

Mihaiela ILIESCU

**TEHNOLOGII DE FABRICARE A  
COMPONENTELOR MECANICE  
ALE ROBOȚILOR INDUSTRIALI**

- elemente fundamentale -



Editura  
**PRINTECH**

**Mihaiela ILIESCU**

**TEHNOLOGII DE FABRICARE A COMPONENTELOR MECANICE  
ALE ROBOȚILOR INDUSTRIALI  
- elemente fundamentale -**

**Referenți științifici:**

**Prof. univ. dr. ing. Adrian NICOLESCU** Universitatea "POLITEHNICA" din București

**Prof. univ. dr. ing. Aurelian VLASE**, Universitatea "POLITEHNICA" din București

## INTRODUCERE

În Encyclopaedia Britannica se definește robotul ca “orice mașină operată în mod automat, care înlocuiește efortul uman, cu toate că poate să nu fie asemănătoare ființei umane sau să nu acționeze în mod similar cu cel al oamenilor.

Merriam-Webster descrie robotul în trei moduri, și anume: o mașină ce arată în mod asemănător oamenilor și care realizează acțiuni complexe diferite (cum ar fi plimbarea sau vorbirea), sau un dispozitiv ce realizează în mod automat acțiuni complexe, repetitive, sau un mecanism ghidat prin sisteme automate de control.

Robotul industrial este un sistem fizic programabil și controlabil în mod automat, capabil să efectueze diferite operații și / sau secvențe ale acestora. Operațiile specifice aplicațiilor roboților industriali, în mare parte se referă la sudare, vopsire, asamblare, apucare și poziționare (ex. tehnologie de montare pe suprafață (Surface Mount Technology)), inspecția și testarea produselor etc.

Elementele componente principale ale unui robot industrial sunt complexe și de tipuri diferite, după cum urmează:

- controler (controller) – considerat „creierul” robotului și permite părților robotului să opereze împreună;
- braț (arm) – de forme și mărimi diferite, are rolul de a susține efectorul final;
- efector final (end effector) – reprezintă dispozitivul final montat pe bratul robotului, proiectat astfel încât să interacționeze cu mediul înconjurător (ex. gripper, magneți etc.)
- sistem de acționare (drive) – are rolul de a deplasa elementele componente ale robotului în pozițiile programate, fiind de tip electric, hidraulic sau pneumatic;
- senzor (sensor) – permite realizarea buclei de feedback, prin colectarea informațiilor de la mediul înconjurător și transmiterea lor, în mod electronic, spre robot.

Din cele enumerate mai sus se remarcă faptul că există o complexitate deosebită a proiectării, construcției și tipului de elemente componente pentru un robot industrial, toate fiind strâns conectate cu domeniul de aplicație al acestuia.

Componentele mecanice din structura robotului industrial au un rol deosebit în asigurarea bunei funcționării a acestuia, astfel că tehnologiile de fabricare specifice trebuie bine proiectate și aplicate.

În cele ce urmează se vor prezenta, cu preponderență în scop didactic, elemente fundamentale și câteva aplicații referitoare la tehnologiile de fabricare a componentelor mecanice ale roboților industriali.

Astfel, se tratează aspecte referitoare la: bazele tehnologiilor de fabricare; proiectarea proceselor tehnologice de fabricare; tehnologii de fabricare pe strunguri și diferite tipuri de centre de prelucrare cu CNC, tehnologii de fabricare prin deformare plastică la rece, tehnologii de fabricare prin prototipare rapidă.

**CUPRINS**

	INTRODUCERE	
	CUPRINS	3
CAPITOL 1	BAZELE TEHNOLOGIILOR DE FABRICARE A COMPONENTELOR MECANICE ALE ROBOȚILOR INDUSTRIALI	5
1.1	Proces de fabricație. Proces tehnologic. Sistem tehnologic	5
1.2	Tipologia producției	9
1.3	Metode și procedee de semifabricare. Construcția semifabricatului	11
1.4	Tehnologicitatea pieselor	14
1.5	Precizia de prelucrare. Calitatea suprafețelor	15
CAPITOL 2	PROIECTAREA PROCESELOR TEHNOLOGICE DE FABRICARE A COMPONENTELOR MECANICE ALE ROBOȚILOR INDUSTRIALI	18
2.1	Date inițiale generale	18
2.2	Principii de proiectare a structurii proceselor de fabricare	18
CAPITOL 3	ELEMENTE FUNDAMENTALE ALE PRELUCRĂRII PE MAȘINI-UNELTE CU CNC	44
3.1	Principii geometrice fundamentale	44
3.2	Principii fundamentale ale programării CN	50
3.3	Date de poziționare	51
3.4	Comenzi pentru mișcare	53
3.5	Comenzi pentru compensarea sculei (Tool Offsets)	58
3.6	Cicluri de strunjire	61
3.7	Cicluri de frezare & găurire – la sisteme CNC Isel EuroMod	63
CAPITOL 4	TEHNOLOGII DE FABRICARE PE STRUNGURI ȘI CENTRE DE PRELUCRARE PRIN STRUNJIRE CU CNC	69
4.1	Principii fundamentale ale prelucrărilor prin strunjire	69
4.2	Scule și sisteme de prindere a sculelor	73
4.3	Sisteme pentru lichidul de răcire – ungere	83
4.4	Strunguri și centre de prelucrare prin strunjire cu CNC	84
4.5	Prelucrări și piese prelucrate	87
CAPITOL 5	TEHNOLOGII DE FABRICARE PE CENTRE DE PRELUCRARE VERTICALE / ORIZONTALE CU CNC	88
5.1	Principii fundamentale ale prelucrărilor prin frezare	88
5.2	Scule și sisteme de prindere a sculelor specifice prelucrărilor prin frezare	92
5.3	Principii fundamentale ale prelucrărilor prin găurire	100
5.4	Scule și sisteme de prindere a sculelor specifice prelucrărilor prin găurire	102
5.5	Sisteme pentru lichidul de răcire – ungere	109
5.6	Centre de prelucrare cu CNC	109
5.7	Prelucrări și piese prelucrate	112

---

CAPITOL 6	TEHNOLOGII DE FABRICARE PE CENTRE DE RECTIFICAT CU CNC	113
6.1	Principii fundamentale ale prelucrărilor prin rectificare	113
6.2	Discuri abrazive	120
6.3	Lichide de răcire – ungere	122
6.4	Mașini de rectificat cu CNC	123
6.5	Prelucrări și piese prelucrate	126
CAPITOL 7	TEHNOLOGII DE FABRICARE PE MAȘINI DE DANTURAT CU CNC	127
7.1	Principii fundamentale ale prelucrărilor prin danturare	127
7.2	Prelucrarea danturii roților dințate cilindrice	128
7.3	Scule pentru prelucrarea danturii	135
7.4	Mașini de danturat cu CNC	137
7.5	Prelucrări și piese prelucrate	139
CAPITOL 8	TEHNOLOGII DE FABRICARE PRIN DEFORMARE PLASTICĂ LA RECE	147
8.1	Principii fundamentale ale prelucrărilor prin deformare plastică la rece	147
8.2	Prelucrări de tip tăiere	151
8.3	Prelucrări de tip îndoire	159
8.4	Prelucrări de tip ambutisare	168
8.5	Centre de prelucrat table cu CNC	174
8.6	Prelucrări și piese prelucrate prin deformare plastică la rece	176
CAPITOL 9	TEHNOLOGII DE FABRICARE PRIN PROTOTIPARE RAPIDĂ (RAPID PROTOTYPING)	177
9.1	Principii fundamentale ale prototipării rapide	177
9.2	Procedee de prototipare rapidă	179
9.3	Aplicații ale procedeelelor de prototipare rapidă	184
	ANEXE	188
AI	TIPURI DE COMPONENTE MECANICE ALE ROBOȚILOR INDUSTRIALI	189
A2	PROCES TEHNOLOGIC DE FABRICARE	190
A3	DEFORMARE PLASTICĂ LA RECE - PRELUCRĂRI DE TIP TĂIERE	211
A4	PROIECTARE PROCES TEHNOLOGIC ȘI ECHIPAMENT DE PRELUCRARE PRIN DEFORMARE PLASTICĂ LA RECE PENTRU FABRICAREA REPERULUI „ȘAIBĂ NAS”	212
	BIBLIOGRAFIE	217

## CAPITOL 1

# BAZELE TEHNOLOGIILOR DE FABRICARE A COMPONENTELOR MECANICE ALE ROBOȚILOR INDUSTRIALI

### 1.1 Proces de fabricație. Proces tehnologic. Sistem tehnologic

Majoritatea companiilor au ca scop realizarea de produse care să satisfacă anumite cerințe / și / sau nevoi ale clienților. Dacă noțiunea de „produs” se referă la un obiect fizic (reper, ansamblu etc), atunci este implicat un sistem complex de mijloace și metode de producție, cu activități de tipuri diferite, organizate într-o succesiune specifică .

Astfel se poate defini *procesul de producție* ca fiind un ansamblu de activități desfășurate cu ajutorul mijloacelor de producție și a proceselor naturale, pentru transformarea organizată a obiectelor muncii în produse finite.

Reprezentarea schematică a unui proces de producție este redată în fig. 1.1

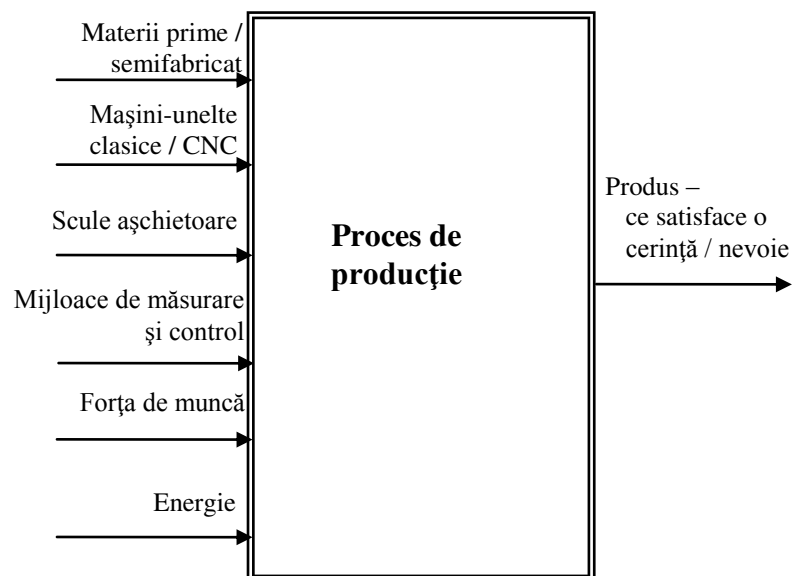


Fig. 1.1 Schema unui proces de producție

Factorii primari (indispensabili) ai producției sunt:

- obiectele muncii – sunt acele obiecte asupra cărora se acționează pentru a le transforma în produse de care este nevoie;
- mijloacele de muncă – reprezintă instrumentele cu care oamenii acționează asupra obiectului muncii pentru a-l transforma în produs finit;
- forța de muncă – acceptată ca fiind definită prin totalitatea aptitudinilor fizice și intelectuale de care dispune organismul uman și pe care le pune în funcționare omul atunci când produce;
- energie.

În cadrul procesului de producție se desfășoară mai multe activități, după cum urmează:

- depistarea necesităților prin prospectarea pieței (marketing);
- stabilirea concepției constructive și/sau tehnologice a produsului (design și / sau proiectare);
- fabricația, constând în totalitatea activităților pentru realizarea concretă a unui produs (bun material sau serviciu), prin consum de bunuri materiale sau servicii, forță de muncă și energie;
- vânzarea sau desfacerea produsului, implicând atât consum de forță de muncă cât și existența altor servicii (publicitate, relații cu clienții etc.);
- servicii post-vânzare, cum sunt : întreținere, reparații, asigurări de up-grade, etc.

- reciclarea produsului, cu deosebită atenție acordată protecției mediului;
- activitatea organizatorică pentru corelarea tuturor acestor activități (management) și care constituie elementul fundamental de integrare optimă a activităților enumerate anterior.

Activitățile care concură la realizarea procesului de producție, în funcție de caracterul participării lor la obținerea produsului finit, pot fi:

A1. *Activități de bază* – reprezintă activitățile în care obiectele muncii suferă modificări ale formei, dimensiunilor, proprietăților fizico-mecanice etc. și, astfel, sunt transformate în produse finite.

Toate activitățile subordonate acestui scop se desfășoară pe baza unor tehnologii de fabricație, elaborate pentru diferite stadii de transformare a obiectelor muncii din materie primă sau semifabricat în produse finite.

A2. *Activități auxiliare* – sunt activitățile care au drept scop asigurarea condițiilor materiale necesare desfășurării normale a proceselor tehnologice de fabricație.

În cadrul acestor activități nu se acționează în mod direct asupra obiectelor muncii destinate obținerii produselor de bază ale întreprinderii. Necesitatea activităților auxiliare este cerută de asigurarea proceselor tehnologice cu diferite forme de energie, cu echipamente tehnologice de prelucrare și control, de menținerea în stare de funcționare a mașinilor, instalațiilor și aparatelor.

A3. *Activități de servire* – acele activități ce constau într-o varietate largă de servicii care asigură desfășurarea normală a proceselor de bază și auxiliare.

Dintre acestea, cele mai importante sunt: transportul materiilor prime și al materialelor; aprovizionarea locurilor de muncă cu semifabricate și echipamente tehnologice; transportul diferitelor forme de energie; gospodărirea depozitelor și magaziilor de materiale etc.

A4. *Activități anexe* – sunt activități cu un spectru de acțiune colateral, contribuind la realizarea producției reziduale.

Acestea se referă la confecționarea ambalajelor, împachetarea așchiilor, regenerarea uleiurilor și emulsiilor, refolosirea deșeurilor etc.

Pe baza celor prezentate anterior, se definește *procesul de fabricație* ca fiind totalitatea activităților care concură la fabricație. În cadrul procesului de fabricație apar două tipuri de operații și anume :

- operații de prelucrare - sunt acele componente ale procesului de fabricație în care obiectul muncii își schimbă forma, starea de agregare, structura sau calitatea suprafeței;
- operații de manipulare - sunt acele componente ale procesului de fabricație prin care obiectul de lucru își schimbă situația (poziția și orientarea în spațiu)

*Observații:*

1. Obiectul manipulat poate fi obiect de lucru, sculă, dispozitiv, deșeuri, etc.
2. În cadrul operațiilor de manipulare sunt incluse și operațiile în urma cărora se obțin informații despre obiectul manipulat, cum ar fi : operațiile de măsurare, control, etc

*Procesul tehnologic* reprezintă componenta ale procesului de fabricație prin care se realizează anumite stadii de transformare a obiectelor muncii în produse finite, pe baza unor tehnologii de fabricație.

Elementul fundamental pentru procesul tehnologic îl reprezintă *operația*.

Astfel, operația se definește ca parte a procesului tehnologic, constituită dintr-un ansamblu de activități organizate, care se execută în mod continuu la un loc de muncă, asupra unuia sau mai multor obiecte ale muncii, într-un interval de timp, cu scopul de a conferi acestora o parte din valoarea de întrebuințare finală.

Un element definitoriu al operației îl constituie orientarea și fixarea semifabricatelor. Orientarea are ca scop aducerea semifabricatului într-o poziție bine determinată față de sculă și traiectoriile mișcărilor de generare. Fixarea are ca scop conservarea acestei poziții în timpul prelucrării.



La executarea unei operații poate fi necesară o singură orientare și fixare a semifabricatului, sau în cazul prelucrărilor complexe, sunt necesare mai multe orientări și fixări succesive – în funcție și de tipul mașinii-unelte pe care se realizează aceasta..

Structurarea procesului tehnologic în operații constituie cea mai importantă etapă a proiectării tehnologice, și oferă imaginea concretă a stadiilor succesive pe care obiectele muncii le parcurg în fabricație.

Operațiile de prelucrare sunt compuse din *faze* de prelucrare. Faza reprezintă acea parte a operației în care se execută, la o singură orientare și fixare și într-o singură poziție, o suprafață sau mai multe suprafețe simultan, cu o sculă sau cu un set de scule, menținându-se același regim de așchiere.

În cazul piesei din fig. 1.2, prelucrarea găurilor  $\varnothing 18$ ,  $\varnothing 12$  și M10 comportă opt faze de prelucrare, realizate prin aducerea succesivă a sculelor din capul revolver în poziția de lucru.

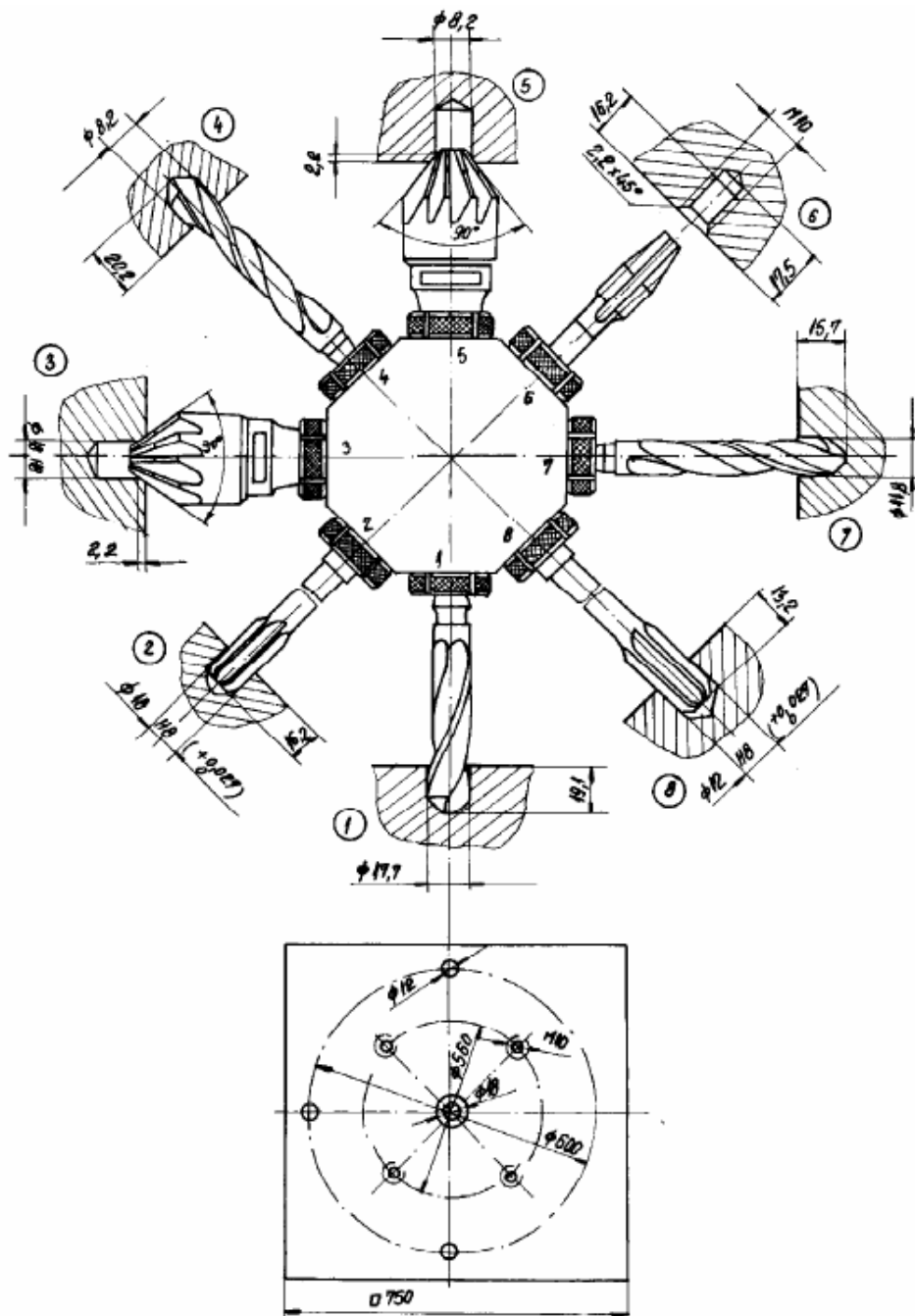


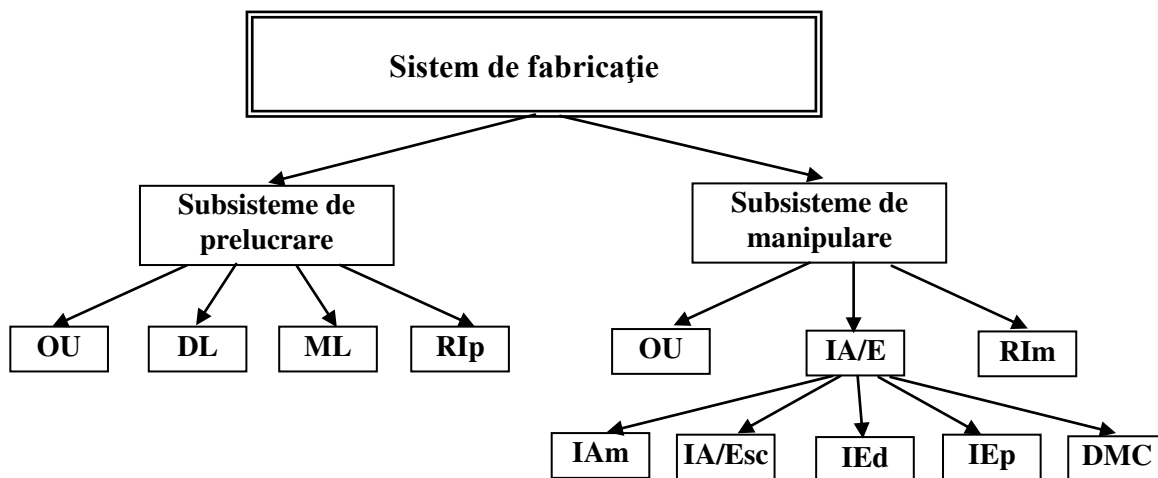
Fig. 1.2 Evidențierea fazelor de prelucrare – pentru operația de realizare a găurilor [1]

*Trecerea* este o parte a fazei de prelucrare, care se execută la o singură deplasare a sculei, cu același regim de aşchiere, cu scopul de a îndepărta un strat de material de pe o suprafață a semifabricatului.

Generic, sistemul poate fi ca o reuniune ierarhizată de elemente ce prin interacțiunea lor, permit realizarea unui obiectiv, definit în prealabil cu ajutorul unui plan. Orice sistem, indiferent de complexitatea lui, reprezintă un subsistem al unui sistem mai cuprinzător.

*Sistemul de fabricație* reprezintă totalitatea mijloacelor materiale și componente nemateriale care concurează la realizarea unui produs și care sunt grupate în timp și în spațiu într-un mod bine determinat.

Între procesul de fabricație și sistemul de fabricație corespunzător există o corespondență biunivocă bine determinată. Ca urmare, se pot identifica două dintre subsistemele componente ale sistemului de fabricație, și anume: subsistemul de prelucrare și subsistemul de manipulare – v. fig. 1.3,



OU – operator uman;  
 DL – dispozitive de lucru;  
 ML – mașini de lucru;  
 RIp – roboți industriali de prelucrare;  
 RIm – roboți industriali de manipulare;  
 IA/E - instalații aducătoare și de evacuare

IAm - instalații aducătoare de materiale și materii prime;  
 IA/Esc - instalații aducătoare și de evacuare scule și dispozitive;  
 IEd - instalații de evacuat deșeuri;  
 IEp - instalații de evacuat piese finite;  
 DMC - dispozitive de măsură și control

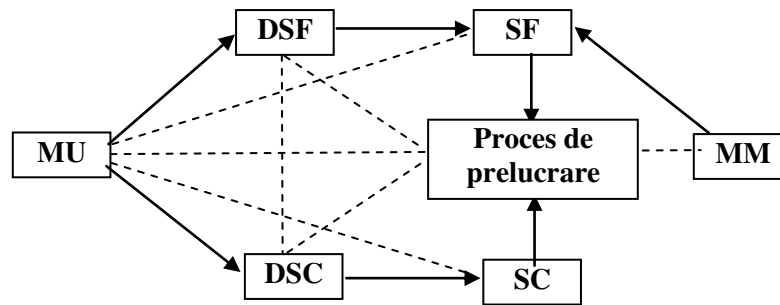
Fig. 1.3 Reprezentarea componentelor sistemului de fabricație [2]

*Sistemul tehnologic de prelucrare* poate fi definit ca subsistem al sistemului de producție, format dintr-un ansamblu de elemente în interacțiune, al cărui obiectiv este realizarea unei prelucrări de o anumită natură – v. fig. 1.4.

Funcționarea sistemului tehnologic de prelucrare este posibilă ca urmare a existenței a trei fluxuri care-l traversează, și anume:

- : fluxul de materiale (semifabricate),
- fluxul de energie
- fluxul de informații.

În interiorul sistemului, fluxul de materiale este transformat cu ajutorul fluxului de energie și a fluxului de informații, astfel încât materialul “se încarcă” cu informații, pentru a deveni produs finit care îndeplinește anumite cerințe / nevoi.



MU - mașina-unealtă;  
SF - semifabricatul;  
SC - scula;  
DSF - dispozitivul de orientare și fixare a semifabricatului;

DSC - dispozitivul de orientare și fixare a sculei;  
MM - mijlocul de măsurare cu ajutorul căruia se apreciază rezultatul prelucrării.

Fig. 1.4 Reprezentarea schematică a sistemului tehnologic pentru prelucrări mecanice [1]

## 1.2 Tipologia producției

*Tipul producției* este determinat de un ansamblu de factori interdependenți care, prin acțiunea lor, asigură proporțiile obiective ale desfășurării proceselor de producție în spațiu și timp. Câțiva dintre acești factori sunt: volumul producției, complexitatea constructivă și tehnologică a produsului, nivelul dotării cu tehnică de prelucrare, nivelul și formele specializării producției.

Pentru determinarea tipului de producție se aplică metoda indicelui de constanță. Astfel pentru o operație  $i$  și reper  $j$ , rezultă:

$$k_i = \frac{r_j}{t_{ij}}$$

în care:

$r_j$  – este ritmul mediu al fabricației reperului  $j$ , în min/buc

$t_{ij}$  – timpul necesar pentru efectuarea operației  $i$ , la reperul  $j$ , în min/buc

Ritmul  $r_j$  se calculează cu relația:

$$r_j = \frac{F_n}{N_j} \text{ [min/buc]} \quad (1.1)$$

unde:

-  $F_n$  – fondul nominal de timp planificat a fi utilizat în mod productiv, în minute care se determină cu relația:

$$F_n = 60 \cdot z \cdot k_s \cdot h \text{ [min]} \quad (1.2)$$

$z$  – reprezintă numărul zilelor lucrătoare din an;

$k_s$  – numărul de schimburi de lucru / zi[

$h$  – numărul de ore de lucru / schimb

-  $N_j$  – programul de producție:

$$N_j = N + N_{\text{stoc sig.}} + N_{\text{p. schimb}} \text{ [buc/an]} \quad (1.3)$$

$N$  – este programa de producție anuală, necesară;

$N_{\text{stoc sig}}$  – producția aferentă stocului de siguranță;

$N_{\text{p. schimb}}$  – producția corespunzătoare pieselor de schimb.

Valorile preponderente ale indicelui  $k_i$ , determină tipul producției, după cum urmează:

$k_i < 1$  – producție de masă, M

$1 \leq k_i \leq 10$  – producție de serie mare, SM

$10 < k_i \leq 20$  – producție de serie mijlocie, Sm

$k_i > 20$  – producție de serie mică, sm

Câteva dintre elementele specifice fiecărui tip de producție sunt prezentate în continuare.

P1. *Producția individuală* (de unicat) se caracterizează prin aceea că fabricarea produselor de un anumit tip se face într-un singur exemplar sau în câteva exemplare. În consecință, la locurile de muncă se execută o mare varietate de operații, fără ca acestea să se mai repete, sau se repetă la intervale nedeterminate. Datorită caracterului său, producția individuală se execută pe utilaje tehnologice cu destinație generală și necesită personal cu calificare înaltă.

P2. *Producția de serie* se caracterizează prin aceea că produsele se execută pe locurile de muncă în loturi de fabricație, care se repetă după anumite intervale de timp prestabilite. În funcție de mărimea loturilor de fabricație și a repetabilității acestora în timp, producția de serie cunoaște trei forme: serie mică, serie mijlocie și serie mare.

*Producția de serie mică* se execută în loturi de fabricație mici, la intervale mari de timp și prezintă discontinuități ale ciclului de fabricație și ale perioadei de repetare a loturilor. Aceste caracteristici sunt determinate de existența unei palete largi de produse diferite care se fabrică simultan, în cantități mici pentru fiecare sortiment în parte. Ca urmare, producția de serie mică are unele trăsături comune cu producția individuală, fapt ce conduce la realizarea ei tot pe utilaje tehnologice cu destinație generală.

*Producția de serie mare* se caracterizează prin continuitatea și stabilitatea lucrărilor ce se execută pe locurile de muncă. Loturile de fabricație se succed cu regularitate, la intervale de timp exacte, fapt ce permite implementarea unor metode superioare de organizare a producției. Aceste caracteristici sunt determinate de existența unei palete mai restrânse de produse diferite, care se fabrică simultan, în cantități mari pentru fiecare sortiment în parte.

Producția de serie mare justifică utilizarea, pe lângă cea a utilajelor tehnologice cu destinație generală, și a utilajelor de mare productivitate, precum și a celor specializate sau speciale. Procesul tehnologic de fabricație în serie mare este proiectat într-o structură cât mai detaliată, fapt ce permite utilizarea unui personal muncitor având calificarea mai scăzută decât în cazul producției de unicat și serie mică.

P3. *Producția de masă* se caracterizează prin aceea că la un loc de muncă se execută, pe o perioadă îndelungată, aceeași operație, în general simplă, fapt ce conferă producției o foarte mare stabilitate.

Caracterul stabil al producției dă posibilitatea organizării proceselor tehnologice de masă în flux continuu, pe utilaje de mare productivitate, specializate și speciale, deservite de instalații automate pentru transportul obiectelor muncii de la un loc de muncă la altul. Nivelul înalt de automatizare conduce la necesitatea detalierii acestor procese în elemente componente cât mai simple. În consecință, operațiile de prelucrare sunt ușor de executat, iar nivelul calificării personalului de execuție este redus.

*Organizarea fabricației* unui produs este determinată de structura procesului tehnologic și de tipul predominant al producției. Astfel, în situațiile din practică sunt posibile două metode de organizare a fabricației, după cum urmează..

O1 *Organizare fără flux* - se aplică la fabricația în loturi, deci este specifică producției individuale și de serie. Se caracterizează prin aceea că piesele se execută pe mașini-unelte amplasate pe grupe cu aceeași destinație tehnologică, fără a se ține seama de succesiunea operațiilor din procesul tehnologic, deoarece fiecare grupă de mașini este destinată unei game variate de piese, care se execută după tehnologii diferite.

Prin aceasta se urmărește obținerea unui grad ridicat de încărcare a mașinilor-unelte și posibilitatea adaptării rapide la prelucrarea altor piese.

Această formă de organizare prezintă dezavantajul unor trasee complicate de transport al semifabricatelor, de la un loc de muncă la altul, precum și necesitatea depozitării producției neterminate.

O2. *Organizarea în flux* - se caracterizează prin aceea că locurile de muncă și utilajele necesare fabricării unui reper sunt amplasate în ordinea operațiilor prevăzute în procesul tehnologic. Această formă de organizare permite transmiterea pieselor, de la o operație la cea următoare, fără depozitări intermediare, cu ajutorul unor mijloace speciale de transport.

Baza producției în flux o constituie linia în flux, definită ca un complex de utilaje tehnologice, amplasate în succesiunea executării operațiilor din procesul tehnologic și prevăzută cu o instalație de transport a semifabricatelor.

Organizarea în flux se aplică, cu precădere, la producția de masă și serie mare.

Premisele esențiale pentru introducerea cu succes a metodei de producție în flux le constituie specializarea și cooperarea întreprinderilor, împreună cu tipizarea constructivă și tehnologică, care permit mărirea volumului produselor de același fel.

Această formă de organizare are dezavantajul unei rigidități ridicate la schimbările impuse de modificarea tipului de produse necesar a fi fabricate.

### 1.3 Metode și procedee de semifabricare. Cosntrucția semifabricatului

Semifabricatele utilizate pentru fabricarea pieselor pot fi obținute prin diferite *metode*, cum ar fi: turnarea, deformarea plastică la cald, deformarea plastică la rece, sinterizarea, tăierea după trasaj, sudarea etc. Fiecare dintre aceste metode, implică unul sau mai multe *procedee*, după cum se prezintă în tabelul 1.1.

Tabelul 1.1. Metode și procedee de semifabricare [3]

Metoda de obținere	Procedeul din cadrul metodei	Dimensiunile sau masa		Complexitatea formei	Clasa de precizie sau abateri	Rugozitatea $R_a$ $\mu m$	Materialul	Caracterul producției
		Maxime	Minime					
TURNARE	Turnare în forme din amestec de formare realizate manual	Nelimitate	Grosimea minimă a peretelui 3 – 5 mm	Cele mai complicate	Clasele IV și V	50 – 100	Fonte, oțeluri, metale neferoase și aliajele lor	Individuală și serie mică
	Turnare în forme din amestec de formare realizate mecanic	Până la 250 kg	Grosimea minimă a peretelui 3 – 5 mm	Cele mai complicate	Clasa a III-a	25 – 50	Fonte, oțeluri, metale neferoase și aliajele lor	De serie și de masă
	Turnare în forme din amestec de formare realizate după șablon	Nelimitate	Grosimea minimă a peretelui 3 – 5 mm	În special PĂRGHIE DE ACȚIONAREuri de rotație	Clasele IV și V	50 – 100	Fonte, oțeluri, metale neferoase și aliajele lor	Individuală și serie mică
	Turnare în forme de tip coji	25 – 30 kg	Grosimea minimă a peretelui 1 – 3 mm	Cu forme complexe	Clasele I și II	12,5 – 25	Fonte, oțeluri, metale neferoase și aliajele lor	De serie și de masă
	Turnare centrifugală	De obicei până la 200 kg	Grosimea minimă a peretelui 3 – 5 mm	În special PĂRGHIE DE ACȚIONAREuri de rotație	Clasele II și III	25 – 100	Fonte, oțeluri, metale neferoase și aliajele lor	De serie mare și de masă

Tabelul 1.1. Metode și procedee de semifabricare – continuare [3]

Metoda de obținere	Procedul din cadrul metodei	Dimensiuni sau mase		Complexitatea formei	Clasa de precizie sau abateri	Rugozitatea $R_a$ $\mu m$	Material	Caracterul producției
		Maxime	Minime					
Turnare	Turnare în forme permanente (cochile)	0,05–5000 kg	Grosimea minimă a peretelui 1,5 mm pentru metale neferoase	Simple și mijlocii în funcție de posibilitățile de extragere a piesei turnate din formă	Abateri 0,1 – 0,5 mm	12,5 – 50	Fonte, oțeluri, metale neferoase și aliajele lor	De serie și de masă
	Turnare de precizie	Până la 100 daN	Grosimea minimă a peretelui 1,5 mm	Configurație complicată	Clasele I și II	6,3 – 25	În special materiale cu prelucrabilitate scăzută	De serie și de masă
	Turnare sub presiune	Până la 16 daN	Grosimea minimă a peretelui 1 – 2 mm	Limitată numai de posibilitatea confecționării formei de turnare	Abateri 0,02 – 0,1 mm	1,6 – 6,3	Aliaje de zinc, aluminiu, magneziu, cupru, staniu și plumb	De serie și de masă
Deformare la cald	Matrițare prin extruziune fără bavuri	Diam. până la 200 mm	---	Simple	0,2 – 0,5 mm	Netedă 6,3 – 25	Oțeluri carbon, oțeluri aliate și aliaje neferoase	Serie și masă
Deformare la rece	Presare în volum	Diam. 30 mm	Diam. 3 mm	Simple	0,1 – 0,25 mm.	Netedă 6,3 – 25	Oțeluri și alte materiale cu plasticitate mare	Serie și masă
	Matrițare pe mașini de forjat orizontal	De obicei până la 100 Kg	Grosime pereți 2,5 mm	Limitată de posibilitatea confecționării matriței	0,4 – 25 mm în direcția deschiderii matriței ceva mai mică	Rugoasă 12,5 – 50	Oțeluri carbon, oțeluri aliate și aliaje neferoase	Serie și masă
	Laminare profilată	De obicei până la 50 Kg	Grosime pereți peste 1,5 mm	Simple	0,4 – 25 mm	Rugoasă 12,5 – 50	Oțeluri carbon, oțeluri aliate și aliaje neferoase	Serie și masă
	Forjare liberă	Nelimitat	–	Simple	1,5 – 25 mm	Peste 100	Oțeluri carbon, oțeluri aliate și aliaje neferoase	Individual și serie mică
	Matrițare la ciocan	De obicei până la 100 kg	Grosimea pereților 2,5 mm	Limitată de posibilitatea confecționării matriței	0,4 – 25 mm în direcția deschiderii matriței ceva mai mică	Rugoasă 25 – 50	Oțeluri carbon, oțeluri aliate și aliaje neferoase	Serie și masă
	Laminare periodică longitudinală	De obicei până la 50 kg	Grosimea pereților 1,5 mm	Simple	0,4 – 25 mm	Rugoasă 12,5 – 25	Oțeluri carbon, oțeluri aliate și aliaje neferoase	Serie și masă
	Matrițare pe prese de calibrare	De obicei până la 100 kg	Grosimea pereților 1,5 mm	Limitată de posibilitatea confecționării matriței	0,4 – 1,8 mm	Netedă 6,3 - 12,5	Oțeluri carbon, oțeluri aliate și aliaje neferoase	Serie și masă

Factorii care determină alegerea metodei și a procedului de elaborare a semifabricatului sunt: materialul impus piesei; forma și dimensiunile piesei; dimensiunile; tipul producției; precizia necesară; costul prelucrărilor mecanice; utilajele existente sau posibile de utilizat.

Stabilirea metodei și a procedului optime trebuie făcută pe baza unui calcul economic, astfel încât costurile implicate să fie cât mai scăzute.

Astfel, pentru reperul prezentat în fig. 1.5, cele două metode posibile pentru obținerea semifabricatului sunt: laminarea și deformarea la rece (prin matrițare) – v. fig. 1.6.

Ținând cont de faptul că volumul de producție impus este de 6.000 buc. /an (tipul producției fiind serie mare, SM), din considerente economice se optează pentru a doua metodă, procedeul fiind matrițarea pe mașini de forjat orizontale.

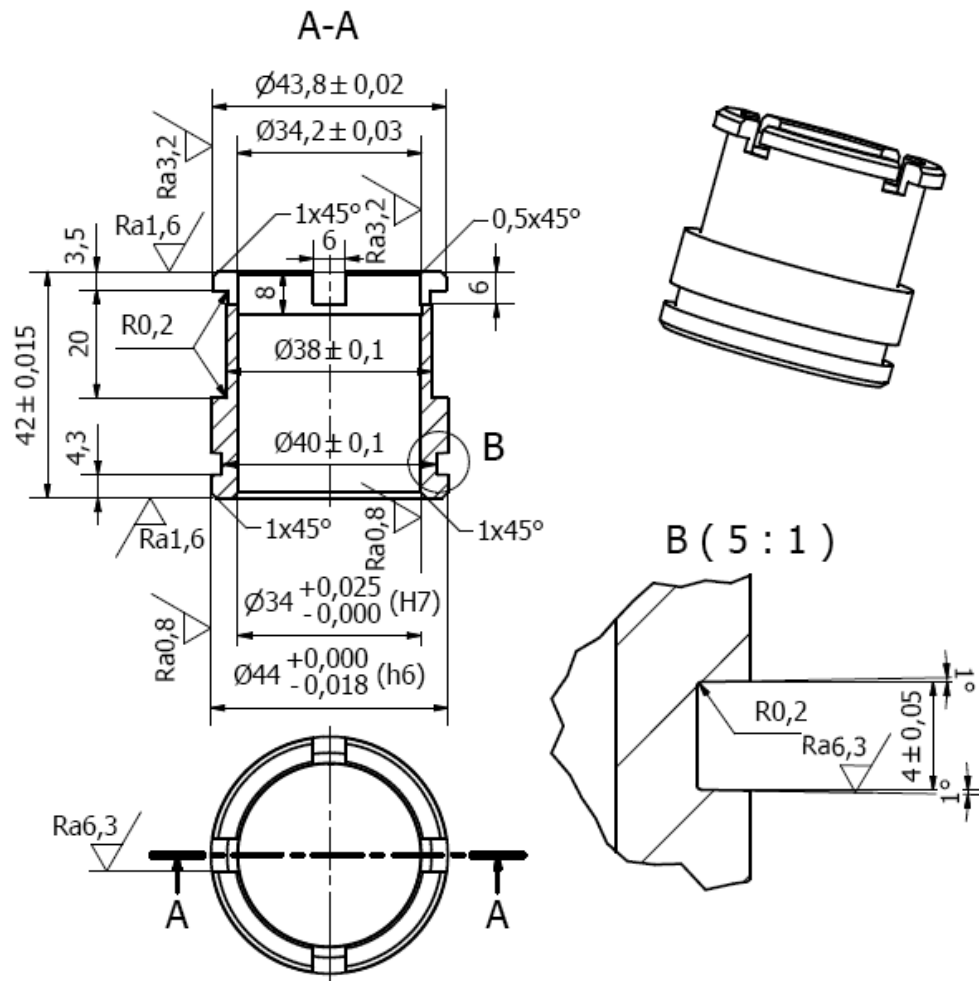


Fig. 1.5 Reper: BUCȘĂ  
material: 18MnCr11 STAS 791 – 88

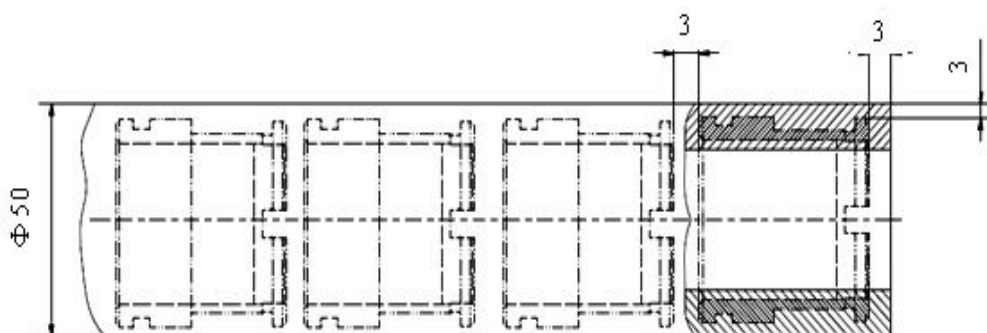


Fig. 1.6 Semifabricat laminat – pentru reper: BUCȘĂ

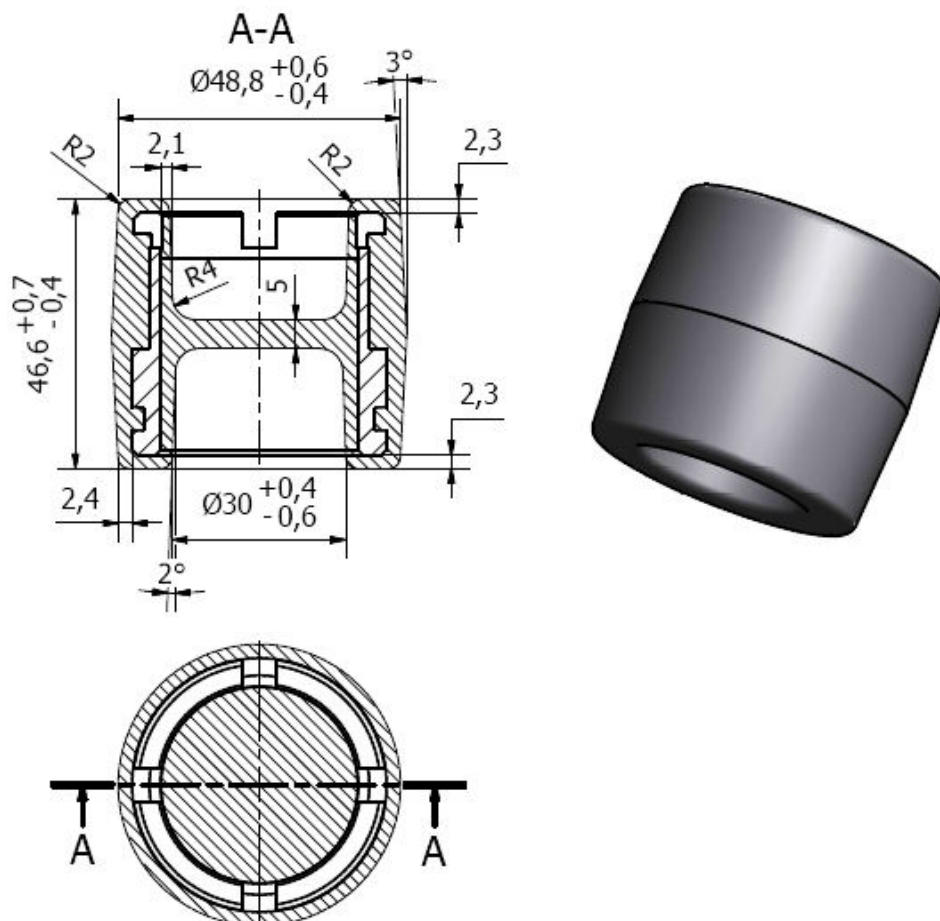


Fig. 1.6 Semifabricat matrișat – pentru reper: BUCȘĂ (continuare)

#### 1.4 Tehnologicitatea pieselor

*Tehnologicitatea* este însușirea construcției piesei prin care aceasta, fiind eficientă și sigură în exploatare, se poate executa la volumul de producție stabilit cu consumuri de material și de muncă minime, deci și cu costuri scăzute.

Tehnologicitatea, ca noțiune, se referă la două aspecte:

- *tehnologicitatea de exploatare*, care privește latura utilizării reperului;
- *tehnologicitatea de fabricație*, legată de măsura în care reperul poate fi obținut cu un cost minim al execuției, cu un volum redus de muncă și cu un consum scăzut de materiale.

Trecând la cazul concret al existenței desenului de execuție, se vor urmări succesiv aspectele următoare.

T1. *Prelucrabilitatea prin așchiere* – din punct de vedere al consumului de scule, consumului de energie, rugozității obținute la suprafețele prelucrate.

T2. *Forma constructivă a piesei* - asigură prelucrarea în condiții cât mai convenabile, adică diferitele suprafețe ale piesei, care urmează a fi generate prin așchiere, sunt ușor accesibile și pot fi prelucrate cu scule standardizate

T3. *Prescrierea rațională a toleranțelor și a rugozităților suprafețelor prelucrate*

- pentru suprafețele care nu determină parametri de funcționare, toleranțele la dimensiuni sunt prescrise conform ISO 2768, clasa de precizie mK, deci nu mai mici decât cele corespunzătoare preciziei economice.

- pentru suprafețele principale, adică acele suprafețe care determină parametri de funcționare ai piesei, toleranțele prescrise țin cont de aceste condiții de funcționare.



- rugozitățile prescrise suprafețelor care formează ajustaje cu alte piese din ansamblu sunt în conformitate cu următoarele relații:

$$R_z = (0,1\dots0,15)T, \quad d \geq 50;$$

$$R_z = (0,15\dots0,2)T, \quad 18 \leq d \leq 50;$$

$$R_z = (0,2\dots0,25)T, \quad 1 \leq d \leq 18;$$

$$R_z \cong 4R_a.$$

T4. *Gradul de utilizare* al materialului - se determina cu relația:

$$\eta_m = \frac{m_p}{m_{sf}} \quad (1.4)$$

unde:  $m_p$  - reprezintă masa piesei ;  $m_{sf}$  - masa semifabricatului

T5. *Gradul de unificare și normalizare* este definit prin:

$$\lambda_l = \frac{l_t - l_{t,d}}{l_t} \quad (1.5)$$

unde:  $l_{t,d}$  – numărul de elemente neunificate ;  $l_t$  – numărul total de elemente

### 1.5 Precizia de prelucrare. Calitatea suprafețelor

*Precizia* reprezintă un indicator de calitate care arată gradul de corespondență al caracteristicilor dimensionale, de formă geometrică și de poziție reciprocă a suprafețelor pieselor cu valorile teoretice precizate în desenul de execuție.

În funcție de stadiul în care se analizează, precizia se referă la faza de proiectare și se numește *precizie funcțională*, sau la faza de execuție a piesei și se numește *precizie tehnologică* sau *precizie de prelucrare*.

Precizia funcțională este determinată de mărimea și dispunerea câmpurilor de toleranță atribuite la proiectarea caracteristicilor menționate și depinde, nemijlocit, de rolul funcțional al piesei. Precizia tehnologică este determinată de metodele și mijloacele utilizate la execuția piesei și trebuie să fie superioară preciziei funcționale pentru ca piesa să corespundă din punct de vedere tehnic.

*Calitatea* unei suprafețe prelucrate poate fi caracterizată pe baza a două proprietăți, și anume: *starea fizico - chimică* a suprafeței și *starea geometrică* a suprafeței.

Starea fizico - chimică a suprafeței este definită de caracteristicile fizico - chimice ale stratului superficial. *Starea geometrică* a suprafeței este definită prin abaterile geometrice ale suprafeței reale în raport cu cea teoretică, definită prin desen.

*Starea geometrică* a suprafeței poate fi caracterizată prin două categorii de abateri: *microneregularitățile* și *macroneregularitățile*.

Macroneregularitățile includ, și ele, două categorii de abateri: abaterile de formă și ondulațiile. Cele două categorii de abateri care formează macroneregularitățile mai sunt denumite și abateri de ordinul 1, respectiv de ordinul 2. Ondulațiile sunt abateri relativ periodice, al căror pas este de câteva ori mai mare decât adâncimea lor, fiind provocate, în principal, de vibrațiile de mică frecvență care se manifestă în sistemele tehnologice.

*Microneregularitățile*, sau *rugozitatea suprafeței*, reprezintă abateri cu pasul mult mai mic, ca urmare pot fi distribuite inclusiv pe ondulații. Rugozitatea suprafețelor formează abaterile geometrice de ordinul 3 și 4.

În tabelul 1.2 sunt prezentate precizia economică și valorile rugozității suprafeței obținute prin diferite procedee de prelucrare.

Tabelul 1.2 Clase de precizie și valori ale rugozității specifice diferitelor procedee de prelucrare [4], [5]

Felul prelucrării mecanice	Clasa de precizie		Rugozitatea suprafeței $R_a$ , în $\mu m$
	Economică	Limita maximă	
Găurire cu burghiul	10 – 12	9	12,5 – 6,3
Adâncire			
- de degroșare	11 – 13	10	12,5 – 6,3
- de finisare	9 – 10	8	6,3 – 3,2
Alezare			
- de degroșare	8 – 9	7	3,2 – 1,6
- de finisare	6 – 7	6	1,6 – 0,8
- foarte fină	6 – 7	5	0,8 – 0,4
Broșare			
- de degroșare	8 – 9	7	6,3 – 3,2
- de finisare	7 – 8	6	1,6 – 0,8
- foarte fină	6 – 7	5	0,8 – 0,4
Frezare cilindrică și frontală			
- de degroșare	10 – 12	9	25 – 12,5
- de finisare	9 – 10	8	6,3 – 1,6
- foarte fină	7 – 8	7	1,6 – 0,8
Rabotare			
- de degroșare	11 – 12	10	25
- de finisare	9 – 11	8	12,5 – 3,2
Strunjire exterioară			
- de degroșare	11 – 13	10	50 – 25
- de semifinisare	10 – 11	9	25 – 6,3
- de finisare	8 – 9	7	6,3 – 1,6
- foarte fină (cu diamant)	6 – 7	5	0,8
Strunjire interioară			
- de degroșare	11 – 13	10	50 – 25
- de semifinisare	10 – 11	9	25 – 6,3
- de finisare	8 – 10	6	6,3 – 1,6
- foarte fină (cu diamant)	6 – 7	5	0,8

Tabelul 1.2 Clase de precizie și valori ale rugozității specifice diferitelor  
procedee de prelucrare [4], [5] - continuare

Felul prelucrării mecanice	Clasa de precizie		Rugozitatea suprafeței $R_a$ , în $\mu m$
	Economică	Limita maximă	
Rectificare rotundă - de degroșare - de finisare - foarte fină	8 – 10 7 – 8 6 – 7	7 6 5	6,3 – 3,2 1,6 – 0,4 0,2
Rectificare plană - de degroșare - de finisare - foarte fină	8 – 10 7 – 8 6 – 7	7 6 5	6,3 – 3,2 1,6 – 0,8 0,4
Honuire - medie - foarte fină	7 6	6 5	0,8 – 0,2 0,1 – 0,025
Lepuire - prealabilă - medie - foarte fină	6 6 5	6 6 5	0,8 – 0,4 0,2 0,1 – 0,025
Rodare - de finisare - foarte fină	6 5	6 5	1,6 – 0,4 0,4 – 0,05
Filetare exterioară - cu filiera - cu cuțitul - prin rectificare	7 – 8 7 – 8 6 – 7	6 6 5	3,2 – 1,6 1,6 – 0,8 0,4 – 0,1
Filetare interioară - cu tarodul - cu cuțitul	9 – 10 7 – 9	7	3,2 – 1,6 1,6 – 0,8
Prelucrarea danturii - prin rabotare - prin frezare - prin rectificare	7 – 10 7 – 10 6 – 7	6 6 5	3,2 – 1,6 1,6 – 0,8 0,8 – 0,1

## CAPITOL 2

## **PROIECTAREA PROCESELOR TEHNOLOGICE DE FABRICARE A COMPONENTELOR MECANICE ALE ROBOȚILOR INDUSTRIALI**

### **2.1 Date inițiale generale**

Procesul tehnologic este proiectat pentru a fi aplicat într-un sistem de fabricație (o secție sau atelier de prelucrare mecanică prin așchiere). Proiectantul trebuie să cunoască de ce resurse materiale, financiare și umane dispune sistemul de fabricație în care urmează să fie prelucrată piesa.

Se întâlnesc, în principal, două situații:

S1. Proiectarea procesului tehnologic pentru *o secție de prelucrare dată*.

Situație este des întâlnită la proiectarea proceselor tehnologice într-o fabrică existentă, când proiectantul trebuie să cunoască resursele materiale, umane și financiare ale fabricii / secției..

S2. Proiectarea procesului tehnologic pentru *o secție de prelucrare nouă*, când nu sunt impuse restricții în alegerea utilajelor, a forței de muncă sau în ceea ce privește resursele financiare. Restricțiile materiale și umane pot fi legate de oferta pieței la momentul respectiv.

Datele inițiale generale necesare proiectării unui proces tehnologic se referă la următoarele:

- documentația tehnică de bază – implică acele documente ale căror prevederi trebuie neapărat respectate în cursul execuției reperului și include:

- desenul de execuție al reperului
- desenul de ansamblu general al subansamblului din care face parte reperul.

- durata de realizare a programului de producție: 1 an;

- programa de producție aferentă reperului, și anume, cantitatea de produse necesar a fi fabricate într-un an:

- regimul de utilizare a resursei umane: 1 schimb/zi;

- unitatea de producție:

- obiectivul principal, care este proiectarea unei tehnologii noi, sau îmbunătățirea unei tehnologii existente în vederea obținerii:

- unei calități ridicate;
- unui cost minim;
- unor termene de livrare reduse;
- unui profit maxim;
- unei durate de fabricație scurte

### **2.2 Principii de proiectare a structurii proceselor de fabricare**

#### **2.2.1 Baze și sisteme de baze [1], [6], [7]**

*Bazele* semnifică acele elemente geometrice ale piesei care servesc la stabilirea unor raporturi de poziție reciprocă cu alte elemente geometrice ale piesei însăși, sau cu elemente geometrice ale altor piese într-un ansamblu.

B1. *Bazele de cotare* sunt elemente geometrice ale piesei în funcție de care se precizează, prin dimensiuni liniare sau unghiulare, poziția altor elemente geometrice ale piesei.

În funcție de complexitatea constructivă, o piesă poate avea una sau mai multe baze de cotare. În general, bazele de cotare principale sunt atașate suprafețelor piesei care au rolul funcțional cel mai important.

B2. *Bazele tehnologice* sunt elemente geometrice ale piesei prin care se definește poziția relativă a acesteia față de sculă și traiectoriile mișcărilor de generare, în procesul prelucrării uneia sau mai multor suprafețe ale sale.

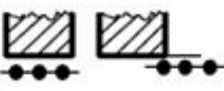


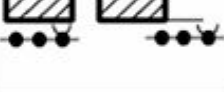
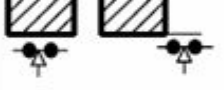
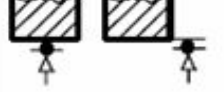


Bazele tehnologice se stabilesc de către proiectantul de proces tehnologic, astfel încât să se asigure obținerea preciziei prescrise pe desenul piesei. Mulțimea bazelor tehnologice care participă la orientarea piesei, în vederea prelucrării uneia sau a mai multor suprafețe simultan, formează un *sistem de baze tehnologice*.

Bazele tehnologice, care coincid cu bazele de cotare ale suprafețelor care se prelucurează în operația respectivă, se numesc *baze tehnologice principale*. Celelalte *baze tehnologice* sunt *secundare*.

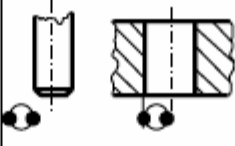
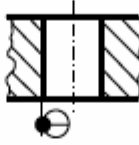
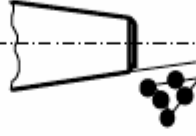
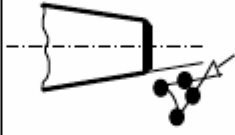


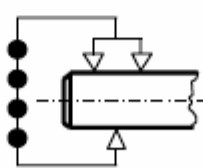
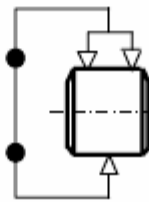
B3. *Bazele de orientare* sunt elemente geometrice ale reazemelor dispozitivului care definesc poziția piesei în vederea prelucrării, și au o determinare univocă. .

Tipuri de reazeme (elemente componente ale dispozitivelor de prelucrare) și bazele de orientare asociate acestora sunt prezentate în tabelul 2.1.

Tabelul 2.1 Elemente de simbolizare informațională a orientării pieselor [1]

Nr. crt.	Felul orientării	Simbolizarea orientării	Tipuri de reazeme	Bazele de orientare
0	1	2	3	4
1.	Orientarea pe suprafață plană, cu legarea a trei grade de libertate, folosind reazeme principale fixe (bază de așezare)		Cepuri de reazem. Plăcuțe de reazem	Planul determinat de cepuri sau plăcuțe
2.	Orientarea pe suprafață plană, cu legarea a două grade de libertate, folosind reazeme fixe (bază de ghidare)		Cepuri de reazem. Plăcuțe de reazem	Dreapta determinată de cepuri sau plăcuțe
3.	Orientarea pe suprafață plană sau curbă, cu legarea unui singur grad de libertate, folosind reazem principal fix (bază de sprijin)		Cep de reazem. Plăcuță de reazem	Punctul determinat de cep sau plăcuță
4.	Orientarea pe suprafață plană, cu legarea a trei grade de libertate, folosind două reazeme principale fixe și unul autoreglabil (bază de așezare)		Cepuri de reazem. Plăcuță de reazem	Planul determinat de cepuri sau plăcuțe
5.	Orientarea pe suprafață plană, cu legarea a două grade de libertate, folosind reazem principal mobil (bază de ghidare)		Placă de reazem mobilă, cu cepuri sau plăcuțe	Dreapta determinată de cepuri sau plăcuțe
6.	Orientarea pe suprafață plană, cu legarea unui singur grad de libertate, folosind reazem principal mobil (bază de sprijin)		Plăcuță de reazem mobilă	Punctul determinat de plăcuța mobilă
7.	Orientarea pe suprafață cilindrică lungă, cu legarea a patru grade de libertate, folosind reazeme principale cu contur închis (bază dublă de centrare)		Bucșă rigidă lungă. Bolț rigid lung	Axa geometrică a bucșei sau a bolțului
8.	Orientarea pe suprafață cilindrică lungă, cu legarea a patru grade de libertate, folosind reazem principal fix cu contur deschis (bază dublă de ghidare)		Prismă normală fixă	Dreapta de intersecție a planelor prisme

Tabelul 2.1 Elemente de simbolizare informațională a orientării pieselor [1]  
- continuare -

0	1	2	3	4
9.	Orientarea pe suprafață cilindrică, cu legarea a două grade de libertate, folosind reazeme principale fixe cu contur închis (bază de centrare)		Bucșă scurtă fixă. Bolț scurt fix	Axa geometrică a bucșei sau a bolțului
10.	Orientarea pe suprafață cilindrică interioară, cu legarea unui singur grad de libertate, folosind reazem principal fix cu contur închis (bază de sprijin)		Bolț scurt fix frezat	Punctul determinat de bolțul frezat
11.	Orientarea pe suprafață conică lungă, cu legarea a cinci grade de libertate, folosind reazem principal fix (bază dublă de centrare și sprijin)		Bucșă conică fixă	Axa geometrică a conului bucșei. Vârful conului bucșei
12.	Orientarea pe suprafață conică lungă, cu legarea a patru grade de libertate, folosind reazem principal mobil (bază dublă de centrare)		Bucșă conică mobilă	Axa geometrică a conului bucșei.
13.	Orientarea pe suprafață conică scurtă, cu legarea a trei grade de libertate, folosind reazem principal fix rigid (bază de centrare și sprijin)		Bucșă conică fixă	Axa geometrică a conului bucșei. Vârful conului bucșei
14.	Orientarea pe suprafață conică scurtă, cu legarea a două grade de libertate, folosind reazem principal mobil (bază de centrare)		Bucșă conică mobilă	Axa geometrică a conului bucșei.
15.	Orientarea pe suprafață cilindrică lungă, cu legarea a patru grade de libertate, folosind reazeme principale mobile, deplasabile simultan pe trei direcții (bază dublă de centrare)		Mecanism autocentrant cu fălci sau cu bucșă elastică	Dreapta de intersecție a planelor de simetrie ale fălcilor
16.	Orientarea pe suprafață cilindrică scurtă, cu legarea a două grade de libertate, folosind reazeme principale mobile, deplasabile simultan pe trei direcții (bază dublă de centrare)		Mecanism autocentrant cu fălci sau cu bucșă elastică	Dreapta de intersecție a planelor de simetrie ale fălcilor

*Observații:*

1. Bazele tehnologice și bazele de orientare se găsesc într-o relație biunivocă, și anume, fiecărei baze tehnologice îi corespunde, în procesul orientării, o bază de orientare, și invers, fiecărei baze de orientare îi corespunde o bază tehnologică. În sens mai larg, sistemului bazelor tehnologice îi corepunde sistemul bazelor de orientare.

2. La proiectarea proceselor tehnologice, se stabilesc mai întâi bazele tehnologice și apoi bazele de orientare.

3. Pentru același sistem de baze tehnologice, se pot forma mai multe sisteme de baze de orientare. Acestea diferă între ele prin tipologia reazemelor utilizate la materializarea bazelor tehnologice.

Astfel, de exemplu, materializarea axei unei suprafețe cilindrice exterioare, tip scurt, (considerată baza tehnologică) se poate face fie cu bucușă cilindrică scurtă (poz. 9, în tabelul 2.1), fie cu mekansim autocentrat cu fălci, sau bucușă elastică scurtă (poz. 16, în tabelul 2.1).

B4. *Bazele de reglare* sunt elementele geometrice ale piesei sau dispozitivului de orientare și fixare față de care se execută reglarea sculei în vederea prelucrării.

## 2.2.2 Principii de proiectare a structurii proceselor tehnologice

În scopul stabilirii succesiunii operațiilor de prelucrare trebuie respectate anumite principii, după cum urmează:

- în prima operație, cel mult în a doua se recomandă prelucrarea suprafețelor care vor servi ca baze tehnologice pentru operațiile următoare;
- dacă piesa finită conține și suprafețe neprelucrate, fără rol funcțional, atunci se recomandă ca în prima operație, când se prelucrează bazele tehnologice, să fie folosite la orientarea piesei acele suprafețe care rămân neprelucrate;
- suprafețele care conțin eventuale defecte provenite din semifabricare se vor prelucra în primele operații, imediat după prelucrarea bazelor tehnologice;
- bazele tehnologice care se prelucrează la începutul procesului tehnologic să fie, pe cât posibil, și baze de cotare principale;
- în prima parte a procesului tehnologic se fac prelucrările de degroșare, iar în a doua parte – prelucrările de finisare, pentru a asigura precizia necesară a piesei și utilizarea rațională a mașinilor-unelte de precizie diferite;
- la piesele de dimensiuni mari și foarte mari se introduce o operație de tratament termic de detensionare după prelucrările de degroșare;
- operația de tratament termic de durificare, acolo unde este cazul, se introduce înaintea operațiilor de rectificare și a operațiilor de netezire;
- dacă în timpul prelucrării piesei se modifică rigiditatea acesteia, se recomandă ca în prima parte a procesului tehnologic să se execute operațiile care nu modifică prea mult rigiditatea piesei;
- în cazul pieselor cu mai multe dimensiuni tolerate se va avea în vedere ca ordinea operațiilor să fie inversă gradului de precizie;
- executarea găurilor, canalelor de pană, canelurilor, filetelor se recomandă a se efectua către sfârșitul procesului tehnologic, în scopul evitării deteriorării acestora în timpul transportului;
- succesiunea prelucrărilor trebuie să asigure un timp efectiv minim;
- se recomandă să se utilizeze cât mai puține baze tehnologice pentru a reduce numărul de prinderi - desprinderi și a reduce erorile de poziționare; ideal este să se păstreze, dacă este posibil, aceleași baze tehnologice unice pe tot parcursul tehnologiei;
- suprafețele cu rugozitate mică și precizie ridicată se finisează în ultimile operații pentru a evita deteriorarea lor în cursul altor prelucrări sau al transportului;
- suprafețele pentru care se impun condiții de precizie a poziției reciproce (concentricitate, perpendicularitate) se prelucrează în aceeași prindere;
- în cazul prelucrării pe linii tehnologice în flux, volumul de prelucrări afectat fiecărei operații trebuie corelat cu ritmul mediu al liniei.

