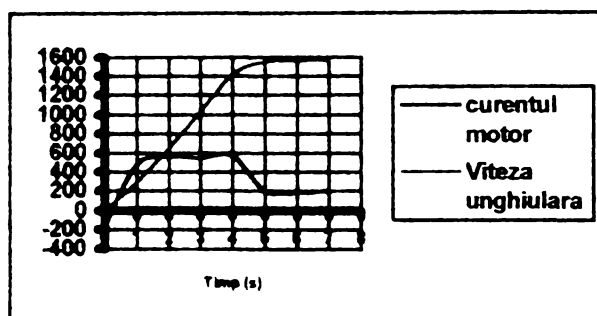


Fig 2.3.16. Datele experimentale pentru identificarea parametrilor mecanici ai sistemului de alimentare.

Validarea datelor oferă cercetătorului informații credibile reprezentative despre variabile fizice, măsurate, bazate exclusiv pe încrederea acordată măsurătorilor de estimarea modelului continuu și de metoda de estimare, măsurătorile efectuându-se cu ajutorul programatorului

mașinii.

În figura 2.3.16, sunt prezentate măsurătorile pentru estimarea parametrilor fizici ai sistemului de alimentare. Experiențele au fost efectuate pe o mașinii cu viteză mare de prelucrare, iar rezultatele experimentale s-au determinat după axa X a sistemului de alimentare. Pentru a estima parametrii fizici ai sistemului de alimentare, sunt măsurate viteza unghiulară și cea curentă. a rotorului (fig.2.3.16.)

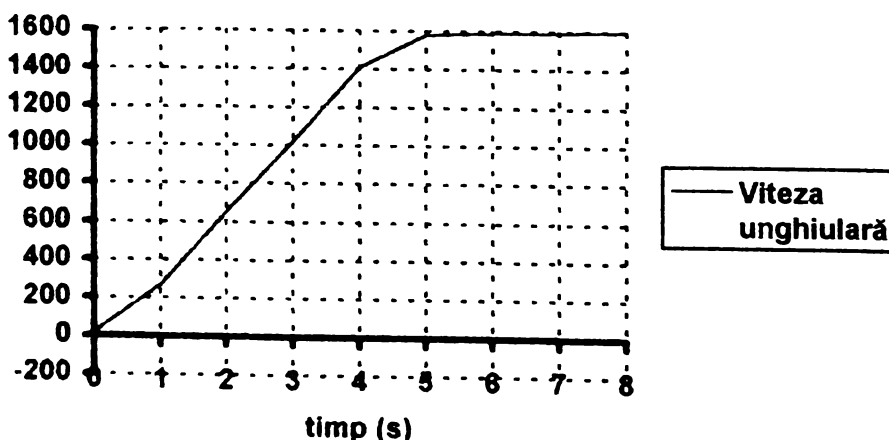


Fig 2.3.17. Diagrama de măsurare și estimare a vitezei unghiulare pentru identificarea parametrilor și a modelului de validare.

În fig.2.3.17. se prezintă un exemplu de reacție a vitezei la modelul sistemului de alimentare și parametrii săi fizici, fiind comparat cu unul al sistemului fizic de alimentare, din care se poate concluziona că modelul este validat.

**e) identificarea variației parametrilor, concluzii**

Fenomenul de încălzire fiind cel mai simplu, este cel experimentat ,deoarece așa cum se știe mașina poate lucra câteva ore cu același program pe când fenomenele generate de uzură și îmbătrânire ar putea necesita câteva luni de funcționare non-stop. Din analiza monitorizării sistemului de alimentare, rezultă următoarele concluzii semnificative:

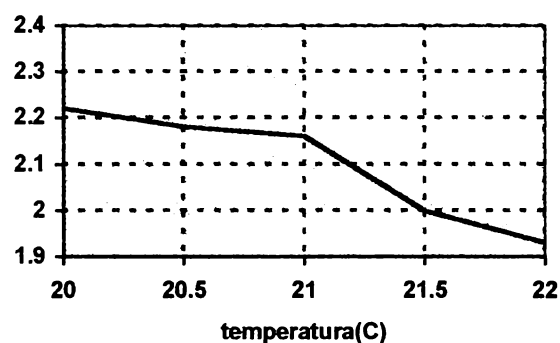


Fig.2.3.18Diagrama de variație a funcției Temperaturii  $C_d$ .

- **monitorizarea poate fi făcută ușor** și în timpul funcționării folosind măsurătorile determinate în timpul acționării mașinii. Unele defecțiuni cum ar fi: uzura cuzinetelor, lipsa ungerii, învechirea uleiului ,uzura perilor; pot fi asociate cu parametrii fizici ai modelului comportamental, variații semnificative ale acestor parametrii pot avea consecințe asupra preciziei controlului punctelor de alimentare și implicit asupra calității produselor ;
- **în aceste condiții, se impune** primul pas în monitorizare ca fiind estimarea parametrilor fizici, estimare care trebuie făcută în timpul unui proces de prelucrare, moment de funcționare cu viteză a pantelor de alunecare ;
- **acest model de monitorizare** poate fi aplicat și pentru motoare electrice ale sistemelor de alimentare, permițând urmărirea variației mașinilor –unelte;
- **implementarea monitorizării** după acest model și la senzorii inteligenți devine o modalitate eficientă pentru integrarea acesteia fără modificări semnificative ale software-ului sau a elementelor componente ale programatorului mașinii-unelte;
- **calitatea și capacitatea cunoașterii** acestor parametrii analizați în lucrare permite corectarea efectelor variațiilor asupra traiectoriei sculei așchietoare, prin intermediul sistemelor de gestiune a sculelor .

## **2.4. ECHIPAMENTE ,MIJLOACE SI METODE DE PREREGLARE A SCULELOR SI PORTSCULELOR PENTRU PRELUCRARE PRIN ASCHIERE**

### **2.4.1. Generalități**

În condițiile complexității și diversității sculelor și portsculelor utilizate pe MU cu CN, activitatea [1],[2],[8], de prereglare a sculelor reclamă un complex de activități tehnice cât și organizatorice, fig 2.4.1, de asemenea existența unor echipamente cel mai adesea asistate de un calculator.

Această activitate se desfășoară într-un atelier de sine stătător specializat cu o încălțată climatizată. Pentru echipamentele utilizate se impun următoarele condiții .

- *sistemul de prindere* să fie compatibil cu cel al MU cu CN ;
- *precizia suprafețelor* de bazare pentru instalarea subsistemului sculă să fie cu o clasă de precizie mai mare în raport cu suprafețele de bazare corespunzătoare MU cu CN ,
  - *construcția sistemelor* de ghidare, poziționare ale subsistemului în mișcare să fie corespunzătoare incrementului de măsurare ;
  - *forțele de strângere* ale sculei să fie constante ;
  - *fiabilitate* ridicată ;
  - *țimp de prereglare* minim;
  - *după prereglare*, subsistemul sculă însoțit de fișele de prereglare este transportat în cărucioare speciale în spațiul MU cu CN.
- *pe o suprafață nefuncțională* și cât mai vizibilă sculele sunt codificate, codul respectiv trecându-se în fișe și regăsindu-se în tabelul corespunzător cu corecții de sculă atașat programului propriu mașinii-unelte .

În condițiile fabricației flexibile, evident toate aceste proceduri fac parte integrantă din programele de calcul electronic, aferente sistemului sau celulei flexibile. Sunt situații când sunt cuprinse seturi complete de scule dispuse direct în magazinele de scule, schimbându-se direct magazinul de scule necesar.

2. STADIUL ACTUAL TEHNIC SI STIINȚIFIC AL PREREGLARII SI REGLARII SCULELOR SI PORTSCULELOR IN SISTEMELE DE FABRICATIE FLEXIBILE

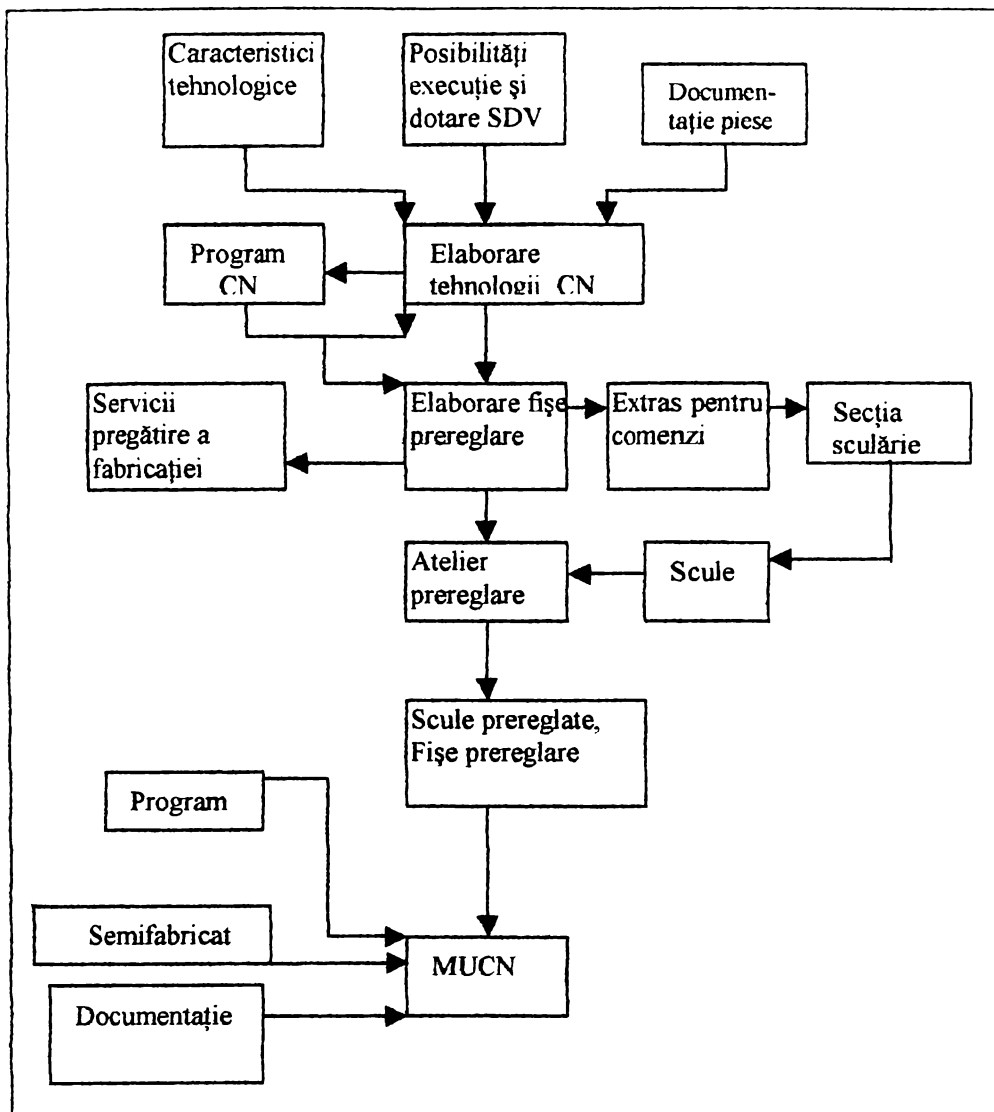


Fig.2.4.1. Arhitectura unui model de prereglare a sculelor și portsculelor, asistate de calculator.

### 2.4.2. Prereglarea sculelor de rotație

Activitatea de prereglare a acestor scule presupune reglarea la lungime și la diametru, precum și a unor parametrii geometrici ai tăișului. În funcție de precizia dorită, se pot utiliza sisteme rigide, strict mecanice, aparate optice sau echipamente de calcul electronic. În figura 2.4.2, este prezentat un dispozitiv de prereglare a burghiilor de centrare, care asigură o precizie de 0,15...0,2 mm. Dispozitivul se compune din placa de bază PB și placa verticală PV pe care sunt montate bușca de conducere BU și tija de reazem TR.

În bușca BU se introduce portscula PS în care se află instalat burghiul de centrare BC, care după reascuțire trebuie reglat în raport cu portscula PS la dimensiunea L. Pe tija TR se fixează opritorul OP față de care se reglează

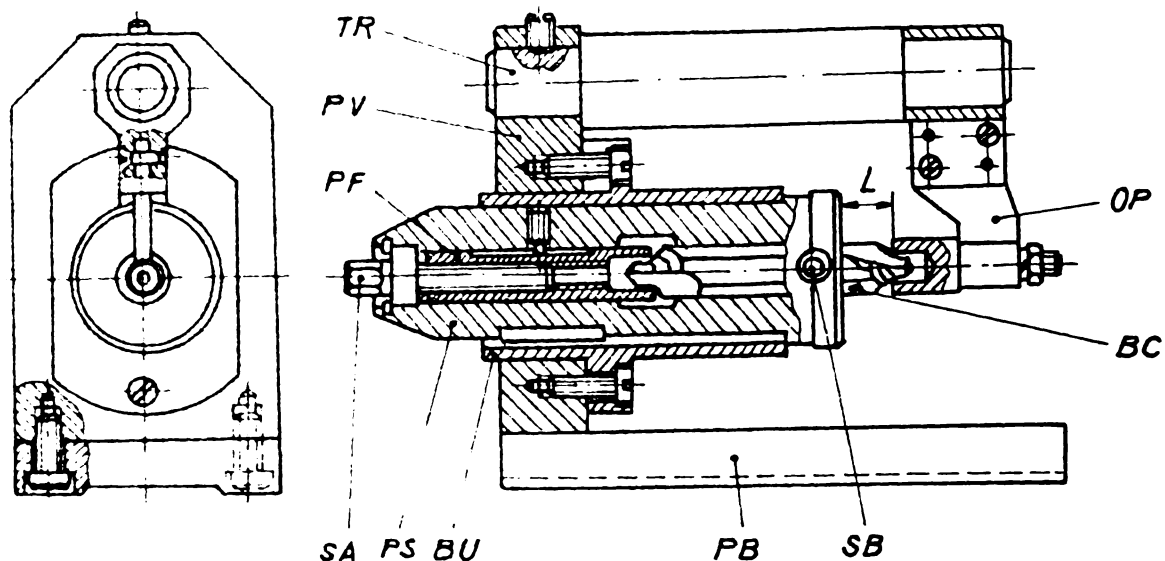


Fig 2.4.2. Dispozitiv de prereglare a burghiilor de centrare

mărimea  $L$  Șurubul de acționare ȘA, care poate fi doar rotit în corpul portsculei, va imprima piesei filetate PF o deplasare rectilinie care în contact cu burghiul îl va deplasa pe acesta până atinge opritorul OP, moment în care se strânge șurubul de blocaj ȘB, operația fiind încheiată. Pentru prereglarea sculelor cu coadă, tip burghiu, când precizia dorită se situează în limitele  $\pm 0,2$  mm, se pot folosi dispozitive similare cu cel prezentat în figura 2.4.3.

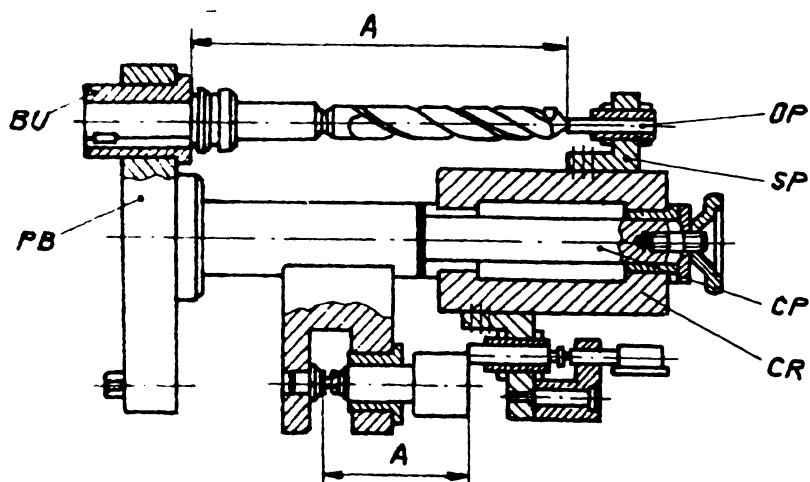


Fig 2.4.3. Sistem de prereglare de mare precizie a sculelor cu coadă tip burghiu.

Dispozitivul se compune din placa de bază PB în care se instalează bușele de conducere BU care au diametrul interior egal cu diametrul portsculei. În centrul plăcii PB se găsește coloana principală CP pe care este montat cilindrul rotativ din aluminiu CR. Pe suprafața acestuia se prind cu șuruburi suporturile SP, în care se fixează opritorii OP, reglați la dimensiunile de prereglare A. Scula și portscula ce urmează să fie prereglate se introduc în bușă BU; se rotește



## 2. STADIUL ACTUAL TEHNIC SI STIINȚIFIC AL PREREGLARII SI REGLARII SCULELOR SI PORTSCULELOR IN SISTEMELE DE FABRICATIE FLEXIBILE

cilindrul CR până când opritorul OP ajunge în dreptul sculei. Reglând piulița de pe portsculă, scula se deplasează axial pe verticală până când vârful acesteia va veni în contact cu opritorul. Pentru prereglarea sculelor de rotație sau a sculelor combinate este folosit aparatul TRABANT 200 figura 2.4.4.

Sistemul de măsurare este combinat (fig. 2.4.4. c), fiind cu reglare optică și cu ceas comparator asigurând o precizie de 0,01 mm. Sistemul de citire este corespunzător traductorului optic, proiectorul are puterea de mărire 20:1 și precizia unghiulară de 1 grad.

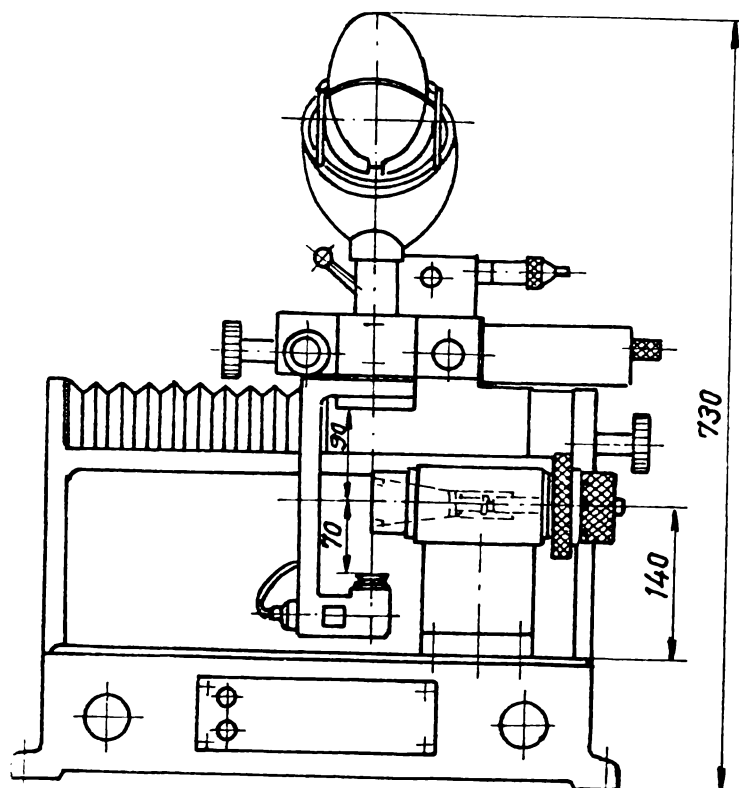


Fig. 2.4.4. Dispozitiv de prereglare combinat cu sisteme optice și mecanice, tip TRABANT.

În figura 2.4.5, este prezentat aparatul de prereglare MICROFIX al firmei BODMER cu posibilitatea de a regla diametre în gama 0...500 mm cu precizia de 0,02 mm, la sistemul de măsurare cu rigla și de 0,01 mm la cel optic.

Elementele componente sunt :

- traductorul optic TO pentru măsurarea diametrului;
- sistem de reglare grosier pentru măsurarea diametrului;
- manetă de poziționare rapidă MPRa sistemului de măsurare a diametrului;
- manetă de blocare MBS a sculelor sau a reducățiilor;
- maneta de blocare a sculelor în reducăție;
- braț cu sistem de palpate și ceas comparator BSPCC;
- EEC echipament electric de comandă.

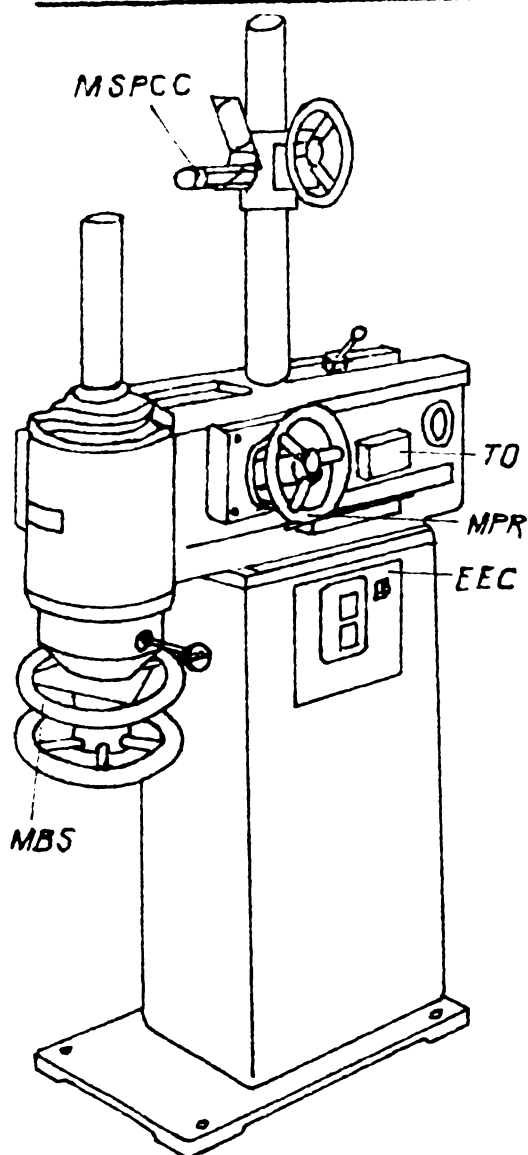


Fig.2.4.5 Dispozitiv de prerulare tip MICROFIX,

cu posibilitatea de reglare a sistemul de măsurare.

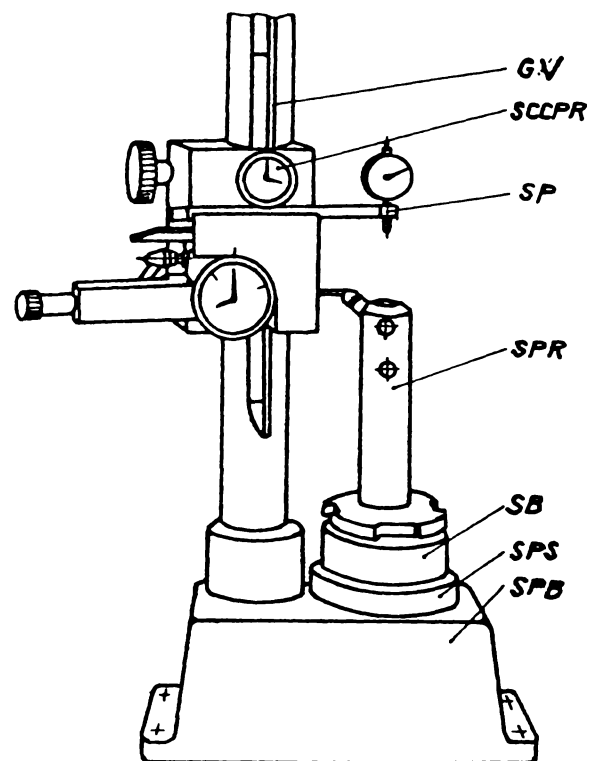


Fig.2.4.6. Sistem de prerulare tip KELCH,cu  
posibilitatea reglării la cota de măsurare, în caz  
că apar jocuri accidental.

Măsurarea la diametru cât și la lungime se face prin palpare cu sistemul MSPCC și citire pe ceasuri comparatoare etalonate ca poziție de către constructor dar cu posibilități de reglare în caz că apar jocuri în mod accidental. O construcție similară o au aparatele construite de firma KELCH, (fig. 2.4.6), sistem ELD și figura 2.4.7. sistem KALIMAT, a căror semnificație a elementelor componente a aparatelor este următoarea :

- suportul de bază SPB al aparatului;
- suport portsculă SPS;
- sistem de blocare SB;
- scula , prerelată SPR;
- sistem de palpare SP ;
- ghidaje verticale GV ;
- sistem de citire a cotelor prerelate SCCPR

2. STADIUL ACTUAL TEHNIC SI STIINȚIFIC AL PREREGLARII SI REGLARII SCULELOR SI PORTSCULELOR IN SISTEMELE DE FABRICATIE FLEXIBILE

Se observă că sistemul de citire la ELD (fig.2.4.6) este cu ceasuri comparatoare, iar la sistemul KALIMAT (fig.2.4.7.) este optic, sistemul de palpare în acest caz fiind unitar ,iar la ELD diferit pe cele două direcții.

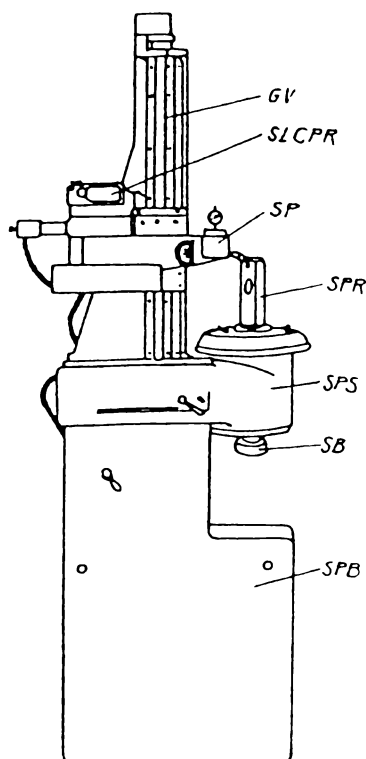


Fig. 2.4.7. Sistem de prereglare tip KALIMAT cu posibilități de compensare a jocurilor accidentale.

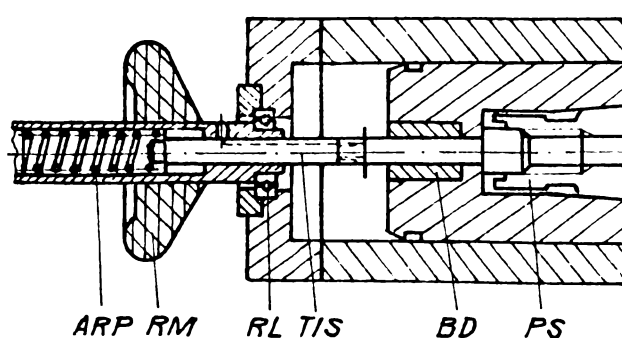


Fig.2.4.8. Sistem de instalare al sculei, in aparatul tip KALIMAT

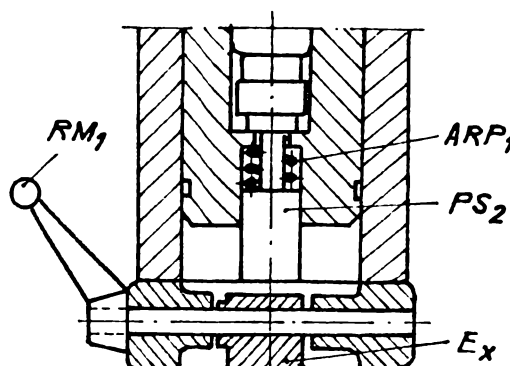


Fig.2.4.9. Dispozitiv excentric de instalare al sculei in aparatul tip KALIMAT.

Instalarea sculei se face cu ajutorul tijei TIS,(fig. 2.4.8.), care se filetează în zona interioară a portsculei PS, acționată de roata de mână RM. Sistemul este pretensionat de arcul ARP si lăgăruit de rulmentul RL și bucșă BD; pentru desfacere se acționează roata de mână RM în sens invers. Într-o altă variantă se poate utiliza un dispozitiv excentric, fig 2.4.9, când arcul ARP1 pretensionează portscula PS2, iar pentru desfacere se acționează cu maneta RM1 excentricul Ex .Portsculele utilizate pentru ambele variante sunt de tip KAISER.

Din categoria echipamentelor de prereglare a sculelor tip bară de alezat face parte și cel produs de firma ISAS Pașcani SA . Acest echipament, fig. 2.4.10, este realizat în două variante:

- a. cu cititori optici
- b. cu afișare numerică a cotei.

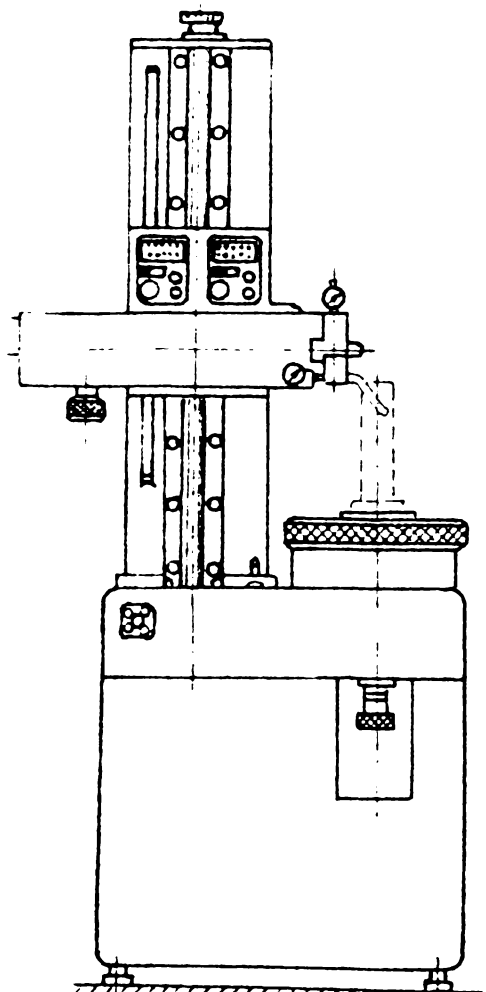


Fig. 2.4.10. Aparat de prereglare a sculelor

tip bară de alezat.

**Caracteristicile tehnice cele mai importante sunt:**

- diametrul maxim de prereglare 300 mm;
- lungimea maximă de prereglat 600 mm;
- precizia de prereglare la diametru 0,005 mm;
- precizia de prereglare la lungime 0,01 mm.

Utilizarea capetelor de frezat cu plăcuță amovibilă la prelucrarea de precizie, face posibilă operația de prereglare necesară acestor scule în sistemul de prereglare prezentat, când se pot verifica suprafețele circulare și frontale ale tășurilor plăcuțelor active cât și parametri geometrici.

### 2.4.3. Prereglarea sculelor de tip cuțit de strung

Prereglarea cuțitelor de strung este o operație similară cu cea de la scule de rotație, cu respectarea condițiilor legate de modul de instalare al sculei și specificul portsculelor. În figura 2.4.11, este prezentat un dispozitiv de prereglare prevăzut cu ceasuri comparatoare.

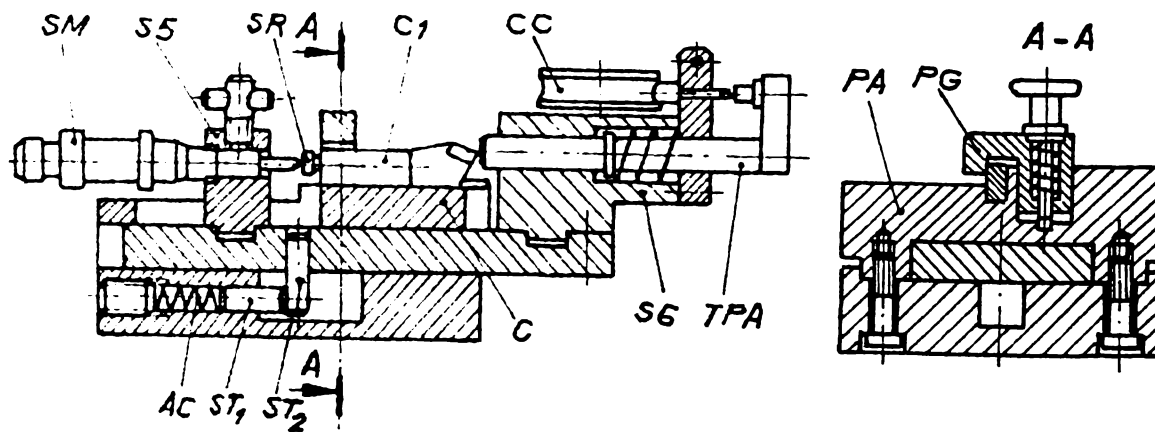


Fig. 2.4.11. Dispozitiv de prereglare a sculelor și portsculelor, echipat cu ceasuri comparatoare.

Cuțitul C1 se montează în corpul C al dispozitivului și este ghidat cu ajutorul piesei PG, iar pe ghidajele corpului C se deplasează patina PA pe care sunt fixați suportii S5 și S6. În suportul S5 este montat șurubul micrometric SM, iar în suportul S6 ceasul comparator CC care ca și vârful cuțitului vin în contact cu tija portarc TPA. Prin intermediul șurubului reglabil SR, cuțitul se reazemă pe suprafața frontală a șurubului SM. Pentru reglare se rotește șurubul SR cuțitul C1 va avansa spre dreapta, deplasarea va fi citită pe ceasul comparator CC iar datorită știfturilor ST1 și ST2 care comprimă arcul AC deplasarea cuțitului în corpul C nu influențează asupra cotei de reglare afișate de comparator, precizia de reglare este de 0,002 mm.

La ISAS Pașcani SA se produce un aparat pentru prereglarea cuțitelor de strung, fig. 2.4.12, în două variante: *a. cu cititori optici*, *b. cu afișare numerică a cotei*, ale cărui caracteristici sunt:

- deplasarea longitudinală maximă 500 mm;
- deplasarea transversală maximă 400 mm;
- înălțimea vârfului sculei la obiectiv 90 mm;
- precizia de prereglare pe cele două direcții 0,01 mm.

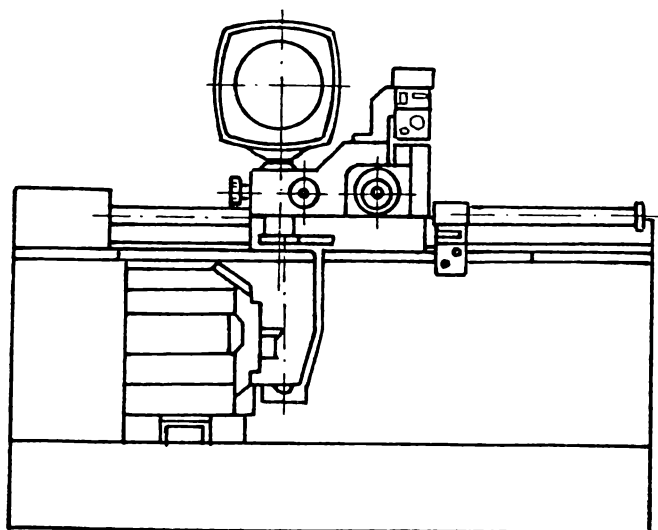


Fig.2.4.12.Aparat pentru prereglarea cuțitelor de strung.

#### 2.4.4. Aparat universale de prereglare

În condițiile creșterii nevoii de flexibilitate în fabricație s-au impus aparatele cu un grad ridicat de universalitate. Pentru mărirea capacității de prereglare a apărut necesitatea memorării mai multor puncte de nul ale diferitelor sisteme de scule care pot fi montate în aparat, de exemplu în cazul aparatului Trabant 600 se utilizează sistemul “PRESET CU MEMORIE CONSTANTĂ”, putându-se înmagazina 10 puncte diferite de nul. Sistemul

electronic se atașează celor două sisteme de afișare a cotelor, semnalizându-se optic utilizarea punctului de nul, ca metodă asemănătoare cu cea utilizată la MU cu CN. În figura 2.5.13, sunt reprezentate cotele ZNE, XNE care poziționează punctul de nul al suportului și care sunt memorate în "PRESET" și cotele XNP, ZNP care se trec în fișa de prerulare.

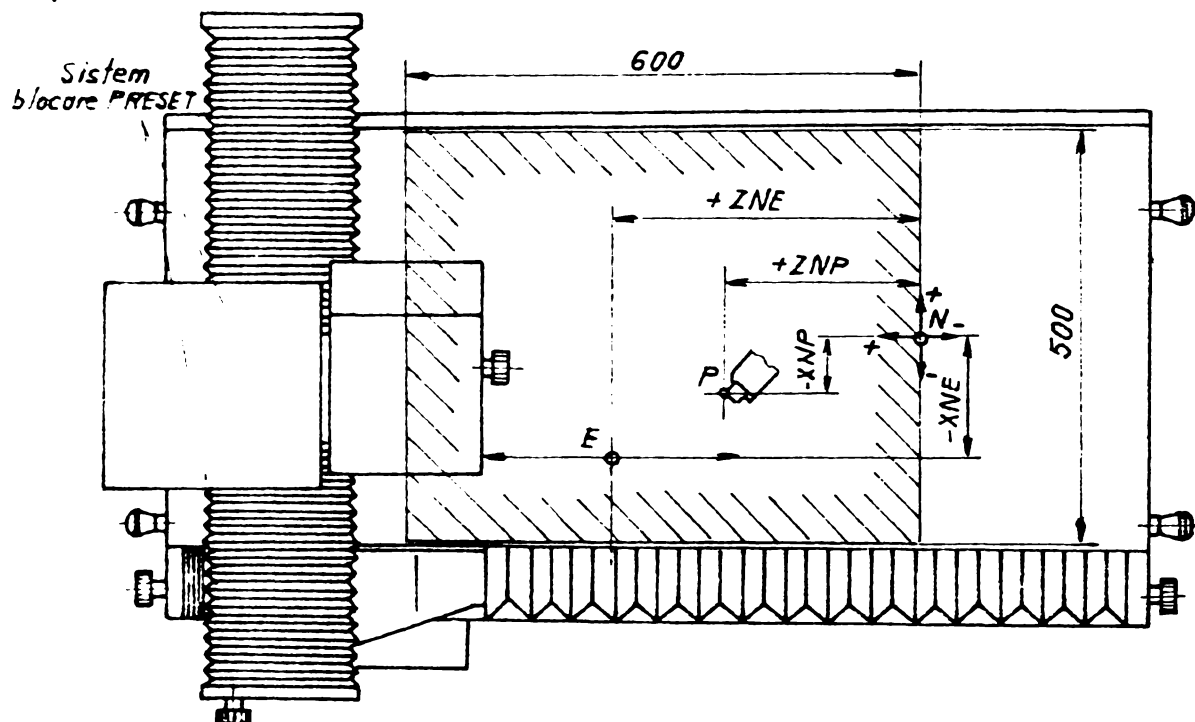


Fig.2 4.13. Poziționarea punctului de nul al suportului , poziții care se trec în fișa de prerulare.

Determinarea cu exactitate a cotelor ZNE și XNE se face cu ajutorul unor piese etalon de reglaj, valorile fiind codificate în BCD, fig. 2.4.14.

Pe cele 10 linii se pot programa 10 puncte de nul cu ajutorul unor fișe ce se introduc în locașe corespunzătoare.

Etapile de prerulare sunt următoarele:

- 1 **scula este instalată** în portscula care se va utiliza pe MU cu CN;
- 2 **se conectează aparatul** inclusiv proiectorul la instalația electrică;
- 3 **se aduce în punctul E** sistemul de prerulare;
- 4 **se inițializează sistemul** "PRESET CU MEMORIE" a punctului de nul corespunzător suportului ales;
- 5 **ecranul de vizualizare** este adus cu centrul reticulului în vârful sculei, făcându-se măsurători unghiulare dar și măsurându-se ZNP și XNP.

De importanță deosebită în exploatarea MUCN cu scule prerulate este asigurarea calității procedurilor de prerulare, când se pot realiza fișe de prerulare ca în figurile 2.4.15 și 2.4.16.







### 3. CONTRIBUȚII PRIVIND DEFINIREA CONCEPTELOR PENTRU SISTEME DE PRELUCRARE PRIN AȘCHIERE

#### 3.1. CONSIDERAȚII ASUPRA PROCESULUI DE PRELUCRARE CA SISTEM

Noțiunile de sistem și structuri sunt determinante în cercetarea de specialitate a conceptului proces de prelucrare (ca și în alte cazuri) tocmai plecând de la adevărul științific care definește elementele mulțimii care formează acest sistem aflat de regulă în relații și legături multiple.

Plecând de la ipoteza că funcționarea sistemului [19], [32],[13] într-un anumit mediu este dependentă de stabilirea ierarhiei elementelor și a relațiilor între ele este necesară identificarea etapelor studiului analitic al sistemului de prelucrare:

- *formularea obiectului studiului;*
- *studiul posibilităților de realizare;*
- *studiul sistemului;*
- *realizarea sistemului;*
- *tehnica întreținerii sistemului.*

Studiul sistemului [13] de producție bazat pe etapele enumerate identifică într-o primă etapă *descrierea generală a problemelor* precum și a dificultăților care stau în calea rezolvării pachetului de probleme.