Respectarea principiilor menționate conduce la o structură de proces tehnologic a cărei schemă tehnologică este următoarea:

- prelucrarea suprafețelor care devin baze tehnologice pentru prelucrările ulterioare;
- prelucrarea de degroșare a suprafețelor principale (cele cu rol funcțional preponderent);
- prelucrarea de degroșare a suprafețelor secundare (auxiliare);
- tratament termic de detensionare (dacă este cazul);
- prelucrarea de finisare a suprafețelor principale;
- prelucrarea de finisare a suprafețelor secundare (dacă este cazul);
- prelucrarea filetelor, canelurilor, etc. (dacă este cazul);
- tratament termic de îmbunătățire a proprietăților mecanice (dacă este cazul);
- prelucrarea de netezire a unor suprafețe principale;
- controlul tehnic;
- marcarea, conservare, depozitare (dacă este cazul).

### 2.2.3 Procedee tehnologice de prelucrare prin așchiere

Principalele procedee de prelucrare prin așchiere sunt următoarele:

- debitare (suprafețe plane);
- strunjire (suprafețe cilindrice interioare și exterioare, netede sau în trepte, suprafețe plane frontale, găuri, filete exterioare și interioare, suprafețe profilate de rotație, suprafețe conice, canale circulare exterioare și interioare, etc.);
- prelucrarea găurilor (pe mașini de găurit și pe mașini de alezat și frezat);
- frezare (suprafețe plane orizontale, verticale și înclinate, suprafețe profilate complexe, canale de pană, danturi, caneluri, etc.);
- rabotare (suprafețe plane riglate, orizontale, verticale și înclinate, etc.);
- mortezare (canale de pană în alezaje, danturi interioare, suprafețe profilate interioare, etc.);
- broșare (suprafețe plane, cilindrice sau profilate interioare sau exterioare);
- rectificare (suprafețe cilindrice interioare și exterioare, netede sau în trepte, suprafețe plane frontale, găuri, filete exterioare și interioare, suprafețe profilate de rotație, suprafețe conice, canale circulare exterioare și interioare, etc.);
- pilire;
- prelucrare cu dalta;
- polizare;
- lepuire și rodare;
- honuire;
- lustruire.

Precizia economică și valorile rugozității suprafeței obținute prin majoritatea procedeelor de prelucrare enumerate sunt prezentate în tabelul 1.2 (subcapitolul 1.5)

Alegerea procedeelor de prelucrare corespunzătoare prelucrării unei anumite suprafețe (sau grup de suprafețe) se face ținând seama de anumiți factori, și anume:

- productivitatea mașinilor unelte existente sau a liniilor tehnologice;
- condițiile tehnice impuse piesei;
- mărirea coeficientului de precizie total, impus, ce trebuie realizat în urma prelucrării fiecărei suprafețe în parte.

Coeficientul de precizie se calculează cu relația [5]:

$$k_{tot} = \frac{T_{SF}}{T_P} \quad (2.1)$$

unde:  $T_{SF}$  – este toleranța semifabricatului [ $\mu m$ ];

$T_P$  – este toleranța dimensiunii, pentru suprafața respectivă, de obținut în urma prelucrării [ $\mu m$ ].



Valoarea coeficientului de precizie total se obține prin combinarea diferitelor metode de prelucrare pentru diferite mașini – unelte:

$$k_{tot}^{ef} = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot \dots \cdot k_n, \quad (2.2)$$

în care:

$n$  – este numărul de prelucrări (realizate prin diferite procedee) necesare executării suprafeței pentru a se obține precizia impusă.

*Exemplu:*

Pentru suprafața cilindrică interioară  $\Phi 34,2^{\pm 0,03} \times (42-8)$ ;  $R_a = 3,2 \mu m$  (v. desen reper BUCSĂ, fig. 1.5, subcapitol 1.3)

Se pot lua în considerare mai multe procedee: rectificare interioară sau strunjire de finisare

$$K_{tot} = \frac{T_{SF}}{T_p} = \frac{2100}{60} = 35$$

Strunjire de finisare (IT 9;  $T = 60 \mu m$ )

Înainte de strunjirea de finisare se face o strunjire de degroșare (IT 10)

$$K_1 = \frac{T_{sd}}{T_{sf}} = \frac{110}{60} = 1,83$$

$K_1 < K_{tot} \Rightarrow$  efectuarea altor prelucrări care să asigure un coeficient de precizie intermediar

$$K_{int.1} = \frac{K_{tot}}{K_1} = \frac{35}{1,83} = 19,13$$

Înainte de strunjirea de degroșare se face o lărgire (IT 12)

$$K_2 = \frac{T_l}{T_{sd}} = \frac{250}{110} = 2,27; \quad K_{int.2} = K_1 \cdot K_2 = 1,83 \cdot 2,27 = 4,16$$

Inițial se face lărgirea:  $K_3 = \frac{T_{SF}}{T_l} = \frac{2100}{250} = 8,4$

Coeficientul de precizie obținut este:

$$K_{tot}^{ef} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 = 1,83 \cdot 2,27 \cdot 8,4 = 34,89 \cong 35,00 = K_{tot} \Rightarrow$$

$\Rightarrow$  suprafața este complet prelucrată

#### 2.2.4 Procese tehnologice tip

Activitatea de proiectare se supune cerinței de eficiență economică. Ca urmare, piesa pentru care urmează să se proiecteze procesul tehnologic de prelucrare prin așchiere trebuie încadrată într-o familie, clasă sau grupă.

Piese se pot clasifica în clase, prin clasă înțelegându-se grupele similare ca formă și tehnologie de execuție. Totuși nu întotdeauna similitudinea formelor exterioare ale pieselor determină similitudinea proceselor tehnologice de fabricație a pieselor, ci, din contră, uneori piese diferite ca formă exterioară pot avea procese tehnologice de fabricație similare. Împărțirea pieselor în clase, în orice caz, trebuie să țină seama mai ales de similitudinea procesului de prelucrare pe tipuri de utilaje identice.

În cadrul unei clase, piesele se pot împărți în mai multe tipuri în funcție de complexitatea formei. Fiecărei clase îi corespunde un proces tehnologic tip.

În cele ce urmează se prezintă câteva procese tehnologice tip, pentru piese aparținând diferitelor clase [4].

Procesul tehnologic tip pentru piese din clasa „**BUCȘE**“:

- prelucrarea de degroșare a suprafeței interioare și a unei suprafețe frontale;
- prelucrarea de degroșare a suprafeței exterioare și a celei de a doua suprafețe frontale;
- prelucrarea de semifinisare a suprafeței interioare;
- prelucrarea de semifinisare a suprafeței exterioare;
- control intermediar;
- prelucrarea canalelor de pană sau a canelurilor;
- prelucrarea alezajelor secundare (axiale sau radiale);
- tratament termic;
- prelucrarea de finisare a suprafeței cilindrice interioare;
- prelucrarea de finisare a suprafeței cilindrice exterioare;
- control final.

Procesul tehnologic tip pentru piese din clasa „**DISCURI**“, tipul „**ROȚI DINȚATE**“:

- prelucrarea unei suprafețe frontale și a unei suprafețe cilindrice exterioare, ca baze tehnologice;
- prelucrarea celeilalte suprafețe frontale și a suprafețelor cilindrice exterioare și interioare, dacă este cazul;
- prelucrarea suprafețelor profilate;
- executarea operațiilor secundare;
- tratament termic;
- prelucrările de netezire la suprafețele cilindrice interioare și exterioare, de precizie ridicată;
- controlul final.

Procesul tehnologic tip pentru piese din clasa „**TIJE NEROTUNDE (PÂRGHII)**“:

- prelucrarea capului tijei și a unei găuri, ca baze tehnologice;
- prelucrarea de degroșare a suprafețelor principale;
- prelucrarea de degroșare a suprafețelor secundare;
- prelucrarea de finisare a suprafețelor principale;
- prelucrarea găurilor;
- tratament termic;
- prelucrarea de netezire a găurilor de precizie ridicată și a fețelor lor frontale;
- control final.

Procesul tehnologic tip pentru piese din clasa „**CARCASE**“,

- prelucrarea uneia sau a două suprafețe de arie maximă, ca baze tehnologice, cu prinderea piesei pe acele baze brute care rămân eventual neprelucrate pe piesa finită;
- prelucrarea a două găuri precise pe suprafața de bază prelucrată, ca baze tehnologice (la piesele de gabarit mare se preferă prelucrarea găurilor în aceeași operație cu suprafața de bază);
- prelucrarea de degroșare a celorlalte suprafețe mari ale piesei;
- prelucrarea de degroșare a suprafețelor mai mici ale piesei;
- prelucrarea de finisare a suprafețelor principale la care se impune acest lucru;
- prelucrarea găurilor de degroșare și finisare;
- prelucrarea filetelor;
- încercarea hidraulică a piesei, unde este cazul;
- tratament termic, dacă este cazul;
- prelucrările de netezire a suprafețelor cu precizie ridicată;
- controlul final.

### 2.2.5 Structura simplificată a proceselor tehnologice

Structura simplificată a proceselor tehnologice conține următoarele elemente definitorii:

- numărul de ordine și denumirea operațiilor (în succesiunea desfășurării lor);
- schița simplificată a operațiilor (semifabricatul în poziție de lucru, evidențierea suprafețelor baze tehnologice și a suprafețelor ce se prelucrează);
- utilajul, sculele aschietoare, dispozitivele și verificatoarele, indicate din punct de vedere al tipului acestora

Numărul operațiilor (fazelor) tehnologice necesare obținerii pieselor este în strânsă legătură cu condițiile tehnico-funcționale prescrise acestora. Operațiile tehnologice se pot grupa în: operații de degroșare, operații de finisare și operații de netezire.

Sucesiunea corectă a operațiilor se stabilește atunci când se ține seama atât de condițiile tehnice, care asigură posibilitatea realizării lor, cât și din considerente economice, care asigură cheltuieli minime de fabricație.

Numărul variantelor este mai mare cu cât numărul suprafețelor este mai mare.

Acest număr se poate determina cu relația [8]:

$$P_k = k!, \quad (2.3)$$

unde:  $k$  este numărul operațiilor tehnologice.

Stabilirea succesiunii operațiilor de prelucrare și a conținutului acestora se efectuează pe baza a două principii de proiectare, și anume: *principiul concentrării* operațiilor și *principiul diferențierii* operațiilor.

P1. *Principiul concentrării* operațiilor constă în executarea unor operații formate dintr-un număr mare de faze, care se pot executa succesiv, simultan sau succesiv – simultan, menținând aceeași orientare și fixare a piesei.

Procesul tehnologic concentrat se aplică la:

- prelucrarea pieselor în serie mică și individuală;
- prelucrarea pieselor de dimensiuni mari;
- prelucrarea pieselor în producția de serie pe mașini-unelte agregat, automate și semiautomate;
- prelucrarea pe mașini-unelte cu comandă numerică, centre de prelucrare și celule flexibile.

Dacă se utilizează principiul concentrării operațiilor la prelucrarea mecanică și sunt realizate simultan „ $m$ ” operații tehnologice elementare, din cele  $k$ . În acest caz numărul variantelor procesului tehnologic dat de relația (2.3), cu diverse succesiuni, va scădea la valoarea [8]:

$$C_k^m = \frac{k!}{(k-m)! \cdot m!} \quad (2.4)$$

P2. *Principiul diferențierii* operațiilor constă în executarea unor operații formate dintr-o singură fază sau dintr-un număr redus de faze în care se prelucrează o suprafață.

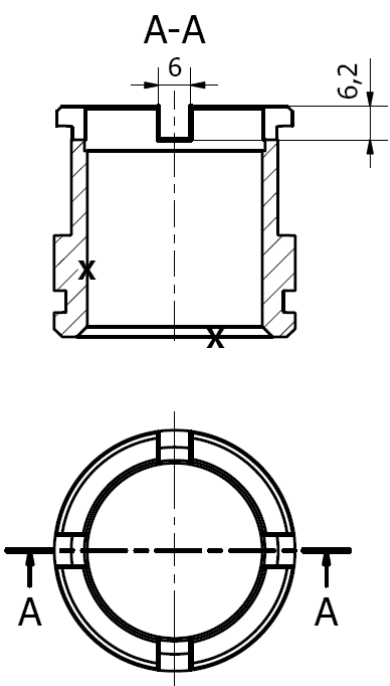
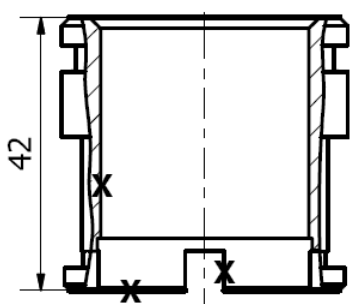
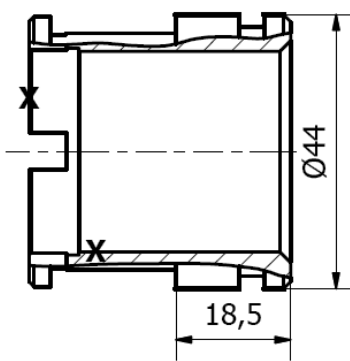
Proiectarea tehnologiei pe principiul diferențierii prelucrărilor este caracteristică producției de serie mare și masă, care se execută pe linii tehnologice cu flux continuu. De asemenea, principiul diferențierii se mai aplică în condițiile producțiilor de serie mică și mijlocie pe mașini universale și specializate, când se lucrează cu loturi de piese, pentru a se păstra reglajul sculelor.

În continuare se vor prezenta două structuri simplificate a proceselor tehnologice pentru fabricarea reperului BUCȘĂ (fig. 1.5, subcapitol 1.3). Astfel, în tabelul 2.2. este prezentat procesul tehnologic PT 1 – în cazul aplicării principiului diferențierii operațiilor, iar în tabelul 2.3. este prezentat procesul tehnologic PT 2 – în cazul aplicării principiului concentrării operațiilor.

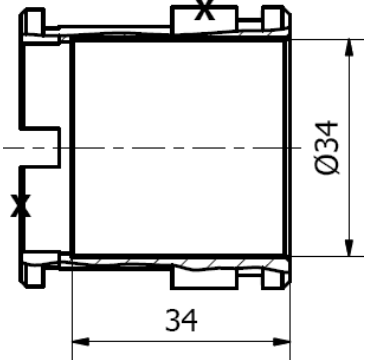
Tabelul 2.2 Structura simplificată a procesului tehnologic PT1

Operația		Utilaj și SDV-uri
Nr. și denumire	Schița	
10. STRUNJIRE I		<p>MU: tip SN  S: tip cuțit strunjit  D: universal  V. tip șubler, etalon rugozitate</p>
20. STRUNJIRE II		<p>MU: tip SN  S: tip cuțit strunjit  D: universal  V. tip șubler, calibru, raportor etalon rugozitate</p>
30. STRUNJIRE III		<p>MU: tip SN  S: tip cuțit strunjit  D: universal  V. tip șubler, calibru, raportor etalon rugozitate</p>

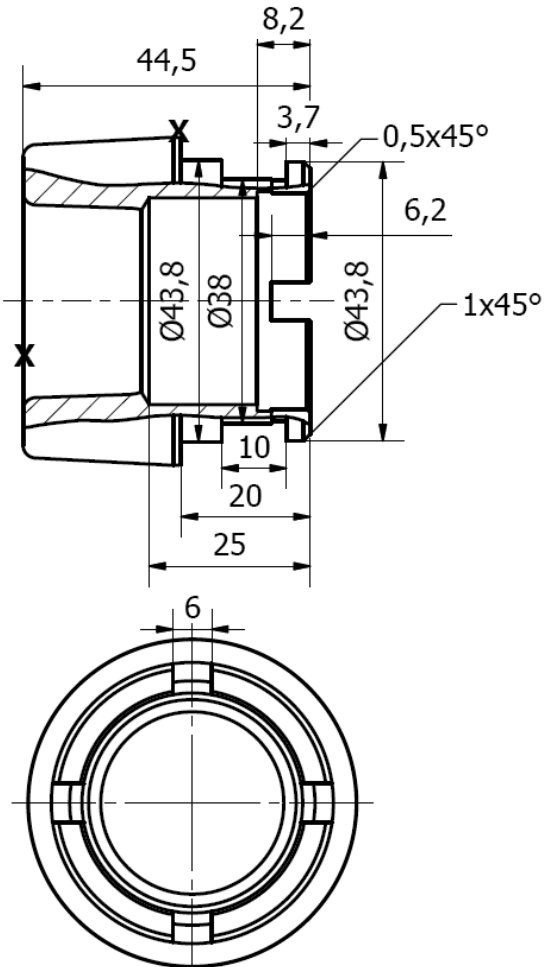
Tabelul 2.2 Structura simplificată a procesului tehnologic PT1 - continuare

Operația		Utilaj și SDV-uri
Nr. și denumire	Schița	
<b>40. FREZARE</b>		<p>MU: tip CNC S: tip freză, D: special V. tip șubler, calibru, etalon rugozitate</p>
<b>50. TRATAMENT TERMIC</b>		
<b>60. RECTIFICARE PLANĂ</b>		<p>MU: RP 250 S: disc rectificat D: masă magnetică V. tip șubler, micrometru calibru, etalon rugozitate</p>
<b>70. RECTIFICARE CILINDRICĂ EXTERIOARĂ</b>		<p>MU: tip WMW S: disc rectificat D: autocentrant V. tip șubler, micrometru calibru, etalon rugozitate</p>

Tabelul 2.2 Structura simplificată a procesului tehnologic PT1 - continuare

Operația		Utilaj și SDV-uri
Nr. și denumire	Schița	
80. RECTIFICARE CILINDRICĂ INTERIOARĂ		MU: tip WMW S: disc rectificat D: autocentrat V. tip șubler, micrometru calibru, etalon rugozitate

Tabelul 2.3 Structura simplificată a procesului tehnologic PT2

Operația		Utilaj și SDV-uri
Nr. și denumire	Schița	
10. PRELUCRARE COMPLEXĂ I		MU: centru CNC S: tip cuțit strunjit, freză D: special V. tip șubler, raportor, etalon rugozitate

Tabelul 2.3 Structura simplificată a procesului tehnologic PT2 - continuare

Operația		Utilaj și SDV-uri
Nr. și denumire	Schița	
20. PRELUCRARE COMPLEXĂ II		MU: centru CNC S: tip cuțit strunjit, D: special V. tip șubler, raportor, calibru etalon rugozitate
<b>30. TRATAMENT TERMIC</b>		
40. RECTIFICARE PLANĂ		MU: RP 250 S: disc rectificat D: masă magnetică V. tip șubler, micrometru calibru, etalon rugozitate
50. RECTIFICARE CILINDRICĂ EXTERIOARĂ		MU: tip WMW S: disc rectificat D: autocentrant V. tip șubler, micrometru calibru, etalon rugozitate
60. RECTIFICARE CILINDRICĂ INTERIOARĂ		MU: tip WMW S: disc rectificat D: autocentrant V. tip șubler, micrometru calibru, etalon rugozitate

### 2.2.6 Structura detaliată a proceselor tehnologice

Structura detaliată a proceselor tehnologice conține următoarele elementele definiției:

- numărul de ordine și denumirea operațiilor (în succesiunea desfășurării lor);
- numărul de ordine și denumirea fazelor (în succesiunea desfășurării lor);
- schița operațiilor (semifabricatul în poziție de lucru, evidențierea schemelor de orientare și fixare și a suprafețelor ce se prelucrează);
- prezentarea caracteristicilor utilajului, sculelor aschietoare, verificatoarelor;
- determinarea valorilor adaosurilor de prelucrare și calculul dimensiunilor intermediare;
- determinarea valorilor parametrilor regimului de așchiere;
- calculul norme tehnice de timp
- elemente specifice managementului fabricației;
- calcul economic – pentru variantele de proces tehnologic studiate.

#### A. Numărul de ordine și denumirea operațiilor / fazelor. Schița operației

Pentru reperul BUCȘĂ (fig. 1.5, subcapitol 1.3), se prezintă în continuare exemple referitoare la numărul și denumirea operațiilor, precum și schița operației.

*Exemplul 1:*

Operația 20. **STRUNJIRE II** – v.fig. 2.1

a. Orientat și fixat semifabricatul

1. Strunjire frontală degroșare la  $l = 42,9^{+0,140}$  [mm]
  2. Strunjire frontală finisare la  $l = 42,4^{+0,070}$  [mm]
  3. Strunjire cilindrică exterioară degroșare la  $\Phi 45,8_{-0,220}^0 \times 22,4$  [mm]
  4. Strunjire cilindrică exterioară finisare la  $\Phi 44,3_{-0,076}^0 \times 42,4$  [mm]
  5. Strunjire cilindrică interioară degroșare la  $\Phi 32_{0}^{+0,200} \times 17,4$  [mm]
  6. Strunjire cilindrică exterioară la  $\Phi 38^{+0,1} \times 10$  (prin poziționare inițială la  $3,5 + \frac{20}{2}$ ) [mm]
  7. Strunjire degajare exterioară la  $\Phi 40^{+0,1} \times 4$  [mm]
  8. Teșire exterioară  $1,5 \times 45^\circ$  [mm]
  9. Teșire interioară  $2 \times 45^\circ$  [mm]
- b. Desprins piesa

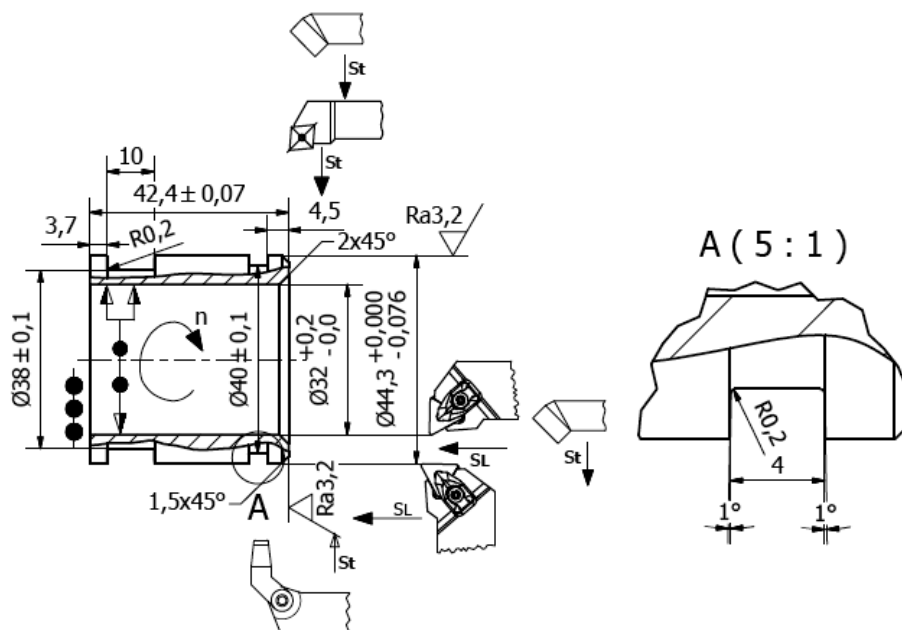


Fig. 2.2 STRUNJIRE II



*Exemplul 2:*

Operația 40. **FREZARE**– v. fig. 2.2

a. Orientat și fixat semifabricatul

1. Frezat 4 canale 6 x 6 [mm]

b. Desprins piesa

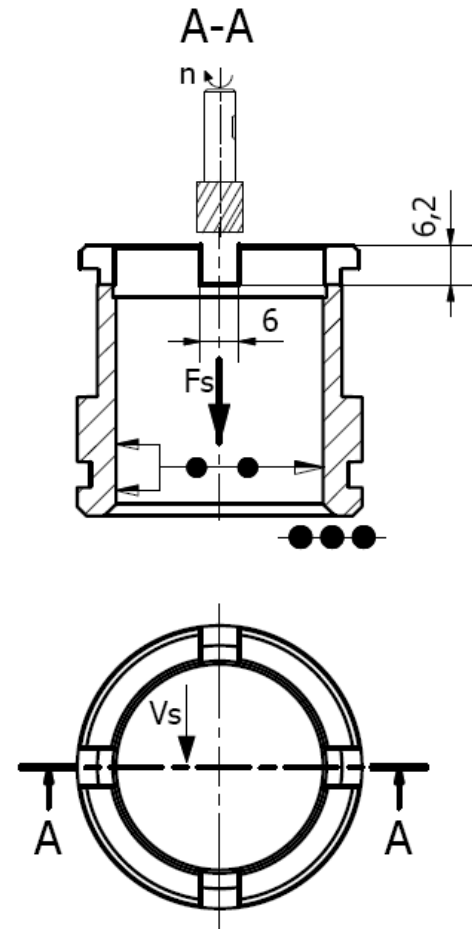


Fig. 2.2 FREZARE

*Exemplul 3:*

Operația 70. **RECTIFICARE CILINDRICĂ EXTERIOARĂ**– v. fig. 2.3

a. Orientat și fixat semifabricatul

1. Rectificare cilindrică exterioară degroșare la  $\Phi 44,1_{-0,034}^0 \times 18,5$  [mm]

2. Rectificare cilindrică exterioară finisare la  $\Phi 44_{-0,018}^0 \times 18,5$  [mm]

b. Desprins piesa

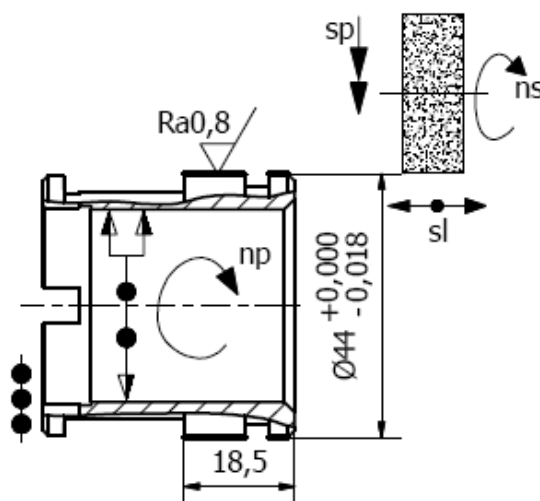


Fig. 2.3 RECTIFICARE CILINDRICĂ EXTERIOARĂ

### B. Adaosuri de prelucrare.

*Adaosul de prelucrare* reprezintă grosimea stratului de material îndepărtat la prelucrarea unei suprafețe în scopul obținerii gradului de precizie și de calitate a stratului superficial al acesteia.

Adaosurile de prelucrare sunt de două feluri: intermediare și totale.

*Adaosul de prelucrare intermediar* este acela care se îndepărtează într-o operație, fază sau trecere a procesului tehnologic; el rezultă ca diferența dintre dimensiunea semifabricatului la prelucrarea precedentă și cea curentă.

*Adaosul de prelucrare total* reprezintă suma tuturor adaosurilor intermediare; el rezultă ca diferența dintre dimensiunea semifabricatului inițial și cea a piesei finite.

În funcție de tipul suprafeței supuse prelucrării și a schemei de așchiere adoptate, adaosurile de prelucrare pot fi simetrice (a.) sau asimetrice (b.) – v.fig. 2.4.

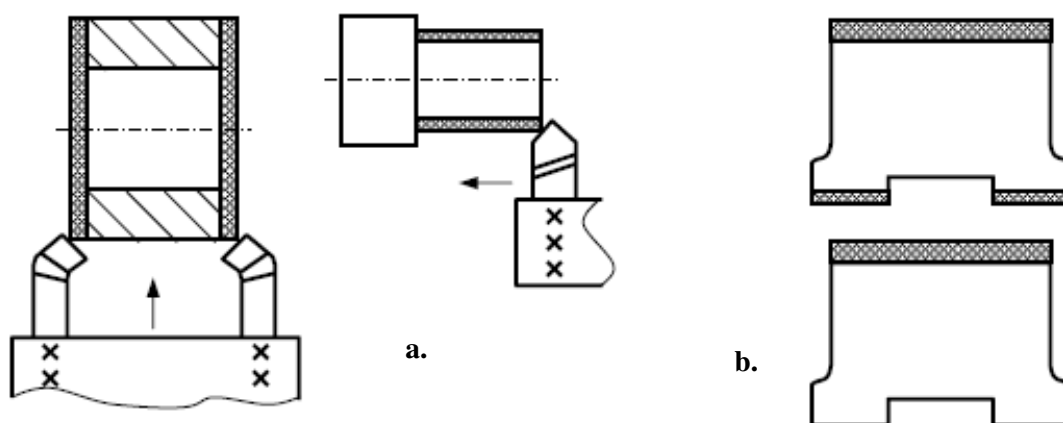


Fig. 2.4 Tipuri de adaosuri de prelucrare [9]

Pentru determinarea adaosurilor de prelucrare sunt utilizate două metode: metoda experimental-statistică și metoda calculului analitic.

Prin *metoda experimental-statistică*, adaosurile de prelucrare se determină cu ajutorul standardelor de stat sau al tabelor normative de adaosuri.

Acestea sunt recomandate pe baza unei experiențe practice de producție anterioare. Valorile adaosurilor recomandate în standarde sau normative sunt, în general, mai mari decât cele necesare obținerii piesei în condițiile preciziei impuse.

*Metoda calculului analitic* se bazează pe determinarea adaosurilor de prelucrare prin luarea în considerare a factorilor care influențează mărimea acestora.

Această metodă ține seama de condițiile concrete de realizare a procesului tehnologic și permite punerea în evidență a posibilităților de reducere a consumului de metal.

Adaosurile de prelucrare intermediare simetrice (pe diametru) la suprafețele exterioare și interioare se calculează cu relația [9]:

$$2A\pi_{\min} = 2(Rz_{i-1} + S_{i-1}) + 2\sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \quad (2.5)$$

în care:

- $A\pi_{\min}$  - adaosul de prelucrare minim pentru operația (faza) i, considerat pe o parte (pe rază sau pe o singură față plană);
- $2A\pi_{\min}$  - adaosul de prelucrare minim pentru operația (faza) i, considerat pe diametru sau pe două fețe plane opuse, prelucrate simultan;
- $Rz_{i-1}$  - înălțimea neregularităților profilului, rezultată la operația (faza) precedentă;
- $S_{i-1}$  - adâncimea stratului superficial defect, format la operația (faza) precedentă;

- $\rho_{i-1}$  - abaterile spațiale ale suprafeței de prelucrat față de bazele tehnologice ale piesei, rămase după efectuarea operației (fazei) precedente  $i - 1$ ;
- $\varepsilon_i$  - eroarea de instalare a suprafeței de prelucrat (inițiale) la operația sau faza considerată  $i$ .

Adaosurile de prelucrare intermediare minime asimetrice (unilaterale) la suprafețe plane opuse prelucrate succesiv, se calculează cu relația [9]:

$$A_{pi\ min} = Rz_{i-1} + S_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i \quad (2.6)$$

### C. Calculul dimensiunilor intermediare

*Dimensiunile intermediare* sunt dimensiunile succesive pe care le capătă suprafețele piesei în diferite etape de prelucrare, începând de la semifabricat și până la piesa finită, potrivit structurii procesului tehnologic.

Aceste dimensiuni trebuie cunoscute cu exactitate deoarece în funcție de ele se realizează reglarea sistemului tehnologic la prelucrare și la măsurare. Ele asigură, de asemenea, dimensionarea corectă a anumitor tipuri de scule, care lucrează la cotă fixă (burghie, alezoare, broșe etc.), precum și a unor verificatoare ca, de exemplu, calibrele limitative.

Schema dispunerii adaosurilor de prelucrare la execuția pieselor cu scule reglate la dimensiune este reprezentată în figura 2.5 (a. -pentru suprafețe exterioare cu adaos asimetric; b. - pentru suprafețe interioare cu adaos asimetric).

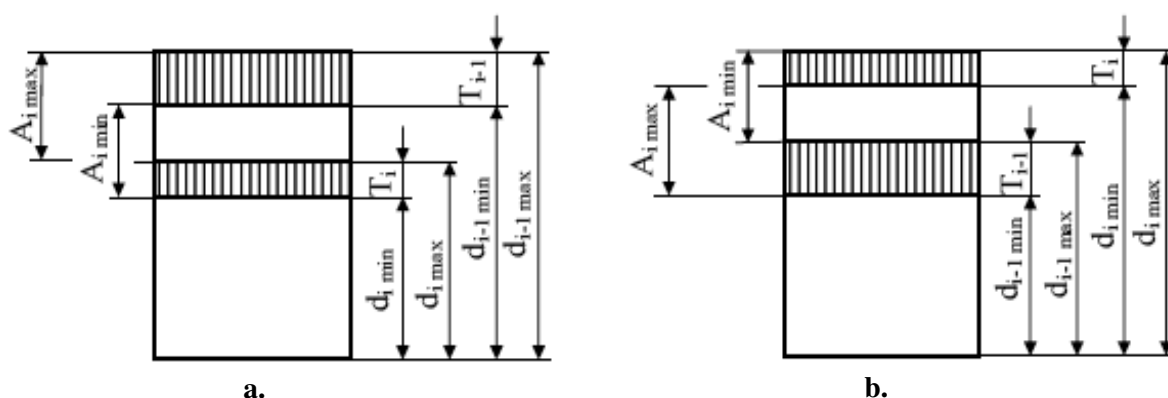


Fig. 2.5 Schema dispunerii adosurilor de pelucrare [9]

Dimensiunile nominale ale suprafețelor prelucrate cu scula reglată la dimensiune pentru un lot de piese, se recomandă a fi egale cu dimensiunile corespunzătoare mijlocului câmpului de toleranță.

Calculul dimensiunilor intermediare, corespunzătoare diferitelor tipuri de suprafețe, se face conform celor ce urmează:

- a) pentru suprafețe exterioare cu adaos asimetric:

$$\begin{aligned} d_{i-1\ nom} &= d_{i\ nom} + A_{i\ nom} \\ A_{i\ nom} &= A_{i\ min} + a_{ip} - a_{ic} \quad , \quad a_{ip} \geq a_{ic} \quad (2.7) \\ d_{i-1\ max} &= d_{i-1\ nom} + a_{sp} \\ d_{i-1\ min} &= d_{i-1\ nom} - a_{ip} \end{aligned}$$

b) pentru suprafețe exterioare cu adaos simetric:

$$\begin{aligned}d_{i-1\text{nom}} &= d_{i\text{nom}} + 2A_{i\text{nom}} \\2A_{i\text{nom}} &= 2A_{i\text{min}} + a_{ip} - a_{ic} \quad , \quad a_{ip} \geq a_{ic} \quad (2.8) \\d_{i-1\text{max}} &= d_{i-1\text{nom}} + a_{sp} \\d_{i-1\text{min}} &= d_{i-1\text{nom}} - a_{ip}\end{aligned}$$

unde:

$A_{i\text{nom}}$  - adaosul de prelucrare nominal la prelucrarea considerată [mm];

$A_{i\text{min}}$  - adaosul de prelucrare minim la prelucrarea considerată [mm],

$a_{sp}$ ,  $a_{ip}$  - abaterile superioară și inferioară, la faza precedentă de prelucrare [mm];

$a_{sc}$ ,  $a_{ic}$  - abaterile superioară și inferioară, la faza curentă de prelucrare [mm].

În continuare se prezintă exemple de calcul pentru adaosuri de prelucrare și dimensiuni intermediare, specifice fabricării reperului BUCȘĂ (fig. 1.5, subcapitol 1.3).

*Exemplu 4:*

Calculul adaosurilor de prelucrare și dimensiunilor intermediare la cota  $\Phi 44_{-0,018}^0$  mm

Pentru obținerea cotei  $\Phi 44_{-0,018}^0$  mm se fac următoarele prelucrări:

- strunjire cilindrică exterioară degroșare;
- strunjire cilindrică exterioară finisare;
- rectificare cilindrică exterioară degroșare;
- rectificare cilindrică exterioară finisare;

**a.** Pentru faza de rectificare cilindrică exterioară finisare (faza precedentă – rectificare cilindrică exterioară degroșare)

$$Rz_3 = 42 \mu m \quad [5, \text{tab. 6.1}]$$

$$S_3 = 0, \text{ pentru piese din oțel, } S \text{ se exclude din calcul după prima fază de prelucrare}$$

$$\rho_3 = 0$$

Eroarea de fixare pentru rectificarea cilindrică exterioară este:  $\varepsilon_4 = 0$

$$2Ap_{4\text{min}} = 2 \cdot (42 + 0) = 84 \mu m$$

Toleranța fazei precedente (rectificare degroșare) în treapta de toleranță 7 este:  $T_2 = 34 \mu m$

Diametrul minim al suprafeței finite este:  $d_{3\text{min}} = 44 + 0 = 44$  mm

Dimensiunea nominală înainte de rectificare finisare:

$$d_{3\text{mom}} = 44 + 0,084 = 44,084 \text{ mm}$$

Se rotunjește:  $d_{3\text{nom}} = 44,1$  mm

$$d_{3\text{min}} = 44,1 - 0,034 = 44,066 \text{ mm}$$

Faza de rectificare cilindrică exterioară degroșare se execută la cota:  $\Phi 44,1_{-0,034}^0$  mm

**b.** Pentru faza de rectificare cilindrică exterioară degroșare (faza precedentă – strunjire cilindrică exterioară finisare)

$$Rz_2 = 66 \mu m \quad [5, \text{tab. 6.1}]$$

$$S_2 = 0,$$

$$\rho_2 = 0$$

Eroarea de fixare pentru rectificarea cilindrică exterioară este:  $\varepsilon_3 = 0$

$$2Ap_{3\text{min}} = 2 \cdot (66 + 0) = 132 \mu m$$

Toleranța fazei precedente (strunjire de finisare) în treapta de precizie 9 este:  $T_2 = 76 \mu m$

Diametrul minim al suprafeței finite este:  $d_{3\text{min}} = 44,1 + 0 = 44,1$  mm

Dimensiunea nominală înainte de rectificare degroșare:

$$d_{2nom} = 44,1 + 0,132 = 44,232 \text{ mm}$$

Se rotunjește:  $d_{2nom} = 44,3 \text{ mm}$

$$d_{2min} = 44,3 - 0,076 = 44,224 \text{ mm}$$

Faza de strunjire cilindrică exterioară finisare se execută la cota:  $\Phi 44,3_{-0,076}^0 \text{ mm}$

**c.** Pentru strunjirea cilindrică exterioară finisare (faza precedentă este strunjirea cilindrică exterioară de degroșare)

$$Rz_1 = 125 \mu m ; S_1 = 70$$

$$\rho_1 = k \cdot \rho_{sf} [\mu m] - \text{abaterea spațială remanentă după strunjirea de degroșare}$$

$$\rho_{sf} = \sqrt{C_o^2 + (\Delta_y \cdot l)^2} - \text{abaterea spațială a axei suprafeței (datorită abaterii de la}$$

coaxialitate a axelor semimatrițelor),

în care:

$C_o = 25 \mu m$  - deplasarea axei suprafeței față de poziția nominală

$\Delta_y = 0,9 \mu m / mm$  - înclinarea specifică a axei găurii

$l = 46 \text{ mm}$

$$\rho_{sf} = \sqrt{25^2 + (0,9 \cdot 44)^2} \cong 62 \mu m$$

$$k = 0,06 \Rightarrow \rho_1 = 0,06 \cdot 62 = 3,8 \mu m$$

Eroarea de fixare pentru strunjirea cilindrică exterioară de finisare este:

$$\varepsilon_{f,rad2} = 520 \mu m$$

$$2Ap_{2min} = 2 \cdot (125 + 70) + 2 \cdot \sqrt{3,8^2 + 520^2} \approx 1430 \mu m$$

Toleranța fazei precedente (strunjire degroșare) în treapta de toleranță 11 este:  $T_3 = 220 \mu m$

Dimensiunea nominală înainte de strunjirea de finisare:

$$d_{1nom} = 44,3 + 1,430 = 45,730 \text{ mm}$$

Se rotunjește:  $d_{1nom} = 45,8 \text{ mm}$

$$d_{1max} = 45,8 - 0,220 = 45,580 \text{ mm}$$

Faza de strunjire cilindrică de degroșare se execută la cota:  $\Phi 45,8_{-0,220}^0 \text{ mm}$

Dimensiunea de semifabricare este:  $\Phi 48,8_{-0,4}^{+0,6} \text{ mm}$

*Exemplu 5:*

Calculul adaosului de prelucrare pentru prelucrarea suprafețelor plane la cota  $l = 42_{\pm 0,015} \text{ mm}$

Pentru obținerea cotei  $l = 42_{\pm 0,015} \text{ mm}$  se fac următoarele prelucrări:

- strunjire frontală degroșare  $S_1$
- strunjire frontală finisare  $S_1$
- strunjire frontală degroșare  $S_{10}$
- strunjire frontală finisare  $S_{10}$
- rectificare plană  $S_1$
- rectificare plană  $S_{10}$

**a.** Adaosul pentru rectificarea plană a suprafeței  $S_{10}$  (faza precedentă este strunjirea frontală de finisare)

Adaosul minim pentru rectificarea plană a suprafeței  $S_{10}$  este:

$$Ap_{6min} = 40 + 40 + 2,8 + 50 = 132,8 \mu m$$

Toleranța la faza de strunjire frontală finisare a suprafeței  $S_{10}$  în treapta de toleranță 11 este:  $140 \mu m$

Adaosul de prelucrare nominal pentru rectificarea plană a suprafeței  $S_{10}$  are valoarea:

$$Ap_{6nom} = 132,8 + (70-15) = 187,8 \mu m$$

Dimensiunea nominală:  $h_{5nom} = 42 + 0,1878 = 42,1878 \text{ mm}$

Cota la care se va face rectificarea plana a suprafeței  $S_1$  este:  $h_5 = 42,2^{\pm 0,015} \text{ mm}$

**b.** Adaosul pentru rectificarea plană a suprafeței  $S_1$  (faza precedentă este strunjirea frontală de finisare)

Adaosul minim pentru strunjirea frontală de finisare a suprafeței  $S_{10}$  este:

$$Ap_{4min} = 40 + 40 + 2,8 + 50 = 132,8 \mu m$$

Toleranța la faza de strunjire frontală finisare a suprafeței  $S_1$  în treapta de toleranță 11 este:  $140 \mu m$

Adaosul de prelucrare nominal pentru rectificarea plană a suprafeței  $S_1$  are valoarea:

$$Ap_{5nom} = 132,8 + (70-15) = 187,8 \mu m$$

Dimensiunea nominală:  $h_{5nom} = 42,2 + 0,1878 = 42,3878 \text{ mm}$

Cota la care se va face strunjirea frontală de finisare a suprafeței  $S_{10}$  va fi:  $h_4 = 42,4^{\pm 0,070} \text{ mm}$

**c.** Adaosul pentru strunjirea frontală de finisare a suprafeței  $S_{10}$  (faza precedentă este strunjirea frontală de degroșare)

Adaosul minim pentru strunjirea frontală de finisare a suprafeței  $S_{10}$  este:

$$Ap_{4min} = 352 \mu m$$

Toleranța la faza de strunjire frontală degroșare a suprafeței  $S_{10}$  în treapta de toleranță 11 este:  $280 \mu m$

Adaosul de prelucrare nominal pentru strunjirea frontală de finisare a suprafeței  $S_{10}$  are valoarea:

$$Ap_{4nom} = 412 \mu m$$

Dimensiunea nominală:  $h_{3nom} = 42,4 + 0,412 = 42,812 \text{ mm}$

Cota la care se va face strunjirea frontală de degroșare a suprafeței  $S_{10}$  este:  $h_3 = 42,9^{\pm 0,140} \text{ mm}$

**d.** Adaosul pentru strunjirea frontală de degroșare a suprafeței  $S_{10}$  (anterior strunjirii de degroșare suprafața  $S_{10}$  este în stare brută, matrițată)

$$Ap_{3min} = 1180 \mu m$$

Toleranța pentru faza precedentă este:  $T_2 = 1100 \mu m$

Adaosul de prelucrare nominal pentru strunjirea frontală de degroșare a suprafeței  $S_{10}$  are valoarea:

$$Ap_{3nom} = 1100 + (550-140) = 1510 \mu m$$

Dimensiunea nominală este:  $h_{3nom} = 42,9 + 1,510 = 44,41 \text{ mm}$

Cota la care se face strunjirea frontală de finisare a suprafeței  $S_1$  este:  $h_2 = 44,5^{\pm 0,070} \text{ mm}$

**e.** Calculul adaosului pentru strunjirea frontală de finisare a suprafeței  $S_1$  (faza precedentă este strunjirea frontală de degroșare)

Adaosul minim pentru strunjirea frontală de finisare a suprafeței  $S_1$  este:

$$Ap_{2min} = 352 \mu m$$

Toleranța la faza de strunjire frontală degroșare a suprafeței  $S_1$  în treapta de toleranță 11 este:  $280 \mu m$

Adaosul de prelucrare nominal pentru strunjirea frontală de finisare a suprafeței  $S_1$  are valoarea:

$$Ap_{2nom} = 352 + (140-70) = 412 \mu m$$

Dimensiunea nominală:  $h_{1nom} = 44,5 + 0,412 = 44,912 \text{ mm}$

Cota la care se va face strunjirea frontală de degroșare a suprafeței  $S_{10}$  este:  
 $h_3 = 45^{±0,140} \text{ mm}$

**f.** Adaosul pentru strunjirea frontală de degroșare a suprafeței  $S_1$  (anterior strunjirii de degroșare suprafața  $S_1$  este în stare brută, matrițată)

$$A_{p1min} = 1180 \text{ } \mu\text{m}$$

Toleranța pentru faza precedentă este:  $T_2 = 1100 \text{ } \mu\text{m}$

Adaosul de prelucrare nominal pentru strunjirea frontală de degroșare a suprafeței  $S_1$  are valoarea:

$$A_{p1nom} = 1100 + (550-140) = 1510 \text{ } \mu\text{m}$$

Dimensiunea nominală este:  $h_{3nom} = 45 + 1,510 = 46,51 \text{ mm} \rightarrow h_{3nom} \approx 46,6$

Dimensiunea de semifabricare este:  $46,6^{+0,700}_{-0,400} \text{ mm}$

#### **D. Determinarea parametrilor regimului de așchiere**

Determinarea valorilor optime ale parametrilor regimului de așchiere, prin metoda clasică, va cuprinde următoarele etape:

- determinarea durabilității optime a sculei pe baza unui criteriu de optimizare care poate fi, în general, costul minim al prelucrării sau productivitatea maximă;
- determinarea parametrilor regimului de așchiere ( $t$ ,  $s$ ,  $v$ ), într-o anumită ordine, utilizând normative și relații în care durabilitatea, calculată anterior, intră ca o constantă;
- verificarea unui număr redus de condiții restrictive impuse prelucrării.

Altă modalitate de a determina valorile optime ale parametrilor regimului de așchiere este aceea de a alege aceste valori din tabele și normative existente în literatura de specialitate și, eventual, a face anumite corecții (legate de tipul de material, sculă așchietoare, utilaj) în funcție de condițiile specifice așchierii suprafețelor.

O a treia modalitate de a stabili valorile optime ale parametrilor regimului de așchiere este aceea de a utiliza indicațiile producătorilor de scule așchietoare – utilizate la prelucrări.

În continuare se prezintă exemple de calcul a parametrilor regimului de așchiere, pentru faze specifice prelucrării reperului BUCȘĂ (fig. 1.5, subcapitol 1.3).

*Exemplul 6:*

Strunjire frontală degroșare la  $l = 45^{±0,140} \text{ [mm]}$  – prelucrare pe strung clasic, SN320

Stabilirea *durabilității economice* și a *uzurii sculei așchietoare*

$$T = 90 \text{ min [10, tab.6.8]; } VB = 0,4 - 0,6 \text{ mm [10, tab.6.9]}$$

Stabilirea *adâncimii de așchiere* și a numărului de treceri

$$a_p = \frac{A_p}{i} \text{ [mm]},$$

în care:  $A_p$  – adaosul de prelucrare;  $A_p = 1,6 \text{ mm}$

$i$  – număr de treceri;  $i = 1$

$$a_p = \frac{1,6}{1} = 1,6 \text{ mm}$$

Stabilirea *avansului de așchiere* [10, tab.6.17]:  $f = 0,16 \div 0,30 \text{ mm/rot}$

Din gama de avansuri a SN 320 aleg:  $f_t = 0,24 \text{ mm/rot}$

Stabilirea vitezei de aşchiere [10, rel.6.32]:

$$v = \frac{C_v}{T^{m_v} \cdot a_p^{x_v} \cdot f^{y_v}} \cdot K \quad [\text{m/min}] \quad (2.9)$$

unde:

$$K = K_T \cdot K_{vm} \cdot K_{st} \cdot K_c \cdot K_s \cdot K_\gamma \cdot K_\kappa \cdot K_{\kappa 1} \cdot K_r \cdot K_{VB} \cdot K_q \cdot K_{fr} \cdot K_{int}$$

$C_v$  – constantă care depinde de caracteristicile materialului care se prelucurează și al materialului sculei aşchietoare;

$$C_v = 294 \text{ pentru } s > 0,3 \text{ mm/rot [10, tab.6.45]}$$

$$C_v = 257 \text{ pentru } s < 0,3 \text{ mm/rot [10, tab.6.45]}$$

$T$  – durabilitatea sculei aşchietoare;

$m_v$  – exponentul durabilității;  $m_v = 0,125$  [10, tab.6.43]

$x_v, y_v$  – exponenții adâncimii de aşchiere și ai avansului [10, tab.6.45];

$$x_v = 0,18; y_v = 0,35 \text{ pentru } s > 0,3 \text{ mm/rot}$$

$$x_v = 0,18; y_v = 0,20 \text{ pentru } s < 0,3 \text{ mm/rot}$$

$K_T$  – coef. de corecție în funcție de durabilitatea sculei [10, tab.6.47];  $K_T = 1$  ( $T = 90$  min)

$K_{vm}$  – coef. de corecție în funcție de prelucrabilitatea materialelor [10, tab.6.51];

$$K_{vm} = 0,72 \text{ (18MnCr11)}$$

$K_c$  – coef. de corecție în funcție de tipul semifabricatului (matrițat) [10, tab.6.50];

$$K_c = 0,85 \text{ (prelucrare în stare necojită)}$$

$$K_c = 1 \text{ (prelucrare după decojire)}$$

$K_{st}$  – coef. de corecție în funcție de starea oțelului [10, tab.6.49];

$$K_{st} = 0,95$$

$K_s$  – coef. de corecție în funcție de calitatea părții active a sculei [10, tab.6.48];

$$K_s = 1 \text{ (P10)}; K_s = 0,92 \text{ (P20)}; K_s = 0,85 \text{ (P30)}$$

$K_\gamma$  – coef. de corecție în funcție de unghiul de degajare [10, tab.6.53];

$$K_\gamma = 1$$

$K_\kappa$  – coef. de corecție în funcție de unghiul atac principal [10, tab.6.55];

$$K_\kappa = 0,8 \text{ } (\kappa = 90^\circ); K_\kappa = 1 \text{ } (\kappa = 45^\circ); K_\kappa = 0,82 \text{ } (\kappa = 75^\circ)$$

$K_{\kappa 1}$  – coef. de corecție în funcție de unghiul de atac secundar [10, tab.6.56];

$$K_{\kappa 1} = 1 \text{ } (\kappa_1 = 0^\circ); K_{\kappa 1} = 0,87 \text{ } (\kappa_1 = 45^\circ); K_{\kappa 1} = 0,97 \text{ } (\kappa_1 = 15^\circ)$$

$K_{VB}$  – coef. de corecție în funcție de mărimea uzurii pe fața de aşezare [10, tab.6.58];

$$K_{VB} = 0,75$$

$K_r$  – coef. de corecție în funcție de raza la vârf a sculei [10, tab.6.57];

$$K_r = 1 \text{ } (r = 2 \text{ mm})$$

$K_q$  – coef. de corecție în funcție de secțiunea cuțitului [10, tab.6.60];

$$K_q = 1 \text{ } (25 \times 25); K_q = 0,97 \text{ } (20 \times 20); K_q = 0,93 \text{ } (\Phi 16; 16 \times 16)$$

$K_{fr}$  – coef. de corecție pentru strunjirea frontală [10, tab.6.62];

$$K_{fr} = 1,16; \left( \frac{d}{D} = \frac{0}{41} = 0 \right)$$

$K_{int}$  – coef. de corecție pentru strunjirea interioară.

$$K = 1 \cdot 0,72 \cdot 0,95 \cdot 0,85 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 0,93 \cdot 1,16 = 0,32$$

$$v = \frac{257}{90^{0,125} \cdot 1,6^{0,18} \cdot 0,24^{0,20}} \cdot 0,32 = 57,95 \text{ m/min}$$

$$\text{Stabilirea turației: } n = \frac{1000 \cdot 57,95}{\pi \cdot 50} = 369,11 \text{ rot/min}$$

Din gama de turații a strungului SN 320 aleg turația:  $n_r = 400$  rot/min



Se recalculează viteza reală:  $v_r = \frac{\pi \cdot 50 \cdot 400}{1000} = 62,80 \text{ m/min}$

*Exemplul 7:*

Strunjire cilindrică exterioară degroșare la  $\Phi 45,8_{-0,220}^0 \times 20 \text{ [mm]}$

Durabilitatea economică și uzura sculei așchietoare:

$$T = 90 \text{ min}; VB = 0,4 \div 0,6 \text{ mm}$$

Adâncimea de așchiere și numărul de treceri:  $a_p = \frac{48,8 - 45,8}{2 \times 1} = 1,5 \text{ mm}$

Avansul de așchiere:  $f = 0,25 \div 0,40 \text{ mm/rot} \Rightarrow f_1 = 0,28 \text{ mm/rot}$

Viteza de așchiere:

$$v = v_{tab} \cdot K_v = 230 \cdot 0,27 = 62,10 \text{ m/min}$$

Turația este:  $n = \frac{1000 \cdot 62,10}{\pi \cdot 45,8} = 431,81 \text{ rot/min}$

Din gama de turații a strungului SN 320 aleg turația:  $n_r = 400 \text{ rot/min}$

Se recalculează viteza reală:  $v_r = \frac{\pi \cdot 45,8 \cdot 400}{1000} = 57,53 \text{ m/min}$

### E. Determinarea normei tehnice de timp

*Norma tehnică de timp* este durata necesară pentru executarea unor operații, în condiții tehnico – organizatorice determinate și cu folosirea rațională a tuturor mijloacelor de producție.

Normarea tehnică de timp se poate stabili, în principal prin trei metode:

- prin calcul analitic;
- prin calcul statistic;
- prin calcul comparativ.

În cazul producțiilor de serie mijlocie și serie mare, normarea tehnică a timpilor se face mult mai amănunțit, pentru a depista rezervele și posibilitățile de creștere a productivității muncii. Această normare mai amănunțită este amortizată de avantajele volumului mare de fabricație. Se recomandă ca timpul de bază să se calculeze analitic în funcție de dimensiunile concrete de prelucrare și parametrii regimului de așchiere stabiliți anterior.

Norma tehnică de timp este alcătuită dintr-o serie de timpi, după cum urmează:

$$N_T = T_b + T_a + T_{dt} + T_{do} + T_{on} + T_{pi}/n \text{ [min]} \quad (2.10)$$

unde:

$N_T$  – timp normat pe operație [min];

$T_b$  – timp de bază [min] - în care are loc modificarea stării semifabricatului, adică modificarea formei, dimensiunilor, proprietăților fizico – mecanice,

$$T_b = \sum_{i=1}^n T_{bi} \quad (2.11)$$

$T_a$  – timp auxiliar [min];

$T_{dt}$  – timp de deservire tehnică [min];

$T_{do}$  – timp de deservire organizatorică [min];

$T_{on}$  – timp de odihnă și necesități firești [min];

$T_{pi}$  – timp de pregătire – încheiere [min/lot];

$n$  – lotul de piese care se prelucurează la aceeași mașină în mod continuu;  $n = 100 \text{ piese/lot}$

$T_e = T_b + T_a$  – timpul efectiv sau operativ [min]

$T_u = T_e + T_{dt} + T_{do} + T_{on}$  – timpul unitar [min]

Relația generală de calcul a timpului de bază, este [3], [5]:

$$T_b = \frac{l_c \cdot i}{v_s} = \frac{l_c \cdot i}{n \cdot f} \quad [\text{min}] \quad (2.12)$$

unde:

$l_c$  – lungimea de calcul [mm]

$$l_c = l + l_1 + l_2,$$

în care:

$l$  – lungimea suprafeței prelucrate [mm];

$l_1$  – lungimea de intrare a sculei în material [mm];

$l_2$  – lungimea de ieșire a sculei din material [mm].

$T_a$  – timpul afectat pentru prinderea și desprinderea semifabricatului, pornirea și oprirea mașinii unelte, apropierea și îndepărtarea sculei sau a piesei, pornirea și oprirea sistemului de răcire – ungere, măsurarea sau controlul periodic al dimensiunilor.

$T_{dt}$  – timpul necesar pentru schimbarea sculelor, fie a celor uzate, fie din necesități tehnologice, reglarea sculei la cotă, reglarea de compesare, ascuțirea sculelor uzate, atunci când aceasta se realizează de către muncitorul care prelucurează piesa respectivă, mai ales în cazul producției de serie mică și unicate.

$T_{do}$  – timpul afectat pentru curățirea și ungerea utilajului, așezarea și curățirea sculelor la începutul și sfârșitul zilei de lucru, îndepărtarea așchiilor.

$T_{on}$  – timpul afectat odihnei fiziologice și necesităților firești.

$T_{pi}$  – timpul necesar pentru primirea desenelor și a instrucțiunilor de lucru, primirea dispozitivelor și a sculelor, reglarea inițială, desprinderea dispozitivelor, sculelor și predarea lor, predarea pieselor executate și a restului de material.

Timpul de pregătire – încheiere se acordă o dată pentru întregul lot de piese, la începutul schimbului.

Se prezintă exemple de calcul pentru timpul de bază și norma de timp, aferente unor faze și, respectiv, operații specifice prelucrării reperului BUCȘĂ (fig. 1.5, subcapitol 1.3).

*Exemplul 8:*

Strunjire frontală degroșare la  $l = 45^{+0,140}$  [mm] - fază

$$T_{b1} = \frac{\frac{48,8 - 30}{2} + 2 + 1}{0,24 \cdot 400} \cdot 1 \cong 0,13 \text{ min}$$

Frezat 4 canale 6 x 6 [mm] - operație

$$T_{b1} = \frac{3 + 6 + 1}{0,05 \cdot 4 \cdot 1150} \times 6 \cong 0,261 \text{ min}$$

- timp auxiliar pentru prinderea și desprinderea piesei în dispozitiv 0,67 min; [3]

- timp auxiliar pentru curățirea dispozitivului de așchii 0,21 min;

- timp auxiliar pentru comanda mașinii CNC:

- aducerea sculei în poziția de “zero”  $6 \cdot 0,04 \text{ min} = 0,24$ ;

- pornirea și oprirea sistemului de răcire  $6 \cdot 0,03 = 0,18 \text{ min}$ ;

- montarea sculei 0,22 min;

- setarea parametrilor de prelucrare  $3 \cdot 0,2 = 0,6 \text{ min}$

Așadar,  $T_a = 2,12 \text{ min}$

$$T_e = T_b + T_a \Rightarrow T_e = 2,381 \text{ min}$$

$$T_{dt} = 0,05 \cdot T_b = 0,014 \text{ min}$$

$$T_{do} = 0,01 \cdot T_e = 0,024 \text{ min}$$

$$T_{on} = 0,03 \cdot T_e = 0,072 \text{ min}$$

$$T_{p\bar{i}} = 18 + 10 + 5 \cdot 2,5 + 2,5 = 43 \text{ min}$$

$$N_T = 0,261 + 2,12 + 0,014 + 0,024 + 0,072 + \frac{43}{100}; N_T \cong 2,93 \text{ min}$$

## F. Elemente de management al fabricației. Costul reperului

### Determinarea tipului de producție (v. subcapitolul 1.2)

Pentru determinarea tipului de producție se aplică metoda indicelui de constanță [15].

Astfel pentru o operație  $i$  și reper  $j$ , rezultă:

$$k_i = \frac{r_j}{t_{ij}} \quad (2.13)$$

în care:

$r_j$  – ritmul mediu al fabricației reperului  $j$ , în min/buc

$t_{ij}$  – timpul necesar pentru efectuarea operației  $i$ , la reperul  $j$ , în min/buc

Ritmul  $r_j$  se calculează cu relația:

$$r_j = \frac{F_n}{N_j} \text{ [min/buc]},$$

în care:

-  $F_n$  – fondul nominal de timp planificat a fi utilizat în mod productiv, în minute care se determină cu relația:

$$F_n = 60 \cdot z \cdot k_s \cdot h \text{ min}$$

-  $N_j$  – programul de producție:

$$N_j = N + N_{stocsig.} + N_{p.schimb}$$

Dacă:  $k_i < 1$  – producție de masă M

$1 \leq k_i \leq 10$  – producție de serie mare SM

$10 < k_i \leq 20$  – producție de serie mijlocie Sm

$k_i > 20$  – producție de serie mică sm

### Calculul numărului de mașini – unelte

Numărul de mașini – unelte necesar executării operației  $i$ , în cadrul procesului tehnologic de fabricație a reperului  $j$  se calculează cu relația [15]:

$$m_{ij} = \frac{t_{ij} \cdot N_j}{F_n \cdot k_{up}}, \quad (2.14)$$

în care:

-  $t_{ij}$ , timpul necesar executării operației  $i$

-  $k_{up} = 0,9$ , coeficient de utilizare planificat

**Determinarea lotului optim**

Producția de serie mare se realizează în loturi de fabricație. Prin lot de fabricație se înțelege cantitatea (numărul) de semifabricate lansate simultan în fabricație, ce se prelucrează neîntrerupt pe locurile de muncă și consumă un singur timp de pregătire – încheiere.

Esența optimizării lotului de fabricație constă în minimizarea cheltuielilor de producție pe unitatea de obiect al muncii.

Cheltuielile de producție se împart în două categorii: *cheltuieli independente de lot și cheltuieli dependente de lot*. [15]

Cheltuielile independente de lot se calculează cu relația:

$$A = c_m + c_s + c_{if} + c_{ind} \text{ [lei/buc]}, \quad (2.15)$$

în care:

$c_m$  – costul materialului piesei;

$c_s$  – cheltuieli cu retribuția directă;

$c_{if}$  – cheltuieli cu întreținerea și funcționarea utilajelor pe durata timpului de lucru efectiv;

$c_{ind}$  – cheltuieli indirecte ale secțiilor de fabricație

$$c_m = m_{sf} \cdot c_{sf} - m_d \cdot c_d \text{ [lei/buc]}; \quad c_s = \sum_{i=1}^k \frac{t_{ui}}{60} \cdot s_{mi} \text{ [lei/buc]}$$

$$c_{if} = \sum_{i=1}^k \frac{t_{ui}}{60} \cdot a_i \cdot m_i \text{ [lei/buc]}; \quad c_{ind} = c_s \cdot \frac{R_f}{100} \text{ [lei/buc]}$$

unde:

- $t_{ui}$  – timpul unitar consumat pentru executarea operației  $i$ , în min;
- $s_{mi}$  – salariul orar, conform categoriei lucrătorului care efectuează operația, în lei/h;
- $m_i$  – numărul de mașini unelte de același tip care participă simultan la realizarea operației  $i$ ;
- $a_i$  – cota de amortizare a mașinii unelte și a materialelor de întreținere;
- $R_f = 200\%$ , regia de fabricație a secției de prelucrări mecanice.

Cheltuielile dependente de lotul de fabricație sunt formate din două categorii de cheltuieli:

$$D = B + C,$$

în care:

$B$  – cheltuieli cu pregătirea – încheierea fabricației și pregătirea administrativă a lansării lotului

$$B = \left(1 + \frac{p}{100}\right) \sum_{i=1}^k \frac{t_{pi}}{60} \cdot m_i \cdot s_{ri} \text{ [lei/lot]}, \quad (2.16)$$

$C$  – cheltuieli cu întreținerea și amortizarea utilajelor pe durata timpului de pregătire – încheiere.

$$C = \sum_{i=1}^k \frac{t_{pi}}{60} \cdot m_i \cdot a_i \text{ [lei/lot]} \quad (2.17)$$

-  $p$  - procent ce ține cont de cheltuielile cu pregătirea administrativă a lansării lotului

-  $t_{pi}$ , timpul de pregătire – încheiere

-  $s_{ri}$  – salariul orar, conform categoriei reglorului de la operația  $i$

Se calculează lotul optim cu relația:

$$n_o = \sqrt{\frac{2 \cdot N_j \cdot D}{(c_m + A) \cdot \tau \cdot \varepsilon_n}}, \quad (2.18)$$

unde:  $\varepsilon_n$  – coeficient ce cuantifică pierderea în lei la un leu – an mijloace circulante immobilizate:

$\tau$  – funcție de forma de organizare adoptată

Prima rotunjire se face astfel încât  $n_o$  să fie număr întreg

A doua rotunjire se face astfel încât  $n_o$  să fie submultiplu pentru  $N_j$ , adică:

A treia verificare se face astfel încât  $n_o$  să fie multiplu al lotului de transport,  $n_t$ .

Costul unui reper va fi:

$$C_p = A + \frac{D}{n_o} \text{ lei} \quad (2.19)$$

*Exemplul 9:*

Pentru reperul BUCȘĂ (fig. 1.5, subcapitol 1.3), calculând indicele de constanță, rezultă producție de tip serie mare, SM, astfel încât forma de organizare specifică este aceea de tip paralel.

Astfel, pentru forma de organizare paralelă:

$$\tau_p = \frac{\alpha_p}{r_j},$$

în care:

$$\alpha_p = (t_u)_{\max} = 19,89 \text{ min}$$

$$r_j = 17,83 \quad \Rightarrow$$

$$\tau_p = \frac{19,89}{17,83} = 1,12$$

$$n_o = \sqrt{\frac{2 \cdot 7000 \cdot 10,34}{(3,32 + 14,45) \cdot 1,12 \cdot 0,2}} = 190,70$$

Prima rotunjire se face astfel încât  $n_o$  să fie număr întreg, adică:  $n_o = 191$  buc

A doua rotunjire se face astfel încât  $n_o$  să fie submultiplu pentru  $N_j$ , adică:

$$n_o = 200 \text{ buc}$$

A treia verificare se face astfel încât  $n_o$  să fie multiplu al lotului de transport. În funcție de gabaritul electrocarului de transport și în funcție de gabaritul piesei, se poate aprecia lotul de transport,  $n_t = 20$  buc.

Deci,  $n_o$  este un multiplu întreg al lotului de transport,  $n_t$ .

În aceste condiții, costul unei piese va fi:

$$C_p = A + \frac{D}{n_o} = 14,45 + \frac{10,34}{200} = 14,50 \text{ [RON]}$$

CAPITOL 3

**ELEMENTE FUNDAMENTALE ALE PRELUCRĂRII PE MAȘINI-UNELTE CU CNC**

**3.1 Principii geometrice fundamentale [16]**

**3.1.1 Descrierea punctelor de pe piesă**

Pentru a fi posibilă realizarea unei operații de prelucrare și / sau control, e necesară definirea unor anumite puncte specifice ale reperului. Aceasta se face într-un sistem de referință corespunzător direcțiilor de mișcare a săniilor mașinii-unelte cu comandă numerică asistată de computer (MU CNC).

În DIN 66217 se stipulează că sistemul de coordonate trebuie să fie rectangular (Cartesian), cu sensul de rotație spre dreapta (right-handed) - v. fig. 3.1

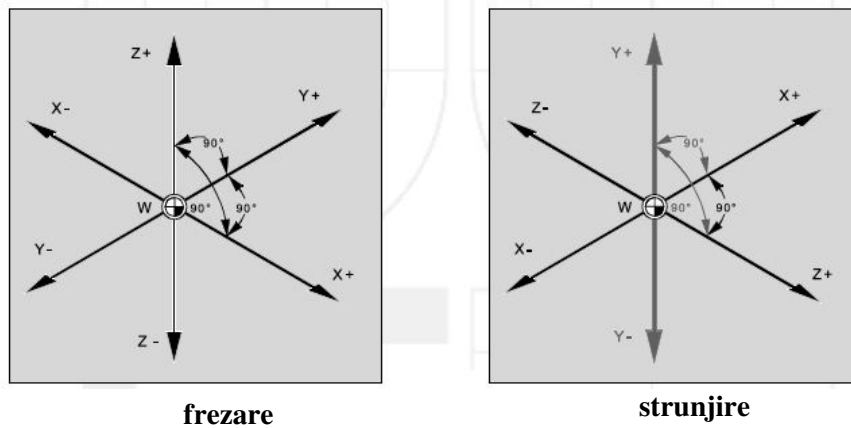
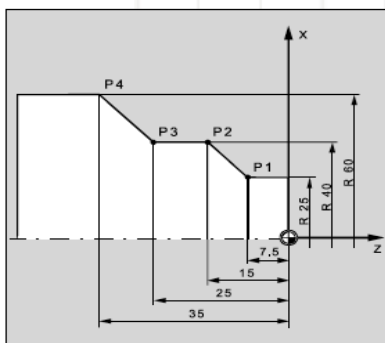


Fig. 3.1 Sistem de axe de coordonate pentru MU CNC

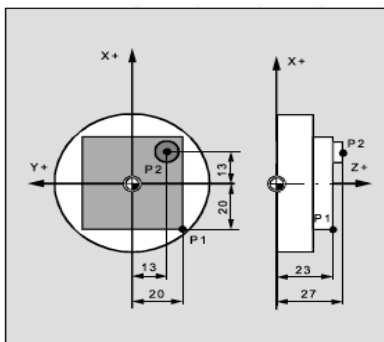
Poziția oricărui punct se definește prin specificarea direcției axei și a valorii numerice asociate. Punctul de origine al piesei are întotdeauna coordonatele X0, Y0 și Z0.

Exemple pentru prelucrările prin strunjire sunt evidențiate în fig. 3.2.



a.

P1	corespunde lui	X25	Z-7.5
P2	corespunde lui	X40	Z-15
P3	corespunde lui	X40	Z-25
P4	corespunde lui	X60	Z-35

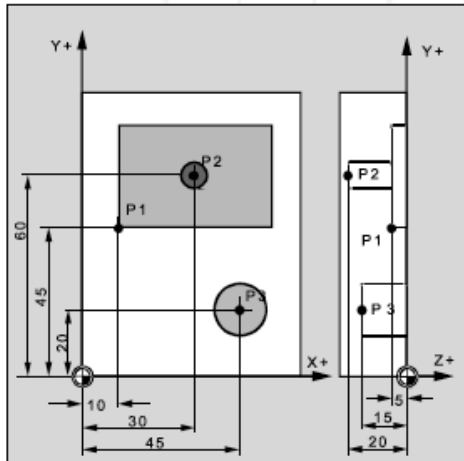


b.

P1	corespunde lui	X-20	Y-20	Z23
P2	corespunde lui	X13	Y-13	Z27

Fig. 3.2 Definiri a poziției punctelor piesei – prelucrare pe strung CNC

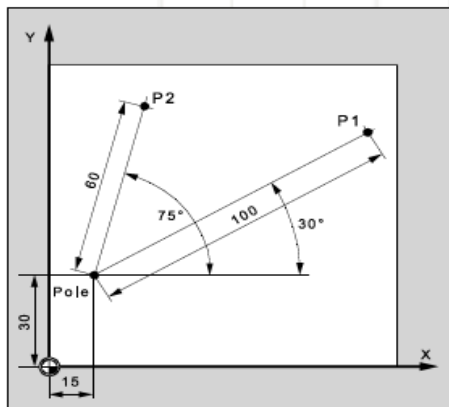
*Exemplu* pentru prelucrările prin frezare este prezentat în. fig. 3.3, în acest caz fiind necesar să se specifice adâncimea „buzunarului” frezat.



P1	corespunde lui	X10	Y45	Z-5
P2	corespunde lui	X30	Y60	Z-20
P3	corespunde lui	X45	Y20	Z-15

Fig. 3.3 Defniri a poziției punctelor piesei – prelucrare prin frezare pe centru CNC

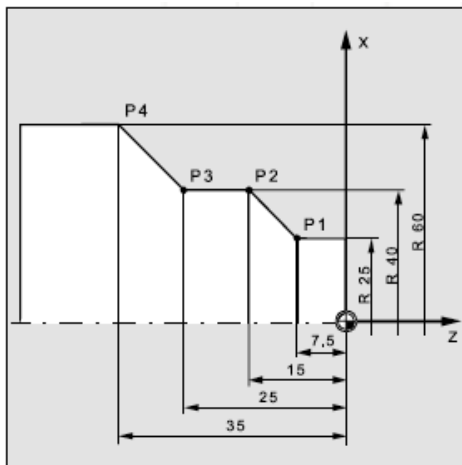
Alt sistem utilizat pentru definirea punctelor de pe piesă este acela al *coordonatelor polare*, originea lui fiind denumită „pol”. Acest sistem este utilizat atunci când piesa, sau părți din aceasta, sunt definite prin rază și unghi – v. fig. 3.4.



P1	corespunde razei	=100	și unghiului	=30
P2	corespunde razei	=60	și unghiului	=75

Fig. 3.4 Defniri a poziției punctelor piesei prin coordonate polare

Dimensiunile absolute sunt cele care se raportează la punctul de „zero” – curent și valid. Atunci când se face referire la mișcarea sculei, dimensiunile absolute descriu poziția la care trebuie să ajungă scula – v. fig. 3.5..



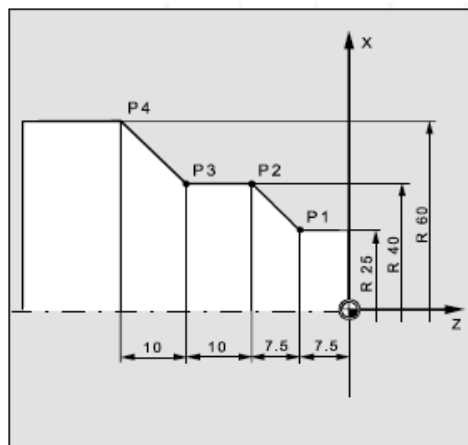
P1	corespunde lui	X25	Z-7.5
P2	corespunde lui	X40	Z-15
P3	corespunde lui	X40	Z-25
P4	corespunde lui	X60	Z-35

**strunjire**

Fig. 3.5 Defniri a poziției sculei, prin dimensiuni absolute

Adesea, în desenele de reper dimensiunile sunt definite cu referire la un anumit punct al piesei (diferit de origine). Pentru a evita „convertirea” acestora, se utilizează *dimensiunile incrementale* – care se referă la poziționare, în raport cu punctul precedent.

Atunci când se face referire la mișcarea sculei, dimensiunile incrementale descriu poziția pe care se deplasează scula – v. fig. 3.6.



G90	P1	corespunde lui	X25	Z-7.5	(cu referință la punctul de zero)
G91	P2	corespunde lui	X15	Z-7.5	cu referință la P1
G91	P3	corespunde lui	Z-10		cu referință la P2
G91	P4	corespunde lui	X20	Z-10	cu referință la P3

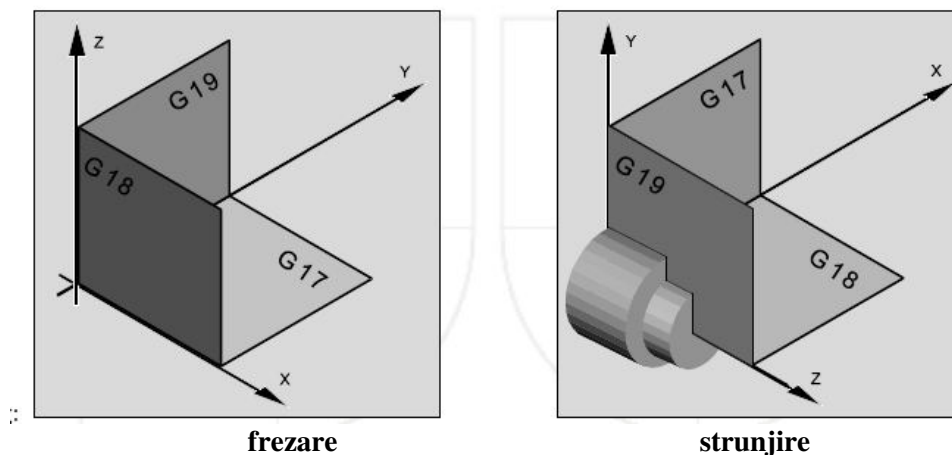
**strunjire**

Fig. 3.6 Definiți poziției sculei, prin dimensiuni incrementale

Definirea planului se face prin două axe de coordonate și a treia axă perpendiculară pe plan, ce determină direcția de pătrundere a sculei. În programare este necesar să se specifice planul de lucru pentru a fi posibilă realizarea corecției sculei

Acest plan mai este util în cazul programării circulare și a coordonatelor polare.

În programele de comandă numerică (NC) fiecare plan de lucru este definit prin instrucțiunile G17, G18 și G19 – v. fig. 3.7.



**frezare**

**strunjire**

Plan	Identificator	Direcția de avans
X/Y	G17	Z
Z/X	G18	Y
Y/Z	G19	X

Fig. 3.7 Definierea planului de lucru pe MU CNC



### 3.1.2 Poziția punctelor de zero

Pe mașina CNC se definesc diferite „origini” și puncte de referință, pentru apropierea sculelor mașinii și pentru programarea dimensiunilor piesei – v. fig. 3.8.

Astfel se definesc punctele ce urmează:

M – “zero” al mașinii;

A - “punct de blocare” (blocking point), poate coincide cu “zero” al piesei (numai la mașinile de strunjit);

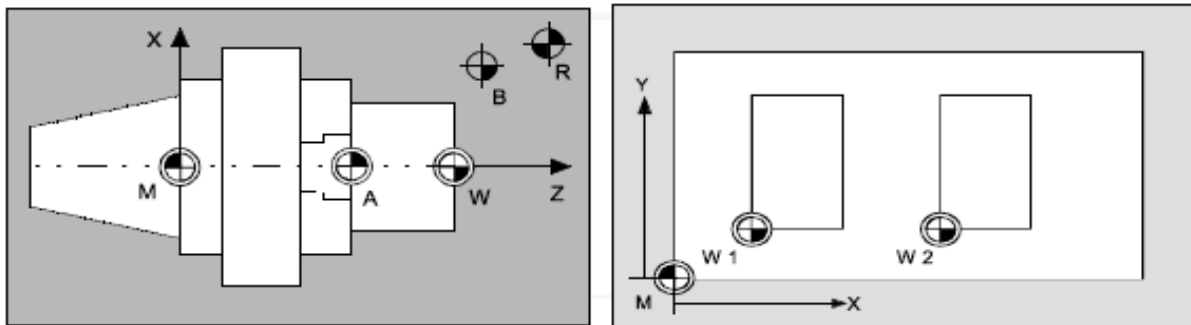
W – “zero” al piesei, identic cu “zero” al programului;

B – punctul de pornire, poate fi definit pentru fiecare program

- este punctul de pornire pentru prima sculă ce prelucrează;

R – punctul de referință, poziția lui este determinată de sistemele CAM și de măsurare.

- trebuie cunoscută distanța până la punctul M, la care se poziționează axele



strung CNC (strunjire)

centru de prelucrare CNC (găurire frezare)

Fig. 3.8 Definierea punctelor de “zero” pe MU CNC

### 3.1.3 Poziția sistemului de coordonate

Există diferite sisteme de coordonate, după cum urmează.

S1. *Sistemul de coordonate al mașinii*, cu „zero” M – include toate axele mașinii existente în mod fizic – v. fig.3.9.

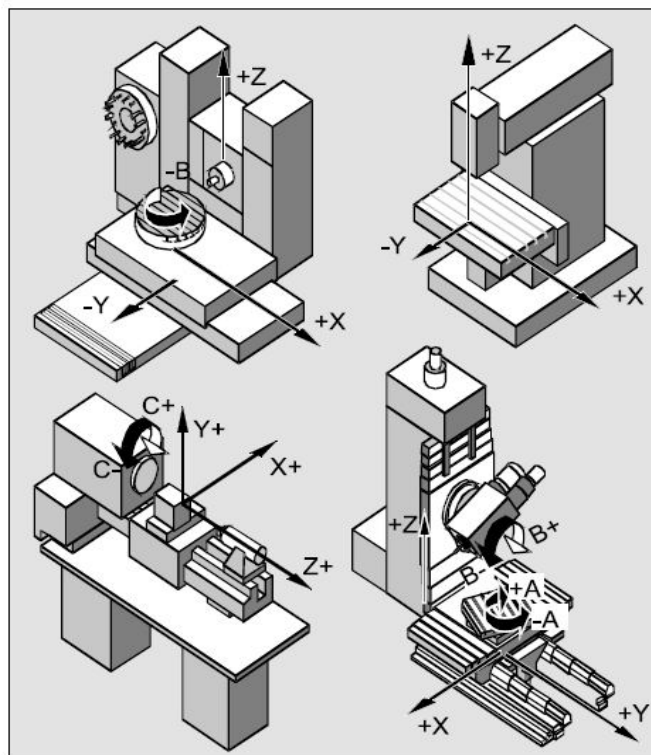


Fig. 3.9 Sisteme de coordonate ale MU CNC, cu „zero” M

Punctele de referință și cele în care se schimbă sculele – sunt definite în acest sistem.  
Se poate utiliza sistemul pentru programare cu funcții G.

S2. *Sistemul coordonatelor de bază* (poate fi și sistemul de coordonate al piesei, W) – este un sistem de coordonate cartezian, a cărui imagine în oglindă pe sistemul de coordonate al mașinii, se obține prin transformare cinematică – v. fig. 3.10.

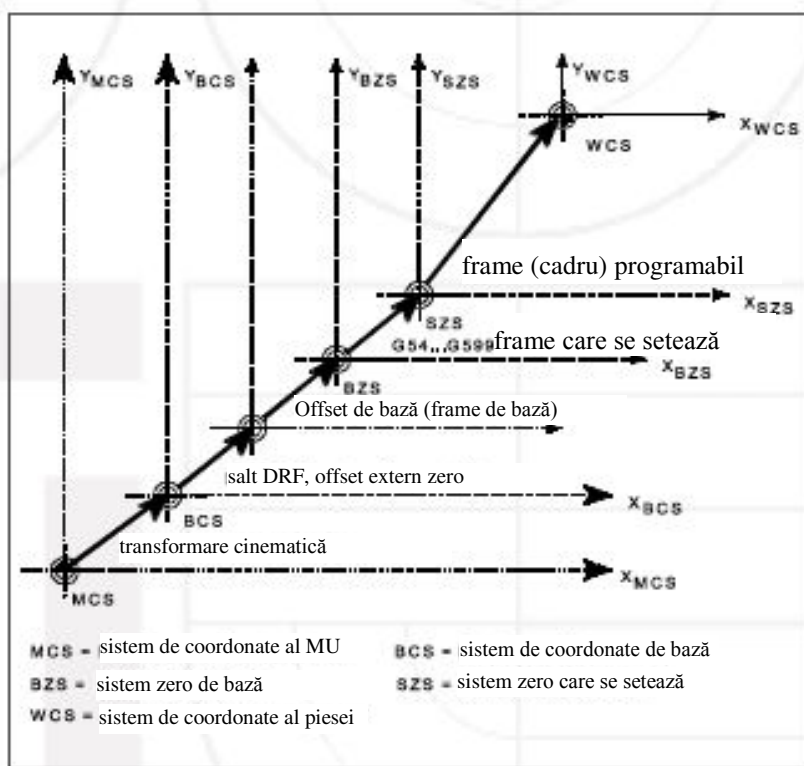


Fig. 3.10 Sisteme de coordonate de bază ale MU CNC

Corecția sculelor și scalarea se realizează întotdeauna în sistemul coordonatelor de bază. Se mai face referire la acest sistem atunci când se specifică limitele domeniului de lucru.

S3. *Sistemul de coordonate al piesei*, cu „zero” W – este întotdeauna un sistem cartezian, atribuit unei anumite piese – v. fig. 3.11.

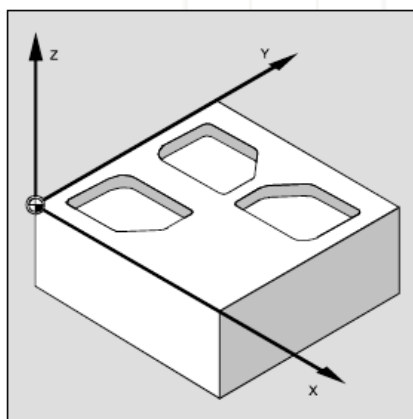


Fig. 3.11 Sisteme de coordonate al piesei, cu „zero” M

S4. *Sistemul cadru* (frame system) - v. fig. 3.12.

„Cadrul” – face referire la regula aritmetică prin care se transformă un sistem de coordonate cartezian, în altul, fiind o descriere spațială a sistemului de coordonate al piesei

Asociate acestuia sunt noțiunile de: reglare la zero, rotație, în oglindă, scalare etc.

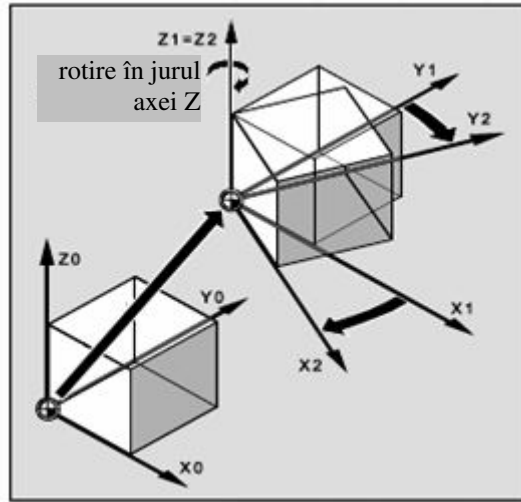


Fig. 3.12 Sisteme de coordonate cadru

O modalitate de a prelucra contururi înclinate este aceea de aliniere (fixare) a piesei paralel cu axele mașinii (v. fig. 3.13). Alta constă în generarea unui sistem de coordonate orientat în raport cu piesa, sistem care poate fi deplasat sau rotit cu ajutorul cadrelor programabile(v. fig. 3.14).

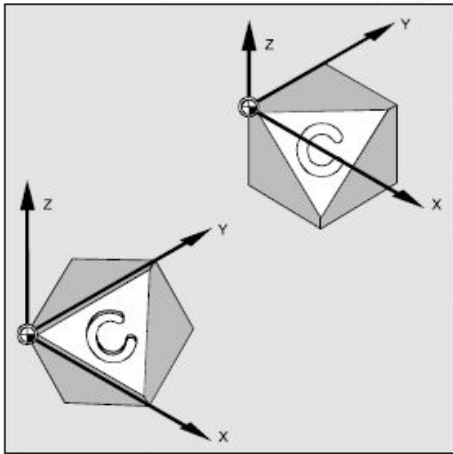


Fig. 3.13 Alinierea suprafețelor de prelucrat paralele cu axele MU CNC

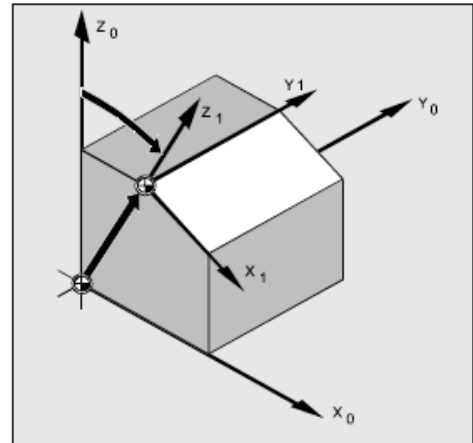


Fig. 3.14 Deplasarea și rotirea sistemului de coordonate

S5. Asocierea sistemului de coordonate al piesei la axele mașinii - v. fig. 3.15.

Poziționarea sistemului de coordonate al piesei în raport cu sistemul coordonatelor de bază (sau sistemul de coordonate al mașinii) se face prin cadre setate (settable frames) – cu ajutorul comenzii G54

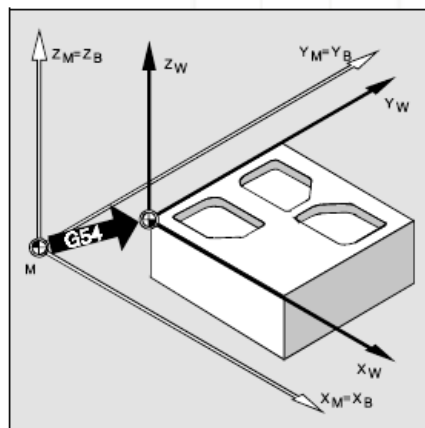


Fig. 3.15 Asocierea sistemului de coordonate al piesei la axele mașinii

### S6. Sistemul curent de coordonate al piesei - v. fig. 3.16

Acest sistem se obține atunci când se face (fiind necesar, sau recomandabil) re poziționarea, rotirea sau scalarea punctului de zero inițial al piesei, într-un alt punct convenabil al sistemului de coordonate al piesei

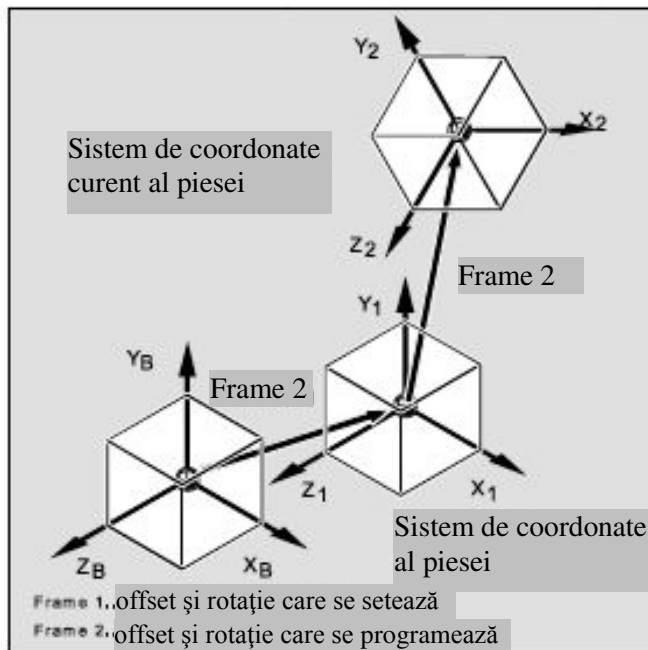


Fig. 3.16 Sistemul curent de coordonate al piesei

## 3.2 Principii fundamentale ale programării CN [16]

### 3.2.1 Structura și conținutul unui program CN

DIN 66025 trasează liniile directoare pentru proiectarea unei părți din program. Astfel aceasta constă dintr-o secvență de blocuri CN, fiecare bloc reprezentând o etapă de prelucrare, conform celor ce urmează – v. tabelul 3.1

Tabelul 3.1 Structura unui program CN

Bloc	Cuvânt	Cuvânt	Cuvânt	.....	;comentariu
Bloc	N10	G0	X20	....	; primul bloc 1
Bloc	N20	G2	Z37	....	; al doilea bloc
Bloc	N30	G91	....	....	; ....
Bloc	N40	....	....	....	....
Bloc	N50	M30	....	....	;sfârșitul programului (ultimul bloc)

### 3.2.2 Elemente ale limbajului de programare

Atunci când se scriu programe CN, se utilizează

- litere mari: A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, (O), P, Q, R, S, T, U, V, W, X, Y, Z
- litere mici: a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l, m, n, o, p, q, r, s, t, u, v, w, x, y, z
- numere: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9
- caractere speciale: - v. tabelul 3.2

Programele NC sunt alcătuite din bloc-uri, fiecare bloc fiind alcătuit din cuvinte – v. fig. 16..

*Cuvântul* constă dintr-un caracter de adresă (literă) și una, sau mai multe cifre – reprezentând valoare aritmetică.

*Adresa* reprezintă un identificator fix, sau variabil, pentru axe (X, Y, . . . ) viteza arborelui - spindle speed (S), avansul - feed (F), raza cercului - circle radius (CR) etc.

Tabel 3.2 Caractere speciale pentru limbaj de programare

%	Caracter de început al programului (utilizat pentru scrierea programului pe PC extern)
(	Pentru a pune în paranteză parametrii sau expresii
)	Pentru a pune în paranteză parametrii sau expresii
[	Pentru a pune în paranteză adrese sau indici
]	Pentru a pune în paranteză adrese sau indici
:	Bloc principal, sufix al etichetei
=	Atribuire, parte a ecuației
/	Împărțire, suprimare a blocului
*	Multiplificare
+	Adăugare
-	Substracție, semn “minus”
“	Semn pentru cotare dublă, identificator pentru un lanț de caractere
‘	Semn pentru cotare simplă, identificator pentru valori numerice speciale: hexazecimale, binare etc.
\$	Identificator pentru variabile ale sistemului
?	Rezervat
!	Rezervat
.	Punct zecimal
,	Virgulă, parametru separator
;	Comentariu de început
&	Caracter de format, același efect ca al unui caracter de spațiu
L <sub>F</sub>	Sfârșitul blocului

### 3.3 Date de poziționare [16]

#### 3.3.1 Dimensiuni absolute / incrementale, G90 / G91

Comenzile G90 / G91, împreună cu dimensiunile non-modale AC / IC sunt definite pentru a descrie sistemul de apropiere spre punctele stabilite, astfel:.

Dimensionare absolută G90

$$X=AC() \ Y=AC() \ Z=AC()$$

Dimensionare incrementală G91 sau

$$X=IC() \ Y=IC() \ Z=IC()$$

*Explicație:*

X Y Z identificatori ai axelor pe care sunt deplasările

=AC Dimensiuni absolute (non-modale)

=IC Dimensiuni incrementale (non-modale)

*Dimensiunea absolută G90* - se referă la originea sistemului de coordonate activ.

Se programează punctul în care trebuie să ajungă scula (ex. Sistemul de coordonate al piesei)

*Dimensiunea incrementală G90* - se referă la ultimul punct atins.

Se programează cât de departe trebuie să ajungă scula

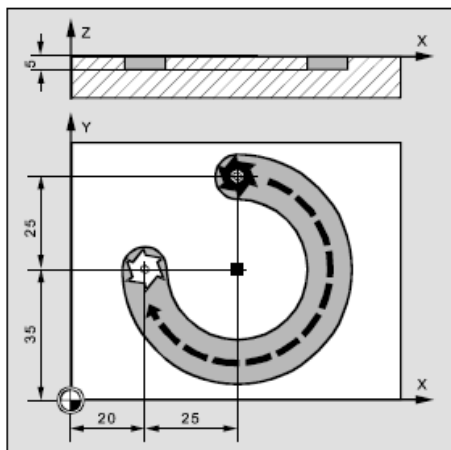
Atunci când G91 (G90) este activ, se pot folosi dimensiuni absolute, AC (incrementale, IC), pentru axe individuale, într-un bloc specific.

*Exemplu:* - v. fig. 3.17

Deplasările transversale se introduc în coordonate absolute, relativ la ‘zero’ al piesei.

Coordonatele punctului central, I și J, sunt specificate într-un bloc, fiind coordonate absolute.

Centrul arcului este programat, independent de G90 / G91 – în coordonate incrementale



```

N10 G90 G0 X45 Y60 Z2 T1 S2000 M3
      Dimensionare absolută, deplasare rapidă pe YZ, rotirea
      arborelui principal în sensul acelor de ceasornic
N20 G1 Z-5 F500
      Avansul transversal al sculei
N30 G2 X20 Y35 I=AC(45) J=AC(35)
      Punctul de centru al cercului în dimensiuni absolute
sau
N30 G2 X20 Y35 I0 J-25
      Punctul de centru al cercului în dimensiuni incrementale
N40 G0 Z2
      Retragere
N50 M30
      Sfârșitul blocului
  
```

Fig. 3.17

### 3.3.2 Selectarea planului de lucru, G17, G18, G19

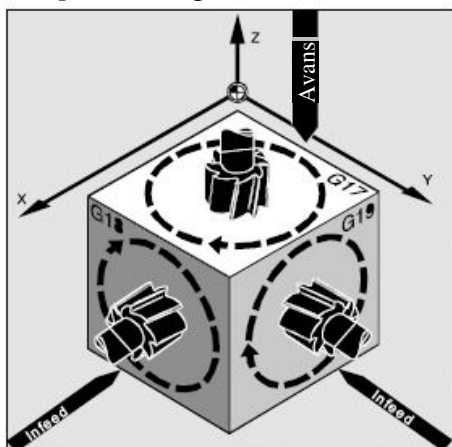
Atribuirea axelor prin G17, G18, G19 se face plecând de la supoziția că:  
X, Y, Z – sunt prima, a doua și, respectiv, a treia axă geometrică ;

Apelează  
G17 sau G18 sau G19

*Explicație:*

G17 Planul de lucru, X/Y Direcția avansului transversal, Z  
G18 Planul de lucru Z/X Direcția avansului transversal, Y  
G19 Planul de lucru Y/Z I Direcția avansului transversal, X

*Exemplu:* - v. fig. 3.18



```

N10 G17 T5 D8
      G17 Apelează planul de lucru X/Y
      D apelează scula. Compensarea se face pe direcția Z
N20 G1 G41 X10 Y30 Z-5 F500
      Compensarea razei se face în planul X/Y
N30 G2 X22.5 Y40 I50 J40
      Interpolare circulară / compensarea razei sculei în
      planul X/Y
  
```

Fig. 3.18

### 3.3.3 Programarea zonei de lucru, G25, G26

G25 / G26 limitează zona de lucru în care se deplasează scula.

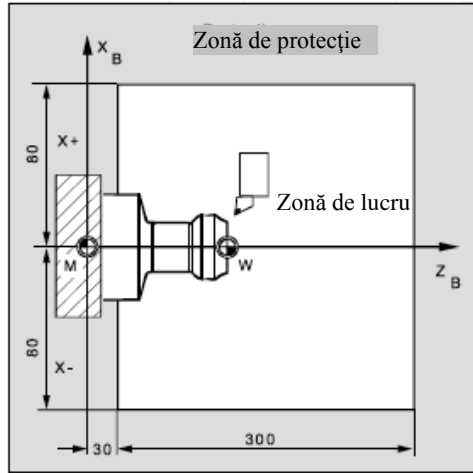
Valorile programate cu G25 / G26 pot fi parametrizate – ca date de intrare. Astfel datele axiale se programează cu comanda WALMON și se dezactivează cu WALMOF.

G25 X...Y...Z... (Programat într-un bloc separat NC)  
G26 X...Y...Z... (Programat într-un bloc separat NC)  
WALIMON, WALMOF

**Explicație:**

G25 X Y Z Micșorarea limitării zonei de lucru  
 G26 X Y Z Mărirea limitării zonei de lucru  
 WALIMON Activarea limitării zonei de lucru  
 WALIMOF Dezactivarea limitării zonei de lucru

*Exemplu:* - v. fig. 3.19



N10 G0 G90 F0.5 T1  
 N20 G25 X-80 Z30  
 Definirea limitei inferioare pentru fiecare dintre axele de coordonate individuale  
 N30 G26 X80 Z330  
 Definirea limitei superioare  
 N40 L22  
 Programul de așchiere  
 N50 G0 G90 Z102 T2  
 Spre locația de schimbare a sculei  
 N60 X0  
 N70 WALIMOF  
 Dezactivează limitarea zonei de lucru  
 N80 G1 Z-2 F0.5  
 Alezare  
 N90 G0 Z200  
 Revenire  
 N100 WALIMON  
 Activează limitarea zonei de lucru  
 N110 X70 M30  
 Sfârșitul programului

Fig. 3.19

### 3.4 Comenzi pentru mișcare [16]

Înainte de începerea procesului de prelucrare, scula trebuie poziționată astfel încât să se evite deteriorarea ei și a piesei.

#### 3.4.1 Comenzi de deplasare cu coordonate polare, G110, G111, G112, AP, RP

Prin aceste comenzi, se definește ultimul punct prin referire la un pol.

Toate comenzile referitoare la datele de intrare pentru pol trebuie programate într-un bloc separat

G0 AP= . . .RP= . . .

G1 AP= . . .RP= . . .

G2 AP= . . .RP= . . .

G3 AP= . . .RP= . . .

**Explicație:**

G110 Parametru al polului, cu referire la ultima poziție abordată

G111 Parametru al polului, valoare absolută în sistemul de coordonate al piesei

G112 Parametru al polului, cu referință la ultimul pol valid

AP = Unghi polar, domeniul valorilor între 0 și 360, unghiul se referă la axa orizontală a planului de lucru

RP = Raza polară, în mm sau inches

Definirea polului se face în coordonate carteziane sau polare, dimensionarea absolută sau incrementală (AC / IC) neavând efect asupra celor specificate prin comanda G – v. fig. 3.20

Unghiul polar poate avea valori între 0° și 360°, iar raza polară are valori pozitive, exprimate în mm sau inch – v. fig. 3.21.

Valorile acestora rămân valabile până când se introduce o nouă valoare.

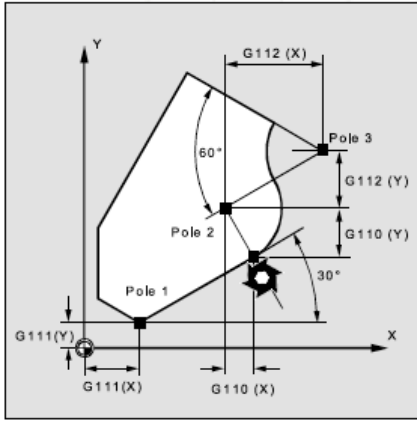


Fig. 3.20

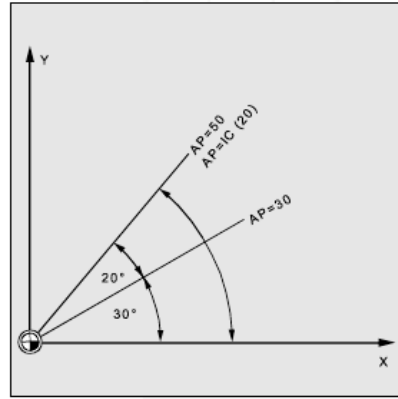
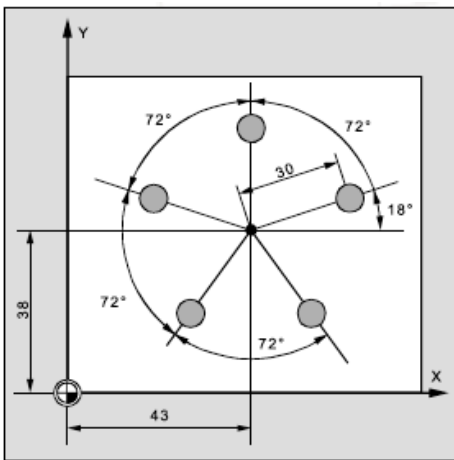


Fig. 3.21

Exemplu: - prelucrarea găurilor prin centruire, găurire, alezare - v. fig. 3.22



N10 G17 G54 Planul de lucru X/Y, zero al piesei  
 N20 G111 X43 Y38 Definirea polului  
 N30 G0 RP=30 AP=18 Z5 Apropiere în punctul de lucru, poziție în coordonate cilindrice  
 N40 L10 Apelarea subprogram  
 N50 G91 AP=72 Apropiere de poziția următoare cu avans transversal, unghi polar în dimensiuni incrementale, raza polară din bloc  
 N30 este încă stocată și nu trebuie specificată  
 N60 L10 Apelare subprogram  
 N70 AP=IC(72) . . .  
 N80 L10 . . .  
 N90 AP=IC(72)  
 N100 L10 . . .  
 N110 AP=IC(72)  
 N120 L10 . . .  
 N130 G0 X300 Y200 Z100 M30 Retragerea sculei  
 Sfârșitul programului

Fig. 3.22

### 3.4.2 Comanda de deplasare rapidă, G0

Se utilizează deplasarea rapidă pentru a poziționa rapid scula, pentru deplasarea în jurul piesei sau pentru apropierea de locul de schimbare a sculei.

NU se folosește pentru mișcările de lucru.

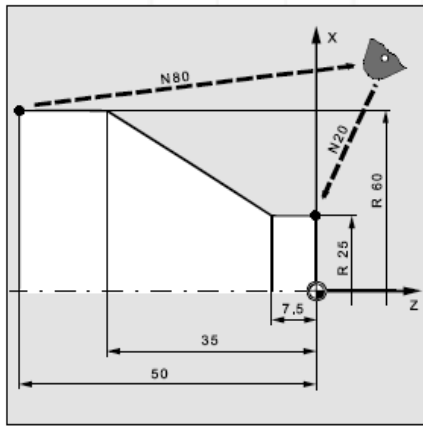
G0 X . . . Y . . . Z . . .  
 G0 AP= . . . RP= . . .  
 RTLIOf, RTLION

Explicație:

X Y Z Punct final în coordonate carteziene  
 AP= Punct final în coordonate polare, în cazul unghiului polar  
 RP= Punct final în coordonate polare, în cazul razei polare  
 RTLIOf cu G0 Interpolare neliniară (fiecare axă de deplasare se interpolează ca o axă singulară)  
 RTLION cu G0 Interpolare liniară (axele de deplasare se interpolează împreună)

Exemplu: - v. fig. 3.23





strunjire

N10 G90 S400 M3  
Dimensionare absolută. Rotirea arborelui principal în sensul  
acelor de ceasornic  
N20 G0 X25 Z5  
Apropiere de poziția de început (start)  
N30 G1 G94 Z0 F1000  
Avansul transversal sculei  
N40 G95 Z-7.5 F0.2  
N50 X60 Z-35  
Deplasare în linie dreaptă  
N60 Z-50  
N70 G0 X62  
N80 G0 X80 Z20  
Retragerea sculei  
N90 M30  
Sfârșitul programului

Fig. 3.23

### 3.4.3 Comanda pentru interpolare liniară, G1

Prin comanda G1, se deplasează scula, de-a lungul liniilor drepte paralele, înclinate, sau având orice orientare față de axe.

G1 X...Y...Z...F...

G1 AP=...RP=...F...

Explicație:

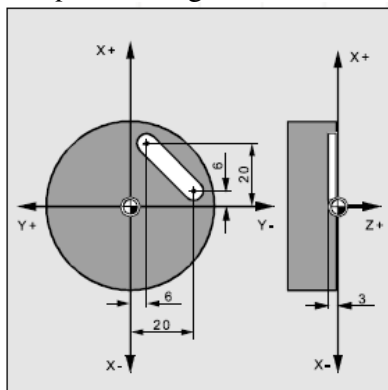
X Y Z Punct final în coordonate carteziene

AP= Punct final în coordonate polare, în cazul unghiului polar

RP= Punct final în coordonate polare, în cazul razei polare

F Valoarea avansului, în mm/min

Exemplu: - v. fig. 3.24



strunjire

N10 G17 S400 M3  
Selectează planul de lucru. Rotirea arborelui principal în  
sensul acelor de ceasornic  
N20 G0 X40 Y-6 Z2  
Apropiere de poziția de început (start)  
N30 G1 Z-3 F40  
Avansul transversal sculei  
N40 X12 Y-20  
Depalsare în lungul liniei drepte înclinate  
N50 G0 Z100 M30  
Retragere spre locul de schimbare a sculei

Fig. 3.24

### 3.4.4 Comanda pentru interpolare circulară, G2, G3 / CIP1

Prin comenzile de interpolare circulară, se pot prelucra cercuri sau arce de cerc, fără a exsita limitare referitoare la mărimea razei.

G2/G3 X...Y...Z...I...J...K...

G2/G3 AP=...RP=...

G2/G3 X...Y...Z...CR=...

G2/G3 AR=...I...J...K...

G2/G3 AR=...X...Y...Z...

CIP X...Y...Z...I1=...J1=...K1=...

CT X...Y...Z...

**Explicație:**

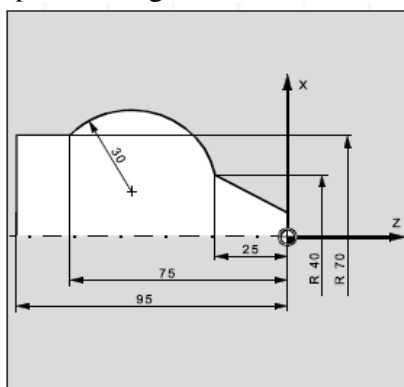
- G2 Deplasare pe traiectorie circulară în sensul acelor de ceasornic
- G3 Deplasare pe traiectorie circulară în sensul opus acelor de ceasornic
- CIP Interpolare circulară prin punct intermediar
- CT Cerc, cu mișcare de translație tangențială
- X Y Z Punct final, în coordonate carteziene
- I J K Punct al centrului cercului, în coordonate carteziene (pe direcțiile X, Y, Z)
- AP= Punct final în coordonate polare, în cazul unghiului polar
- RP= Punct final în coordonate polare, în cazul razei polare, corespunzătoare razei cercului
- CR= Raza cercului
- AR= unghiul arcului
- I1= J1= K1= Puncte intermediare în coordonate carteziene (pe direcțiile X, Y, Z)

⇒ Programarea unui cerc cu punct central și punct final

Mișcarea circulară se descrie prin :

- punctul final – în coordonate carteziene: X, Y, Z
- punctul de centru – I, J, K
  - I – coordonata centrului, pe axa X
  - J – coordonata centrului, pe axa Y
  - K – coordonata centrului, pe axa Z

Exemplu: - v. fig. 3.25



**strunjire**

- pentru dimensiuni incrementale

```
N120 G0 X12 Z0
N125 G1 X40 Z-25 F0.2
N130 G3 X70 Z-75 I-3.335 K-29.25
N135 G1 Z-95
```

- pentru dimensiuni absolute

```
N120 G0 X12 Z0
N125 G1 X40 Z-25 F0.2
N130 G3 X70 Z-75 I=AC(33.33) K=AC(-54.25)
N135 G1 Z-95
```

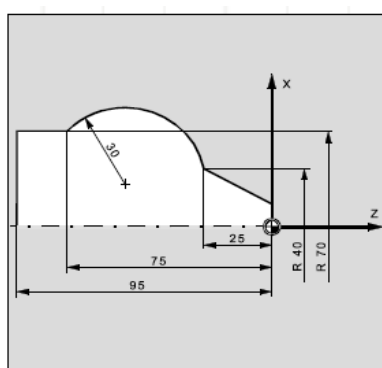
Fig. 3.25

⇒ Programarea unui cerc cu rază și punct final

Mișcarea circulară se descrie prin :

- raza cercului – indicând semnul “+” dacă unghiul este mai mic sau egal cu 180°
  - nu se indica semn, dacă unghiul este mai mare de 180°
- punctul final – în coordonate carteziene: X, Y, Z

Exemplu: - v. fig. 3.26



**strunjire**

```
N125 G1 X40 Z-25 F0.2
N130 G3 X70 Z-75 CR=30
N135 G1 Z-95
```

Fig. 3.26

⇒ Programarea unui cerc cu unghiul arcului, centru sau punct final

Mișcarea circulară se descrie prin :

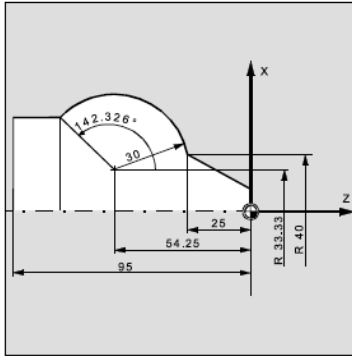
- unghiul la centru, AR
- punctul final – în coordonate carteziane: X, Y, Z

sau

- punctul de centru – I, J, K

Cercul întreg nu poate fi programat cu arc, ci prin punctul final și parametrii de interpolare

*Exemplu:* - v. fig. 3.27



strunjire

```
N125 G1 X40 Z-25 F0.2
N130 G3 X70 Z-75 AR=135.944
sau
N130 G3 I-3.335 K-29.25 AR=135.944
sau
N130 G3 I=AC(33.33) K=AC(-54.25) AR=135.944
N135 G1 Z-95
```

Fig. 3.27

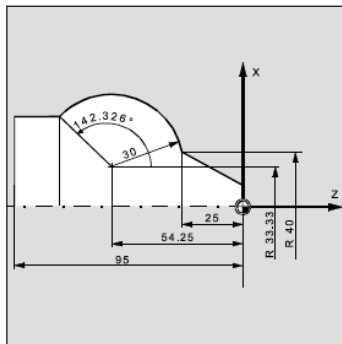
⇒ Programarea unui cerc în coordonate polare

Mișcarea circulară se descrie prin :

- unghiul polar, AP
- raza polară, RP

Polul se află în centrul cercului, iar raza polară corespunde razei cercului

*Exemplu :* - v. fig. 3.28



strunjire

```
N125 G1 X40 Z-25 F0.2
N130 G111 X33.33 Z-54.25
N135 G3 RP=30 AP=142.326
N140 G1 Z-95
```

Fig. 3.28

### 3.4.5 Comanda pentru interpolare elicoidală, G2, G3 / TURN

Prin comenzile de interpolare elicoidală, se pot prelucra filete sau canale de ungere.

G2/G3 X Y Z I J K TURN=

G2/G3 X Y Z I J K TURN=

G2/G3 AR= I J K TURN=

G2/G3 AR= X Y Z TURN=

G2/G3 AP RP= TURN=

*Explicație:*

G2 Deplasare pe traiectorie circulară în sensul acelor de ceasornic

G3 Deplasare pe traiectorie circulară în sens opus acelor de ceasornic

X Y Z Punct final în coordonate carteziane

I J K Punct al centrului cercului, în coordonate carteziane

AR unghiul arcului

TURN= numărul de treceri circulare suplimentarea, în limita de la 0 până la 999

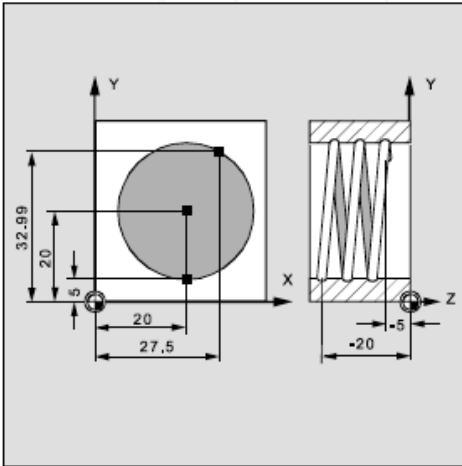
AP= unghi polar

RP= rază polară

La interpolarea elicoidală, se suprapun și se execută în paralel două mișcări, și anume:

- mișcarea circulară orizontală;
- mișcarea liniară verticală.

Exemplu - v. fig. 3.29 :



N10 G

17 G0 X27.5 Y32.99 Z3

Apropiere la poziția de start

N20 G1 Z-5 F50

Avansul transversal al sculei

N30 G3 X20 Y5 Z-20 I=AC(20) J=AC(20)

TURN=2

Elice cu parametrii următori: execută două cercuri complete din poziția de start, apoi apropiere de punctul final

N40 M30

Sfârșitul programului

Fig. 3.29

### 3.5 Comenzi pentru compensarea sculei (Tool Offsets) [16]

Atunci când se scrie un program NC trebuie specificate valorile caracteristice sculei (diametrul, lungimea, raza la vârf etc.), traiectoria acesteia fiind controlată (prin instrucțiunile specifice de compensare), astfel încât conturul piesei să fie generat corect –v. fig. 3.30 (a. – fără compensare și b. – cu compensare).

Practic, datele specifice sculei sunt introduse într-o secțiune specială, făcându-se corelarea între traiectoria programată și caracteristicile geometrice sculei așchiatoare.

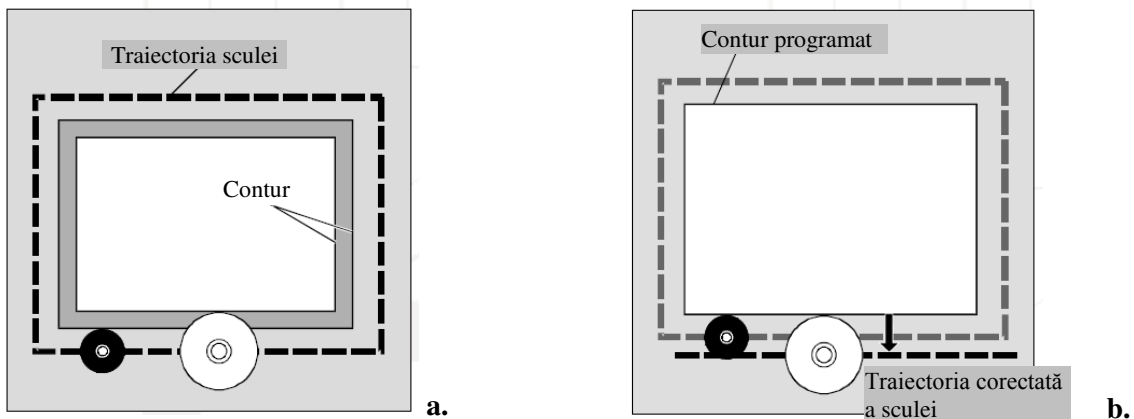


Fig. 3.30

Parametrii caracteristici sculei, ale caror valori se introduc sunt următorii – v. fig. 3.31:

- lungimea, semnificând distanța dintre punctul de referință al sistemului de fixare și vârf (a.);
- poziția centrului muchiei așchiatoare (b.);
- razei la vârf (c.).

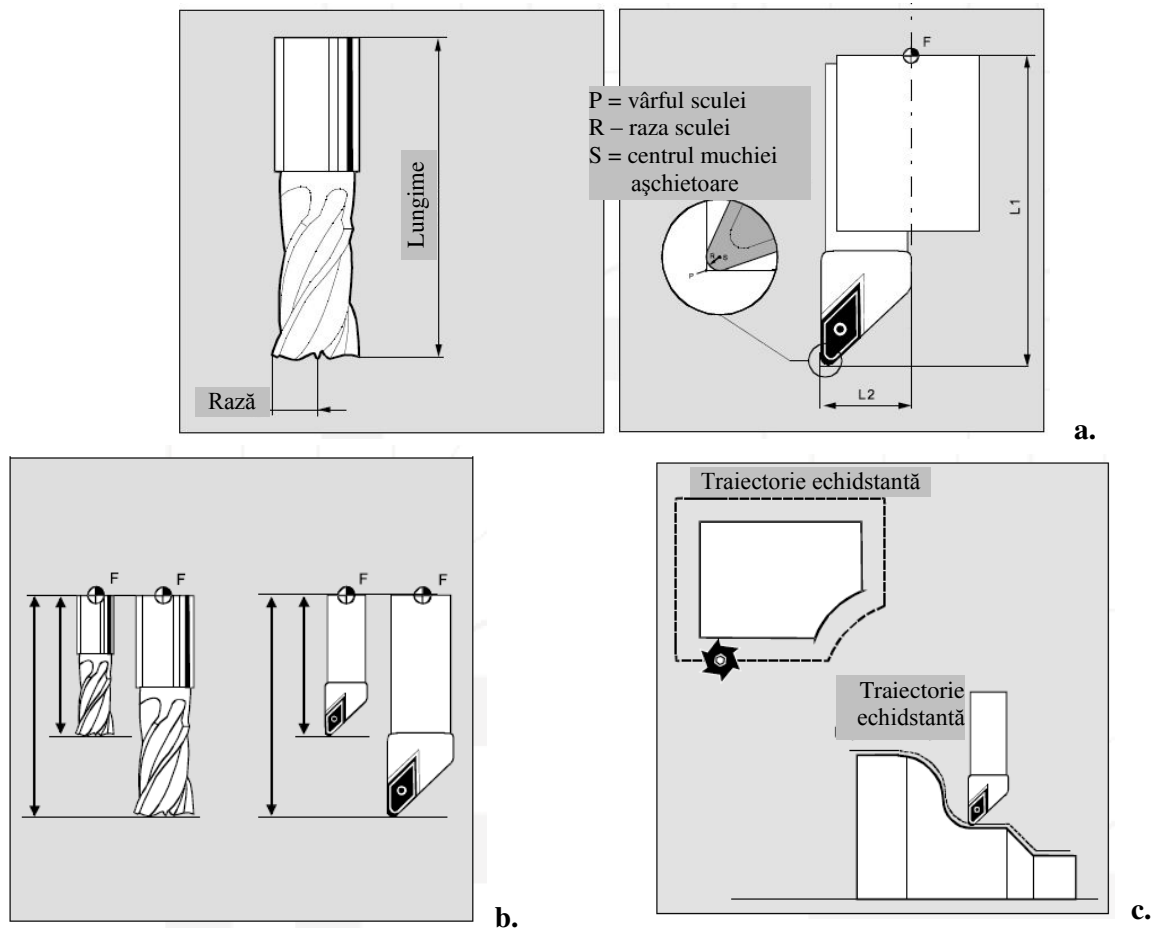


Fig. 3.31

### 3.5.1 Schimbarea sculei - comanda T

Tx sau T=x  
sau Ty=X  
T0

*Explicație:*

Tx sau T=x sau Ty=x semifică selecția sculei cu T No.(numărul sculei), inclusiv schimbarea sculei (scula activă), offset pentru sculă este activ

x x se folosește pentru T No.: 0-32000

T0 Deselectarea sculei

Numărul de scule: 600, cum ar fi la SW 5: 1200 (depinzând de configurația specifică fiecărui constructor de mașini-unelte CNC)

### 3.5.2 Compensarea / corecția sculei - comanda D

D . . .

D0

*Explicație:*

Dx Numărul offset al sculei:

- fără T 18 sau

- cu T, cum ar fi la SW5 112

x x se folosește pentru D No.: 0-32000

D0 Deselectare offset pentru sculă, nu este activ vreun offset

*Exemplu:*

```
(SA pentru strunjire, schimbată cu comanda T)
N10 T1 D1
      Scula T1 este înlocuită și activată cu comanda asociată D1
N11 G0 X... Z...
      Offset pentru lungimi parcurse
N50 T4 D2
      Încarcă scula T4, D2 de la T4 este activa
...
N70 G0 Z... D1
      Se activează altă muchie așchietoare D1 pentru scula T4
```

### 3.5.2 Compensarea razei sculei, G40, G41, G42

Atunci când se compensează raza sculei, se calculează automat traiectoria echidistantă pentru diferite scule

```
G40
G41
G42
OFFN=
```

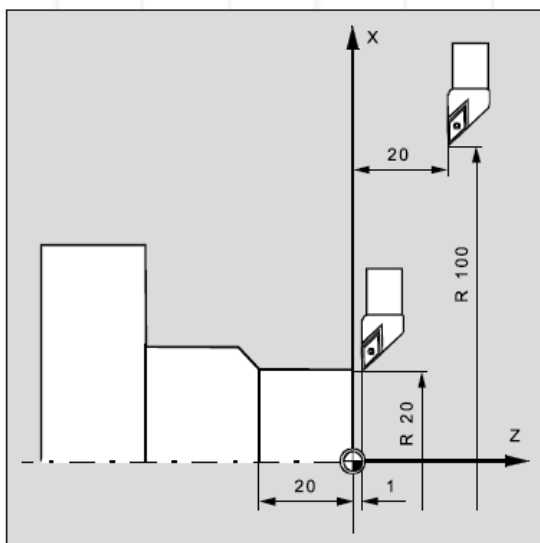
*Explicație:*

G40 Dezactivează compensarea razei sculei  
 G41 Activează compensarea razei sculei, scula operează în direcția de prelucrare, la stânga conturului.  
 G42 Activează compensarea razei sculei, scula operează în direcția de prelucrare, la dreapta conturului  
 OFFN= Permite conturul programat (offset pentru contur normal)

Pentru a se calcula traiectoria sculei, sistemul de control trebuie să primească informații referitoare la:

- numărul sculei T / numărul tăișului, D
- direcția de prelucrare G41, G42
- planul de lucru – G17, G18, G19 – astfel încât să se determine direcția axei pe care se face compensarea

*Exemplu :* - v. fig. 3.32



```
N20 T1 D1
N30 G0 X100 Z20
N40 G42 X20 Z1
N50 G1 Z-20 F0.2
```

Este activată numai compensarea pentru lungimea sculei, în blocul N20.  
 X100 Z20 este apropiere fără compensare, în blocul N30.  
 În blocul N40, este activată compensarea razei, apropierea de punctul X20/Z1 este cu compensare

Fig. 3.32

### 3.6 Cicluri de strunjire [16]

Pentru ciclul de strunjire trebuie definit planul de prelucrare, uzual fiind G18 (ZX).

#### 3.6.1 Ciclul de degajare (Undercut), CYCLE 94

CYCLE94 (SPD, SPL, FORM, VARI)

Parametrii: - v. fig. 3.33

SPD real Punct de început în axa frontală (introdus fără semn)  
 SPL real Punct de început al conturului în axa longitudinala (introdus fără semn)  
 FORM caracter Definirea formei  
 Valuori: E (pentru forma E) și F (pentru forma F) – v. fig. 3.33

VARI  
 (începând cu SW 6.2 sau mai sus) int Specificarea poziției degajării  
 Valori: 0 corespunzătoare direcției vârfului sculei  
 1 . . . 4 definesc poziția

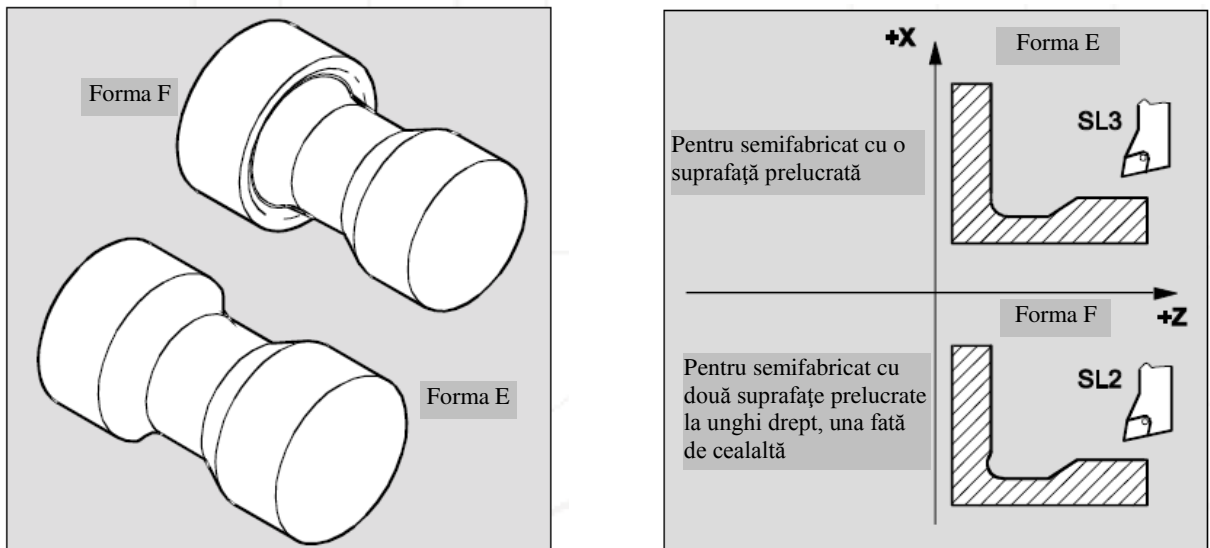
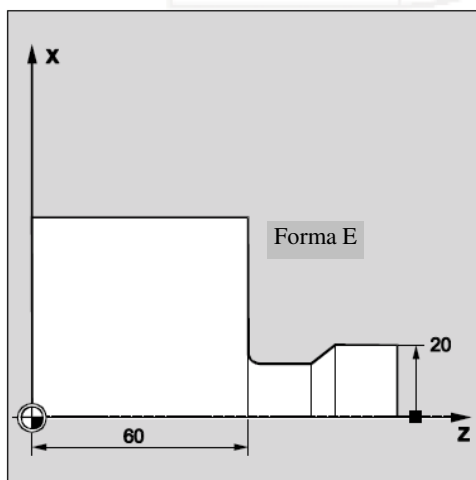


Fig. 3.33

*Exemplu* - v. fig. 3.34 :



N10 T25 D3 S300 M3 G95 F0.3  
 Specificarea valorilor geometrice (tehnologice)  
 N20 G0 G90 Z100 X50  
 Selectarea poziției de început  
 N30 CYCLE94 (20, 60, "E")  
 Apelarea ciclului  
 N40 G90 G0 Z100 X50  
 N50 M02  
 Apropiere de poziția următoare  
 Sfârșitul programului

Fig. 3.34

### 3.6.2 Ciclul de îndepărtare a materialului (stock removal) , CYCLE 95

CYCLE95 (NPP, MID, FALZ, FALX, FAL, FF1, FF2, FF3, VARI, DT, DAM, VRT)

Parametrii:

NPP	string	Numele subrutinei pentru contur
MID	real	Avansul de pătrundere (introdus fără semn)
FALZ	real	Adaosul final de prelucrare pe direcția axei longitudinale (introdus fără semn)
FALX	real	Adaosul final de prelucrare pe direcția axei frontale (introdus fără semn)
FAL	real	Adaosul final de prelucrare în lungul conturului (introdus fără semn)
FF1	real	Avansul de pătrundere pentru prelucrare de degroșare fără prelucrarea degajării
FF2	real	Avansul de pătrundere pentru prelucrarea degajării
FF3	real	Avansul de pătrundere finisare
VARI	int	Tipul prelucrării. Domeniul de valori: 1 . . . 12, HUNDREDS DIGIT (începând cu SW 6.2 sau mai sus): Valori: 0 . . . cu rotunjire la contur. Nu rămân colțuri reziduale, conturul fiind rotunjit prin treceri succesive, în lungul mai multor puncte de intersecție. 2 . . . fără rotunjire la contur. Se rotunjește întotdeauna intersecția anterioară obținută la degroșare și, apoi, se retrage scula. În funcție de valoarea raportului dintre raza sculei și avansul transversal (MID), pot fi lăsate colțuri reziduale.
DT	real	Timpul de așteptare pentru fragmentarea așchiilor la degroșare
DAM	real	Lungimea de deplasare, după care fiecare prelucrare de degroșare este întreruptă pentru fragmentarea așchiilor
VRT pentru SW 4.4 sau mai sus		Distanța de retragere față de contur pentru degroșare, incremental (introdusă fără semn)

Exemplu: - v. fig. 3.35

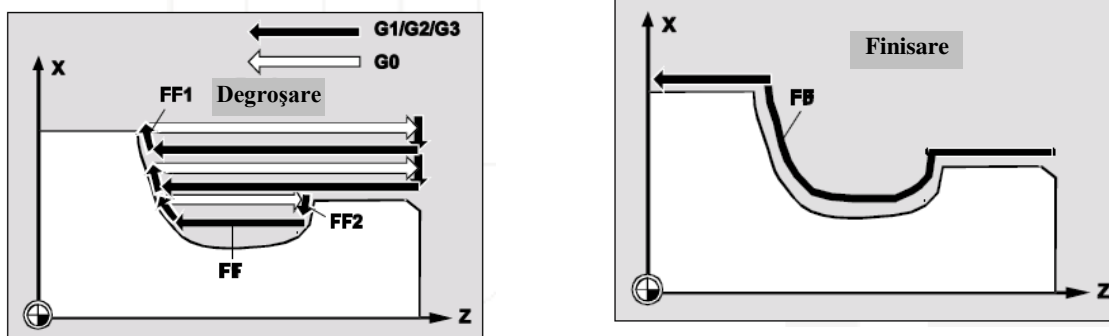
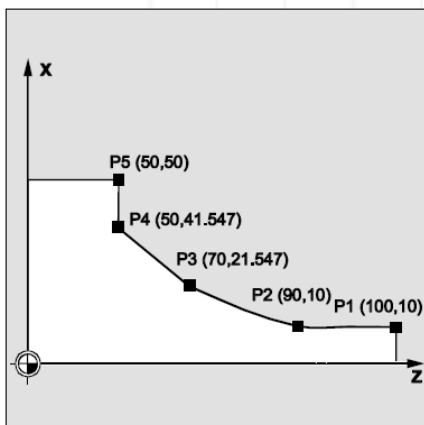


Fig. 3.35

Exemplu: - v. fig. 3.36

Conturul de prelucrat este definit în program și se obține în urma activării ciclului de finisare.



```

N110 G18 DIAMOF G90 G96 F0.8
N120 S500 M3
N130 T11 D1
N140 G0 X70
N150 Z60
N160 CYCLE95 ("START:END",2.5,0.8,0.8,0,0.8,0.75,0.6,1)
Cycle call
START:
N180 G1 X10 Z100 F0.6
N190 Z90
N200 Z=AC(70) ANG=150
N210 Z=AC(50) ANG=135
N220 Z=AC(50) X=AC(50)
END:
N230 M02

```

Fig. 3.36



### 3.7 Cicluri de frezare & găurire – la sisteme CNC Isel EuroMod

Sistemele de fabricare Isel-automation [<http://www.iselautomation.de>] și [<http://www.isel.com>] au trei elemente componente de bază, și anume: *software isy CAM*; *sistem de programare numerică ProNC sau Remote WIN*; *mașină-unealtă EUROMOD-P (sau oricare alt tip CNC Isel)*.