Între cele mai sigure și științifice etape se recomandă formularea unor exemple de probleme de analizat care prin metode interogative să simplifice drumul spre formularea obiectului studiului.

Posibilitățile tehnice și economice de realizare a schimbărilor propuse mai înainte sunt obiectul unui studiu pertinent, concretizat de regulă de :

- *durata scurtă;*
- *cost scăzut, inițiat în condițiile dezvoltării sau abandonării unei idei.*

Răspunsul la acest studiu este formulat prin *evidențierea calității sistemului sau utilitatea lui*, exprimată în termeni cantitativi. De remarcat momentul elaborării operative (18) a unui sistem care este considerat necesar și realizarea în desfășurarea următoare ca etape:

- *definirea problemei*, fază supusă în mod continuu îmbunătățirii;
- *construcția modelului*, caracterizat de definirea componentelor și modul

de interacțiune al acestora între ele și cu alte componente asociat obligatoriu cu un criteriu de performanță, evident în funcție de modul cum a fost percepută problema.

a) *stabilirea soluției*- se poate aprecia că din acest moment deja fusese început procesul de proiectare care este continuu și urmat de analize și încercări care să ducă la îmbunătățirea soluției și chiar la alte categorii de analize. Soluția este obținută atunci când se poate aprecia că răspunsul primit la un moment dat este cel mai bun în comparație cu criteriile stabilite.

b) *omologarea sistemului*- se realizează diferit de la sistem la sistem,(în cazul cercetării de față s-a urmărit realizarea unui sistem digital la

care s-a aplicat soluția omologării subsistemelor pe componente al fiecărui subsistem în parte) În fig.3.1.1, se propune spre omologare modelul dat în anumite condiții de intrare ( $V_{I_{nM}}$ ) și compararea mărimilor de ieșire ( $V_{I_{eM}}$ ) obținute cu cele ale sistemului real ( $V_{I_{eSR}}$ ) sau cu anumite ieșiri prestabilite ( $V_p$ ) dacă sistemul nu ezită.

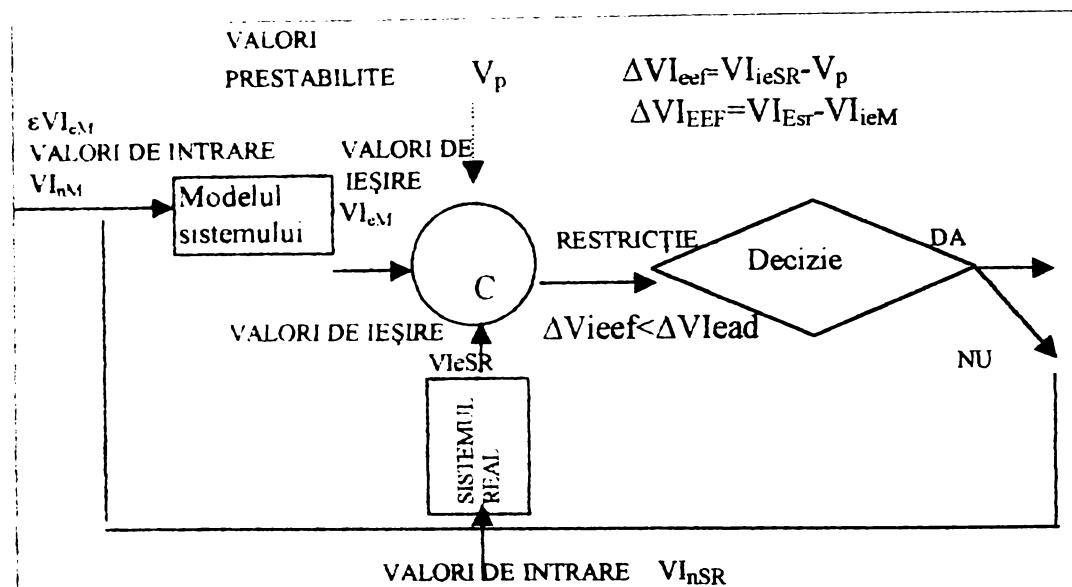


Fig. 3.1.1. Soluție de sistem propus pentru omologare.

Ambele mărimi de ieșire trebuie să fie compatibile printr-o diferență admisă ( $\Delta V_{ie}$ ) pentru ca modelul să fie considerat o reprezentare valabilă a sistemului.

Omologarea soluției obținute pe baza modelului se poate realiza ca urmare a aplicării a trei metode posibile:

- metoda I-comparația cu performanțele precedente,
- metoda II-comparația cu performanțele viitoare,
- metoda III-comparația prin simulare (Monte Carlo).

c) realizarea modelului - este susținută de două faze: 1) faza preliminară de experimentare, care poate avea diferite forme: funcționare, realizare, instalație pilot, prototip, seria zero, etc. 2) realizarea integrală.

d) tehnica întreținerii sistemelor - este evident că un sistem nu este niciodată complet, de aceea va suporta diferite schimbări. Deci se poate considera că realizarea integrală a sistemului înseamnă încetarea activităților majore de proiectare până ce un nou sistem începe să fie studiat în vederea înlocuirii celui vechi. De aici se poate concluziona că întreținerea sistemului are drept scop realizarea unor îmbunătățiri și a unor schimbări minore, continuarea supravegherii valabilității performanțelor sistemului.

### 3.2. CARACTERIZAREA PROCESULUI DE PRODUCȚIE CA SISTEM

Procesul tehnologic conceput ca sistem, este caracterizat prin trei elemente esențiale specifice fiecărui sistem: *scop, organizare, flux*.

#### 3.2.1. Scopul procesului tehnologic

Se consideră că, totalitatea activităților societății comerciale cu scopul de a transforma materia primă în produse finite reprezintă procesul de producție. În cadrul procesului [19], [20] de producție (PP) se disting diferite procese tehnologice: procese tehnologice de bază (PTB), procese tehnologice auxiliare (PTAx), procese tehnologice de deservire (PTDs), etc. Plecând de la această clasificare, se poate reprezenta modelul conic-schematic (fig.3.2.1.), al procesului de producție, care reprezintă interacțiunea proceselor PTAx și PTDs cu PTB.

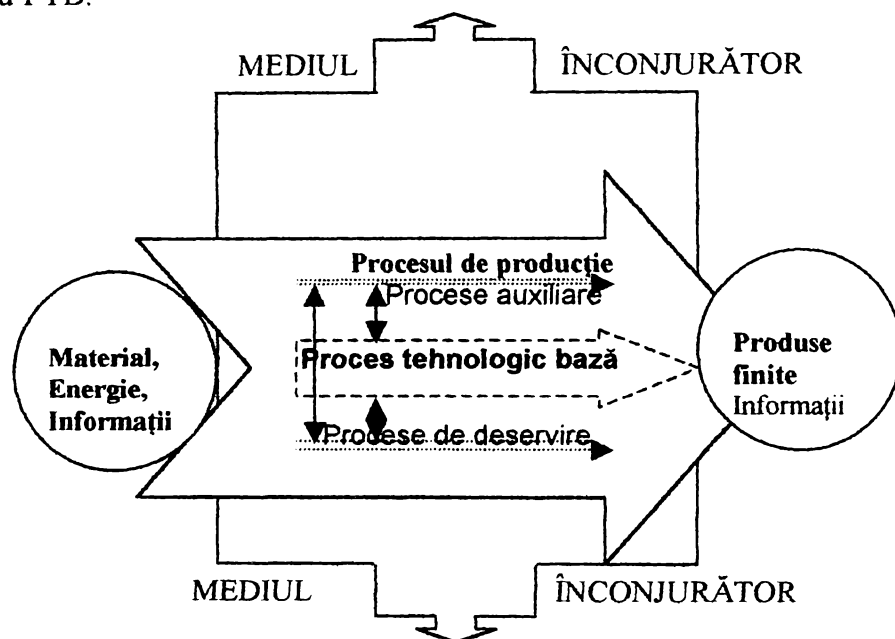
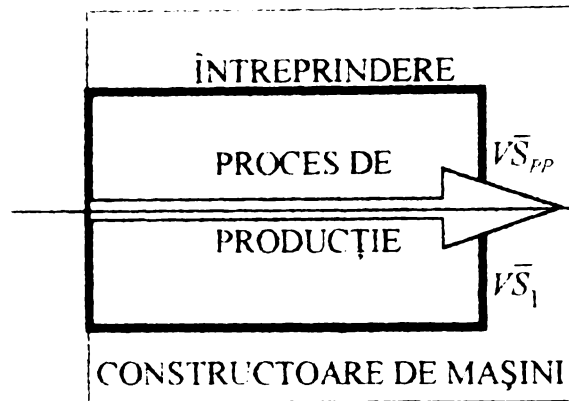


Fig. 3.2.1. Locul procesului tehnologic în cadrul societății comerciale ca sistem.

Plecând de la modelul iconic-schematic, se pot preciza scopurile societății comerciale chiar pentru subsistemele componente, situație în care aceste scopuri pentru un domeniu tehnologic specific pot fi: scopul general, care de fapt motivează existența sistemului de producție dat, scopul categorial, care se adresează anumitor domenii ale activității raționale, specifice tehnologiei cum ar fi: concepție, fabricație, funcționare, exploatare management, gestiune etc.

Scopul categorial de fapt definește sensul activității sistemului de producție considerat. Plecând de la nevoile condiționate ale scopului și combinat cu condițiile pe care trebuie să le îndeplinească produsul fabricat, se ajunge la necesitatea introducerii noțiunii sau categoriei de *scop condiționat* sau *obiectivat* (sortiment, cantitate, cost, fiabilitate, mentenanță etc.).

Considerând asocierea societăților comerciale ca sistem cât și a proceselor de producție ca sistem (fig. 3.2.2.) și punând în evidență vectorii ( $V\bar{S}$ ) rezultă că direcția și sensul celor doi vectori scop  $V\bar{S}_1$  și  $V\bar{S}_{pp}$  coincid, situație care pune în evidență un coeficient de valoare a scopului societății comerciale, adică:



ne în evidență un coeficient de valoare a scopului societății comerciale, adică:

$$V\bar{S}_{pp} \cdot K_S = V\bar{S}_{SI} \quad (3.1.)$$

Dacă  $K_S > 1$ , înseamnă că tendința activității procesului tehnologic este de a depăși scopurile stabilite pentru societatea comercială ca sistem.

Reprezentarea vectorială poate fi extinsă și la cuplul de apartenență,

Fig 3.2.2 Asocierea societății comerciale ca sistem, procesului de producție.

proces tehnologic de bază ( $V\bar{S}_{PTB}$ ) - proces de producție ( $V\bar{S}_{pp}$ ), care va pune și aici în evidență identitatea de direcții și sens a celor doi vectori scop, adică:

$$V\bar{S}_{pp} = K_S \cdot (V\bar{S}_{PTB}) \quad (3.2.)$$

Dacă se analizează modelul iconic-schematic pentru sistemul proces tehnologic, ca în fig.3.2.3, se poate constata că acest proces tehnologic de bază

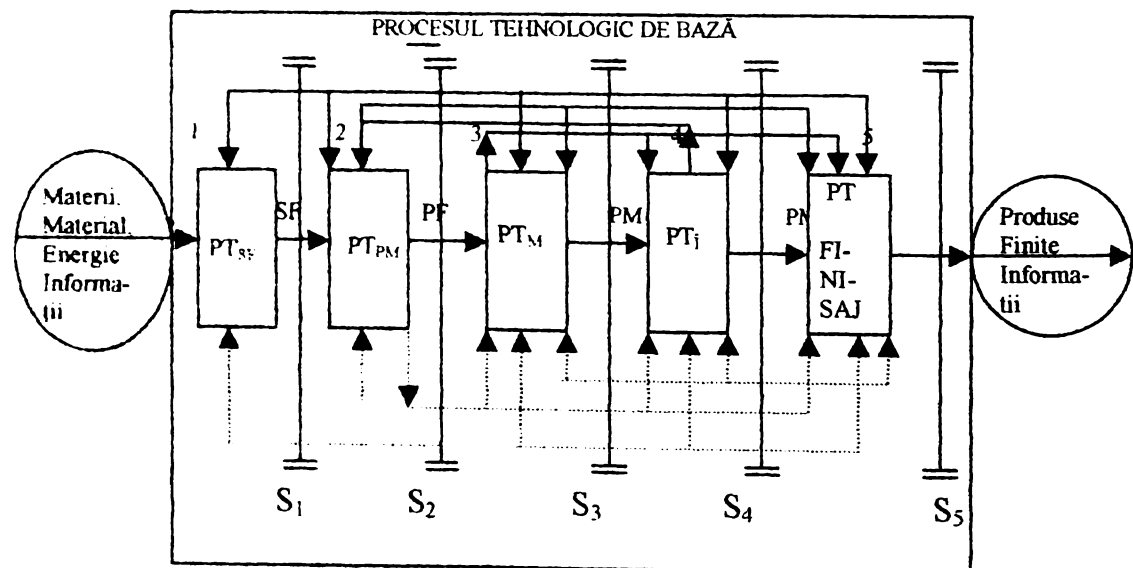


Fig 3.2.3. Modelul iconic-schematic pentru sistemul proces tehnologic de bază.

se prezintă ca o reuniune ordonată de subsisteme, proces tehnologic de

elaborare a semifabricatelor ( $PT_{SF}$ ), de prelucrare mecanică ( $PT_{PM}$ ), de montaj ( $PT_M$ ), de încercare, probe ( $PR_1$ ) și de finisaj ( $PT_F$ ), cu intrările și ieșirile aferente scopului categorial, obiectivat identic cu cel al procesului de producție și deci cu cel al societății comerciale ca sistem.

Imposibilitatea de a optimiza un sistem doar în raport cu un obiectiv, pe de altă parte posibilitatea de a considera diferite reuniuni de sisteme proces tehnologic ca în fig.3.2.3., conduce la necesitatea aplicării teoriei contracției criteriilor sau tratarea obiectivelor ca alcătuind un sistem obiectiv, la care să se

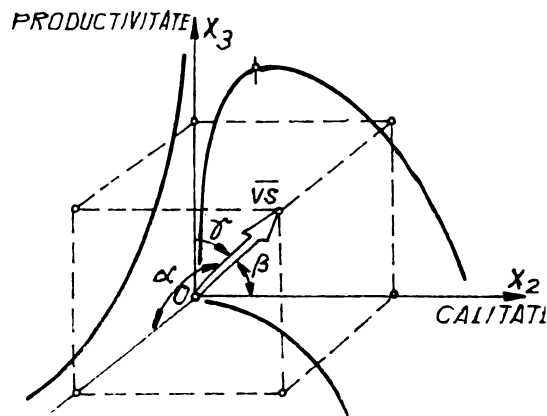


Fig.3.2.4 Analiza vectorială a scopului în spațiul tridimensional temporală. În acest mod, se obține posibilitatea de analiză vectorială a scopului categorial în spațiul tridimensional (fig.3.2.4.) Apare necesitatea de cuantificare a scopurilor parțiale și de introducere a unghiurilor  $\alpha, \beta, \gamma$  care precizează poziția în spațiu tridimensional a vectorului scop în raport cu care se optimizează procesul. Dacă oricare din cele trei

stabilească scopul categorial, obiectivat unic față de care să se optimizeze sistemul proces tehnologic. Dacă se consideră fiecare caracteristică a scopului obiectivat, reprezentând componentele unui vector în general nedimensional, într-o primă contracție se ajunge la  $n=3$ , prin introducerea noțiunii de productivitate care leagă caracteristica de calitate, de cea

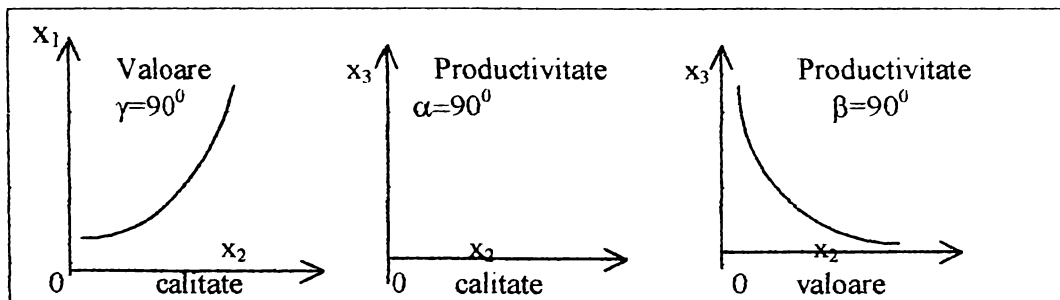


Fig.3.2.5. Spațiul bidimensional al obiectivelor pentru valori ale lui  $\gamma, \alpha$  și  $\beta = 0$

unghiuri are valoarea zero, pentru celelalte  $\neq 0$ , rămân în sistemul obiectivelor doar două obiective (spațiul bidimensional al obiectivelor), interesând în acest caz modul de variație al unui obiectiv în funcție de variația celuilalt (fig.3.2.5). Pentru cazul când două unghiuri sunt egale cu zero, sistemul de obiective se reduce la un singur obiectiv(fig.3.2.6).

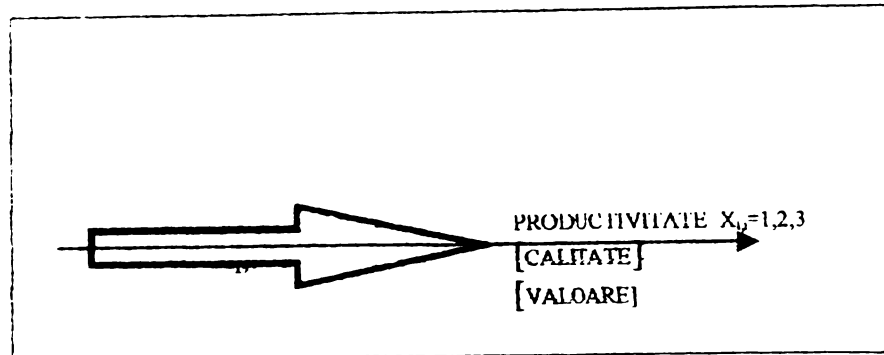


Fig 3.2.6. Reducerea sistemului obiectiv la un singur obiectiv.

### 3.2.2. Teinologia\* proceselor tehnologice

În figura 3.2.7, se prezintă modelul iconic-schematic în care se face o reprezentare a procesului de prelucrare mecanică ca activitate productivă, prin care se obține modificarea formei, dimensiunilor, calității materialului prin aplicarea acestui proces pe utilaje de prelucrare mecanică.

Scopul procesului tehnologic se realizează datorită interacțiunii mulțimii de elemente ordonate care alcătuiesc acest sistem. Se înțelege că pentru fiecare tip de proces tehnologic de bază: elaborare semifabricate, prelucrare mecanică, montaj etc. natura elementelor este diferită; la fel și organizarea acestor elemente. Este bine de considerat că în procesele tehnologice aplicate pe utilaje de prelucrare mecanică, elementele de structură ale sistemului sunt condiționate de generarea suprafețelor pe mașini-unelte (schimbarea formei, a dimensiunilor poziției relative a suprafețelor ce compun piesa ce se prelucrează).

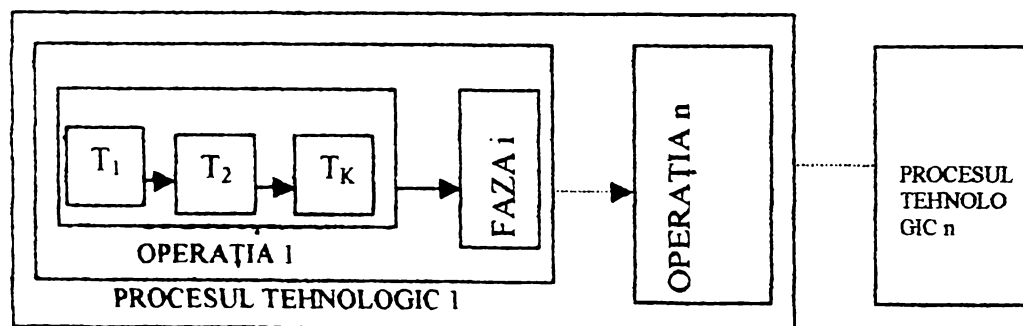


Fig 3.2.7. Modelul iconic-schematic pentru un proces de prelucrare aplicat pe utilaje de prelucrare mecanică.

Procesul de transformare are două extreme pe care le vom numi *extremele procesului de transformare*, extremul inițial  $E_1$  și extremul final  $E_f$ . Între aceste extreme există posibilitatea apariției unor stadii noi ale procesului de transformare (fig. 3.2.8.). Luând în considerare scopul categorial obiectivat pen-

\*Teinologie, de la verbul grecesc care înseamnă "a așeza într-o situație determinantă"

tru procesul tehnologic , rezultă pentru caracteristica de productivitate, cerința de îndepărta-re a unei cantități maxime de materi-al la fiecare trecere, stare care conduce la micșorarea numărului de treceri la  $i=1$ , într-un timp dat sau înde pãrtarea unei cantități de material într-un timp minim.

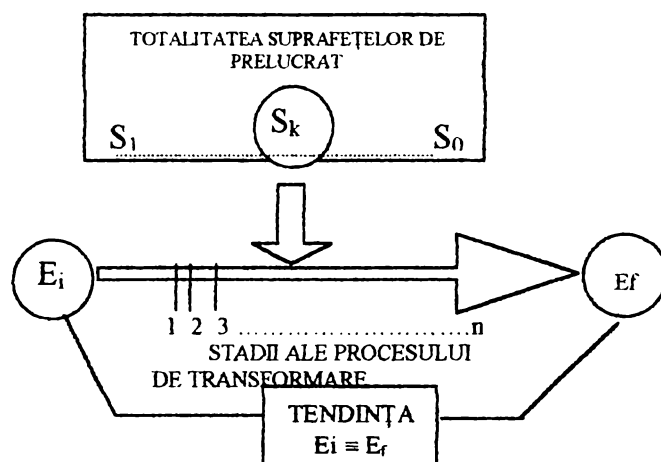


Fig.3.2.8. Structura extremelor de transformare pentru un proces de transformare

Din analiza și a celorlalte două scopuri obiectivate calitate și cost, rezultă că, reducerea numărului de stadii ale procesului de transformare până la limita  $E_f = E_i$ , reprezintă tendința de conducere a procesului tehnologic.

În concluzie relația  $E_f = E_i$  s-ar identifica cu starea elaborării unui semifabricat ( $E_i$ ) identică cu piesa finită ( $E_f$ ). Această tendință de comportare în deciziile privind procesul de transformare al unei suprafețe se poate extinde la toate suprafețele (sistemul suprafețelor), suprafețe ce trebuie prelucrate, dar luate izolat în cadrul sistemului de suprafețe (fig.3.2.9.) Semnificativ este faptul că tratarea sistemică impune necesitatea grupării elementelor după anumite criterii, de exemplu criteriul preciziei (fig.3.2.10). Pentru cercetarea optimală a procesului tehnologic ca sistem, se consideră semnificative următoarele forme ale cercetării:

- forma orizontală internă pe traseul  $SF_n-PT_n$  (semifabricat- prelucrări mecanice), pentru un reper component al unui produs;
- forma verticală de nivel, formă externă ( $SF-PM$ ) în care se va căuta optimul în interdependența elementelor specifice nivelului pentru diferite repere ce compun un produs dat;

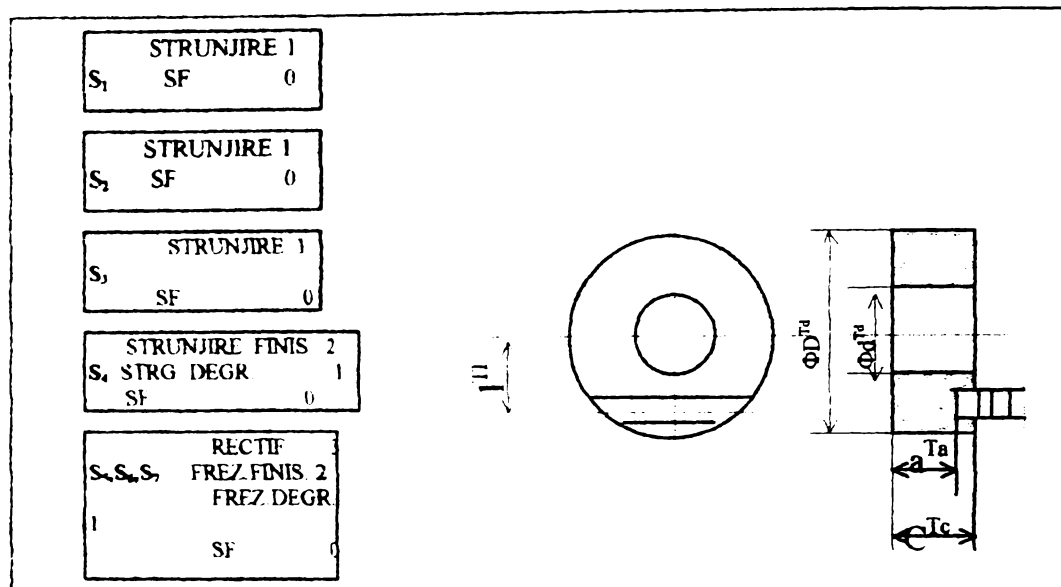


Fig.3.2.9 Structura procesului de transformare al unei suprafețe în cadrul sistemului .

- **forma diagonală internivel,** formă externă în care se caută optimul în interdependența elementelor specifice nivelului diferitelor repere din compunerea unui produs dat ;

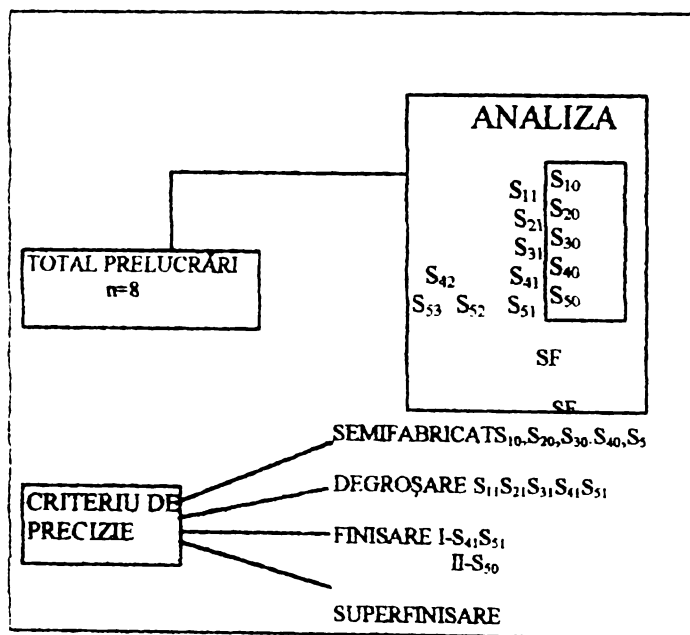


Fig.3.2.10 Schema grupării elementelor după criteriul preciziei

- **forma verticală interprodus,** în care se va cerceta optimul de organizare, planificare conduce la nivelul atelierului, secției ca sistem.

### 3.2.3. Fluxurile procesului tehnologic

În figura 3.2.1, sunt evidențiate fluxurile societății comerciale constructoare de mașini. Ținând seama de cele prezentate anterior rezultă existența în



procesul tehnologic a trei fluxuri :fluxul materialelor; fluxul energetic, fluxul informațiilor.

a). **Fluxul materialelor**, impune tratarea diferențiată a problemei, în funcție de tipul procesului tehnologic de bază,  $PT_{SF}, PT_{PM}, \dots, PT_F$  (fig.3.2.12);

b). **Fluxul energetic**, menține de asemenea, necesitatea tratării diferențiate în funcție

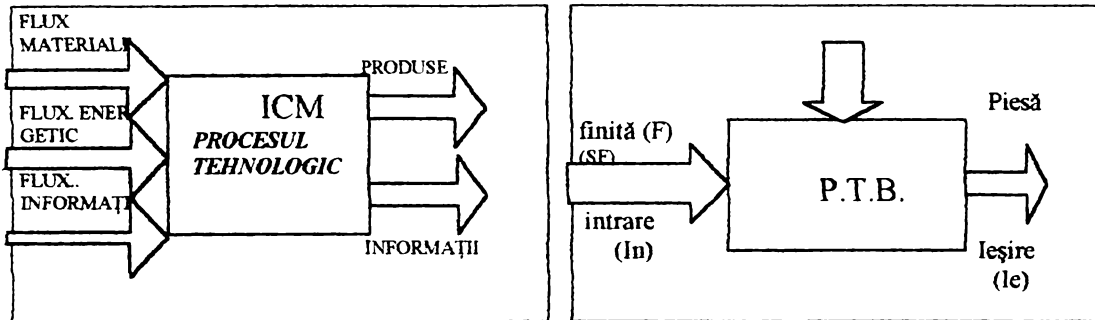
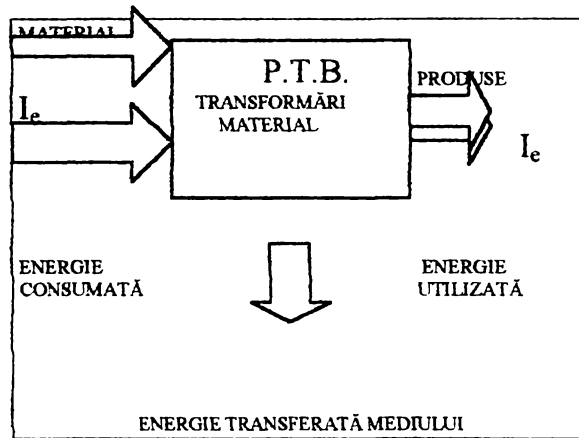


Fig. 3.2.11. Schema fluxurilor societății comerciale

Fig.3.2.12. Schema analizei unui proces tehnologic pentru o întreprindere constructoare de mașini.

de tipul procesului. În acest caz principiul *cauză-efect* capătă formularea **MATERIAL+ENERGIE = TRANSFORMARE** (fig.3.2.13.).



Toate scopurile categoriale obiectivate, specifice procesului tehnologic, sunt influențate de raportul dintre energie și material denumit **coeficientul energetic al transformării** (KWh/Kg). Este necesar să se facă distincția între fluxul

Fig. 3.2.13. Modelul interacțiunii material-energie pentru un proces tehnologic

extern energetic (energia înmagazinată în piesă în stare potențială). Acest flux energetic influențează în mare măsură precizia dimensională. Ordonarea operațiilor în procesul tehnologic trebuie să țină seama de problematica fluxului energetic. În acest mod către sfârșitul procesului tehnologic, coeficientul energetic al operațiilor trebuie să aibă valori cât mai mici.(fig.3.2.14.).

c). **Fluxul de informații**, în procesul tehnologic este legat direct de dinamica sistemului . În scopul evidențierii diferenței între modurile de acționare în proces a celor trei fluxuri se pot face următoarele precizări :

a) **energia** este cea care contribuie intrinsec la modificarea formei materialului prin intermediul sculelor și al utilajului de prelucrare, dispozitive, etc;

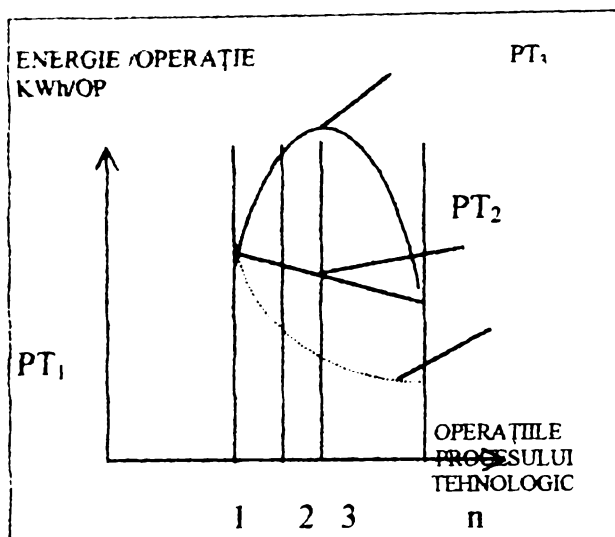


Fig. 3.2.14 Variația coeficientului energetic pe operație.

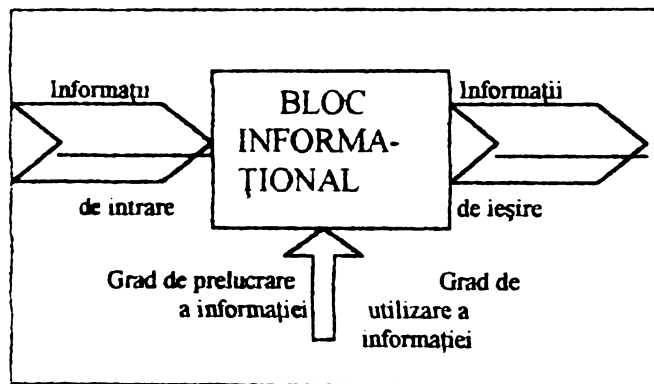


Fig. 3.2.15 Bloc informațional al gradului de utilizare al informației în procesul tehnologic ca sistem.

b) *Întregul proces* este caracterizat de succesiuni cu durate bine precizate și cu intervale între aceste acțiuni. Toate aceste acțiuni se

desfășoară cu precizia cerută sub *acțiunea fluxului de informații*, gestionat corespunzător de tehnica de calcul computerizată. În ultimă instanță, legătura oricărui element din sistemul component cu oricare element din sistem se realizează prin in-

formație. În figura 3.2.15, este redat modelul schematic al unui bloc informațional (trecere, fază, operație, proces) care evidențiază gradul de prelucrare și gradul de utilizare al informației cu funcții diferite în organiza-

rea fluxului informațional, în procesul tehnologic ca sistem.

Pentru înțelegerea în profunzime a acestor trei fluxuri caracteristice unui proces tehnologic, se poate utiliza cu multă ușurință tabelul 3.2.1.

Tab.3.2.1. Prezentarea explicită a celor trei fluxuri caracteristice unui proces tehnologic.

Tip	Flux material	Flux energetic	Flux informațional
Flux Obiective			
Ce stabilește	Structura procesului tehnologic	Structura energetică a procesului tehnologic	Structura de conducere a procesului tehnologic
Ce reclamă	Organizarea verigilor procesului tehnologic în concordanță cu fluxul de material. Neconcordanța duce la creșterea necesarului de muncă prelungind procesul tehnologic.	Organizarea verigilor procesului tehnologic în concordanță cu fluxul energetic. Nerespectarea duce la creșterea necesarului de energie.	Organizarea verigilor procesului tehnologic în concordanță cu fluxul informațional. Nerespectarea duce la deprecierea conducerii și la creșterea timpului de reacție.
Concluzii: Nerespectarea fluxurilor în acord cu structurile respective duce la pierderi economice, scăderi de productivitate			

### 3.3. CONSIDERAȚII ASUPRA CONCEPTULUI SISTEM FLEXIBIL DE FABRICAȚIE

#### 3.3.1. Generalități

Teoria sistemelor, așa cum s-a mai precizat în această lucrare, este printre cele mai moderne teorii, capabilă să ofere metode și mijloace [19],[120],[21], pentru a putea studia realitatea. În contextul acestei teorii este inclus și conceptul de sistem. În legătură cu sistemele în condițiile studiului pentru cazul fabricației, un loc deosebit îl ocupă cele trei aspecte: **funcțional**, **structural** și **ierarhic**, fig.3.3.1.

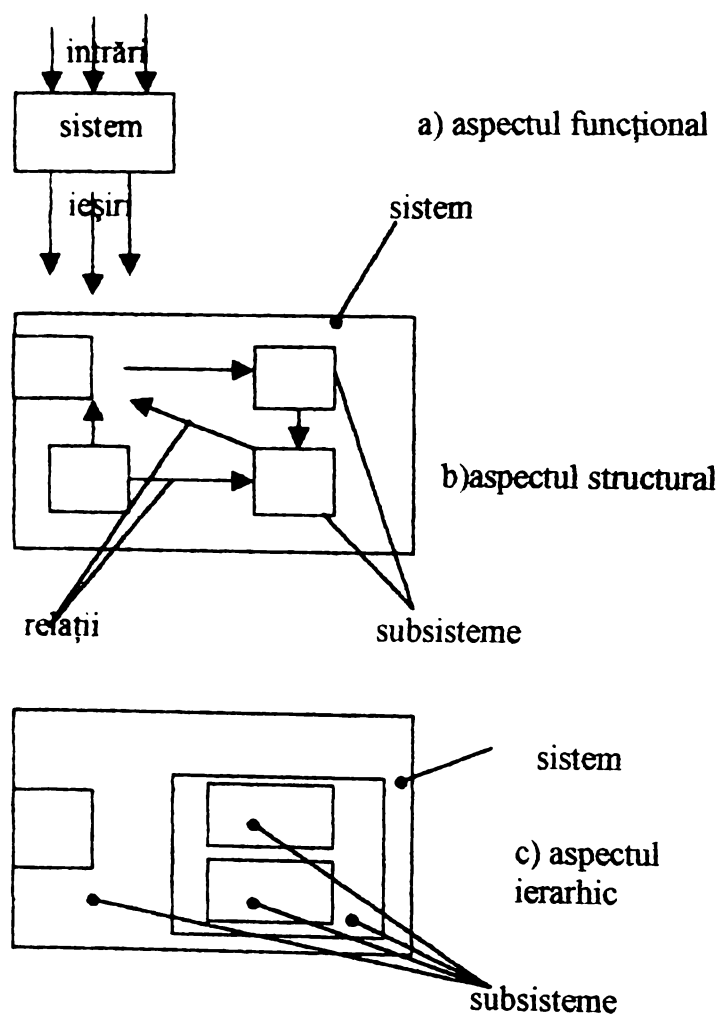


Fig 3.3.1. Structura unui sistem virtual de fabricație.

**Aspectul funcțional** descrie sistemul într-o formulă cauzală, în sensul dependenței ieșirilor din sistem de intrările în sistem. Echivalentul aspectului funcțional în sistemele flexibile de fabricație (SFF), îl reprezintă viziunea tehnologică, adică sistemul este acel ceva care trebuie să transforme semifabricatele în produse finite în condițiile derulării anumitor procedee tehnologice.

**Aspectul structural** pune în evidență pentru SFF, componența sistemului și relațiile dintre elementele sale componente. Mai concret spus, acest aspect se identifică cu soluțiile constructive ale echipamentelor componente cât și cu modul sau soluția realizării interconectării acestora între ele.

**Aspectul ierarhic** definește limitele sistemului adică, posibilitățile obținerii a noi arhitecturi ale sistemului după nevoi și nivelul lui de evoluție. În aceste condiții se pot atașa ranguri componentelor SFF, care sunt de fapt interfațate și funcții identificate, asociate sistemului prin care se pot stabili criterii de performanță și modalități manageriale pentru SFF, în scopul conectării acestora cu elemente din mediul înconjurător. Din acest aspect ierarhic se deduce de fapt însăși flexibilitatea sistemului, deoarece prin atașarea sau includerea de noi sisteme la sistemul considerat(bază), acesta va pune în evidență noi și noi aptitudini de prelucrare, situație evidentă ca efort economic uriaș, chiar dacă sistemul nu ar fi putut realiza aceste facilități sistemice în condițiile absenței, deci a flexibilității.

Viziunea aceasta tridimensională, a dus la controverse asupra paternității unui SFF, este vorba despre paternitatea tehnologilor proiectanți de echipamente sau a managerilor. Deoarece adesea se produc confuzii între conceptul de fabricație și cel de producție, trebuie luate în seamă considerentele pe această temă prezentate în [2], [3]. În aceste condiții se poate rezuma *aspectul interesant, acela că producția include fabricația*, dar poate reprezenta și altceva decât fabricația. După [4], *producția înseamnă orice activitate prin care se depune sau transferă valoarea de întrebuințare sau se conferă utilitate unor bunuri și servicii*. În acest context *fabricația* are un caracter restrictiv, fiind legată mai mult de obiect decât de servicii și urmărește în esență *generarea unor forme, a unei configurații materiale în urma unui proces*, în principal transformativ. În același timp mai apare o demarcație între *fabricația în modul* și *fabricația în sistem*.

**Fabricația în sistem** presupune gruparea utilajelor cu funcțiuni în general diferite, pentru realizarea unui anumit proces .

**Procesul** este factorul determinant *care definește sistemul și-l menține în coerență*. Diferența este esențială între fabricația [5] de *tip modul*( unde accentul cade pe concepția și funcționarea modulului) și fabricația în *sistem* (unde problemele de concepție au drept țintă automatizarea și fiabilitatea ).

De regulă, natura sarcinii de producție [6] descrisă după următoarele criterii, stabilește tipul de fabricație în modul sau sistem:

- *capacitatea* de producție necesară ;

- *volumul* de fabricație anual ;
- *mărimea* lotului de fabricație ;
- *gradul* de asemănare al itinerariilor tehnologic, pentru produsele care constituie sarcina de producție ,
- *diversitatea* tipologică a produselor din sarcina de producție.