#### 3.7.1 Software isy-CAM

Soft-ul isy-CAM, reprezintă o versiune “ușoară” a pachetelor de operare, sub Windows, CAD/CAM , comunicarea realizându-se sub formă de “ferestre” (windowslike) – prin meniuri grafice sau blocuri de dialog.

Se menționează faptul că isy-CAM implică existența a două soft-uri, după cum urmează.

■ Isy-CAM CAD part, care include funcțiile necesare proiectării (modelării) reperelor în sistem 2D sau 3D;

■ Isy-CAM CAM part, ce permite crearea datelor de prelucrare în sistem 2D, sau 2,5 D, pentru mașini-unelte cu 3 sau 3,5 axe. Spre deosebire de sistemele de programare numerică convenționale, datele geometrice ale piesei sunt *preluate direct* din sistemul CAD și transferate în date de control numerice. În modulul CAM, instrucțiunile de fabricare (material, date referitoare la scula așchietoare) sunt considerate date de tip “outline”.

Simularea online, prin integrare, a suprafețelor ce se vor prelucra, conferă o monitorizare optimă a datelor de control numeric.

Funcții isy-CAM CAD reprezentative sunt:

- suport online integrat – suprafață de control configurabilă;
- posibilitatea de a lucra în paralel, și independent, la mai multe desene;
- elemente geometrice extensive, cum ar fi: linii, puncte elipse etc.;
- funcții de orientare și aranjare automată;
- funcții de dimensionare și măsurare extensive, corespunzătoare DIN/ISO
- oportunitatea introducerii datelor numerice, ca și coordonate absolute, relative și polare;
- transformări geometrice, de tip translație, rotație, mărire/micșorare la scară.

Funcții isy-CAM CAM reprezentative sunt:

- listarea tipurilor de scule și a geometriei implicite;
- introducerea valorilor parametrilor regimului de așchiere (viteza de avans și de rotație a arborelui principal);
- selectarea tipului de așchiere;
- reducerea vitezei sculei la intrare și ieșirea din așchiere;
- selectarea incrementului (numărului de treceri) pentru degroșare și finisare.

Tipuri de prelucrări corespunzătoare acestui soft sunt evidențiate în fig. 3.37:

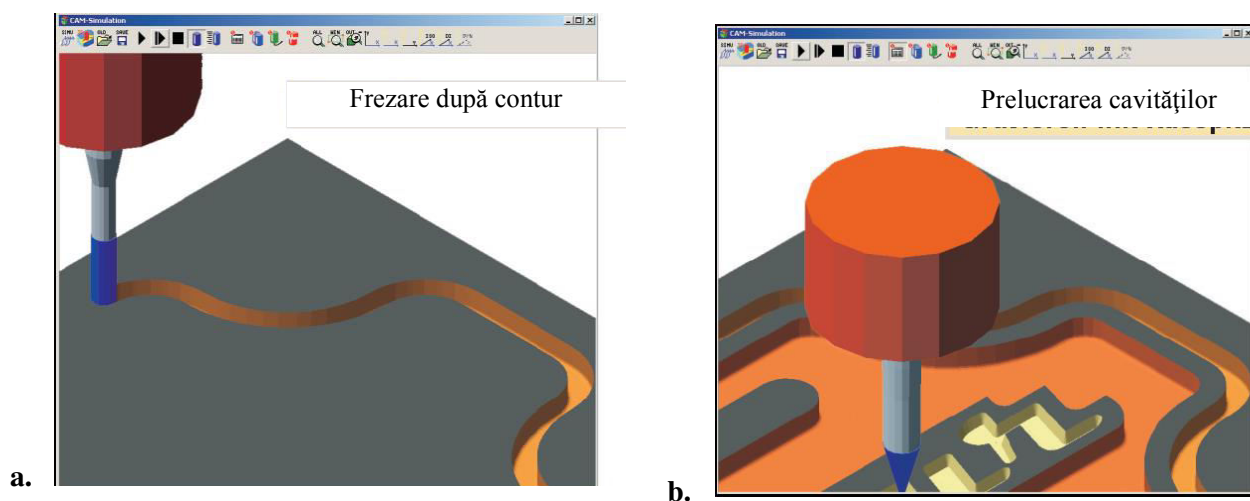


Fig. 3.37 Tipuri de prelucrări efectuate pe sisteme de fabricare Isel-automation [<http://www.isel.com>]

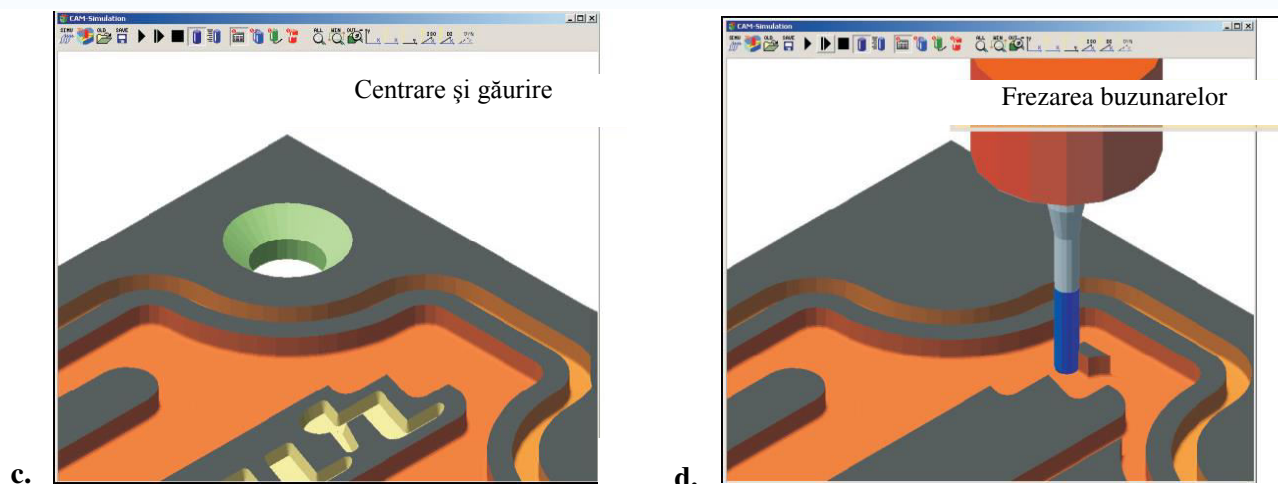


Fig. 3.37 Tipuri de prelucrări efectuate pe sisteme de fabricare Isel-automation - continuare  
[http://www.isel.com]

### 3.7.2 Software ProNC

Soft-ul ProNC reprezintă o modernă interfață de operare și programare, conformă cu specificațiile isel PAL sau DIN 66025, care utilizează conceptul MS Windows de asamblare dinamică (Dynamic Link Library, DLL).

Se realizează, astfel, modulul necesar și/sau interfețele de control a:

- sistemelor de mișcare în lungul axelor;
- convertoarelor de frecvență pentru rotațiile din jurul axelor;
- sistemelor de schimbare a sculei așchietoare;
- hardware-lor corespunzătoare funcțiilor de siguranță și tehnicilor de măsurare.

Structura textului program ProNC constă din linii de program. O linie de program poate fi alcătuită din *seturi/sau instrucțiuni NC*.

Un *set CN* (conform DIN 66025) constă din *cuvinte*, denumite uzual, *comenzi*. Acestea încep cu o literă de adresă, urmată de un șir de caractere numerice, cu/fără semn, cu/fără punct zecimal. Comenzile pot fi scrise cu sintaxă ISO sau, cu sintaxă PAL, diferența fiind că instrucțiunile G- și M- din sintaxa ISO sunt înlocuite cu instrucțiuni mnemonic (de traiectorie și diverse), în sintaxa PAL – v. exemplu în tabelul 3.1.

Tabelul.3.1 Comenzi CN

Comenzi	Sintaxă ISO - comenzi G- și M-	Sintaxă PAL – comenzi mnemonic
comenzi de traiectorie (fixarea traiectoriei absolute)	G90 G1	MOVEABS
comandă pentru pornirea arborelui principal	M3	SCLW SPINDLE ON
Comandă pentru viteza de așchiere	F100.0	VEL100.0
Comandă pentru schimbarea sculei : - numărul sculei - locul sculei	T 4 T1=4	GetTool 4 Get Tool TC1 4

O *instrucțiune* (extensii sintactice ale DIN 66025) poate fi de tip: linie goală; linie de comentariu; orice altă linie, care nu este set CN.

Instrucțiunile pot fi de diferite tipuri, după cum urmează:

- *variabilă* (P – asociată unui număr natural; R – asociată unui număr cu virgulă flotantă; Q – asociată unui număr cu 12 cifre, virgulă flotantă);
- *calculul unor parametri* (expresii aritmetice; funcții; expresii booleane);
- *comunicare cu unități externe* (operatoru; alte programe)

### 3.7.3 Unități de bază EuroMod

Unitățile de bază EuroMod reprezintă sisteme CNC ”gata de funcționare”, care pot fi utilizate eficient într-un mare număr de aplicații (de tip prelucrare și/sau control). Caracteristica acestor sisteme o reprezintă structura rigidă, cu vibrații reduse, realizată cu profile Isel, din oțel și aluminiu.

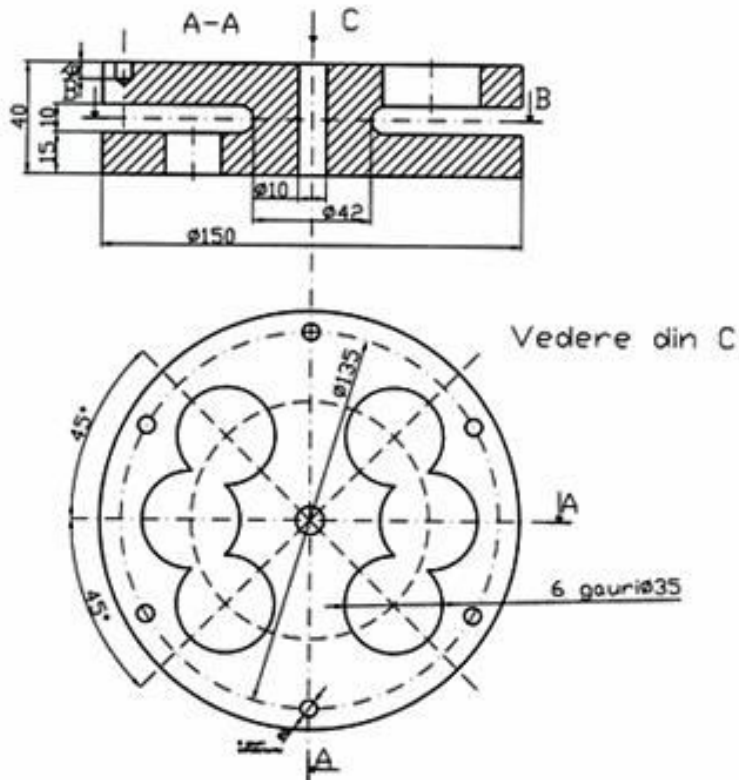
Imaginea mașinii CNC, EuroMod, tip K, este redată în fig. 3.38



Fig. 3.38 EuroMod 45 [<http://www.cnc-machines.isel.com>]

Exemplificarea modului în care se programează prelucrarea unor suprafețe tip ”buzunar” și a unor găuri este realizată în cele ce urmează.

Astfel, în fig. 3.39 și fig. 3.40 se redau desenul 2D al reperului și, respectiv, simularea fazelor de prelucrare asociate suprafețelor necesare a fi generate prin prelucrarea CNC (EuroMod). Programul generat, ProNC, se evidențiază în fig. 3.41, iar semnificația comenzilor specifice este prezentată în tabelul 3.2.



material: AlMgSiO

Fig. 3.39 Desenul 2D al reperului de prelucrat

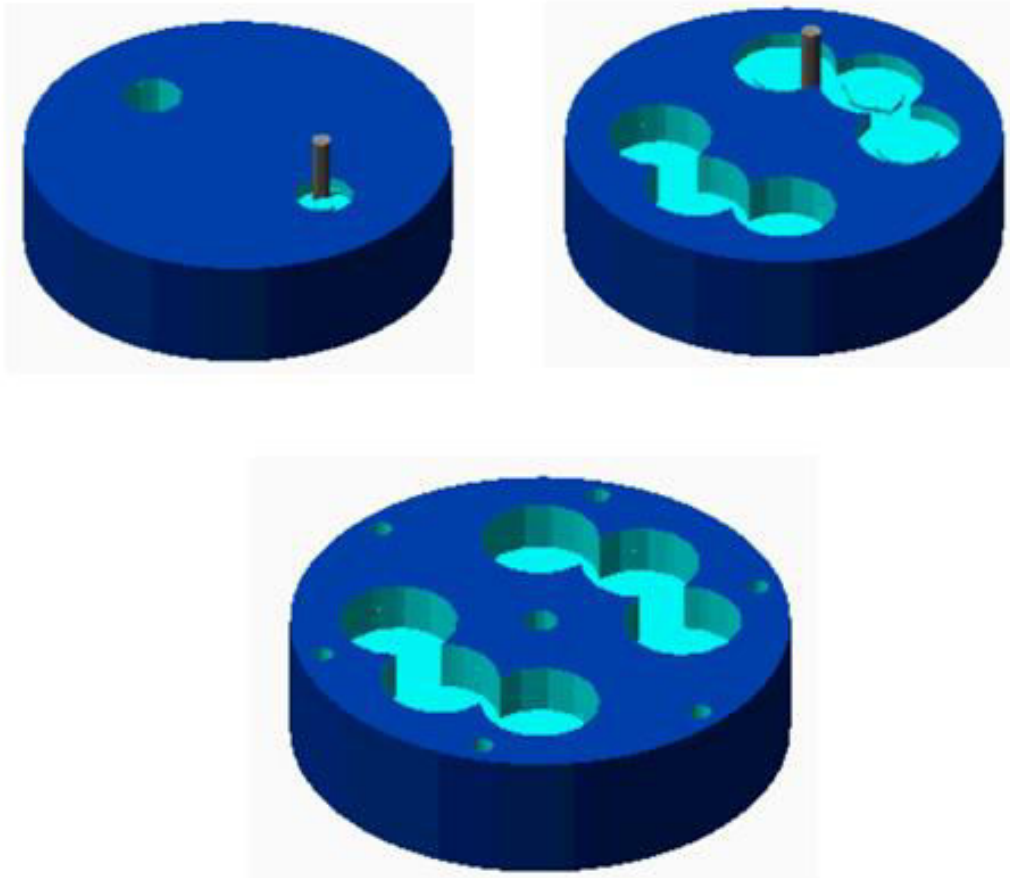


Fig. 3.40 Simularea prelucrării CNC

```

IMF_PBL_V1.0 - PICTURES BY PC
: FRAESZEIT: 0:32:00
: WERKZEUGTABELLE
: 0 : Milling - tool 1
: WPZERO
PLANE XY
: Block 01 : frezare3
GETTOOL 0: Milling - tool 1
SPINDLE CW RPM9000
FASTABS Z4000
FASTABS X-30264 Y90553
FASTABS Z2000
VEL 1667
MOVEABS Z-1875
VEL 8335
CCWABS I-30308 J87554 X-32398 Y85402
CWABS I-42500 J75000 Y64598
CCWABS I-30308 J62446 X-30264 Y59447
CWABS I-30052 J44948 X-24503 Y31552
CWABS I-30052 J44948 X-40154 Y55350
CCWABS I-42244 J57502 X-42288 Y60501
CWABS I-42500 J75000 X-57000 Y75000
CWABS I-42500 J75000 X-42288 Y89499
CCWABS I-42244 J92498 X-40154 Y94650
CWABS I-30052 J105052 X-24503 Y118448
CWABS I-30052 J105052 X-30264 Y90553
MOVEABS X-30222 Y93433
CCWABS I-30308 J87554 X-34404 Y83336
CWABS I-42500 J75000 Y66664
CCWABS I-30308 J62446 X-30222 Y56567
CWABS I-30052 J44948 X-25605 Y34212
CWABS I-30052 J44948 X-38148 Y53284
CCWABS I-42244 J57502 X-42330 Y63381
CWABS I-42500 J75000 X-54120 Y75000
CWABS I-42500 J75000 X-42330 Y86619
CCWABS I-42244 J92498 X-38148 Y96716
CWABS I-30052 J105052 X-25605 Y115788
CWABS I-30052 J105052 X-30222 Y93433
MOVEABS X-30180 Y96313
CCWABS I-30308 J87554 X-34012 Y95492
CCWABS I-42244 J92498 X-36141 Y98782
CWABS I-30052 J105052 X-26707 Y113127
CWABS I-30052 J105052 X-30180 Y96313
MOVEABS X-30138 Y99193
CCWABS I-30308 J87554 X-32571 Y98972
CCWABS I-42244 J92498 X-34135 Y100848
CWABS I-30052 J105052 X-27809 Y110466
CWABS I-30052 J105052 X-30138 Y99193
MOVEABS X-30096 Y102072
CCWABS I-30308 J87554 X-31300 Y102040
CCWABS I-42244 J92498 X-32128 Y102914
CWABS I-30052 J105052 X-28912 Y107805
CWABS I-30052 J105052 X-30096 Y102072
MOVEABS X-30054 Y104952
MOVEABS X-30093 Y104952
MOVEABS X-30122 Y104980
CWABS I-30052 J105052 X-30014 Y105145
CWABS I-30052 J105052 X-30054 Y104952
MOVEABS X-38540 Y84560
CCWABS I-30308 J87554 X-36411 Y81270
CWABS I-42500 J75000 Y68730
CCWABS I-30308 J62446 X-38540 Y65440
CCWABS I-42244 J57502 X-42372 Y66261
CWABS I-42500 J75000 X-51240 Y75000
CWABS I-42500 J75000 X-42372 Y83739
CCWABS I-42244 J92498 X-38540 Y84560
MOVEABS X-39981 Y81080
CCWABS I-30308 J87554 X-38417 Y79204
CWABS I-42500 J75000 Y70796
CCWABS I-30308 J62446 X-39981 Y68920
CCWABS I-42244 J57502 X-42414 Y69141
CWABS I-42500 J75000 X-48360 Y75000
CWABS I-42500 J75000 X-42414 Y80859
CCWABS I-42244 J92498 X-39981 Y81080
MOVEABS X-41252 Y78012
CCWABS I-30308 J87554 X-40424 Y77138
CWABS I-42500 J75000 Y72862
CCWABS I-30308 J62446 X-41252 Y71988
CCWABS I-42244 J57502 X-42456 Y72020
CWABS I-42500 J75000 X-45480 Y75000
CWABS I-42500 J75000 X-42456 Y77980
CCWABS I-42244 J92498 X-41252 Y78012
MOVEABS X-42459 Y75100
MOVEABS X-42430 Y75072
CWABS I-42500 J75000 Y74928
MOVEABS X-42459 Y74900
MOVEABS X-42499 Y74900
CWABS I-42500 J75000 X-42600 Y75000
CWABS I-42500 J75000 X-42499 Y75100
MOVEABS X-42459 Y75100
MOVEABS X-34012 Y54508
CCWABS I-30308 J62446 X-30180 Y53687
CWABS I-30052 J44948 X-26707 Y36873
CWABS I-30052 J44948 X-36141 Y51218
CCWABS I-42244 J57502 X-34012 Y54508
MOVEABS X-32571 Y51028
CCWABS I-30308 J62446 X-30138 Y50807
CWABS I-30052 J44948 X-27809 Y39534
CWABS I-30052 J44948 X-34135 Y49152
CCWABS I-42244 J57502 X-32571 Y51028
MOVEABS X-31300 Y47960
CCWABS I-30308 J62446 X-30096 Y47928
CWABS I-30052 J44948 X-28912 Y42195
CWABS I-30052 J44948 X-32128 Y47086
CCWABS I-42244 J57502 X-31300 Y47960
MOVEABS X-30093 Y45048
MOVEABS X-30054 Y45048
CWABS I-30052 J44948 X-30014 Y44855
CWABS I-30052 J44948 X-30122 Y45020
MOVEABS X-30093 Y45048
FASTABS Z4000
FASTABS X-30264 Y90553
FASTABS Z2000
VEL 1667
MOVEABS Z-3750
VEL 8335
CCWABS I-30308 J87554 X-32398 Y85402
CWABS I-42500 J75000 Y64598
CCWABS I-30308 J62446 X-30264 Y59447
CWABS I-30052 J44948 X-24503 Y31552
CWABS I-30052 J44948 X-40154 Y55350
CCWABS I-42244 J57502 X-42288 Y60501
CWABS I-42500 J75000 X-57000 Y75000
CWABS I-42500 J75000 X-42288 Y89499
CCWABS I-42244 J92498 X-40154 Y94650
CWABS I-30052 J105052 X-24503 Y118448
CWABS I-30052 J105052 X-30264 Y90553
MOVEABS X-30222 Y93433
CCWABS I-30308 J87554 X-34404 Y83336
CWABS I-42500 J75000 Y66664
CCWABS I-30308 J62446 X-30222 Y56567
CWABS I-30052 J44948 X-25605 Y34212
CWABS I-30052 J44948 X-38148 Y53284
CCWABS I-42244 J57502 X-42330 Y63381
CWABS I-42500 J75000 X-54120 Y75000
CWABS I-42500 J75000 X-42330 Y86619

```

generare: 2 buzone și 6 găuri echidistante  $\Phi 6$  și 1 gaură  $\Phi 10$

Fig. 3.41 Program CN (software ProNC)

Tabel 3.2 Comenzi specifice sistemelor CNC Isel

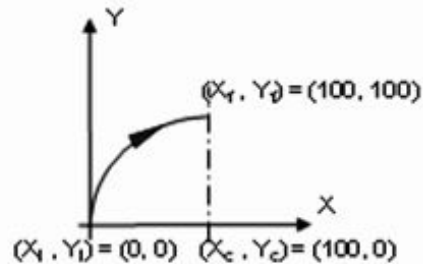
### ■ Comenzi de traiectorie

- ABS** – definirea în mărime absolută a coordonatelor;  
**REL** – definirea în mărime relativă a coordonatelor (incremental);  
**FASTABS** – mișcare de poziționare cu viteză mare, în coordonate cinematice;  
**MOVEABS** – interpolare liniară, în coordonate cinematice;  
**PLANE XY** – definirea planului de interpolare  
**CWABS** – interpolare circulară, în sens opus celui trigonometric (clockwise), în coordonate carteziene;  
**CCWABS** – interpolare circulară, în sens trigonometric (counter clockwise), în coordonate carteziene;

Obs.:

Coordonatele centrului  $(X_c, Y_c)$  rezultă prin adăugarea valorilor I și, respectiv, J la valorile coordonatelor de început ale cercului  $((X_1, Y_1))$ , astfel că:

$$X_c = X_1 + I \quad \text{și} \quad Y_c = Y_1 + J$$



Ex:

N10 PLANE XY	Stabilirea planului de interpolare
N20 FASTABS X0 Y0	Deplasarea rapidă la punctul de început
N30 CWABS X100 Y100 I100 J0 F75	Deplasarea pe arc de cerc cu viteza de prelucrare 75 mm/s

### ■ Comenzi de prelucrare

- FASTVEL** – viteză ridicată, în mm/sec;  
**VEL** – viteză de prelucrare, în mm/sec.;  
**SCLW** – rotirea arborelui principal, în sens contrar celui trigonometric (clockwise), viteza de rotație în mm/rot.;  
**SCCLW** – rotirea arborelui principal, în sens trigonometric (counter clockwise), viteza de rotație în mm/rot.;  
**SOFF** – oprirea arborelui principal;  
**GETTOOL ^** – schimbarea sculei, utilizarea sculei numărul \*;  
**GETTOOL TC^** – schimbarea sculei, utilizarea sculei din poziția \*;

### ■ Comenzi variate

- COOLANT ON** – pornirea lichidului de răcire - ungere;  
**COOLANT OFF** – oprirea lichidului de răcire - ungere;

Obs.:

Această comandă este poziționată la sfârșitul unui set NC, dar se activează înainte să înceapă mișcarea în lungul I în jurul axei.

**PROGEND** – sfârșitul programului

## CAPITOL 4

## TEHNOLOGII DE FABRICARE PE STRUNGURI ȘI CENTRE DE PRELUCRARE PRIN STRUNJIRE CU CNC

### 4.1 Principii fundamentale ale prelucrărilor prin strunjire

Strunjirea este procedeul de prelucrare prin așchiere în care mișcarea principală este cea de rotație a piesei, iar mișcarea de avans este cea de translație a sculei așchietoare.

În funcție de tipul suprafețelor prelucrate, strunjirea este - v. fig. 4.1, fig. 4.2 și fig.4.3 :

- exterioară, interioară;
- cilindrică, plană, profilată

iar în funcție de tipul prelucrării, strunjirea poate fi de: degroșare, semifinisare, finisare, netezire.

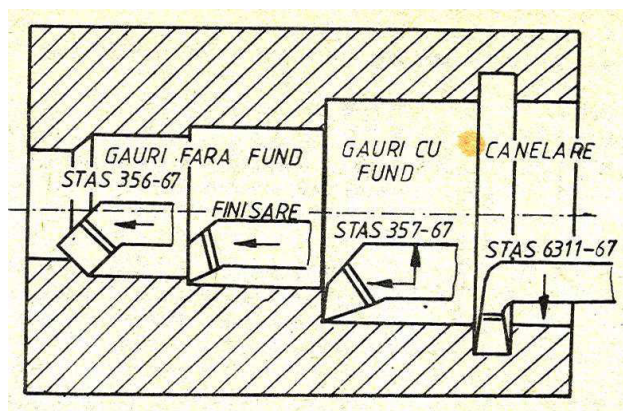
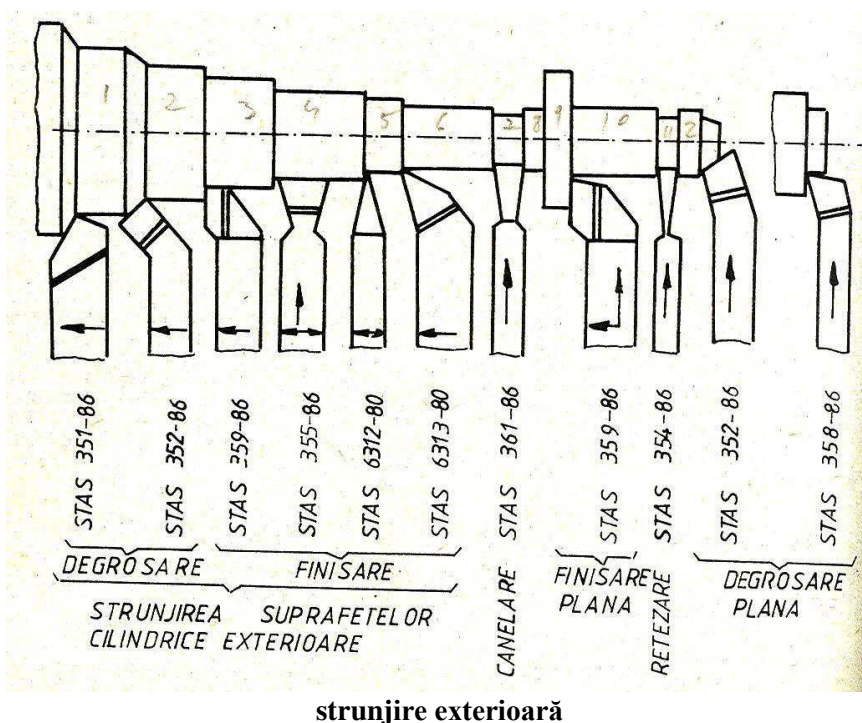


Fig. 4.1 Tipuri de prelucrări prin strunjire [5]

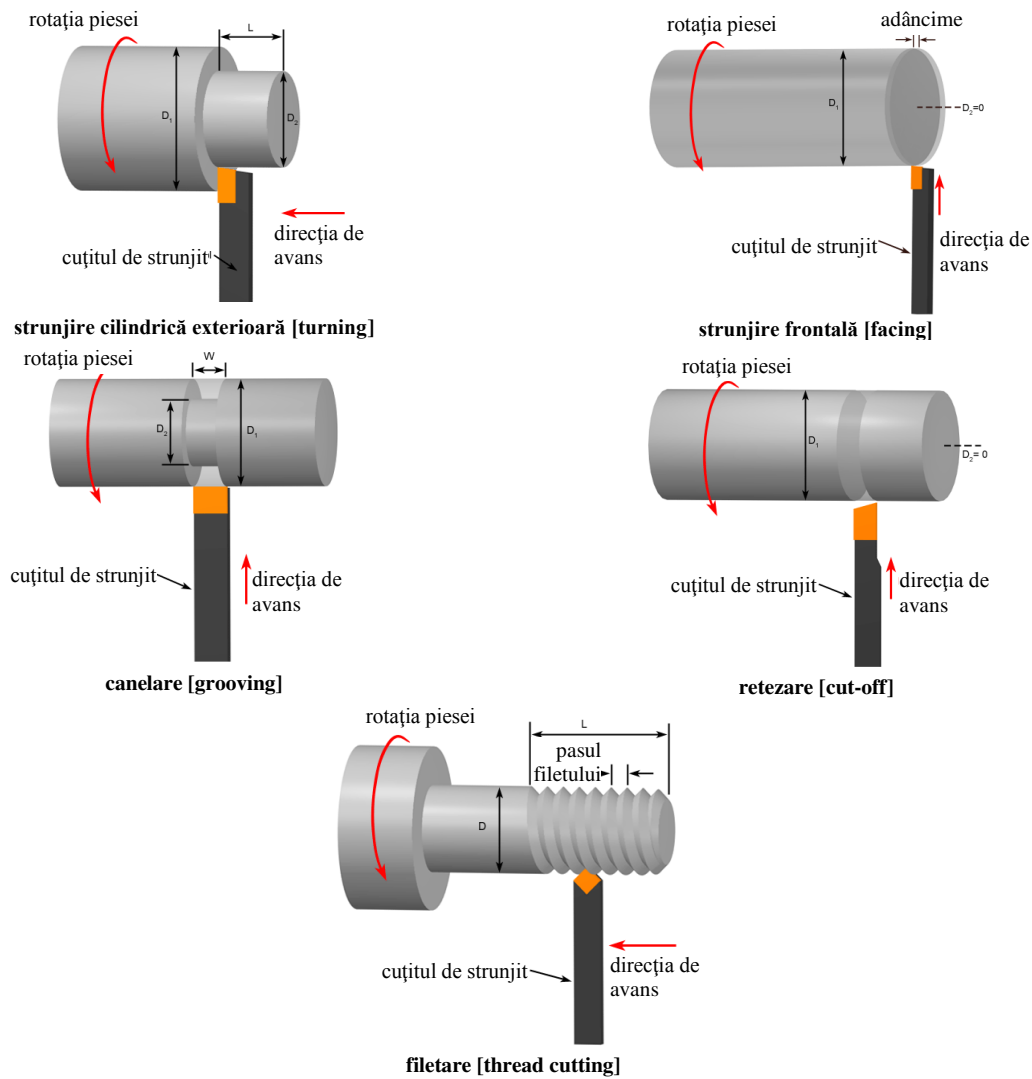


Fig. 4.2 Procedee de strunjire exterioară [http://www.custompartnet.com]

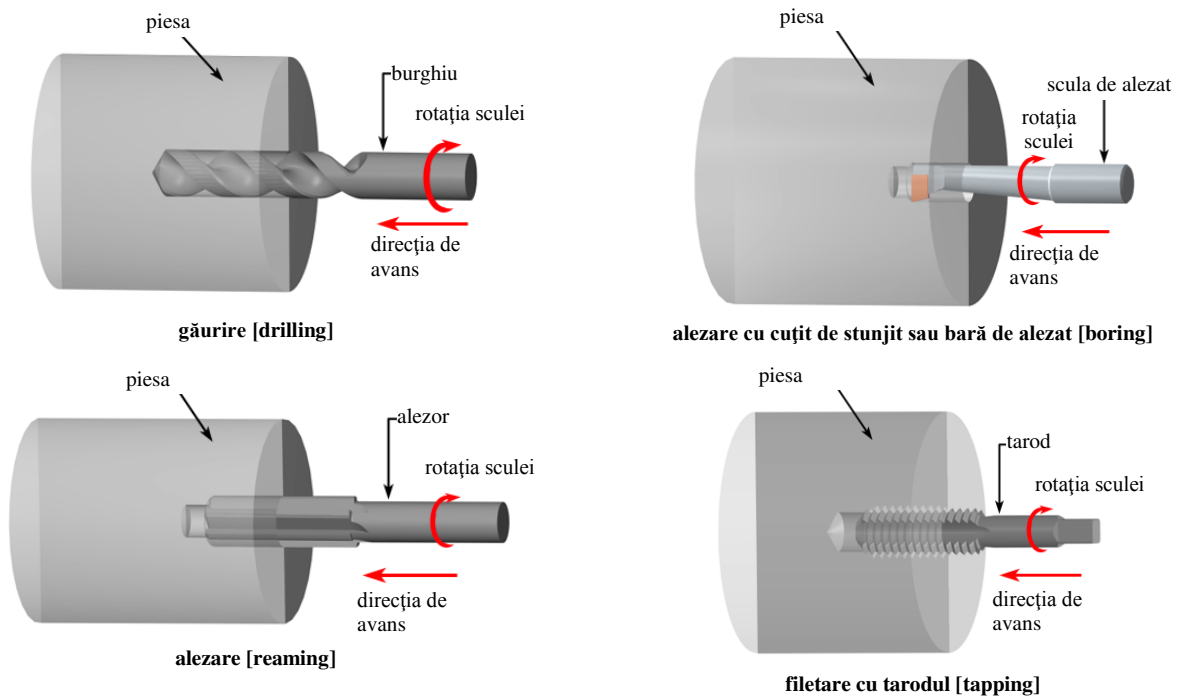


Fig. 4.3 Procedee de strunjire interioară [http://www.custompartnet.com]



Parametrii de așchiere și mișcările de lucru la strunjire sunt după cum urmează: – v. fig. 4.4  
 - avansul,  $f / s$  [mm/rot];  
 - viteza de așchiere,  $v$  [m/min] & turația,  $n$  [rot/min];  
 - adâncimea de așchiere,  $a_p / t$  [mm], care poate fi radială sau axială.

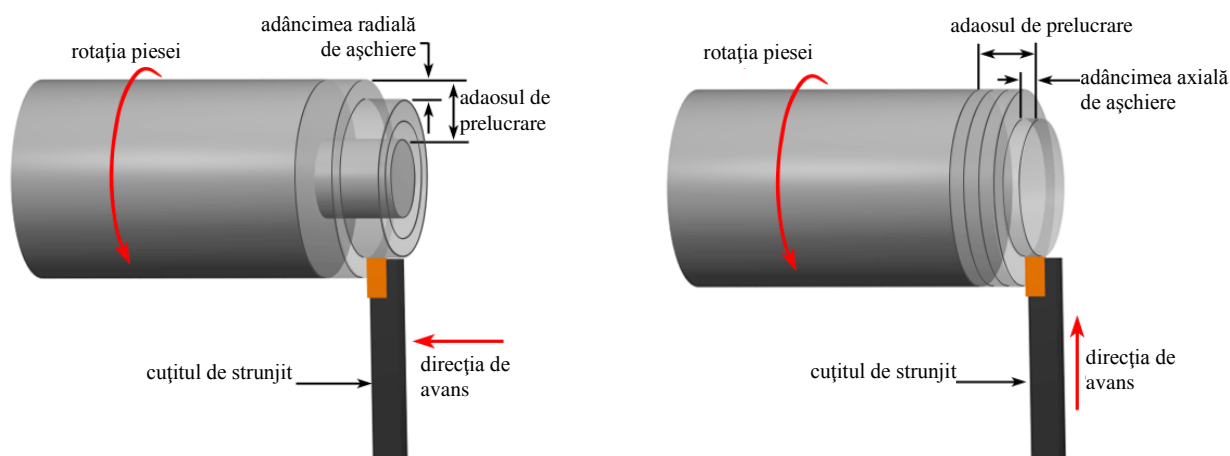


Fig. 4.4 Mișcările specifice prelucrării prin strunjire [http://www.custompartnet.com]

Determinarea prin calcul, sau alegere din tabele normative a parametrilor menționați anterior implică parcurgerea anumitor etape specifice, detaliate în continuare.

A. Stabilirea durabilității economice și a uzurii sculei așchietoare – valorile se aleg din tabele normative existente în literatura de specialitate.

$$T = 90 \text{ min [10, tab.6.8]}$$

$$VB = 0,6 - 0,8 \text{ mm [10, tab.6.9]}$$

B. Stabilirea adâncimii de așchiere și a numărului de treceri – se face în funcție de valoarea adaosului de prelucrare (total) și a indicațiilor existente în literatura de specialitate

$$t = \frac{Ap}{i} \text{ [mm]},$$

în care:  $Ap$  – adaosul de prelucrare;  
 $i$  – număr de treceri;

C. Stabilirea avansului de așchiere [10, tab.6.17]:

*Exemplu:*  $f = 0,25 \div 0,40$  mm/rot  $\Rightarrow$  din gama de avansuri a SN 320 se alege valoarea 0,3 mm/rot

D. Stabilirea vitezei de așchiere [10, rel.6.32]:

$$v = \frac{Cv}{T^{m_v} \cdot a_p^{x_v} \cdot f^{y_v}} \cdot K \text{ [m/min]},$$

unde:

$$K = K_T \cdot K_{vm} \cdot K_{st} \cdot K_c \cdot K_s \cdot K_\gamma \cdot K_K \cdot K_{K1} \cdot K_r \cdot K_{VB} \cdot K_Q \cdot K_{fr} \cdot K_{int}$$

$Cv$  – constantă care depinde de caracteristicile materialului care se prelucurează și al materialului sculei așchietoare;

$T$  – durabilitatea sculei așchietoare [min];

$m_v$  – exponentul durabilității [10, tab.6.43]

$a_p$  – adâncimea de așchiere;

$f$  – avansul de aşchiere;

$x_v, y_v$  – exponenţii adâncimii de aşchiere şi ai avansului [10, tab. 6.45];

$K_T$  – coef. de corecţie în funcţie de durabilitatea sculei [10, tab.6.47];  $K_T = 1$

$K_{vm}$  – coef. de corecţie în funcţie de prelucrabilitatea materialelor [10, tab.6.51];

$K_c$  – coef. de corecţie în funcţie de tipul semifabricatului (turnat) [10, tab.6.50];

$K_s$  – coef. de corecţie în funcţie de calitatea părţii active a sculei [10, tab.6.48];

$K_\gamma$  – coef. de corecţie în funcţie de unghiul de degajare [10, tab.6.53];  $K_\gamma = 1$

$K_K$  – coef. de corecţie în funcţie de unghiul atac principal [10, tab.6.55];

$K_{K1}$  – coef. de corecţie în funcţie de unghiul de atac secundar [10, tab.6.56];

$K_{VB}$  – coef. de corecţie în funcţie de mărimea uzurii pe faţa de aşezare [10, tab.6.58];

$K_r$  – coef. de corecţie în funcţie de raza la vârf a sculei [10, tab.6.57];

$K_q$  – coef. de corecţie în funcţie de secţiunea cuţitului [10, tab.6.60];

$K_{fr}$  – coef. de corecţie pentru strunjirea frontală [10, tab.6.62];

$K_{int}$  – coef. de corecţie pentru strunjirea interioară.

E. Turaţia se calculează cu relaţia: 
$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} \text{ [rot/min]}$$

Din gama de turaţii a strungului se alege turaţia:  $n_r$

F. Se recalculează viteza reală cu relaţia: 
$$v_r = \frac{\pi \cdot D \cdot n_r}{1000} \text{ [m/min]}$$

G. Din punct de vedere al rezistenţei corpului cuţitului, se verifică valoare avansului pentru strunjirea de degroşare, luându-se în considerare valoarea  $F_y$ , a forţei principale de aşchiere.

$$F_y = \frac{b \cdot h^2 \cdot R_{ai}}{6 \cdot L} \text{ [N]} - \text{corp cuţit cu secţiune dreptunghiulară} - v. \text{ Fig 4.5} \quad (4.1)$$

sau 
$$F_y = \frac{d^3 \cdot R_{ai}}{32 \cdot L} \text{ [N]} - \text{corp cuţit cu secţiune circulară} \quad (4.2)$$

$$F_y = C_{F_y} \cdot t^{x_{F_y}} \cdot HB^{n_{F_y}} \cdot f^{y_{F_y}} \text{ [N]} \quad (4.3)$$

unde:  $R_{ai}$  este efortul unitar admisibil la încovoire al materialului corpului cuţitului [N/mm<sup>2</sup>]

$H, b, d$  – dimensiunile corpului cuţitului [mm]

$L$  – lungimea în consolă a cuţitului [mm]

⇒ Astfel, din egalarea valorilor celor două expresii ale componentei forţei de aşchiere, se calculează valoarea limită a avansului,  $f$

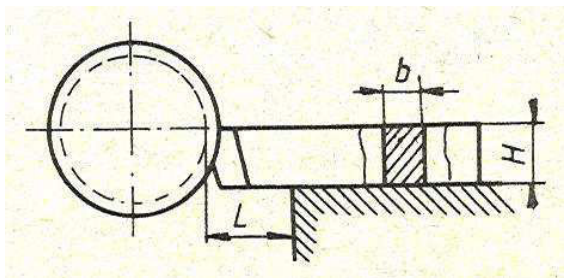


Fig. 4.5 Reprezentarea schematică a corpului cuţitului la strunjire [5]

H. Din punct de vedere al rezistenţei plăcuţei din aliaj dur, se verifică valoare avansului :

$$f = \frac{8,3 \cdot C^{1,8}}{t^{0,3} \cdot R_a} \quad (4.4)$$

unde:  $R_m$  este rezistenţa de rupere la tracţiune a materialului prelucrat [daN/mm<sup>2</sup>]

$C$  – grosimea plăcuţei din carburi metalice [mm]

⇒ Valoarea obținută se compară cu cea aleasă (v. punctul C.) și trebuie să fie inferioară acestuia din urmă.

I. Se mai verifică valoarea avansului de așchiere:

- din punct de vedere al forței admise de rezistența mecanismului de avans – comparând componenta axială a forței de așchiere cu forța admisă de mecanismul de avans ;
- din punct de vedere al rigidității piesei – se face numai pentru piese lungi ( $L/D > 7$ ), prin determinarea valorii săgeții de încovoire a piesei ( $< 0,25$  mm – la prelucrări de finisare și  $< 0,4$  mm – la prelucrări de degroșare).

## 4.2 Scule și sisteme de prindere a sculelor

Sculele utilizate în prelucrările prin strunjire se numesc, generic, “cuțite”.

Firma ISCAR produce scule cu partea de așchiere având placuțe așchietoare trinunghiulare (superioare celor rombice) sau pătrate, cu sisteme speciale de formare / sfârâmare a așchiilor – v. fig. 4.6 și fig. 4.7.

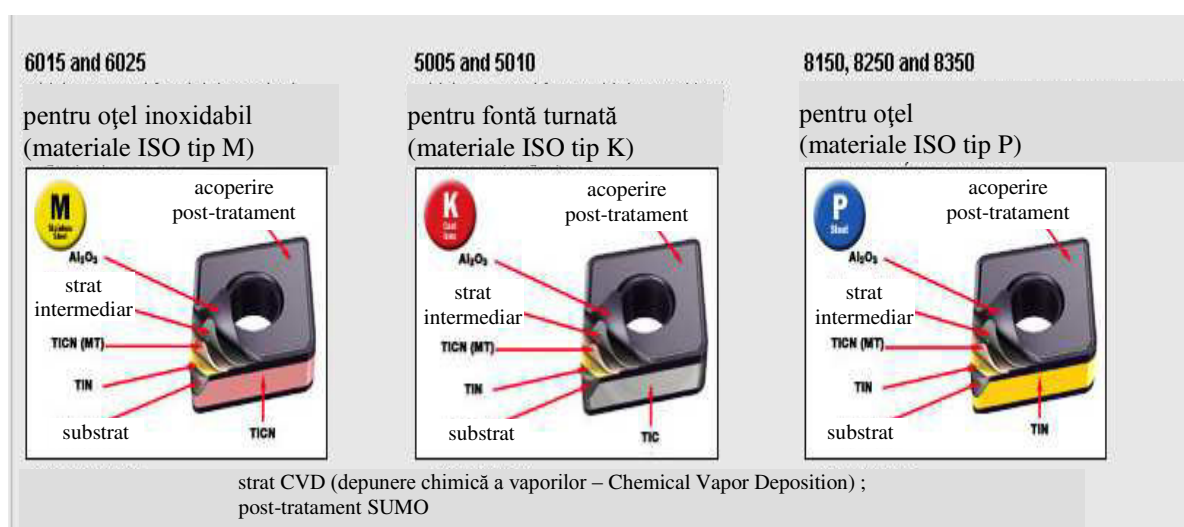


Fig. 4.6 Tipuri de placuțe, funcție de tipul materialului prelucrat [http://www.iscar.com]

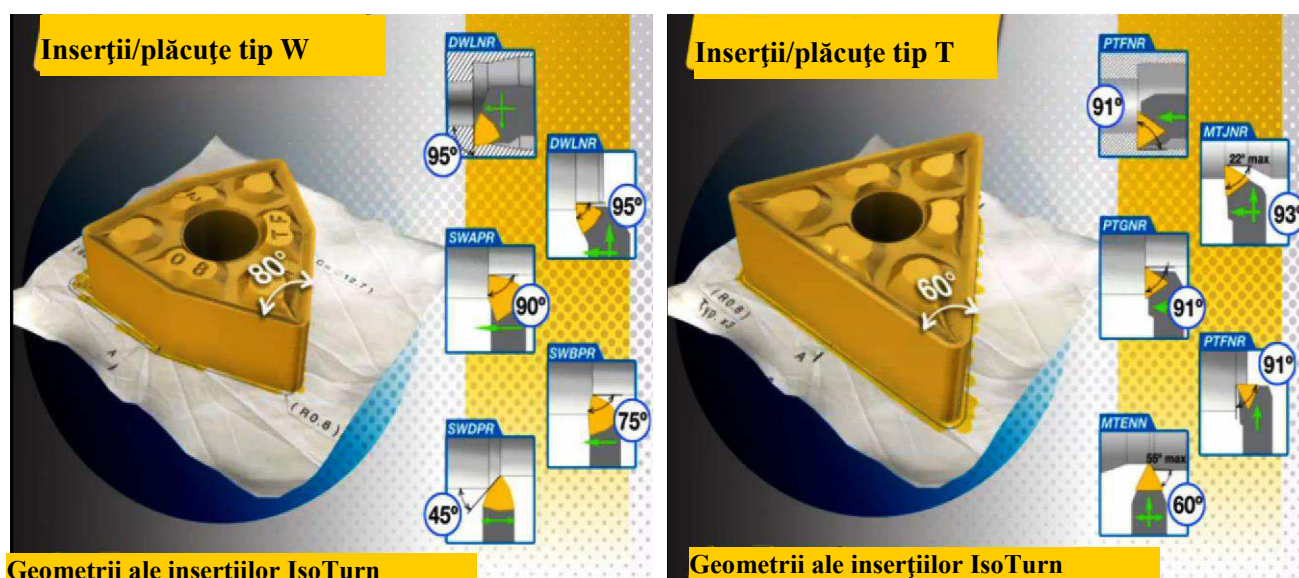
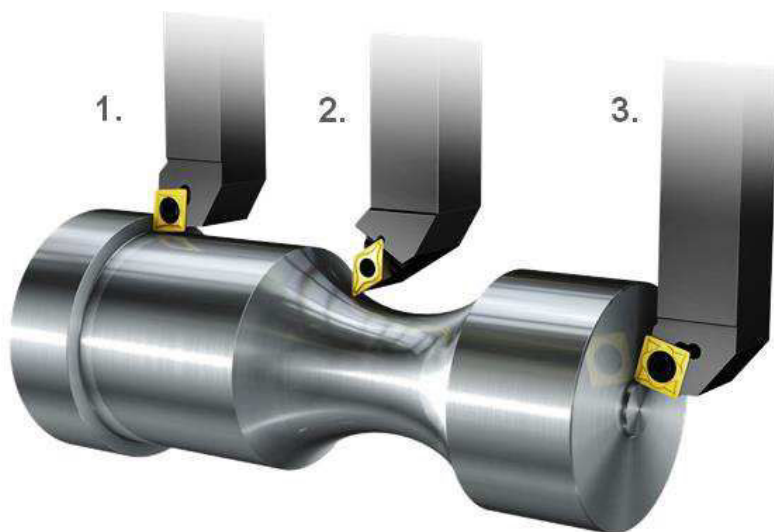


Fig. 4.7 Tipuri de plăcuțe și prelucrări specifice [http://www.iscar.com]

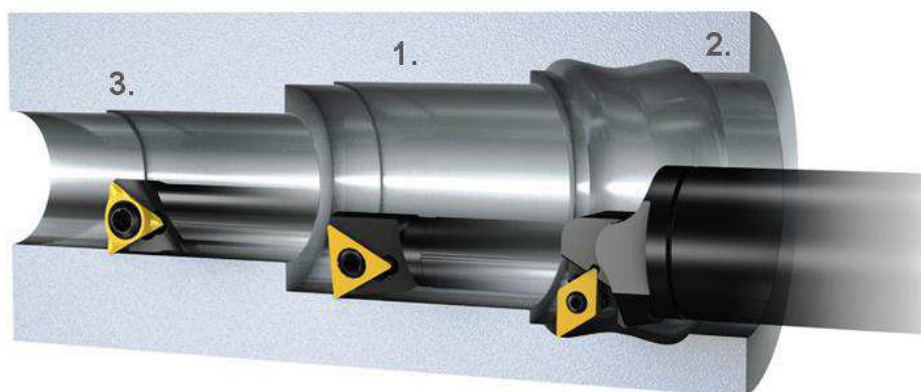
Standard ISO 13399 definește modul în care se “comunică” informațiile referitoare la sculele așchiatoare. Firma SANDVIK Coromant aplică standardul menționat, astfel încât fabricanții pot dobândi rapid toate informațiile necesare pentru alegerea unui anumit tip de sculă așchiatoare.

Tipuri de prelucrări prin strunjire și scule utilizate în vederea realizării acestora sunt prezentate în fig. 4.8.



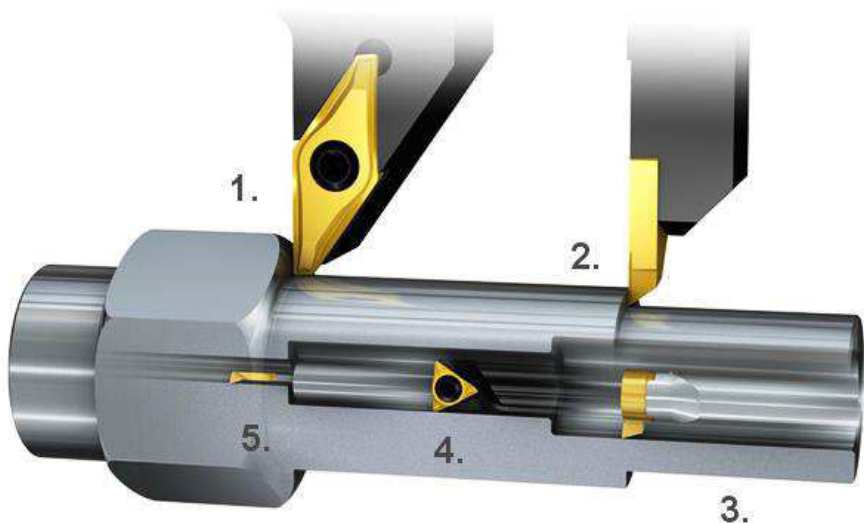
Strunjire exterioară

1. longitudinală
2. profilată
3. frontală



Strunjire interioară

1. longitudinală
2. profilată
3. longitudinală  
(cu mini-bare)



Strunjire piese de dimensiuni mici

1. strunjire exterioară
2. strunjire exterioară  
(capul port-scule are mișcări de translație)
3. strunjire interioară  
(plăcuțe schimbabile)
4. strunjire interioară
5. strunjire interioară  
(cu bare cu plăcuțe din carburi)

Fig. 4.8 Tipuri de prelucrări prin strunjire și tipuri de scule [http://www.sandvik.coromant.com]

Caracteristici ale sculelor produse de SANDVIK Coromant și utilizate la prelucrările prin strunjire sunt redate în fig. 4.9, după cum urmează:

- strunjire cilindrică exterioară;
- strunjire cilindrică interioară;
- retezare / profilare / canelare – exterioară;
- filetare / canelare de precizie – interioară.

**CoroTurn 107**  
cuțite pentru strunjire interioară și exterioară cu inserții/plăcuțe “pozitive”

Overview Assortment

Insert (3135) Tool item (1935) Kit (92)




master insert identification  
 CCMT 06 02 04 (106)  
 CCMT 06 02 08 (1)  
 CCMT 09 T3 08 (140)  
 CCMT 12 04 08 (64)  
 CCMT 38 09 32 (18)

tool style code  
 570-DVUNR/L (2)  
 570-SCLCR/L (10)  
 570-SDUCR/L (10)  
 570-SDUCR/L-80 (2)  
 570-SDUCR/L..X (10)

coolant entry style code  
 0: without coolant (905)  
 1: axial entry (1030)

adaptive i...machine direction  
 Adjusta...0 -size 25 (1)  
 Adjusta...0 -size 32 (2)  
 Adjusta...0 -size 40 (1)  
 Adjusta...0 -size 50 (1)  
 BTS ext...size BT25 (6)

More filters >



Ordering Code	Product Description	CAD/3D drawing	List price
 SSDCN 10 3HP	Tool item: External turning tool - two direction longitudinal CoroTurn 107	 	N/A <a href="#">Buy</a>

Product data from CoroGuide.

**Informații despre produs**


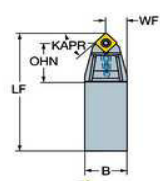
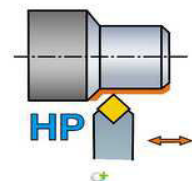
**Ordering code**  
 ISO SSDCN 10 3HP  
 ANSI SSDCN 10 3HP  
 EDP -  
 Bar code 26199372

**Product Description**  
 CoroTurn 107: External turning tool - two direction longitudinal

**Download:**  
 CAD Drawing (.dxf)  
 3D Model (.stp)

SSC	insert seat size code	3/8
ADINTMS	adaptive interface machine direction	Rectangular shank -inch: (10) 5/8 x 5/8
CZC	connection size code	5/8 x 5/8
KAPR	tool cutting edge angle	45 deg
PSIR	tool lead angle	45 deg
RMPX	maximum ramping angle	43 deg
OHN	minimum overhang	1.27165 inch
LF	functional length	4 inch
WF	functional width	0.322835 inch
HF	functional height	0.625 inch
WT	weight of item	0.203 lbs
TQ	torque	2.21269 ft lbs

+ Show additional product data [Buy](#)

**a. strunjire cilindrică exterioară**

Fig. 4.9 Tipuri de scule utilizate pentru strunjire [http://www.sandvik.coromant.com]

# CoroTurn 111

cuțite pentru strunjire interioară a alezajelor lungi sau în condiții instabile

Overview Assortment

Insert (365) Tool item (336)

**master insert identification**

- CPMT 06 02 04 (42)
- DPMT 07 02 04 (85)
- DPMT 11 T3 08 (14)
- TPMT 06 T1 02 (24)
- TPMT 09 02 04 (34)

**tool style code**

- 570-SCLPR/L (2)
- 570-SDUPR/L (6)
- 570-SDUPR/L..X (6)
- 570-SDXPR/L (6)
- 570-STFPR/L (6)

**coolant entry style code**

- 0: without coolant (18)
- 1: axial...tric entry (318)

**adaptive i...machine direction**

- Cylindr...: (04) 1/4 (4)
- Cylindr...: (05) 5/16 (6)
- Cylindr...: (06) 3/8 (13)
- Cylindr...: (08) 1/2 (20)
- Cylindr...: (10) 5/8 (18)

More filters >>

Ordering Code	Product Description	CAD/3D drawing	List price
<b>570-SCLPL-16-06</b>	Tool item: Internal turning tool - longitudinal and facing <b>CoroTurn 111</b>		N/A <span style="float: right;"><b>Buy</b></span>

Start > Products > CoroTurn 111 > 570-SCLPL-16-06

## Tool Item 570-SCLPL-16-06 for CoroTurn 111

**Buy**

Tool item Inserts (45) Spareparts (3) My calculation (0)

Product data from CoroGuide

### Informații despre produs

**Ordering code**  
 ISO 570-SCLPL-16-06  
 ANSI 570-SCLPL-16-06  
 EDP -  
 Bar code 11375792

**Product Description**  
 CoroTurn 111: Internal turning tool - longitudinal and facing

**Download:**

- CAD Drawing (.dxf)
- 3D Model (.stp)

SSC	insert seat size code	1/4	<b>Buy</b>
ADINTMS	adaptive interface machine direction	SL head (screw mounted) -size 16	
CZC	connection size code	16	
KAPR	tool cutting edge angle	94.9998 deg	
PSIR	tool lead angle	-4.99997 deg	
RMPX	maximum ramping angle	0 deg	
DMIN	minimum diameter	0.203149 inch	

### b. strunjire cilindrică interioară

Fig. 4.9 Tipuri de scule utilizate pentru strunjire - continuare  
[\[http://www.sandvik.coromant.com\]](http://www.sandvik.coromant.com)

**CoroCut 3**  
**cuțite pentru strunjire de retezare, canelare sau profilare**



Overview Assortment

Insert (72) Kit (10)

**Materials**

- Alumin...on-ferrous (72)
- Stainless Steel (72)
- Steel (72)
- Heat re...tanium all (48)

**tool style code**

- N123x3-CM (12)
- N123x3-CS (12)
- R/L123x3-CS (48)

**grade**

- 1125 (48)
- 4125 (24)

**suboperation**

- Grooving External (72)
- Grooving Internal (72)

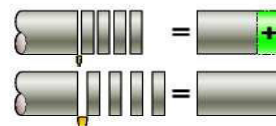
More filters »

Ordering Code	Product Description	CAD/3D drawing	List price
L123U3-0100-0500-CS 4125	Insert: Parting and grooving insert CoroCut 3		N/A

[Buy](#)

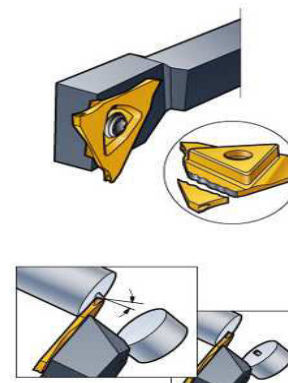
### Aplicații

- retezarea diametrelor mai mici de 12 mm sau a pieselor inelare cu pereți subțiri
- geometrii ale plăcuțelor specifice fiecărui tip de material (P, M, K, S)



### Recomandări

- retezări cu lățime cuprinsă între 0,5 + 3,18 mm
- adâncimi de prelucrare până la 6,4 mm
- prelucrarea inelelor elastice



Product data from CoroGuide

### Informații despre produs

**Ordering code**

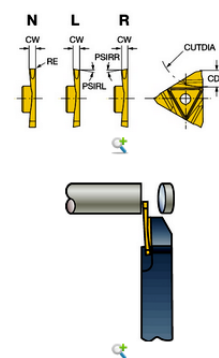
ISO L123U3-0100-0500-CS 4125  
 ANSI L123U3-0100-0500-CS 4125  
 EDP -  
 Bar code 11882511

**Product Description**  
 CoroCut 3: Parting and grooving insert

SSC	insert seat size code	U
HAND	hand	L
CW	cutting width	0.03937 inch
RE	Corner radius	0 inch
CDX	cutting depth maximum	0.165354 inch
CUTDIA	work piece parting diameter maximum	1.9685 inch
TSYC	tool style code	R/L123x3-CS
S	insert thickness	0.222047 inch
GRADE	grade	4125
WT	weight of item	0.01 lbs
CUTINT_CLAMPSURF	insert clamping interface	CoroCut 3 edge design
CUTINT_SIZESHAPE	insert size and shape	CoroCut 3 -style U

[Buy](#)

+ Show additional product data



### c. retezare / canelare / profilare - exterioară

Fig. 4.9 Tipuri de scule utilizate pentru strunjire - continuare  
 [http://www.sandvik.coromant.com]

## CoroTurn XS cuțite pentru strunjirea interioară a suprafețelor de dimensiuni mici, prelucrarea cilindrică, canelare, filetare

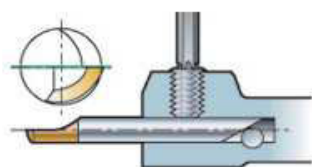
### Avantaje

- Sistem fiabil, focalizat în special pe alezaje cu diametru mai mic de 12 mm, chiar până la 0,3 mm
- Se pot prelucra canale frontale, până la diametrul de 6,2 mm
- Ușor de utilizat

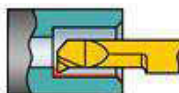


### Caracteristici

- Precizie ridicată, garanție a repetabilității
- Gamă variată de inserții – pentru realizarea diferitelor tipuri de prelucrări
- Locaș pentru poziționarea corectă în bara de alezat



strunjire la 90°



Strunjire/profilare la 45°



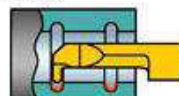
copiere



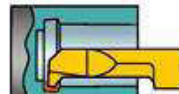
4 dimensiuni ale inserțiilor



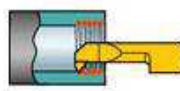
Profiling



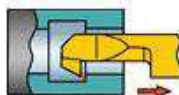
pre-retezare



filetare



prelucrare inversă



prelucrare canal



prelucrare canal frontal

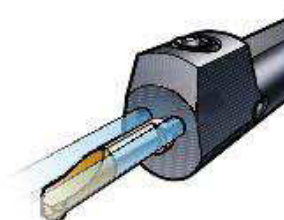


### Inserții

Uzual, se folosesc plăcuțe cu strat subțire PVD, depunere fizică a vaporilor (Physical Vapor Deposition)

Pentru oțeluri dure, se folosesc plăcuțe cu strat CVD.

Toate plăcuțele pentru prelucrarea canalelor asigură suprafață plană și raze mici de racordare la colțuri



d. filetare / canelare – internă, de precizie

Fig. 4.9 Tipuri de scule utilizate pentru strunjire - continuare  
[<http://www.sandvik.coromant.com>]



Sculele utilizate la prelucrările prin strunjire necesită sisteme de prindere sigure, precise și rapide care, să asigure pe cât posibil și aducerea lichidului de răcire – ungere în zona de așchiere.

Două tipuri de astfel de sisteme, produse de firma Sandvik Coromant sunt prezentate în cele ce urmează.

a. CoroTurn SL (v. fig. 4.10) – sistem modular de bare de alezat, adaptoare și “capete” de prelucrare.

Deformările și vibrațiile din timpul prelucrării au valori reduse, construcția fiind similară unei scule monobloc. Lichidul de răcire – ungere este distribuit în zona de lucru la o presiune ridicată.

Start > Products > CoroTurn SL

## CoroTurn SL

### Bare de alezat cu capete de prelucrare schimbabile



Overview

**CoroTurn SL reprezintă un sistem modular de bare de alezat, adaptoare și capete de prelucrare schimbabile, care permite realizarea de scule individualizate pentru o mare varietate de prelucrări**

**Avantaje**

- se obține rugozitate scăzută a suprafeței prelucrate, datorită vibrațiilor reduse
- dacă o parte a sculei se rupe, cealaltă parte rămâne intactă
- există posibilitatea optimizării prin folosirea sistemelor Coromant Capto

**Related information**

**CoroTurn 111**  
CoroTurn® 111 is a versatile system with inserts geometries and grades for all materials.  
[Read more](#)

**CoroTurn HP**  
The CoroTurn® HP program consists of a full range of tool holders dedicated for high pressure coolant machining.

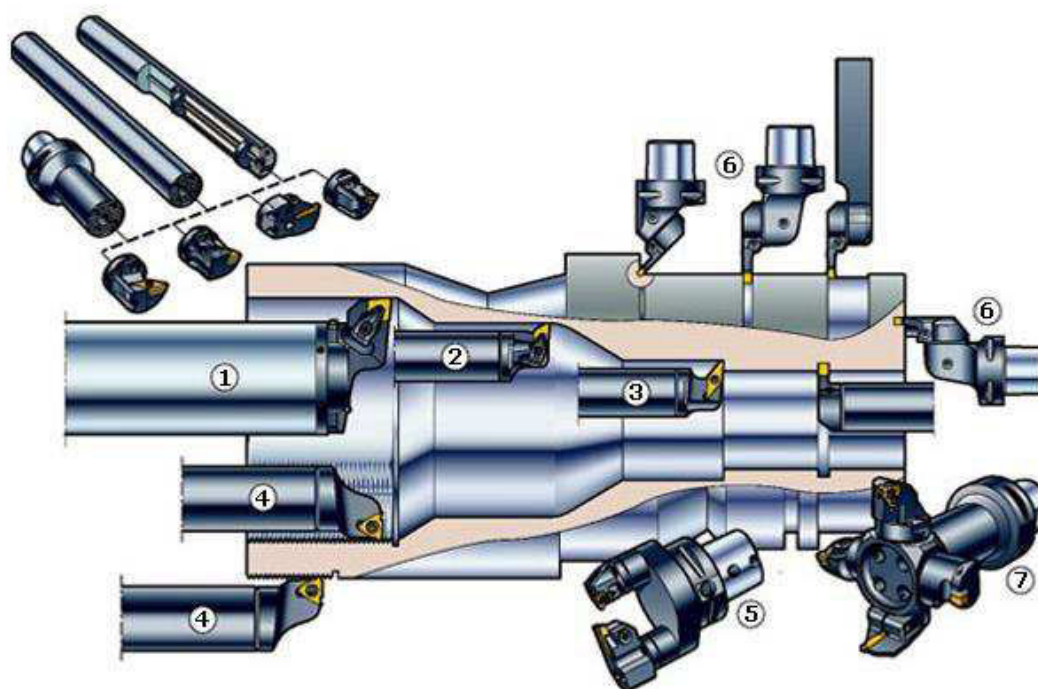


Fig. 4.10 Sistem modular de scule CoroTurn SL  
[<http://www.sandvik.coromant.com>]

b. Coromant Capto (v. fig. 4.11) – sistem modulare de schimbare rapidă a sculelor, ce face posibilă utilizarea aceleiași scule pe mai multe mașini (strunguri) – asigurându-se flexibilitate și o bună rigiditate

Sistemul include adaptoare – de tip extensii și reducții, care permit prinderea sculelor cu diferite lungimi și caracteristici de design.



Start > Products > Coromant Capto

## Coromant Capto

### Interfață cu mașina-unealtă și sistem modular de scule

Overview Assortment

**Coromant Capto este un sistem modular de schimbare rapidă a sculei, care permite utilizarea aceluiași scule la prelucrarea pe mai multe mașini-unelte. Se asigură astfel flexibilitate, rigiditate și un număr relativ redus de scule. Sunt disponibile extensii, adaptoare și reducții, astfel încât să se poată asambla scule cu diferite lungimi și caracteristici. Modularitatea implică nevoie mai redusă de scule speciale care sunt scumpe și necesită timp mare de livrare**

**Related information**

**Fine boring heads**

The fine boring head .37A and high speed fine boring head .37B can be adjusted radially to cover a certain diameter range with one tool.

[Read more](#)

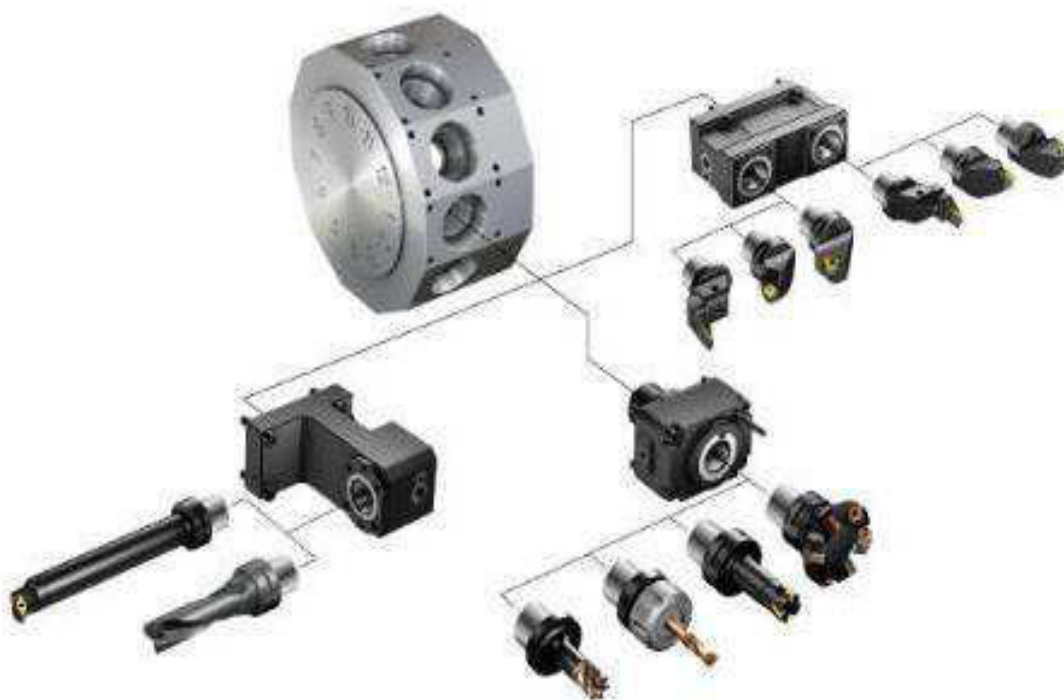
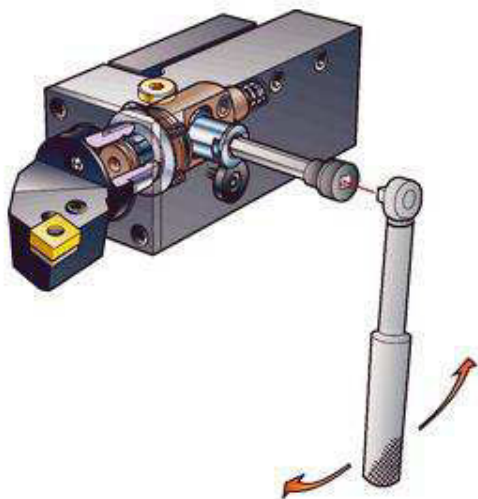
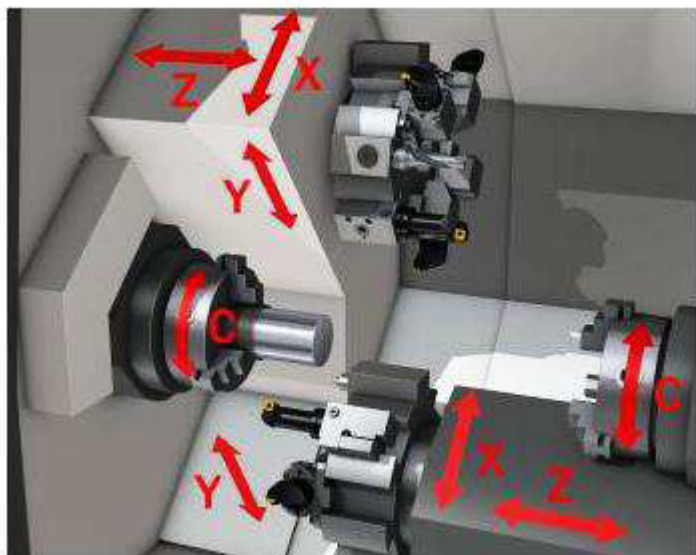


Fig. 4.10 Sistem modular de schimbare rapidă a sculelor Coromant Capto  
[<http://www.sandvik.coromant.com>]

Se remarcă faptul că pentru strungurile CNC, sistemele de scule Sandvik Coromant asigură atât schimbarea rapidă a sculei (v. fig. 4.12), cât și fixarea automată a acesteia (v. fig. 4.13).

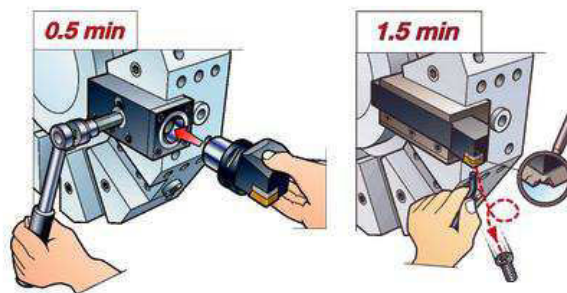
Ele pot fi utilizate în turele statice (fig. 4.14) și în turele ce realizează mișcarea de rotație a sculei (fig. 14.15).



rotire cu mai puțin de 180° pentru prindere și desprindere



Sister tools with Coromant Capto coupling.



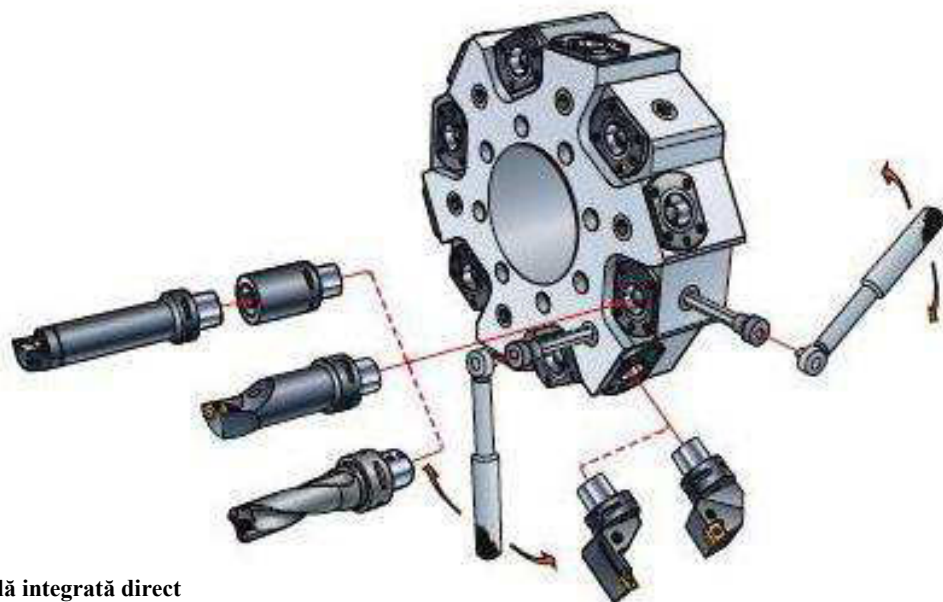
suclele se pot schimba rapid, prin utilizarea sistemului Coromant Capto

Fig. 4.12 Schimbarea rapidă a sculei așchietoare [http://www.sandvik.coromant.com]

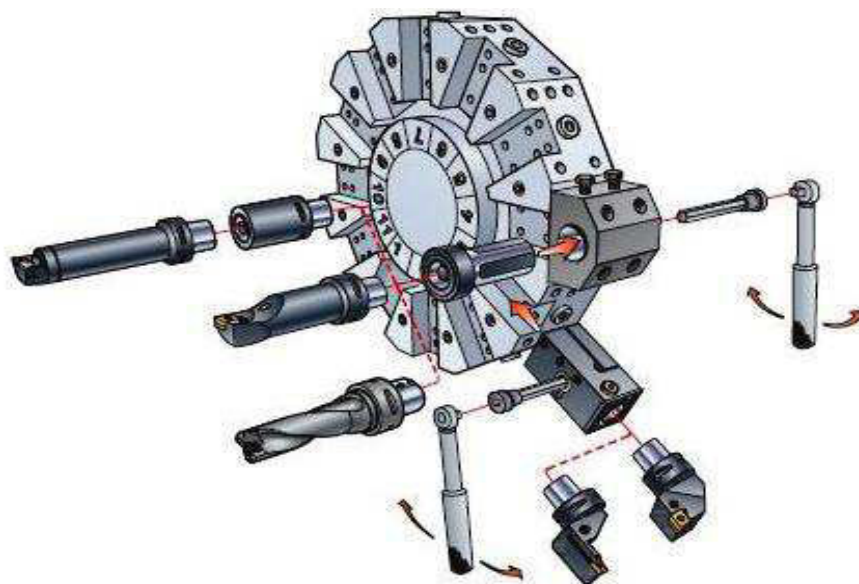


unități folosite la centre de stunjire și strunguri verticale

Fig. 4.13 Sisteme de fixare automată a sculei [http://www.sandvik.coromant.com]



turelă integrată direct



unități de fixare



conversia unei turele standard la sistem Coromant Capto

Fig. 4.14 Sisteme de scule – pentru turelă fixă  
[<http://www.sandvik.coromant.com>]



CDI, discul de interfață Coromant (Coromant Disc Interface) funcționează între turelă și unitățile de fixare

Fig. 4.15 Sisteme de scule – pentru turelă cu mișcare de rotație a sculei  
[<http://www.sandvik.coromant.com>]

### 4.3 Sisteme pentru lichidul de răcire – ungere

Lichidele de răcire – ungere au rol esențial în asigurarea condițiilor optime de așchiere, în special atunci când se prelucrează materiale foarte dure, sau care generează așchii lungi și continue.

Firma Iscar produce sculele JETHP, care trimit lichidul în zona de așchiere (sub formă de vapori) – v. fig. 4.16. Astfel, viteza și forța acestuia îmbunătățesc prelucrabilitatea materialului, prin aceea că se generează așchii mici, ușor de îndepărtat, chiar dacă materialul prelucrat cu viteze mari este de tip titan, inconel sau oțel.



- prelucrări suprafețe profilate / canelate -

Fig. 4.16 Tipuri de poziționare a orificiilor pentru trimiterea lichidului de răcire – ungere  
[<http://www.iscar.com>]



- ușor de înlocuit placuța;  
 - sistemul poate fi ajustat în funcție de adâncimea de așchiere;  
 - se poate raci suplimentar muchia așchietoare

- asigură direcționarea lichidului spre muchia așchietoare a plăcuței

- ușor de înlocuit placuța;  
 - distribuie lichidul foarte aproape de muchia așchietoare

- prelucrări suprafețe exterioare / interioare -

Fig. 4.16 Tipuri de pozitionare a orificiilor pentru trimiterea lichidului de răcire – ungere -continuare  
 [http://www.iscar.com]

#### 4.4 Strunguri și centre de prelucrare prin strunjire cu CNC

Firmele producătoare oferă o gama variată de strunguri și centre de prelucrare prin strunjire cu CNC. Funcție de volumul producției, caracteristicile de precizie geometrică impuse piesei, dotarea existentă, posibilitățile de achiziție a sculelor așchietoare etc, se alege echipamentul adecvat.

Oferte ale firmelor specializate sunt evidențiate în cele ce urmează – v. fig. 4.17, fig. 4.18 și fig. 4.19.

### 2SP-H Series 2SP-150H

Strung CNC cu 2 axe orizontale paralele



2SP-150H	2SP-250H	2SP-35H
<b>Highlighted Specifications</b>		
Max. turning diameter (on both sides)	mm	220
Max. turning length (L/R)	mm	155
Standard spindle speed	mm-1	4.500 [6.000]
Standard spindle power	kW	11 [11]
No. of tools		Left: 12 Right: 12
Rapid feed rate (L/R)		X:24/ Z:24
Features	Twin Spindle Gantry Loader [Milling Function]	
[ ] Option		

Fig. 4.17 Strung CNC Okuma  
 [http://www.okuma.de]

**LVT Series VTURN LVT300**

Strung CNC vertical



VTURN LVT300		
Highlighted Specifications		
Max. turning diameter	mm	280
Max. turning length	mm	200
Max. load capacity	kg	20
Standard spindle speed (L/R)	mm-1	4.000 [6.000]
Standard spindle power (L/R)	kW	22 [37]
No. of tools		V12: 12
Rapid feed rate	m/min	X:60/ Z:30
Features	Milling Function "Spindle Loader"	
[ ] Option		

Fig. 4.17 Strung CNC Okuma- continuare  
[<http://www.okuma.de>]

**QUICK TURN NEXUS 300-II**

Centru de prelucrare prin strunjire CNC



Opțiunile disponibile se referă la scule pentru frezare

Centrul de prelucrare are stabilitate ridicată, sistem de operare sigur, capacitate de operare deosebită, prin utilizarea sistemului CNC de generația a 6-a.

CAPACITY	
Chuck size main spindle	10 "
Maximum swing	680 mm
Maximum machining diameter	420 mm
Bar work capacity main spindle	77 mm
MAIN SPINDLE	
Rotating speed maximum	4,000 min <sup>-1</sup>
Motor output (30 minute rating)	26.0 kW
TURRET	
Number of tools	12
FEED AXES	
Travel (X axis)	225 mm
Travel (Z axis)	680 mm

Fig. 4.18 Strung CNC Mazak  
[<http://www.mazak.eu>]

## SLANT TURN 50N

Slant Turn 50N (shown)



**Strungul CNC are o rigiditate mare ce permite prelucrări cu valori ridicate ale regimului de aşchiere, în cazul pieselor de dimensiuni mari, până la 805 mm în diametru și 3030 mm în lungime**

CAPACITY	
Maximum swing	805 mm
Maximum swing over cross slide	560 mm
TURRET	
Number of tools	15
FEED AXES	
Rapid traverse (X axis)	12 m/min
Rapid traverse (Z axis)	16 m/min
DISCLAIMER	
The general specifications are provided for guidance and are subject to change. Mazak machines are supplied with a wide variety of options which may alter or enhance the specifications. Only an official quotation for a specific configuration and specification should be relied upon for machine purchase.	

Fig. 4.18 Strung CNC Mazak - continuare  
[<http://www.mazak.eu>]

## Strung CNC cu două axe – seria CL



**Strungul CNC de înaltă performanță, implicând precizie mare și eficiență deosebită  
Sunt posibile prelucrări de tip strunjire, frezare, găurire, filetare etc.  
Se remarcă printr-un sistem deosebit de alimentare cu semifabricate și de avans al barei de prelucrat**

Fig. 4.19 Strung CNC Mori Seiki  
[<http://www.moriseiki.com>]



#### 4.5 Prelucrări și piese prelucrate

Din cele prezentate în cadrul acestui capitol se remarcă varietatea mare a tipurilor de prelucrări ce pot fi realizate pe strunguri și centre de prelucrare prin strunjire CNC și, ca urmare, complexitatea pieselor obținute prin aceste prelucrări..

Câteva exemple sunt evidențiate în figura 4.20.



[<http://www.sbform.com>]



[<http://www.indiamart.com>]



[<http://www.mazakusa.com/processpage>]

Fig. 4.20 Prelucrări și piese prelucrate pe strung și centru de prelucrare prin strunjire cu CNC

## CAPITOL 5

## TEHNOLOGII DE FABRICARE PE CENTRE DE PRELUCRARE VERTICALE / ORIZONTALE CU CNC

### 5.1 Principii fundamentale ale prelucrărilor prin frezare

Frezarea este procedeul de prelucrare prin aşchiere în care materialul este îndepărtat cu o sculă aflată în mişcare de rotaţie, având unul sau mai mulţi dinţi aşchietori, în timp ce piesa (semifabricatul) are mişcare de avans în sensul, sau în sens contrar rotaţiei sculei. – v. fig. 5.1

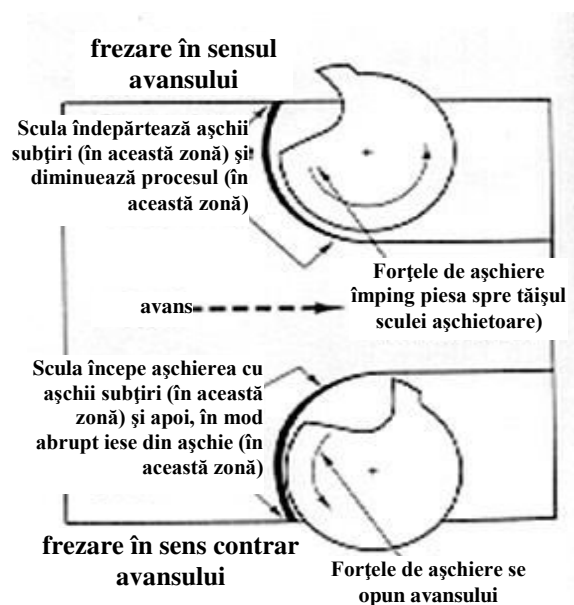
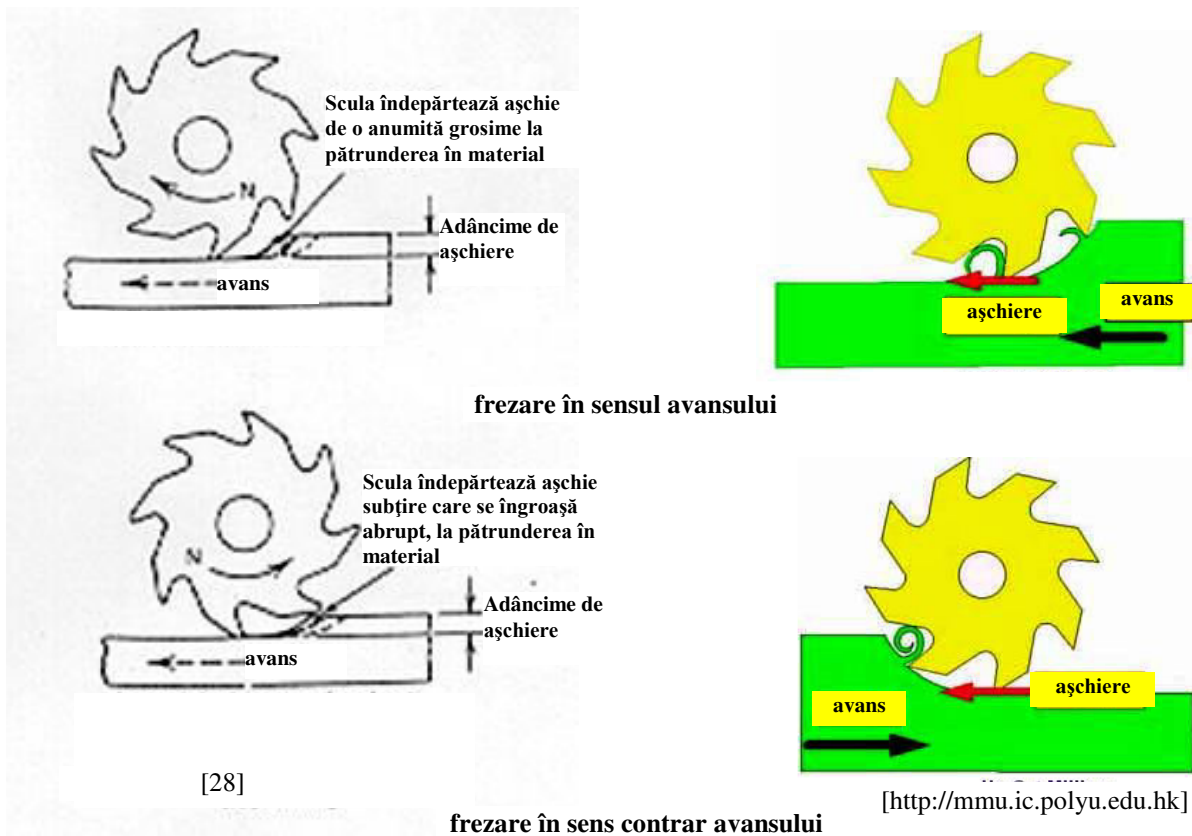


Fig. 1 Reprezentarea procedului de frezare

În funcție de tipul suprafețelor prelucrate și de tipul sculei așchietoare, frezarea este – v. fig. 5.2 și fig. 5.3:

- cilindrică, cilindro-frontală, cu freze disc, cu joc de freze;
- pe suprafețe plane, pe suprafețe de tip canal, pe suprafețe de tip buzunar, pe suprafețe profilate etc.

iar în funcție de tipul prelucrării, frezarea poate fi de: degroșare, semifinisare, finisare.

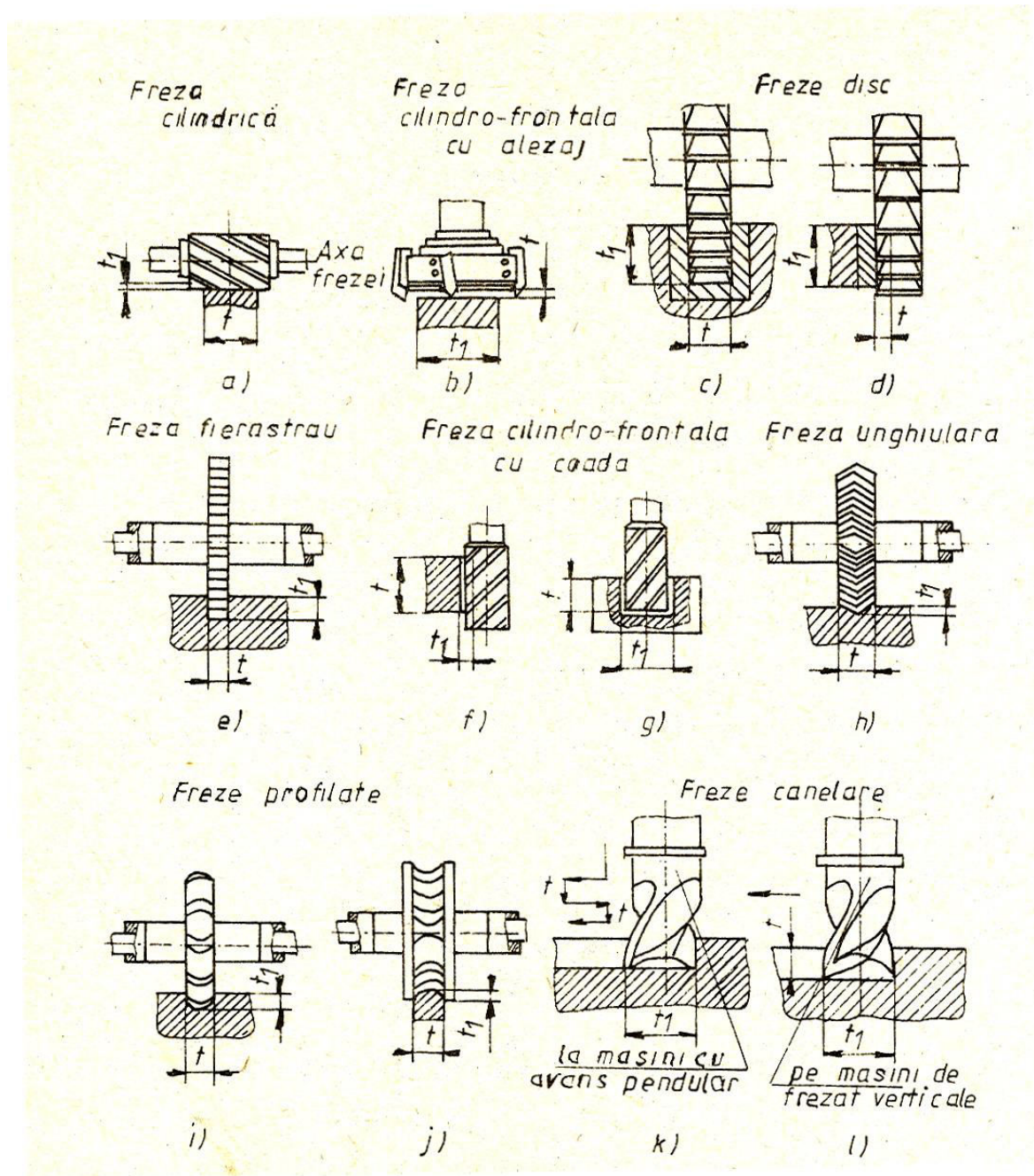
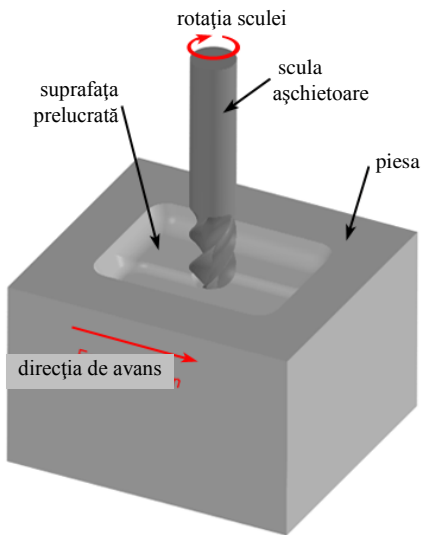
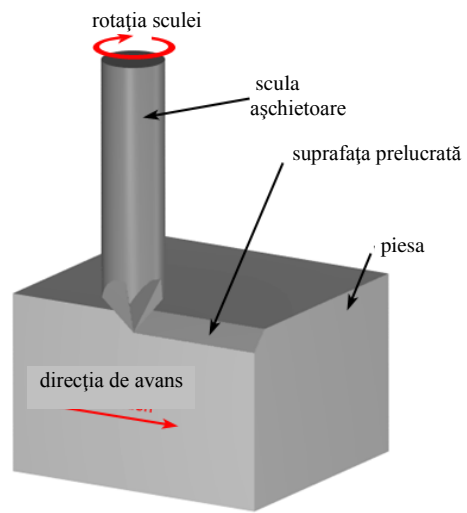


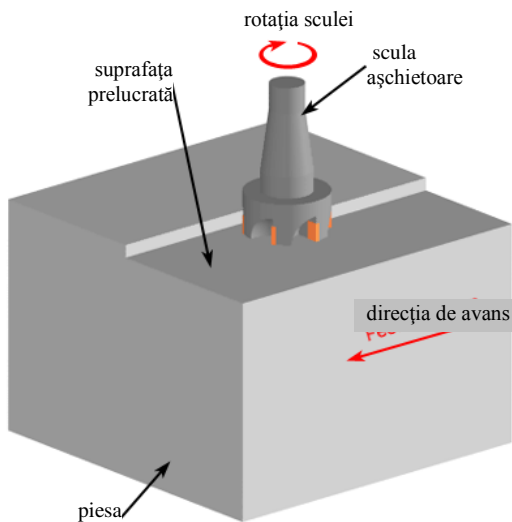
Fig. 5.2 Scheme de frezare [5]



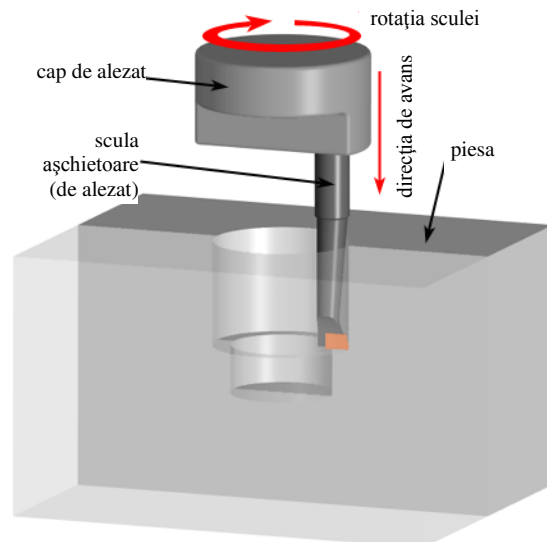
**frezare cilindro-frontală (end milling)** – pentru suprafețe profilate, tip buzunar, fantă sau cu contur complex



**Frezare suprafețe înclinate (chamfer milling)** – pentru suprafețe înclinate, usual la 45°, atât interioare, cât și exterioare, de contur drept sau curb

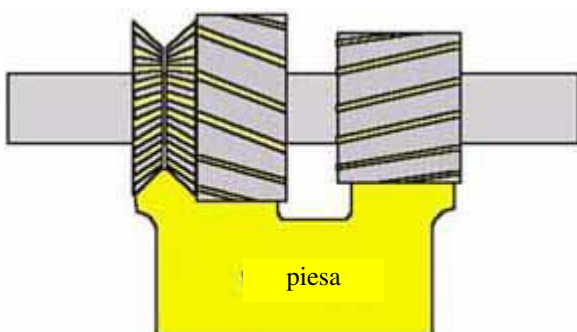


**frezare frontală (face milling)** – pentru suprafețe plane ale piesei, rugozitatea obținută fiind bună

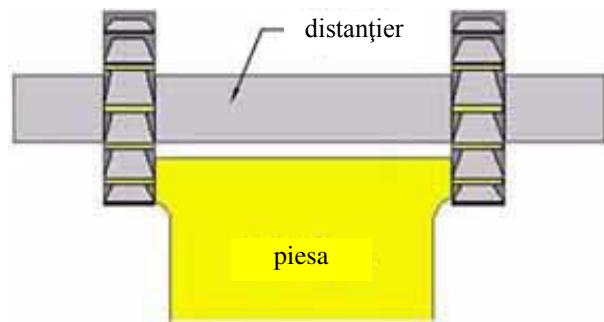


**prelucrare cu bară de alezat (boring mill)** – pentru prelucrarea suprafețelor interioare, generând caracteristici diferite

[<http://www.custompartnet.com>]



**frezare complexă (gang milling)** - frezare cu scule a căror axă este orizontală, ce folosește mai multe freze grupate, astfel încât să se genereze suprafețe complexe, la o singură trecere



**frezare cu joc de freze (straddle milling)** - pentru prelucrarea a două suprafețe plane paralele, poziționate la o anumită distanță una față de cealaltă

[<http://www.machining&metrology unit.com>]

Fig. 5.3 Procedee de frezare

Parametrii de aşchiere şi mişcările de lucru la frezare sunt după cum urmează: – v. fig. 5.4  
 - viteza de avans,  $v_s$  [mm/min] şi avansul,  $f / s$  [mm/rot];  
 - viteza de aşchiere,  $v$  [m/min] şi turaţia,  $n$  [rot/min];  
 - adâncimea de aşchiere,  $a_p / t$  [mm] – axială sau radială

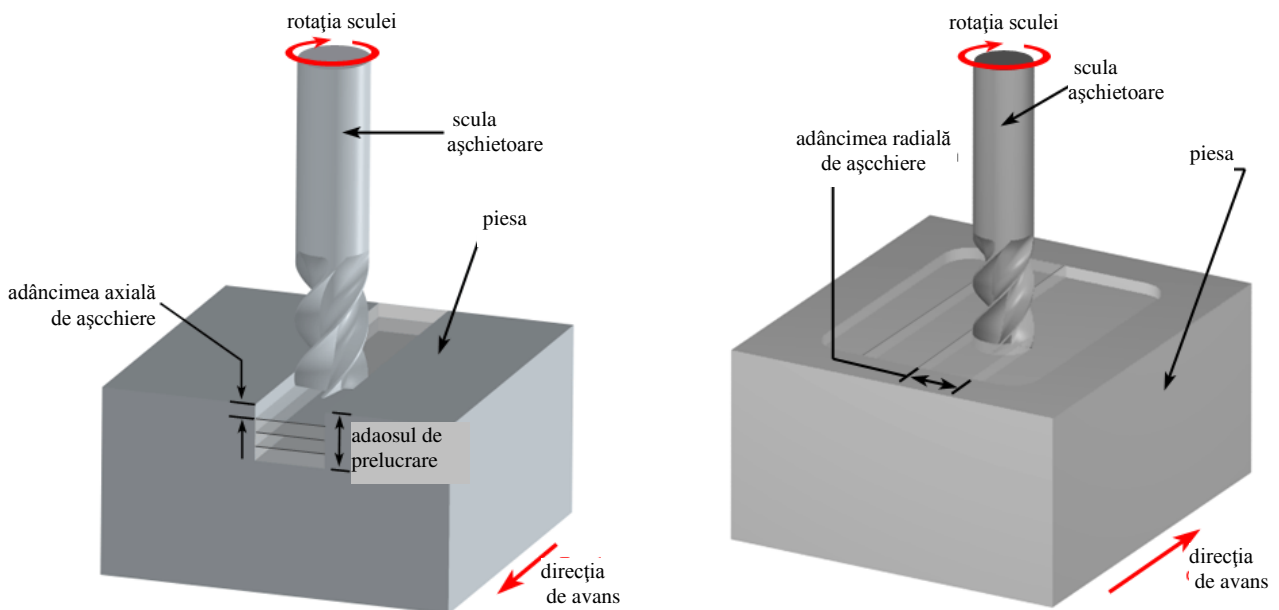


Fig. 5.4 Mişcările specifice prelucrării prin frezare  
 [http://www.custompartnet.com]

Determinarea prin calcul, sau alegere din tabele normative a parametrilor menționați anterior implică parcurgerea anumitor etape specifice, un exemplu fiind prezentat în continuare.

*Exemplu* calcul – pentru frezare plană (face milling), faza de frezare degroșare

Operația 10. FREZARE – v. fig. 5.5

a. Prins semifabricatul

1. Frezare de degroșare  $S_1$  respectând cota  $l = 23 \pm 0,2$  mm pe 520 mm
2. Frezare de finisare  $S_1$  respectând cota  $l = 22 \pm 0,2$  mm pe 520 mm

b. Desprins piesa.

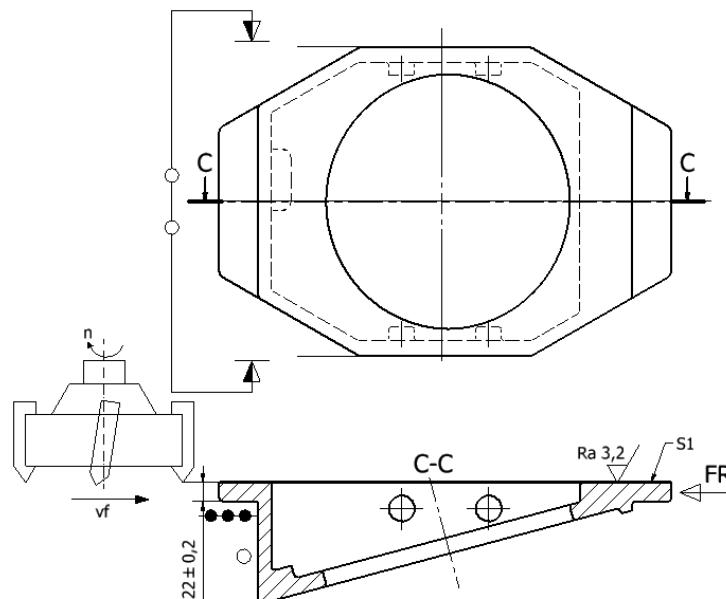


Fig. 5.5 Schița operației

A. Stabilirea durabilității economice și a uzurii sculei așchietoare:

$$T = 360 \text{ min [11, tab.4.42]} \quad ; \quad VB=1,5 \text{ mm [11, tab.4.46]}$$

B. Stabilirea adâncimii de așchiere și a numărului de treceri:

$i$  – nr. de treceri,  $i = 2$

$$a_p - \text{adâncimea de așchiere} = 3,5 \text{ mm} \quad ; \quad a_a = \frac{3,5}{2} = 1,75 \text{ mm}$$

C. Stabilirea avansului de așchiere pe dinte:  $f_d = 0,3 \text{ mm/dinte [11, tab. 4.51]}$

D. Stabilirea vitezei de așchiere [11, tab.4.68]:

$$v = \frac{364 \cdot D^{0,2}}{T^{0,32} \cdot a_a^{0,15} \cdot f_d^{0,35} \cdot a_r^{0,2} \cdot z^{0,1}} \cdot K_v \quad [\text{m/min}] \quad (4.1)$$

In care:

$C_v$  = constantă determinată experimental în funcție de cuplul semifabricat-sculă .

$D$  = diametrul sculei de frezat [mm];  $T$  = durabilitatea sculei [min];

$a_a$  = avans axial;  $a_r$  = avans radial;

$f_d$  = avansul pe dinte [mm/dinte];  $z$  = numărul de dinți ai frezei;

$K_v$  = coeficient de corecție al vitezei ,  $K_v = K_{vm} \cdot K_s \cdot K_c$

$K_{vm}$  – coef. de corecție în funcție de prelucrabilitatea materialului

$K_s$  – coef. de corecție în funcție de starea materialului de prelucrat:

$K_c$  – coef. de corecție în funcție de calitatea carburii metalice

$$\Rightarrow v = 46,64 \text{ m/min}$$

E. Stabilirea turației și a vitezei de așchiere reală:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} \quad [\text{rot/min}] \quad \Rightarrow \quad n_r = 36 \text{ rot/min}$$

F. Viteza de avans este:

$$v_f = f_d \cdot z \cdot n_r \quad (4.2)$$

$$\Rightarrow v_f = 0,3 \cdot 20 \cdot 36 = 216 \text{ mm/min} \quad \Rightarrow: v_{fr} = 225 \text{ mm/min}$$

G. Stabilirea forțelor și momentelor de așchiere [11, rel.4.10]:

$$F_t = C_F \cdot a_r^{x_F} \cdot f_d^{y_F} \cdot a_a^{u_F} \cdot z \cdot D^{-q_F} \cdot K_F \quad [\text{daN}] \quad (4.3)$$

$$\Rightarrow F_t = 63 \cdot 1,75^{1,0} \cdot 0,3^{0,65} \cdot 350^{0,83} \cdot 20 \cdot 400^{-0,83} \cdot 1 = 902,4 \text{ [daN]}$$

$$M_t = F_t \cdot D/2; \quad [\text{daN} \cdot \text{mm}] \quad \Rightarrow \quad M_t = 902,4 \cdot 400/2 = 180480 \text{ [daN} \cdot \text{mm]}$$

H. Verificarea puterii motorului electric [11, rel.4.23]:

$$\frac{F_t \cdot v_r}{6000 \cdot \eta} \leq P_{ME} \quad [\text{kW}]; \quad (4.4)$$

## 5.2 Scule și sisteme de prindere a sculelor specifice prelucrărilor prin frezare

Sculele utilizate în prelucrările prin frezare se numesc, generic, “freză / cap de frezat”.

Firma ISCAR produce scule pentru frezarea diferitelor tipuri de materiale și a diferitelor tipuri de suprafețe – v. fig. 5.6, fig. 5.7 și fig.5.8.

Sisteme de prindere a acestor tipuri de scule sunt prezentate în fig. 5.9.

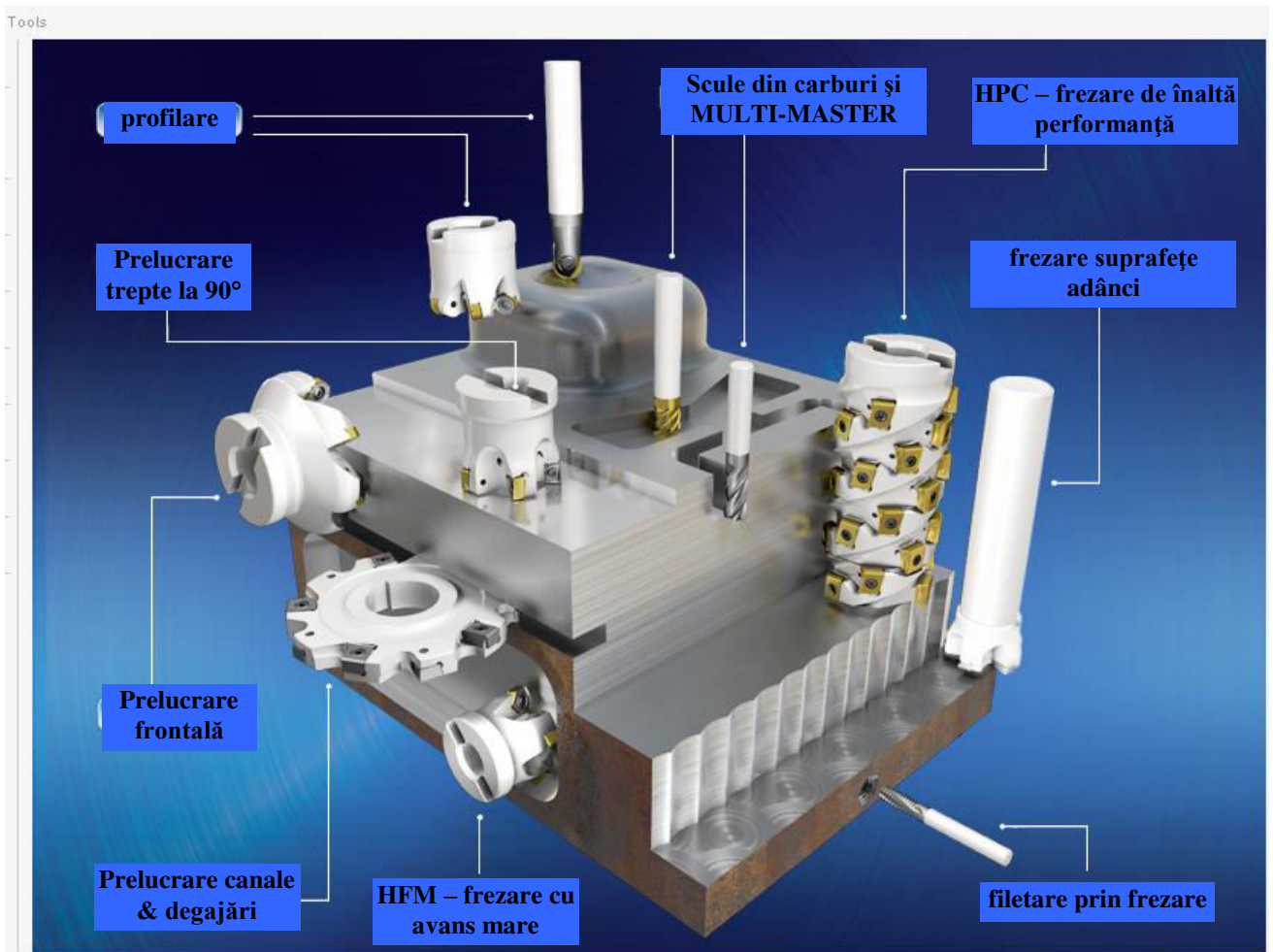


Fig. 5.6 Tipuri de freze și procedee de frezare asociate (firma ISCAR) [<http://www.iscar.com>]

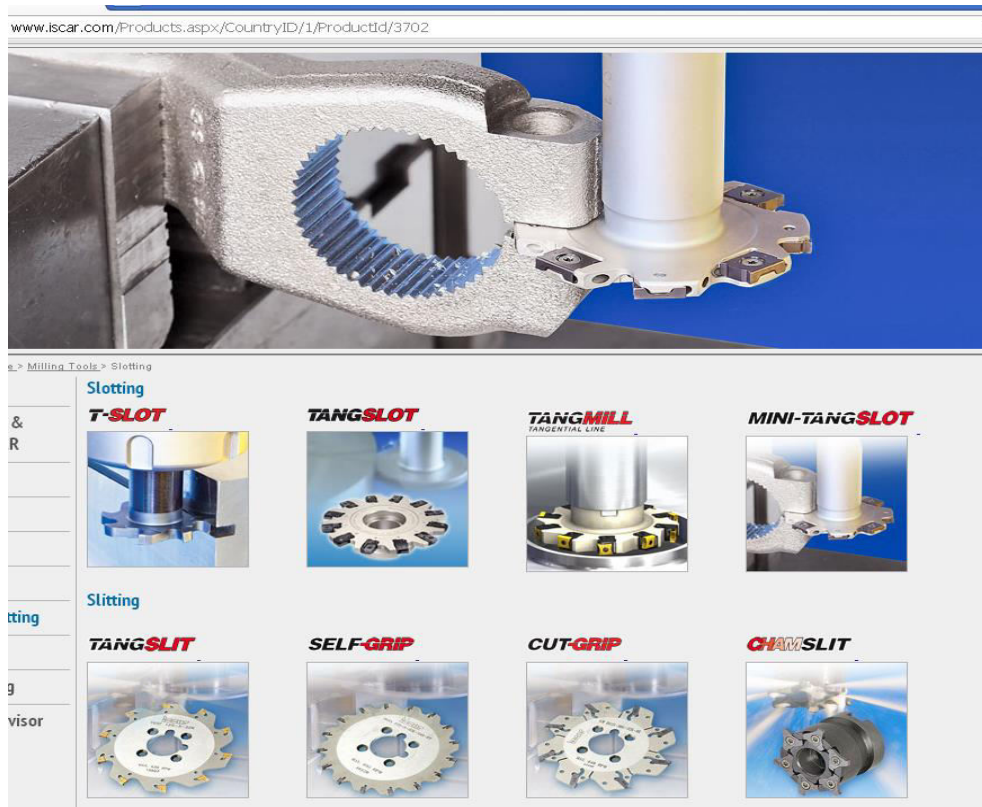


Fig. 5.7 Tipuri de freze pentru debitare și prelucrare canale/buzunare (firma ISCAR) [<http://www.iscar.com>]



Freze tip T (SD S-...SP15), din carburi solide.  
Permit prelucrarea canalelor și buzunarelor, a căror lățime este relativ scăzută

b.



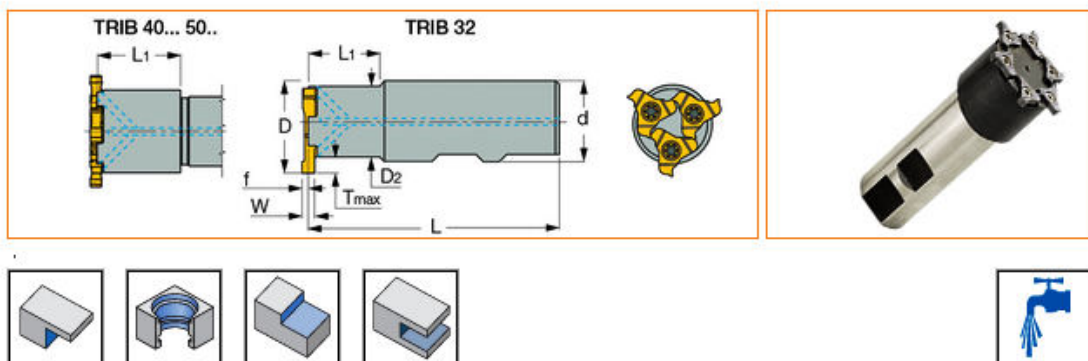
Capete de frezat economic, cu plăcuțe (inserții) având trei muchii așchietoare, TRIB

Diametrul variază în gama de 32 și 80 mm, canalele ce pot fi prelucrate sunt atât exterioare, cât și interioare, având adâncime până la 5 mm.

c.

CHAMSLIT

TRIB : CHAMSLIT



Designation	D	D2	W min	W max	Z	L1	L	d	Shank	Kg
TRIB 32-25W-3Z	32.20	21.70	1.20	4.00	3	52.3	110.00	25.00	W	0.35
TRIB 32-25W-3Z-B	32.20	21.70	4.01	6.50	3	52.3	110.00	25.00	W	0.46
TRIB 40-25W-4Z	40.00	29.70	1.20	4.00	4	30.0	110.00	25.00	W	0.44
TRIB 40-25W-4Z-B	40.00	29.70	4.01	6.50	4	30.0	110.00	25.00	W	0.53
TRIB 50-32W-6Z	50.00	39.70	1.20	4.00	6	30.0	110.00	32.00	W	0.75

Fig. 5.7 Tipuri de freze pentru debitare și prelucrare canale/buzunare (firma ISCAR) - continuare  
[http://www.iscar.com]

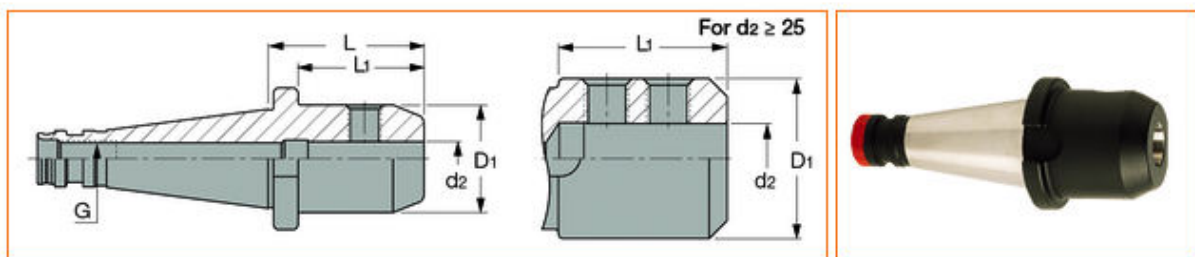


**Sisteme de fixare a sculelor – pentru TRIB**



**DIN2080**

**DIN2080-EM :**



**BT MAS**

cu duză reglabilă pentru lichidul de răcire-ungere

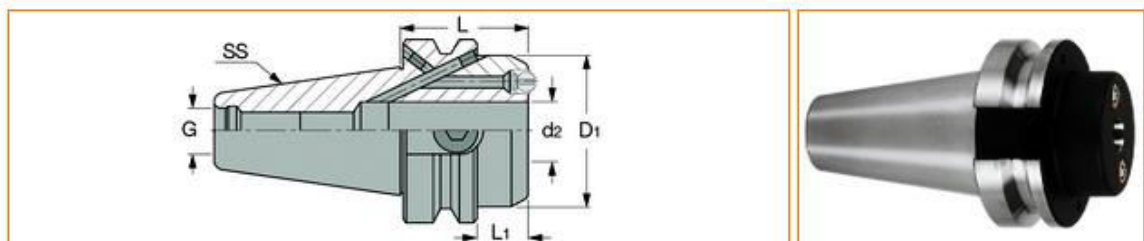


Fig. 5.8 Tipuri de sisteme de prindere a frezelor (firma ISCAR) [http://www.iscar.com]

Sculele produse de firma Sandvik Coromant (ISO 13399) pentru frezarea diferitelor tipuri de materiale și a diferitelor tipuri de suprafețe, sunt evidențiate în fig. 5.9, fig. 5.10 și fig.5.11.

Câteva dintre sistemele de prindere a acestor tipuri de scule sunt prezentate în fig. 5.12.

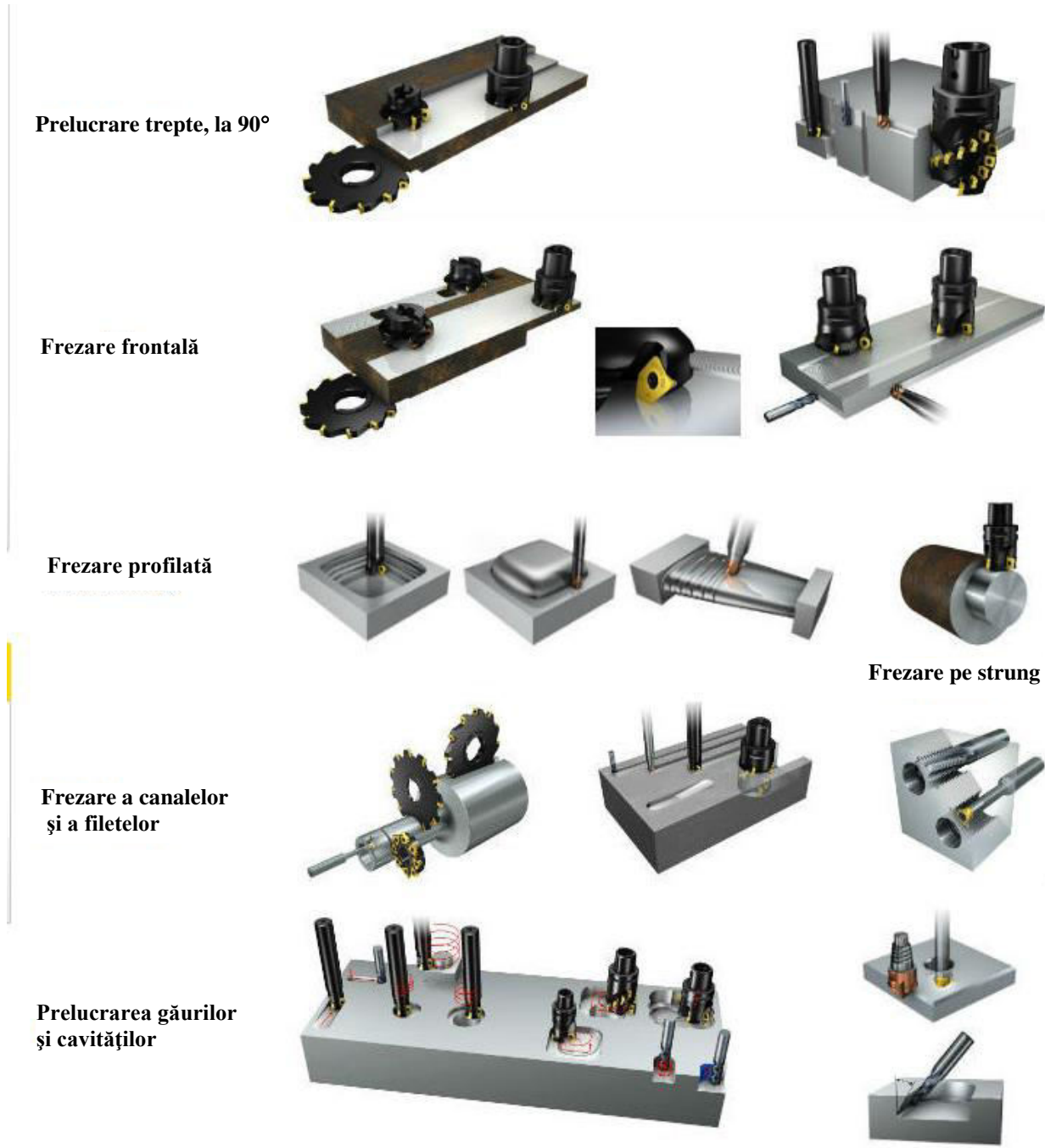
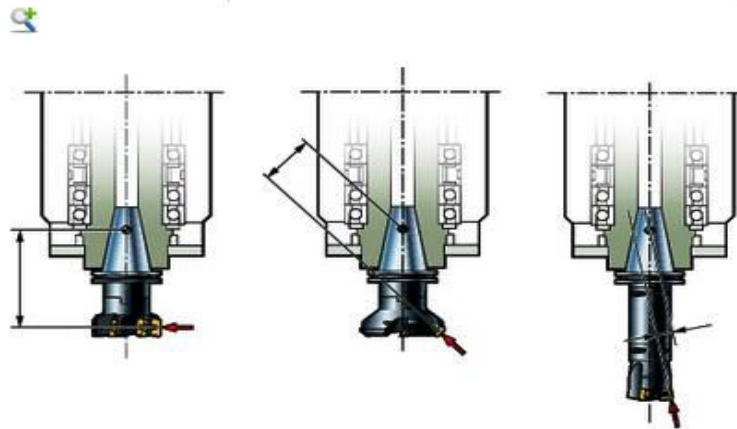


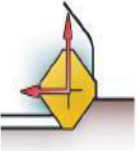



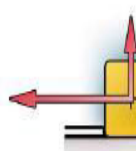
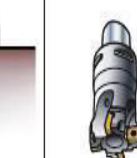








Fig. 5.9 Tipuri de freze și procedee de frezare asociate (firma SANDVIK COROMANT)  
 [http://www.sandvik.coromant.com]

### Vedere de ansamblu asupra sculelor pentru frezare frontală

Diagrama evidențiază principalele domenii de aplicare pentru diferite tipuri de scule așchietoare, în funcție de adâncimea de așchiere,  $a_p$ , și avansul pe dinte,  $f_z$



### Direcția forțelor de așchiere generate de diferite valori ale unghiului de atac

	CoroMill® 245	CoroMill® 345	Sandvik AUTO		CoroMill® 490	CoroMill® 290	CoroMill® 390
							
adâncimea maximă, $a_p$ (inch)	.236/.394	.236	.236	adâncimea maximă, $a_p$ (inch)	.217	.421	.394/.618
diametrul sculei, $D_c$ (inch)	1.250 - 10.000	1.500 - 10.000	3.150 - 19.685	diametrul sculei, $D_c$ (inch)	.750 - 3.150	1.500 - 10.000	.472 - 8.000
material				material			

#### Scule cu unghi de 45°

Reprezintă alegerea ideală pentru prelucrări uzuale  
 Generează vibrații reduse, în cazul așchilor lungi  
 Efectul de subțiere a așchilor permite o productivitate ridicată


#### Scule cu unghi de 90°

Ideale pentru prelucrarea pieselor cu pereți subțiri  
 Prelucrarea componentelor care impun forțe reduse de fixare  
 Necesare a fi folosite atunci când trebuie obținute unghiuri drepte (90° sau 0°)

Fig. 5.10 Selectarea tipului de freze (recomandări ale firmei SANDVIK COROMANT)  
 [http://www.sandvik.coromant.com]

## CoroMill 245

### Cap de frezat frontal pentru obținerea unui aspect lucios al suprafeței



Overview Assortment

Tool item (117) Insert (100) Assembly item (1)

**master insert identification**

- R245-12T3.. (81)
- R245-18T6.. (36)

**tool style code**

- R245..Axx (8)
- R245..Qxx (36)
- RA245..Jxx (29)
- RA245..MNxx (8)
- RA245..Rxx (36)



**adaptive i...machine direction**

- Arbor -...(dba=34mm) (5)
- Arbor -...(dba=46mm) (5)
- Arbor -...(dba=60mm) (5)
- Arbor -...(dba=80mm) (5)
- Arbor -...dba=130mm) (9)

**release pack id**

- 04.1 (36)
- 00.2 (4)
- 97.1 (18)
- 96.3 (59)

More filters »

Ordering Code	Product Description	CAD/3D drawing	List price
 <b>RA245-254R63-12L</b>	Tool item: Indexable face and plunge mill <b>CoroMill 245</b>		N/A

**12**  
insert seat size code (SSC)

**Arbor -ISO 6462 -C (4 bolts) - inch: 2 1/2**  
adaptive interface machine direction (ADINTMS)

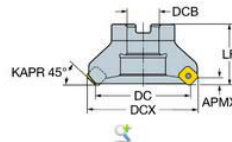
**266.4968 mm**  
maximum cutting diameter (DCX)

+ more details

a.

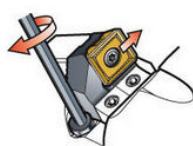
### Caracteristici

- cap de frezat cu plăcuțe la 45°
- se obțin suprafețe cu aspect care poate varia de la rugos la lucios
- se generează forțe de așchier cu valori reduse
- fiecare plăcuță are patru muchii așchietoare
- plăcuțele sunt de tip Wiper, pentru folosirea avansurilor mari la finisare
- disponibile în sistem schimbabil de tip casetă, concept modern aplicabil prelucrării de degroșare și semifinisare a oțelurilor



b.

CoroMill® 245 with exchangeable cassettes



poziționare în limita 0,1 mm  
(0.0039 inch)



casetă cu interfață striată –  
pentru siguranță



mentenanță ușoară

### Gama de produse

Diameter, mm (inch)	IC, mm (inch)	APMX, mm (inch)
32-250 (1.250-10)	12 (12)	6 (0.240)
80-250 (3-10)	18 (18)	10 (0.394)

### Produse cu casetă

Diameter, mm (inch)	IC, mm (inch)	APMX, mm (inch)
160-500 (6-20)	18 (18)	10 (0.394)

The product with cassette is a special offer available on request; please contact your Sandvik Coromant sales representative.

c.