### 3.3.2. Necesitatea introducerii automatizării flexibile în procesele tehnologice de prelucrare

Până nu de mult, se considera că în general, automatizarea proceselor de producție devine rentabilă numai în producția de serie mare. Dar sistemele tradiționale [15][16],[17],[20],[23],[25],[33],[37], de organizare a producției de serie mare se fac remarcate prin următoarele dezavantaje:

- *personalul numeros* de deservire;
- *consum mare* de timp pentru reglarea utilajelor de prelucrare;
- *timp redus* de mașină în raport cu timpul total de funcționare al utilajului de prelucrare,
- *stocuri mari* de semifabricate și piese pentru diferite operații de prelucrare ,
- *trasee complicate* și timpi mari de deplasare a semifabricatelor și pieselor la diferite posturi pentru prelucrare;
- *dificultăți în asigurarea* calității impuse pieselor prelucrate și menținerea acestora în timp

Este evident că principiile și criteriile realiste ale economiei de piață, reclamă noi și noi concepte de fabricație armonizate cu cerințele majore ale peții. In acest context, se concretizează nevoia realizării chiar pe loturi mici de piese prelucrate , a productivității și calității ridicate. O cerință majoră și chiar criteriu de apreciere este reducerea drastică a timpului de staționare pe mașina –unealtă. Plecând de la atenția sporită acordată automatizării așa ziselor "operații auxiliare" ale tehnologiilor flexibile, acestea pot fi următoarele:

- *depozite ordonate* la intrarea și ieșirea din sistemul tehnologic precum și între operații;
- *manipularea pieselor* între operații ;
- *controlul de calitate* ;
- *circulația așchiilor și a lichidului de răcire.*

Așa cum rezultă din figura 3.3.2. centralizarea operațiilor auxiliare contribuie într-o măsură majoră la creșterea eficienței tehnico-economice a sistemului tehnologic de prelucrare.

Din experiența firmelor puternic dezvoltate rezultă că este recomandabil ca automatizarea să fie însoțită de următoarele demersuri:

- *introducerea de module* unități sau ateliere cu destinație mixtă și flexibil automatizate ;
- *introducerea concepției* modulare la toate genurile de echipamente tehnologice ;

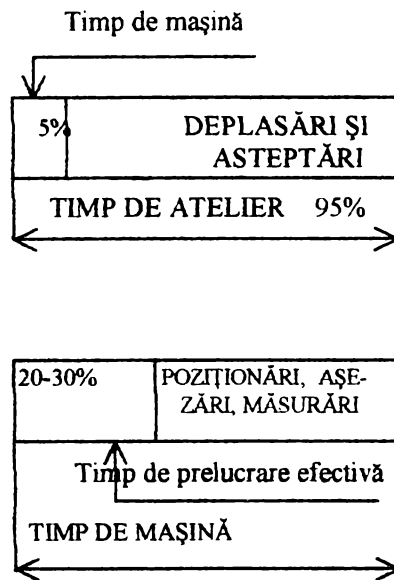


Fig.3.3.2. Utilizarea timpului de lucru într-un sistem tehnologic convențional de prelucrare prin așchiere.

- crearea de sisteme modulate pentru diferite funcțiuni: mișcări de lucru, orientare și instalare, depozitare ordonată, alimentare, asamblare, control de calitate, vehicularea așchiilor și a lichidelor de răcire;

- realizarea sistemelor automatizate bazate pe :mașini-unelte cu conducere numerică (CN) sau conduse prin calculatoare electronice (CNC),roboți industriali,

(CNC)

sisteme universale flexibile de transport, depozite automatizate, sisteme automate integrate de conducere.

### 3.3.3. Principiile fabricației asistate de calculator

Fabricația asistată[58],[66],[69], de calculator, **Computer Aided Manufacturing – CAM** realizează în principal următoarele activități:

- **conducerea și supravegherea** mijloacelor de producție în condițiile fabricației produselor în procesul de fabricație;
- **CAM** se bazează în principal pe comanda directă a utilajelor de prelucrare, transport ,stocare;
- **succesiv stabilirii procedeelelor tehnologice**, sunt realizate programele pentru MUCN roboții industriali (RI) și sistemele de transport, aceste programe sunt arhivate până la lansarea comenzii pentru execuția produsului, moment în care vor fi utilizate de sistemul CAM, așa cu s-a arătat în [8] diversitatea ofertei pornind de la același produs de bază, a dus la reducerea loturilor și a seriilor de fabricație legat strâns de oscilațiile puternice a cererii pieței pentru produsele de bază.

Întreprinderile trebuie să răspundă astăzi unei triplete restrictive:

**termen, costuri ,performanțe (calitate)**, de unde și necesitatea flexibilității deosebite pentru fabricație.

Analiza riguroasă a evoluției și dezvoltării structurii sistemelor de producție față de anii 1960(fig.3.3.3.), pune în evidență o situație în care sistemele de producție erau încă fondate pe ipoteza că fabricația se efectuează pe termen lung și fără excepții, în categoria fabricației de serie mare pe de o parte și fabricație de serie mică sau fabricație pe piesă pe de altă parte

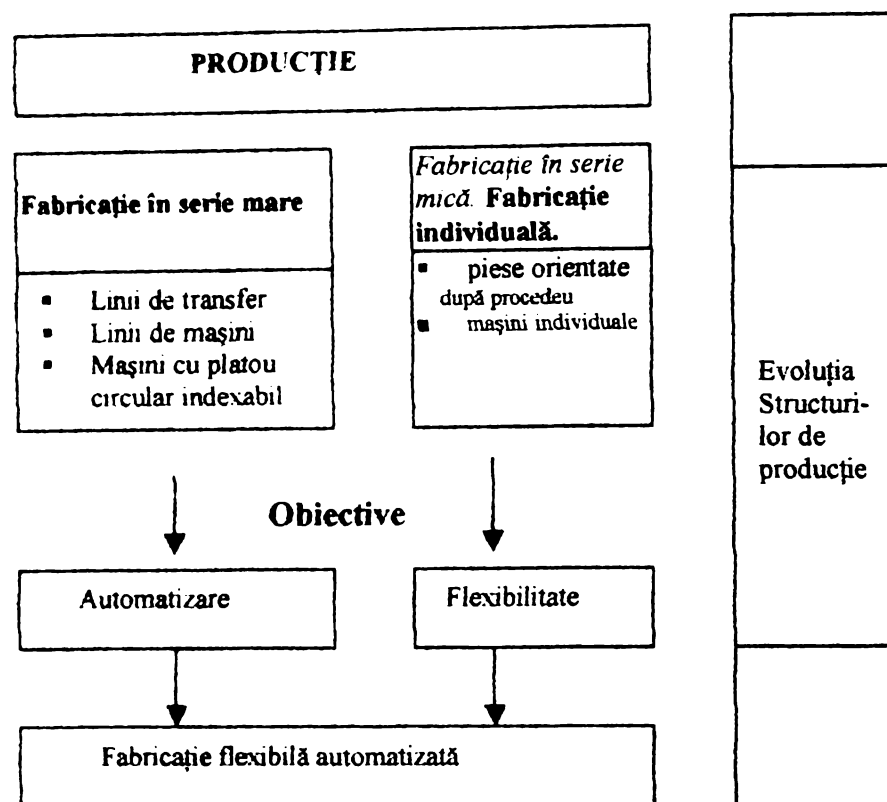


Fig. 3.3.3. Dezvoltarea structurilor de producție în anii 1960.

Începând cu anii 1960, presiunea asupra prețurilor cauzată de activitățile fabricanților pe piața mondială, cererile tot mai diferite ale clienților, evoluția tehnicii, exigențele tot mai crescute privind calitatea și execuția produselor, luarea în considerare a condițiilor de mediu, au condus la rațiuni tot mai puternice de integrare a obiectivelor de producție. SE desprinde o concluzie importantă, aceea că, în timp tehnica de producție lucrează asupra soluțiilor pentru structurile automatizate și flexibile, pentru care condițiile cadru sunt reprezentate în figura 3.3.4.

Răspunsul acestor condiționări a sistemelor de producție se face cunoscut începând cu anii 1960 când tehnica de producție a fost puternic marcată în domeniul structural de apariția și dezvoltarea sistemelor flexibile de fabricație (Flexible Manufacturing Systems-FMS), a căror clasificare mai semnificativă în timp cunoaște trei generații:

- **prima generație de FM**, caracterizat de prezența mașinilor-unelte cu CN, înlanțuite una după cealaltă, cu căi de rulare, cu stații de transport tradiționale;
- **generația a doua a FMS**, echipate cu sisteme de manipulare de tipul roboților industriali;
- **generația a treia de FMS**, remarcate prin integrarea magaziiilor și a sistemelor de transport.
- **un sistem CIM** (Computer Integrated Manufacturing – Producție integrată cu calculatorul) oferă posibilitatea unei planificări și comenzi globale,



3 CONTRIBUȚII PRIVIND DEFINIREA CONCEPTELOR PENTRU SISTEME DE PRELUCRARE PRIN AȘCHIERE.

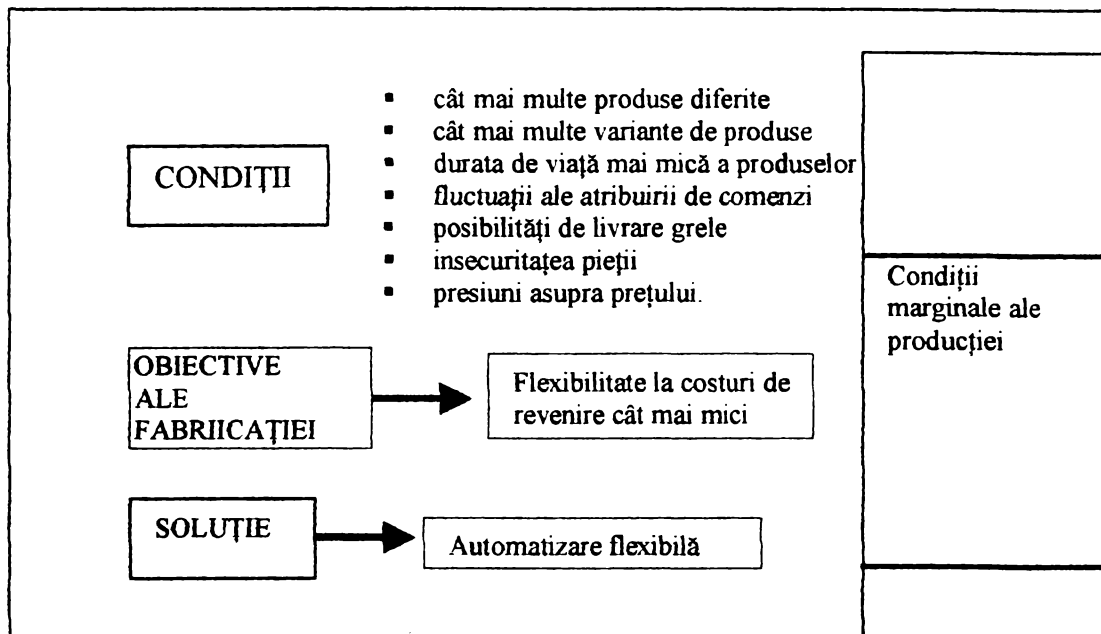


Fig 3.3.4. Condițiile cadru de acțiune asupra structurilor automatizate flexibile.

realizate pe etape pentru întreg fluxul de material și informațional presupus de activitatea de producție (fig.3.3.5, fig.3.3.6.) În acest stadiu se poate afirma că deja există un număr nelimitat de variante posibile, așa cum sunt cele prezentate în fig.3.4.5 și fig.3.4.6.

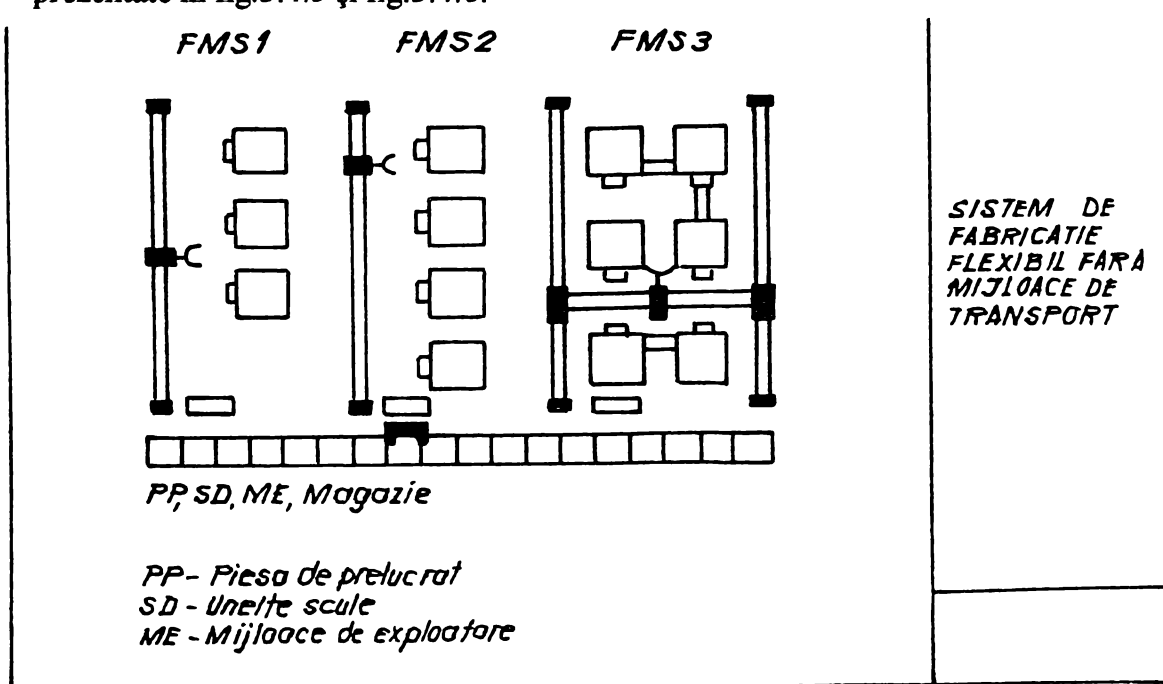


Fig.3.3.5. Sistem de fabricație flexibil fără mijloace de transport.

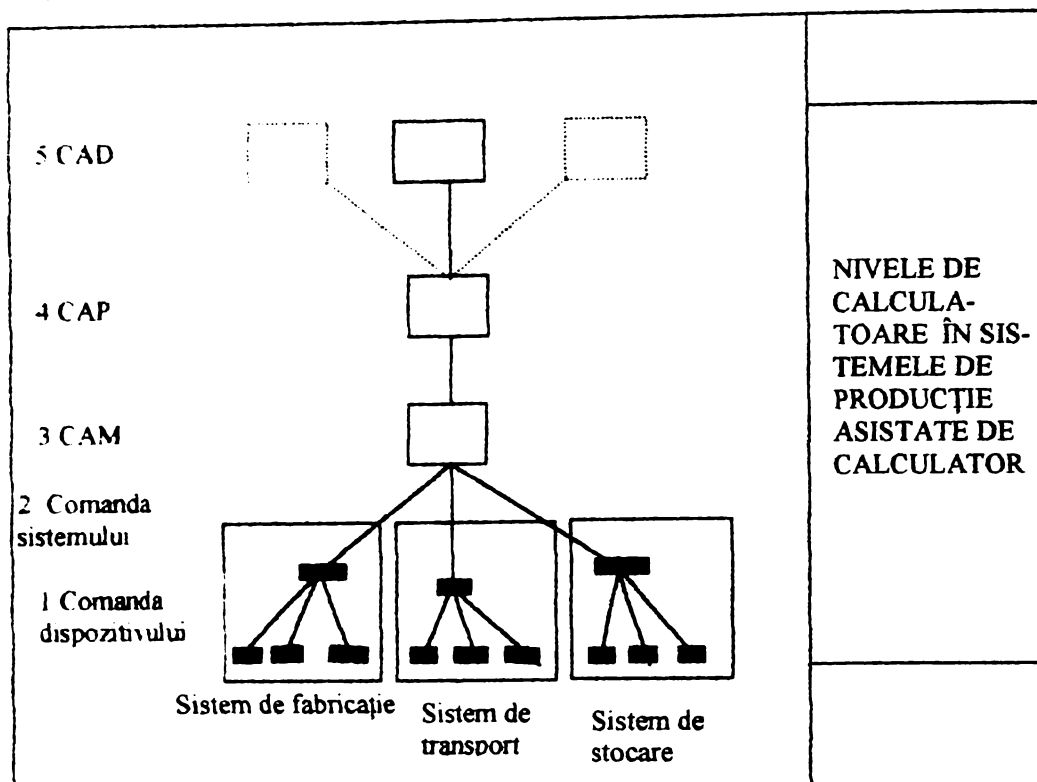


Fig.3.3.6 Nivele de utilizare a calculatorului în sisteme flexibile de fabricație asistate de calculator.

În [9] se face o evaluare și sistematizare modernă și dinamică a etapelor restrictive pentru ca o întreprindere să poată realiza integrarea unui sistem flexibil de fabricație:

- *structura organizatorică* și de desfășurare a obiectivelor stabilite în întreprindere;
- *exploatarea SFF* izolate nu este utilă întreprinderii decât dacă este la baza dezvoltării unui proiect pilot ,
- *SFF cu mașini* care se completează reciproc pun în evidență o slăbiciune structurală de bază ,care constă în aceea că rata de utilizare a fiecărui post de lucru depinde de caracteristicile comenzii (comenzi mixte, succesiunea comenzilor, ordinea de mărime) ;
- *condiția asigurării* integrării sistemelor de scule, transport și stocare într-o manieră echilibrată, în organizarea unui sistem flexibil ;
- *simularea unui SFF* în stadiu de planificare este indispensabilă ,situație în care logica de organizare dată trebuie să corespundă cu software-ul de comandă care va fi utilizat mai târziu ,
- *celulele de rentabilitate* a domeniilor de producție datorită orientării lor asupra procedeelor de prelucrare nu sunt utilizabile;
- *disponibilitatea tehnică* a domeniilor producției care sunt automatizate într-o manieră flexibilă determină reușita construcției prin stabilirea unui sistem adecvat în mod prioritar;

- *în condițiile producției* automatizate și flexibile, calitatea produselor, comportamentul, responsabilitatea în cadrul echipei, atitudinea față de mijloacele de producție sunt puncte esențiale de judecată pentru stabilirea nivelului remunerării adecvate ;
- *atitudinea față de formarea personalului* este total obiectivă, în vederea obținerii de noi pofile de activitate a acestuia pentru asigurarea fluenței activităților de supraveghere, întreținere sau comunicare ;
- *domeniul producției* automatizate global, este cel mai bun doar în condițiile transformării într-un software a organizării în prealabil cunoscută ;
- *activitățile tradiționale* (planificare, calculul de timp, programarea MUCN-urilor) sunt abordate flexibil, pentru ca toate datele necesare la un moment dat să fie disponibile în orice moment.

Literatura de specialitate [10] stabilește pentru conceptul de flexibilitate următoarea definiție: **flexibilitatea este calitatea** unui sistem tehnologic de a se adapta la sarcini de producție diferite, atât din punct de vedere al formei și dimensiunilor produsului, cât și din punct de vedere al operațiilor tehnologice care trebuie efectuate pentru fabricarea lui.

Flexibilitatea unui sistem fabricație are două caracteristici: *flexibilitate de utilizare și flexibilitate de adaptare*.

**Flexibilitatea de utilizare**, se referă la posibilitatea sistemului de a schimba conținutul eterogen de producție și se apreciază prin numărul de tipuri de produse care pot fi fabricate în sistem.

**Flexibilitatea de adaptare**, se referă la efortul necesar pentru trecerea de la o sarcină de fabricație la alta și se apreciază prin timpul și costul mediu necesar pentru trecerea sistemului de la un tip de produs la altul.

Pentru a realiza o analiză completă și complexă a conceptului de flexibilitate se consideră necesară luarea în considerare și a următoarelor criterii de evaluare conceptuală:

- *flexibilitatea mașinii*, - simplitatea cu care mașinile din sistem pot fi adaptate prin regrupare, instalare și așezarea componentelor, programarea NC-urilor pentru prelucrarea unei piese din familia de același tip;
- *flexibilitatea procesului*, - capacitatea sistemului de a produce tipuri de piese diferite ca dimensiuni și forme din diferite materiale ;
- *flexibilitatea liniei*, - capacitatea sistemului ca și în cazul defectării mașinii sau a unor accidente în unele părți ale sale, să continue procesul de prelucrare prin alegerea altei alternative, prin preluarea funcțiilor mașini respective de către alta ;
- *fiabilitatea volumului*, - capacitatea sistemului de a fi programat pentru realizarea unui volum diferit de produse sau repere.

### 3.3.4. Soluții cunoscute pentru sisteme flexibile de fabricație

#### a) Sistemul flexibil de fabricație, uzina Meudon, firma Citroen

Sistemul a intrat în funcțiune în iunie 1983 și are următoarea configurație: două centre de prelucrare (CP) cu 5 axe cu scule automate și schimbătoare de paletă

patru sisteme AGV-uri (AGV - Automated guided vehicle), un utilaj de tratare a suprafețelor (UTS), o mașină de măsurat în coordonate (MMC), un sistem de schimbare scule (SSS), un sistem automat de depozitare și manipulare (ASRS), două computere (unul de rezervă) tip CAD/CAM sau CAL (CAM pentru generarea de date de producție și programe CNC) (fig 3.3.7.). Sistemul este folosit pentru prelucrarea de repere, de prototipuri pentru firma Peugeot cum ar fi: capete de cilindru, lagăre pentru cutiile de viteză, carcase diferențiale etc. în loturi de cel mult 15 bucăți.

Atelierul folosește 26 de persoane față de 44 câte ar fi necesare, care lucrează în sistem de trei schimburi.

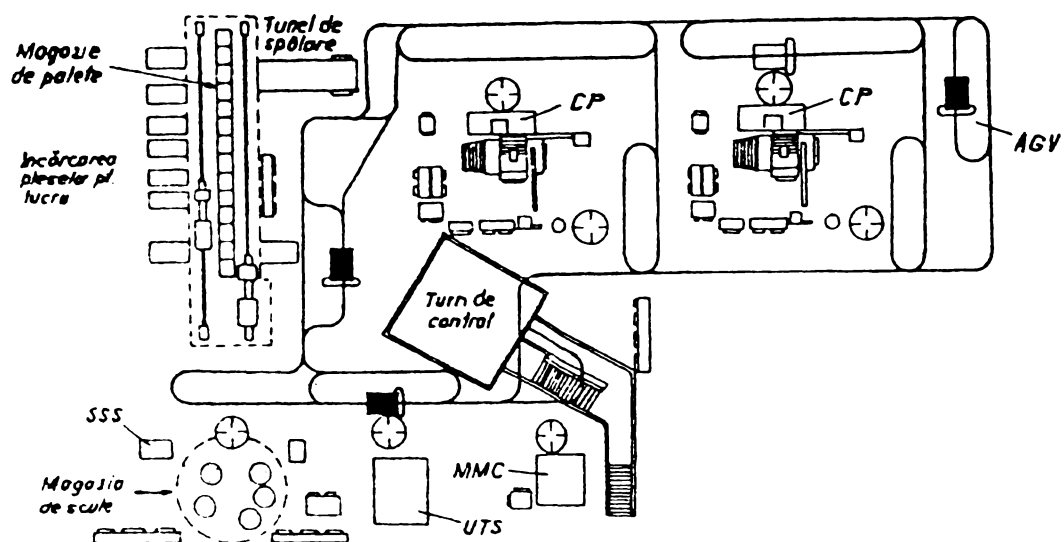


Fig 3.3.7. Structura SFF de la uzina firmei Citroen, din Meudon.

#### b) Sistemul flexibil de fabricație de la uzina ERIE, firma General Electric SUA

General Electric a instalat la firma ERIE un sistem pentru prelucrarea a șase tipuri de carcase de motoare pentru locomotive și patru tipuri de carcase pentru motoare mici și cutii de viteză. Sistemul instalat are următoarea configurație: șapte centre de prelucrare cu schimbătoare automate de scule și două mașini de frezat vertical pe care sculele sunt schimbate cu robot industrial, un sistem de manipulare a materialelor cu lanț transportor, un computer gazdă PDP 1/44 care furnizează informații personalului de la punctul de alimentare și introducere în sistem a reperelor (singura stație deservită manual din sistem) referitoare la ordinea în care reperele trebuie introduse în sistem. Computerul identifică apoi acele mașini care vor fi disponibile cel mai repede pentru prima și următoarele operații. Fiecare piesă revine de două ori la stația de alimentare pentru repotrivire. În mod normal piesele suferă opt operații de prelucrare.

Amplasarea sistemului arată ca în figura 3.3.8. Informativ costul total al investiției pentru acest SFF s-a ridicat la 10 mil. dolari SUA. În figura 3.3.8. subsistemele au următoarele semnificații:

- SÎIR- stația de încărcare-instalare a reperelor carcasă motor, fiind centrate automat în poziție pentru localizarea exactă la fiecare stație de prelucrare;
- SMC- sistemul de manipulare a materialelor-cărucioare computerizate transportă reperi pe traseu de 64 m la cele 21 stații de încărcare -descărcare a sistemului;
- MG- mașini grele de găurit orizontal, cu schimbarea automată a sculelor.

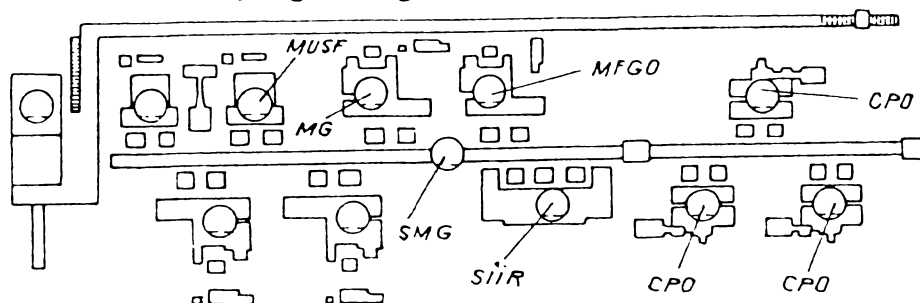


Fig.3.3.8. Configurația sistemului SFF al uzinei ERIE, General Electric

- MUSF -mașini-unelte speciale de frezat de mare precizie, prelucrare interioară, utilizând un robot industrial pentru schimbarea sculelor ;
- MFGO- mașină-unealtă de frezat și găurit orizontal frezare și găurire finală,
- CPO- centru de prelucrare orizontal ;
- CP- computerul de proces, care dirijează întregul sistem de fabricație, programul de fabricație, păstrează secvența combinațiilor de reperi, dirijează deplasarea reperelor în sistemul de manipulare, urmărește și raportează situația producției, folosirea mașinilor și uzura sculelor.

### c) Sistemul flexibil de fabricație Hughes Aircraft, El Segundo SUA

Sistemul flexibil de fabricație al firmei Hughes Aircraft, El Segundo SUA, a fost instalat în 1982 pentru prelucrarea de reperi de aluminiu folosite în echipamentele aerospațiale, structura sistemului este reprezentată în figura 3.3.9. În acest caz SFF este echipat cu :

- nouă centre de prelucrare ,cu patru mașini-unelte cu schimbarea automată a sculelor și schimbător de palet. În sistemul de schimbare al fiecărei mașini-unelte există o sondă "atrage-declanșează" care prin inerția pe axă măsoară la coliziunea actuală a reperului aflat în lucru dacă aceasta diferă de ceea ce ar trebui să fie, în sistemul CNC fiind făcute automat compensațiile necesare;
- mașină de măsurat în coordonate ;
- un sistem de tragere a cărucioarelor care transportă reperi de la trei zone de încărcare/descărcare către paletele tip "dus-întors" ale mașinilor ;
- un computer gazdă PDP 11/44 care pe lângă încărcarea programelor mașinilor, execută conducerea întregului sistem( diagnosticare, raportări operaționale,

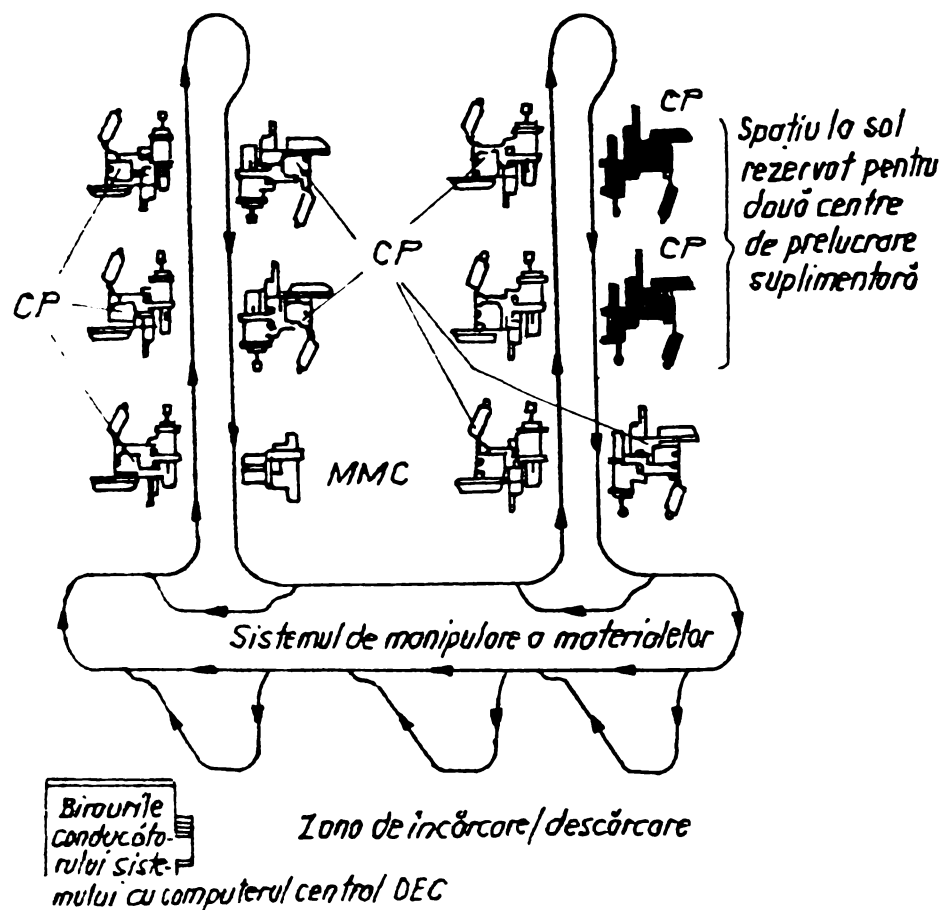


Fig.3.3.9. Structura SFF ,uzina Hughes Aircraft Co,El Segundo.

întreținere, controlul calității, instrucțiuni către operatorii sistemului ). De regulă SFF au pentru fiecare reper atașat un cod astfel încât sistemul să poată urmări mașina și sculele care au fost utilizate în prelucrarea unui anumit reper .

Eficiența unui SFF comparativ cu un sistem bazat pe centre de prelucrare izolate este evidentă în avantajul SFF așa cum rezultă din tabelul 3.3.1.

Tab.3.3.1. Eficiența unui SFF comparativ cu un sistem bazat pe centre de prelucrare izolate.

Indicatori	U/M	SFF	Centre de prelucrare individuale
Nr. de mașini	buc.	10	25
Număr de operatori la mașini	persoane	3	25
Costurile salariale pentru operatorii de la mașini	milioane dolari	0,15	1
Operații de schimbare a sculelor	natura	automate	manuale

### 3.3.5. Sisteme de fabricație modulate

#### a). HONSBURG-NCF-CNC Modul Flex

##### a1). Concepție și caracteristici

Modulul flexibil CNC tip Honsberg este echipat cu trei axe și sistem de gestiune pentru sculele așchietoare, inclusiv mecanism de schimbare al sculelor, cu magazin liniar cu 25 de scule sau magazin tip tambur cu 8 scule. Acest modul poate fi asamblat în linii sau sisteme de prelucrare liniară, chiar utilizat ca element individual. Acest modul a fost creat pentru satisfacerea celor mai diverse cerințe în prelucrare, fiind echipat cu unități de măsură conform DIN- model standard.

Prin aplicarea unor principii constructive privind reducerea la minim a spațiului necesar, s-a dezvoltat un nou concept privind *ergonomia funcțională*, obiectiv care a fost atins printr-un mod de realizare bazat pe principiul modular. Gradul mare de precizie în prelucrare a fost obținut prin reducerea la minim a cantității de energie ce intră în contact cu elementul supus modificării, realizarea unor pereți dubli .

Modelul HONSBURG se caracterizează prin raporturi optime cost/productivitate, grad ridicat de întrebuințare datorită valorificării facilităților existente și flexibilităților externe de echipare (prin modulare) În consecință acest sistem de prelucrare poate fi integrat în diferite tipuri de sisteme mașină și reutilat în funcție de cerințele utilizatorului.

##### a2). Componere și utilizare

Modulul Flex CNC ( fig. 3.3.10.) cu magazie tip liniară MSL, (pentru 40-60 scule) este elaborat într-o concepție unitară, destinată proceselor de producție individuale și continue. Sculele SA sunt instalate pe palete prin intermediul unor elemente care garantează existența forței de instalare a sculei, inclusiv după decuplarea fluxului de energie . În figură se pune în evidență sistemul de alimentare cu scule SAS, arborele principal AP, pentru prelucrarea carcasei C , toate la un loc constituind modulul flexibil MFXCNC.

Numărul, varietatea și dimensiunea cererii, pieței pentru diferite produse poate fi identic cu numărul soluțiilor efective oferite de firma HONSBURG. Următoarele exemple sunt edificatoare pentru nivelul înalt al complexității constructive (fig.3.3.12.a și fig.3.3.12.b), a pieselor de prelucrat în aceste sisteme modulate. Din analiza suprafețelor ce compun aceste repere: corp pompă apă CPA, cutie de viteză CV, bloc motor BM, chiulasă CS, se pot concretiza principalele condiții obligatorii la prelucrare :



Fig 3.3.10 Modul flexibil CNC tip HONSBURG.

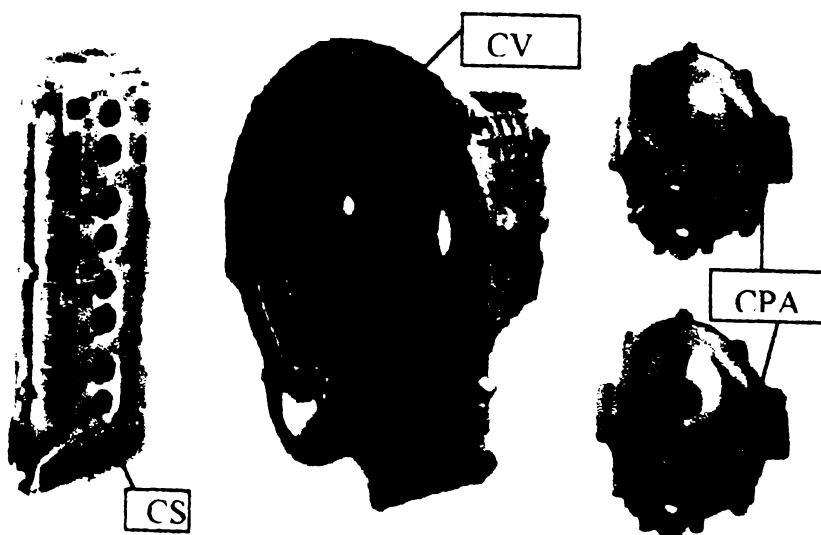


Fig.3.3.12 a. Exemple de piese de prelucrat în sistemul HONSBURG.



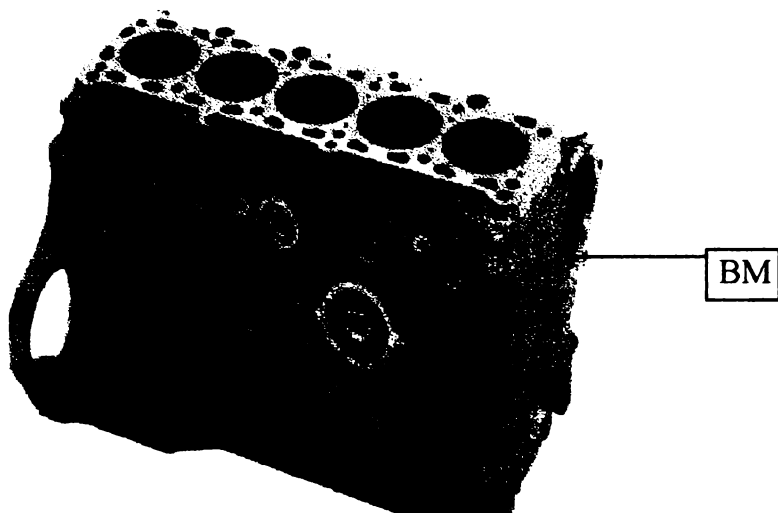


Fig.3.3.12.b. Exemple de piese de prelucrat în sistemul HONSBURG

- numărul mare al pieselor de prelucrat;
- numărul mare al pieselor diferite geometric;
- gradul de repetare în realizarea unui produs;
- numărul suprafețelor ce necesită prelucrări;
- opțiunile diferite de prelucrare.

În figura 3.3.13. se prezintă modulul sistem 3 axe MACH 4, pentru care se fac comentariile asupra fiecărui sistem după cum urmează:

- SMDR- sistem de mașină cu dinamică ridicată, cu trei ghidaje pretensionate per lagăre cu rostogolire;
- SE – sistem de etajare care poate fi extins modular cu modul de alimentare cu scule până la 100 de scule pentru portscule cu con ISO 50;
- MSA – magazin de scule cu sistem de alimentare și schimbare a sculelor pentru 25 de scule cu portscule cu con ISO 50;
- ML – mese de lucru proiectate și realizate după necesitățile tipului de fabricație din societate;
- MAP I – modul arbore principal cu două axe, înclinabil, tip CNC – HONSBURG pentru prelucrarea multiax , cu magazin de scule ,integrat, pentru 4 respectiv 6 capete de arbori;
- Alimentarea magazinului de scule se poate realiza la comandă semi sau complet automatizat.

3 CONTRIBUȚII PRIVIND DEFINIREA CONCEPTELOR PENTRU SISTEME DE PRELUCRARE PRIN AȘCHIERE.

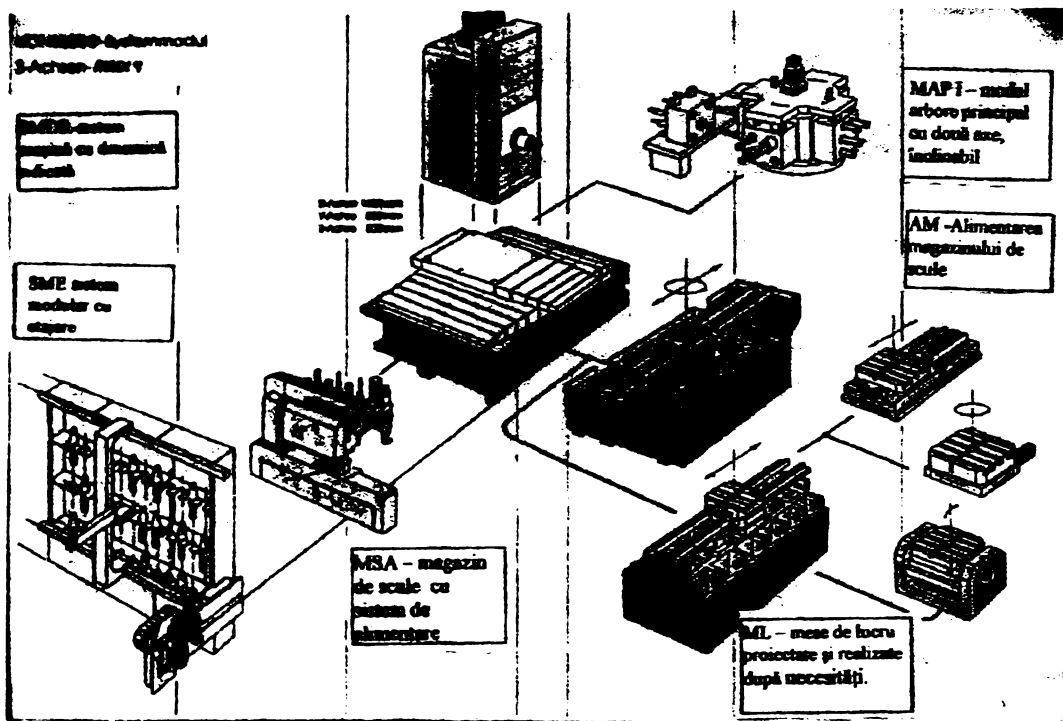


Fig. 3.3.13. Modulul MACH 3 axe tip HONSBERG.