Fig. 5.11 Tip cap de frezat (firma SANDVIK COROMANT) – pentru frezare frontală  
[http://www.sandvik.coromant.com]

Start Products Knowledge Industry solutions Services Downloads Video

Start > Products > CoroMill 245 > RA245-254R63-12L

### Sistem RA245-254R63-12L pentru CoroMill 245

Tool item   
  Inserts (81)   
  Products - Machine direction (12)   
  Spareparts (5)   
 M

**tool style code**

 A391.05 (1)
  A392.41005 (1) (2)
  A392.4505 (2)
  A392.45505 (1)
  AA305 (1)

**coolant entry style code**

 0: without coolant (1)
  1: axia...tric entry (9)
  6: dece...ver flange (1)
  7: dece... and axial (1)

**adaptive i...machine direction**

 Coroman... -size C10 (1)
  Coroman... -size C8 (2)
  Coroman... -size C8X (1)
  HSK -A/C -size 100 (1)
  HSK -A/C -size 125 (1)

**release pack id**

 10.2 (2)
  09.2 (1)
  09.1 (1)
  07.1 (1)
  06.1 (1)

[More filters >](#)

Ordering code	Description
C8X-A391.05-63 070	Solid holding tools: Adaptor with x diameters
C8-A391.05HD-63 040	Solid holding tools: Adaptor with x diameters
C8-A391.05-63 060	Solid holding tools: Adaptor with x diameters
C10-A391.05-63 075	Solid holding tools: Adaptor with x diameters

#### Informații despre produs

**Ordering code**

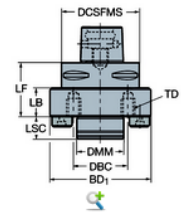
ISO C8X-A391.05-63 070  
 ANSI C8X-A391.05-63 070  
 EDP -  
 Bar code 12112306

**Product Description**  
 Solid holding tools: Adaptor with x diameters

**Download:**

[CAD Drawing \(.dxf\)](#)  
[3D Model \(.stp\)](#)

ADINTMS	<b>adaptive interface machine direction</b>	Coromant Capto (segment&bolt) -size C8X	<a href="#">Buy</a>
ADINTWS	<b>adaptive interface workpiece direction</b>	Arbor -ISO 6462 -C (4 bolts) -inch: 2 1/2	
CZC	<b>connection size code</b>	C8X	
CZC	<b>connection size code</b>	2 1/2	
CNSC	<b>coolant entry style code</b>	1: axial concentric entry	
DCSFMS	<b>contact surface diameter machine side</b>	100 mm	
DMM	<b>shank diameter</b>	63.5 mm	
LF	<b>functional length</b>	70 mm	
BD1	<b>body diameter</b>	130 mm	



Start Products Knowledge Industry solutions Services Downloads Video

Start > Products > CoroMill 245 > RA245-254R63-12L

### Sistem RA245-254R63-12L pentru CoroMill 245

[Buy](#)

Tool item   
  Inserts (81)   
  Products - Machine direction (12)   
  Spareparts (5)   
 My calculation (0)

Ordering code	Description	Position
5322 472-01	Shim	3
5512 090-09	Shim screw	4
5513 020-01	Screw	1
5680 010-01	Key	5
5680 048-01	Key	2

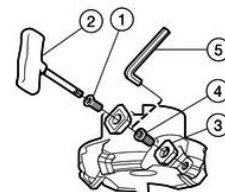


Fig. 5.12 Tipuri de sisteme de prindere a frezelor (firma SANDVIK COROMANT)  
 [http://www.sandvik.coromant.com]

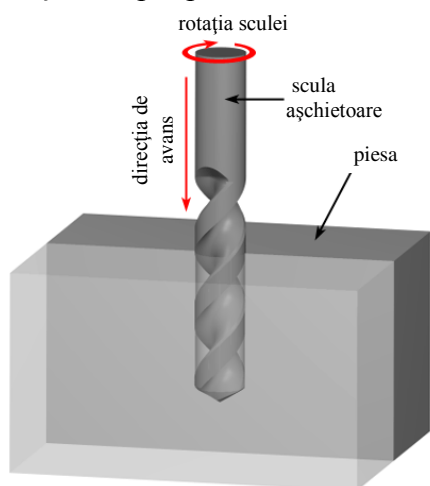
### 5.3 Principii fundamentale ale prelucrărilor prin găurire

Găurirea este procedeul de prelucrare prin așchiere în care se obțin găuri (în material plin sau prin lărgirea uneia deja existente) prin îndepărtarea materialului cu o sculă aflată atât în mișcare de rotație, cât și mișcare de translație axială, piesa fiind staționară

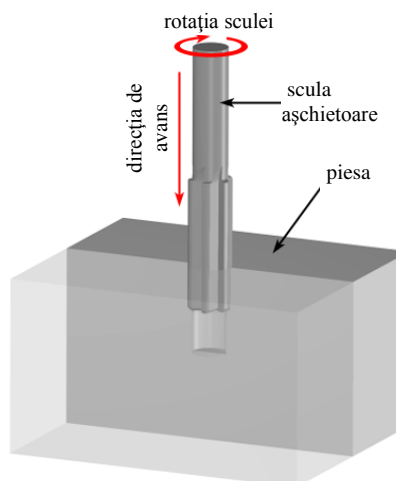
În funcție de tipul suprafețelor prelucrate și al sculei așchietoare, prelucrările sunt: - v. Fig. 5.14

- centruire, găurire, lărgire, alezare;
- adâncire cilindrică, adâncire conică, lamare;
- filetare.

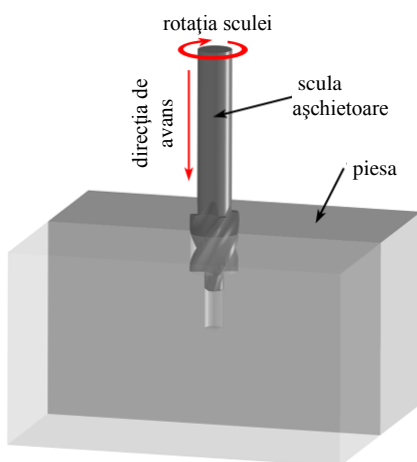
iar în funcție de tipul prelucrării, acestea pot fi de: degroșare, finisare.



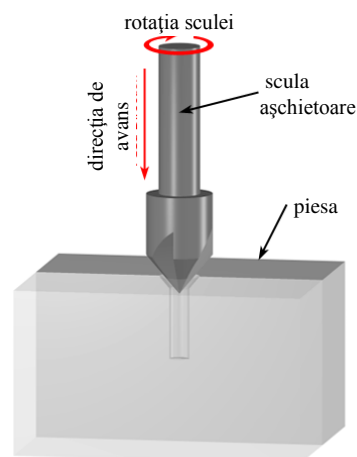
**găurire** — diametrul găurii este egal cu cel al sculei



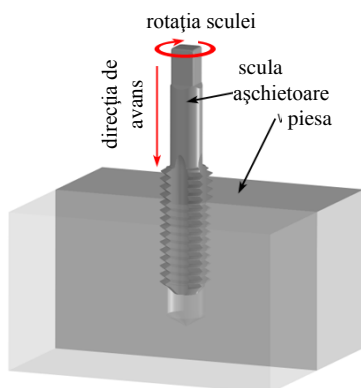
**alezare** — realizată adesea după găurire, pentru obținerea unei dimensiuni mai precise și a unei rugozități mai reduse



**adâncire cilindrică** — scula are un cep de ghidare în gaura existentă



**adâncire conică** — valorile uzuale ale unghiului sunt: 60°, 82°, 90°, 118°, 120°.



**filetare** — Se prelucrează filete interioare într-o gaură existentă

Fig. 5.13 Procede de găurire [http://www.custompartnet.com]

Parametrii de aşchiere şi mişcările de lucru la găurire sunt următorii: – v. Fig. 5.14

- avansul,  $f / s$  [mm/rot];
- viteza de aşchiere,  $v$  [m/min] şi turaţia,  $n$  [rot/min];
- adâncimea de aşchiere,  $a_p / t$  [mm].

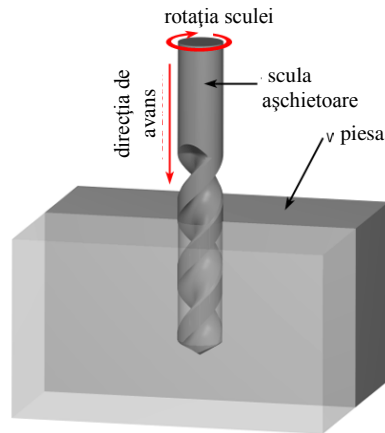


Fig. 5.14 Mişcările specifice prelucrării prin găurire  
[http://www.custompartnet.com]

Determinarea prin calcul, sau alegere din tabele normative a parametrilor menţionaţi anterior implică parcurgerea anumitor etape specifice, un exemplu fiind prezentat în continuare.

*Exemplu* calcul – pentru Operaţia 70. ALEZARE – v. fig. 5.15

a. Prins semifabricatul

1. Alezare de degroşare  $S_{11}$   $\Phi 13_{0}^{+0,018}$  mm pe 30mm;;

b. Poziţionare  $S_{11}'$ ;

2. Alezare de degroşare  $S_{11}''$   $\Phi 13_{0}^{+0,018}$  mm pe 30mm

c. Desprins piesa.

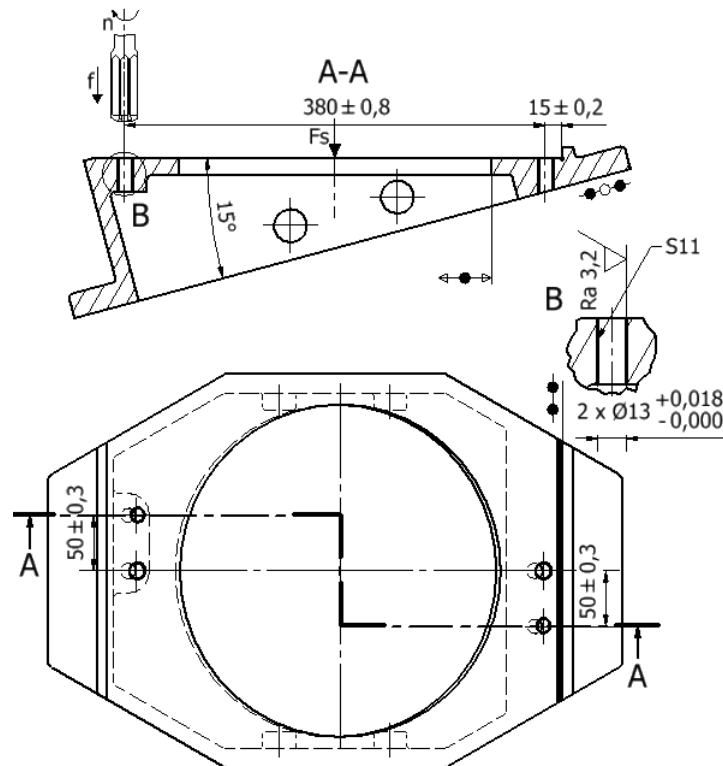


Fig. 5.15 Schiţa operaţiei

A. Stabilirea durabilității și uzurii sculei așchietoare

$$T = 37 \text{ min [12, tab.6.5]; } \quad ha = 0,5 \text{ mm [12, tab.6.4]}$$

B. Stabilirea adâncimii de așchiere:  $a_p = \frac{D - D_g}{2} = \frac{13 - 12,6}{2} = 0,2 \text{ mm}$

C. Stabilirea avansului de așchiere [12, pag177];

$$f = C_s \cdot D^{0,7} \text{ [mm/rot]} \quad (4.5)$$

$$\Rightarrow f = 0,1 \cdot 13^{0,7} = 0,6 \text{ [mm/rot];}$$

Din gama de avansuri a mașinii de găurit GR40 se alege avansul  $f=0,63 \text{ [mm/rot];}$

D. Stabilirea vitezei de așchiere [12, pag194]

$$v = \frac{C_v \cdot D^{z_v}}{T^{m_v} \cdot t^{x_v} \cdot s^{y_v}} \cdot K_{m_v} \text{ [m/min]} \quad (4.6)$$

în care:

$C_v$  – coeficientul vitezei care ține seama de cuplul semifabricat-sculă;

$z_v, m_v, y_v, x_v$  – exponenți politropici care țin seama de condițiile reale de așchiere

$K_{m_v}$  – coeficient de corecție al vitezei de așchiere în funcție de materialul prelucrat ;

$T$  = durabilitatea economică a alezoarelor [min] [12, tab.6.17]

$$\Rightarrow v = \frac{15,6 \cdot 13^{0,2}}{37^{0,3} \cdot 0,2^{0,1} \cdot 0,63^{0,5}} \cdot 0,85 = 11,09 \text{ [m/min] ;}$$

E. Stabilirea turației  $n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} \text{ [rot/min]}$

$$\Rightarrow n = \frac{1000 \cdot 11,09}{\pi \cdot 13} = 271,64 \text{ [rot/min]} \Rightarrow n_r = 280 \text{ [rot/min];}$$

F. Se recalculează viteza reală cu relația :

$$v_r = \frac{\pi \cdot D \cdot n_r}{1000} \text{ [m/min]} \Rightarrow v_r = 11,43 \text{ [m/min]} \quad ;$$

G. Variația vitezei de așchiere

$$\Delta_v \% = \frac{|v_r - v|}{v_r} \cdot 100\% \Rightarrow \Delta_v \% = \frac{|11,43 - 11,09|}{11,43} \cdot 100\% = 2,9\% < 5\%$$

La alezare, forțele și momentele de așchiere fiind mici, nu se mai verifică puterea motorului.

#### 5.4 Scule și sisteme de prindere a sculelor specifice prelucrărilor prin găurire

Sculele utilizate la prelucrările de strunjire se numesc, generic, burghiu, adâncitor, alezor, tarod.

Firma ISCAR produce scule pentru prelucrări tip găurirea diferitelor tipuri de materiale și a diferitelor tipuri de suprafețe – v. fig. 5.16, fig. 5.17 și fig.5.18.





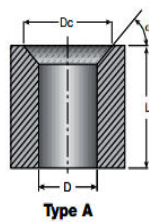
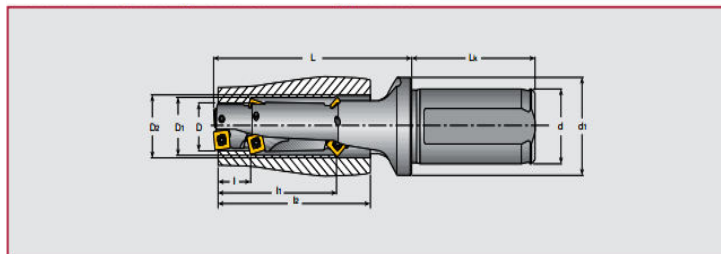
Fig. 5.16 Scule pentru prelucrări tip găurire (firma ISCAR) [<http://www.iscar.com>]



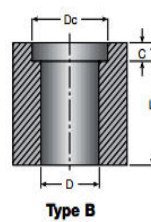
Fig. 5.17 Tipuri de burghie pentru găuri adânci (firma ISCAR) [<http://www.iscar.com>]



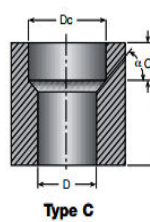
Detalii ale unei scule individualizate



Type A



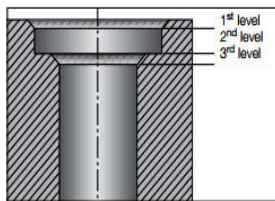
Type B



Type C

Tip A-C

Pot fi combinații, în maxim trei nivele.  
Deisgn-ul trebuie evaluat pentru fiecare  
caz în parte



Type D

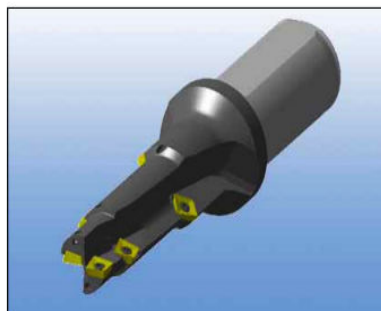


Fig. 5.18 Tipuri de burghie (firma ISCAR) [<http://www.iscar.com>]

Scule și sisteme de prindere a sculelor pentru găurirea diferitelor tipuri de materiale și a diferitelor tipuri de suprafețe, produse de firma Sandvik Coromant (ISO 13399), sunt prezentate în fig. 5.19 și fig. 5.20.

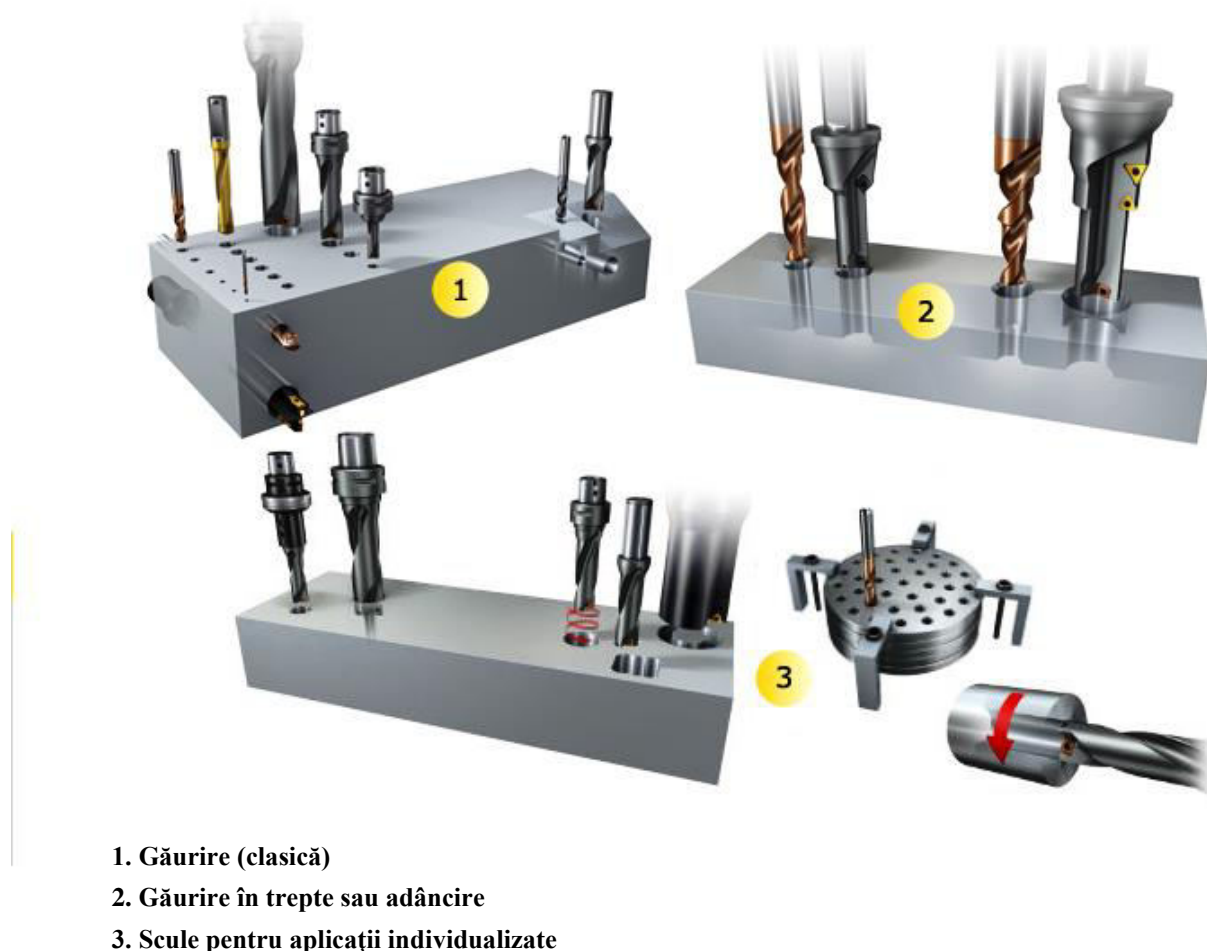


Fig. 5.19 Tipuri de burghie și procedee de găurire asociate (firma SANDVIK COROMANT)  
 [http://www.sandvik.coromant.com]

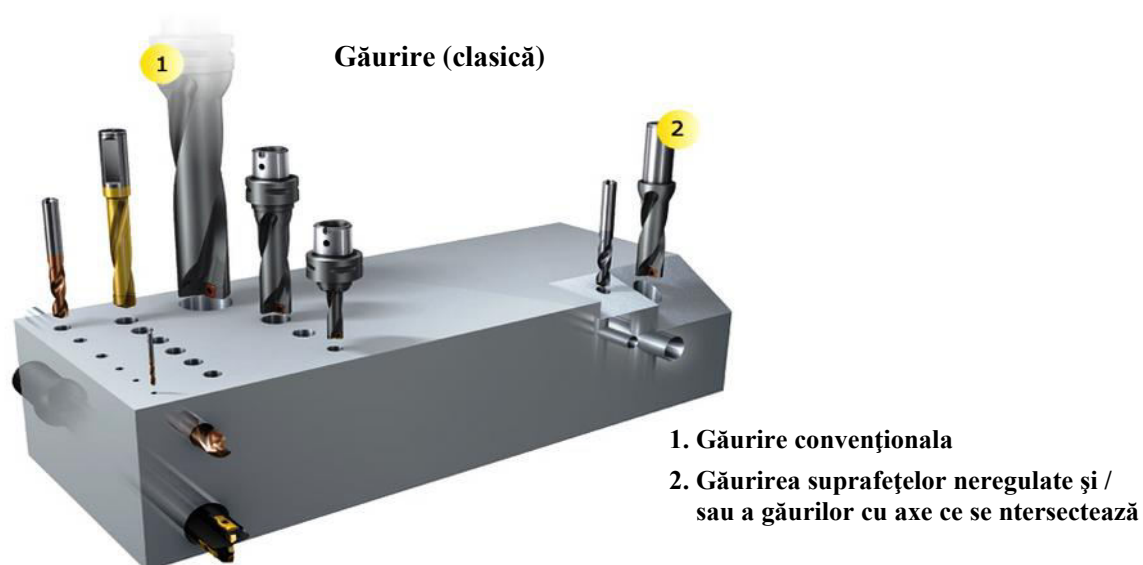










Fig. 5.20 Selectarea tipului de burghiu (recomandări ale firmei SANDVIK COROMANT)  
 [http://www.sandvik.coromant.com]

	CoroDrill Delta-C®	Coromant Delta®	CoroDrill® 880	CoroDrill® 805
	 R840 R842 R846 R850	 R411.5	 880	 805
Diametrul burghiului $D_c$ inch	.118 – .787	.374 – 1.197	.472 – 2.480	.984 – 2.559
Adâncimea de găurire	2–7 x $D_c$	3.5–5 x $D_c$	2–5 x $D_c$	7–15 x $D_c$
Material				
Comentariu				Numai pentru găuri cu axe ce se intersectează

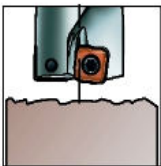
**CoroDrill 880**

Poate pătrunde în suprafețe convexe, concave, înclinate sau neregulate. Se poate regla valoarea avansului

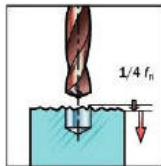
**CoroDrill Delta-C**

Se pot găuri suprafețel înclinate la maxim 10°. Este esențial să se reducă valoarea avansului la intrarea material, pentru prevenirea alunecării burghiului.

**Suprafețe neregulate**

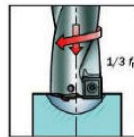


Suprafețele neregulate sau cu rugozitate mare pot deteriora plăcuțele la pătrunderea în material. Trebuie redusă valoarea avansului

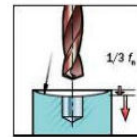


La pătrunderea în material, valoarea avansului trebuie redusă la 1/4 din valoarea recomandată

**Suprafețe concave**

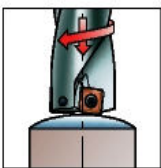


Suprafețele concave generează condiții de așchiere variabile, în funcție de raza lor și diametrul găurii, raportate la lungimea găurii. Dacă raza suprafeței este mică, față de diametrul găurii, atunci valoarea avansului trebuie redusă la 1/3 din valoarea recomandată

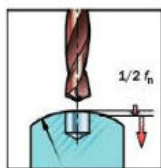


Suprafețele concave se pot prelucra dacă raza lor este de 15 ori mai mare decât diametrul găurii. La pătrunderea în material, valoarea avansului trebuie redusă la 1/3 din valoarea recomandată

**Suprafețe convexe**

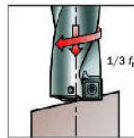


Suprafețele convexe nu se prelucurează greu datorită faptului că partea centrală a burghiului intră în contact întâi cu materialul, generând moment normal

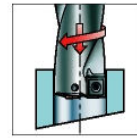


Suprafețele convexe se pot prelucra dacă raza acestora este de 4 ori mai mare decât diametrul burghiului și avansul este perpendicular de direcția razei. Avansul trebuie redus la 1/2 în momentul pătrunderii în material

**Suprafețe înclinate**



Suprafețele înclinate generează forțe de așchiere inegale pe tășurile burghiului, de valori mari, care dau naștere unor vibrații nedorite



Găurirea în suprafețe înclinate impune o lungime mică a găurii, raportată la diametrul acesteia. Dacă unghiul de înclinare a suprafeței este mai mare de 2°, atunci valoarea avansului trebuie redusă la 1/3 din valoarea recomandată



Burghiu pentru prelucrarea găurilor cu axe care se intersectează

Fig. 5.20 Selectarea tipului de burghiu (recomandări ale firmei SANDVIK COROMANT) - continuare [http://www.sandvik.coromant.com]

Start > Products > CoroDrill 880 > Assortment

## CoroDrill 880

### Burghiu de înaltă productivitate cu plăcuțe indexabile

Overview Assortment

Tool item (622) Insert (157)




880-0102W04-P-GR (62)  
 880-0202W04H-P-GM (62)  
 880-0303W05H-P-GM (88)  
 880-0403W05H-P-GM (64)  
 880-0503W05H-P-GM (86)

880..Cx-03 (110)  
 880..Cx-04 (110)  
 880..L-02 (61)  
 880..L-03 (81)  
 880..L-04 (56)

1: axia...tric entry (566)  
 7: dece... and axial (56)

Coroman... -size C4 (56)  
 Coroman... -size C5 (82)  
 Coroman... -size C6 (82)  
 Cylindr...-inch: 1 (24)  
 Cylindr...-inch: 1 1/2 (51)

More filters »

Ordering Code	Product Description	CAD/3D drawing	List price
 <b>880-D1300C5-03</b>	Tool item: Indexable drill - asymmetrical point <b>CoroDrill 880</b>	 	N/A <a href="#">Buy</a>

+ more details




**13 mm**  
cutting diameter (DC)

**01**  
insert seat size code (SSC)

**880-0102W04-P-GR**  
master insert identification (MIID)

Start > Products > CoroDrill 880 > 880-D1300C5-03

Tc [Buy](#)



 Tool item  
  Inserts (8)  
  Spareparts (2)  
 My calculation (0)

Product data from CoroGuide

### ProInformații despre produs

**Ordering code**  
 ISO 880-D1300C5-03  
 ANSI 880-D1300C5-03  
 EDP -  
 Bar code 12294844

**Product Description**  
 CoroDrill 880: Indexable drill - asymmetrical point

**Download:**  
 CAD Drawing (.dxf)  
 3D Model (.stp)

DC	cutting diameter	13 mm
SSC	insert seat size code	01
CZC	connection size code	C5
LU	usable length	39 mm
LF	functional length	72.4 mm
OAL	overall length	105 mm

[Buy](#)


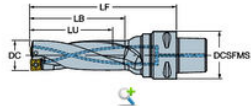



Fig. 5.20 Tip de burghiu (firma SANDVIK COROMANT)  
[http://www.sandvik.coromant.com]

Câteva tipuri de sisteme de prindere a sculelor, produse de firma Sandvik Coromant (ISO 13399), sunt prezentate în fig. 5.21..

## Sisteme de prindere a burghiului

- Alegerea adaptoarelor / mandrinelor pentru sculele de găurire
- Coromant Capto – pentru CoroDrill 880
- HydroGrip și CoroGrip – pentru toate aplicațiile de găurire
- Adaptoare conform ISO 9766
- Adaptoare complementare



## Coromant Capto, element de cuplare pentru CoroDrill 880

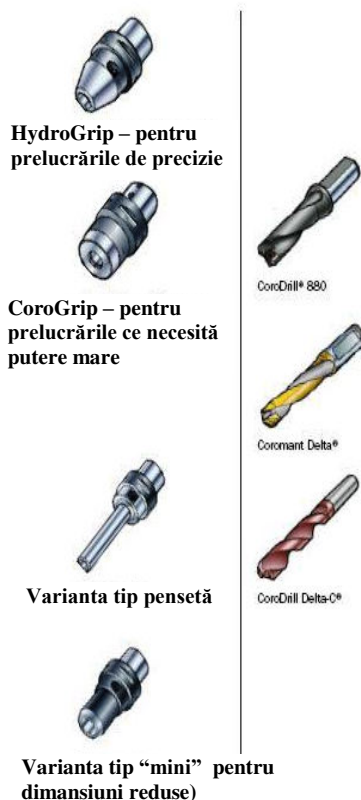


Coromant Capto, pentru CoroDrill 880 micșorează lungimea în consolă, astfel fiind îmbunătățite stabilitatea și precizia procesului de găurire

## HydroGrip și CoroGrip

- pentru toate aplicațiile de găurire

## Adaptor – pentru scule cu partea cilindrică frezată - conform ISO 9766



## Adaptor – conform ISO 9766

Alternativă universală pentru mașini de găurit, atunci când nu se impun restricții speciale referitoare la uzura sculei

**Observație:** Pentru fiecare dimensiune a părții cilindrice a sculei se folosește un adaptor



Atât HydroGrip, cât și CoroGrip se folosesc pentru burghie cu diametrul de până la 32 mm (1,260 inch)

Pentru toate tipurile de scule de găurit cu parte cilindrică (ISO 9766), sau cu caneluri, aceste sisteme asigură fixarea sigură a sculei

Aapator ajustabil pentru burghiu se folosește atunci când trebuie prelucrată o gaură cu diametrul mai mare decât al burghiului

Fig. 5.21 Tipuri de sisteme de prindere a burghiilor (firma SANDVIK COROMANT)  
[http://www.sandvik.coromant.com]

### 5.5 Sisteme pentru lichidul de răcire – ungere

Lichidele de racire – ungere au rol esențial în asigurarea condițiilor optime de aşchiere, în special atunci când se prelucrează materiale foarte dure, sau care generează aşchii lungi și continue.

Firma Iscar produce sculele STS și DTS, specifice prelucrării găurilor adânci, care trimit lichidul direct în zona de aşchiere – v. fig. 5.22.



- prelucrări prin găurire adâncă (Deep Drilling) -

Fig. 5.22 Tipuri de sisteme pentru trimiterea lichidului de răcire – ungere  
[<http://www.iscar.com>]

### 5.6 Centre de prelucrare cu CNC

Firmele producătoare oferă o gama variată de centre de prelucrare verticale / orizontale cu CNC. Funcție de volumul producției, caracteristicile de precizie geometrică impuse piesei, dotarea existentă, posibilitățile de achiziție a sculelor aşchietoare etc, se alege echipamentul adecvat.

Oferte ale firmelor specializate sunt evidențiate în cele ce urmează – v. fig. 5.23, fig. 5.24 și fig. 5.25

#### Centru de prelucrare vertical de înaltă precizie – seria NV



Permite prelucrări cu viteze ridicate, de mare precizie și asigură operabilitate deosebită

The Nikkan Kogyo Shimbun sponsored  
"46th Best 10 New Products Awards"

The Nikkan Kogyo Shimbun sponsored  
"32nd Machine Design Award and Extraordinary Prize"

Fig. 5.23 Centre de prelucrare CNC Mori Seiki  
[<http://www.moriseiki.com>]

### Centru de prelucrare vertical DMC 635 V ecoline



Acest centru de prelucrare stabilește standarde noi pentru costul performanței și calitatea ridicată.

- Are cadru de tip C, în care masa se deplasează pe direcția axei X, asigurându-se astfel rigiditate ridicată și precizie deosebită
- Are magazie de scule cu 20 posturi

### Centru de prelucrare orizontal – seria NHX



- Sistemul de lăgăruire al arborelui principal are diametrul interior cu cea mai mare valoare (din clasa mașinilor/unelte similare)
- Sistemul de prindere a sculelor este sigur
- Permite folosirea sculelor cu lungime mare în consolă mare

Fig. 5.23 Centre de prelucrare CNC Mori Seiki - continuare  
[<http://www.moriseiki.com>]

Firma Mori Seiki oferă pachet software specializat, care permite simularea prelucrării, cerficarea programului și, nu în ultimul rând, verificarea interferenței (sculei așchietoare cu elemente componente ale masinii-unelte. Exemplificarea modului de operare al acestui software este realizată în fig. 5.24.



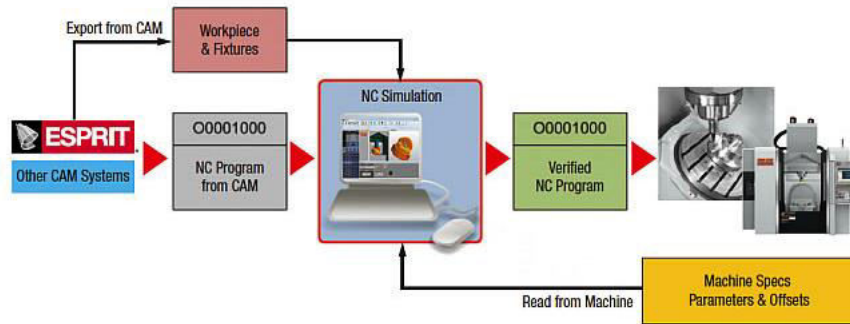
**Simulare CN**



- Modelele la care se poate aplica: seria NMV, seria NT, seria NH
- MfgSuite (aplicabil fabricării) - este aplicație în Windows prin care se realizează simularea aşchierii, utilizând funcții de mare performanță și precizie pentru verificarea la interferență

**Verificare program CN**

Simularea este conformă cu ceea ce s-a programat  
Verifică off-line programul înaintea prelucrării efective



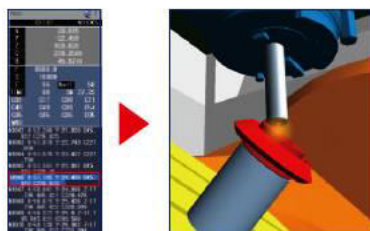
**Simulare cu precizie ridicată a prelucrării în 5 axe**



**Eficientă, precizie și compatibilitate**

- se simulează cu precizie modelele ale masinilor-unelte Mori Seiki, cu opțiuni implicite
- se înregistrează ușor tipul mașinii-unelte, datorita parametrilor CN setați implicit
- se selectează și apoi se schimbă ușor tipul mașinii-unelte

**Detecția coliziunii cu toate componentele mașinii-unelte**



**Program ce oferă încredere**

- se vizualizează punctul de coliziune
- se indică (prin schimbarea culorii) componentele ce intră în coliziune
- se calculează distanța până la coliziune

Fig. 5.24 Software MORI SEIKI [<http://www.moriseiki.com>]



**MB-46VE**  
 eficiență, utilitate, viteză ridicată

Seria MBV reprezintă fundamental centrele de prelucrare verticale Okuma.

Asigură o productivitate mare a prelucrărilor, oferă o stabilitate termică deosebită și revenire la "zero" a mesei mașinii.

Este recomandată prelucrărilor cu precizie ridicată.



**MA-600H-II**  
 compactitate, ergonomie

Permite prelucrare cu viteze de până la 60 m/min, ceea ce are ca rezultat productivitate ridicată a prelucrării.

Are sistem de răcire al specific Okuma, fiind astfel posibilă menținerea temperaturii arborelui la valori care să evite deformarea termică.

Fig. 5.25 Centre de prelucrare CNC Okuma [<http://www.okuma.com>]

### 5.7 Prelucrări și piese prelucrate

Din cele prezentate în cadrul acestui capitol se remarcă varietatea mare a tipurilor de prelucrări ce pot fi realizate pe centre de prelucrare verticale / orizontale cu CNC și, ca urmare, complexitatea pieselor obținute prin aceste prelucrări..

Câteva exemple sunt evidențiate în fig. 5.26.



[<http://www.emuge.ro>]



[<http://www.sunshinemould.com>]

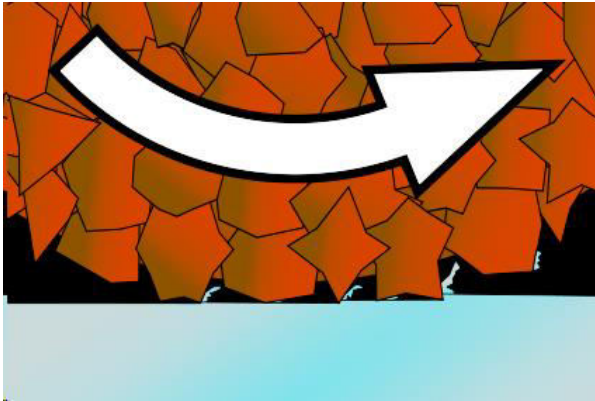
Fig. 5.26 Prelucrări și piese prelucrate pe centre de prelucrare verticale / orizontale cu CNC

## CAPITOL 6

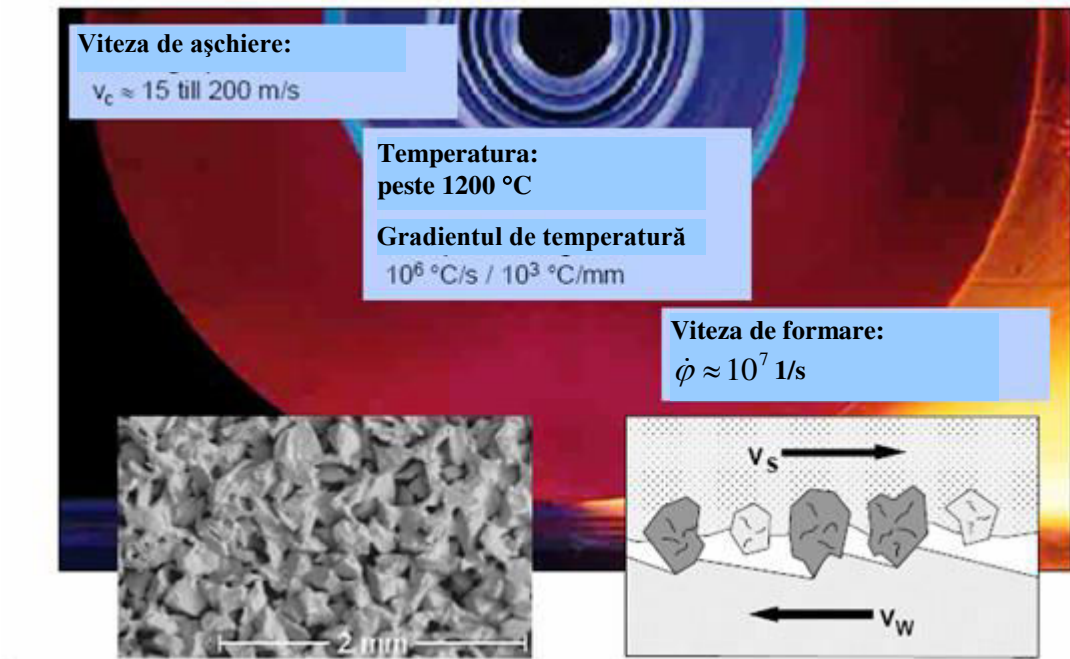
## TEHNOLOGII DE FABRICARE PE CENTRE DE RECTIFICAT CU CNC

## 6.1 Principii fundamentale ale prelucrărilor prin rectificare

Rectificarea este procedeul de prelucrare prin aşchiere (abraziv) în care materialul abraziv al sculei, prin contactul și mişcarea relativă cu, respectiv, faţă de piesă, îndepărtează porţiuni mici, subţiri din materialul acesteia – v. fig. 6.1 (a. și b.).

a. [<http://en.wikipedia.org/wiki/Grinding>]

## Procesul de aşchiere – elemente fundamentale



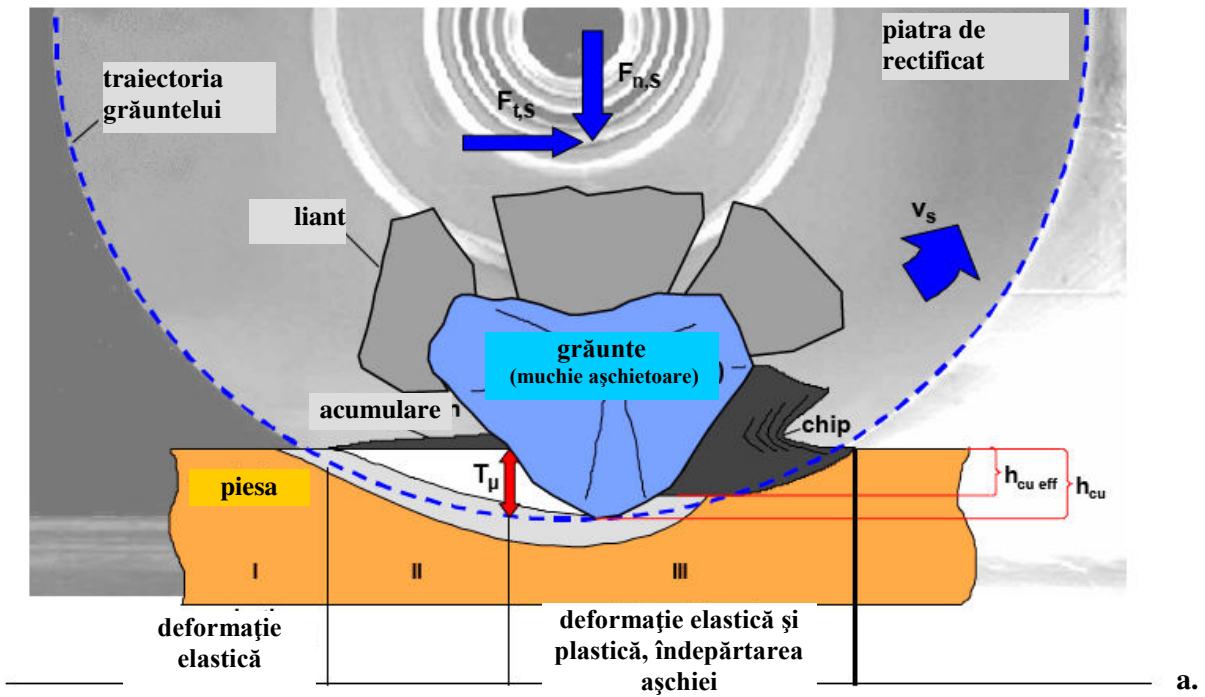
b. [33]

Fig 6.1 Reprezentarea schematică a modului de îndepărtare a aşchiilor, de către particulele abrazive din discul de rectificat

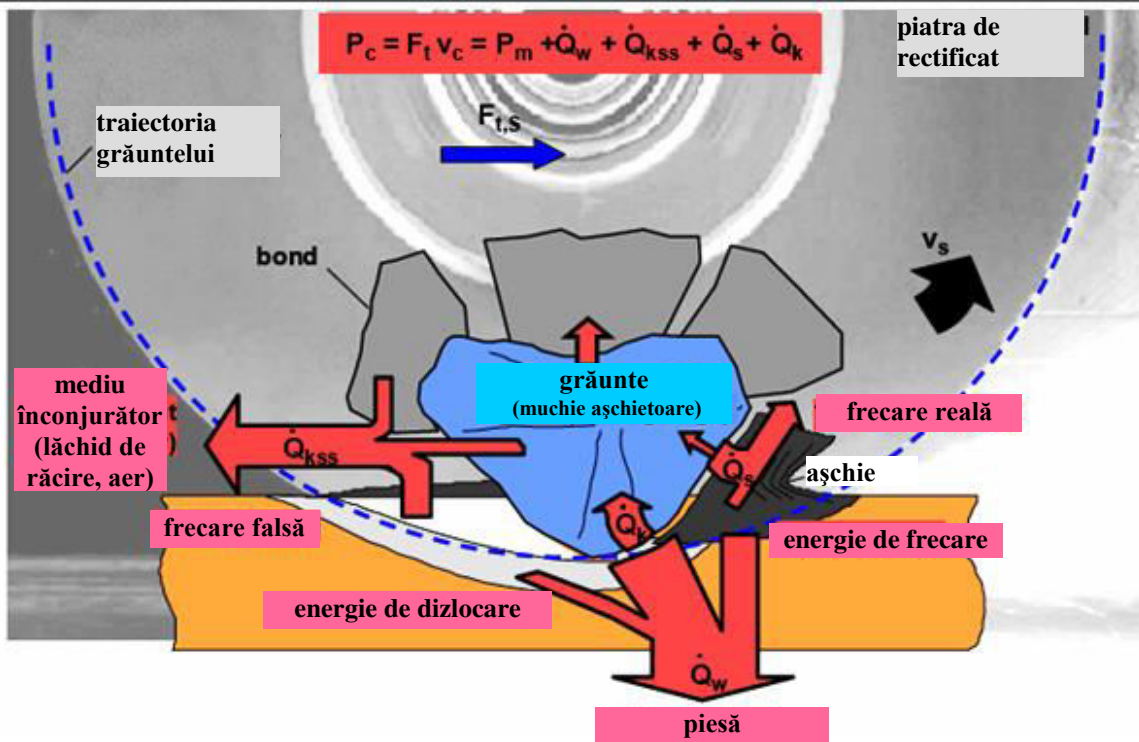
Modelarea și simularea elementelor specifice procesului de formare și detaşare a aşchiilor prin rectificare, au fost realizate de Prof. Dr.-Ing. F. Klocke.

Câteva exemple sunt prezentate în fig. 6.2.

Procesul de aşchiere – formarea aşchiilor



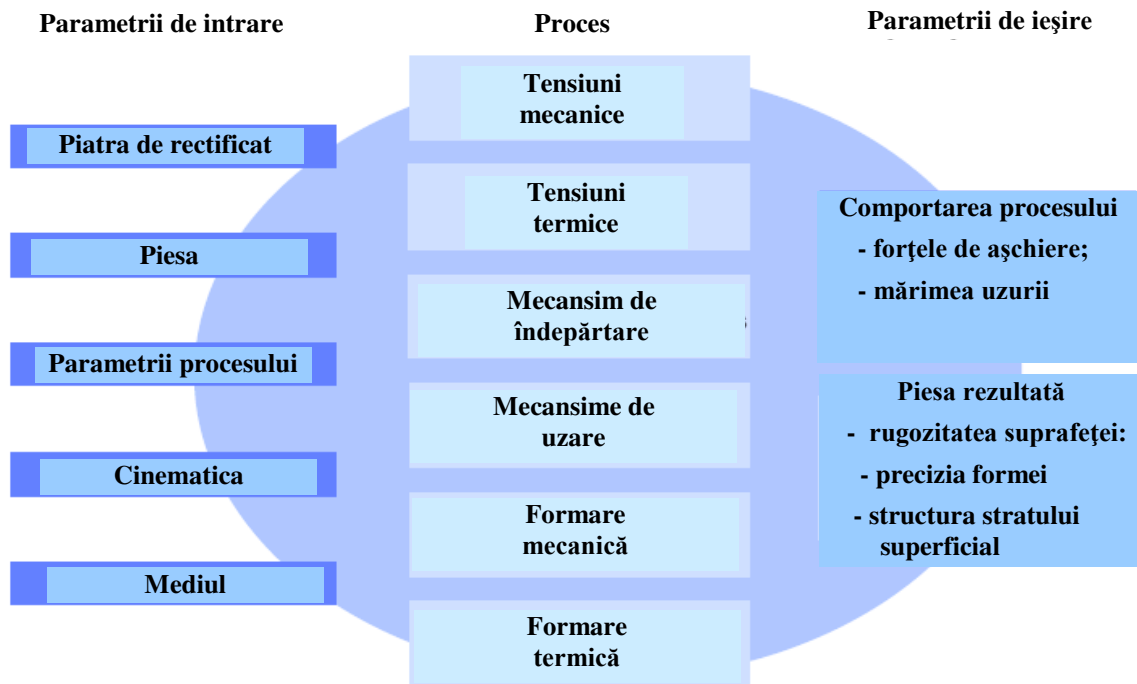
a.



b.

Fig. 6.2 Elemente specifice procesului de rectificare [33]

## Procesul de rectificare este unul complex



## Rezultate ale simulării așchierii

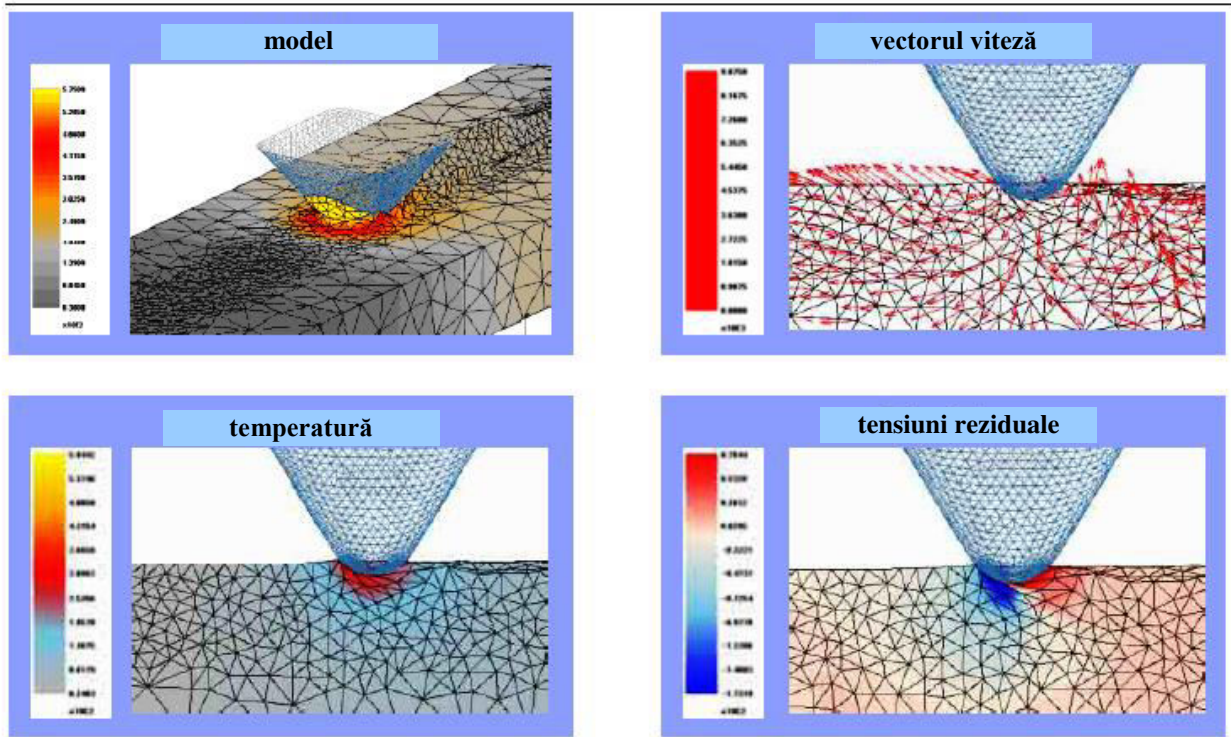


Fig. 6.2 Elemente specifice procesului de rectificare [33] - continuare

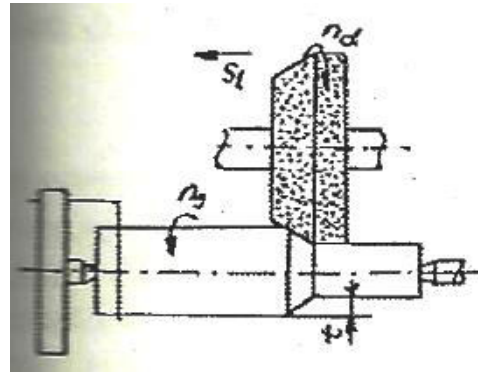
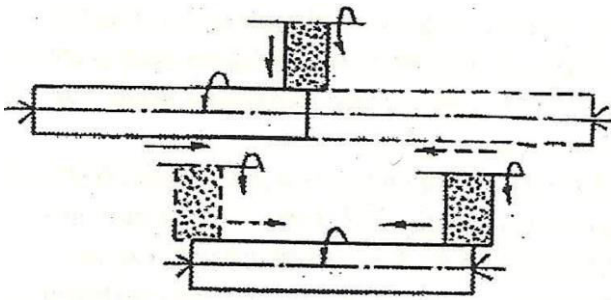
Prin rectificare se urmărește îmbunătățirea calității suprafețelor, și anume, obținerea valorilor parametrilor care urmează::

- rugozitatea suprafeței,  $R_a$ , (0,4 ...1,6)  $\mu\text{m}$ ;
- treapta de toleranță, IT, 4 ...6
- abateri de formă, (6...8)  $\mu\text{m}$

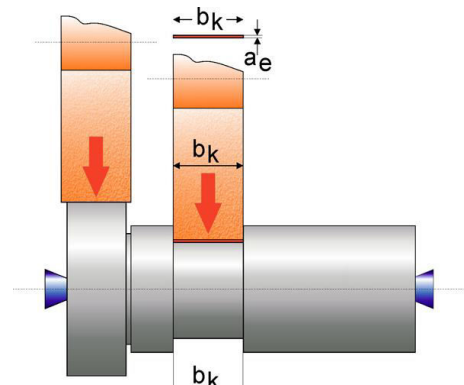
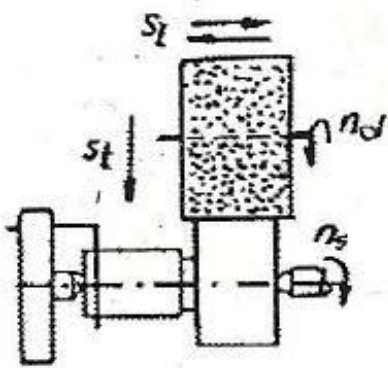
În funcție de tipul suprafețelor prelucrate, rectificarea este: – v. Fig. 6.3:

- exterioară, interioară;
- cilindrică, plană, profilată

iar în funcție de tipul prelucrării, rectificarea poate fi de: degroșare, finisare.

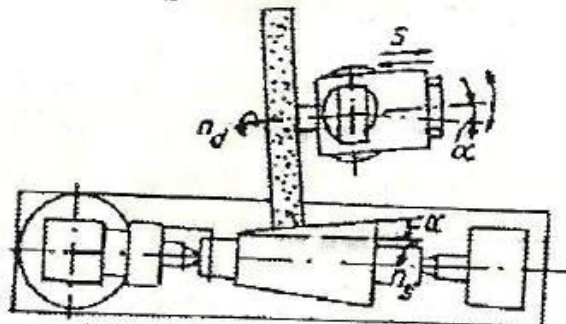
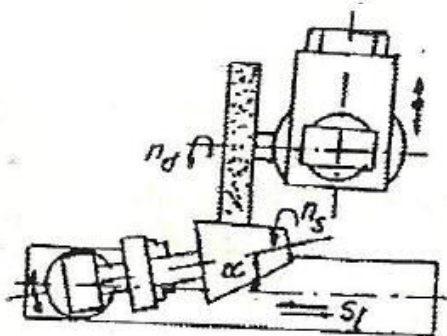
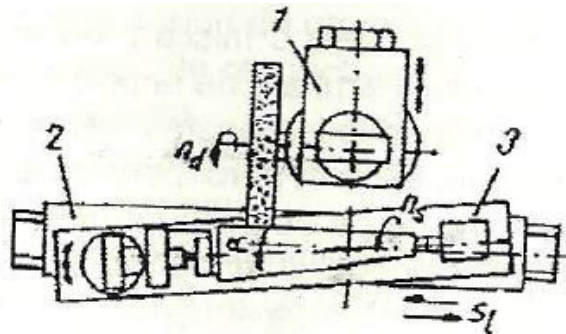
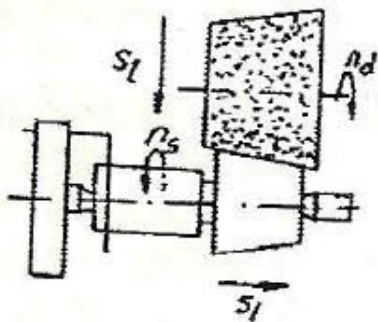


cilindrică exterioară cu avans longitudinal



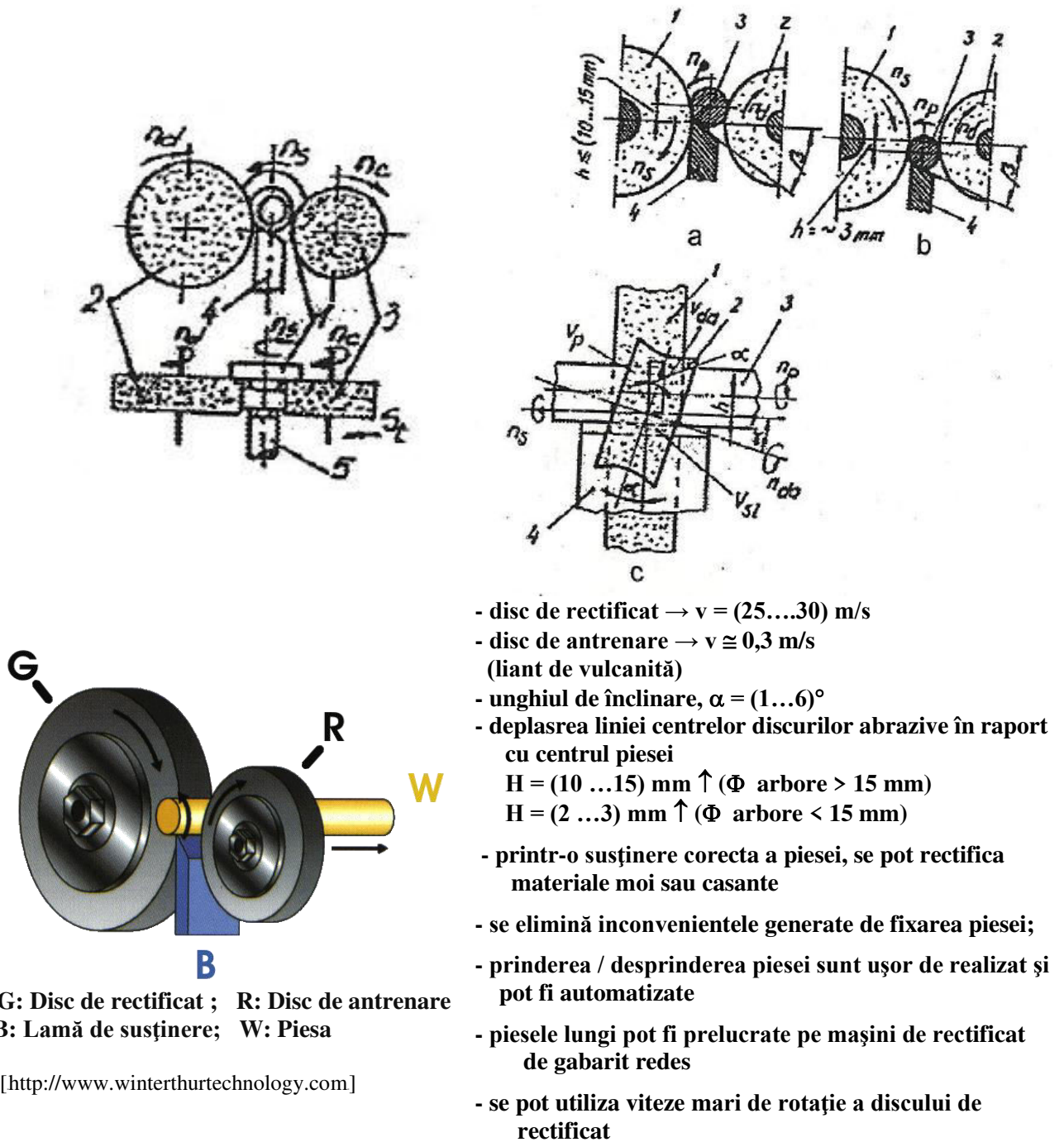
[<http://www.winterthurtechnology.com>]

cilindrică exterioară cu avans transversal



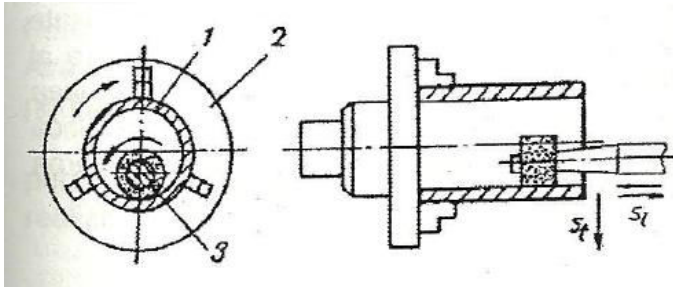
conică exterioară  
rectificare exterioară

Fig. 6.3 Procedee de rectificare [37]



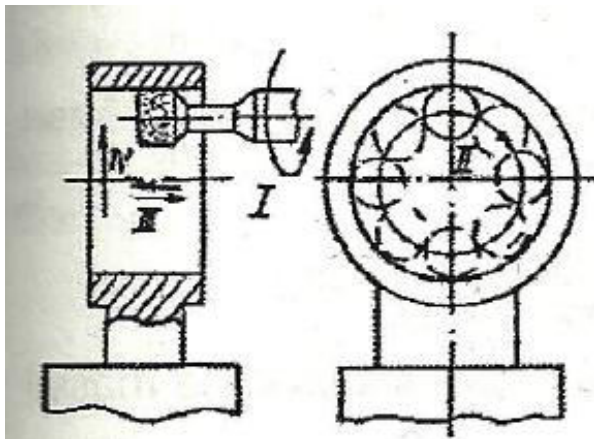
rectificare cilindrică exterioară fără centre

Fig. 6.3 Procedee de rectificare [37] - continuare

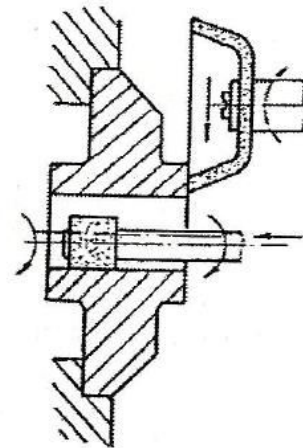


[http://www.winterthurtechnology.com]

cilindrică interioară cu avans longitudinal

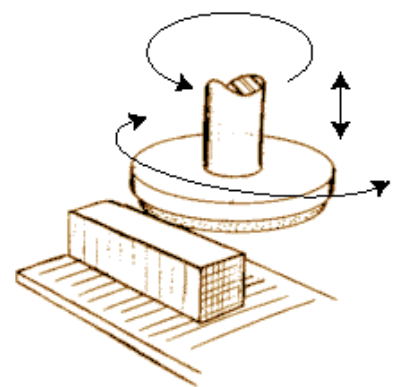
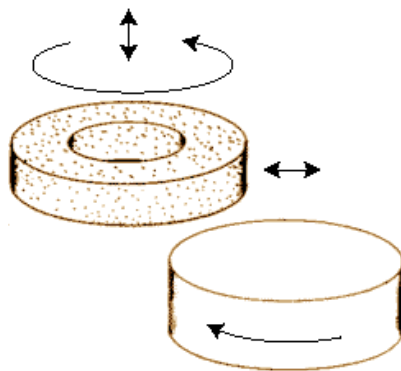
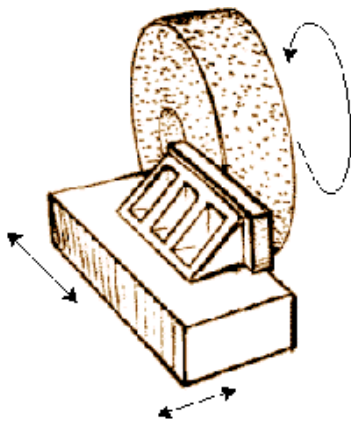
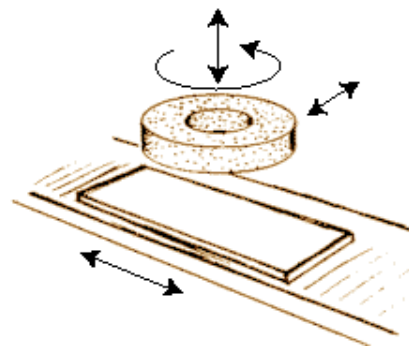
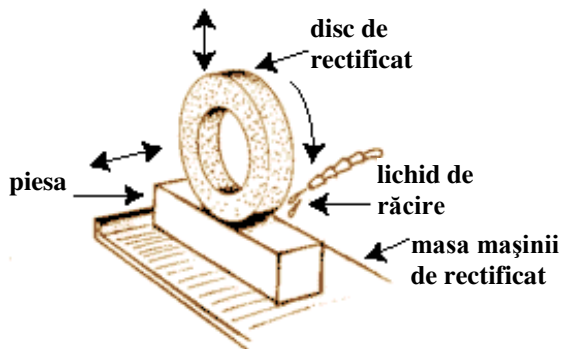


cilindrică interioară cu mișcare planetară



cilindrică interioară și frontală

**rectificare cilindrică interioară**



**rectificare plană** [http://www.efunda.com/processes]

Fig. 6.3 Procedee de rectificare [37] - continuare



Parametrii de aşchiere și mișcările de lucru la rectificare sunt prezentați în exemplul care urmează.