## 4. SISTEME DE SUPRAVEGHERE ȘI CONTROL AUTOMAT ALE SCULELOR AȘCHIETOARE

### 4.1. SISTEME INFORMAȚIONALE DE CONDUCERE DE PROCES

Concepția actuală a sistemelor de conducere se bazează pe realizarea unor *sisteme ierarhice*, echipate [66][58],[114], cu o rețea de calculatoare și inteligență distribuită. Dezvoltarea standardizării interfețelor și aplicarea principiului construcției modulare a sistemelor de conducere, precum și standardizarea sistemelor de achiziție a datelor, vor permite dezvoltarea și creșterea competitivității sistemelor tehnologice flexibile. În acest context rezultă că principalele funcții ale sistemelor de conducere a fabricației flexibile constau în:

- *dispecerizarea automată* a procesului de prelucrare ;
- *armonizarea funcționării* sistemului de prelucrare cu procesele și activitățile din secția de montaj și serviciile de aprovizionare ;
- *asigurarea funcționării autonome* a MUCN și a subsistemelor auxiliare prin utilizarea în echiparea acestora a microprocesoarelor și microcalculatoarelor ;
- *implementarea și dezvoltarea* sistemelor de fabricație de tip CAD-CAM, asigurând un flux unic al informației de la proiectare până la obținerea piesei finite.

Pentru orice sistem de control, se consideră că destinația acestuia este de a elabora comenzile pentru desfășurarea dorită a procesului de lucru. În controlul sistemelor tehnice, se utilizează de regulă sisteme de calcul complexe, care cel mai adesea sunt însoțite de prezența inerentă a nedeterminării sau incertitudinii de modelare [2], factor considerat critic în conducerea sistemelor reale, stare care evidențiază principalul dezavantaj al utilizării unui sistem complex. Complexitatea sistemelor devine astfel o componentă esențială a cercetării în cadrul teoriei sistemelor de măsură și control. În prezent, există formulate puncte de vedere cu privire la automatizarea unui sistem complex de control, adică:

- *menținerea omului* ca verigă centrală a sistemului ;
- *conducerea semiautomată* a proceselor ;
- *automatizarea integrală*.

Cel puțin la noi în țară, tendința actuală este de a păstra omul ca factor principal de decizie. Însă în sistemele economice evaluate, se consideră că există minim două considerente care justifică abordarea acestor cerințe de către cercetătorii implicați în domeniul fabricației flexibile :

- calculatorul reprezintă un excelent suport pentru decizie;
- este evident că nu toate etapele procesului necesită decizii umane de neînlocuit.

Consecința imediată a acestui mod de a privi situația analizată este introducerea termenului de *sistem inteligent*.

Dezvoltarea și introducerea acestora în programele de fabricație constituie o direcție de bază pentru majoritatea programelor de dezvoltare tehnologică. Un punct de vedere esențial în asocierea acestui atribut sistemelor tehnice evolute, este acela că *funcționarea acestora este autonomă*. Aspectele legate de acest atribut al sistemului, sunt pe larg dezbătute în lucrare, în capitolele anterioare, situație în care s-au analizat amănunțit diferitele cazuri practice pentru sisteme de control și măsurare complexe și concret diferențiate ca structură și funcționalitate.

Sintagma "*control inteligent*", asociat terminologiei sistemului de control, este legat de înțelesul termenului tehnic de inteligent. În practica tehnologică, se acceptă că acest atribut asociat termenului de sistem de control reprezintă ansamblul metodelor care asigură prin utilizarea tehnicii de calcul un *comportament similar celui mental*. În acest context se poate afirma că sistemele inteligente sunt o categorie de sisteme automate, care folosesc în pro-

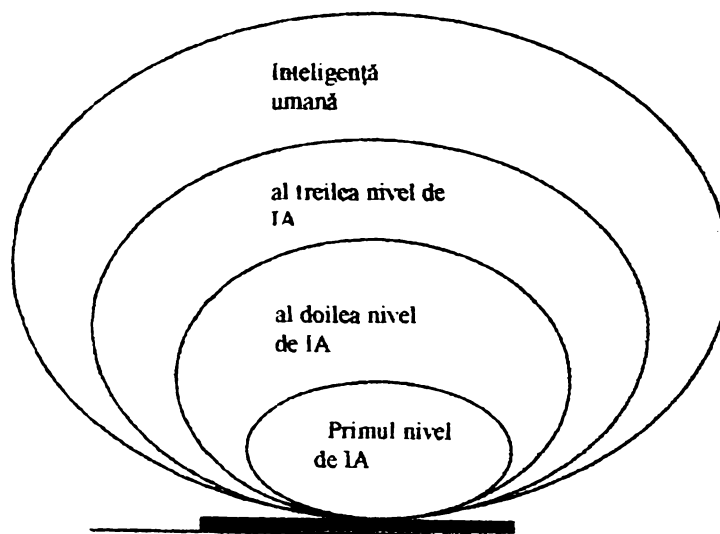


Fig.4.1.1. Niveluri de ierarhizare pentru inteligența artificială

cesul de comandă modelele de tratare a informației bazate pe inteligență artificială (IA) În mod convențional s-au stabilit mai (fig.4.1.1.) multe niveluri sau grade de inteligență artificială:

- *primul nivel (nivel minim)* presupune capacitatea de recunoaștere a mediului, elaborarea deciziei, execuția comenzii;
- *al doilea nivel* de inteligență constă în recunoașterea de evenimente sau de obiecte, reprezentarea formelor în modele, elaborarea strategiilor de acțiune;
- *al treilea nivel de inteligență (nivel superior)* se referă la capacitatea de percepție și înțelegere, capacitatea de a alege și abilitatea de a acționa optim în toate circumstanțele

Unii autori consideră[3] că sistemele inteligente prefigurează o *știință a complexității* menită să răspundă problemelor ridicate de globalizarea sistemelor tehnice, de creștere a gradului de integrare tehnologică, de macro-modelare, precum și incapacitatea modelelor clasice de a satisface cerințele fabricației computerizate. O soluție concretă și evoluată este dezvoltarea metodelor de modelare pentru controlul sistemelor, care să reflecte caracteristicile fenomenului modelat bazat pe următorul set de criterii: adecvanța modelului;

- *precizia* de prelucrare a informației;
- *stabilitatea* răspunsului;
- *timpul* de răspuns;
- *optimalitatea* răspunsului;
- *flexibilitatea* în exploatare.

Evoluția metodelor de modelare este în strânsă legătură cu gradul de dezvoltare și perfecționare a structurii sistemelor de comandă și control.

Cercetările recente pun în evidență tendința eficientă de fuzionare a tehnicilor *IA* cu rezultate aplicative remarcabile obținute în diverse domenii de activitate socio-economică. Se constată că abordarea *IA* face posibilă apropierea modelelor de modul comportării umane, iar *IA* se regăsesc în teoria modelării proceselor în următoarele situații:

- *realizarea* de sisteme expert;
- *proiectarea* de sisteme bazate pe controlul fuzzy;
- *implementarea* în rețele neuronale,
- *elaborarea* de algoritmi genetici.

Realitatea o dovedește că sistemele de comandă și control a proceselor tehnologice beneficiază tot mai mult de modele bazate pe *IA*. În fig. 4.1.2. este prezentată clasificarea modelelor cu estimator liber, pentru care utilizatorul nu are nevoie să cunoască modul explicit în care ieșirile depind de intrări.

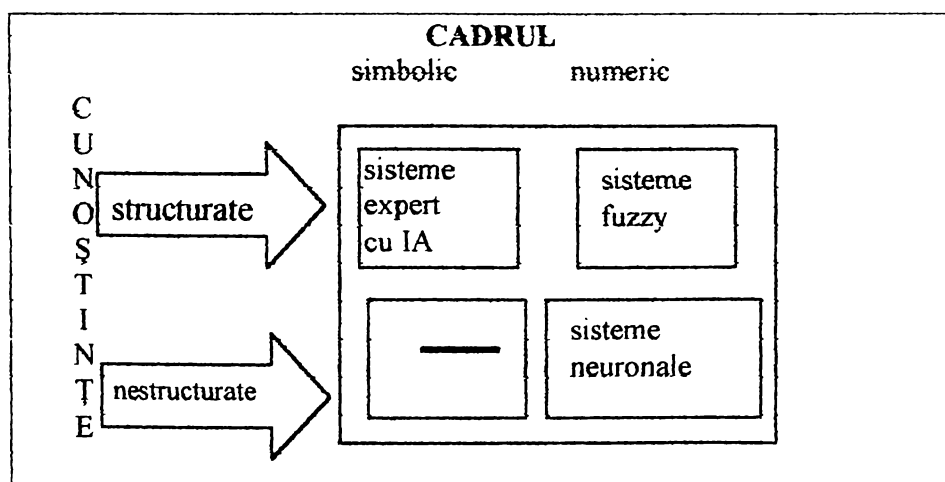


Fig.4.1.2. Clasificarea modelelor cu estimator liber.

Măsura utilității, unui anumit model depinde în primul rând de contextul informațional. Este evidentă așezarea indicatorului *calitate a informației* la baza elaborării modelului, indicator ce se definește cel mai elocvent prin:

- *precizia și completitudinea* atribute distincte, care dimensionează măsura unui set de date pentru simplificarea stării de extragere a informațiilor necesare procesului decizional. În absența unui anumit nivel al preciziei este evident compromisă stabilitatea și chiar semnificația decizională a soluției obținute. În același context datele incomplete conduc spre estimări imprecise, cu efecte similare asupra actului decizional.

- *Oportunitatea informațiilor* pune în evidență momentul precum și posibilitatea de a avea acces în timp util la informații complete. Este de remarcat și luat în considerare ca absența unor informații la momentul necesar ar conduce spre situații complet nedorite, fie la amânarea fundamentării deciziei, fie la luarea ei pe baza unor date insuficiente.

În fig.4.1.3 este redat un tablou al modelelor și al domeniilor de utilitate, d.p.d.v al calității informațiilor, evident așa cum se poate constata din tablou, precizia și completitudinea relativ ridicate prezente într-un model fac posibilă în mod eficient abordarea deterministă. În termenii utilizați de cercetătorul Gerardin, astfel [4] de sisteme, care beneficiază de o calculabilitate ridicată a comportamentului lor, pot fi calificate drept *“complicate”*.

Este nebenefică scăderea alternativă a preciziei sau a completitudinii, stare care ar induce demersul nedeterminist (AS sau IA). După [4], abordarea stohastică

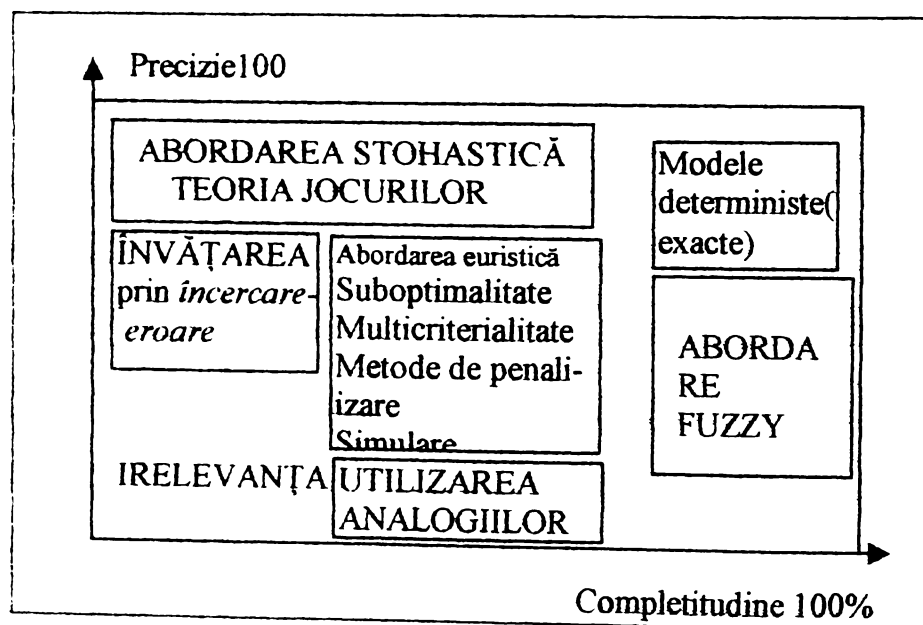


Fig 4.1.3 Tabloul modelelor și al domeniilor de utilitate d.p.d.v. al calității informațiilor.

este indicată pentru sistemele *colective*, în timp ce abordarea fuzzy de exemplu (ca formă de modelare specifică a IA) se orientează spre sistemele a căror funcționare nu poate fi descrisă precis, fiind caracterizată prin concepte vagi sau ambigue. Este eficient de remarcat care sunt consecințele pentru câteva din situațiile din tablou (fig.4.1.3.) adică:

- **scăderea** (simultană) până la anumite limite a preciziei și completitudinii are drept consecință trecerea de la sistemul *optim unic și de stabilitate* la *suboptimale robuste*;

- **situațiile extreme**, caracterizate de o *incompletitudine majoră a informației*, asociată cu imprecizia, conduc la nedeterminarea în modelarea comportamentului unui sistem;

- **imprecizia** considerată de unii autori [5],[6], ca posibil să apară în orice tip de sistem și depinzând de gradul și tipul de matematizare și de algoritmizare a procesului modelat;

- **problema aleatorului** reprezintă un aspect sensibil care apare permanent la modelarea fenomenelor, deoarece în *primul rând ținta* constituie un element cu comportare prin excelență aleatorie.

De remarcat **ambiguitatea conceptuală**, care sugerează un raționament unde **ambiguitatea** (aici confuz) interferează cu **gradualul**, care la rândul lui interferează cu **aleatorul**. De aici concluzia că o abordare din perspectiva fuzzy ar putea constitui o alternativă viabilă de aplicare a matematicii gradualului, la modelarea proceselor.

#### 4.2. CONTROLUL AUTOMAT AL STĂRII SCULELOR AȘCHIETOARE

Dezvoltarea și creșterea gradului de automatizare a sistemului tehnologic de prelucrare[20],[24],[25],[31],[37], reclamă creșterea importanței și a rolului controlului desfășurării acestuia. Funcționarea optimă a sistemului este dependentă de depistarea în timp real a oricărei defectări sau deranjament în funcționarea sculei așchietoare, pentru a reduce la minim timpii de întrerupere, evident supravegherea procesului se va realiza fără operator.

În fig.4.2.1. sunt prezentați factorii de influență asupra rentabilității funcționării mașinii-unelte, situație dependentă de problemele supravegherii și controlul automat al stării sculei așchietoare, precum și de schimbarea automată a sculei, situații care pot induce opriri în proces și creșterea timpilor de oprire a mașinii. Așa cum rezultă din figură, cinci dintre factorii de influență sunt reprezentați de influența sculei așchietoare.

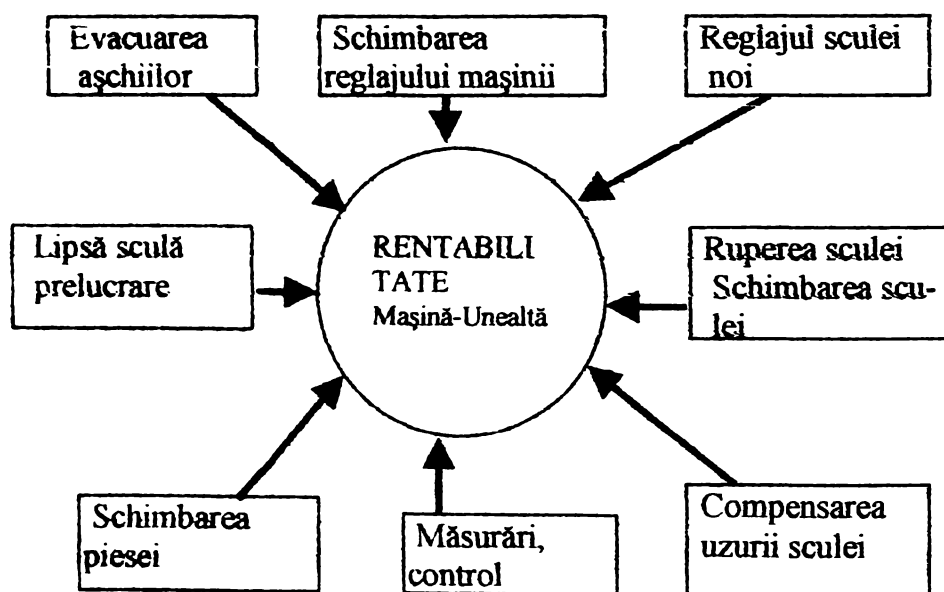


Fig.4.2.1. Factorii de influență ai rentabilității mașinii-unelte.

Cercetările efectuate până în prezent au pus în evidență mulțimea factorilor de influență, precum și complexitatea echipamentelor de cercetare, precum și costurile foarte mari ale acestora. În condițiile actuale ale dezvoltării tehnicii de cercetare se utilizează mijloace moderne de tehnici de calcul combinate cu elemente compatibile mărimilor de identificat și măsurat, specifice fenomenului uzurii. Algoritmii și schemele logice întocmite pentru prelucrarea informațiilor identificate în procesul de așchiere, sunt incluși fie în software-ul sistemelor de conducere CNC, fie în software-ul microprocesoarelor separate



#### 4. SISTEME DE SUPRAVEGHERE ȘI CONTROL AUTOMAT ALE SCULELOR AȘCHietoARE

ale diverselor subsisteme componente. Dintre cele trei tipuri cunoscute de control[7] ale stării sculei așchietoare, cel mai eficace în condițiile desfășurării procesului de prelucrare în regimul *tehnologiei fără operator* este controlul automat, deoarece în condițiile apariției unor dereglări permite o intervenție rapidă și eficientă pentru reluarea procesului tehnologic.

Luând în considerare modul de determinare al parametrilor de control, mijloacele de diagnosticare a stării sculelor se împart în:

- *mijloace cu acțiune continuă de control indirect* (active în timpul procesului de prelucrare), pentru care informațiile despre starea sculei se obțin prin determinarea variației forțelor de așchiere și ale momentului de torsiune care solicită arborele principal al mașinii-unelte;

- *mijloace discrete de control direct* (active înainte și după prelucrare) care stabilesc nemijlocit starea sculei așchietoare.

În fig. 4.2.2, se prezintă o clasificare a diferitelor metode de control al stării sculelor așchietoare care prezintă totodată ansamblul soluțiilor pentru cele două tipuri de mijloace de control, făcând posibilă și evidențierea soluției tehnice a sistemului și procedeeului de măsurare. Pentru exemplificare în continuare se prezintă schemele bloc, pentru câteva soluții moderne de control automat a stării sculelor așchietoare.

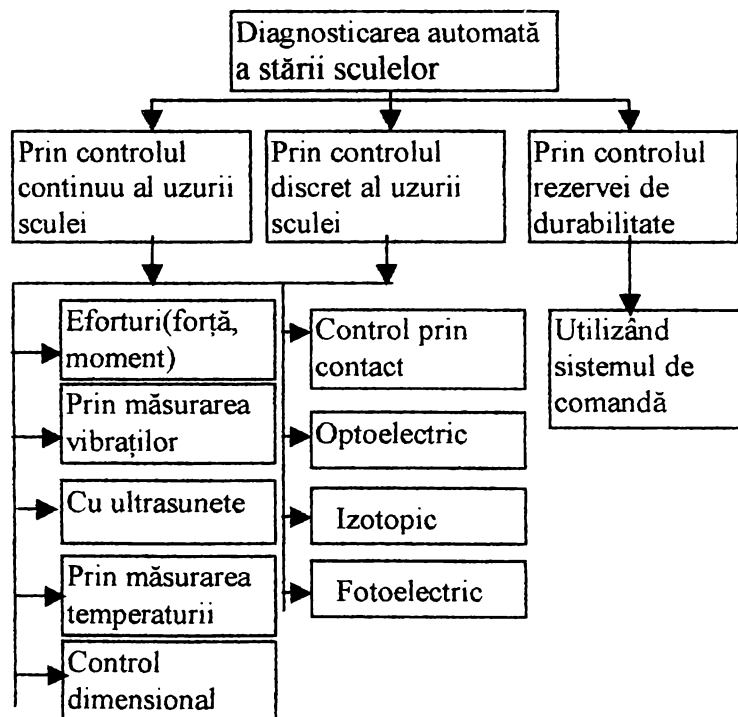


Fig.4.2.2. Clasificarea metodelor de control ale sculelor așchietoare.

Una dintre metodele de control automat discret des utilizată este *metoda optoelectronică*. Sistemul (Fig.4.2.3.) este compus principial din următoarele subansamble: videocamera VDC echipată cu videobiectiv cu comandă electrică; convertizor alfanumeric C αN; sistem logic de apreciere SLA; sistem de memorare SM; partea logică a sistemului de comandă PLSC; dispozitiv de comparare DC; echipamentul CNC al MU.

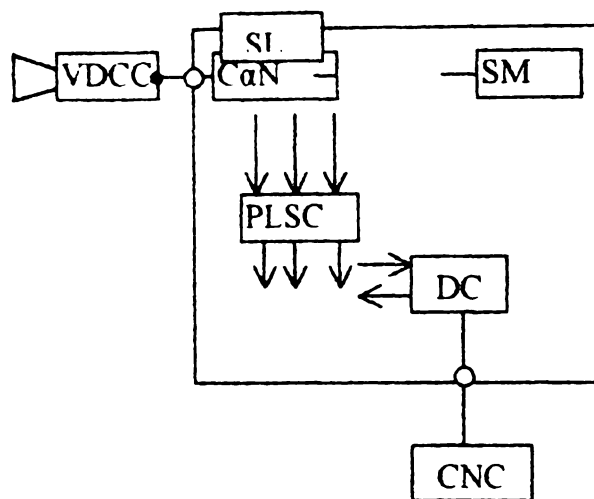


Fig.4.2.3 Sistem optoelectronic de diagnosticare a stării sculei așchietoare

sculei SA (sau a piesei de controlat) care este codificată numeric, apoi se compară cu informațiile din sistemul SM față de imaginea introdusă anterior în SM. De precizat că astfel de sisteme au costuri foarte ridicate (în jur de 20.000 dolari) tocmai de aceea, în Japonia sunt în stadiul încercărilor (firma Maho).

În Germania la Institutul de tehnică de control din Fraunhofer s-a experimentat un sistem de control discret fără contact, al lungimii și diametrului sculelor. Acest sistem are la bază rezultatele cercetărilor privind utilizarea unui traductor sensibil de măsurare a distanței cu ajutorul așa-numitului câmp D (fig.4.2.4.).

Schema bloc a sistemului de control al sculelor pune în evidență următoarele elemente: regulatorul de fază RF1, RF2, blocul de corecție a punctului de zero

BCPZ, amplificator de bandă îngustă ABÎ, bloc redresor BR, bloc integrator BI, bloc pentru prelucrarea rezultatelor măsurătorii BPRM, oscilator O, electrozi E1, E2, sondă S, convertor analogic-digital A/D.

Modul de măsurare are loc astfel: apropierea sculei SA de traductor permite

Sistemul de control din fig.4.2.3. îndeplinește pe lângă o serie de funcțiuni referitoare la starea sculei:

- **controlul** parametrilor geometrici;
- **sesizarea** deteriorării sculei și alte funcțiuni ca:
  1. *depistarea* așchiilor aderente pe sculă;
  2. *controlul* preciziei strângerii piesei care se prelucurează

Funcționarea unui astfel de

sistem constă în următoarele: *videocamera VDC preia imaginea*

4. SISTEME DE SUPRAVEGHERE ȘI CONTROL AUTOMAT ALE SCULELOR  
 AȘCHIETOARE

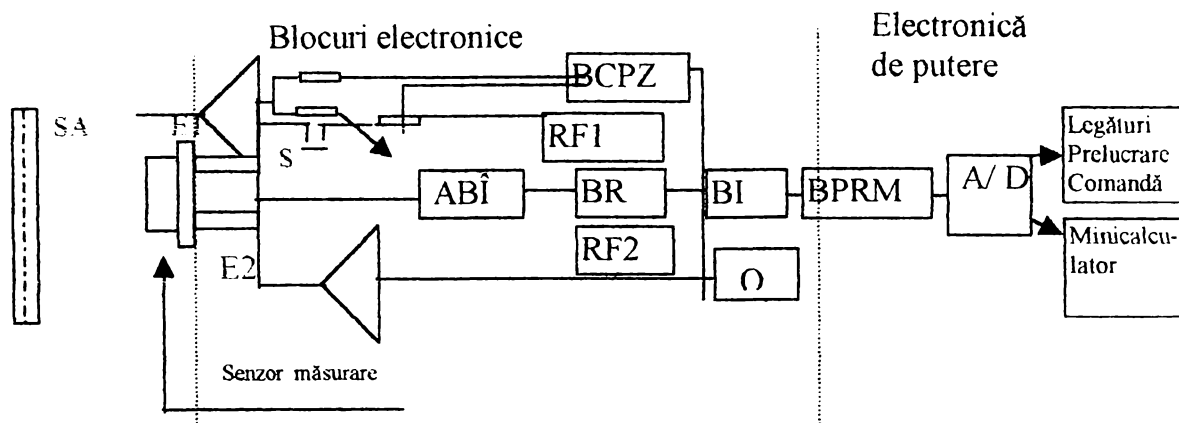


Fig.4.2.4. Schema bloc a sistemului de control discret fără contact.

măsurarea potențialului conductorului metalic mijlociu (sonda S ), în urma distribuției câmpului creat de traductorul cu doi electrozi (E1șiE2). Sistemul permite să se măsoare uzura, chiar și așchiile depuse pe tăișul sculei a căror mărime este de 1  $\mu$ m.

### 4.3. CONTROLUL AUTOMAT AL UZURII ȘI AL INTEGRITĂȚII SCULEI AȘCHIETOARE

#### 4.3.1. Control automat al uzurii sculelor

În condițiile fabricației[21],[25], flexibile, controlul uzurii sculei în timpul procesului de prelucrare se realizează prin utilizarea metodelor indirecte de evaluare, folosindu-se următorii indici de apreciere:

- *timpul efectiv de aşchiere al sculei* – controlul uzurii sculei se realizează prin compararea timpilor de aşchiere ai sculei cu media statistică a durabilității normale; dacă durabilitatea reală a sculei este mai mare decât media statistică, scula nu este utilizată integral. În situația inversă, scula poate ieși din funcțiune mai repede, tocmai de aceea este necesar controlul automat permanent al funcționării sistemului de prelucrare.
- *modificarea geometriei muchiilor aşchiitoare* – controlul uzurii prin această metodă nu este prea des folosită deoarece ridică o serie de probleme tehnice, mai ales la sculele cu mai mulți dinți și în cazul centrelor de prelucrare pe care se folosesc un număr mare de scule de diverse tipuri.
- *modificarea valorilor diverșilor parametri ai procesului de aşchiere* – metodă este universal valabilă pentru orice tip de sculă și ușor de aplicat. Parametrii cel mai des folosiți sunt: forța de aşchiere, momentul de torsiune la arborele principal, puterea de aşchiere, consumul de energie electrică absorbită de motorul de antrenare al lanțului cinematic principal.

Procedeul determinării indirecte a mărimii [7] uzurii sculei are drept demers inițial stabilirea unui algoritm de calcul care să reprezinte evident dependențele dintre uzura sculei și parametrul de măsurare pe baza condițiilor reale de aşchiere (regim de aşchiere, caracteristicile materialului de prelucrat). În timpul prelucrării, ca urmare a măsurărilor efectuate pentru parametru stabilit și introducând datele în algoritmul de calcul stabilit, se pot calcula cu ajutorul unui echipament computerizat conex sistemului de prelucrare, valorile uzurii la momentul dat al determinării.

O aplicație mult agreată în fabricația flexibilă este metoda de control automat continuu, indirect, al uzurii sculelor folosind rulmenți traductori de forță. Traductorii de forță sunt încorporați în rulmenții arborelui principal realizându-se în acest mod o măsurare în imediata vecinătate a zonei de aşchiere. În fig.4.3.1, se prezintă o soluție constructivă de principiu pentru acest caz al utilizării rulmenților cu traductori de forță încorporați. Rulmenții traductori de forță sunt rulmenți standardizați, montați cu prestrângere, prevăzuți pe partea cilindrică a inelului exterior cu cabluri de măsurare desfășurate care pot emite semnale proporționale cu forța de aşchiere. Valorile forțelor de aşchiere,

determinate prin traductorii de forță sunt comparate în mod continuu cu valorile admisibile incluse în program și care sunt determinate pentru regimul de reglare cu scule în stare ascuțită. Apelarea valorii forței admisibile calculate (sau măsurate inițial) se realizează pe baza codului sculei.

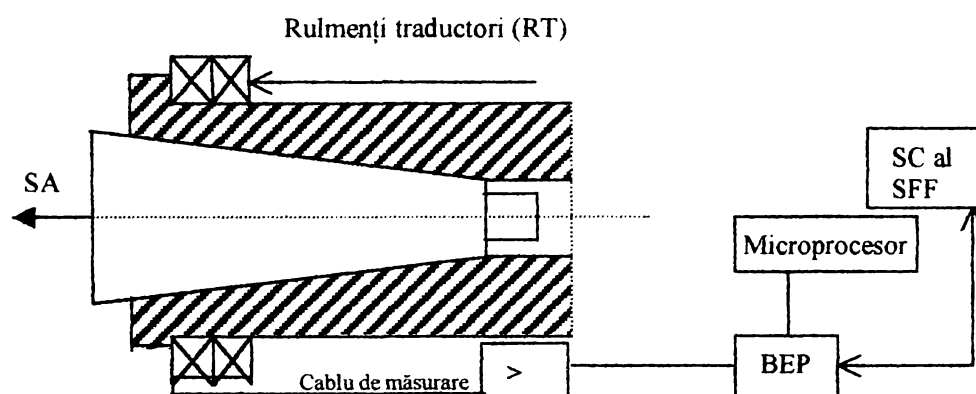


Fig. 4.3.1. Sistem de control al uzurii sculelor așchietoare cu ajutorul rulmenților traductori de forță.

Figura 4.3.1, include rulmenții traductori RT, un amplificator(>) și un bloc electronic de prelucrare BEP a rezultatelor măsurărilor, comandat de un microprocesor și având totodată legătură cu sistemul de conducere al sistemului flexibil de fabricație SC al SFF.

Luând în considerare diversitatea mare constructivă a sculelor utilizate în sistemele de fabricație ( capete de frezat și alezat, capete multiax), situații în care forța de așchiere nu se transmite direct la rulmenții arborelui principal, valoarea uzurii sculei se obține pe baza *măsurării curentului electric consumat* de motorul din lanțul cinematic principal.

În fig.4.3.2, este prezentată schema de principiu a forțelor și momentelor de așchiere, după diverse axe ale sistemului de coordonate ,funcționarea sistemului având loc în felul următor: semnalele obținute de la traductoarele  $Tr_x$ ,  $Tr_y$ ,  $Tr_z$ ,  $Tr_{aș}$ , privind mărimea forțelor de așchiere  $F_c, F_t, F_p$ , și a puterii consumate  $P_{aș}$ , sunt amplificate, iar printr-un convertor A/D sunt furnizate sub formă de mărimi codificate numeric, calculatorului central care lucrează în regim adaptiv ,stare în care, în raport cu puterea inițială  $P_0$  memorată la prima trecere (scula fiind nou ascuțită), compară în raport cu această valoare inițială (de referință) puterea reală consumată ,urmând ca în momentul în care valoarea

limită  $P_{lim} = kP_0$  ( $k$  fiind un coeficient de creștere al puterii în urma uzurii sculei) se dă comanda de schimbare automată a sculei.

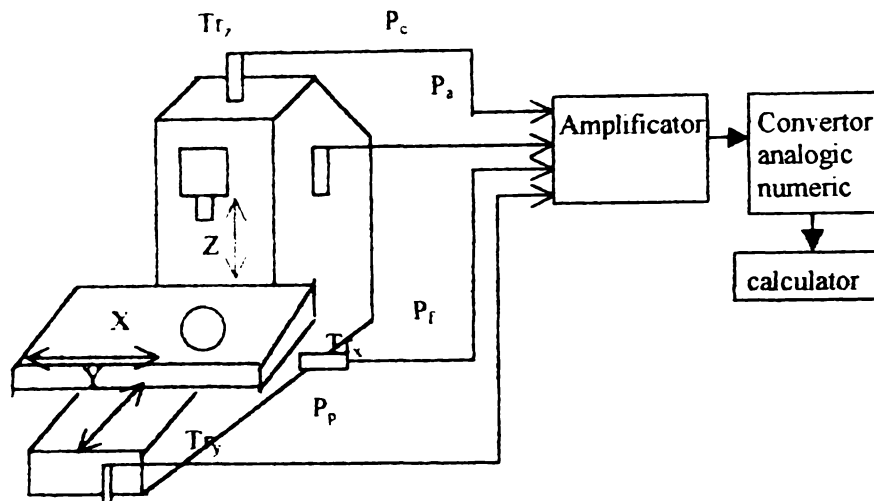


Fig.4.3.2 Sistem de control indirect al uzurii sculei prin măsurarea forțelor de așchiere.

### 4.3.2 Controlul automat al integrității sculei

Controlul integrității sculelor în fabricația flexibilă este deosebit de important d.p.d.v. al integrității sistemului în ansamblul lui. Luând în considerare natura defectelor precum și cauzele producerii acestora (neomogenitatea materialului prelucrat, defecte de omogenitate ale tășurilor sculei, coliziunea cu diferite elemente din construcția sistemului) este benefic pentru sistem să se detecteze la timp aceste avarii ale sculei sau stări ale posibilei nefuncționări a sculei în condițiile tehnologice normale.

Controlul integrității sculei poate fi efectuat prin:

- metode directe;
- metode indirecte.

**Metodele indirecte** se bazează pe algoritmi și principii de lucru care pot evidenția starea sculei prin intermediul analizei valorilor măsurate ale forței, momentului sau puterii de așchiere. Funcționarea sistemului de control al integrității sculei se bazează exclusiv pe un program de comandă asistat de calculator, capabil să sesizeze schimbările apărute în funcționarea în proces a sculei. În practica fabricației flexibile, sunt cunoscute date concrete din proces care pun în evidență cauzele principale ale defecțiunilor sculelor din sistem, cum ar fi:

#### 4. SISTEME DE SUPRAVEGHERE ȘI CONTROL AUTOMAT ALE SCULELOR AȘCHIETOARE

- **creșterea valorilor parametrilor** așchierii( adâncime de așchiere, avansul de așchiere, viteza de așchiere);
- **valoarea avansului** în momentul intrării sculei în așchiere;
- **coliziuni** datorate greșelilor în programul de conducere al procesului;
- **cauze** datorate imperfecțiunilor în funcționarea sistemului CN.

În fig. 4.3.3, se prezintă o soluție de principiu pentru un sistem de control de tip Widatronic (modular) al integrității sculei d.p.d.v. al uzurii sculei, a ruperii sculei prin coliziune. Acest sistem este compus din trei module

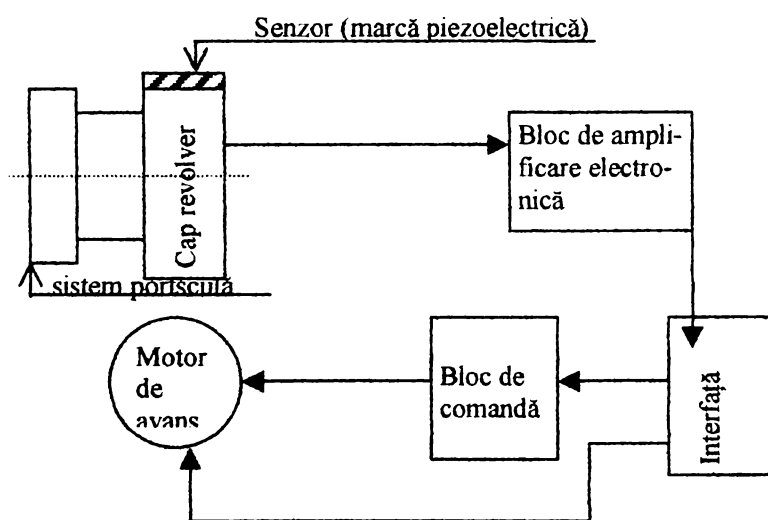


Fig.4.3.3. Sistem de control, de tip modular al stării sculei așchietoare.

(pentru coliziune, rupere și uzură) care pot fi utilizate separat sau în diverse combinații după caz, pe mașini-unelte cu CN. Astfel pe capul revolver al mașinii-unelte în locul în care se va înregistra deformația elastică maximă, este montat un senzor care va înregistra deformația elastică produsă de forțele de așchiere din procesul de prelucrare. Inițial, s-au înregistrat limitele maxime și minime admisibile ale deformației, în momentul când aceste valori sunt depășite, sistemul va transmite o mărime de execuție care va opri mecanismul de avans (în cazul sculelor rupte) sau de schimbare a sculei ( în cazul depășirii limitei uzurii admise). Pentru evitarea coliziunilor , se va executa inițial o operație de prelucrare completă , în timpul căreia se va înregistra continuu valorile forțelor de așchiere. Pentru valoarea maximă obținută a forței de așchiere se va suplimenta aceasta cu un coeficient admisibil ,valoare ce va pune în evidență forța admisibilă în cazul unui impact posibil. Reluarea ciclului de lucru după înregistrarea unei astfel de valori se va putea face doar după ce se va înlătura cauza ( greșeala în programare sau mânuirea greșită a sculei la prelucrare)

**Metode directe** – utilizarea acestor metode presupune existența unui program de comandă. În acest caz scula după ce a fost instalată în arborele principal sau în sistemul portsculă, se va deplasa până la un dispozitiv de măsurare a lungimii sculelor, montat în zona de așchiere, într-o poziție precisă față de punctul zero al sistemului de referință al mașinii-unelte, după care se va compara valoarea măsurată cu cea conținută în program (ținând cont și de eventualele corecții ale sculei), stabilindu-se astfel integritatea sculei. Astfel de sisteme care au drept principiu de funcționare cel descris mai sus sunt cunoscute drept *sisteme de măsurare deplasabile sau fixe*, care pe lângă controlul integrității sculei permit și corecția acesteia la lungime (fig.4.3.4.). În fig. 4.3.4., se prezintă un dispozitiv de măsurare prin palpate, pentru controlul integrității

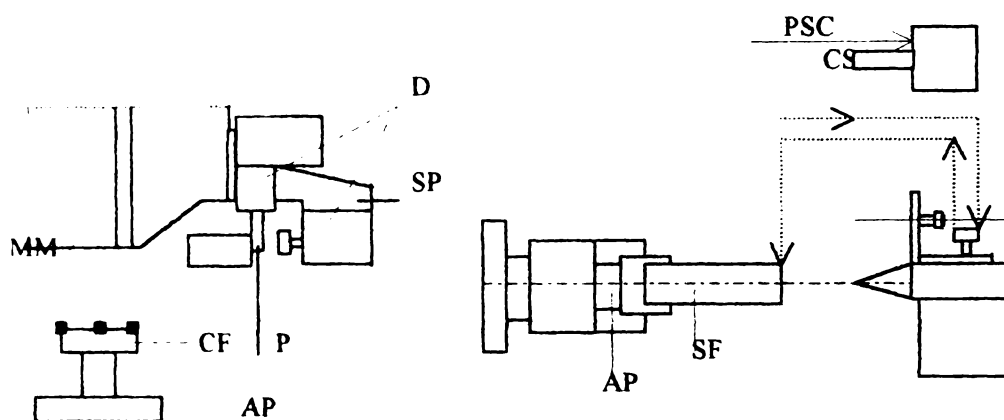


Fig 4.3.4 Sisteme de control al integrității sculei prin măsurarea dimensiunii de reglaj.

cuțitelor de strung, instalat pe păpușa mobilă a strungului.

Sistemul de scule se va deplasa periodic în dreptul palpatoarelor dispozitivului de măsurare, în urma apelării periodice prin programul stabilit. În acest caz, se va verifica după două direcții dimensiunea cuțitului de strung (CS) controlându-se atât uzura cât și integritatea acestuia. În condițiile fabricației flexibile, au deja o mare răspândire sistemele de prevenire a ruperii sculelor așchietoare, stare prin care se micșorează foarte mult timpii neproductivi, legați de schimbarea sculelor rupte și reglarea sculelor noi, introduse în sistem. Acest sistem realizat în Japonia, se bazează pe măsurarea amplitudinii undelor sonore ce iau naștere în momentul în care uzura sculei (pentru prevenirea ruperii sculelor cu diametre mici și medii) a atins o anumită valoare admisibilă. Schema de principiu a sistemului (fig.4.3.5) pentru prevenirea ruperii sculelor cu diametru mic, suportul port-sculă SPS, este echipat cu mecanism de patinare MP, iar arborele principal AP, prevăzut cu un senzor acustic SAC, pentru sesizarea momentului în care amplitudinea vibrațiilor sonore generate în procesul de așchiere a depășit o anumită valoare admisibilă, stabilită experimental (datorită valorii uzurii sculei sau a dificultăților în eliminarea



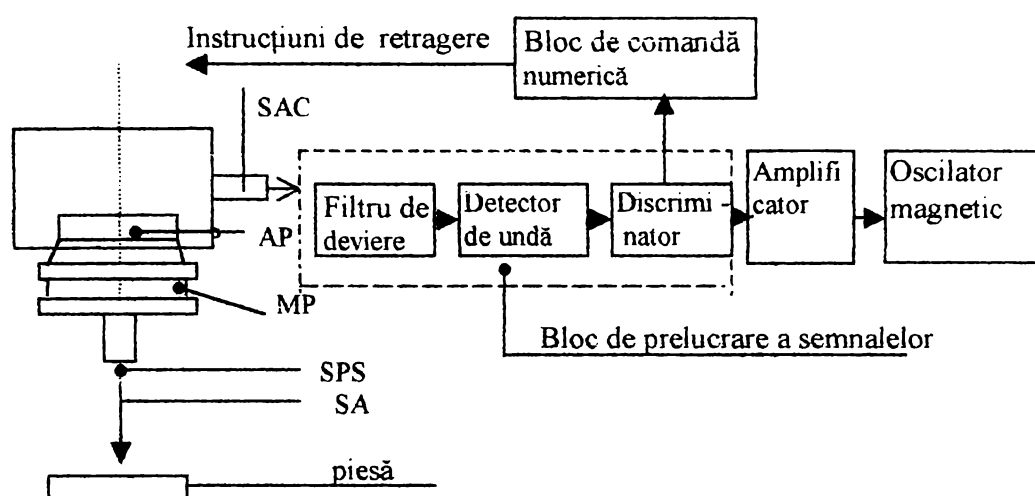


Fig.4.3.5.Schema structurală a unui sistem automat de prevenire a ruperii sculelor  
așchiitoare,bazat pe măsurarea amplitudinii undelor sonore

așchiilor).Sistemul lucrează după un model autoadaptiv, stare în care diferențele stabilite între valorile uzurii devin mărime de execuție prin comanda numerică realizându-se retragerea arborelui AP, obținându-se astfel protecția sculei așchiitoare. Evoluția acestor sisteme de măsură și control este absolut firească și în pas cu evoluția și dezvoltarea continuă a echipamentelor și programelor din automată și informatică. În Japonia s-a realizat [1] un echipament care detectează foarte rapid orice defecțiune la muchia așchiitoare a sculei sau mărimea uzurii acesteia în timpul procesului de prelucrare. Sistemul este continuu și se bazează pe sesizarea oricărei(fig.4.3.6.) modificări a mărimumii curentului de acționare la nivelul arborelui principal ,necesar mecanismului de avans al sculei în proces. Instalată pe o mașină unealtă cu CN acest sistem care

poate detecta valori ale uzurii până la 0,5 mm, are drept scop oprirea funcționării mașinii-unelte, iar în cazul instalării pe un centru de prelucrare poate afișa și operației unde este necesară restabilirea condițiilor normale de funcționare. Sistemul poate fi instalat pe orice tip de mașină unealtă cu CN, de asemenea poate asigura supravegherea și controlul a până la patru mașini-unelte, care funcționează simultan.

4 SISTEME DE SUPRAVEGHERE ȘI CONTROL AUTOMAT ALE SCULELOR  
 AȘCHIETOARE

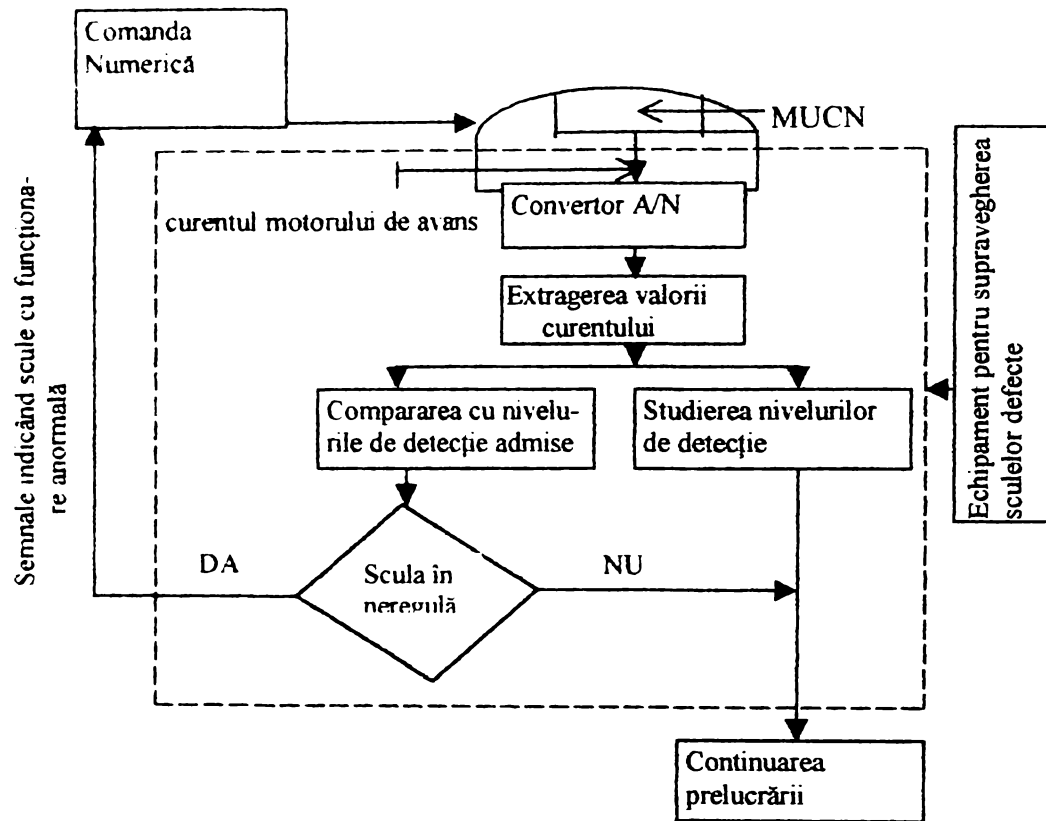


Fig 4 3.6. Schema structurală a unui sistem automat de prevenire a ruperii sculelor  
 așchietoare bazat pe măsurarea curentului de acționare.

#### 4.4. COMPENSAREA AUTOMATĂ A UZURII SCULELOR AȘCHIETOARE

În sistemele de prelucrare flexibile, atât uzura cât și eroarea de reglare pot fi compensate în mod automat[20], [4], [8],[9],[12],[23],[28],54],[61],[59], În capitolul 2.3 al lucrării, sunt prezentate pe larg soluții și sisteme de controlul activ pentru procedee de prelucrare prin așchiere, situație care permite dezvoltarea în continuare a analizei pentru mijloace și procedee de compensare a uzurii sculei.

În fig.4.4.1, se prezintă soluția de control cu contact nemijlocit pe tăișul sculei, printr-un traductor care emite continuu un semnal ce trebuie în condiții

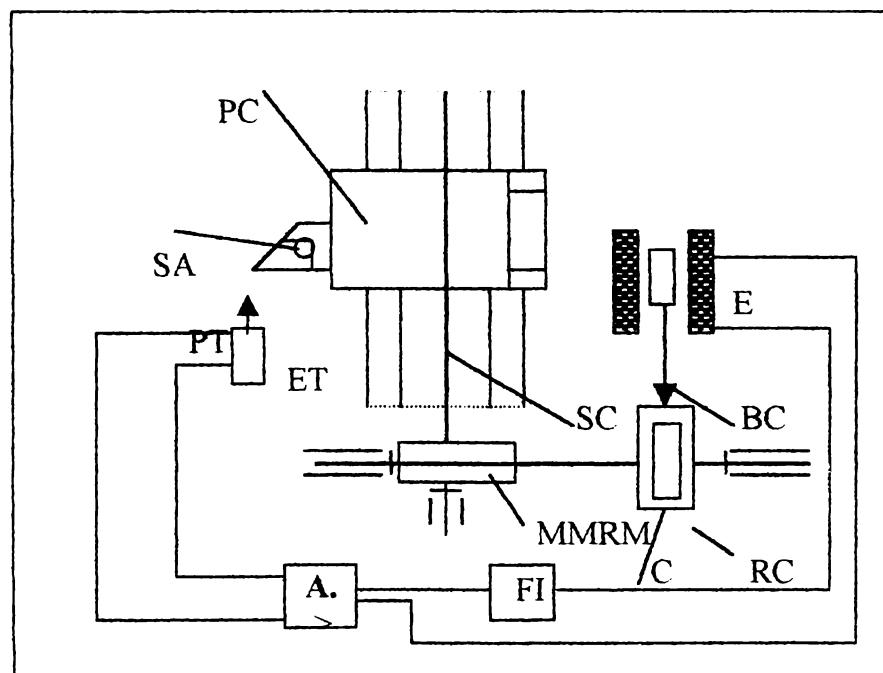


Fig.4.4.1. Soluție de principiu pentru un sistem de control și compensare a uzurii sculei așchietoare.

normale să întâlnească tăișul sculei. Semnalul emis de elementul traductor, (datorită absenței sculei), este amplificat în A, după care se va aplica blocului formator de impulsuri FI care alimentează elementul de execuție din electromagnetul E cu o anumită frecvență reglabilă. În continuare, miezul electromagnetului E se va deplasa antrenând în mișcare liniară brațul clichetului BC, care va antrena la rândul lui câte un dinte al roții de clichet RC, care se va roti cu o anumită turație antrenând în mișcare de rotație melcul

mecanismului MRMM. Solidar cu roata melcată este șurubul conducător SC care prin intermediul piuliței (nereprezentată în figură) va realiza deplasarea portcuțitului PC cu o cotă egală cu valoarea uzurii sculei SA. Portsculele se deplasează pe ghidaje cu rostogolire în direcție radială, tocmai de aceea se impune blocarea în poziția de lucru la sfârșitul mișcării de compensare. Blocarea se realizează printr-un sistem pneumatic, la care motoarele pneumatice liniare vor acționa frânele care mențin în poziție de lucru portcuțitul PC.

La prelucrarea cu capete de alezat cu excentric și la bare de alezat, la finele prelucrării se introduce în alezaj un dispozitiv special de măsurare a dimensiunii alezajului prelucrat. Dispozitivele de măsură și control utilizate în acest caz sunt de tip domuri, echipate cu senzori inductivi sau pneumatici fără contact, evident reglate la dimensiunea de măsurat. În funcție de abaterea identificată la dimensiunea piesei (PP) prelucrate, se realizează corecția care se introduce în programul de comandă crespunzător sculei utilizate la prelucrarea verificată. În fig.4.4.2, se prezintă soluția constructivă pentru o bară de alezat cu compensarea automată a uzurii cuțitului. În figură, compensarea uzurii se realizează prin deplasarea mecanică a saniei transversale ST.

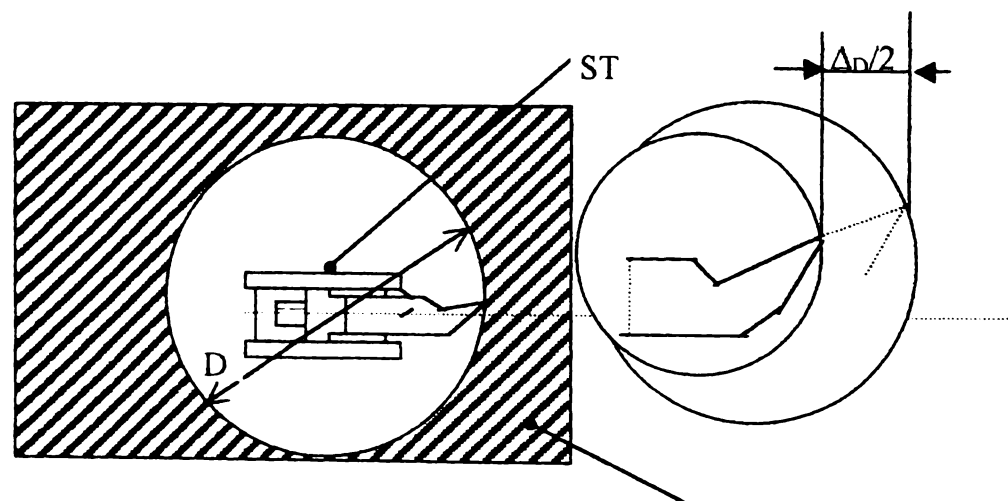


Fig.4.4.2. Bară de alezat cu compensarea automată a uzurii sculei prin deplasarea saniei sub acțiune mecanică.

Semnificațiile mărimilor din fig.4.4.2, sunt următoarele :  $D$ -diametrul găurii prelucrate;  $\Delta D$  mărime de reglare (comparare). În fig.4.4.3, se prezintă soluția construcției barei de alezat cu compensarea uzurii sculei, prin deplasarea suportului elastic al sculei sub acțiunea motorului pneumatic MP.

#### 4. SISTEME DE SUPRAVEGHERE ȘI CONTROL AUTOMAT ALE SCULELOR AȘCHIETOARE

---

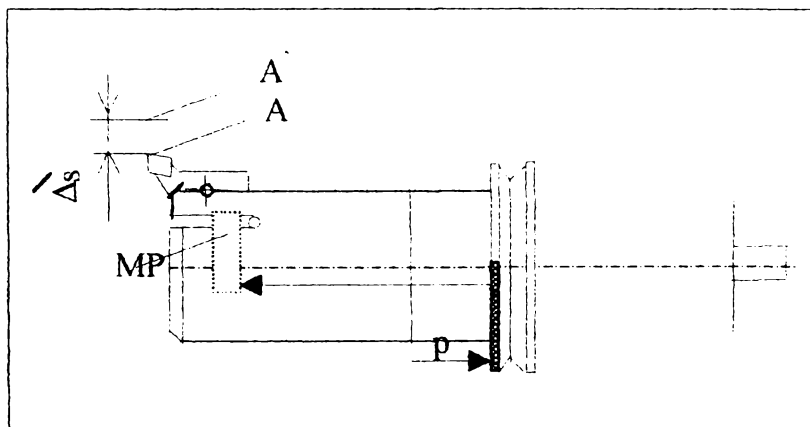


Fig.4.4.3. Bară de alezat cu compensarea automată a uzurii sculei prin deplasarea saniei sub acțiunea unui motor pneumatic PM.

Semnificațiile mărimilor din figură sunt :  $\Delta_s$  –mărime de reglare (compensare);  
p- presiunea aerului comprimat.

## 5. CERCETĂRI EXPERIMENTALE

### 5.1. CONSIDERAȚII DESPRE ANALIZA STATISTICĂ A EXPERIMENTELOR

#### 5.1.1. Generalități

În prezent se poate afirma că nu există domeniu de activitate (îndeosebi științific) în care să nu se fi apelat la cercetarea experimentală. Aceste cercetări experimentale au de regulă drept țintă evidențierea unor aspecte referitoare la comportamentul unui sistem sau proces, de regulă în condițiile date de către cercetător coroborat evident cu nevoile sistemului sau procesului considerat. Luat *ad literam* un experiment este de fapt un test.

Într-o exprimare mai puțin pretențioasă [10] un experiment poate fi definit ca un test sau o serie de teste în care s-au operat mai multe modificări ale parametrilor de intrare astfel încât să poată fi observate și identificate motivele pentru care aceste schimbări ar putea fi observate la parametrii ce rezultă din acest proces. [89].

În domeniul ingineriei experimentale un rol important în proiectarea noilor produse îl joacă dezvoltarea noilor procese de prelucrare, precum și optimizarea diferitelor procese tehnologice. În orice experiment rezultatele și concluziile care pot fi trase depind în mare măsură de modul în care au fost colectate datele. De regulă experimentele sunt utilizate pentru a studia performanțele anumitor procese, în condiții realiste de utilizare, de fapt cunoscute sau precizate de către utilizator. Un sistem poate fi reprezentat uneori și ca în figura (5.1.1.) următoare;

Acest sistem poate fi perceput ca o combinație de mașini, procedee, oameni, și alte resurse care transformă anumite date de intrare într-o ieșire care are unul sau mai multe răspunsuri vizibile. Unele dintre variabilele procesului sunt controlabile  $X_1, X_2, \dots, X_p$ , iar altele nu sunt controlabile  $Z_1, Z_2, \dots, Z_p$ . Obiectivele unui experiment includ următoarele aspecte [81]:

1. determinarea acelor variabile care au cea mai mare influență asupra funcției răspuns (obiectiv);
2. determinarea nivelelor de variație a variabilelor  $X$  astfel încât funcția obiectiv  $Y$  să fie aproape de valoarea dorită;
3. determinarea nivelelor de variație pentru variabilele cunoscute astfel încât variația factorilor obiectivi  $Y$ , să fie cât mai mică;

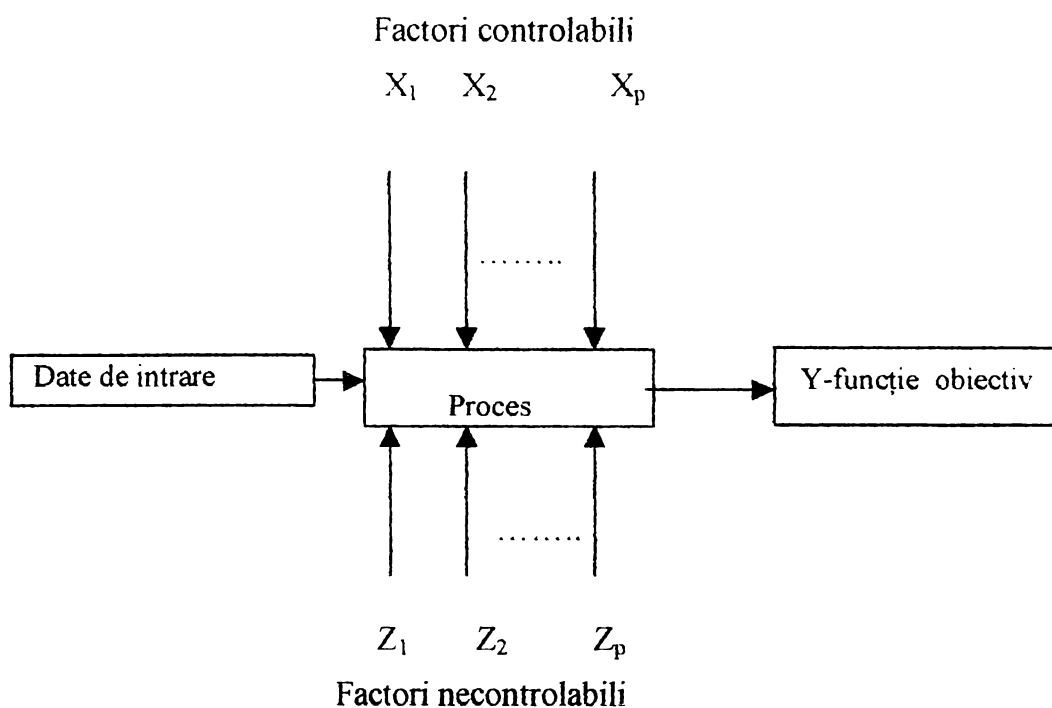


Fig. 5.1.1. Modelul general al unui sistem.

4. determinarea nivelurilor de variație a variabilelor cunoscute  $X$  astfel încât efectul variabilelor necontrolabile  $Z$ , să fie minim.

### 5.1.2. Strategii de experimentare

Scopul activității de cercetare îl constituie până la urmă stabilirea dependenței funcționale care există între factorii de influență  $X_1, X_2, \dots, X_p$  și funcția obiectiv  $Y$ .

$$Y = (X_1, X_2, \dots, X_p) \quad (5.1.)$$

Cu alte cuvinte se realizează modelarea matematică a acțiunii factorilor  $X_1, X_2, \dots, X_p$  asupra funcției obiectiv  $Y$ . Dintre obiectivele urmărite în urma modelării unui proces se remarcă [18,82] :

- **analiza sistemului** sau procesului cu ajutorul modelului creat;
- **modul** cum acționează factorii de influență asupra procesului sau sistemului studiat;
- **optimizarea** procesului în raport cu factorii de influență luați în considerare.

Principalele cerințe pe care trebuie să le îndeplinească un model matematic se referă la concordanța care trebuie să existe între valorile estimate cu ajutorul unui model matematic, respectiv ale funcției obiectiv și valorile reale ale

funcției obiectiv , precum și acuratețea informațiilor obținute în vederea optimizării procesului respectiv. Pentru realizarea unui model matematic se poate folosi drept referință schema din fig.5.1.2.

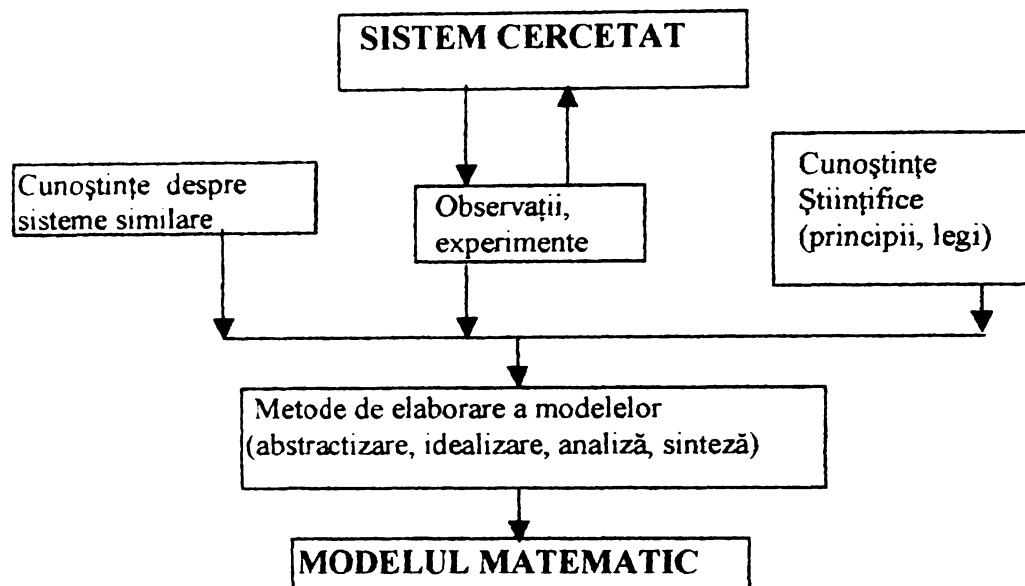


Fig. 5.1.2. Schema de concepere a unui model matematic.

Din fig.5.2. se poate observa că în vederea realizării modelului matematic trebuie să se țină cont de datele existente despre sisteme asemănătoare sau similare, cunoștințe științifice cu caracter general, experimente proprii. În urma analizei de sinteză a acestor date se poate trece la realizarea modelului matematic. Mai mulți autori consideră că în vederea atingerii modelului matematic final trebuie parcurse o serie de cicluri complete de investigație, organizate iterativ și plasate pe o spirală convergentă către obiectivele cercetării ca în fig.5.1.3.

Se observă că pentru realizarea modelului matematic se parcurg o serie de cicluri iterative, fiecare dintre ele având în componere la rândul lor câteva etape:

- *conceperea* programului experimental;
- *realizarea programului* experimental;
- *estimarea modelului* empiric și testarea adecvată;
- *realizarea modelului* matematic;

Pentru realizarea modelului matematic trebuie adoptată o strategie de experimentare sau concepere a programului experimental . La ora actuală există o multitudine de strategii de experimentare și trebuie să se găsească cea strategie optimă care să permită obținerea de cât mai multe informații despre



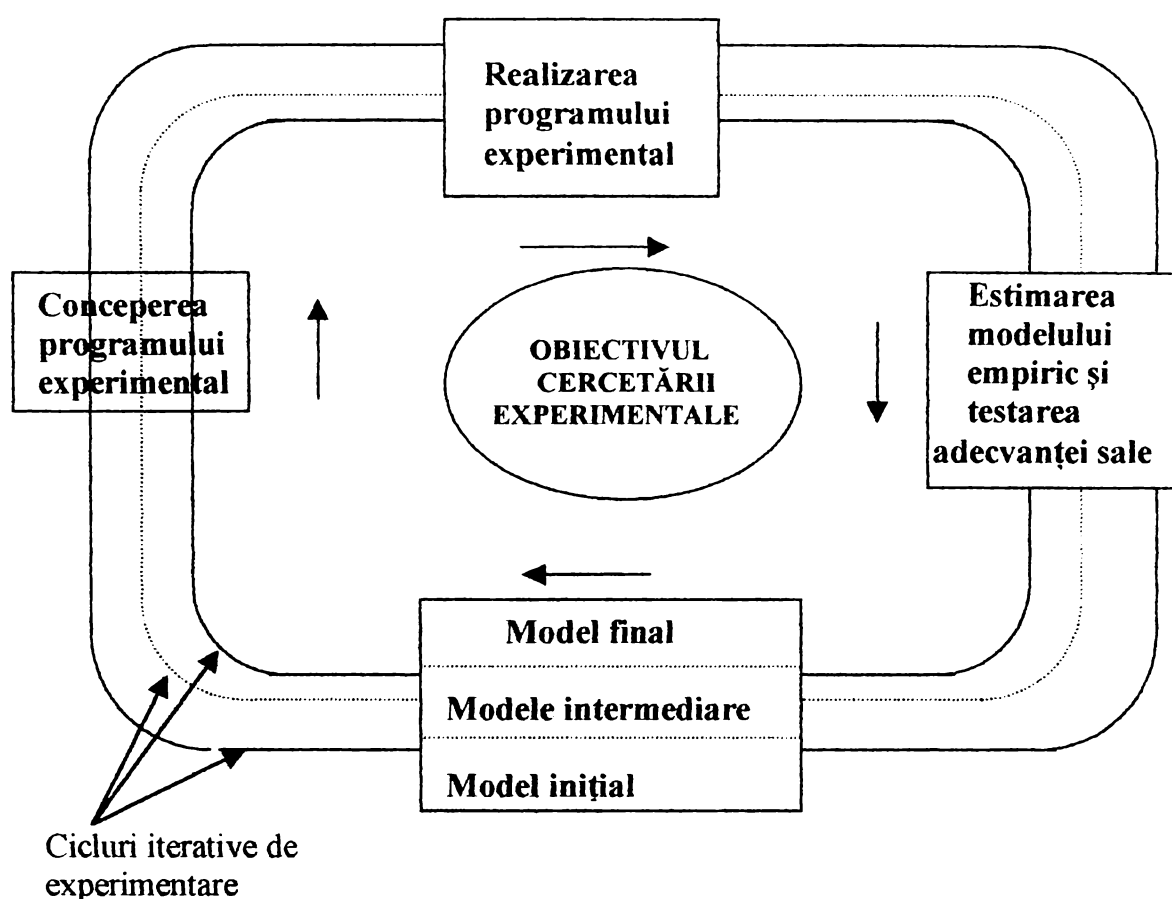


Fig.5.1.3. Reprezentarea modului de realizare a unui model matematic.

procesul sau sistemul studiat realizând un număr cât mai mic de teste. Bineînțeles trebuie ca acest lucru să nu afecteze precizia de estimare a modelului matematic sau cu alte cuvinte acuratețea acestuia. Una din strategiile de experimentare bazată pe principiul "un singur factor de studiat la un moment dat" se numește strategia Gauss-Seidel presupune stabilirea unui punct de plecare și variația unuia dintre factorii de influență pe mai multe nivele de variație, ceilalți factori de influență fiind păstrați constanți la nivelul de plecare. În acest fel se urmărește numai influența variației aceluia factor asupra funcției obiectiv. Acest tip de strategie de experimentare se mai numește și *strategie unifactorială*. Principalul dezavantaj al acestei strategii de experimentare îl constituie faptul că exclude orice fel de interacțiune între factorul de influență care variază ca și ceilalți factori de influență. Un alt dezavantaj este legat de faptul că pentru a vedea efectul variației tuturor factorilor de influență asupra funcției obiectiv trebuie să se varieze fiecare factor de influență pe același număr de nivele de variație, ceea ce conduce la un volum mare de experimente care implică la rândul lor un volum mare de timp și cheltuieli ridicate.

O altă strategie de experimentare a fost pusă la punct de Box și Wilson [27,28] și care este caracterizată de variația tuturor factorilor de influență în fiecare moment. Această strategie de experimentare se mai numește și *multifactorială* pentru că implică un experiment factorial care presupune variația tuturor factorilor de influență pe fiecare nivel de variație. În acest fel influența fiecărui factor asupra valorilor funcției obiectiv este determinată de toate încercările efectuate, micșorându-se astfel volumul de experimentare [90].

O altă strategie de experimentare importantă și care este utilizată în special când se urmărește optimizarea unui proces este strategia care implică *conceptul de suprafață de răspuns*. Metodologia bazată pe utilizarea conceptului de suprafață de răspuns conține o serie de tehnici matematice și statistice care sunt folosite când se urmărește analiza statistică și modelarea matematică a unei funcții obiectiv care este influențată de mai multe variabile independente și optimizarea procesului respectiv. În majoritatea problemelor ce privesc conceptul de suprafață de răspuns, forma relației dintre funcția obiectiv și variabilele independente este nu este cunoscută. Prin urmare, primul pas îl constituie găsirea unui *model matematic regresional* care să aproximeze cât mai bine legătura dintre funcția obiectiv și variabilele independente. De cele mai multe ori în acest scop este folosit un polinom de grad mic. Dacă răspunsul este bine modelat de o funcție liniară atunci modelul utilizat va fi un polinom de ordinul I. Dacă există o zonă de curbura în sistem atunci trebuie utilizat ca model matematic un polinom de ordin superior, cum ar fi de exemplu un polinom de ordinul II. Aproape toate problemele ce implică conceptul de suprafață de răspuns utilizează unul sau ambele tipuri de polinoame (gradul I sau II) ca modele matematice. Desigur că este puțin probabil ca un model matematic polinomial să reprezinte o aproximare rezonabilă a relației funcționale dintre variabilele independente și funcția obiectiv, pe întreg domeniul variabilelor independente, dar într-o regiune relativ restrânsă aceste modele matematice lucrează foarte bine [143].

Metoda suprafeței de răspuns este o *metodă secvențială*. De multe ori se întâmplă să ne găsim într-un punct al suprafeței care este departe de optim utilizând condițiile curente de experimentare – fig. 5.1.4.

Scopul utilizării acestei metode este acela de a îl conduce pe experimentator de-a lungul căii spre optim până la regiunea în care se găsește *optimul*. Odată

„găsită” regiunea de optim poate fi utilizat un model matematic mai elaborat cum ar fi de exemplu un polinom de gradul al doilea [83].

În zona în care curbura suprafeței de răspuns este prea accentuată pentru ca un model matematic de forma unui polinom de gradul I să dea rezultate din punctul de vedere al preciziei estimării, se utilizează ca modele matematice

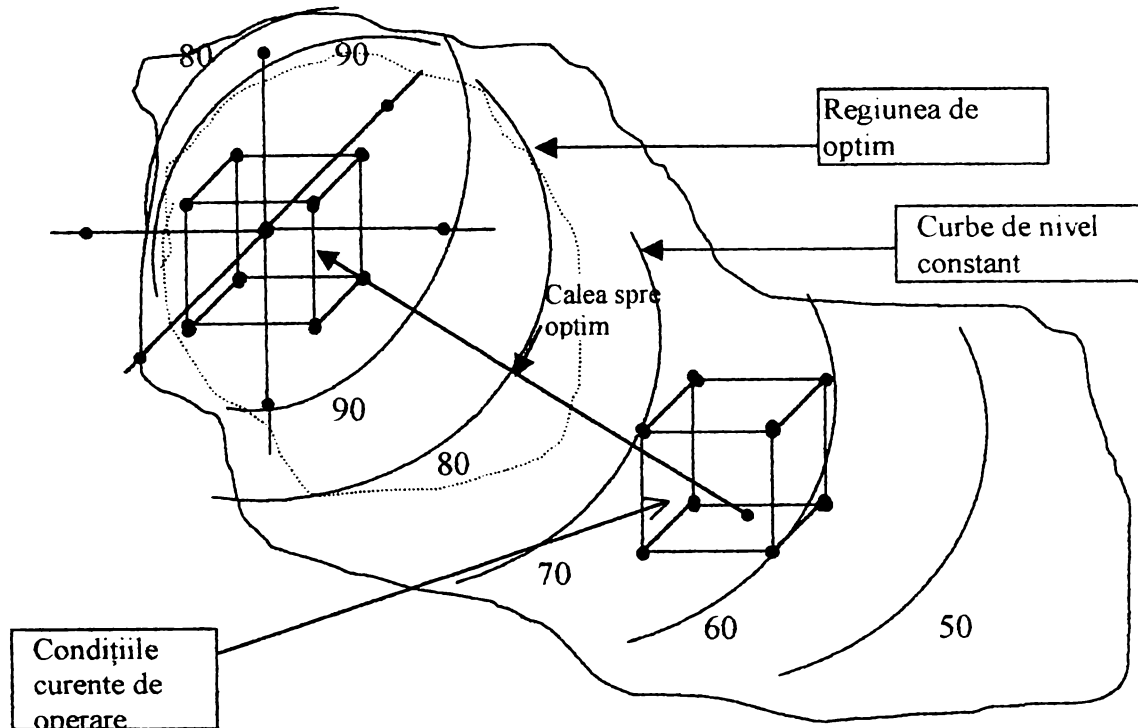


Fig.5.1.4. Natura secvențială a metodei suprafeței de răspuns.

polinoame de gradul al II până la identificarea cu precizie a optimului . Aceste modele care se numesc *modele de ordin superior* pot fi explicitate prin dirijarea factorilor de influență pe trei nivele ( lucru care mărește volumul experimentului ), fie prin utilizarea unui experiment central compus [82].

În mod obișnuit studiul suprafeței de răspuns se face prin secționarea acesteia cu plane paralele cu factorul de influență. Curbele rezultate din intersecția suprafeței de răspuns cu aceste plane paralele se numesc *curbe de nivel constant* sau *curbe de răspuns constant*.

### 5.1.3. Metode de analiză statistică

Cele mai utilizate metode de analiză statistică clasică a datelor experimentale sunt *analiza dispersională* și *analiza regresională* [82]. Analiza dispersională mai poartă numele de *analiza varianței*. Analiza dispersională este o metodă statistică de analizare a datelor de măsurare care sunt de fapt

valori obținute experimental ale unor funcții obiectiv ce depind de unul sau mai mulți factori de influență cu acțiune simultană. Scopul analizei dispersionale este de a stabili semnificația factorilor de influență asupra funcției obiectiv ce face obiectul analizei. În sistemele fizice legătura dintre funcția obiectiv  $Y$  și factorii de influență poate fi scrisă de forma :

$$Y = \Phi(x_1, x_2, \dots, x_k, \dots, z_m, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_d) \quad (5.1.2.)$$

unde:

- $x_1, x_2, \dots, x_k$  - factori de influență controlabili;
- $z_1, z_2, \dots, z_m$  - factori de influență necontrolabili, aleatori, care generează erorile aleatoare;
- $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_d$  - parametri statistici, de regulă necunoscuți, numiți coeficienți de influență.

Dacă numărul factorilor de influență este  $k > 1$ , analiza se numește *multiplă*, iar dacă numărul de funcții obiectiv analizate  $Y_k$  este  $q > 1$ , analiza se numește *multidimensională*. Dacă toți factorii de influență  $x_1, x_2, \dots, x_k$  prezintă nivele discrete numerice sau nu, *analiza devine calitativă* și se numește *analiza dispersională*.

Dacă toți factorii de influență  $x_1, x_2, \dots, x_k$  sunt variabile continue, atunci *analiza devine cantitativă* și se numește *regresională*. Obiectivul principal al analizei regresionale este *elaborarea modelului matematic regresional* al obiectului cercetării, care să descrie comportarea sistemului respectiv în domeniul dat al experimentării, studiul mecanismelor de inițiere acțiune a funcționalității sistemului cercetat, analiza caracterului și gradului de influență a diferiților factori cu ajutorul modelului obținut, definirea valorilor optime ale factorilor de influență în raport cu funcția obiectiv  $Y$  sau alte funcții de optimizare ale obiectului cercetării și conducerea optimală a acestuia.

Dacă unii factori de influență prezintă nivele discrete, iar alții sunt mărimi continue, analiza se numește *analiza covarianței*. Cu alte cuvinte există trei categorii de modele în funcție de tipul de analiză realizat și anume :

- modele *dispersionale*;
- modele *regresionale*;
- modele *de covarianță*.

În cazul cercetării unui fenomen sau proces una din problemele cele mai frecvent întâlnite este aceea de a explicita pe baza rezultatelor experimentale, dependența funcțională ( regresională ) dintre funcția obiectiv

și factorii de influență. Una din metodele aplicate în mod curent în prelucrarea rezultatelor măsurărilor prin analiză regresională este metoda celor mai mici pătrate. Această metodă permite stabilirea coeficienților de regresie pentru o formă impusă a relației funcționale dintre variabilele independente și funcția obiectiv.

Așa cum am mai menționat în cazul în care suprafața de răspuns prezintă o zonă de curbură se recurge la modelarea cu polinoame de ordin superior, de preferință de ordinul II. Modelarea cu ajutorul experimentelor factoriale cuprinde;

- o primă etapă precizarea funcției obiectiv și identificarea *factorilor de influență*;
- etapa imediat următoare alegerii funcției obiectiv și identificării factorilor de influență o constituie *stabilirea domeniului experimentării*.

Practic stabilirea domeniului de experimentare se presupune două faze:

- *stabilirea punctului central* al experimentului;
- *stabilirea intervalelor de variație* ale factorilor de influență.

Din considerente practice nivelul superior al unui factor de influență se codifică „+1”, iar nivelul inferior „-1”. Coordonatele punctului central al experimentului vor avea valoarea „0”. În continuare se trece la planificarea experimentelor prin precizarea formei matricii program.

*Matricea program* a unui experiment factorial la care nivelele factorilor de influență sunt notate cu valori codificate „+1” și „-1”, iar valorile funcției obiectiv sunt determinate experimental se prezintă ca în tabelul 5.1.1.

În lucrarea de față s-a folosit un experiment factorial  $2^k$  în versiunea suprafețelor de răspuns (RSM) care permite investigarea domeniului de interacțiune luând în considerare valorile extreme de variație a parametrilor investigați și valorile căutate pentru a determina un model de ordinul 2 și un set de experimentări specific parametrilor de așchiere, pentru realizarea compensării uzurii sculei, când se urmărește determinarea influenței diametrului de prelucrat DR și a lungimii de prelucrare  $H_x$  care determină consolajul sculei și rigiditatea piesei prelucrate. S-a ales un experiment (în aceleași condiții de prelucrare ca la cap.6.2.1.) prin metoda suprafețelor de răspuns (RSM) valorile extreme investigate fiind 80...310 mm pentru diametrul prelucrării DR și 20...100 mm pentru lungimea de prelucrare  $H_x$ .

Matricile program pentru cele două experimente sunt prezentate în capitolul 6.1 pentru experimentul factorial  $2^k$  în versiunea suprafețelor și 6.2. pentru setul de experimentări specific parametrilor de așchiere, pentru realizarea compensării uzurii sculei, când se urmărește determinarea influenței diametrului de prelucrat DR și a înălțimii de prelucrare  $H_x$  care determină consolajul sculei și rigiditatea piesei prelucrate.

## 5. CERCEȚĂRI EXPERIMENTALE

Tab.5.1 Matricea program a unui experiment factorial.

Număr încercări	Valori codificate ale factorilor de influență						Valori funcție obiectiv
	$x_1$	$x_2$		$x_i$	...	$x_k$	
1	-1	-1	...	-1	...	-1	$y_1$
2	+1	-1		-1		-1	$y_2$
				...	...	...	...
i	-1	+1		-1	...	-1	$y_i$
				...	...	...	...
N	+1	+1		+1	...	+1	$y_N$

Dacă ecuația modelului experimental este o ecuație polinomială de gradul II care este de fapt cea mai des utilizată având forma :

$$y = b_0 + \sum_{j=1}^k b_j x_j + \sum_{j,i=1, j \neq i}^k b_{ji} x_j x_i + \sum_{j=1}^k b_{jj} x_j^2 \quad (5.1.3.)$$

unde:

- y- funcția obiectiv,
- $x_j$ - factorii de influență,
- $b_0, b_j, b_{ji}, b_{jj}$  - coeficienți de regresie.