*Exemplu* calcul – pentru rectificare plană (flat grinding)

Operația 100. RECTIFICARE PLANĂ– v. fig. 6.4

a. Așezat piesa pe masa magnetică a mașinii

1. Rectificare  $S_2$  respectând  $l = 20,3^{+0,210}$  mm

b. Întors piesa pe masa magnetică

2. Rectificare  $S_1$  respectând  $l = 20^{+0,1}$  mm

c. Luat piesa

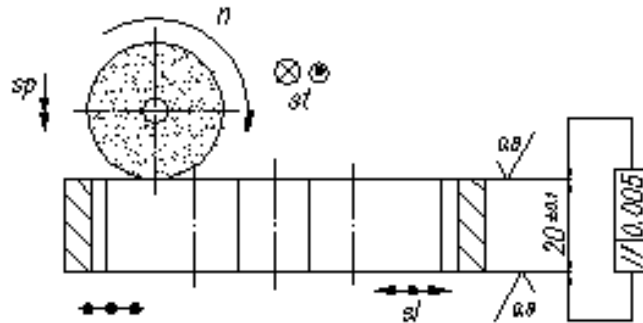


Fig. 6.4 Schița operației

A. Stabilirea durabilității discului abraziv,  $T = 15$  min..

B Stabilirea adâncimii de aşchiere și a numărului de treceri

$$i = \frac{Ap}{t} ; Ap = 0,3 \text{ mm} - \text{adaosul de prelucrare}$$

$t$  – adâncimea de aşchiere [mm/trecere] este identică cu avansul de pătrundere  $s_p$

$$s_p = (0,018 - 0,074) \text{ mm/cursă}; s_p = 0,03 \text{ mm/cursă}$$

$$i = \frac{0,3}{0,03} = 10 \text{ treceri}$$

C. Stabilirea avansurilor [13, tab. 6.11]

- Avansul transversal (de trecere) la o cursă dublă a mesei mașinii:

$$f_{tr} = \beta_{tr} \cdot B \text{ [mm/c.d.]} \quad (6.1)$$

ca fracțiune din lățimea pietrei de rectificat B

$$B = 40 \text{ mm, lățimea discului abraziv}; \quad \beta_{tr} = 0,6 \div 0,4 \Rightarrow \beta_{tr} = 0,5$$

$$f_{tr} = 0,5 \cdot 40 = 20 \text{ mm/c.d.}$$

- Avansul de pătrundere la rectificarea plană, cu partea periferică a pietrei la finisare se alege în funcție de  $s_{tr}$ .

$$s_{tr} = 20 \text{ mm/cd} \Rightarrow s_p = 0,018 \div 0,074 \text{ mm/cursa} \Rightarrow s_p = 0,03 \text{ mm/cursa}$$

D. Stabilirea vitezei avansului principal la rectificarea plană cu partea periferică a pietrei

La finisare viteza avansului principal pt. rectificarea plană pe mașini de rectificat cu masă dreptunghiulară se determină cu relația [13]:

$$v_p = \frac{0,8}{(T^{0,5} \cdot \beta_{tr} \cdot f_p)} \text{ [m/min]}$$

$$\Rightarrow v_p = \frac{0,8}{(15^{0,5} \cdot 0,5 \cdot 0,03)} = 13,77 \text{ m/min} \quad (6.2)$$

Viteza longitudinală a mesei, calculată, se poate realiza pe mașina aleasă, care permite o reglare continuă, în limitele 1 – 20 m/min

E. Stabilirea vitezei de aşchiere la discul abraziv

Viteza de aşchiere a discului abraziv se alege din intervalul [13, tab. 6.29]:

$$v = 22,4 \div 25 \text{ m/s}$$

$$\text{Considerând } n = 1825 \text{ rot/min} \Rightarrow v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000 \cdot 60} = \frac{\pi \cdot 200 \cdot 1825}{1000 \cdot 60} = 19,11 \text{ m/s}$$

## 6.2 Discuri abrazive

Discul abraziv trebuie să se autoascută  $\Rightarrow$  granulele abrazive uzate să se desprindă sub acțiunea forțelor de aşchiere.

**Materialul abraziv** – poate fi natural ( cuarț, corindon, şmirghel = corindon + cuarți + silicați) sau artificial.

Materialele abrazive artificiale se folosesc frecvent, astfel:

- electrocorindon  $\rightarrow$  la prelucrarea materialelor cu rezistență mare la rupere (oțeluri);
- carborund  $\rightarrow$  la prelucrarea materialelor dure și casante (fonte, bronzuri), sau la prelucrarea materialelor moi (Al, Cu), sau la prelucrarea materialelor nemetalice (marmură, porțelan, sticlă);
- carbură de bor  $\rightarrow$  la netezirea plăcuțelor de carburi metalice.

**Liantul** – asigură coeziunea granulelor abrazive.

Liantul ceramic  $\rightarrow$  cel mai utilizat, fiind stabil la temperaturi ridicate, având rezistență mecanică bună și rezistență la umiditate. Limite sunt impuse de fragilitate. Viteza periferică admisibilă este max. (30 ...35) m/s

Liant pe bază de bachelită  $\rightarrow$  este rezistent, elastic, dar se distruge sub acțiunea lichidelor de aşchiere alcaline. Se utilizează pentru prelucrările de finisare.

Liant pe bază de cauciuc  $\rightarrow$  este compact, are elasticitate mare, este rezistent la umiditate, dar se îmbăcșește repede. Se utilizează la prelucrările de netezire, lustruire, tăiere.

**Granulația** – conform STAS 1753-90, în funcție de mărimea granulelor, sunt trei grupe:

- granule  $\rightarrow$  12 sorturi notate 200, 150, 125, ..., 20, 16 (dimensiuni minime ale granulelor în sutimi de mm);
- pulberi  $\rightarrow$  6 sorturi notate 12, 10, 8, 7, 5, 4 (dimensiuni minime ale granulelor în sutimi de mm);
- micropulberi  $\rightarrow$  șapte sorturi notate M40, M28, M20, M14, M10, M7, M5 (dimensiunea maximă a micropulberii exprimată în  $\mu\text{m}$ )

**Duritatea** – conform STAS 1469-83, duritatea corpului abraziv și rezistența cuplului abraziv – liant la tendința de desprindere a granulelor abrazive de pe suprafața discului, sunt clasificate în cinci grupe: foarte moale (EFG), moale (HIJK), mijlocie (LMNO), tare (PQRS), foarte tare (TUV).

**Structura corpului abraziv** – se referă la raportul cantitativ dintre volumul porilor și volumul total al pietrei.

Mărimea porilor ușurează evacuarea căldurii. Pietrele abrazive cu porozitate mare detașează așchiile mai ușor, dar au rezistență mai mică la solicitările mecanice și viteze periferice mai mici.

*Exemplu* notație disc abraziv:

Corp abraziv cilindric plan, având:  $D = 200 \text{ mm}$ ;  $H = 40 \text{ mm}$ ;  $d = 32 \text{ mm}$ , material abraziv Cn, granulație 50 – 40, duritate J – K, liant C

*Exemplu de discuri abrazive* - v. fig. 6.5.



Discuri abrazive, fabricate de CGW , utilizate pentru rectificarea precisă a materialelor feroase și neferoase, ceramice, piatră etc.

Acest tip de discuri pot fi și cu porozitate mare, astfel încât sunt adecvate prelucrărilor pieselor componente specifice turbinelor și industriei aeronautice.



Discuri de rectificat pentru prelucrarea suprafețelor interioare ale rulmeților, cilindrilor, alezajelor etc.

Se recomandă ca diametrul discului să fie de cel mult 2/3 din valoarea diametrului prelucrat



Discuri pentru rectificare fără centre, specifice celor trei tipuri de avans de pătrundere, după cum urmează  
Avans de pătrundere tip "Thrufeed" – piesa se deplasează între discul de rectificat și cel de antrenare, dintr-o parte a mașinii în cealaltă.

Avans de pătrundere de tip "Infeed" – piesa este poziționată și menținută între discul de rectificat și cel de antrenare, până la poziția impusă.

Avans de pătrundere de tip "Endfeed" – utilizat pentru piese cilindrice filetate. Discul de rectificat, discul de antrenare și lama de susținere sunt menținute fix unul în raport cu celălalt, iar piesa se deplasează din partea frontală, până la poziția impusă.

Pietre de polizor de uz general, produse de CGW și disponibile până la valori a diametrului de 450 mm (18")



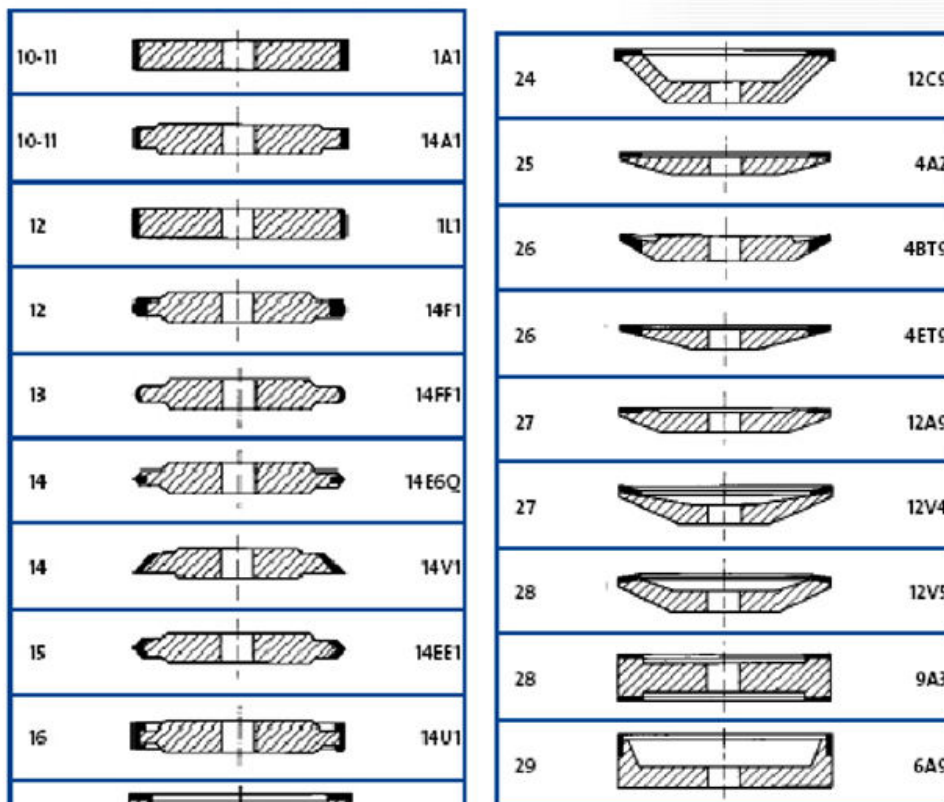
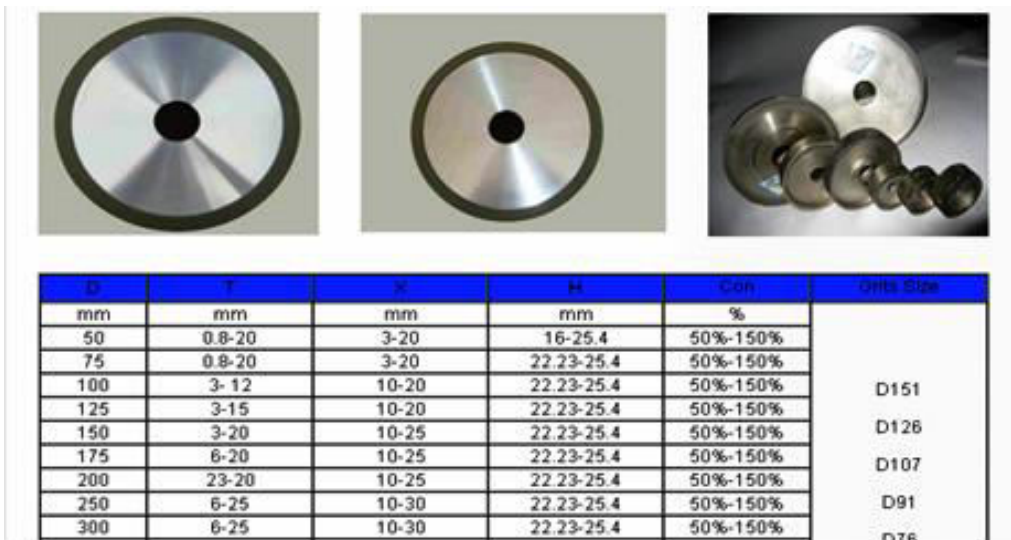
- A – oxid de Al, pentru oțel și alte metale
- GC – carbură de Si, pentru carburi și materiale neferoase
- WA – oxid alb de Al, pentru oțel și oțel inoxidabil
- WAB (AZ) - oxid alb de Al cu liant albastru, pentru prelucrarea cu viteze mari a oțelului (HSS)

[<http://www.cgwheels.com>]

Fig. 6.5 Discuri abrazive

**Discuri abrazive cu diamant sau NBC (nitrură cubică de bor)**

- se autoascut
- sunt foarte eficiente
- asigură calitate deosebită a suprafeței
- se utilizează la prelucrare de precizie a materialelor de tip: ceramic, sticlă, oțel aliat de mare duritate



[http://www.3bdiamond.com]

Fig. 6.5 Discuri abrazive - continuare

**6.3 Lichide de răcire – ungere**

Rolul lichidelor de răcire-ungere, în cadrul procesului de rectificare este acela de a răci și lubrifia discul și piesa, precum și de îndepărtare a așchiilor. Este important ca fluidul să fie introdus chiar în zona de așchiere, pentru a evita împrăștierea lui de pe suprafața piesei, din cauza vitezei ridicate de rotație a discului abraziv.

Tipuri de lichide de răcire-ungere, precum și tipurile de materiale pentru care sunt indicate, se evidențiază în fig. 6.6

Material prelucrat	Lichid de răcire-ungere	Aplicație
Aluminiu	Ulei – cu densitate scăzută	“Inundat”
Alamă	Ulei – cu densitate scăzută	“Inundat”
Fontă	Ulei – cu densitate mare, ce poate fi în emulsie, ulei chimic cu densitate redusă, ulei sintetic	“Inundat”
Oțel	Ulei – cu densitate mare, solubil în apă	“Inundat”
Oțel inoxidabil	Ulei – cu densitate mare, ce poate fi în emulsie, ulei chimic cu densitate mare, ulei sintetic	“Inundat”
Plastic	Ulei solubil în apă, ulei – cu densitate mare, ce poate fi în emulsie, ulei chimic cu densitate redusă, ulei sintetic	“Inundat”

[<http://en.wikipedia.org/wiki/Grinding>]



#### **CUTEX 107**

- compus sintetic alcalin utilizat în prelucrările de rectificare cilindrică a oțelurilor și fontelor
- se utilizează în concentrație de (2-3)%
- se folosește la temperatura mediului ambiant

#### **CUTEX 108 - Grinding / Cooling Fluid**

- compus sintetic transparent utilizat în prelucrările de rectificare cilindrică a oțelurilor și fontelor
- se utilizează în concentrație de (2-3)%
- se folosește la temperatura mediului ambiant
- generează alunecare între metal și discul de rectificat
- compușii de tip amină previn formarea ruginii

[<http://www.ilve.com.tr/grinding-cutting-chemical.html>]

Fig. 6.6 Tipuri de lichide de răcire – ungere pentru prelucrări prin rectificare

## 6.4 Mașini de rectificat cu CNC

Firmele producătoare oferă mașini de rectificat cu CNC, câteva dintre acestea fiind prezentate în fig. 6.7.

**524/624 Easy or CNC**

- pentru rectificare de precizie, cu touchscreen



**TechMaster Easy**

- pentru rectificare materialelor de duritate ridicată, în producție de serie, cu touchscreen



**ProGrind Easy**

- pentru rectificare de precizie, în producție de masă, cu touchscreen



- realizează prelucrări de precizie ridicată
- mașini de productivitate mare
- profilare rapidă a discului de rectificat
- au sistem de evacuare a așchiilor
- adaptare rapidă la PC și rețea network

**MAȘINI DE RECTIFICAT SUPRAFETE PLANE**

[<http://www.jonesshipman.com>]

**Suprema Easy**

- sistem de control cu touchscreen



**Ultramat Easy or CNC**

- pentru producție de serie, sistem de control cu touchscreen



**UltraGrind CNC**

- pentru rectificare de precizie, în producție de masă, control CNC



- adaptare rapidă la schimbarea tipului piesei de rectificat
- construcție în sistem modular
- asigură prelucrări de precizie ridicată
- nu necesită sisteme complexe de profilare a discului de rectificat
- au sistem de evacuare a așchiilor
- adaptare rapidă la PC și rețea network

**MAȘINI DE RECTIFICAT SUPRAFETE CILINDRICE**

[<http://www.jonesshipman.com>]

Fig. 6.7 Mașini de rectificat CNC



Walter Helitronic Vision CNC  
mașină de rectificat în 5 axe  
[<http://www.grinding.com>]

**Avantaje:**

- Productivitate deosebit de ridicată
- Prelucrări cu viteză mare a discului abraziv
- Precizia de +/- 5 micrometri
- Setare ușoară, de la computer de birou
- Posibilitate de adaptare ușoară la diferite tipuri de prelucrări

**Caracteristici:**

- Direct drive pe toate axele, cu accelerație și viteză mari
- Control adaptiv care micșorează ciclul de prelucrare
- Valori ale avansului reglabile automat
- Software Helitronic Tool Studio, ce combină ușurința utilizării cu flexibilitatea ridicată



Viteza discului de rectificat, până la 120m/s

Model compact, dar permite utilizarea discurilor de rectificat, cu valori ale diametrului de până la 610 mm.

Are sistem de profilare a discului

Asigură productivitate ridicată, permițând prelucrarea simultană a suprafețelor cilindrice și frontale.

Sistemul de prindere / desprindere a piesei este simplu.

Mașini de rectificare fără centre, KOYO [http://www.crystec.com/kmiclge.htm]

Fig. 6.7 Mașini de rectificat CNC - continuare

### 6.5 Prelucrări și piese prelucrate

Din cele prezentate în cadrul acestui capitol se remarcă varietatea mare a tipurilor de prelucrări ce pot fi realizate, câteva exemple fiind evidențiate în fig. 6.8.



rectificare diametru exterior



rectificare diametru interior

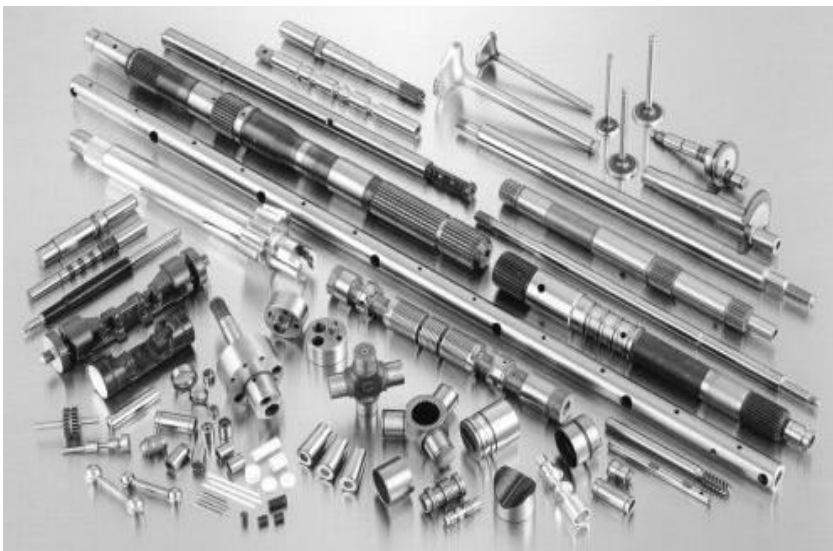


rectificare suprafețe exterioare



rectificare fără centre

[<http://www.winterthurtechnology.com>]



**Producție de masă**  
ex.: bolțuri, arbori, inele de  
rulment, pivoți etc.

**Aplicații speciale**  
ex.: piston de cilindru, bile de  
rulmenți, izolatori etc.

[<http://www.crystec.com/kmiclge.htm>]

Fig. 6.8 Prelucrări și piese prelucrate pe centre de rectificat cu CNC

În Anexa 1 și Anexa 2 se prezintă exemple de componente mecanice ale roboților industriali și, respectiv, proces tehnologic de fabricare corespunzător unei componente de acest tip, în două variante cu structură detaliată.



## CAPITOL 7

## TEHNOLOGII DE FABRICARE PE MAȘINI DE DANTURAT CU CNC

## 7.1 Principii fundamentale ale prelucrărilor prin danturare

Din punct de vedere tehnologic, clasificarea pieselor cu dantură se face după forma geometrică, după cum urmează: - v. fig. 7.1

## A. Piese dințate cilindrice

- roți dințate cilindrice cu dinți drepecți;
- roți dințate cilindrice cu dinți înclinați
- roți dințate pentru transmisii de lanț;
- arbori canelați;
- roți dințate pentru mecanisme cu clichet;
- melci cilindrici;
- cremaliere

## B. Piese dințate prismatice

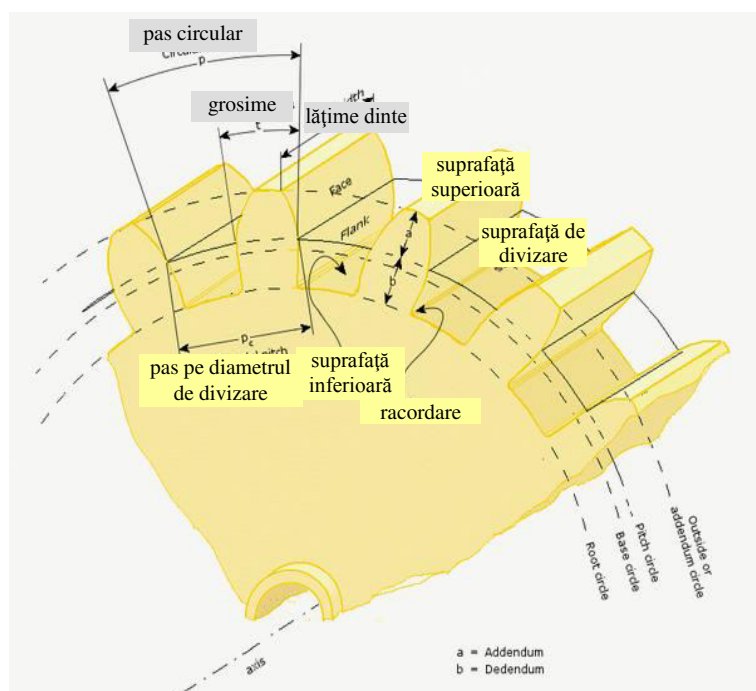
- cremaliere;

## C. Piese dințate conice

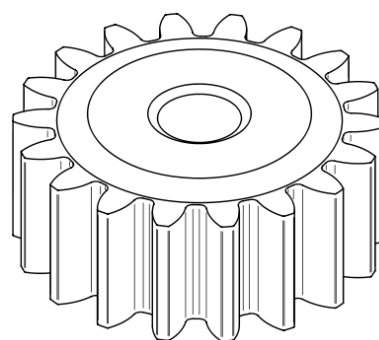
- roți dințate conice cu dinți drepecți;
- roți dințate conice cu dinți înclinați
- roți dințate conice cu dinți curbi;

## C. Piese dințate torice

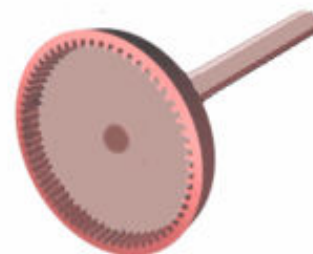
- melci globoidali;
- roți melcate globoidale
- roți dințate conice cu dinți curbi.



definirea parametrilor specifici roții dințate



roată dințată cilindrică (spur gear)



dantură interioară (internal gear)

Fig. 7.1 Piese cu dantură [http://en.wikipedia.org/wiki/Gear#Spur]



**roați dințate cilindrice cu dinți înclinați**  
(helical gears)



**roați dințate conice cu dinți drepți**  
(bevel gears)



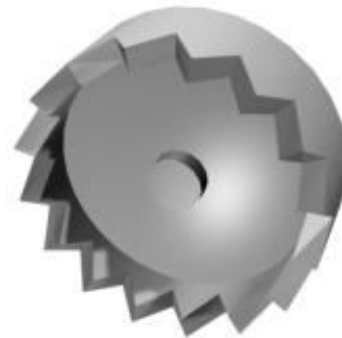
**roați dințate conice cu dinți curbi**  
(spiral bevels)



**mele – roată melcată**  
(worm gear)



**pinion – cremalieră**  
(rack and pinion)



**coroană circulară**  
(crown gear)

Fig. 1 Piese cu dantură [http://en.wikipedia.org/wiki/Gear#Spur] - continuare

## 7.2 Prelucrarea danturii roților dințate cilindrice

Profilul unui dinte în evolventă se compune din două evolvente simetric opuse. Curbura și poziția reciprocă a acestora depinde de forma profilului tășului sculei așchietoare și de poziția sculei în timpul prelucrării danturii.

Dacă la prelucrarea dinților, scula așchietoare este reglată astfel încât dreapta medie a profilului de referință al sculei este tangentă la cercul de divizare al danturii roții care se prelucrează, atunci se obține *dantura necorijată*. Atunci când dreapta medie a profilului de referință al sculei nu este tangentă la cercul de divizare al danturii roții, se obțin roți dințate cu *dantură corijată*

### 7.2.1 Prelucrarea danturii prin copiere (profilare)

Se bazează pe materializarea curbei generatoare a dintelui prin muchia așchietoare a sculei;  
Se realizează cu freză disc modul (v. fig. 7.2, a1 și a2) sau freză deget modul (v. fig. 7.2, b1 și b2), executându-se succesiv prelucrarea dinte cu dinte (v. fig. 7.2, c);

Deoarece raza cercului de bază al roții depinde de numărul de dinți, pentru fiecare număr de dinți,  $z$ , cu același modul, va fi necesară o freză specială, astfel încât să se obțină dinți cu flancuri evolventice teoretic corecte;

Din punct de vedere economic, se folosește aceeași sculă pentru prelucrarea mai multor danturi cu număr de dinți,  $z$ , diferit – numărul dinților fiind limitat la un anumit interval determinat;

La prelucrarea roților dințate cu dinți înclinați, freza disc modul se alege în funcție de numărul echivalent (ideal) de dinți ai danturii,  $z'$  - (v. fig. 7.2, d):

$$z' = \frac{z}{\cos^3 \beta} \quad (\beta \text{ este unghiul de înclinare a dinților}) \quad (7.1)$$

Preciziile de pas și cele ale danturii sunt, relativ, scăzute

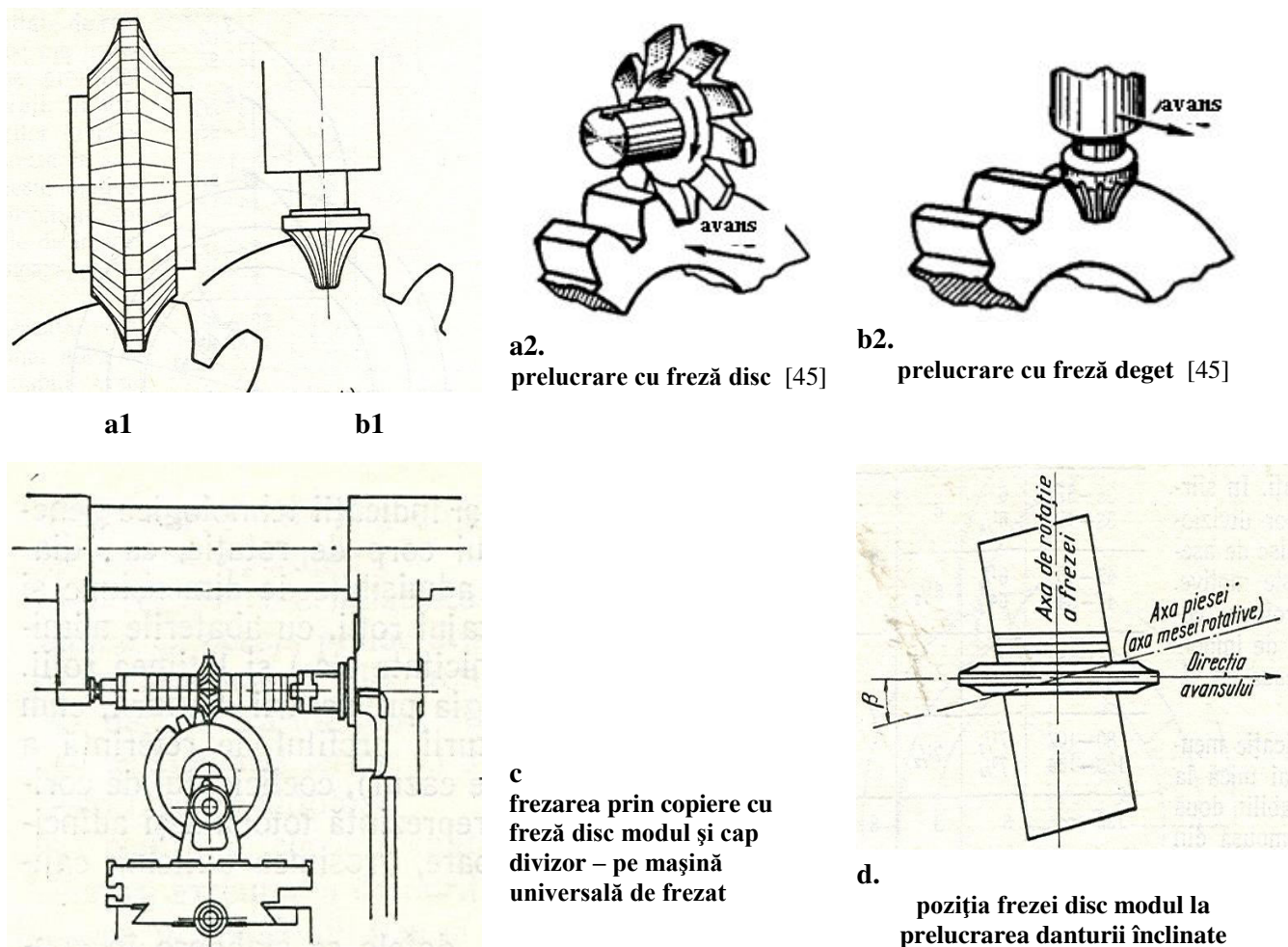


Fig. 7.2 Prelucrarea danturii prin copiere [37]

### 7.2.2 Prelucrarea danturii prin rulare

Se bazează pe reproducerea angrenării sculei cu piesa ce se prelucurează,

A. Frezare cu freză melc-modul (procedeul Pfauter) – are la bază proprietatea melcului de a avea ca înfășurătoare a danturii, atunci când rulează pe un plan, o cremalieră cu flancuri rectilinii (v. fig. 7.3, a).. Profilul cremalierii generatoare, obținut pe sculă într-o secțiune frontală a danturii prelucrate, se deplasează în lungul liniei de referință (v. fig. 7.3, b) cu viteza:

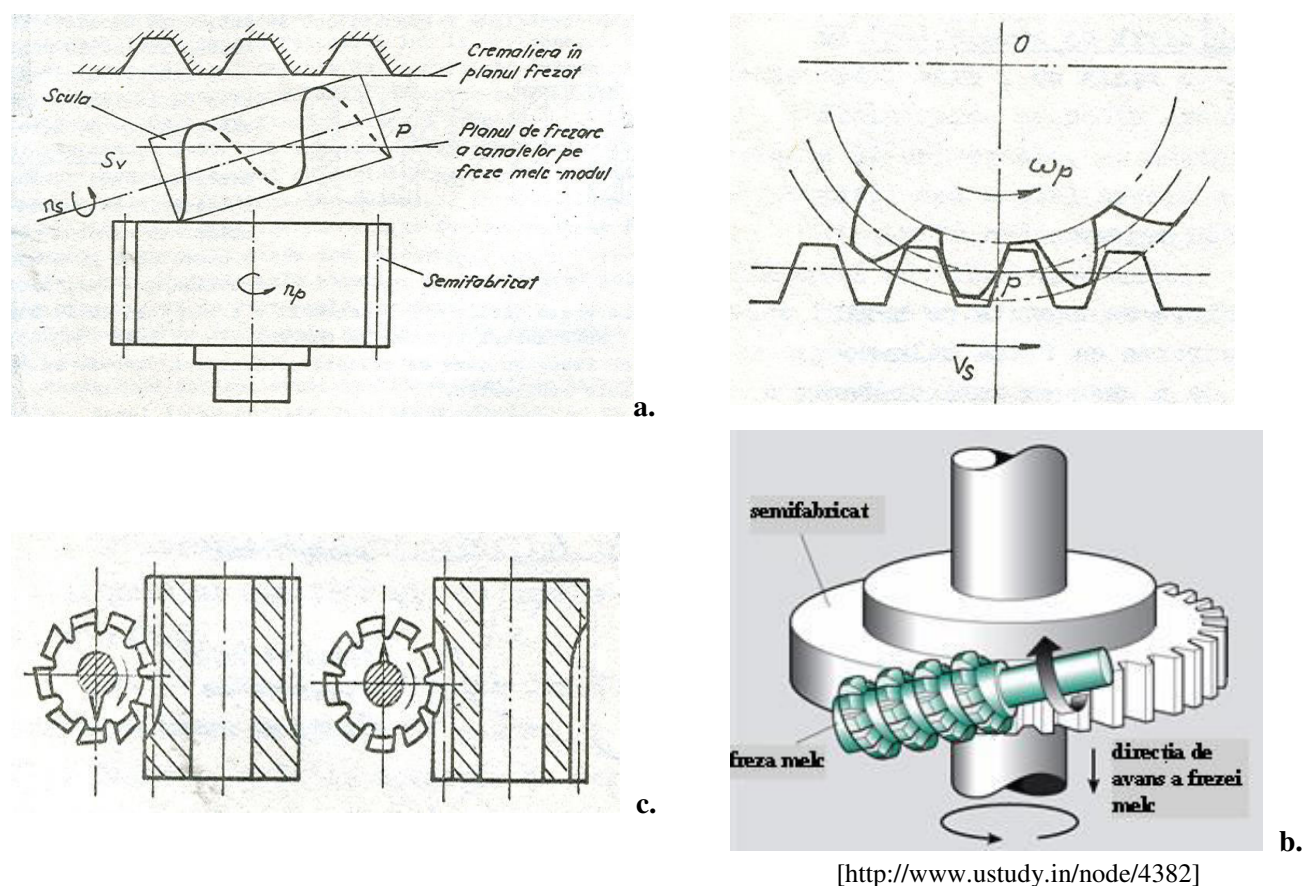
$$v_s = P_s \cdot k_s \cdot n_s \quad [\text{m/s}] \quad (7.2)$$

unde:  $P_s$  este pasul cremalierii generatoare {mm};

$k_s$  – numărul de începuturi al frezei melc;

$n_s$  – turația frezei melc {rot/min}

Frezarea poate fi în sensul avansului sau în sens contrar avansului – în acest ultim caz precizia și calitatea suprafeței fiind superioare față de primul caz (v. fig. 7.3, c.)



[<http://www.ustudy.in/node/4382>]

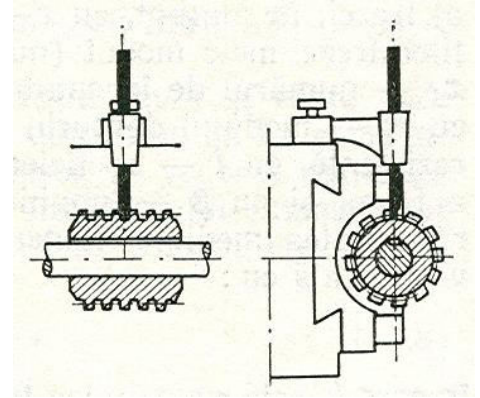
Fig. 7.3 Prelucrarea danturii prin rulare cu freză melc modul [37]

Atunci când se prelucurează roți dințate cilindrice cu dinți înclinați, cu unghiul  $\beta$ , înclinarea frezei față de axa piesei va fi egală cu  $\beta \pm \gamma$ ; semnul “+” fiind atunci când sensurile de înclinare ale dinților roții și elicei frezei melc sunt diferite, iar semnul “-” este atunci când sensurile de înclinare ale dinților roții și elicei frezei sunt aceleași (recomandat în cazul prelucrărilor precise) - v. fig. 7.4, a.

Freza melc modul se centrează pe mașina de denturat, astfel încât axa de simetrie a golului format de două tășuri ale frezei să “treacă” prin axa mesei pe care este fixată piesa – v. fig. 7.4, b. Deplasarea “Shifting” constă în deplasarea axială a frezei melc cu o mărime prestabilă, scopul fiind acela de a utiliza rațional întreaga lungime activă a sculei.

Roată	Freză melc	Poziția de lucru a frezei
cu dinți dreapți	cu elice pe dreapta	
cu dinți dreapți	cu elice pe stînga	
cu dinți elicoïdali, sensul elicei dinților pe dreapta	cu elice pe dreapta	
	cu elice pe stînga	
cu dinți elicoïdali, sensul elicei dinților pe stînga	cu elice pe stînga	
	cu elice pe dreapta	

a.



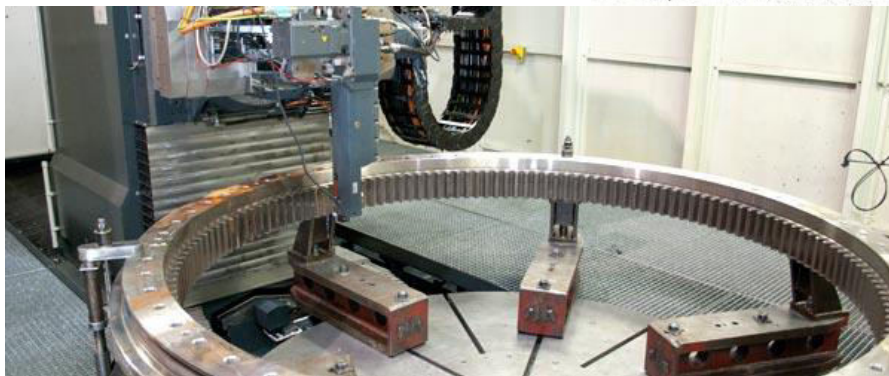
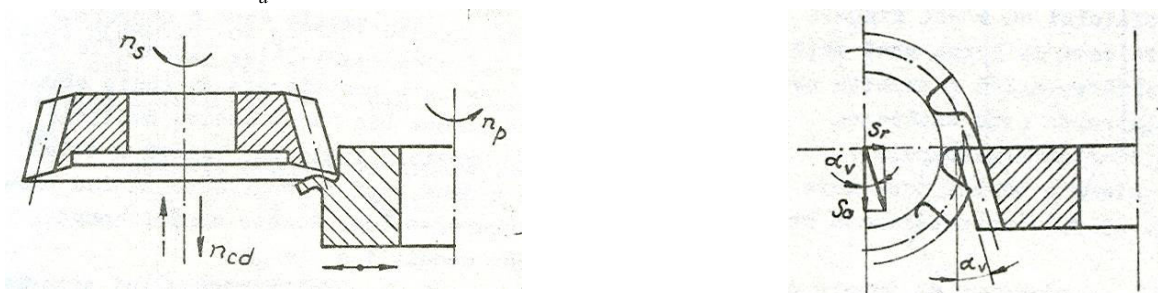
b.

Fig. 7.4 Poziționarea frezei melc-modul [37]

B. Mortezarea cu cuțit roată (procedeul Fellow) – este singurul procedeu cu care se poate prelucra prin rulare dantura interioară. Este un procedeu economic, în special pentru danturile de lățime mică și a roților dințate combinate.

Prelucrarea se face cu avans axial,  $s_a$  și avans radial,  $s_r$  (v. fig. 7.5), între care există relația :

$$\frac{s_r}{s_a} = \operatorname{tg} \alpha_v \quad (\alpha_v \text{ fiind unghiul de așezare la vârful dinților sculei})$$



[<http://www.hmcgears.com/gears/internal-gears.php>]

Fig. 7.5 Prelucrarea prin mortezare [37]

C. Mortezaarea cu cuțit pieptene (procedeul Maag Sunderland) – se reproduce angrenarea între cremalieră (sculă) și roata dințată (piesă).

Se pot prelucra numai danturi exterioare, cu precizie ridicată și rugozitate scăzută ( $1,6 \mu\text{m}$ ).

Schema mortezaării danturii cu dinți înclinați este redată în fig. 7.6 (a., b.) iar succesiunea etapelor de prelucrare se prezintă în fig. 7.6, c..

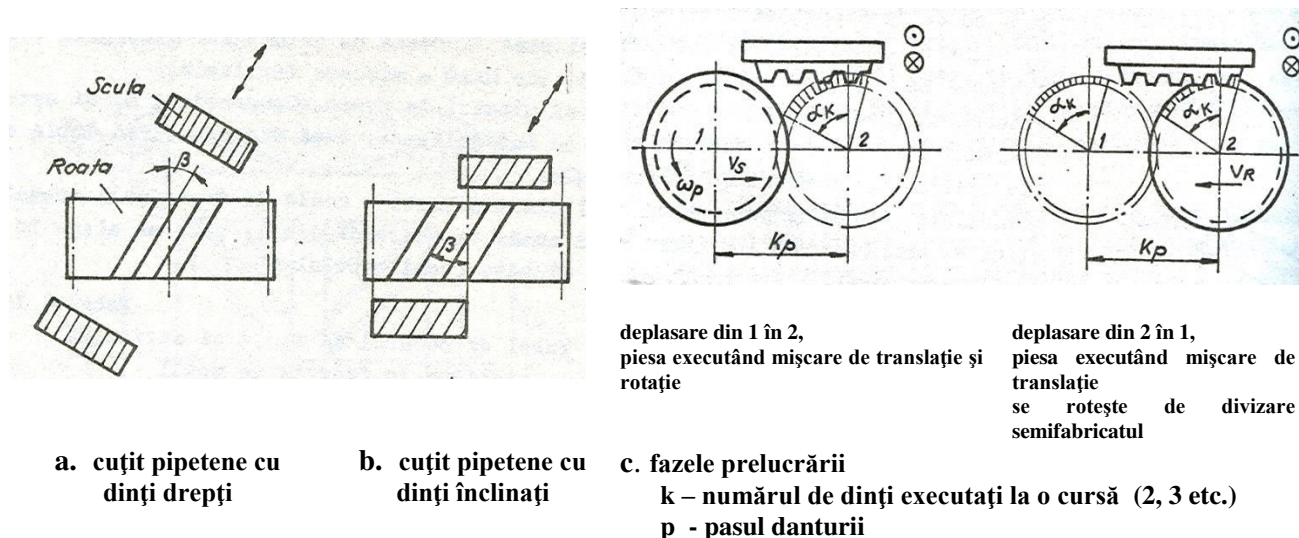


Fig. 7.6 Prelucrarea prin rulare cu cuțit pieptene [37]

### 7.2.3 Finisarea danturii

Prelucrarea de finisare a roților dințate supuse unui tratament termic de îmbunătățire, sau care nu au fost tratate termic, se execută cu scule cu tăiș metalic – prin șevăruire, sau deformare plastică superficială prin rulare.

Dacă suprafețele flancurilor dintelui au fost călite superficial, sau cementate și călite, atunci prelucrarea de finisare se execută cu scule abrazive, prin rectificare și rodare.

A. Șevăruirea danturii – se realizează prin mișcarea suprafeței de finisat în raport cu tăișul sculei după o direcție normală la tăiș, concomitent cu deplasarea acestei suprafețe de-a lungul tăișului – v. fig. 7.7, a..

Se îndepărtează de pe suprafața flancurilor dinților așchii cu grosimi de  $1 \dots 5 \mu\text{m}$ . Dinții șeverului pot fi drepti sau înclinați, astfel încât între axa șeverului și axa roții supuse prelucrării, să existe un unghi de încrucișare de aprox.  $10^\circ$  - pentru fontă, și aprox.  $15^\circ$  - pentru oțel.

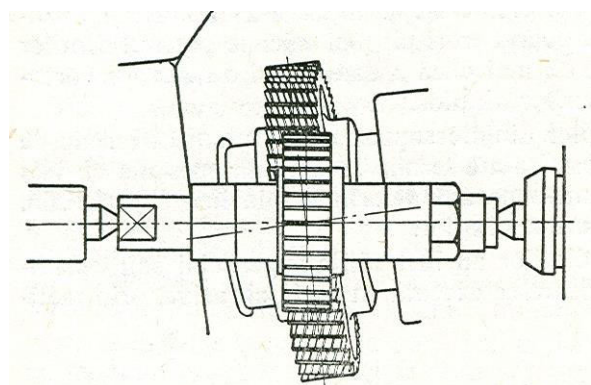
Șeverul roată are dantura corijată, deplasarea profilului depinzând de dantura roții supusă prelucrării, ceea ce are ca efect micșorarea universalității de utilizare

Șeverul cremalieră elimină acest inconvenient, dar trebuie să fie ceva mai lung decât circumferința roții dințate de prelucrat. De aceea, este limitată însă utilizarea la roți cu dimensiuni mici – v. fig. 7.7, b.

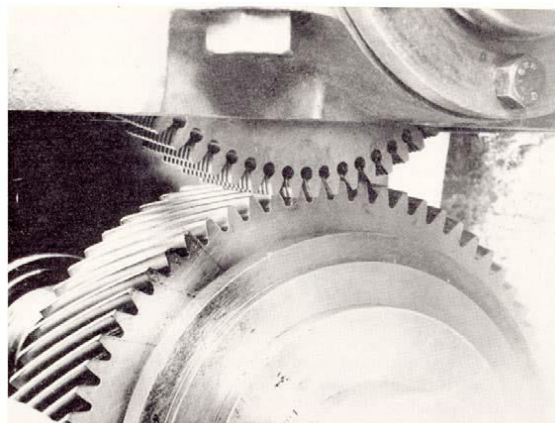
B. Rectificarea danturii – se efectuează cu disc abraziv profilat, sau prin rulare

B1 Rectificarea prin *profilare* - se realizează cu disc abraziv a cărui formă este identică cu forma golului dintre dinți – v. fig. 7.8.

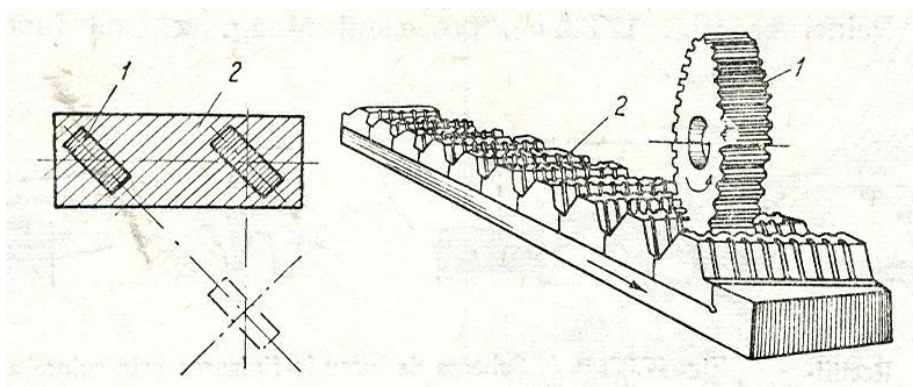
B2 Rectificarea prin *rulare* – asigură netezimea corespunzătoare, precizia ridicată a formei și dimensiunilor.



a.



șeveruirea danturii exterioare [45]



b.

Fig. 7.7 Prelucrarea prin șeveruire [37]

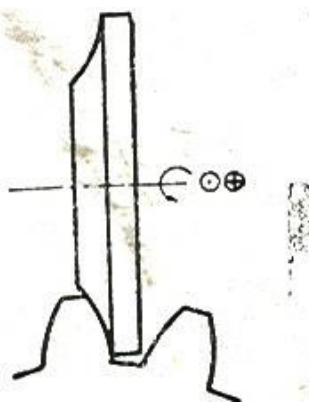


Fig. 7.8 Rectificarea prin profilare [37]

Cele mai utilizate sunt procedele:

- Niles și ENIMS (v. fig. 7.9, a) , Reinecker (v. fig. 7.9, b) , Maag (v. fig. 7.10), Pratt and Whitney (v. fig. 7.11) – la care se reproduce angrenarea între cremaliera de referință a sculei și roata dințată. Profilul dinților este înfășurat de suprafața activă a discului abraziv, care în contact cu piesa este tangent la flancul dintelui care se prelucrează

- Reissauer (v. fig. 7.12) – la care se reproduce angrenarea între un melc și roata dințată cilindrică, similar frezării cu freză melc.

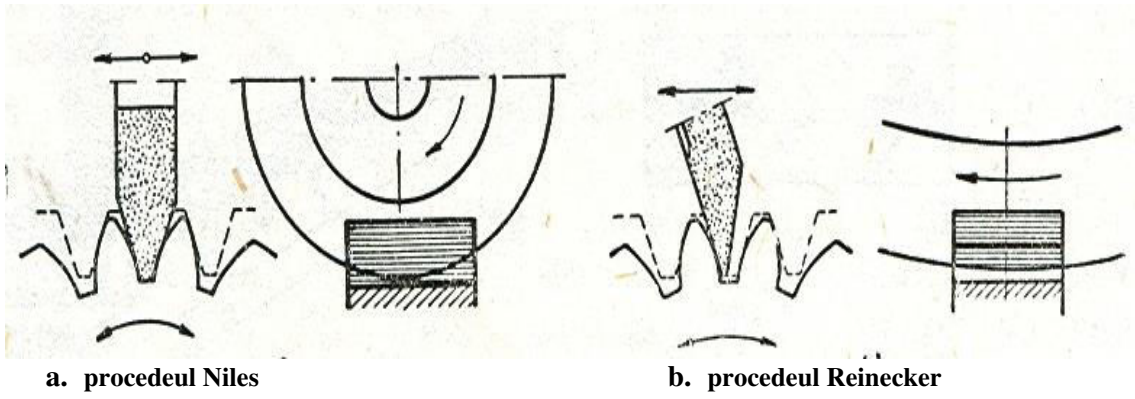
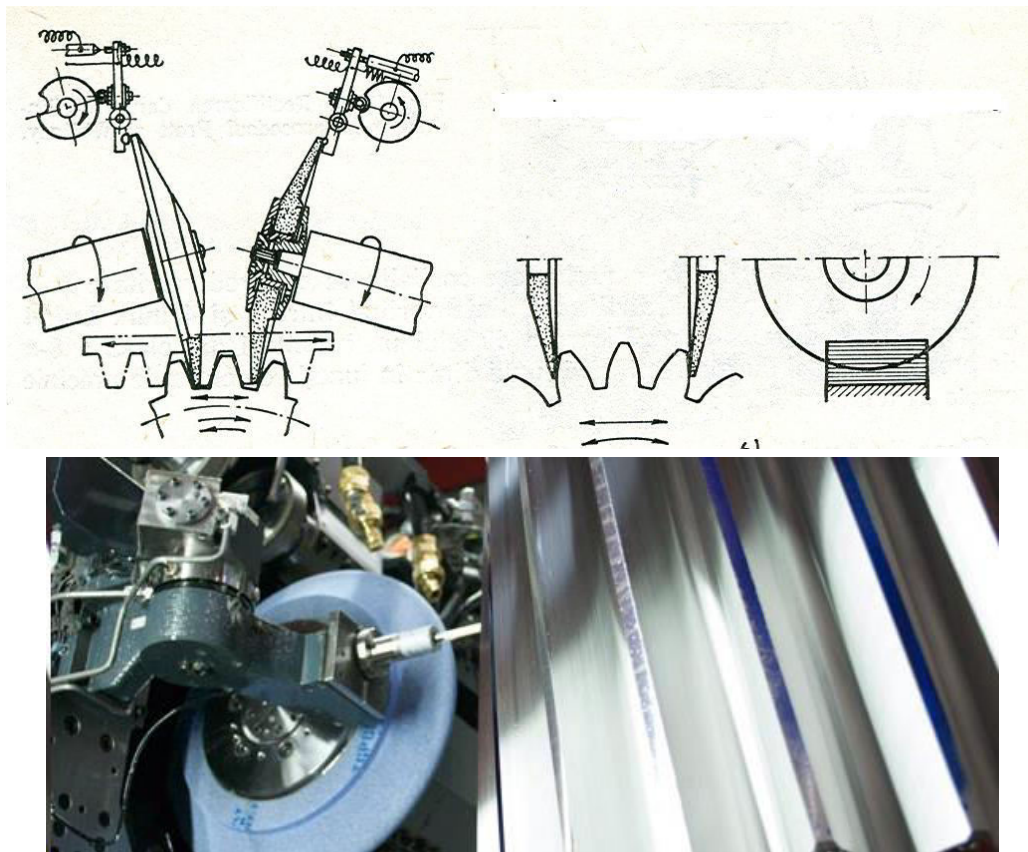


Fig. 7.9 Rectificarea prin rulare – procedee Niles & Reinecker [37]



[<http://www.hmcgears.com/gears/gear-grinding.php>]

Fig. 7.10 Rectificarea prin rulare – procedeuil Maag [37]

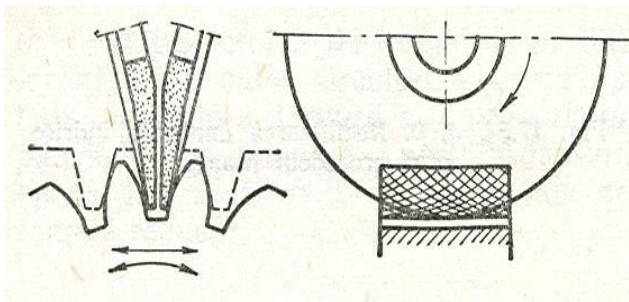


Fig. 7.11 Rectificarea prin rulare – procedeuil Pratt & Whitney [37]

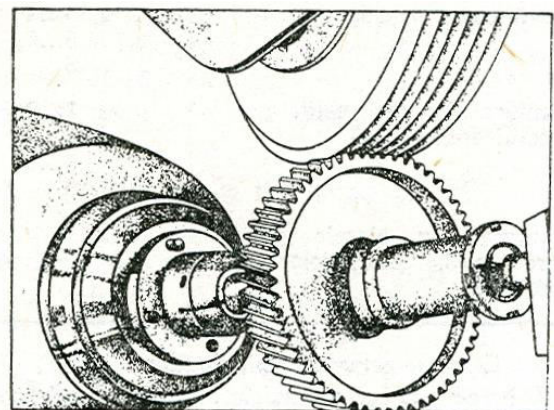


Fig. 7.12 Rectificarea prin rulare – procedeuil Reissshauer [49]



### 7.3 Scule pentru prelucrarea danturii

După cum s-a menționat anterior, sculele folosite pentru prelucrarea danturii roților dințate cilindrice sunt de tip freză disc-modul, freză deget-modul, freză melc-modul, cuțit de mortezat, șever, disc de rectificat etc.

Câteva exemple de astfel de scule sunt prezentate în fig. 7.13

Start > Products > CoroMill 170

## CoroMill 170

**freză disc pentru prelucrarea de degroșare a danturii**

Overview Assortment

**CoroMill 170 este o sculă pentru prelucrarea de înaltă performanță a danturii cu valoare a modulului cuprinsă între 12 – 22. Se folosește pentru prelucrarea danturii exterioare și interioare**

**Avantaje**

- productivitate ridicată
- prelucrare a profilului foarte aproape de dimensiunile finale
- asigură calitate bună a suprafeței

**Related information**

**Slewing ring**  
The slewing ring connects the tower to the nacelle making it rotate to utilise the direction and speed of the wind.  
[Read more](#)

**Gearbox ring gear**  
Turbine blades rotate at 10-30 revolutions per minute, but the speed entering the generator is one hundred times higher.

www.sandvik.coromant.com/en-gb/products/coromill\_176/Pages/default.aspx

## CoroMill 176

**freză melc modul**

Overview

**CoroMill 176 este o sculă inovativă pentru prelucrarea cu viteză mare a danturii cu valoare a modulului cuprinsă între 4 – 8. Plăcuțele ușor schimbabile permit reducerea ciclului de prelucrare, asigurând astfel productivitate înaltă a prelucrării.**

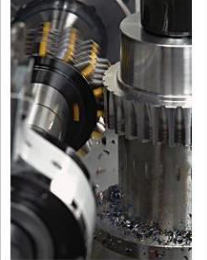
**Avantaje**

- cost redus al prelucrării
- viteze de aşchiere de valori mari
- durabilitate ridicată
- ușor de reglat în vederea prelucrării

**Caracteristici**

- conform DIN 3968, clasa de calitate este B
- număr mare al dinților care pot aşchia
- sistem de asigurare a plăcuțelor
- se utilizează pentru prelucrări ale danturilor utilizate în transmisii industriale, vehicule grele, sisteme eoliene etc.
- prelucrările pot fi de degroșare, semifinisare, finisare

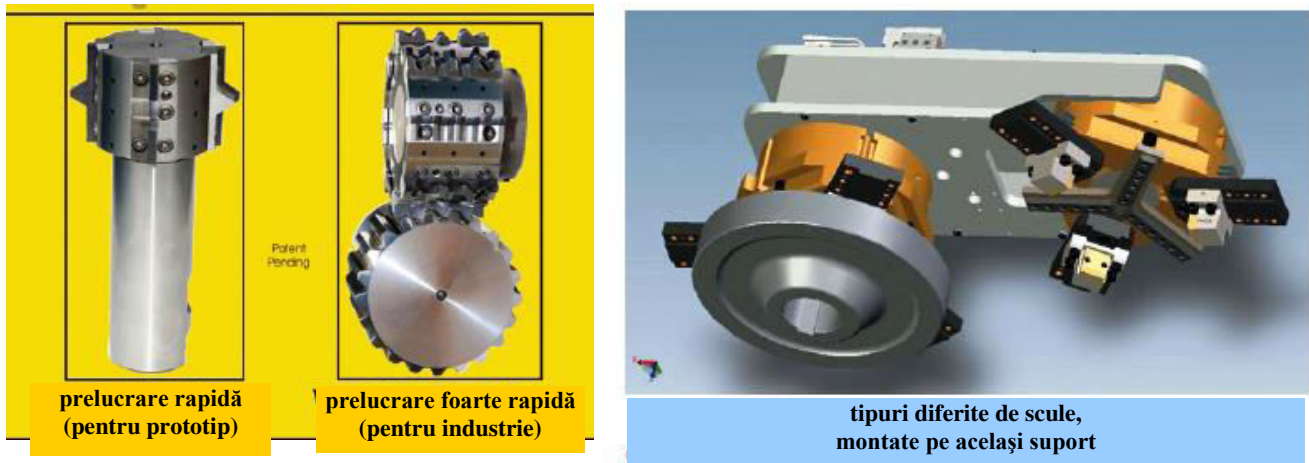
**Related information**

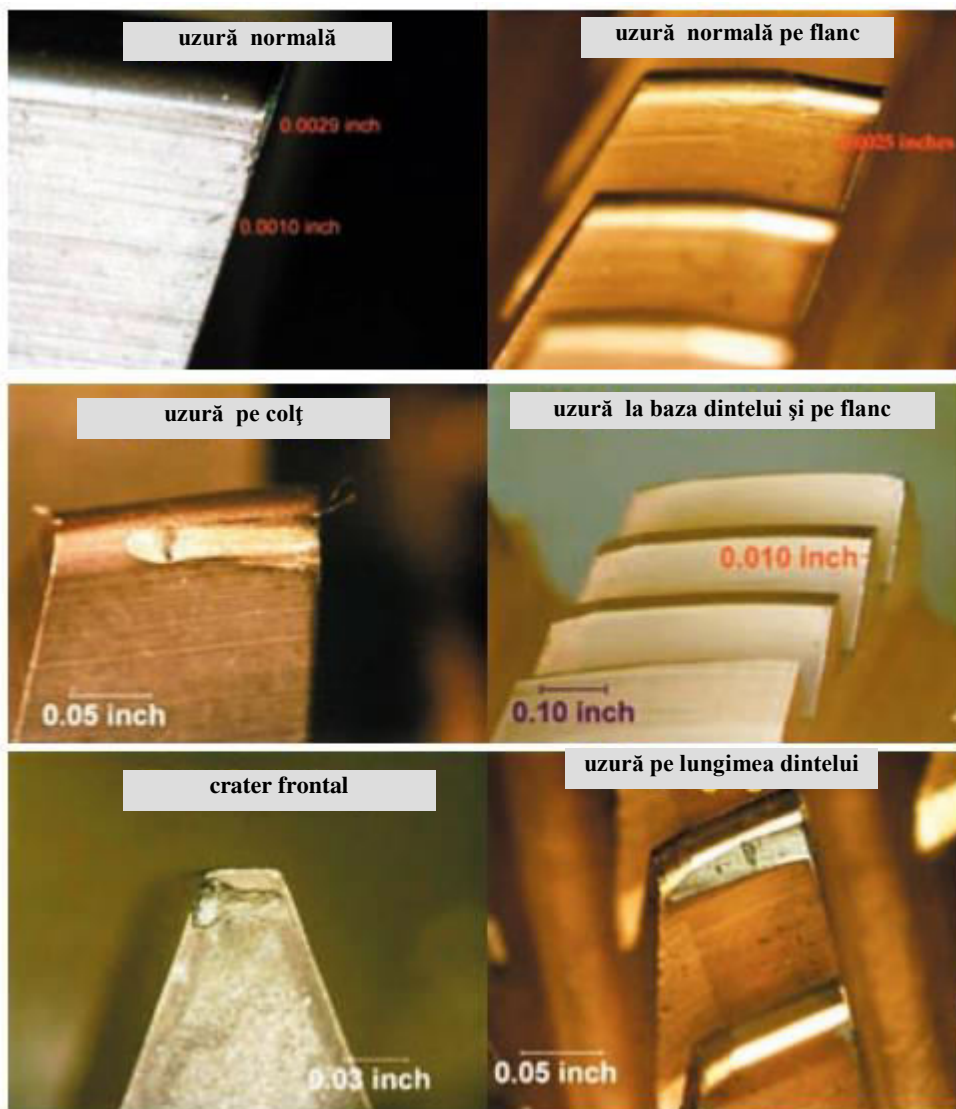
**iLock™**  
Intelligent locking method

[http://www.sandvik.coromant.com]

Fig. 7.13 Tipuri de scule pentru danturare



[<http://www.gearsolutions.com>]



tipuri de uzuri ale frezei melc modul [<http://www.geartechnology.com>]

Fig. 7.13 Tipuri de scule pentru danturare - continuare


### 7.4 Mașini de danturat cu CNC

Oferte ale firmelor specializate pentru mașini de danturat cu CNC sunt evidențiate în continuare – v. fig. 7.14



**MAAGCut – New Life for your MAAG Gear Shaper**


**Prelucrare prin așchiere a danturii**



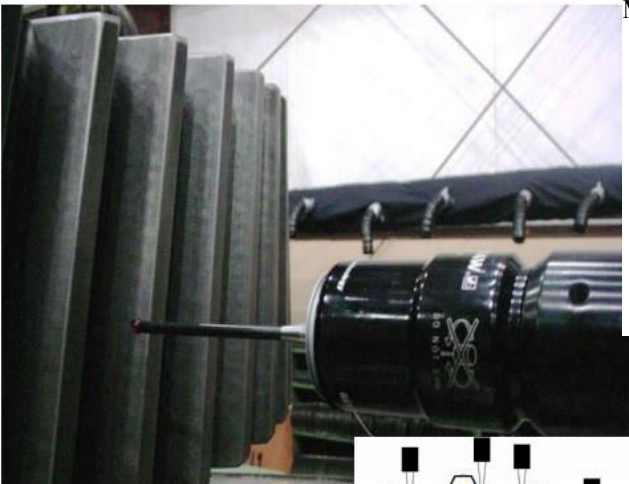


MAAG Gear Shaping Machine CNC Conversion

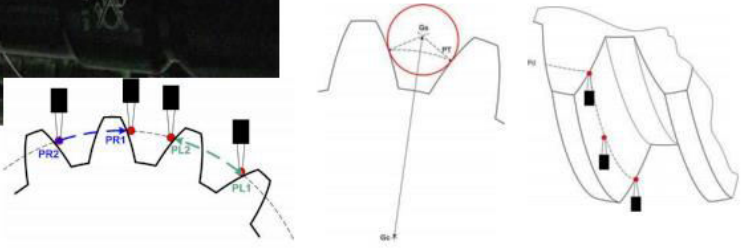
Motion Control Solutions  
Confidential



**MAAGCut - Gear Measuring -**



**Măsurarea 3D a danturii, pe mașină**



MAAG Gear Shaping Machine CNC Conversion

Motion Control Solutions

[<http://sales.cncdesign.com/machine-tools/maagcut-cnc-conversion-for-maag-gear-shaper>]

Fig. 7.14 Mașini de danturat cu CNC



**P 2400 G mașină de  
rectificat danturi**

- se prelucrează prin  
rectificare danturi exterioare,  
interioare, cilindrice sau  
elicoidale



**ZS(E) 600 mașină de  
șevăruit danturi**

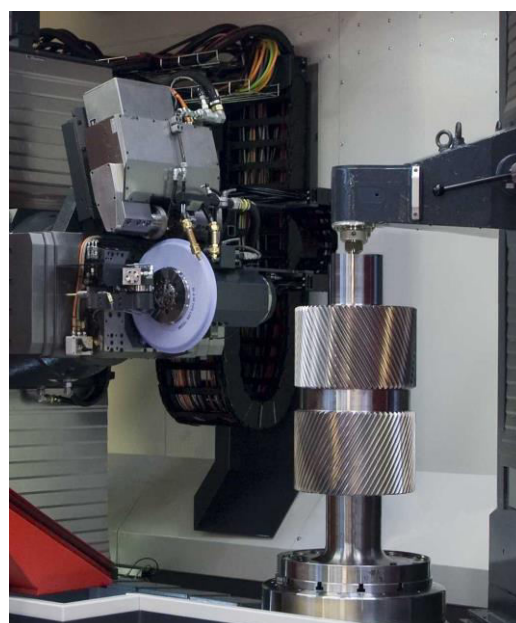
- se prelucrează fin danturi  
cilindrice și elicoidale
- stație opțională pentru țesire  
(șamfrenare) și debavurare

[<http://www.gleason.com/products/328/327/srs-410-cnc>]

Fig. 7.14 Mașini de danturat cu CNC - continuare

### 7.5 Prelucrări și piese prelucrate

Câteva exemple de prelucrare a danturilor și de piese cu suprafețe danturate sunt prezentate în figura 7.15.