Matricile program le experimentelor rotabile nu îndeplinesc în general condiția de ortogonalitate motiv pentru care calculul coeficienților de regresie și al dispersiilor corespunzătoare acestora , se face cu relații mai complexe:

- pentru termenul liber  $b_0$

$$b_0 = \frac{A}{N} \left[ 2\lambda^2 (k+2) \sum_{i=1}^N y_i - 2\lambda C \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^N x_{ij}^2 y_i \right] \quad (5.1.4.)$$

- pentru coeficienții  $b_j$

$$b_j = \frac{C}{N} \sum_{i=1}^N x_{ij} y_i \quad (5.1.5.)$$

- pentru coeficienții  $b_{ji}$

$$b_{\mu} = \frac{C^2}{N\lambda} \sum_{i=1}^N x_{ij} x_{im} y_i; \quad (5.1.6.)$$

▪ pentru coeficienții  $b_{ij}$

$$b_{ij} = \frac{A}{N} \left[ C^2 [(k+2)\lambda - k] \sum_{i=1}^N x_{ij}^2 y_i + C^2 (1-\lambda) \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^N x_{ij}^2 y_i - 2\lambda C \sum_{i=1}^N y_i \right]. \quad (5.1.7.)$$

unde:

$$\lambda = \frac{kN}{(k+2)(N-N_0)}, \quad (5.1.8.)$$

$k$  fiind numărul factorilor de influență,  $N$  este dat de relația (5.1.11.), iar  $N_0$  este numărul de măsurători suplimentare efectuate în centrul experimentului;

$$A = \frac{1}{2\lambda[(k+2)\lambda - k]}, \quad (5.1.9.)$$

$$C = \frac{N}{\sum_{i=1}^N x_{ij}^2}. \quad (5.1.10.)$$

$$N = N_L + N_\alpha + N_0 \quad (5.1.11.)$$

reprezintă calculul volumului programelor factoriale central-compuse, în care :

$N_L$  –reprezintă numărul de măsurători provenit de la modelarea liniară;

$N_\alpha$  - reprezintă numărul de măsurători suplimentare , efectuate în stea , la distanța  $\alpha$  față de centrul programului experimental,

$N_0$  –reprezintă numărul de măsurători suplimentare , efectuate în centrul programului experimental.

Coeficienții de regresie pentru polinomul de gradul al doilea având forma dată de relația (5.11.) au fost calculați cu ajutorul software –lui STATGRAPHICS. Coeficienții modelului regresional exprimă influența factorilor de influență  $x_j$  asupra funcției obiectiv  $y$ . Valoarea fiecărui coeficient arată amplitudinea influenței factorului pe care acesta îl înmulțește.

Trebuie menționat că semnul coeficientului de regresie indică sensul influenței factorului asupra funcției obiectiv( de exemplu dacă semnul este „-” înseamnă că factorul de influență tinde să diminueze valoarea funcției obiectiv, iar dacă este „+” tinde să amplifice valoarea funcției obiectiv. Conceptul care stă la baza aplicării majorității testelor statistice constă în compararea dispersiei rezultatelor datorată erorilor aleatoare ( care se mai numește și dispersie de reproductibilitate ) cu dispersia rezultatelor datorată unor cauze sistemice.

## 5. CERCETĂRI EXPERIMENTALE

Cu alte cuvinte estimarea dispersiei reproductibilității este o etapă obligatorie în analiza *modelului* regresional. De obicei estimarea dispersiei reproductibilității  $s_0^2$ , se face cu ajutorul mai multor măsurări aplicate în centrul domeniului experimental :

$$s_0^2 = \frac{\sum_{v=1}^c (y_{ov} - \bar{y}_0)^2}{c-1} \quad (5.1.12.)$$

în care :

- $c$ - numărul de replici  $v=1, \dots, c$  executate în punctul central pentru calculul dispersiei reproductibilității;
- $y_{ov}$  - valorile măsurate  $y_{01}, \dots, y_{0c}$  ale funcției obiectiv în centrul domeniului experimental;
- $\bar{y}_0$  - media valorilor  $y_{ov}$  măsurate ale funcției obiectiv în centrul domeniului experimental.

Cu ajutorul dispersiei reproductibilității pot fi calculate dispersiile de estimare pentru coeficienții de regresie. Relațiile ( 5.1.13, 5.1.14, 5.1.15, 5.1.16) reprezintă dispersiile corespunzătoare coeficienților de regresie.

$$s_{ho}^2 = \frac{2A\lambda^2(k+2)}{N} s_0^2 \quad (5.1.13.)$$

$$s_{bj}^2 = \frac{C}{N} s_0^2 \quad (5.1.14.)$$

$$s_{b_{jk}}^2 = \frac{C^2}{\lambda N} s_0^2 \quad (5.1.15.)$$

$$s_{b_{jj}}^2 = \frac{AC^2[(k+1)\lambda - (k-1)]}{N} s_0^2 \quad (5.1.16.)$$

unde  $A$  și  $C$  sunt date în relațiile (5.1.9.) și(5.1.10.).

Următoarele etape contribuie la analiza unui model matematic:

- **verificarea semnificației statistice** a coeficienților polinomului de regresie cu ajutorul testului student;
- **estimarea valorilor funcției obiectiv** și verificarea aderenței modelului cu ajutorul testului Fisher a dispersiei de concordanță cu dispersia reproductibilității.

Dacă unul din coeficienții pătratici ,  $b_{jj}$ , este nesemnificativ, după excluderea



acestui din model este necesară recalcularea coeficienților ecuației de regresie, datorită interdependenței existente între termenii pătratici, apărute ca urmare a neortogonalității coloanelor corespunzătoare factorilor  $x_j^2$  din matricea program. Din acest motiv, în mod frecvent pentru studierea acestei categorii de programe factoriale se apelează la programe de calculator specializate (în lucrarea de față în aceste condiții s-a utilizat programul STAT GRAPHICS) prin care calculul valorii coeficienților și al dispersiilor corespunzătoare se face, ca și în cazul celorlalte programe factoriale prin metoda celor mai mici pătrate.

Dat fiind modul de structurare al matricii program a experimentului, calculul dispersiilor care se compară cu ajutorul testului Fisher prezintă următoarele particularități și anume:

- *dispersia reproductibilității*,  $s_0^2$ , se poate estima cu ajutorul determinărilor  $N_0$  efectuate în punctul central al programului experimental (număr de grade de libertate  $\nu_2 = N_0 - 1$ )

- *calculul dispersiei de concordanță*  $s_{conc}^2$  presupune:

- a) *calculul sumei pătratelor* diferențelor dintre valorile estimate și cele măsurate,  $SS_N$  pentru toate cele  $N$  puncte ale experimentului;

- b) *determinarea sumei de pătrate* corespunzătoare dispersiei de concordanță  $SS_{conc}$  dat de relația:

$$SS_{conc} = SS_N - SS_0 \quad (5.1.17.)$$

unde  $SS_0$  reprezintă suma pătratelor diferențelor între valorile măsurate în cele  $N_0$  determinări efectuate în punctul central și media aritmetică  $\bar{y}_0$  a acestor valori;

- c) *numărul gradelor de libertate* corespunzător dispersiei de concordanță este:

$$\nu_1 = N - k' - (N_0 - 1) \quad (5.1.18)$$

unde  $k'$  reprezintă numărul termenilor rezultați, semnificativi ai polinomului de regresie;

- d) *stabilirea valorii dispersiei de concordanță* cu relația:

$$s_{conc}^2 = \frac{SS_{conc}}{\nu_1} \quad (5.1.19.)$$

Verificarea adecvanței modelului se face prin compararea cu ajutorul testului Fisher,  $F$ , a dispersiei de concordanță cu dispersia de reproductibilitate.

$$F_{calc} = \frac{S_{conc}^2}{S_0^2} \quad (5.1.20.)$$

dacă  $F_{calc} < F_{tab}$ , în care  $F_{tab} = F_{\alpha, v_1, v_2}$  atunci siguranța dată de probabilitatea  $P=1-\alpha$  concordanța dintre valorile estimate și cele măsurate este mulțumitoare și se consideră că modelul găsit descrie în mod adecvat procesul sau fenomenul studiat.

- $\alpha$  poartă denumirea de prag de semnificație;
- $P=1-\alpha$  reprezintă nivelul de încredere.

În expresia lui  $F_{tab}$ ,  $v_1$  și  $v_2$  au următoarea semnificație :

- $v_1$  numărul de grade de libertate cu care se calculează  $S_{conc}^2$ ,
- $$v_1 = N - k, \quad (5.1.21.)$$

- $v_2$  numărul de grade de libertate cu care se calculează  $S_0^2$ ,
- $$v_2 = C - 1. \quad (5.1.22.)$$

## 5.2. CONDIȚIILE DE EXPERIMENTARE

### 5.2.1. Considerații tehnice și de calitate asupra piesei prelucrate

În cercetarea experimentală sau urmărit în mod deosebit aspectele legate de calitatea reglajului sculelor și portsculelor din dotarea mașinii unelte utilizate la prelucrarea locașurilor (cotele  $\varnothing 275,98^{+0,01}$  și  $216,98^{+0,010}$ ) cote care fac obiectul concret al evaluării calității și oportunității echipamentului proiectat și realizat în lucrarea de față. În figura 5.2.1. sunt prezentate elementele de execuție pentru prelucrarea plăcii portmatriță motor gab.200/6 poli. De remarcat preocuparea proiectantului pentru asigurarea condițiilor tehnice de execuție și montaj a întregului pachet de placi din compunerea plăcii de bază a ștanței, prin identitatea desenelor de execuție a acestora și a condițiilor tehnice de prelucrare. În figura 5.2.1 este reprezentat desenul de execuție pentru placa de ghidare (din motive de gestiune a desenelor de execuție de către secția de fabricație acestora) tocmai de aceea se cuvine a se face observația că în cazul plăcii portpoanson grosimea acesteia este de 45 mm. Placa portpoanson este supusă înaintea prelucrării cotelor :  $\varnothing 275,98^{+0,01}$  și  $216,98^{+0,010}$  operațiilor de prelucrare stabilite de tehnologul de specialitate al secției prelucrătoare, în următoarea succesiune:

debitare mecanică, rabotare, recoacere, rectificare plan, trasare ( pe mașina de găurit în coordonate), frezare după trasaj cu adaos de prelucrare, găurire după

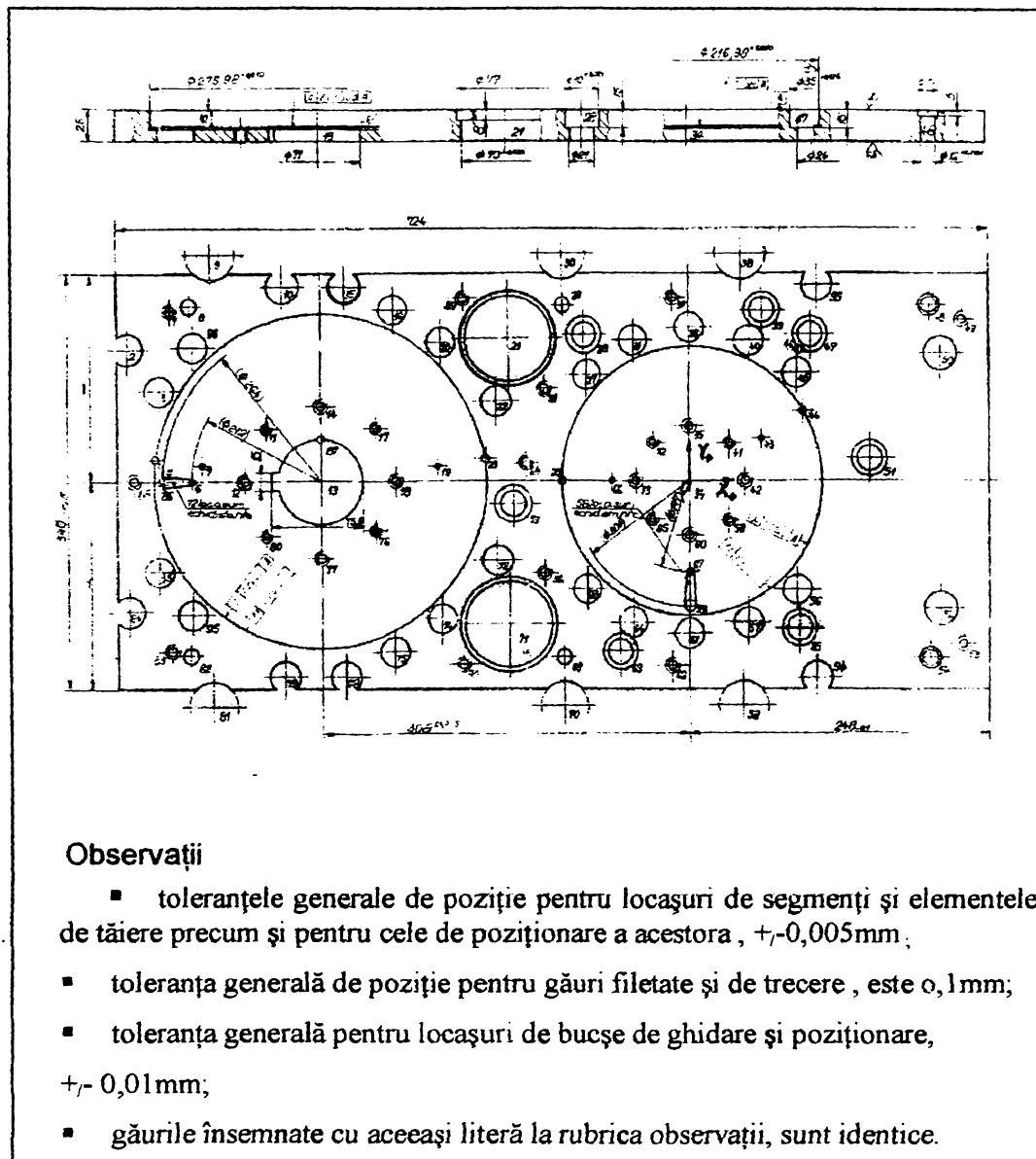


Fig.5.2.1. Desenul de execuție pentru cazul prelucrării plăcii portmatriță pentru placa de bază gab.200/6 poli.

trasaj pe mașina de găurit cu un montant radială, prelucrare alezaje pe mașina de găurit în coordonate tip WKV 100, ajustare, călire revenire, rectificare, montaj elemente active, control calitate. Plecând de la condițiile de funcționare a ansamblului ștanță și evident a rolului plăcii portmatriță (concret în alezajele prelucrate se vor instala segmentii și plăcile de tăiere) proiectantul a stabilit materialul portmatriței ca fiind oțelul carbon de calitate OLC 45 STAS 880-80 cu condiții de livrare stabilite de STAS7450-79, sub formă de profil laminat la cald. Oțelul utilizat este recomandat pentru piese tratate termic, de rezistență ridicată și tenacitate medie, calități care corespund întocmai cu cerințele ce se

impun pentru cazul unei piese cu destinația corespunzătoare cazului experimentului derulat în lucrarea de față. Comportarea materialului utilizat este corespunzătoare îndeosebi din punctul de vedere al rezultatelor obținute după tratamentul termic de asemenea din punctul de vedere al prelucrabilității, de remarcat că în cazul acestui oțel crește capacitatea de a prelua solicitările mari în urma tratamentului aplicat datorită în principal elementelor de aliere conținute de acesta. 5.2.2. Mașini-unelte și echipamente utilizate în cercetarea experimentală

### **5.2.2. Mașini-unelte utilizate la prelucrarea piesei din programul de cercetare.**

Schimbările produse în structura economică și managerială la societatea Electromotor, se reflectă și în dotarea actuală și cea prognozată pentru viitorul societății. În aceste condiții societatea a renunțat la unele dotări care sau dovedit netehnologice și chiar depășite față de previziune de aceea în continuare în societatea BEGA MET (în fapt scularia Întreprinderii Electromotor) prelucrarea reperului placa portmatriță ca și a altor repere de la ștanțele în pași se efectuează pe mașinile de găurit în coordonate ale firmei MAS WKV 100( pentru operațiile de mare precizie se utilizează mașina de rectificat în coordonate cu doi montanți), a căror prezentare se va realiza în cele ce urmează.

Precizia generală a mașinilor permite poziționarea foarte exactă pentru stabilirea centrului cotelor conform desenului de execuție .se utilizează în special pentru prelucrarea sculelor, matrițelor ,aparatorilor de măsurat cu toleranță de ordinul micronilor. În afară de alezaje , pe aceste mașini se prelucrează suprafețe plane, prin frezare. Aceste mașini-unelte sunt caracterizate prin precizia ridicată a tuturor lanțurilor cinematice, a ghidajelor, lagărelor și a sistemelor pentru măsurarea de plasărilor. Sistemele utilizate pentru asigurarea deplasării sculei și a semifabricatului permit cotarea (poziționarea de fapt sau instalarea ) acestora în coordonate rectangulare sau polare. De fapt aceste mașini-unelte au stat la baza realizării centrelor de prelucrare ca structură compunere și soluții tehnice ale asigurării preciziilor ridicate la prelucrare. În fig.5.2.2. se prezintă schema de principiu a mașini de găurit în coordonate cu doi montanți tip WKV 100. Mișcările de poziționare C,D și E sunt executate de masa M, capul de găurit CG și respectiv traversa TV. Mecanismele incluse în interiorul CG asigură realizarea mișcării principale și a mișcării de avans. În acest caz lanțul cinematic principal conține

Un variator de turație V pentru reglarea continuă a turației. Lanțurile cinematice pentru realizarea mișcărilor de avans și poziționare sunt



Caracteristici tehnice principale :

- suprafața mesei-1200x1800 mm ;
- diametrul pinolei 125 mm;
- diametrul maxim de găurire (cu burghiul ) 60 mm;
- diametrul maxim de alezare 300 mm;
- precizia de poziționare 0,005 mm;
- antrenarea în mișcare a mesei longitudinale ,traversei mobile (TV)și a arborelui portsculă se face cu motoare independente;
- sistemele de realizare a deplasărilor în lungul ghidajelor sunt prevăzute cu mecanisme șurub –piuliță cu bile,
- blocarea meselor după finalizarea instalării la poziție se realizează cu sisteme pneumomecanice
- sistemele de măsurare la lungime sunt de tip incremental cu lumină incidentă pentru axele X și Y și cu indicator incremental de poziție;
- acționarea sistemelor de deplasare după axele X și Y se realizează cu motoare de curent continuu și sistem de frâne electromagnetice;
- Mecanismul de transmitere a mișcării de rotație arborelui principal ( portsculă) este prevăzut cu motor propriu de acționare și cu cutie de viteze cu roți baladoare cu cuplaj electromagnetic;
- Mecanismul de avansuri ( cutia de viteze) este înglobată în mecanismul de rotație ,având în componența sa nouă axe , patru blocuri baladoare și două cuplaje electromagnetice ( pentru determinarea sensului de deplasare a arborelui portsculă în lungul axei Z.

### 5.2.3. Scule și portscule utilizate

În fig.5.5.3. sunt prezentate câteva exemple din setul de scule utilizate în programul de cercetare, cum ar fi: portsculă pentru scule de rotație(*PSSR*); portsculă pentru alezare (*PSAL*); corp sculă de alezat de finisare (*CSAF*); portsculă tip bară de alezat (*PSCBA*); bară de alezat cu cuțit cu reglare micrometrică(*BACRM*);calibru etalon (*CE*), care are materializate diferite dimensiuni de reglare la cota de prelucrare în situații concrete și diverse portscula *PSCBA* este interschimbabilă, și ușor de utilizat pentru diferite *CSAF* din punctul de vedere al simplității montajului. Sistemele de scule folosite pe mașina de găurit în coordonate Tip WKV 100,pot fi utilizate numai în condițiile prereglării acestora de regulă în afara mașinii ca și în cazul capului de alezat cu două cuțite utilizat în acest caz la prelucrarea alezajelor mari ale matriței portsegmenti, prezentat ca soluție de principiu în figura 5.2.4.Operațiile de reglare și prereglare ale capului de alezat (*CSAF*) sunt următoarele :

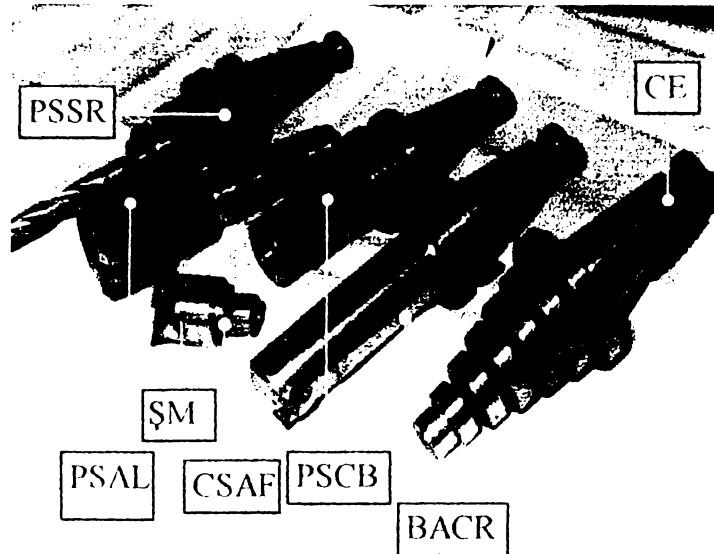


Fig.5.2.3 Exemple de soluții constructive pentru scule din programul de încercări, utilizate la prelucrare

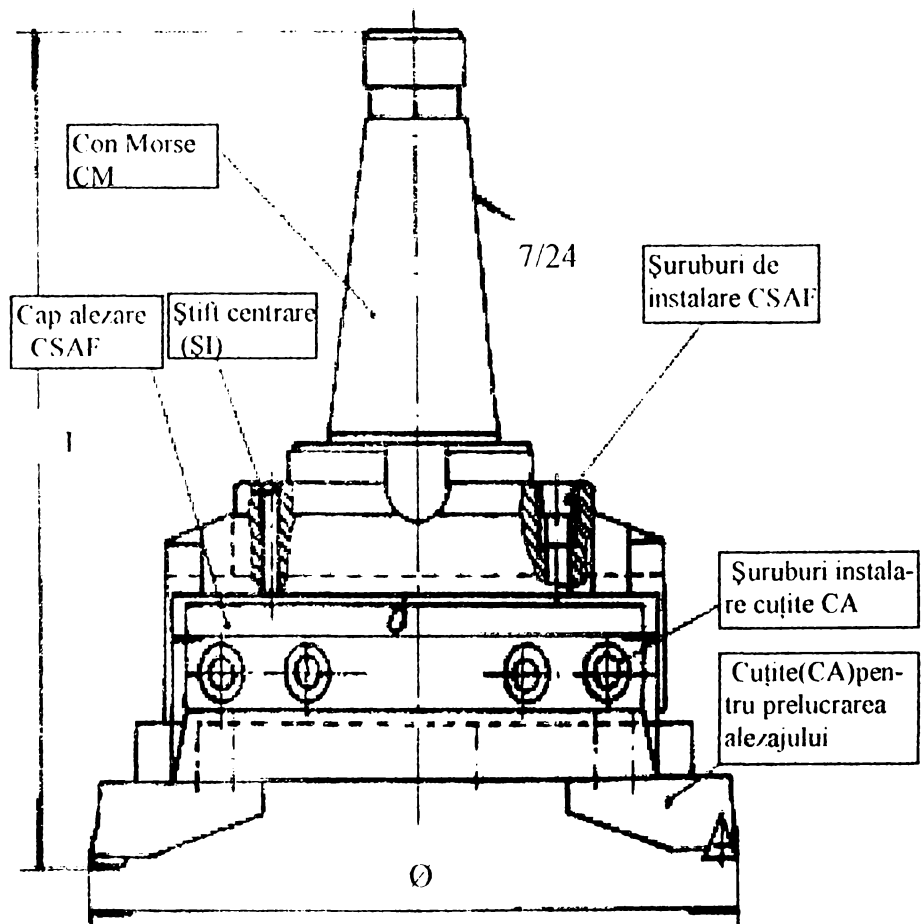


Fig.5.2.4. Soluția constructivă de principiu a CSAF.

- Capul (CSAF) propriu-zis de alezare se instalează în portscula PS prin intermediul stifturilor de centrare (ȘI);
- Ansamblul con morse (CM) –cap de alezare (CSAF) se vor instala în echipamentul de prereglare ( v. cap5.5.3,fig.5.3.1.) în vederea realizării reglării cuțitelor CA la cota de alezare cunoscută din desenul de execuție și stabilită în prealabil cu ajutorul calibrului etalon CE(v. Fig 5.2.3.) ;
- Cota de prelucrare se va realiza cu ajutorul șuruburilor micrometrice (ȘM, v.fig.5.2.3.) nereprezentate în fig.5,2.4.,care vor realiza deplasarea cuțitelor CA la cota etalonată cu CE prin acționarea acestor șuruburi manual.



### 5.3. MODELUL EXPERIMENTAL PENTRU UN ECHIPAMENT DE PREREGlare AL SCULELOR ȘI PORTSCULELOR

#### 5.3.1. Sistem de achiziție date din proces

##### 5.3.1.1. Considerații generale despre sisteme de achiziție date în procese de prelucrare

Sistemele de achiziție date sunt localizate pe circuitul de reacție al unui sistem de comandă-control [113],[18],[57]. În principal aceste sisteme au următoarele funcții:

- conversia analog-numerică a semnalelor de intrare;
- prelucrarea datelor numerice rezultate din conversie;
- stocarea datelor numerice în fișiere;
- formarea și transmiterea datelor de ieșire.

Schema bloc generală a unui sistem de achiziție date se prezintă în fig.5.3.1.1.

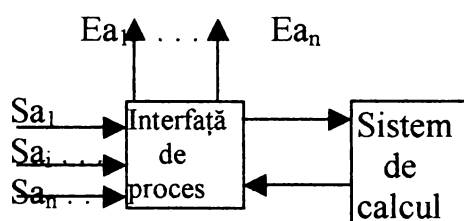


Fig.5.3.1.1. Structura generală pentru un sistem de achiziție date.

Pentru o mai bună și eficientă înțelegere a utilizării unui sistem de achiziție în procesele de prelucrare, trebuie cunoscute funcțiile interfeței de achiziție :

- **Conversia analog-numerică** a semnalelor analogice de intrare din proces ( $Sa_1, \dots, Sa_n$ ). În funcție de forma semnalelor analogice de intrare, se poate stabili

algoritmul de selecție prin metode hardware sau software pentru interfețele inteligente. Gestiunea canalelor în toate cazurile se face prin soft;

- **comunicarea cu sistemul de calcul** se realizează prin metode soft după un protocol;
- **conversia numeric/analogică** pentru canalele de ieșire ( $Ea_1, \dots, Ea_n$ ).

Dacă sistemul este dotat cu traductoare care au ieșiri numerice, funcția de conversie analog/numerică nu mai este necesară, stare în care semnalele  $Ea_1$  și  $Ea_n$  pot fi direct numerice.

Pentru o funcționare corectă a sistemului, acesta trebuie să satisfacă condițiile de funcționare date de relațiile :

$$\sum_{i=1}^n \frac{N_i}{T} \leq \frac{N}{T} \quad (5.3.1.)$$

$$\sum_{i=1}^n v_i \leq v \quad (5.3.2.)$$

Relațiile arată că suma vitezelor tuturor canalelor de intrare trebuie să fie mai mică sau cel mult egală cu viteza maximă de achiziție a sistemului. Relația (5.3.1.) este exprimată în număr de impulsuri pe unitatea de timp, iar a doua relație este dată direct în viteze, formulele fiind echivalente.

În vederea stabilirii unei soluții de proiectare pentru realizarea sistemului de achiziție date, pentru conducerea echipamentului de preregare a așculelor și portsculelor din sistemul de fabricație, s-a plecat de la schema standard pentru o interfață de proces redată în fig.5.3.1.2.

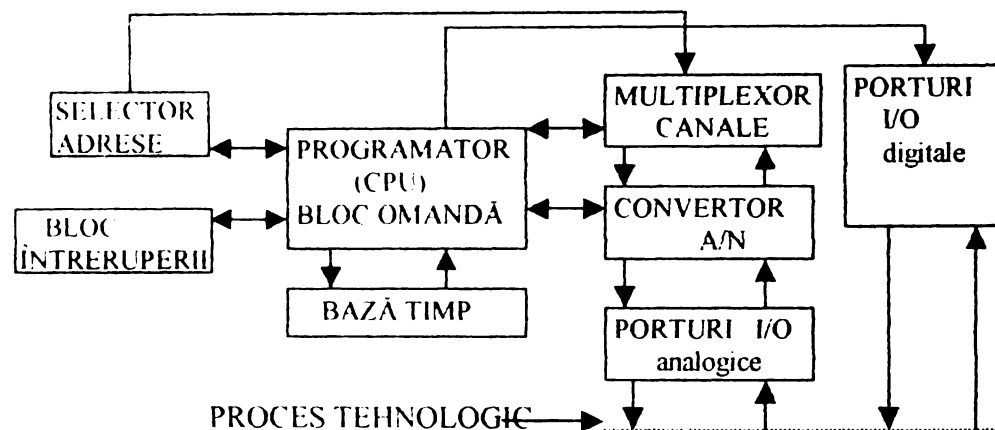


Fig.5.3.1.2. Structura standard pentru o interfață de proces.

Interfața de proces din figură are o structură complexă, ea putând fi activă față de întreaga gamă de comandă și parametri de stare ai procesului. Este o interfață inteligentă, flexibilă, cu funcții programabile, dotată cu microprocesor (PROGRAMATOR CPU) un sistem de gestiune întreruperi (BLOC ÎNTRERUPERI), selector de adrese și multiplexor canale I/O. Așa cum rezultă și din schemă, prin multiplexor se pot selecta atât porturile I/O analogice, cât și porturile I/O digitale. De asemenea, intrările, respectiv ieșirile porturilor sunt semnale analogice sau numerice, care merg la amplificatoarele elementelor de execuție sau vin de la traductoarele care citesc parametrii de stare ai procesului. Întrucât interfața de proces funcționează în timp real, ea este dotată cu o bază de timp proprie care sincronizează propria funcționare cu funcționarea întregului sistem de comandă-control și cu desfășurarea procesului, situație în care funcționarea ei este independentă, sincronizarea de mai sus se realizează prin ceasul sistemului. Hardware-ul pentru culegerea de date cu ajutorul calculatorului [2],[3], se poate clasifica în patru clase distincte :

- plăci pentru culegere de date;
- instrumente de tip IEEE, ce pot fi controlate la nivelul unui PC;
- instrumente de tip VXI;
- instrumente ce pot fi controlate prin comunicare de tip RS-232.

Pentru ca o mărime fizică să poată fi măsurată de către un sistem bazat pe calculator, este nevoie de un senzor sau traductor pentru a se converti variațiile acesteia în semnale electrice, tensiune sau curent. Semnalele generate de către senzori sunt cel mai adesea confuze, deci greu de măsurat de către placa de circuite, de aceea se vor folosi întotdeauna circuite sau periferice de condiționare a semnalului pentru a-l amplifica, liniariza, izola și filtra astfel încât să se citească și convertească în mod corect. Pentru condiționarea semnalului se cunosc următoarele produse:

- **plăci de culegere de date** (soluția cea mai ieftină) care au și circuite de condiționare a semnalului;
- **metoda de condiționare** numită **digitising** – codificarea semnalului cules într-o cutie externă, care va transmite valorile digitale în calculator printr-un cablu serial de tip RS-232. Această soluție permite condiționarea unui număr mai mare de semnale, dar are dezavantajul tipului de comunicare serial care limitează cantitatea de informații ce poate fi transmisă.
- **metoda de condiționare digitising and processing** -soluție care elimină dezavantajul de la metoda digitising, legat de modul de comunicare serial, totuși prezintă dezavantajul necesității programării separate a unui procesor, ce nu face parte dintr-un computer, neputând beneficia de programele software oferite pentru aplicații în condițiile folosirii PC-lui.
- **metoda direct-conect modular** constând într-un sistem cu două porți, în care caz una primește semnalul necondiționat și alta transmite acest semnal plăcii cu circuite din PC. Dezavantajul acestei soluții este că numărul de semnale ce poate fi condiționat este limitat.

În practica industrială, utilizatorul trebuie să beneficieze de anumite calități ale sistemului de condiționare, precum:

- **reducerea** la maximum a bruiajului, obținerea unei acurateți mari ;
- **sistemul de condiționare** să permită lucrul la viteza de **sampling** a plăcii de circuit din PC și cuprins în intervalul analog de măsurare folosit de placă;
- **sistemul să fie flexibil**, oferind o gamă largă de funcții compatibile cu diferite pachete de software;
- **sistemul trebuie să poată** fi înnoit ușor, mai ales în condițiile schimbărilor frecvente din industrie, d.p.d.v. al arhitecturii și soluțiilor echipamentelor de fabricație;
- **sistemele trebuie** să fie robuste pentru a putea permite utilizarea lor în medii industriale. De cele mai multe ori software-ul este partea critică a întregului sistem pentru achiziția și culegerea de date.

Pentru a soluționa acest deziderat sunt cunoscute mai multe opțiuni :

1. **opțiune primară** este aceea de a programa placa cu circuite la nivelul

hardware, acest nivel al aplicației are cea mai mare flexibilitate, dar în același timp este cel mai greu de programat ;

2. ***dacă utilizatorul*** nu are nici timp și nici nu este interesat de a aprofunda detaliile hardware ale plăcii cu circuite și al calculatorului ,atunci se va folosi software-ul driver care însoțește placa de circuite. Acest lucru este posibil întrucât așa cum se știe, driverul este o librărie de funcții care pot fi folosite în limbaje convenționale de programare și care asigură o interfață pentru a se putea controla placa de la acest nivel de programare;

3. ***utilizarea tehnicii de double-buffering*** (pe baza unor drivere care asigură mai mult decât operațiile de bază asupra plăcii), prin care de fapt achiziția se realizează la nivelul mecanismului DMA și al sistemului de întreruperi, în timp ce procesorul execută operații asupra datelor culese anterior. Această opțiune permite culegerea și prelucrarea unei cantități mari de date, fără a fi limitată de memoria existentă în calculatorul folosit.

În concluzie, sistemul de operare și software-ul existent sunt doi factori care în final decid succesul sistemului de achiziție de date. Aceste elemente au stat la baza stabilirii soluției constructive pentru sistemul de achiziție de date Microel 01, integrat echipamentului de prereglare al sculelor și portsculelor conceput și executat în cadrul programului de cercetare specific temei lucrării propuse.

### 5.3.2. Sistem de achiziție date MICROEL 01

#### 5.3.2.1. Considerații generale

Utilizarea calculatoarelor în aplicații constă în prelucrarea numerică a datelor disponibile, cu scopul de a obține informații despre procesele corespunzătoare aplicațiilor. În acest sens, un calculator este un sistem de prelucrare numerică, ce poate fi construit pe baza unui circuit integrat pe scară largă: microprocesor, microcontroler sau procesor numeric de semnal.

În multe aplicații, datele pentru prelucrare numerică sunt valorile variabile în timp, ale mărimilor fizice care caracterizează procesele. În scopul prelucrării numerice, aceste date sunt transformate în semnale analogice cu traductoare și apoi, în semnale numerice cu sisteme de achiziție. Operațiile realizate de sistemele de prelucrare numerică asupra semnalelor numerice, rezultate din achiziție pot fi : filtrare, reprezentare în domeniul frecvență, clasificare, identificare, etc.

Semnalele numerice rezultate din prelucrare pot fi transformate în semnale analogice cu sisteme de distribuție de date. Astfel, informațiile obținute prin prelucrare sunt conținute în semnale numerice sau analogice. Aceste informații pot fi utilizate pentru memorare, redare comunicație sau control.

Procesele fizice sunt caracterizate prin mărimi fizice care pot fi transformate în semnale electrice (analogice) utilizând traductoare. Prelucrarea semnalelor se poate realiza prin tehnici analogice sau numerice. Prelucrarea numerică presupune transformarea semnalelor analogice în semnale numerice cu un sistem de achiziție de date (SAD)

Semnalele electrice de la ieșirile traductoarelor sunt supuse unor prelucrări analogice inițiale și transformate în tensiuni electrice. Aceste funcții sunt realizate cu circuite de condiționare a semnalelor și constau în: divizare, amplificare, filtrare, izolare, conversie curen-tensiune etc.

Semnalele numerice se obțin prin prelevarea, la momente de timp date, a valorilor semnalelor analogice și conversia acestor valori sub formă numerică. Astfel, componentele de baza ale sistemelor de achiziție de date (SAD) sunt circuitele de eșantionare și memorare și convertoarele analog-numerice (CAN)

## 5.2.2. Soluție constructivă pentru placa de achiziție a datelor (iESP)

Schema bloc a interfeței de achiziție [100],[101],[105], a datelor este prezentată în figura 5.3.2.1.

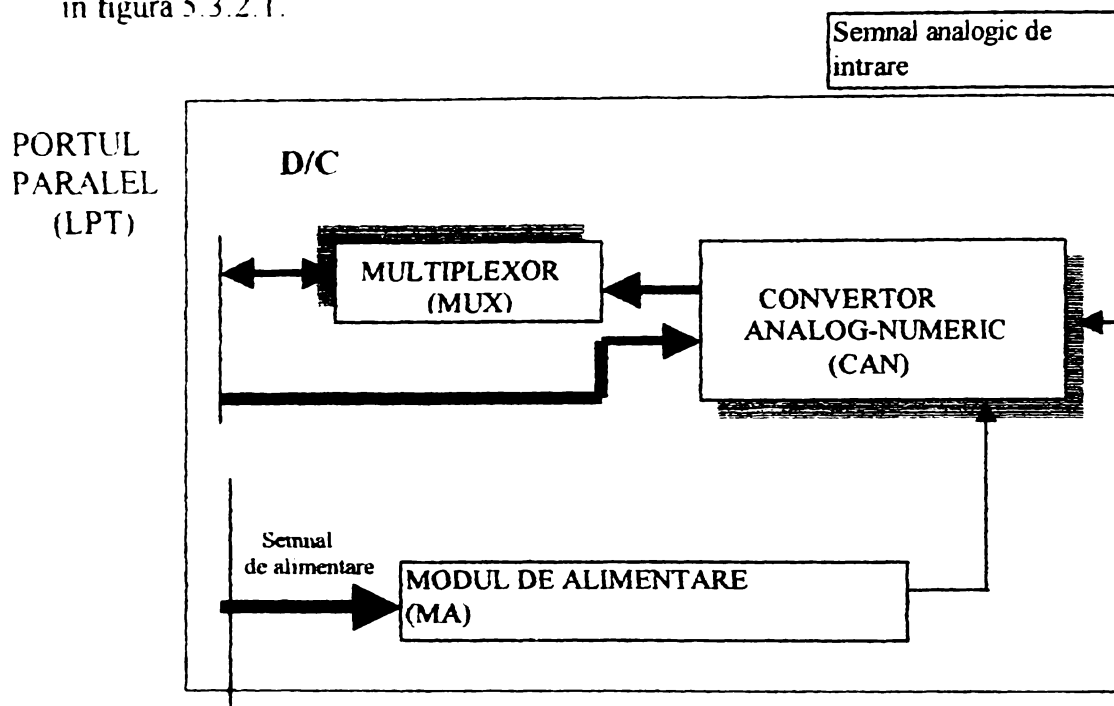


Fig.5.3.2.1. Schema bloc a interfeței sistem achiziție.

După cum se observă din figura de mai sus placa de achiziție se compune din trei blocuri:

- *multiplexorul (MUX)*;
- *convertorul Analog-Numeric (CAN)*;
- *modulul de alimentare (MA)*.

Fiecare din cele trei blocuri au o funcție [4] bine determinată, după cum arată și numele, iar buna funcționare a schemei este de neconceput fără unul din aceste blocuri.

**Blocul de multiplexare (MUX)** are rolul de a multiplexa liniile de date furnizate de *CAN*. Citirea datelor de la *CAN* se face pe cele 4 linii de stare ale portului paralel (SEL, P.END, ACK, BUSY). Citirea unei valori pe 8 biți furnizată de *CAN*, pe cele 4 linii ale portului paralel se face în două etape de citire. În prima etapă se citește semioctetul inferior iar în a doua etapă semioctetul superior.

Blocul de multiplexare este implementat cu un circuit 74HC244 cu 8 semnale de intrare și 4 semnale de ieșire (8:4).

**Convertorul Analog-Numeric (CAN)** realizează funcția de conversie a unui semnal analogic, cu o anumită variație în timp, într-un semnal

discretizat în timp reprezentat prin valori ale semnalului analogic la intervale de timp bine stabilite.

Operația de conversie a unui semnal analogic într-un semnal numeric se face în principiu astfel:

*se eșantionează (discretizează) semnalul la momente de timp bine stabilite, momente care sunt multiplii întregi ai unei cuante de timp numită "pas de eșantionare" (sau frecvență de eșantionare) și se memorează valorile semnalului în acele momente.*

*valoarea citită la un moment este convertită într-un număr binar, în cazul de față această valoare este convertită într-un număr reprezentat pe 8 cifre binare (biți).*

Pasul de eșantionare și numărul de cifre binare pe care sunt reprezentate valorile semnalului analogic de intrare sunt caracteristici ale circuitului de conversie analog-numerică.

În schema plăcii de achiziție, pentru conversia A-N este folosit un circuit ADC 0804 care are următoarea caracteristică:

- este capabil să eșantioneze semnale de intrare cu frecvențe până la 1KHz,
- valorile semnalului eșantionat sunt reprezentate pe 8 cifre binare (biți).

#### a) Principiile proiectării sistemului de achiziție MICROEL 01

“MICROEL 01” este un aparat (fig.5.3.2.2.) realizat după o concepție originală destinat achiziției[5],[6], de date. Este realizat în totalitate modular, fiecare modul fiind proiectat și fiabilizat separat.

La baza proiectării au stat câteva principii și anume:

- *siguranța* în funcționare;
- *factor* de eroare minim ( sub 1% );
- *conversia* analog digitală se realizează în timp real;
- *afișarea* binară a conversiei realizate;
- *grad* de protecție ridicat - IP 50 - al izolației electrice între tensiunea de alimentare ( 220Vca ) și tensiunea de lucru a modulelor;
- *stabilitatea* conversiei în funcție de variațiile de temperatură ambientale;
- *design* modern și plăcut;
- *conectivitate* standard cu PC-ul.

#### b) Principiul de funcționare

“MICROEL 01” este destinat conversiei analog-digitale pentru o tensiune de intrare 0 – 5 Vca, pe o ieșire de 8 biți. Practic, această conversie analog-

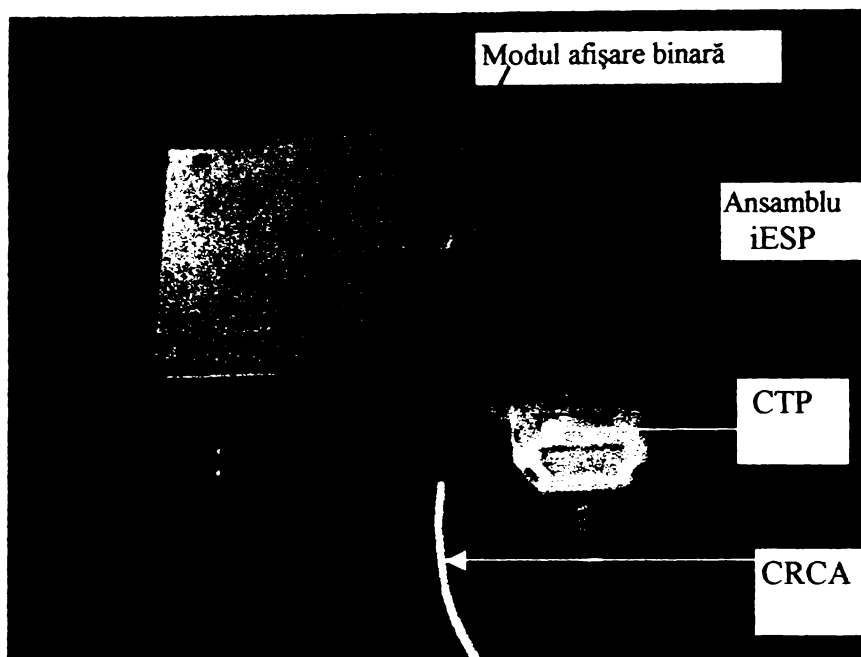


Fig.5.3.2.2. Vedere de ansamblu a sistemului de achiziție

digitală este realizată în modulul principal al aparatului. În figura 5.3.2.3, se prezintă schema bloc a sistemului compus din următoarele subsisteme:

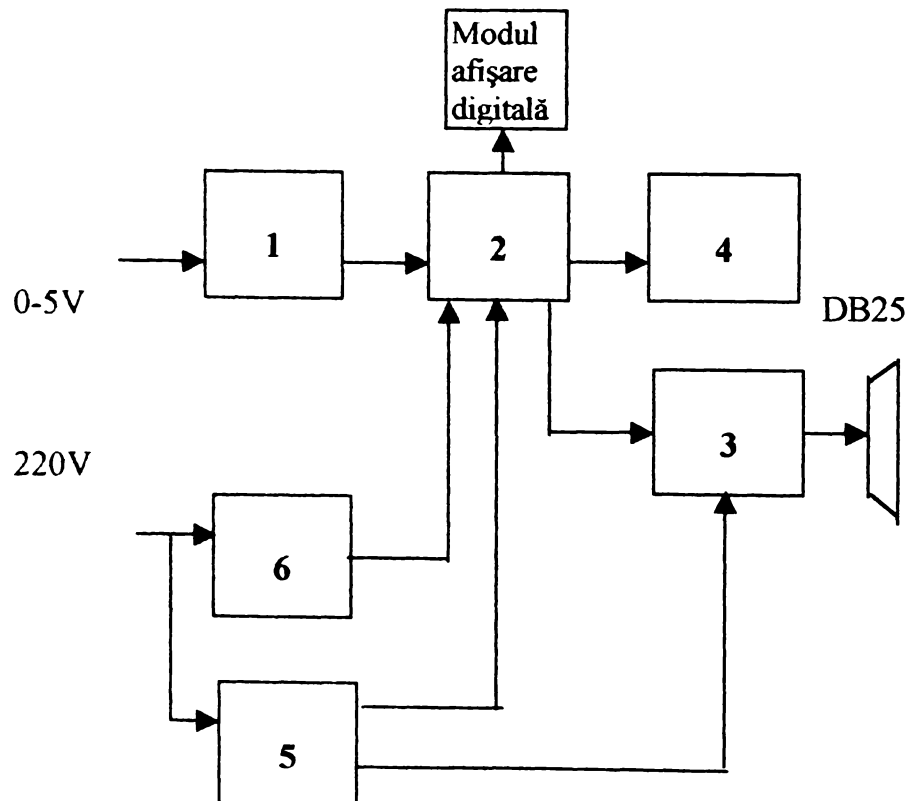


Fig.5.3.2.3. Schema bloc a sistemului de achiziție date



1. *modul protecție intrare;*
2. *modul conversie analog-digitală;*
3. *modul multiplexare date ;*
4. *conector DB25;*
5. *sursă stabilizată 5,000V;*
6. *sursă stabilizată 2,500 V;*
7. *modul afișare binară.*

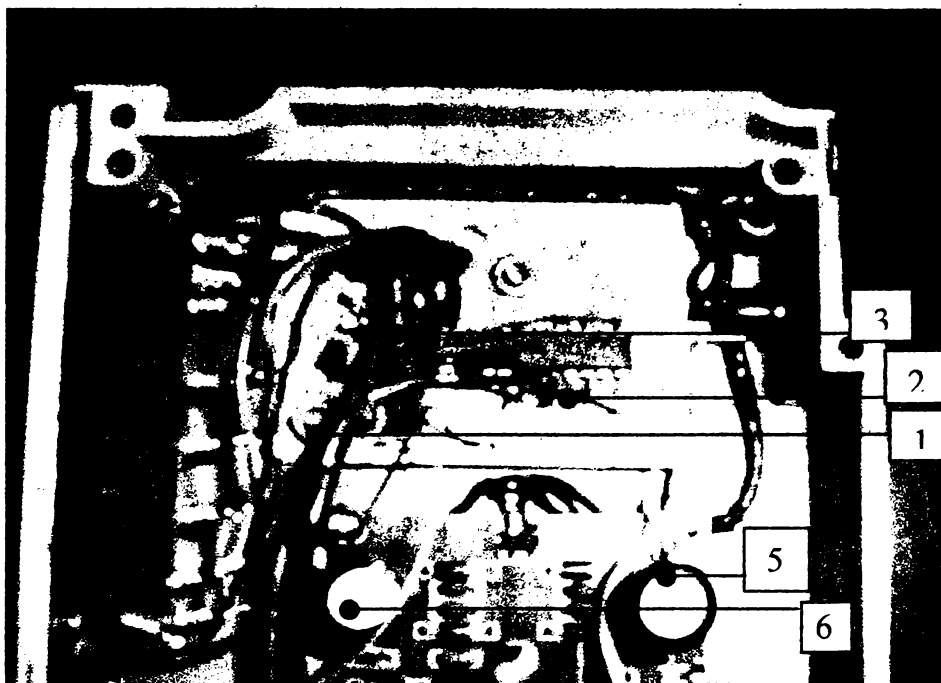


Fig.5.3.2.4.. Vedere de ansamblu a modului de protecție, multiplexorului,subsystem de achiziție și module de alimentare.

Practic, tensiunea achiziționată în domeniul 0-5 V este introdusă în modulul 1 (fig.5.3.2.4.) în care se face o protecție la supratensiune și la eventualele variațiuni ale curentului alternativ. Acest lucru se realizează printr-o rețea de diode ( pentru tensiunea achiziționata conectată invers), o rețea de filtrare pentru curentul alternativ și o altă rețea de diode care pune la masă tensiunile periculoase ce pot apărea la intrare. Din modulul de protecție tensiunea achiziționată este introdusă în modulul de conversie analog-digitală.

*Blocul de alimentare* este constituit practic din doua module separate (5 și 6) fig.5.3.2.5.

Ambele module (5,6) sunt realizate identic în jurul unei surse de tipul LM 317T, cu factor de stabilitate foarte mare ( $< 10^{-3}$ ). Tensiunile generate sunt pentru modulul 5 de 5,000V cu care se alimentează modulele 2 și 3, și 2,500V care este tensiunea de referință pentru modulul de conversie analog-digitală. se afișează în timp real cuvântul binar rezultat în urma conversiei.

*Modulul de afișare binară* (7) este constituit dintr-un număr de 8 leduri

## 5. CERCEȚĂRI EXPERIMENTALE

conectate la modulul de conversie analog digitală(2) și prin intermediul căruia se afișează în timp real cuvântul binar rezultat în urma conversiei.

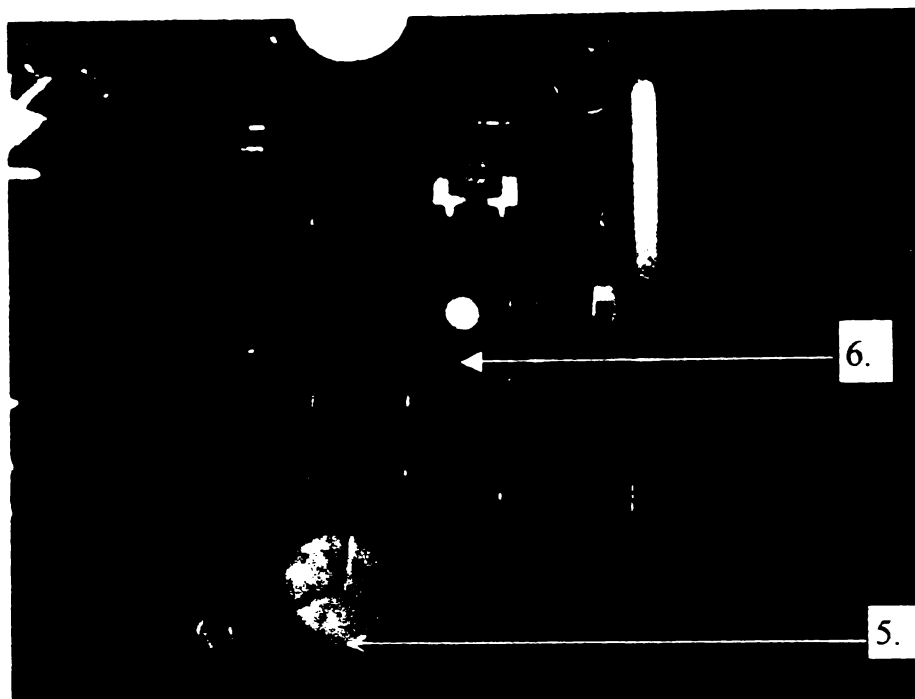


Fig5 3.2 5. Vedere de ansamblu a plăcii bloc de alimentare.

Ambele module (5,6) sunt realizate identic în jurul unei surse de tipul LM 317T, cu factor de stabilitate foarte mare ( $< 10/100$ ). Tensiunile generate sunt pentru modulul 5 de 5,000V cu care se alimentează modulele 2 și 3, și 2,500V care este tensiunea de referință pentru modulul de conversie analog-digitală. se afișează în timp real cuvântul binar rezultat în urma conversiei.

*Modulul de afișare binară (7)* este constituit dintr-un număr de 8 leduri conectate la modulul de conversie analog digitală(2) și prin intermediul căruia se afișează în timp real cuvântul binar rezultat în urma conversiei.

### c) Realizarea practică

“MICROEL 01” este realizat(fig.5.3.2.6.) într-o carcasă (fig.5.3.2.2.) modulară din material plastic lucru care conferă pe lângă un design modern și placut și o izolație electrică foarte bună.

Pe panoul frontal al carcasei sunt montate:

- întrerupător(*ITA*) tensiune de alimentare;
- indicator(*IOTA*) optic al prezenței tensiunii de alimentare;
- un grup de 8 led-uri (*GRP8L*) pentru afișarea cuvântului binar rezultat în urma achiziției;
- conector DB25 pentru transferul de date între aparat și PC;
- conector pentru alimentarea aparatului de la un alimentator extern care generează o tensiune de 13Vca la un curent maxim de 1A.

Modulele descrise în schema-bloc a aparatului sunt realizate astfel: modulele 1, 2 și 3 sunt realizate pe un singur cablaj imprimat

a) modulele 5 și 6 sunt realizate pe cablaje imprimate separate, identice.

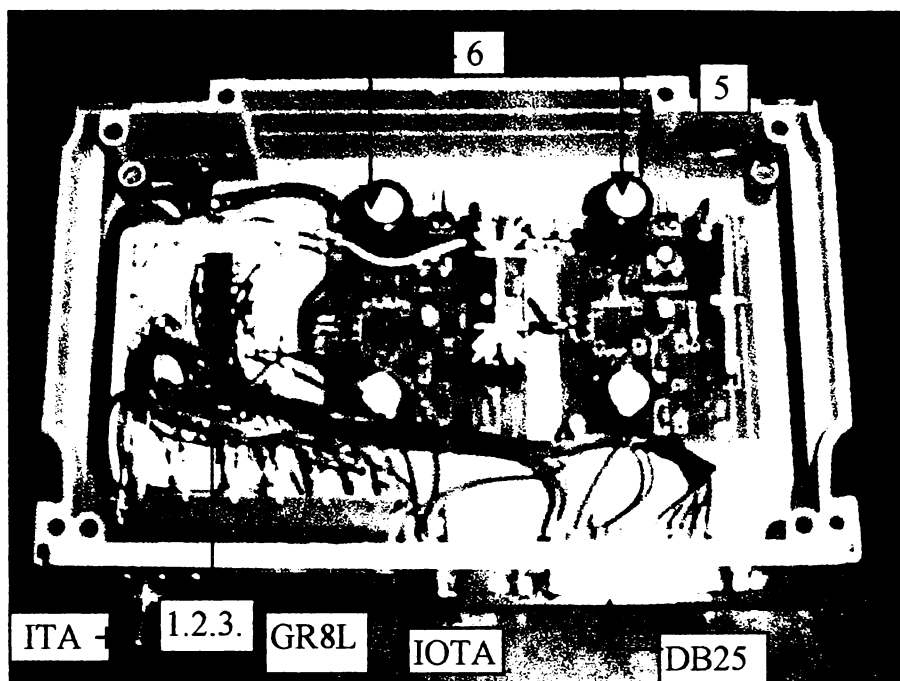


Fig. 5.3.2.6. Vedere de ansamblu a subansamblului sistem de achiziție.

Aparatul "MICROEL 01" este prevăzut (fig.5.2.7.) cu un set de cabluri de conectare :

1. cablu transmisie paralela (CTP) pentru conectare pe portul LPT la computer;
2. cablu (CRCA) cu mufa RCA pentru tensiunea de intrare;
3. alimentator (AAM) cu mufa pentru alimentarea montajului.

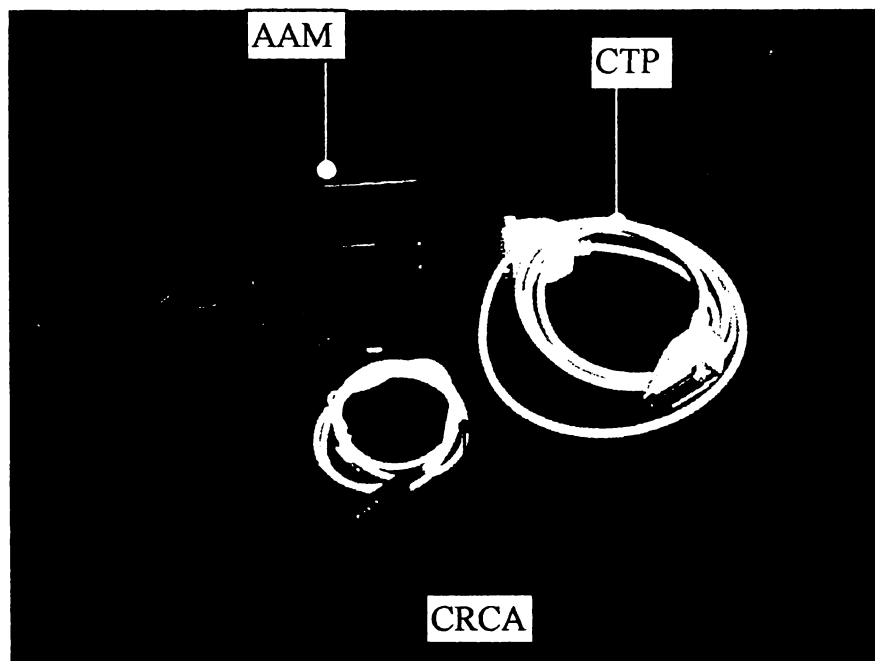


Fig.5.2.7. Vedere de ansamblu a componentelor externe de alimentare și conectare la calculator

### 5.3.3. Sistem de prereglare al sculelor și portsculelor în sisteme de fabricație flexibile

#### 5.3.3.1. Soluția de principiu a echipamentului de prereglare

Reglarea la cotă a sculelor și portsculelor se realizează de regulă în afara mașinii-unelte pe echipamente specializate, care satisfac în general următoarele condiții în funcționare:

- *sistemul* de instalare să fie identic cu cel de pe mașina-uneltă; precizia de instalare a suprafețelor sistemului de instalare să fie cu cel puțin o clasă mai mare în raport cu precizia suprafețelor de instalare aparținând sistemului mașinii-unelte.
- *soluțiile constructive* adoptate sistemelor de ghidare, poziționare, pentru subansamblele în mișcare să fie corespunzătoare incrementului de măsurare;
- *forțele* de strângere în sistem să fie constante;
- *sistemul* de prereglare să asigure fiabilitate ridicată în exploatare;
- *timpul* de prereglare să fie minim.
- *exploatarea* sistemului să se realizeze exclusiv pe baza fișelor de prereglare specifice tipului și soluției constructive.

Standul propus (fig.5.3.3.1) și realizat [100], în vederea efectuării cercetărilor corespunzătoare programului delimitat prin tema prezentei lucrări are în compunere următoarele subansamble principale:

- *batiul orizontal BO*, în care sunt amplasate diferitele mecanisme necesare realizării principalelor funcții și servicii corespunzătoare programului de prereglare al sculelor, și anume: *sistemul de rotire al portsculei SRPSC*, compus din mecanismul *melc –roată melcată MMRM*, care are pentru melc un număr de patru începuturi, acționarea acestui subsistem se realizează manual de la *roata de mână RM1*; în vederea asigurării prereglării (fig.5.3.3.2) tuturor cuțitelor din construcția sculei așchietoare se acționează *sistemul de indexare SINDX* acționat de asemenea manual; asigurarea instalării (fig.5.3.3.3.) și blocării portsculei *SPC* se realizează într-un sistem asemănător constructiv cu cel al mașinii-unelte care va realiza această funcție prin acționarea roții de mână *RM2* piulița *PV* (fig.5.3.3.3.) se deplasează pe verticală în sus sau în jos obligând bilele *B* să intre în locașul prevăzut în coada *SPC*;
- *montantul vertical MV*, este instalat pe batiul *BO* într-un ghidaj al cărui joc se scoate cu ajutorul unei pene longitudinale, de asemenea acționarea deplasării orizontale a montantului *MV* se realizează cu ajutorul *mecanismului șurub-piuliță MȘPO* de la *roata de mână RM3*. Această deplasare pe orizontală a montantului vertical asigură realizarea reglajului la diametrul de prelucrare al sculei așchietoare pentru fiecare tăiș considerat. În vederea instalării sistemului traductor montantul este prevăzut cu un *suport*

special Sitr a cărei deplasare pe verticală este asigurată de asemenea cu ajutorul unui mecanism șurub-piuliță MŞPV prin acțiunea RM4.

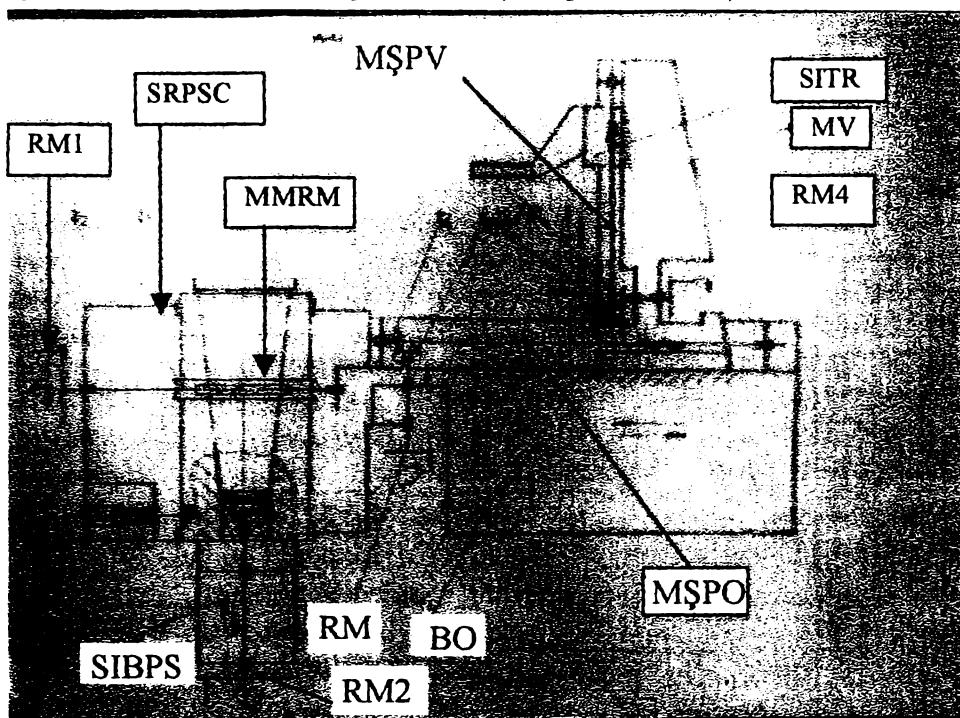


Fig.5.3.3.1. Soluția constructivă a echipamentului de preregare.

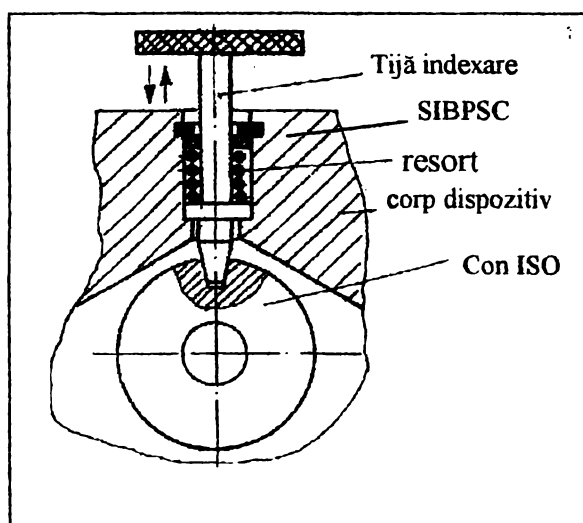
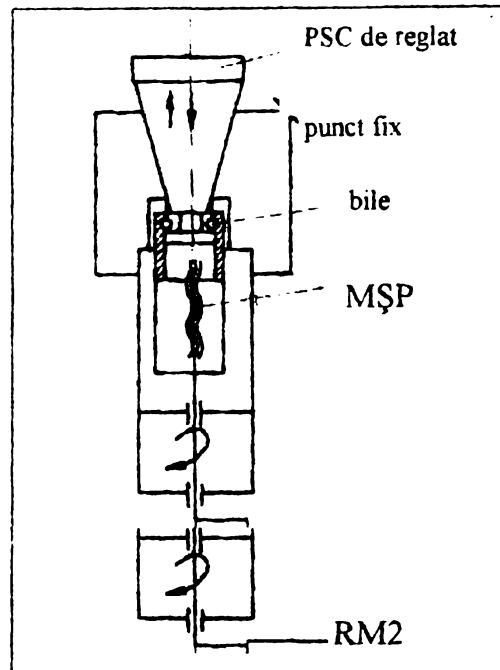


Fig.5.3.3.2. Soluție pentru sistemul de indexare.

Ștandul de preregare realizat satisface normele metrologice cerute de STAS, cât și condițiile de funcționare pentru subsistemele componente cum ar fi:

- sistemul de indexare și blocare SIBPSC (fig.5.3.3.2.) deși acționat manual trebuie să asigure contactul permanent între elementele de indexare, de asemenea la blocare și deblocare trebuie să poată fi rotit ușor, să aibe un mers liniștit și o blocare sigură; În fig.5.3.2. se prezintă soluția constructivă a acestui subsistem component echipamentului de preregare:

- mecanismele cu deplasare pe verticală (MŞPV) și pe orizontală (MŞPO) trebuie să realizeze un mers liniștit și continuu fără a se aplica forțe mari la manipularea lor. Să permită compensarea jocurilor filetelui îndeosebi ca soluție constructivă în construcția piuliței, de asemenea să permită preluarea jocurilor din construcția roților dințate conice, componente ale sistemelor de deplasare pe verticală sau orizontală;



▪ *soluția blocării* portsculei *PSC* are la bază mecanismul șurub-piuliță care realizează blocarea simplu și eficient prin deplasarea piuliței în sus sau în jos după situație, blocare sau deblocare (fig. 5.3.3.3), acționarea se face manual de la roata de mână *RM2*. Bilele *B* sunt montate în locașul special practicat în corpul piuliței *PV*, urmând ca la tragerea în jos să scape libere în locașul practicat pe coada sculei așchietoare instalat în portscula *PSC*;

▪ *deplasarea sistemului* (fig. 5.3.3.4.) suport instalare traductor *SITR* se realizează prin acționarea manuală a roții de mână *RM4* care acționează angrenajul conic  $z_1/z_2$  situație în care roata conică  $z_2$  este solidară cu șurubul

Fig. 5.3.3.3. Soluția constructivă pentru sistemul de blocare(deblocare) al portsculei SPS.

conducător *SC* care realizează împreună cu corpul suportului *SITR* mecanismul șurub piuliță.

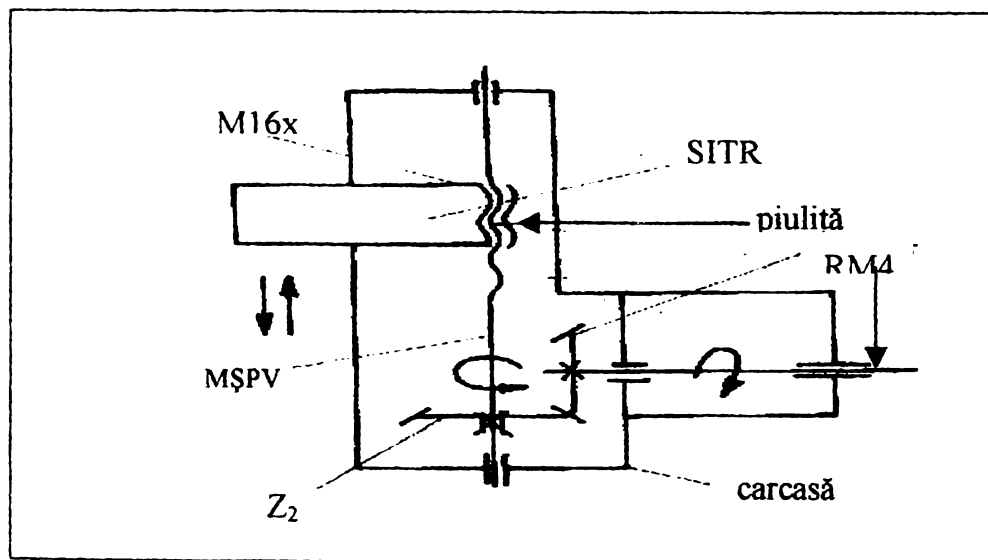


Fig. 5.3.3.4. Soluția constructivă pentru sistemul de deplasare al suportului traductor SITR.

### 5.3.3.2 Construcția generală a echipamentului complex pentru reglarea și prereglarea sculelor și portsculelor

Pentru studiul procesului de reglare și prereglare al sculelor și portsculelor în sistemele de fabricație flexibile a fost conceput standul complex [101], a

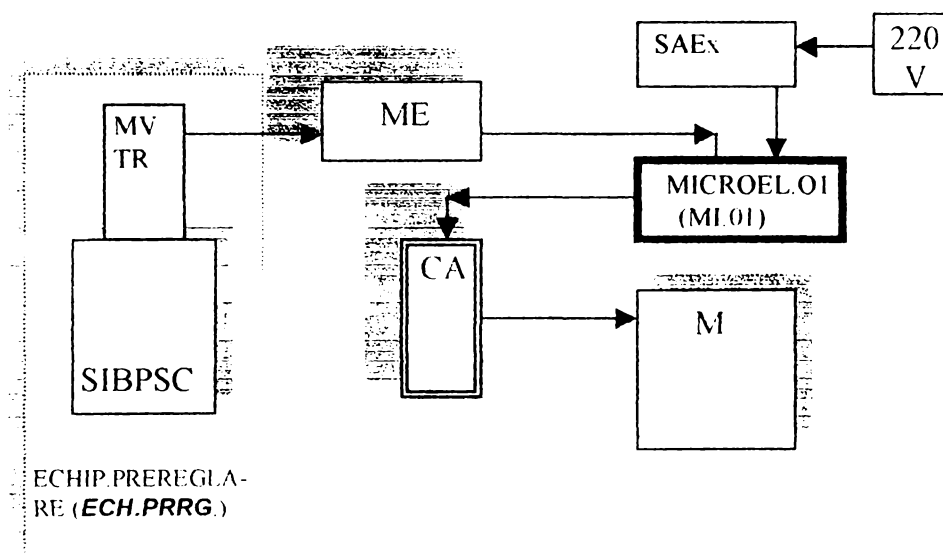


Fig.5.3.3.5.Schema de principiu pentru standul complex de reglare și prereglare a sculelor și portsculelor

cărui schemă de principiu este prezentată în fig.5.3.3.5.

Standul (*ECH.PRRG.*) este destinat efectuării operațiilor de reglare și prereglare pentru portscule sau scule independente utilizate, în condițiile cerute de un SFF după cum urmează: portscula PSC este instalată în sistemul *SIBPSC*, iar traductorul *TR* în sistemul adecvat de pe montantul vertical *MV*. Informațiile obținute inițial față de un calibrul etalon *CE* (fig.5.3.3.6.) instalat în condiții asemănătoare lui *PSC* sunt transmise microcomparatorului electronic *ME*, de aici informațiile sunt transmise sistemului de achiziție date *Microel 01*.

Acesta în urma unei decizii luată manual de către operator, privind calibrarea, prelucrează numeric datele, analizează și transmite informația folosind un protocol de comunicație RS232. De asemenea starea biților corespunzători numărului întreg care reprezintă pasul de avans și starea sistemului în timp real (cota de reglare) este afișată pe un display format din 8 leduri reprezentând 0 sau 1 logic (stins sau aprins).

În fig.5.3.3.6. este reprezentată vederea de ansamblu a standului realizat.

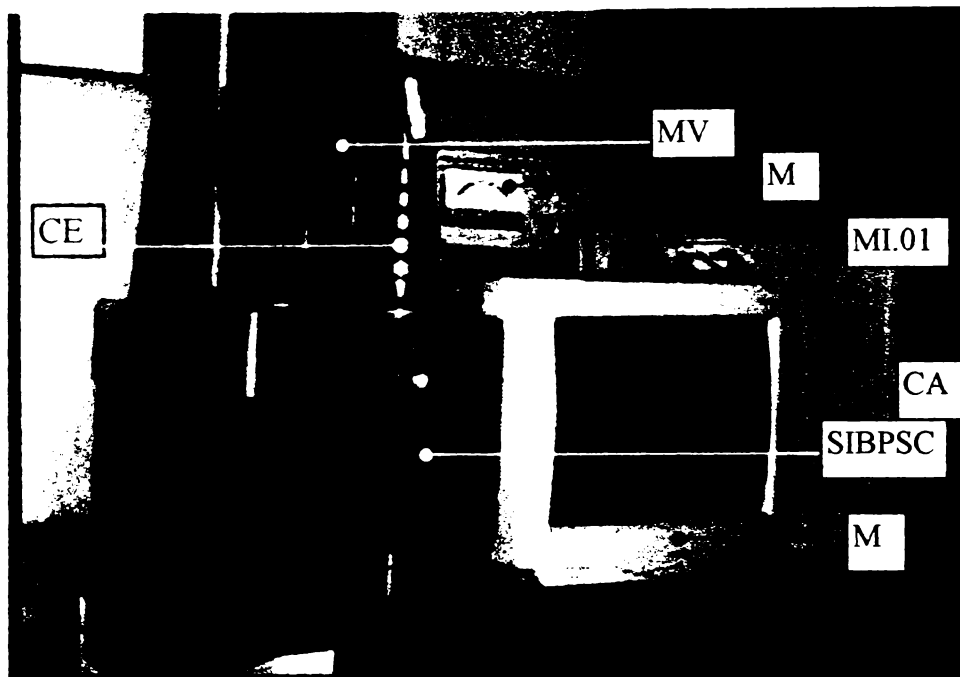


Fig. 5.3.6. Vedere de ansamblu a echipamentului de prereglare și reglare portscule

Această etapă a introducerii de informații în sistemul de achiziții de date, referitoare la etalonare este urmată de etapa programului de încercări, de pre-reglare la cotă a unei port-scule utilizată în sistemele flexibile și anume o ba-

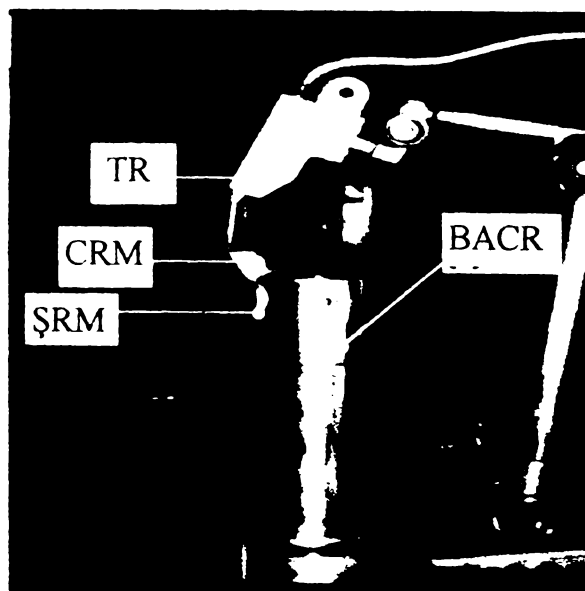


Fig. 5.3.3.7. Detaliu la prereglarea cuțitului pentru BACRM.

ră de alezat (BACRM) cu cuțit cu reglare micrometrică (CRM) (fig. 5.3.3.7) În detaliu se observă șurubul cu reglare micrometrică (ȘRM) care antrenează în mișcare liniară cuțitul CRM până la contactul cu traductorul TR, contact care răspunde unei valori corecte de reglaj față de datele tehnologice de prelucrare cu această sculă de prereglat. Evident întregul program de reglare este asistat și coordonat de echipamentul prezentat anterior, echipament creat anume pentru acest proces de prereglare al sculei în afara

mașinii-unelte



### 5.3.3.3. Comentariul programului de comandă și control

Limbajul folosit: Object Pascal (Delphi IDE)

Clase definite:

1.TForm

Proceduri :

- 1.Button1Click (Sender: TObject);
- 2.Timer1Timer (Sender: TObject);
- 3.Button2Click (Sender: TObject);
- 4.Button3Click (Sender: TObject);
- 5.LCARSRadioGroup1Change (Sender: TObject);
- 6.PowerButtonClick (Sender: TObject);
- 7.lpButtonClick (Sender: TObject);
- 8.Edit1Change (Sender: TObject);
- 9.upButtonClick (Sender: TObject);
- 10.Edit2Change (Sender: TObject);
- 11.Edit3Change (Sender: TObject);
- 12.LCARSRadioGroup2Change (Sender: TObject);
- 13.Timer2Timer (Sender: TObject);
- 14.LogMeter1Click (Sender: TObject).

#### 1. Comentarii pentru proceduri

##### 1.1. Button1Click (Sender: TObject);

Procedura startează timer-ul Timer1, cu alte cuvinte lansează într-un looping procedura Timer1Timer.

##### 2.2. Timer 1Timer (Sender: TObject);

Aceasta procedură[103], folosește un modul scris direct în limbaj de asamblare care scrie pe portul paralel datele prelucrate de program și anume starea afișării biților corespunzători afișajului cu leduri. Led aprins reprezintă un biț setat pe 1, iar un led stins reprezintă un biț setat pe 0. Cele 8 leduri reprezintă în acest fel starea unui număr natural în plaja 0-255.

##### 3.Button2Click (Sender: TObject);

Procedura oprește timer-ul Timer1.

##### 4.Button3Click (Sender TObject);

Resetează portul paralel și îl pregatește pentru o nouă citire.

#### **5.LCARSRadioGroup1Change (Sender: TObject);**

Aceasta procedură setează scala aparatului de măsură virtual. Practic, în raport de opțiunea selectată variabila de de multiplicare *Factor* este setată pe următoarele valori: 20, 10, 2, 1.

#### **6.PowerButtonClick (Sender: Tobject);**

Procedura urmărește două stări ale butonului virtual Pornit/Oprit:

1. Butonul este apasat (aparatură este pornit)

- Timer-ul 1 și 2 sunt pornite
- Histogramul Histogram1 este activat
- Avansul aparatului este setat corespunzător cu variabila Edit1.
- Intervalul pentru LogMeter1 este setat la valoare empirică 5000

2. Butonul este ridicat (aparatură este oprit)

- Timer-ul 1 și 2 sunt oprite
- Histogramul Histogram1 este dezactivat
- Intervalul LEDInterval este setat pe 0
- Intervalul pentru LogMeter1 este setat pe 0

#### **7.lpButtonClick (Sender: TObject);**

Setează variabila Edit2.Text în raport de starea variabilei Factor (ordine inversă).

#### **6.upButtonClick (Sender: TObject);**

Același procedeu ca și lpButtonClick.

#### **9.Edit2Change (Sender: TObject);**

În momentul în care variabila Edit2 este schimbată prin intervenția operatorului, sistemul recalibrează aparatul prin setarea limitei minime (LimitMin) a aparatului LogMeter1.

#### **10.Edit3Change (Sender: TObject);**

Asemănător cu Edit2Change numai că este setată limita maximă (LimitMax) a aparatului LogMeter1.

#### **11.LCARSRadioGroup2Change (Sender: TObject);**

Setează intervalul pentru Timer1 (50000) și pentru Timer2 (30000). Aceste valori au fost alese empiric ca fiind cele mai potrivite.

## 6. PRELUCRAREA STATISTICĂ A REZULTATELOR EXPERIMENTALE

6.1. Experiment factorial  $2^k$  în versiune suprafețelor de răspuns

Utilizarea MUCN în sistemele de fabricație flexibile (FSM) este determinantă, dar controlul automat al proceselor la nivelul MU prin DNC impune cunoașterea riguroasă a parametrilor care determină precizia de prelucrare prin introducerea compensărilor de uzură a sculelor așchietoare. Procesul de așchiere este deosebit de complex existând o multitudine de factori care interacționează astfel încât o investigație statistică poate ușura activitatea de stabilire a interacțiunilor deși există un anumit empirism în determinările experimentale. Tocmai de aceea în cazul de față s-a aplicat un experiment factorial  $2^k$  în versiunea suprafețelor [9],[27],[28],[48], de răspuns (RSM) care permite investigarea domeniului de interacțiune luând în considerare valorile extreme de variație a parametrilor investigați și valorile căutate pentru a determina un model de ordinul 2.

În prima etapă s-au considerat doi parametri pentru care literatura de specialitate indică influență asupra preciziei de reglaj CR respectiv:

- înălțimea de prelucrare  $H_x$  [mm] a obiectului de lucru (placa de bază ștanță);
- numărul de piese NP [buc/placi de bază ștanță tole gab. 160] după care s-a efectuat măsurarea uzurii radiale în vederea efectuării corecției CR.

Proiectarea experimentului și prelucrarea rezultatelor, obținute în urma prelucrării plăcilor de bază de la ștanțele pentru motoare gabarit 160, tip electromotor Timișoara, este realizată sub mediul STATGRAFIPHS r.6. software licențiat pentru Universitatea Politehnica. În tab.6.1.1. se prezintă

Tab.6.1.1.

Run	NP	Hx	CR
1	10.	60.	8.
2	10.	100.	10.
3	6.	100.	8.
4	2.	60.	4.
5	6.	60.	7.
6	2.	100.	5.
7	10.	20.	6.
8	2.	20.	3.
9	6.	20.	4.
Length	9	9	9
Typ/Wth	N/13	N/13	N/13

## 6. PRELUCRAREA STATISTICĂ A REZULTATELOR EXPERIMENTALE

planul experimental propus de program, prin randomizarea (alegerea aleatoarea valorilor de intrare) experimentului în coloana CR fiind introduse valorile măsurate ale uzurii radiale ale cuțitului în [ $\mu\text{m}$ ]. În urma prelucrării datelor experimentale programul listează mai multe opțiuni ale răspunsului sistemului atât sub formă tabelară cât și grafică. În tab. 6.1.2. se prezintă estimarea efectelor celor doi parametri independenți : numărul de piese prelucrate A (NP) și înălțimea de prelucrare B( $H_x$ ).

**Tab.6.1.2.**

Estimated effects for CR - NP\_Hx

average = 6.55556 +/- 0.379517A:NP = 4 +/- 0.41574

B:Hx = 3.33333 +/- 0.41574  
 AB = 1 +/- 0.509175  
 AA = -0.666667 +/- 0.720082  
 BB = -0.666667 +/- 0.720082

Se remarcă faptul că în raport cu valoarea medie a răspunsului (uzura CR) cel mai puternic efect îl are factorul A, dar există și ușoare influențe de ordinul 2 al interacțiunii factorilor AB.

Datele din tab.6.1.3. permit estimarea standard prin procedeul ANOVA(One Variance Analyses) în care factorul Fischer având valori mari pentru combinația gradelor de libertate ale variantelor considerate, validează efectul celor doi factori investigați. Se remarcă o valoare foarte bună pentru coeficientul de corelație  $R=95\%$ .

**Tab.6.1.3.**

Standard error estimated from total error with 3d.f. (t=3.18245)

ANOVA for CR - NP\_Hx

Effect value	Sum of Squares	DF	Mean Sq.	F-Ratio	P-
A:NP	24.0000000	1	24.000000	92.57	.0024
B:Hx	16.6666667	1	16.666667	64.29	.0041
AB	1.0000000	1	1.000000	3.86	.1443
AA	.2222222	1	.222222	.86	.4319
BB	.2222222	1	.222222	.86	.4319
Total error	.7777778	3	.259259		
-----					
Total (corr.)	42.8888889	8			
R-squared = 0.981865      R-squared (adj. for d.f.) = 0.951641					

Pe baza efectelor sistemul calculează automat coeficienții de regresie liniară ai răspunsului sistemului, cea ce rezultă din Tab.6.1.4.

3

**Tab.6.1.4.**

Regression coeffs. for CR - NP\_Hx

constant	=	0.680556
A:NP	=	0.5625
B:Hx	=	0.0479167
AB	=	3.125E-3
AA	=	-0.0208333
BB	=	-2.08333E-4

Mult mai sugestive și ușor de aplicat în practică sunt reprezentările grafice ale evoluției sistemului considerat. În fig.6.1.1 este redată reprezentarea grafică a domeniului de evaluare a factorilor A,B și a răspunsului sistemului pentru valorile limită.

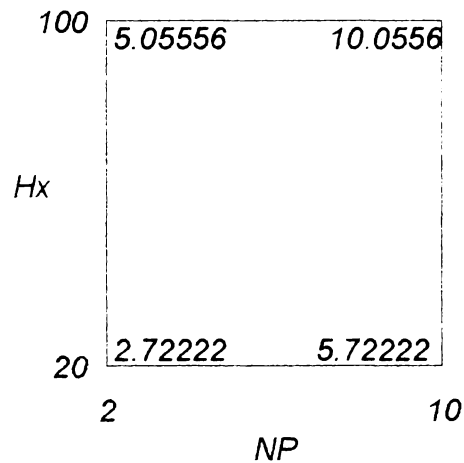
*Predicted Response Plot for CR*

Fig.6.1.1. Domeniul de evaluare a factorilor A,B și răspunsul sistemului pentru valorile limită.

Diagrama PARETO din fig.6.1.2. prezintă grafic răspunsul sistemului prin cumularea ponderii efectelor factorilor principali A și B și a interacțiunilor de ordin2 AA, BB, și AB. Cumulate interacțiunile au o pondere apreciabilă neputând fi neglijate complet.

În fig.6.1.3. se prezintă plotarea suprafeței de răspuns care indică o creștere cvasiliniară în raport cu factorii A și B.

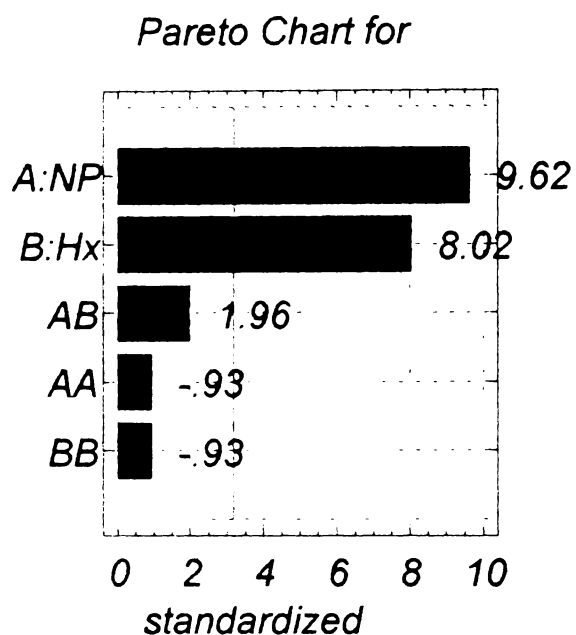


Fig.6.1.2. Răspunsul sistemului prin cumularea efectelor factorilor principali AA, BB, și AB.

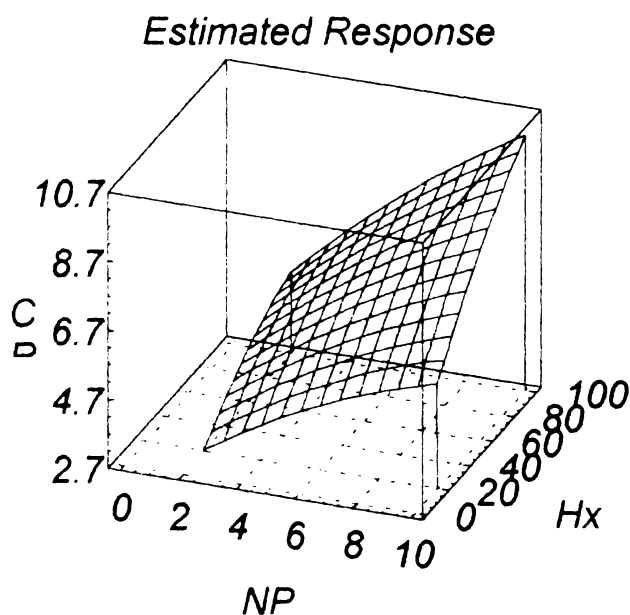


Fig.6.1.3. Plotarea suprafeței de răspuns, în scopul investigării comportării uzurii în raport cu factorii A,B

Mult mai practică este reprezentarea curbelor de nivel (contur) din fig.6.1.4. obținute prin intersecția suprafeței de răspuns cu planuri de nivel a căror poziție poate fi explicată în funcție de de necesități.

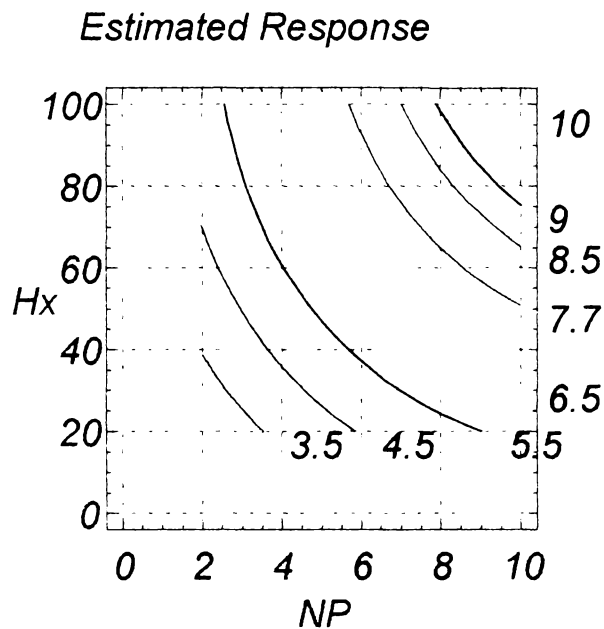


Fig.6.1.4. Reprezentarea curbelor de nivel obținute prin intersecția suprafeței de răspuns cu diferite planuri de nivel.

Familia de curbe 3.5-4.5-5.5-.... indică existența unui extrem care poate fi investigat prin extinderea domeniului de variație al parametrilor.

Plotarea rezidurilor prin efect în funcție de valoarea prescrisă din fig.6.1.5. validează experimentul statistic, valorile neavând tendințe de grupare preferențială

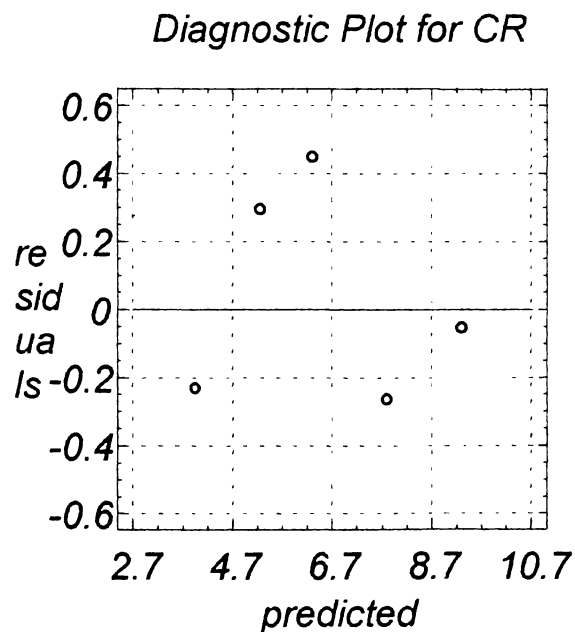


Fig.6.1.5. Plotarea rezidurilor în funcție de valoarea prescrisă.

### 6.2..DETERMINAREA INFLUENȚEI DIAMETRULUI PRELUCRAT DR ȘI A LUNGIMII DE PRELUCRARE

Acest set de experimentări este specific parametrilor de așchiere, pentru realizarea compensării uzurii sculei, se urmărește determinarea influenței diametrului de prelucrat DR și a lungimii de prelucrare  $H_x$  care determină consolajul sculei și rigiditatea piesei prelucrate. S-a ales un experiment (în aceleași condiții de prelucrare ca la cap.6.2.1.) prin metoda suprafețelor de răspuns (RMS) valorile extreme investigate fiind 80...310 mm pentru diametrul prelucrării DR și 20...100 mm pentru lungimea de prelucrare  $H_x$ .

Sistemul dezvoltă aleator pentru o valoare  $3^2 = 9$  combinații un experiment cu rezoluție completă testând și valorile medii ale parametrilor respectiv:  $DR_m = \frac{80+310}{2} = 195$  și  $H_{med} = \frac{20+100}{2} = 60$ .

În tabelul 6.2.1 sunt prezentate estimările efectelor, constatându-se față de valoarea medie a uzurii, influența cea mai mare este a factorilor principali DR  $H_x$  urmați de influența de ordin 2 a diametrului prelucrat. Influența

**Tab6.2.1.**

Estimated effects for COM - compensare

average	=	5.33333	+/-	0.496904
A: $H_x$	=	4.66667	+/-	0.544331
B: DR	=	7.5	+/-	0.544331
AB	=	2	+/-	0.666667
AA	=	1	+/-	0.942809
BB	=	4.5	+/-	0.942809

Standard error estimated from total error with 3 d.f. (t = 3.18245)

interacțiunilor este relativ mică.

În mod similar rezultă influența parametrilor din analiza ANOVA prezentată în tab 6.2.2 pentru un factor de corelare bun  $R = 97\%$ , factor ajustat pentru gradele de libertate. În tab 6.2.3. Sunt prezentați coeficienții de regresie ai funcției de răspuns, dar de utilitate practică sunt reprezentările grafice realizate de sistem.



## 6. PRELUCRAREA STATISTICĂ A REZULTATELOR EXPERIMENTALE

**Tab.6.2.2.**

ANOVA for COM - compensare

Effect P-value	Sum of Squares	DF	Mean Sq.	F-Ratio
A:Hx .0033	32.6666667	1	32.6666667	73.50
B:DR .0008	84.3750000	1	84.3750000	189.84
AB .0577	4.0000000	1	4.0000000	9.00
AA .3667	.5000000	1	.5000000	1.13
BB .0175	10.1250000	1	10.1250000	22.78
Total error	1.3333333	3	.4444444	
Total (corr.)	133.000000	8		

R-squared = 0.989975                      R-squared (adj. for d.f.) = 0.973266

**Tab.6.2.3.**

Regression coeffs. for COM - compensare

constant	=	5.6124
A:Hx	=	-0.021558
B:DR	=	-0.0467864
AB	=	2.17391E-4
AA	=	3.125E-4
BB	=	1.70132E-4

Astfel în fig.6.2.1 sunt reamintite valorile domeniului investigat cu rezultatele răspunsurilor pe valorile extreme ale domeniului.

## 6. PRELUCRAREA STATISTICĂ A REZULTATELOR EXPERIMENTALE

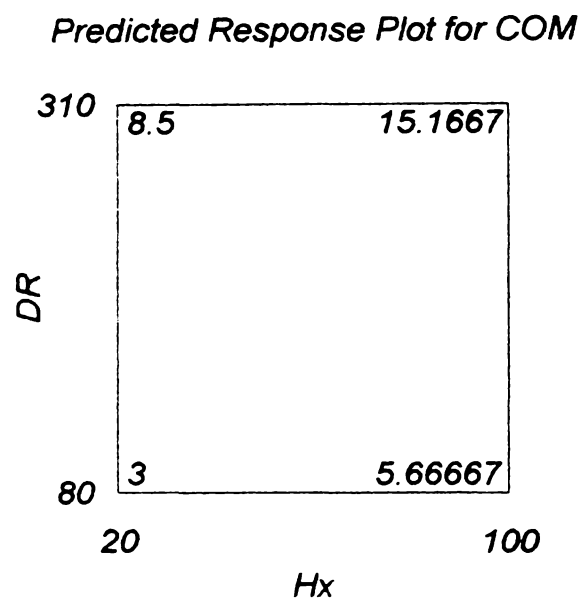


Fig.6.2.1. Rezultatele răspunsurilor pe valorile extreme ale domeniului investigat.

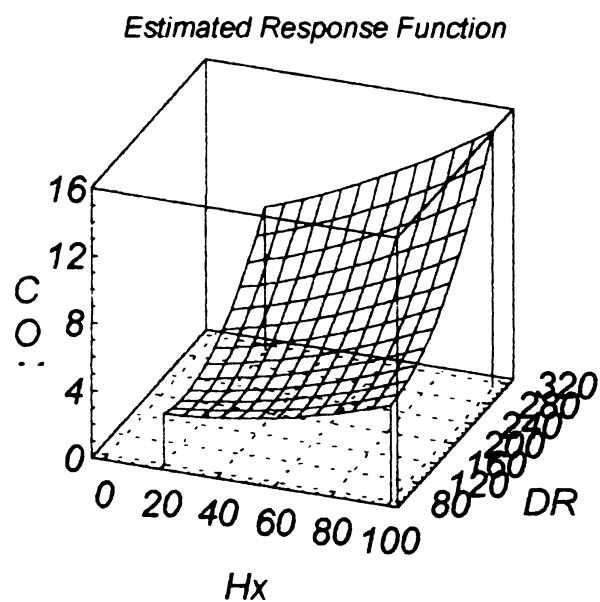


Fig.6.2.2. Suprafața de răspuns, pentru 10 echicontururi de răspuns.

Suprafața de răspuns este redată în fig.6.2.2 pentru care s-au realizat 10 echicontururi de răspuns, dar acestea pot fi setate la orice valoare din domeniu de către utilizator. Diagrama PARETO din fig.6.2.3.confirmă sub formă grafică frecvența de apariție a evenimentelor în mod cumulativ. Plotarea rezidurilor pentru predicția răspunsurilor(fig.6.2.4.) sistemului prezintă o bună dispersie, validând astfel din punct de vedere statistic,experimentul efectuat.

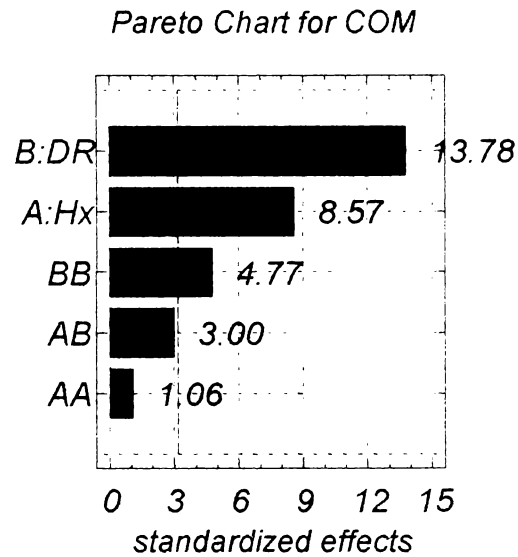


Fig.6.2.3. Diagrama PARETO.

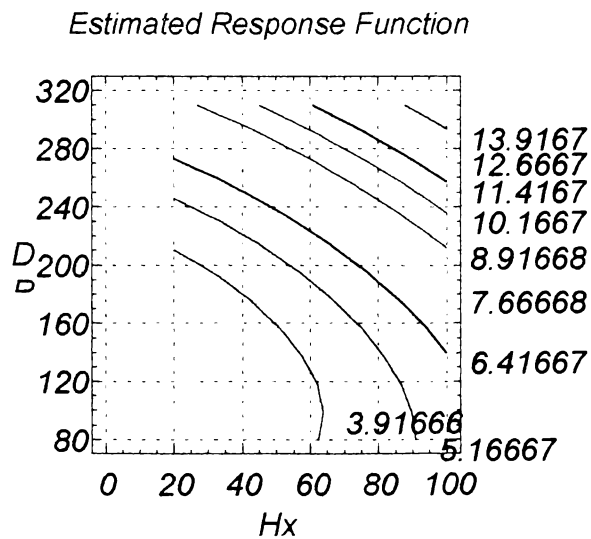


Fig.6.2.4 Plotarea rezidurilor pentru predicția răspunsurilor sistemului.

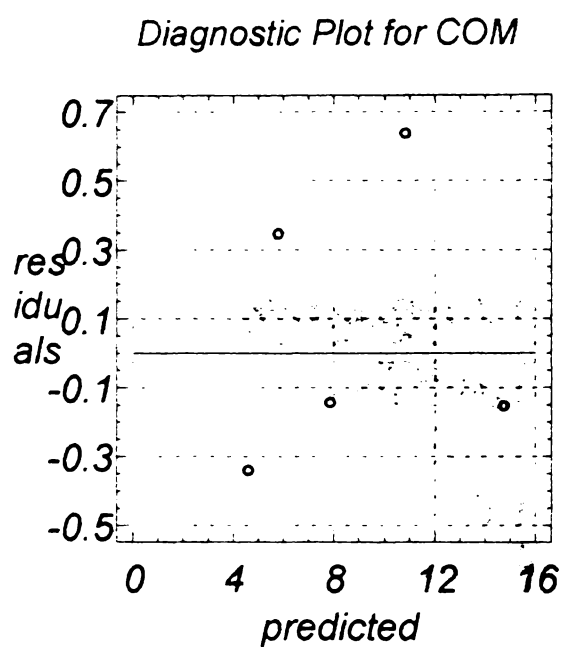


Fig.6.2.5. Validarea statistică a rezultatelor experimentale.

Validarea statistică a rezultatelor experimentale este configurată de distribuția rezidualilor care conform fig.6.2.5. nu manifestă tendințe de grupare.

## 7. CONCLUZII

Din conținutul tezei se evidențiază următoarele concluzii și contribuții originale aduse de autor privind metrologia preregării și reglării sculelor și portsculelor în sisteme flexibile de fabricație :

### În domeniul cercetării fundamentale:

- *s-a realizat o documentare și o evaluare complexă* privind conceptul de sistem de scule ,a particularităților constructive și elementelor de codificare pentru sculele așchietoare, urmat de expunerea principiilor și performanțelor unui sistem de reglare și preregare actual ,în condițiile integrării calculatoarelor în sistemele de control a producției,
- *se prezintă un studiu* de sinteză pentru definirea conceptuală a nivelului de performanță specifice metodelor și mijloacelor de reglare și preregare a sculelor așchietoare ,cu precizarea indicatorilor de fiabilitate ai sistemelor pentru automatizarea controlului și reglajului sculelor și portsculelor în fabricația flexibilă,
- *s-a realizat un studiu* complex privitor la procedeele uzuale de control, pentru mijloacelor de control activ cu măsurarea variației mărimii adaosului de prelucrare. De asemenea sunt prezentați într-o analiză complexă factorii de influență cu implicații în exploatarea mijloacelor de control operaționale pentru prelucrarea suprafețelor prin rectificare;
- *sunt evidențiate direcțiile* pe care se dezvoltă metodele și mijloacele de reglare și preregare din punct de vedere al integrării acestora cu metode de prelucrare și supraveghere computerizate;
- *se prezintă un studiu* de sinteză privind definirea conceptului de sistem de prelucrare prin așchiere ,cu caracterizarea procesului de prelucrare ca sistem și evaluarea conceptului moduri și tipuri de producție;
- *s-a realizat un studiu* complex pentru conceptul sisteme de supraveghere a procesului de fabricație punându-se în evidență componentele și direcțiile de dezvoltate pentru conceptul actual de control inteligent, printr-o ierarhizare a nivelurilor sau gradelor de inteligență specifice acestui concept modern;
- *sunt puse în evidență* implicațiile aplicării conceptului *tehnologia fără operator* în condițiile fabricației flexibile, s-a realizat o analiză competentă a metodelor și mijloacelor de control specifice controlului automat al stării sculei așchietoare;
- *controlul automat al uzurii și integrității* sculei așchietoare face obiectul unei temeinice analize cu aprofundarea analizei eficienței și capacității
- *a fost conceput* programul în limbaj operațional a acestor echipamente în condițiile fabricației flexibile, în evidentă suprapunere cu mijloacele și metodele de compensare a uzurii sculei.

### În domeniul cercetării aplicative

- *a fost realizat un stand* destinat studiului procesului de reglare și preregare a sculelor și portsculelor;
- *a fost conceput și realizat* un sistem achiziție digital tip Microel 01. La care semnalele numerice se obțin prin prelevarea, la momente de timp date, a valorilor semnalelor analogice și conversia acestor valori sub formă numerică, având drept componente de baza specifice sistemelor de achiziție de date (SAD) , circuitele de

## 7-CONCLUZII

eșantionare și memorare și convertoarele analog-numerice (CAN) și care realizează conducerea echipamentului de preregare ;

- *a fost conceput și realizat* echipamentul unitar pentru cercetările din domeniul preregării sculelor și portsculelor, în care este integrat sistemul de achiziții date digital Microel 01, Object Pascal ( Delphi IDE), care asigură funcționarea echipamentului de preregare și control al sculelor așchietoare ;
- *a fost realizat un experiment factorial  $2^k$*  în scopul obținerii evidențierii influenței asupra preciziei reglării și preregării sistemului portsculă, chiar a preciziei prelucrării cu sistemul portsculă astfel reglat.

O parte din rezultatele cercetărilor întreprinse în teza de doctorat au fost prezentate la o serie de sesiuni de comunicării științifice din țară și străinătate .

Prin lucrarea de față se aduce o modestă contribuție la perfecționarea activităților de gestionare a sculelor așchietoare în sisteme de fabricație flexibilă, prin utilizarea unor echipamente asistate de calculatorul electronic.

## BIBLIOGRAFIE

1. A.Dorin.,ș.a. : *Sisteme de scule pentru mașini unelte cu comanda numerică*. Editura tehnica, București 1986.
2. Abrudan, I., *Cercetări și contribuții privind optimizarea tehnologică a sistemelor flexibile de fabricație*, Teză de doctorat, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, 1991.
3. Abdalah,H.sa.: *Integrated Machine Tool Monitoring via Physical Parameters Estimation Using Sensor Smart* , Concept, Journal of Dynamic Systems, Measurement ,and control,vol.108,1986,pp279-288
4. Acs,M.: *AdaptivRegeluy, Werkstatt und Betrib*, 1968,pg.683-687.
5. Alan, Cooper.,: *Proiectarea interfețelor utilizator*. Editura tehnică,București.1997.
6. Albu,A.,ș.a. *Programarea asistată de calculator a mașinilor unelte*,Editura tehnică,București,1980.
7. Andrasiu,M., *Metode de decizii multicriteriale*, Editura Tehnică,București 1986.
8. Andriole, St.,J. *Advanced tehnology for command and control systems engineering*. AFCEA Internațional Press, Fairfax, Virginia,1990.
9. Athans, M., Falb, P., *Optimal control*, New York. McGrow Hill.1968.
10. Benga , C. G., *Contribuții la optimizarea procesului tehnologic privind prelucrarea în stare dură a oțelurilor aliate*. Teză de doctorat Universitatea Politehnica din Timișoara ,2002
11. Bodea,M.s.a., *Aparate electronice pentru măsurare și control*, Editura Didactică și Pedagogică, București 1985.
12. Boiangiu,Ghe.: *“Contribuții la reglarea automată a regimului de așchiere la mașina de frezat universală”* Brașov,1970.
13. Boldur,Ghe.,s.a. *Analiza sistemelor complexe*, Editura Științifică și Enciclopedică, București 1982.

## BIBLIOGRAFIE

14. Bondrea, I., *Contribuții la conceperea ,realizarea și implementarea sistemelor integrate de producție*, teză de doctorat, Universitatea “Politehnica” Timișoara ,1997.
15. Bonetti, R. : *Flexible Manufacturing Systems*, Editura Hermes Paris.1985.
16. Borangiu, T., ș.a.: *Sisteme educaționale în robotică*, Editura Tehnică , București,1991.
17. Borangiu,T.,ș.a.: *Conducerea multiprocesor în timp real a structurilor flexibile de fabricație*. Editura tehnică, București, 1989.
18. Bowker,A.H., și Lieberman, G.J., *Engineering statistics*, Iind edition, prentice-Hall,1972,Englewood Cliffs, New Jersey
19. Brăgaru,A.,ș.a.:*Optimizarea proceselor și echipamentelor tehnologice*, Editura Didactică și Pedagogică ,București 1996
20. Brissaud,D., : *Systeme de conception automatique de gammes d'usinage pour les industries manufacturieres*, These de doctorat,UJF, Grenoble,1994.
21. Buzatu, C.,ș.a.: *Sisteme flexibile de prelucrare prin așchiere*, Editura tehnică, București, 1993.
22. Buzatu, M., : *Sisteme flexibile de prelucrare prin așchiere* ,volII.Editura tehnică,București,1975.
23. Călin, S., Belea, C. *Sisteme automate adaptive și optimale*. Editura Tehnică, București,1983.
24. Călin,S.,ș.a. *Conducerea adaptivă și flexibilă a proceselor industriale*, Editura tehnică,București ,1988.
25. Cărtina, Gh.,ș.a.: *Rețele neuronale artificiale și sisteme expert în energetică*, Editura Gh.Asachi,ași,1994.
26. Choobineh,F., *A Totally Programable Manufacturing Cell. În FlexibleManufcturing Systems*, Current issues and models,Industrial Engineering and Management Press,Atlanta ,1986.
27. Coad , P.,Yordon,E., : *OOA-Object-oriented Analysis*,Prentice-Hall, 1990.
28. Conner, D., : *Fuzy-Logic Control Sistem*, EDN, nr. 31, March,1993, p.77-88.



## BIBLIOGRAFIE

29. Constantinescu ,I., ș.a. , : *Prelucrarea datelor experimentale cu calculatoare numerice*. Editura Tehnică, București,1980.
30. Constantinescu,I, N.,: *Măsurarea mărimilor nemecanice cu ajutorul tensometriei*, Editura Tehnică,,București,1989.
31. Cosmin Elena.,ș.a. , : *Măsurări geometrice în construcția de mașini*. Editura științifică și enciclopedică, București 1988.
32. Crișan, I., *Tehnologia ca sistem*, Editura științifică și Enciclopedică,București,1980.
33. Cristea, V., ș.a.: *Dicționar de informatică*. Editura Științifică și Enciclopedică,București,1981.
34. Curaj, A.,: *Conducerea sistemelor de fabricație integrate în structuri de întreprindere virtuală*, Teză de doctorat, Universitatea “Politehnica” București,1998.
35. D. Zetu.,ș.a.,: *Mașini-unelte și cu comandă numerică*. Editura didactică și pedagogică,București 1982.
36. Dan, R.,: *Ingineria programării obiectuale*, Editura albastră, Cluj-Napoca, 1996.
37. Dan,P.,ș.a. , :*Proiectarea plachetelor electronice*, Editura albastră,Cluj-Napoca,1997.
38. David,B.T., ș.a. : *Un modele d'architecture pour les systemes CAO intelligents*, MICAD,pag. 166-181,fevrier,1990.
39. Davidociu,A.,;a.,: *Limbaje de programare pentru aplicații în timp real*, editura Tehnică,București, 1986.
40. Davies, D.,W.,Barber, L.D.A.,*Rețele de calculatoare și protocoalele lor*,Editura Tehnică,București,1983.
41. Demian, T.,ș.a. *Aparate de măsurat în coordonate*, Editura tehnică,București ,1991.
42. Demian,T., *Elemente constructive de mecanică fină*, Editura didactică și pedagogică,București .1980.
43. Dobrinin,E, M. ș,a, *Problema preciziei dinamice a dispozitivelor de control automat*. Mașghiz, Moscova, 1970.
44. Dodoc,P.: *Metrologie aplicată*. Editura didactică și pedagogică,București,1979.
45. Dorin,I.,C.,: *Sisteme expert*, Editura ALL , București,1994.

## BIBLIOGRAFIE

46. Drăghici, I., ș.a.: *Organe de mașini-probleme*. Editura Didactică și Pedagogică, București, 1980.
47. Drăgoi, G.,: *Modelarea și simularea sistemelor de acționare cu aplicații în sistemele de măsurare* . UPB-ICPMFS 21-4-93.
48. Elmaghraby, S.,E., : *Proiectarea sistemelor de producție*, Editura tehnică, București, 1968.
49. Eugen, Florin, Cicală.,: *Metode de prelucrare statistică a datelor experimentale*. Editura Politehnica, Timișoara ,1999.
50. Fateev, S.G.: *Erorile de măsurare a dimensiunilor cu dispozitive automate*. Izmeritelinaia tehnica 8, 1964
51. Forrester, J.W., *Principiile sistemelor. Teoria și autoinstruire programata*. Editura tehnică, București, 1979.
52. Foulard, C., : *CIM-OSA et ingenierie simultanee* , Editions Hermes, Paris , 1994.
53. Franco, S., *Desing with Operational Amplifier and Analog Integrated Circuits*, Mc Graw Hill Book Inc., New York 1988.
54. Frank, M.: *Modelling and simulation of flexible manufacturing systems (FMS) 2<sup>nd</sup>* Internațional Symposium on Systems Analysis and Simulation ,Berlin. 1985.
55. Gardan, Y., *Outils et applications de l'intelligence artificielle en CFAO* , Hermes ,Paris, 1990.
56. Gary, B.,S.,: *Computer Concepts*, Boud & Fraser Publ..Comp.1990.
57. George, Drăghici.,: *Ingineria integrată a produselor*. Editura eurobit, Timișoara, 1999.
58. George, Drăgoi., : *Sisteme integrate de producție, asistate de calculator*. Editura tehnică, București 1998.
59. Gheorghe, Ș.,: *Procesarea paralelă în controlul și securitatea proceselor industriale și nucleare*. Teză de doctorat, Universitatea "Transilvania" Brașov, 1998.
60. Gheorghe, V., Popescu., A., : *Introducere în bionică*, Editura științifică, București, 1990.
61. Grozav, I. : " *Comanda adaptivă a avansului la mașina de frezat* Teză de doctorat, Universitatea "Politehnica" Timișoara, 1997.
62. Hubka, V., *Teoria tehniceskikh sistem*, editura Mir, Moskva, 1987..

## BIBLIOGRAFIE

63. Hume, K.J., *Engineering Metrology*, Mac Donald Technical, Londra, 1970
64. I. Gheghea, ș.a.: *Exploatarea și întreținerea mașinilor – unelte cu comandă după program*. Editura tehnică, București 1980.
65. I., Lungu.: *Baze de date*, Editura ALL, București, 1996.
66. Ilie, Popa, *Ingineria software pentru conducerea proceselor industriale*, Editura, All, București 1998.
67. Inaba, S., : *Experiența introducerii sistemului flexibil de fabricație (FMS) și efectul său într-o fabrică constructoare de mașini*, Editura Tehnică, București, 1984.
68. Ioan, Abrudan., : *Sisteme flexibile de fabricație, concepte de proiectare și management*. Editura Dacia, Cluj-Napoca, 1996.
69. Iwata, K., ș.a. *Simulation for design and operation of manufacturing systems*. Annals of the "CIRP" vol. III 1984.
70. Janicki, R., Lauer, P.E., *Specification and Analysis of Concurrent Systems*, Springer Verlag, 1992
71. Johnston, R., : *Introduction to Neural Fuzzy High performance, Control EUFIT'95*, august 28-31, 1995 Aachen, Germany.
72. J., L., Stein, ș.a. : *Evaluation of DC machine-tool feed drives as force sensors*, Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control, vol. 108, 1986 pp.279-288.
73. Jean M, L, ș.a.: *Quality Measurement of CMM*,
74. Ken, Pedersen., : *Expert Systems Programming with Goto Statements*, Computing Surveys, 1974.
75. Kileni, Ș., : *Metode numerice*, Editura orizonturi universitare, Tuimieșoara, 1997
76. Kuo, B.C., ș.a.: *Sisteme de comandă și reglare incrementală a poziției*. Editura Tehnică, București, 1981.
77. Leinweber, P.: *La precision des appareils des mesure*. Revue d'jena 6, 1965.
78. Linares, J., M., ș.a.: *Propagation de l'incertitude d'acquisition dans la chaîne de traitement d'une MMT*, Congresul internațional de Metrologie Boerdeaux, 1999, pg. 185-188.
79. Linares, J., M., ș.a. : *Tolerancing, Control, Processing of the CIRP Seminar STC Design, New Tools and workflows for product development*, Berlin, 14 –15 May 1998, pp145-156.

## BIBLIOGRAFIE

80. Liviu Toma: *Sisteme de achiziție și prelucrare numerică a semnalelor*. Editura de Vest, Timișoara .1997.
81. Lucian Bagiu., : *Toleranțe și ajustaje Vol I.Curs UTT 1992*.
82. Montgomery, D.C., *Design and analysis of experiments* . Fift edition John Wiley& Sons,USA,2001
83. Montgomery,D.C., *Experimental design for product and process design and development*, Journal of the Royal Statistical Society, D, vol 48,pg.159-177,1999.
84. Myers,R.H.,Montgomery, D.C., *Response surface methodology processes and product optimization using designed* ,Wiley, 1995, New York.
85. M. Guran,. F.G. Filip,. *Sisteme erarhizate, în timp real,cu prelucrare distribuită a datelor*, Editura Tehnică , București, 1986.
86. Micu, C.,ș.a., *Aparate și sisteme în construcția de mașini*, Editura Tehnică ,București, 1979.
87. Mihoc,D.,ș.a., *Teoria și elementele sistemelor de reglare automată*, Editura Didactică și Pedagogică,București ,1980.
88. Mike,Harry., *Information and managements systems. Concepts and applications*. Pitman Publishing, London,England,1994.
89. Millea ,A.,: *Cartea metrologului –metrologie generală*, Editura Tehnică, București ,1985
90. Miroslav,Bedzac,. Wienczyslaw , Daca., *Intelligent control fuziy neural network method*, EUFIT ‘ 95,August 28-31.1995,Aachen,Germany.
91. Nael,A,B>, ș.a.: *Detection ,Modelling, and Compensation of Geometric Errors in Coordinate Measuring Machines*, ASME –VAM MED –8:597-603.
92. Nael,A, B, șa: *Error Compeensation for and Intinsic Machine*.
93. Negoit, C.,V.,: *Fuzy Systems*, Abacus Press,1981
94. Negoită, C. V., ș.a., *Mulțimi vagi și aplicațiile lor*, Editura tehnică, București,1974.
95. Niculescu-Mizil,G., : *Sisteme flexibile de prelucrare*. Editura tehnică,București.1989.
96. Oprean,A.: *Fiabilitatea mașinilor unelte*, Editura tehnică,Bucureșlti.1979.
97. Partridge, D.,: *Artificial Intelligence: Applications in future of software engineering*, Editura APH, București,1992.

## BIBLIOGRAFIE

98. Pearson, E. : *Tehnology of instrumentation*, D.van Nostrand Company Inc. Princeton, New Jersey ,1988.
99. Petriceanu,Gh.,ș.a., *Criterii de selecție a reperelor în vederea prelucrării în sistemele flexibile de fabricație*, Conferința de copmunicări și referate ,IM. Aiud 1986.
100. Popescu,I., *Optimizarea procesului de aşchiere*. Editura scrisul românesc,Craiova ,1987.
101. Putz V.,M.,Urdea.,Bagiu L. *A system of setup tools and holder tools with rotațion*. Internațional MachineryFaire2000Nitra,Quality and Reliability of Machines,Internațional scientific symposium
102. Putz V.,Stănișoară M,G Belgiu.,: *Data Aquisition System for a Cutting Tool Setup Device*. Buletinul Institutului Politehnic din Iași-2000 TomXLVI(L) Supliment I.
103. Putz V.,Stănișoară M.,Belgiu.,: *A soluțion for a system of aquiring data to manage an equipment to locate cutting tools*. Internațional Machinery Faire 2000 Nitra, ,Internațional scientific symposium.
104. Putz, Viorel.,: *Practica și proiectarea sculelor aşchietoare*. Editura Mirton,Timișoara 1999.
105. Putz,V., *On economical speed gear hobbing machining*.  
Marc Benutzertreffen1998, Munchen, 22/29 octombrie 1988
106. Putz,V.,Belgiu,G.,Stănișoară,M.,: *Interfacing a Tool Setup Device with a Computer Based System in a FMS or a Machine Tool Center With CNC Controller*. Buletinul Institutului Politehnic din Iași- 2000 Tom XLVI(L) Supliment I.
107. Putz,V.: *“Durabilitatea sculelor și precizia prelucrării piesei în condițiile reglării prin comanda adaptivă a regimurilor pe mașini – unelte de danturat cu freza melc-cilindrică”*. Teză de doctorat  
.Timișoara. 1989.
108. Rădulescu,D.,Gheorghiu,O.,: *Optimizarea flexibilă și decizia asistată de calculator*, Editura Științifică, București .1992.
109. *Rusu, C., ș.a.: Proiectarea liniilor de fabricație flexibile*, Editura tehnică, București 1990.

## BIBLIOGRAFIE

110. Savii, Ghe.,ș.a.: *Flexibilitatea în fabricația de mașini*, Editura Facla Timișoara,1977.
111. *Shaichi, Yasuta. : Control tehnology for FMS*, Metalworking Engineering and Marketing,5/ 1986.
112. Sheingold,D.,H.: *Transducer Interfacing Handbook*, Analog Device,Inc,1980.
113. Șofron, Emil.,ș.a., *Sisteme de control Fuzy*, Editura ALL,București,1998.
114. Stănișoară, M.: *"Procedee și mijloace pentru controlul activ în construcția de mașini"* Referat de doctorat nr.2, Timișoara, 1999.
115. T, Bălănescu., Ș.a., :*Pascal și Turbo –Pascal*,vol1,și vol. 2,Editura Tehnică,București,1992.
116. T., Demian.,ș.a. : *Aparate de măsurat în coordonate*. Editura tehnică.București ,1991.
117. Tăbarcea , P., ș.a. *Sisteme de inteligență artificială și roboți*, Editura militară, București ,1986.
118. Teodorescu, D., :*Ingineria Biosistemelor*, Editura Facla,1978.
119. Teodorescu,D. *Modele stohastice optimizate*, Editura Tehnică,București,1984.
120. Teodorescu,D. *Sisteme automate deterministe*. Editura Tehnică, București,1984.
121. Ulm, Spineanu.,: *Aautomatizarea controlului dimensiunilor în construcția de mașini*. Editura tehnică ,București,1987
122. \*\*\*\**International Journal of Flexible Manufacturing systems*, vol.6,nr. 1,2,3,/ 1994.
123. \*\*\* *Linearführungen* , Prospect INA Lineartechnik Homburg.

## BIBLIOGRAFIE

124. \*\*\* *Scule aşchietoare pentru prelucrarea metalelor* , Colecție STAS vol I,II, Editura tehnică ,București 1987.  
\*\*\**Flexible Machining Systems Costly but benefits are many*
125. ,Industrial World,aug, 1985.
126. \*\*\**IBM'sPC Strategies for the 1990s ComputerTehnology Researrch*  
First Edition, January,1990.
127. \*\*\**Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 1994,1995,1996.
128. \*\*\**L'usine nouvelle*,1993/1996.
129. \*\*\**Mechatronics, Mechanics,-Electronics control*,aug.1992
130. \*\*\**Rotating tools and inserts*, Prospect Sdandvik,1990.