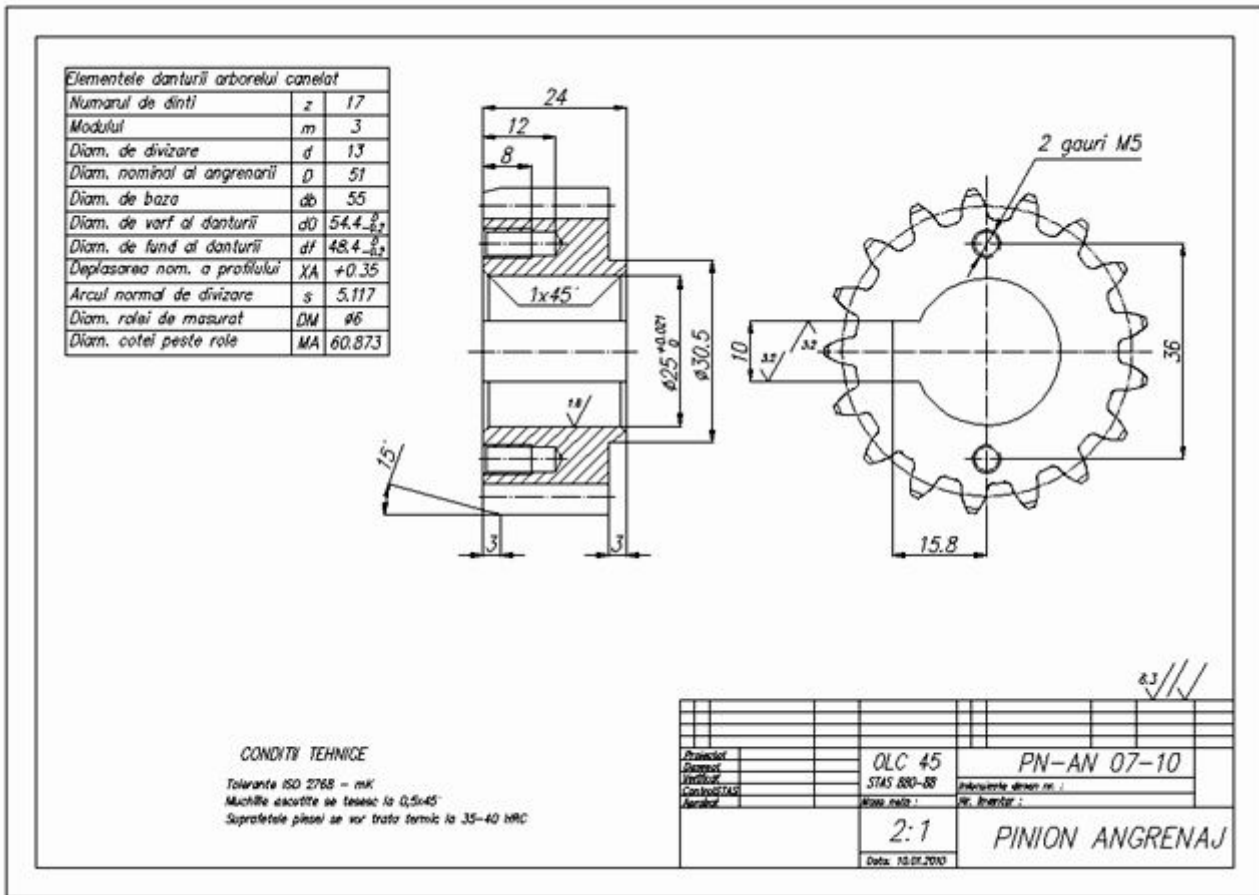
[<http://www.micronz.co.uk/products>]



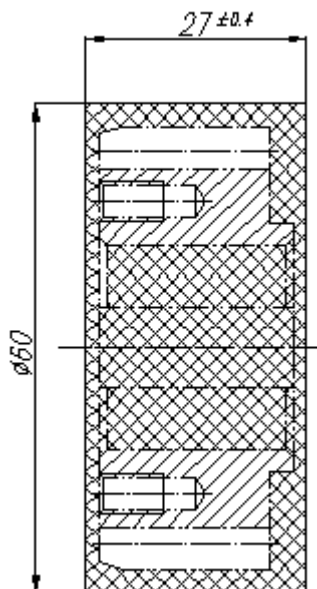
[<http://www.gear-tech.com/Dyn2.aspx>]

Fig. 7.15 Prelucrări și piese cu dantură – prelucrate pe mașini cu CNC

Tehnologia de fabricare a unei roți dintate cilindrice (v. fig. 7.16) este reprezentă, ca structură simplificată, în tabelul 7.1.



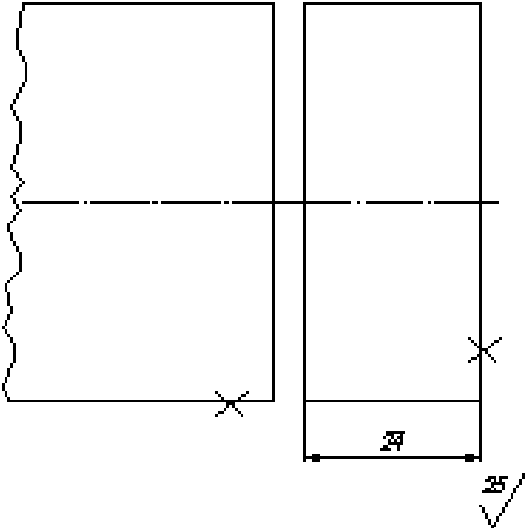
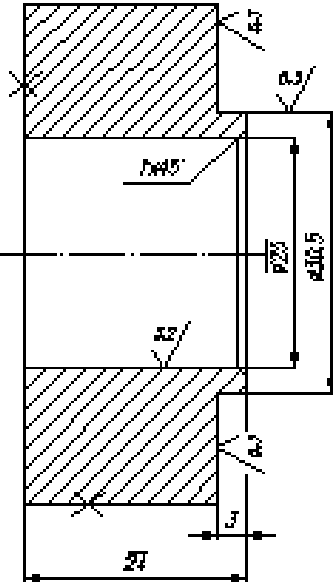
desen reper



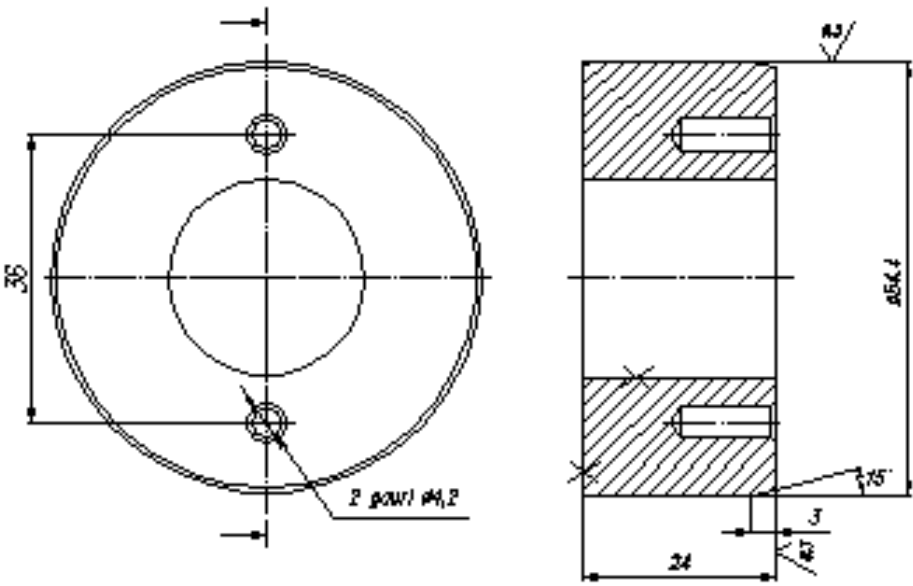
desen semifabricat  
debitat din bară laminată

Fig. 7.16 PINION ANGRENAJ

Tabel 7.1

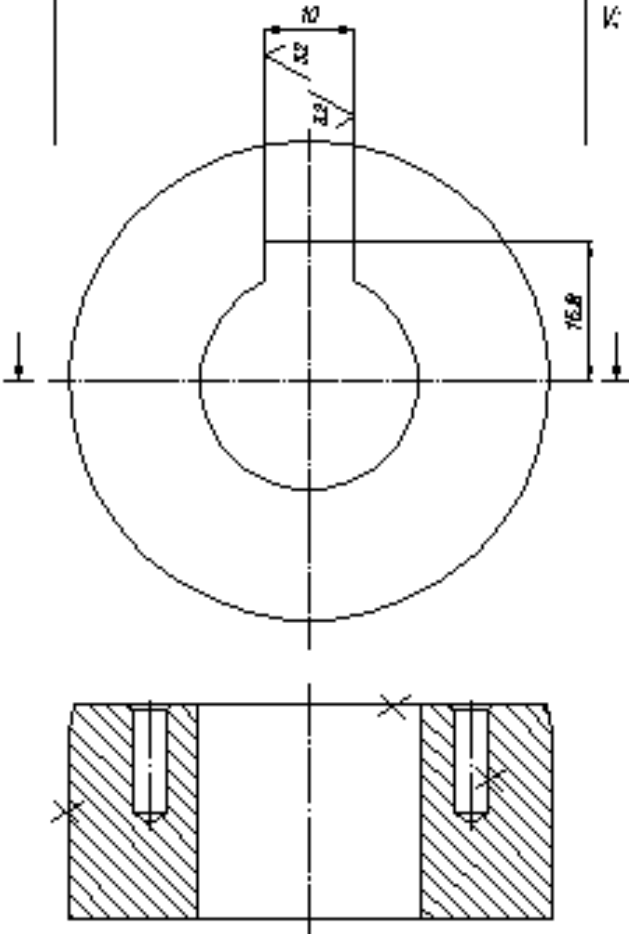
Nr. de ordine Denumirea operatiei	Schita simplificata a operatiei	Utilajul SDV-urile (ca tip)
08. Laminare		
10. Debitare		<p>MU: Ferastrau circular  SA: Panza ferastrau circular cu segmenti  D: tip dispozitiv special  V: subler</p>
20. Strunjire		<p>MU: strung CNC  SA: burghiu largitor  cutit interior  cutit frontal  D: special  V: subler</p>

Tabel 7.1 - continuare

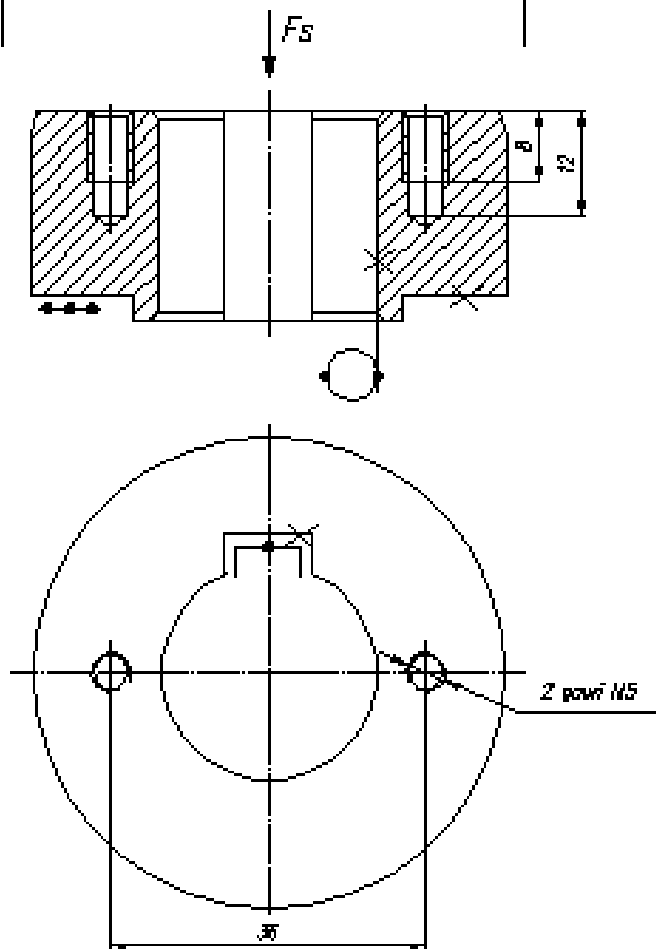
Nr. de ordine Denumirea operatiei	Schita simplificata a operatiei	Utajul SDV-urile (ca tip)
30. Strunjire		<p>MU: strung CNC 2 1/2 axe</p> <p>SA: burghiu odontaitor conic cutit exterior cutit frontal</p> <p>D: special</p> <p>V: subler</p>



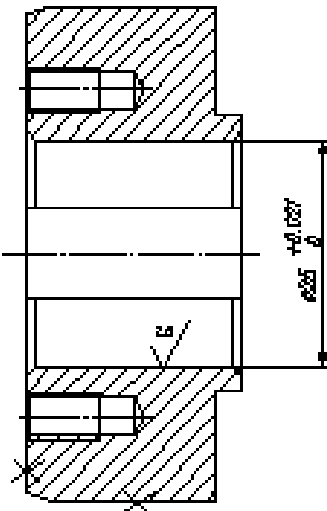
Tabel 7.1 - continuare

Nr. de ordine Denumirea operatiei	Schita simplificata a operatiei	Utilajul SDV-urile (ca tip)
35. <i>Inspectia intermediara</i>		
40. <i>Brasare canal</i>		<p> <i>MU: masina de brusat orizontala</i>  <i>SA: brosa canal</i>  <i>D: disp. brosat</i>  <i>V: subler</i> </p>

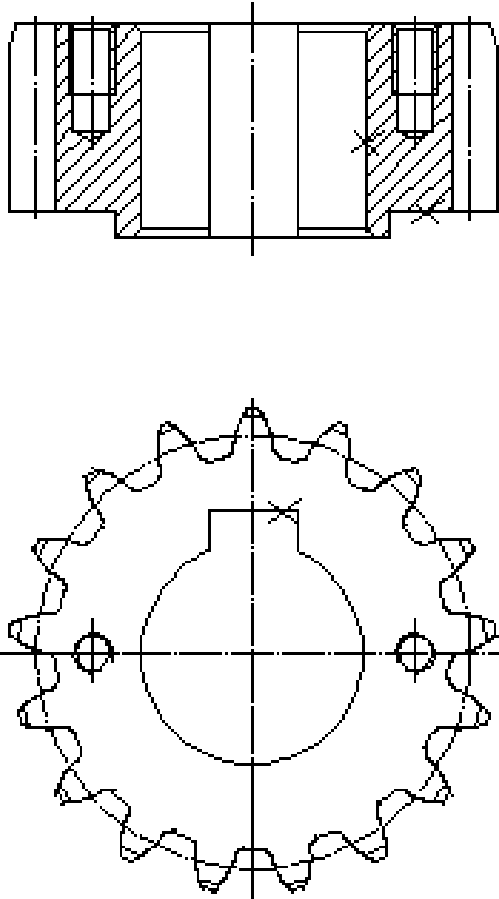
Tabel 7.1 - continuare

Nr. de ordine Denumirea operatiei	Schita simplificata a operatiei	Utilajul SDV-unite (ca tip)
50. Fletare		<p>Măr: mașina de fletat  SA: tarod  D: special  V: subțier  calbru T-NT M5</p>

Tabel 7.1 - continuare

Nr. de ordine Denumirea operatiei	Schita simplificata a operatiei	Utilajul SDV-uri (ca tip)
55. <i>Inspectia intermediara</i>		
50. <i>Tratament termic: Calire-revenire</i>		
70. <i>Rectificare interiera</i>		<p><i>MR: masina de rectificat rotund</i>  <i>SA: disc abraziv interior</i>  <i>D: universal</i>  <i>V: calbru potcoava micrometru</i></p>

Tabel 7.1 - continuare

<i>Nr. de ordine Denumirea operatiei</i>	<i>Schita simplificata a operatiei</i>	<i>Utilajul SDV-urile (ca tip)</i>
80. Danturare		<p><i>MA: masina de frazat roți dantate SA: fraza melc modul D: disp danturat V: subler pt. roți dantate</i></p>
90. Inspectie finala	<i>Inspectia finala se executa in conformitate cu desenul de executie al piesei</i>	
100. Conservare-depozitare		

## CAPITOL 8

**TEHNOLOGII DE FABRICARE PRIN DEFORMARE PLASTICĂ LA RECE****8.1 Principii fundamentale ale prelucrărilor prin deformare plastică la rece**

Prelucrarea prin deformare plastică la rece (PDPR) a materialelor metalice este metoda de prelucrare prin tăiere, deformare sau combinații ale acestora, fără îndepărtare de așchii și fără încălzirea prealabilă a materialelor.

*Sculele* se numesc **ștanțe**, atunci când realizează tăierea materialului și **matrițe**, atunci când realizează deformarea sau combinații de tăiere cu deformare a materialului.

*Materialele* fac parte din grupa materialelor plastico-vâscoase, având însușiri comune:

- atât materialelor plastice (suportă deformații permanente mari și opun la prelucrare rezistență care depinde de gradul de deformare, dar care este independentă de viteza și presiunea hidrostatică de deformare);

- cât și materialelor vâscoase (admit deformații permanente mari, dar rezistența pe care o opun deformării este independentă de gradul de deformare, dar dependentă de viteza și presiunea hidrostatică de deformare).

La prelucrările prin deformare la rece se folosesc diferite materiale metalice (oțeluri și aliaje neferoase) livrate sub formă de table, benzi, sârme și diferite profile laminate, după cum urmează:

- oțeluri de uz general pentru construcții (STAS 500/2-80), oțeluri carbon de calitate și oțeluri carbon superioare pentru construcția de mașini (STAS 880-80), oțeluri aliate pentru construcția de mașini (STAS 791-80), oțeluri pentru ambutisare (STAS 9485-80 și 10318-80),

- aliaje cupru-zinc (STAS 95-80), aliaje cupru-aluminiu (STAS 203-80), aliaje cupru-nichel-zinc (STAS 1096-83), aliaje de aluminiu (STAS 7608-80) etc.

Utilajul  $\Rightarrow$  presele (mecanice cu excentric sau hidraulice) și mașinile automate specializate (au grad de flexibilitate aproximativ ridicat, sunt ușor de adaptat pentru diferite prelucrări și tipodimensiuni ale pieselor) și speciale (au grad de flexibilitate redus și realizează o anumită prelucrarea la un anumit tip de piese).

Prelucrările prin deformare plastică la rece sunt caracterizate de anumite elemente specifice, câteva dintre acestea fiind:

- posibilitatea obținerii pieselor de forme diferite, a căror executare prin alte procedee tehnologice este neeconomică, dificilă sau chiar imposibilă;

- obținerea semifabricatelor și pieselor interschimbabile, cu precizie ridicată și ale căror suprafețe nu necesită, în majoritatea cazurilor, prelucrări ulterioare prin așchiere;

- masa redusă a pieselor executate prin deformare la rece, pentru aceeași rezistență și rigiditate pe care le pot avea piese similare obținute din semifabricate turnate, forjate sau laminate;

- consum redus de material, în special atunci când se utilizează croirea cu puține deșeuri sau croirea fără deșeuri;

- productivitate a muncii ridicată, datorită mecanizării și automatizării proceselor de lucru;

- sculele utilizate sunt, în general, complexe și se caracterizează prin durabilitate ridicată;

- costul redus al pieselor executate, rezultând reducerea considerabilă a volumului de muncă și a consumului de material.

Există *trei criterii de clasificare* a prelucrărilor prin deformare la rece, după cum urmează.

A. Precizia de execuție a pieselor

- procedee de precizie normală, prin care se obțin piese de precizie normală;

- procedee de precizie, prin care se realizează o precizie ridicată dimensională, de formă sau de poziție a suprafețelor

## B. Felul deformării materialului prelucrat – v. fig. 8.1

- procedee de tăiere (ștanțare), la care prelucrarea se realizează prin tăierea (detașarea) materialului, se execută pe ștanțe;
- procedee de deformare (matrițare), la care prelucrarea se realizează prin deformarea plastică a materialului, se execută pe matrițe;
- procedee de asamblare, au la bază prelucrări atât prin tăiere, cât și prin deformare plastică.




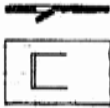
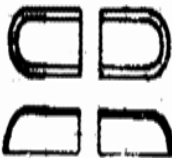
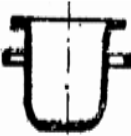
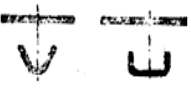
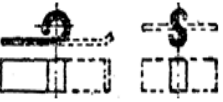



Subgrupa de procedee	Procedee		
	Denumire	Schiță	Definire
1	2	3	4
1. Ștanțare (tăiere)	Retezare		Separarea completă a materialului din semifabricat, după un contur deschis
	Decupare		Separarea completă a materialului din semifabricat, după un contur închis
	Perforare		Separarea completă a unei părți de material din interiorul piesei, după un contur închis
	Crestare		Separarea parțială a materialului după un contur deschis, fără înlăturarea părții ce a fost separată
	Secționare		Divizarea semifabricatelor plate, îndoite sau cave, în două sau câteva piese separate
	Tăierea marginilor		Separarea marginii neuniforme sau a surplusului de material de la exteriorul pieselor ambutisate sau presate
	Alte procedee ca: debavurare, decupare, prin străpungerea materialului	-	-

Fig. 8.1 Procedee de prelucrare prin deformare la rece [56]

1	2	3	4
2. Îndoire	Îndoire		Transformarea, prin încovoiere, a unui semifabricat plan într-o piesă îndoită sau continuarea modificării formei ei
	Roluire		Transformarea marginii plane a semifabricatului plan într-o porțiune rotunjită lin, după o anumită rază
	Răsucire		Transformarea unui semifabricat plan într-o piesă curbată, prin răsucirea unei părți față de cealaltă
3. Ambutisare	Ambutisare obișnuită		Transformarea unui semifabricat plan într-o piesă cavă de orice formă, fără modificarea condiționată a grosimii materialului
	Ambutisare cu subțierea grosimii materialului		Executarea pieselor cave cu pereți subțiri din semifabricate cave cu pereți groși






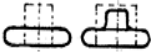

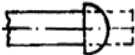



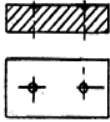
1	2	3	4
4. Fasonare (formarea profilelor)	Reliefare		Modificarea formei unui semifabricat, cu formare de ridicături sau adâncituri, prin deformarea locală a materialului
	Răsfrângerea marginilor găurilor		Formarea gulerelor puțin înalte în jurul găurilor executate în prealabil în semifabricate plane sau la fundul pieselor cave
	Bordurare		Formarea unui guler inelar la marginea pieselor cave prin îndoirea curbilinie a flânșei după o rază anumită
	Umflare		Lărgirea (mărirea secțiunii transversale) locală a semifabricatelor cave sau tubulare, prin apăsarea materialului dinspre interior în direcție radială
	Gâtuire		Îngustarea (micșorarea secțiunii transversale) locală a semifabricatelor cave sau tubulare, prin apăsarea materialului dinspre exterior în direcție radială
	Alte procedee ca: răsfrângerea conturului exterior, planare		-

Fig. 8.1 Procedee de prelucrare prin deformare la rece [56] - continuare

1	2	3	4
5. Presare voluntică	Lățire		Executarea pieselor masive, prin micșorarea înălțimii semifabricatului și redistribuirea liberă a materialului în direcție laterală
	Formare în matriță		Executarea pieselor masive printr-o redistribuire în volum a materialului până la umplerea cavității matriței
	Refulare		Formarea îngroșărilor locale, cu forma necesară, la piese masive, prin redistribuirea și deplasarea volumului de material
	Calibrare prin presare		Executarea dimensiunilor cu o precizie ridicată și a unor suprafețe netede la piesele masive, prin presarea semifabricatului
	Extrudare		Obținerea pieselor pline sau cave prin curgerea plastică a materialului prin orificiul plăcii active sau a jocului dintre poanson și placa activă
	Marcare (imprimare)		Formarea unei imagini puțin adânci sau a unui semn pe suprafața pieselor, prin dislocarea locală a materialului
	Punctare		Imprimarea unor puncte de centrare prin apăsarea cu punctatorul și dislocarea locală a materialului

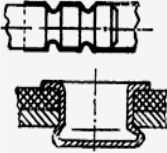


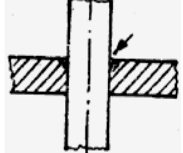
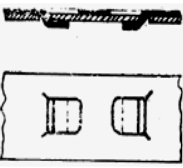
1	2	3	4
6. Asamblare prin presare	Îmbinare prin bordurare sau alte deformări ale pieselor cave sau tubulare		Îmbinarea a două sau mai multe piese prin bordurarea sau gătuirea pieselor cave sau tubulare, sau umflarea piesei interioare cave
	Îmbinare prin fâlțuire		Îmbinarea a două foi de tablă sau piese din tablă prin îndoirea marginilor
	Îmbinare prin extrudare și nituire		Îmbinarea tablelor cu nituri formate prin extrudarea la rece a materialului piesei cu care se îmbină
	Îmbinare prin sertizare		Îmbinarea a două piese prin strângerea materialului uneia din piese în jurul celeilalte, pentru a obține o asamblare fixă
	Îmbinare prin îndoirea materialului rezultat prin crestare		Îmbinarea a două piese prin îndoirea materialului rezultat din crestarea uneia din piese și care este introdus prin găurile (fantele) din cealaltă piesă

Fig. 8.1 Procedee de prelucrare prin deformare la rece [56] - continuare



## C. Modul de asociere a prelucrărilor în operații – v. fig. 8.2

- simple, cu o ștanță sau matriță se execută o singură prelucrare, printr-un anumit procedeu;

- combinate, cu o ștanță sau matriță se execută mai multe prelucrări, printr-unul sau mai multe procedee.

Acestea pot fi: simultane, succesiv, simultan-sucesive

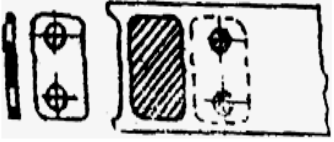

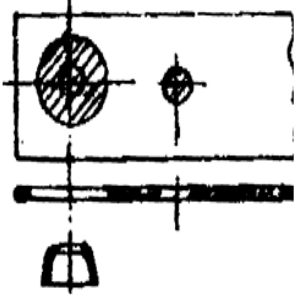
Tipul combinării	Tipul piesei	Procedul	Schema procesului de lucru
Sucesivă	Plată	Decupare - perforare	
Simultană	Cavă	Decupare – ambutisare - perforare	
Sucesiv-simultană	Cavă	Perforare – decupare - ambutisare	

Fig. 8.2 Asocierea prelucrărilor în operații [56]

## 8.2 Prelucrări de tip tăiere (v. Anexa 3)

### 8.2.1 Analiza procesului de tăiere

Tăierea constituie o grupă de procedee de deformare plastică la rece prin care piesele se obțin ca urmare a separării parțiale sau totale a materialului, după un contur închis sau deschis.

În funcție de utilajul folosit, există două subgrupe de procedee și anume: tăierea la foarfece și tăierea cu ștanțe (ștanțarea).

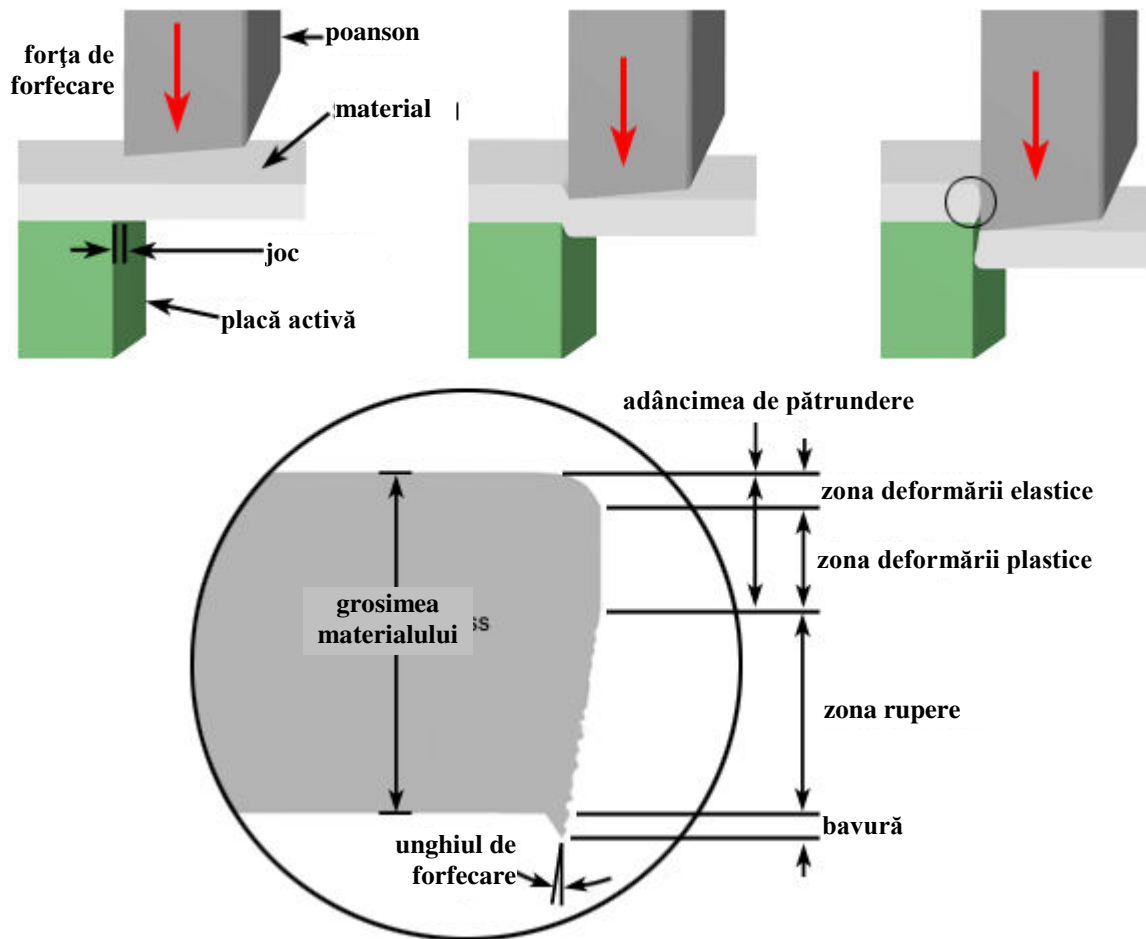
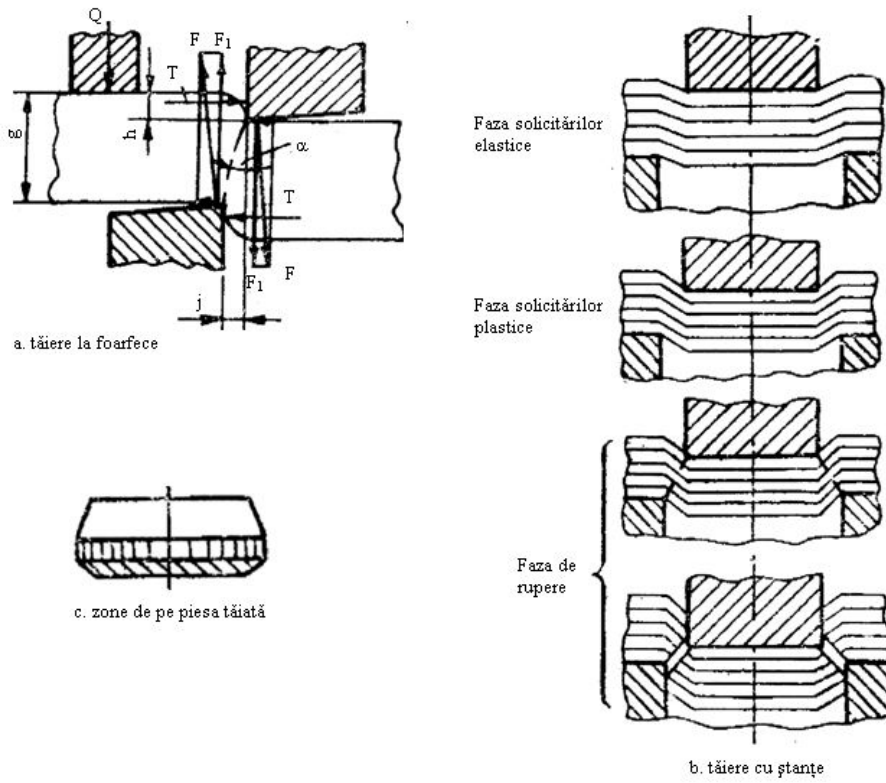
*Tăierea la foarfece* constituie, în general, operație pregătitoare (tăierea tablelor în fâșii sau a semifabricatelor de diferite forme și dimensiuni), iar *tăierea cu ștanțe* se execută atât pentru obținerea pieselor finite, cât și a semifabricatelor pentru operații ulterioare de deformare (îndoire, ambutisare, fasonare).

Fazele procesului de tăiere sunt următoarele: – v. Fig. 8.3

- faza de solicitare în stare elastică - în secțiunea rezultată după tăiere această zonă are aspect lucios;

- faza de solicitare în stare plastică - în secțiunea rezultată după tăiere materialul are aspect neted;

- faza de rupere (de forfecare) - în secțiunea rezultată după tăiere are aspect rugos.



[<http://www.custompartnet.com>]

Fig. 2 Schema procesului de tăiere

Jocul dintre tășuri care determină existența pe aceeași direcție a fisurilor create de cele două tășuri ale sculei, adică întâlnirea lor în același plan înclinat cu unghiul  $\alpha$  față de direcția de deplasare a muchiei tăietoare mobile este redat de relația:

$$j_{opt} = (g - h) \cdot \operatorname{tg} \alpha \quad [\text{mm}] \quad (8.1)$$

unde:  $g$  este grosimea materialului [mm];

$h$  – porțiunea din grosimea materialului de la care încep să apară fisuri  $[(0,1 \dots 0,4)g]$ ;

$\alpha$  - unghiul de înclinare a direcției de propagare a fisurilor ( $6^\circ \dots 8^\circ$ ).

### 8.2.2 Forța totală de tăiere

A. Forța la tăierea cu elemente active cu muchii paralele – v. fig. 8.3

Se consideră că procesul separării materialului are loc în condițiile unei forfecări pure și începe după ce muchia mobilă a pătruns în material pe o anumită adâncime,  $h$ .

$$F = k \cdot l \cdot g \cdot \tau \quad [\text{N}] \quad \text{sau} \quad F = l \cdot g \cdot R_m \quad [\text{N}] \quad (8.2)$$

unde:  $k$  este un coeficient care ține seama de starea de uzură a muchiilor tăietoare, de variația grosimii materialului, de neuniformitatea jocului dintre elementele active etc. ( $k = 1,20 \dots 1,30$ ).

$l$  – lungimea conturului tăiat [mm]

$\tau$  - rezistența la forfecare a materialului [ $\text{N}/\text{mm}^2$ ];

$R_m$  - rezistența la rupere a materialului [ $\text{N}/\text{mm}^2$ ].

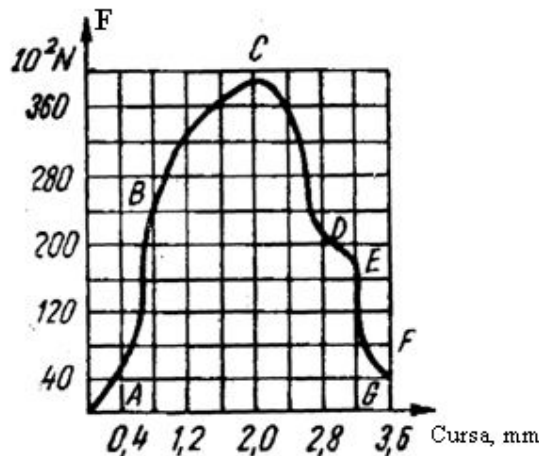


Fig. 8.3 Diagrama forței de tăiere – cursă culisou [56]

Forța totală de tăiere,  $F_t$ , necesară alegerii presei este:

$$F_t = F + F_{imp} + F_{ex} + F_{div} \quad [\text{N}] \quad (8.3)$$

unde:  $F$  reprezintă forța de tăiere;

$F_{imp}$  – forța necesară împingerii materialului tăiat prin orificiul PA;

$$F_{imp} = n \cdot k_{imp} \cdot F \quad [\text{N}] \quad (8.4)$$

$n$  - numărul de piese care se află în orificiul plăcii de tăiere

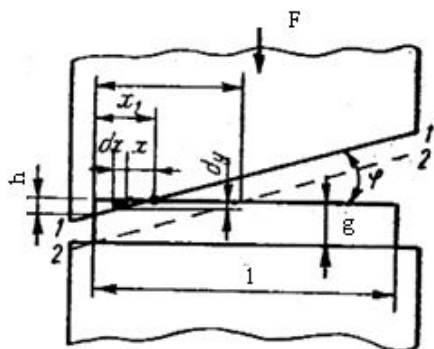
$k_{imp}$  – coeficientul forței de împingere

$F_{ex}$  – forța pentru extragerea materialului de pe poanson;

$$F_{ex} = k_{ex} \cdot F \quad [\text{N}] \quad (8.5)$$

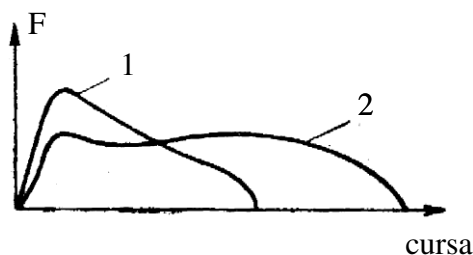
$k_{ex}$  – coeficientul forței de extragere

B. Forța la tăierea cu elemente active cu muchii înclinate – foarfece ghilotină v. fig. 8.4 și fig. 8.5



$$F = \frac{g^2 \cdot \tau}{2 \cdot \operatorname{tg} \varphi} \text{ [N]}$$

Fig. 8.4 Schema tăierii la foarfecă ghilotină [56]



1 - foarfecă cu cuțite cu tășuri paralele;  
2 - foarfecă cu cuțite cu tășuri înclinate

Fig. 8.5 Diagramele forței de tăiere [56]

### 8.2.3 Croirea semifabricatelor

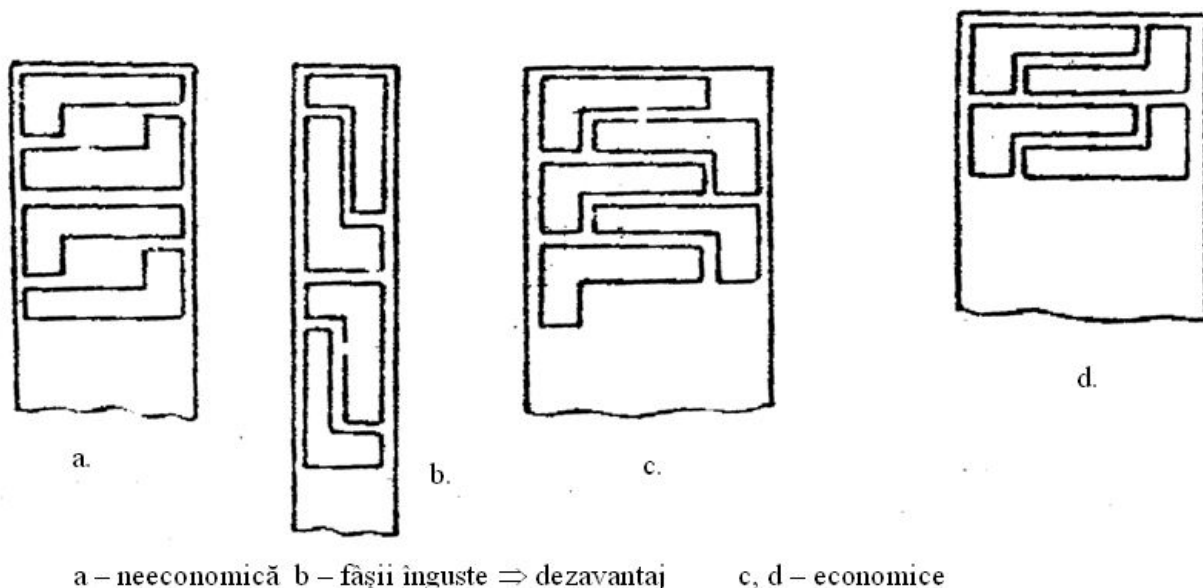
*Croirea* reprezintă amplasarea pe suprafața semifabricatului a pieselor ce se ștanțează

Se concretizează prin întocmirea schemelor de croire, astfel încât să se asigure economicitatea fabricării piesei și consum redus de material.

A Croirea tablelor – se face atât pentru obținerea semifabricatelor individuale, cât și a fâșiilor – v. fig. 8.6.

Pentru a obține o economie cât mai mare de material trebuie ca:

- la obținerea semifabricatelor de dimensiuni mari, în producția de serie, să se folosească croirea combinată a pieselor;
- tăierea benzilor utilizate la ștanțarea pieselor mici să se execute în lungul tablei, deoarece din fiecare bandă se obțin mai multe piese, reducându-se pierderile la capetele benzii;
- să se folosească benzile late, cu dispunerea lungimii piesei pe direcția lățimii benzii, reducându-se astfel numărul de tăieri al foii de tablă, deșeurile la capetele benzii;
- în producția de serie mare și masă se pot folosi table nestandardizate, dacă se reduc astfel consumul de material și costul piesei.



a – neeconomică b – fâșii înguste ⇒ dezavantaj c, d – economice

Fig. 8.6 Croirea fâșiilor tăiate din tablă [56]

B. Croirea benzilor – se clasifică în funcție de următoarele aspecte – v. fig. 8.7

- consumul de material (cantitatea deșeurilor tehnologice), fiind.
  - croire cu deșeuri – se prevăd punți laterale și intermediare între piesele dispuse pe bandă;
  - croire cu puține deșeuri – nu există fie punți laterale, fie punți intermediare;
  - croire fără deșeuri – nu există punți laterale și intermediare.
- modul de dispunere a pieselor pe bandă – croirea poate fi: dreaptă, înclinată, față în față, pe mai multe rânduri, combinată.

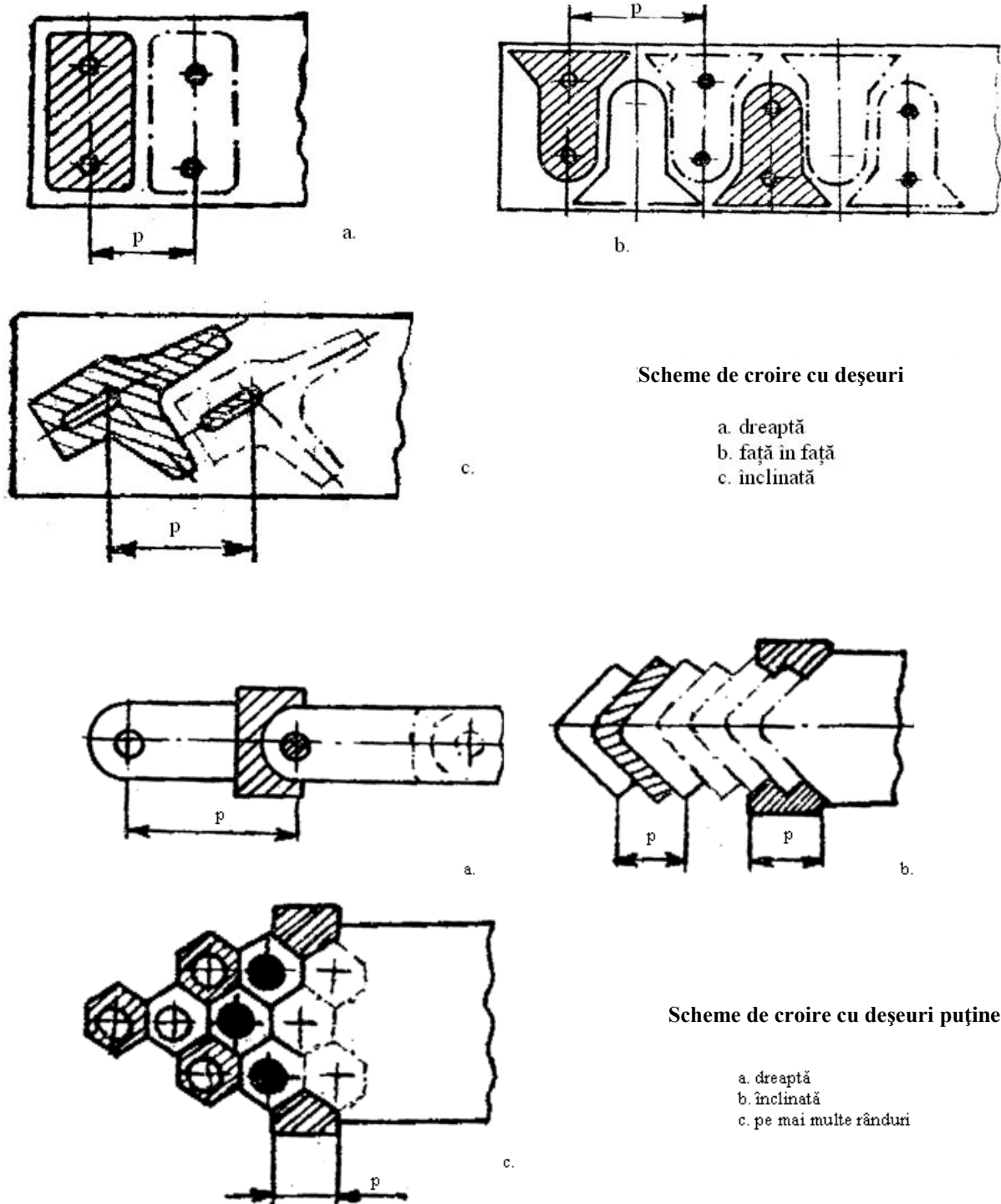
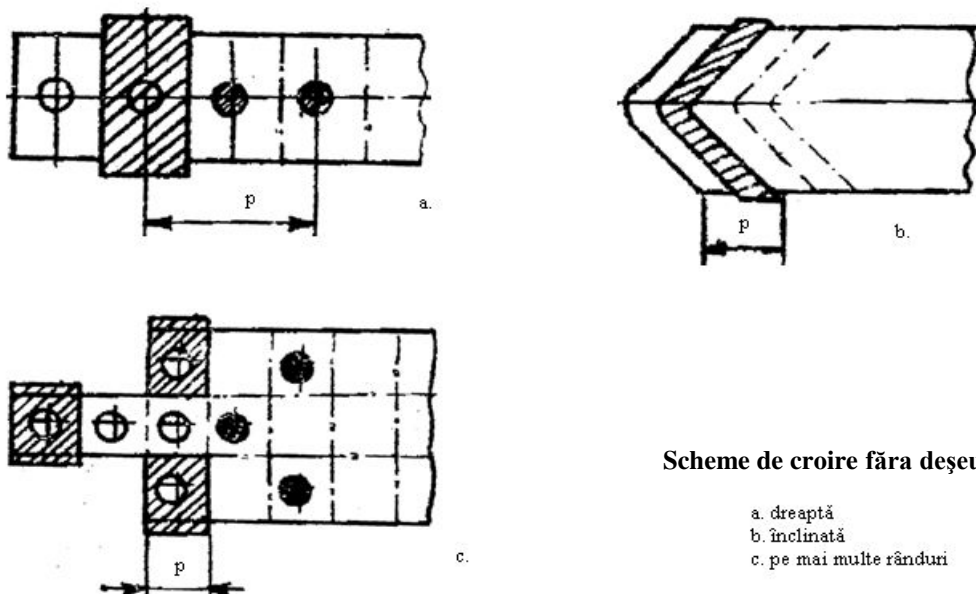


Fig. 8.7 Scheme de croire a benzilor [56]



Scheme de croire fără deșeuri

- a. dreaptă  
b. înclinată  
c. pe mai multe rânduri

Fig. 8.7 Scheme de croire a benzilor [56] - continuare

Eficiența economică sub aspectul consumului de material, se determină prin coeficientul de utilizare a materialului, și anume:

- pentru table:

$$K_{mt} = \frac{A \cdot m}{L \cdot l} 100[\%] \quad (8.6)$$

unde:  $A$  este suprafața efectivă a piesei, exclusiv găurile, sau suprafața fâșiei [ $\text{mm}^2$ ];  
 $m$  – numărul de piese sau de fâșii obținute dintr-o tablă;  
 $L$  – lungimea tablei [ $\text{mm}$ ];  $l$  – lățimea tablei [ $\text{mm}$ ]

- pentru benzi:

$$K_{mb} = \frac{A \cdot n}{L \cdot B} 100[\%] \quad \text{sau} \quad K_{mb} = \frac{A \cdot n_0}{B \cdot p} 100[\%] \quad (8.7)$$

unde:  $n$  reprezintă numărul efectiv de piese rezultate din bandă;  
 $L$  – lungimea benzii [ $\text{mm}$ ];  $l$  – lățimea benzii [ $\text{mm}$ ].  
 $n_0$  este numărul de piese tăiate din bandă la o cursă dublă a preseii;  
 $p$  – pasul benzii [ $\text{mm}$ ]

Analiza economică a diferitelor scheme de croire se face prin calculul coeficientului de croire:

$$\text{- pentru table: } K_{mt} = \frac{A_0 \cdot m}{L \cdot l} 100[\%] \quad (8.8)$$

$$\text{- pentru benzi: } K_{cb} = \frac{A_0 \cdot n_0}{B \cdot p} 100[\%] \quad (8.9)$$

unde:  $A_0$  este suprafața piesei delimitată de conturul său exterior [ $\text{mm}^2$ ].

#### 8.2.4 Ștanțe

Sculele folosite la prelucrările de tip tăiere se numesc ștanțe, și se clasifică după mai multe criterii, conform celor ce urmează.

## A. Criteriul tehnologic

În funcție de procedeul de prelucrare, pot fi: ștanțe de decupat, de perforat, de rețezat, de crestă, de tăiere a marginilor, iar după de modul de asociere a prelucrărilor pe care le execută, pot fi: simple, combinate (cu acțiune simultană, succesivă sau succesiv simultană).

## B. Criteriul constructiv

Pot fi fără elemente de ghidare, cu elemente de ghidare (cu placă de ghidare, cu coloane de ghidare)

## C. Criteriul de exploatare

În funcție de modul de realizare a avansului benzii, pot fi: cu avans manual sau cu avans automat.

În funcție de modul de evacuare a pieselor, pot fi: cu căderea piesei prin orificiile plăcii de bază, cu introducerea piesei înapoi în bandă și evacuarea la avansarea benzii, cu evacuare manuală sau automată;

În funcție de modul de îndepărtare a deșeurilor, pot fi: cu îndepărtarea deșeurilor sub formă de rest de bandă, cu evacuarea deșeurilor prin orificiile plăcii active, cu îndepărtarea automată a deșeurilor.

Exemple de ștanțe se prezintă în continuare – v. fig. 8.8 și fig. 8.9

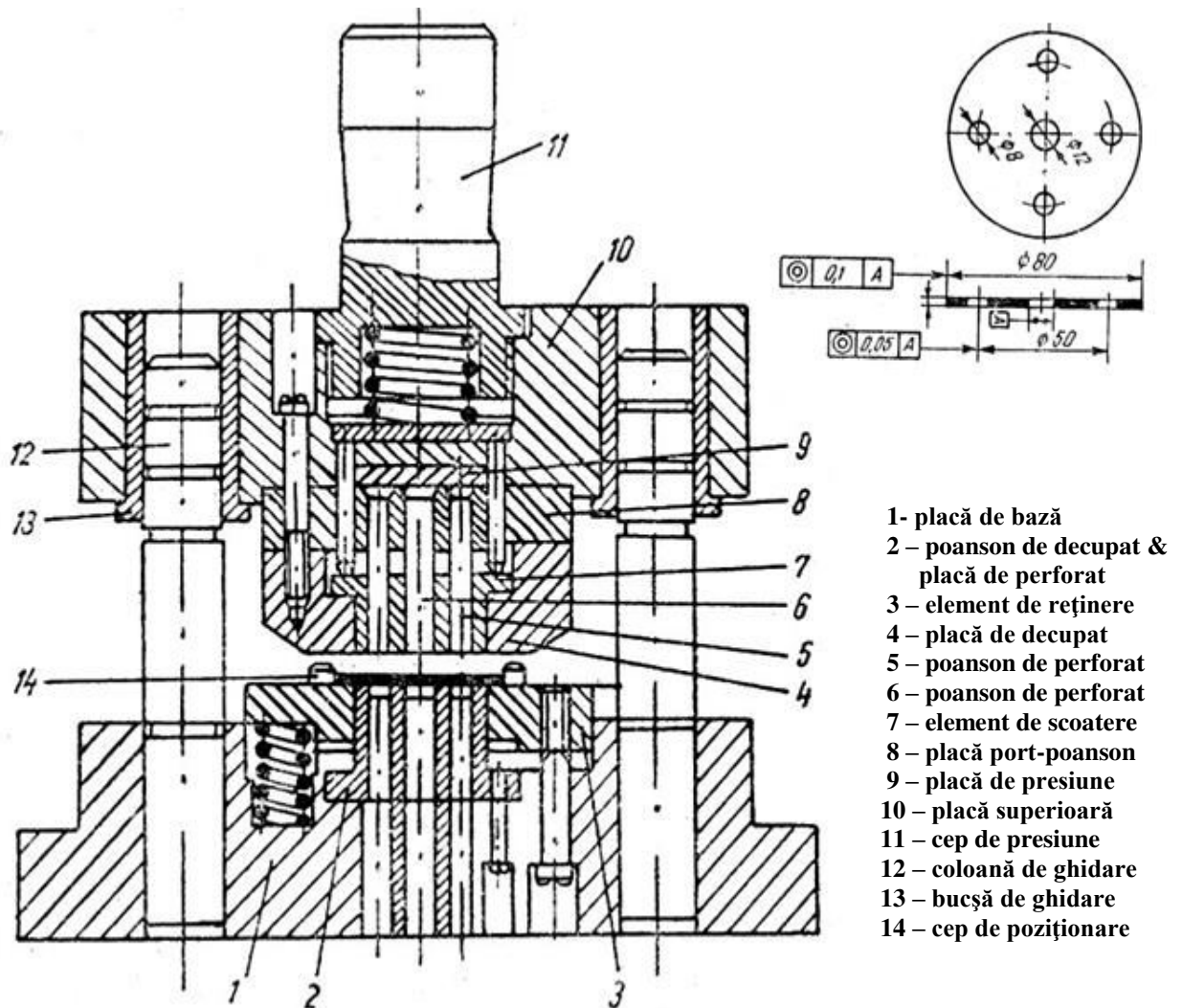


Fig. 8.8 Ștanță combinată cu acțiune simultană de decupat și perforat [56]

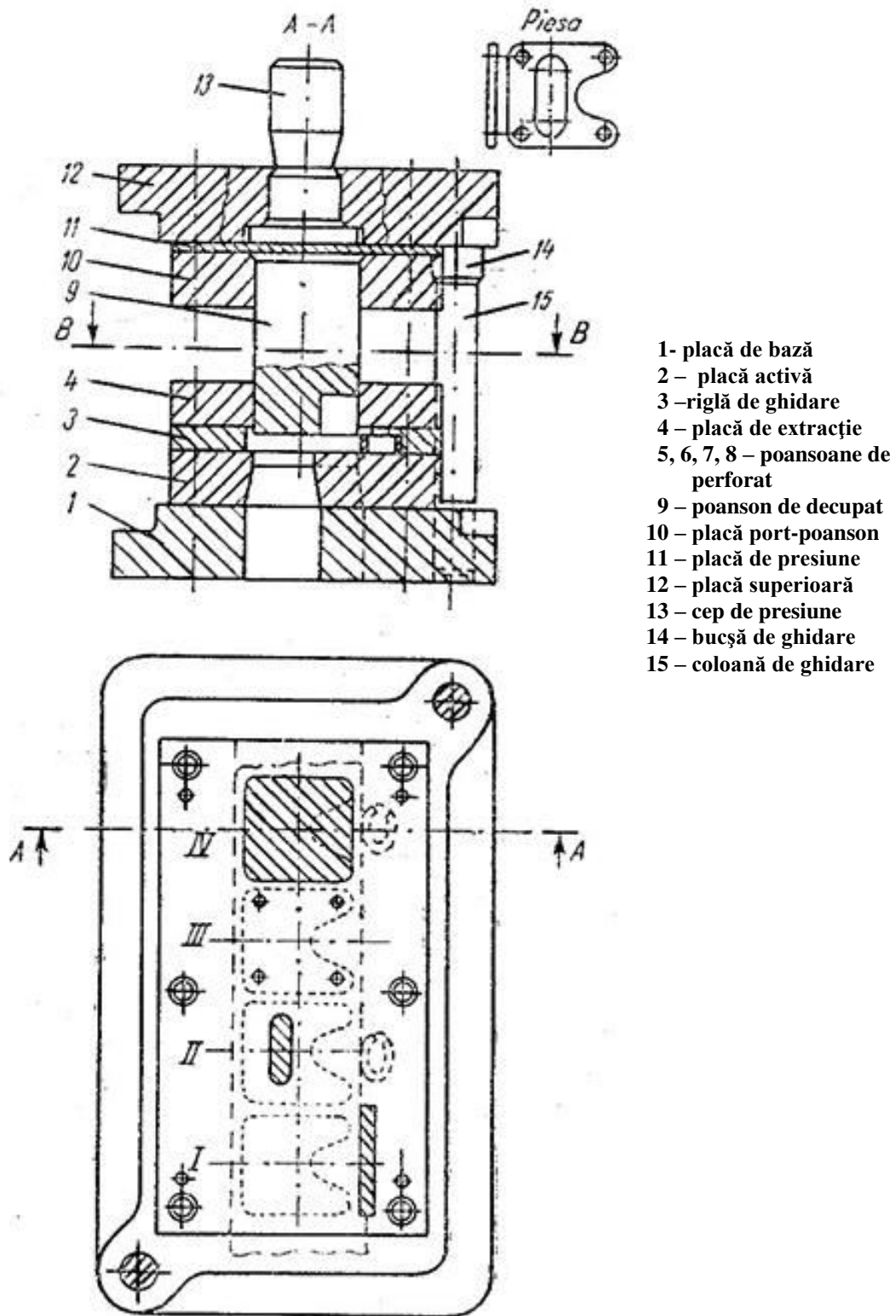


Fig. 8.9 Ștanță combinată cu acțiune succesivă de decupat și perforat [56]



### 8.3 Prelucrări de tip îndoire

#### 8.3.1 Analiza procesului de îndoire

Îndoirea este procedeul de modificare a formei unui semifabricat prin încovoiere în jurul unei muchii rectilinii.

Sub acțiunea forțelor de deformare, straturile de metal din interiorul unghiului de îndoire se comprimă - în direcție longitudinală și, se întind - în direcție transversală. Straturile exterioare se întind - în direcție longitudinală și, se comprimă - în direcție transversală.

Între straturile care s-au comprimat și cele care s-au întins longitudinal (lungit) se află **stratul neutru** - a cărui lungime nu se modifică (înainte și după îndoire) - v. fig. 8.10.

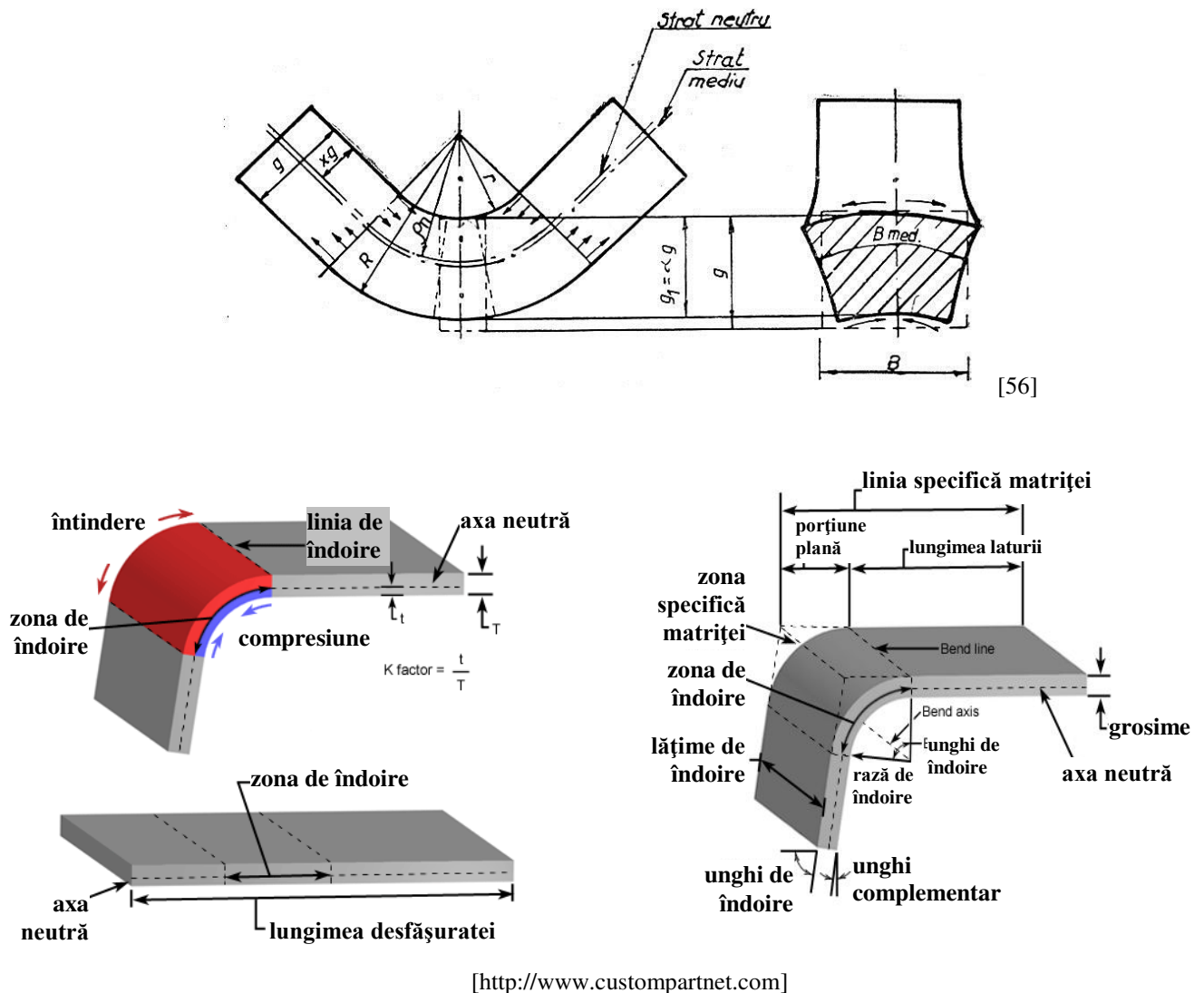


Fig. 8.10 Schema deformării materialului la îndoire

Pentru *piese cu secțiune dreptunghiulară*, la determinarea razei stratului neutru, se folosește relația :

$$\rho_n = r + x \cdot g \quad (8.10)$$

unde:  $x$  este un coeficient care stabilește poziția stratului neutru față de stratul interior de

îndoire; valorile sunt date în literatura de specialitate, în funcție de  $\frac{r}{g}$

$r$  - raza de îndoire [mm]

$g$  - grosimea materialului [mm]

La *îndoirea barelor rotunde*, de diametru  $d$ , în jurul unui dorn de rază  $r$ , dacă  $r \geq 1,5 \cdot d$ , atunci secțiunea transversală rămâne, practic, rotundă.

Dacă  $r < 1,5 \cdot d$ , atunci raza stratului neutru se determină cu relația :

$$\rho_n = r + x \cdot d \quad (8.11)$$

unde:  $x$  este un coeficient care stabilește poziția stratului neutru față de stratul interior de îndoire; valorile sunt date în literatura de specialitate, fiind mai mari de 0,5.

### 8.3.2 Forța de îndoire

Forța de îndoire se determină atât pe cale analitică, cât și pe cale experimentală.

Pe cale analitică, relația de calcul a forței de îndoire se stabilește din condiția ca momentul forțelor exterioare care acționează asupra semifabricatului să fie egal cu momentul încovoietor necesar deformării plastice a materialului (momentul forțelor de rezistență a materialului) – v. fig. 8.11.

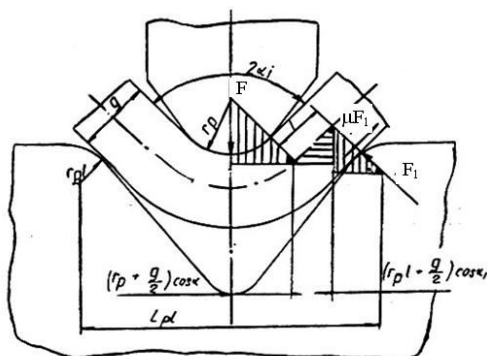


Fig. 8.11 Schema determinării forței de îndoire [56]

Relația de calcul a forței de îndoire este:

$$F = b \cdot g^2 \cdot R_p \cdot \frac{(\sin \alpha_i + \mu \cdot \cos \alpha_i) \cdot \sin \alpha_i}{L_{pl} - 2 \cdot (r_{pl} + r_p + g) \cdot \cos \alpha_i} \quad [\text{N}] \quad (8.12)$$

unde:  $b$  este lățimea semifabricatului [mm];

$R_p$  – rezistența la curgere a materialului [N/mm<sup>2</sup>]

$\alpha$  - unghiul de îndoire [°]

Rezultă astfel faptul că forța este variabilă în timpul procesului de îndoire ( $\alpha_i$  este variabil, de la 0°, la  $\alpha^\circ$ ), având valoarea maximă spre sfârșitul procesului ( $\alpha_i = \alpha$ ).

De regulă se utilizează relația de calcul a forței de îndoire :

$$F = Q \cdot b \cdot g \cdot R_m \quad [\text{N}] \quad (8.13)$$

unde:  $Q$  este un coeficient care depinde de natura materialului, și de un parametru  $\eta$ ;

$\eta$  - parametru ce caracterizează elementele constructive ale matriței și piesei

Relații de calcul ale forței de îndoire, frecvent utilizate în practică sunt :

- îndoire în U, fără calibrare :  $F = \frac{b}{l} \cdot g^2 \cdot (R_m)^n \quad [\text{N}]$

- îndoire în U, cu calibrare :  $F = 2,5 \cdot k \cdot b \cdot g \cdot R_m \quad [\text{N}]$

- îndoire în V, cu calibrare :  $F = p \cdot A \quad [\text{N}]$

unde:  $k$  este coeficient ale cărui valori sunt în funcție de natura materialului;

$n$  – coeficient cu valori în intervalul (1,6 ÷ 1,8);

$p$  – presiunea de calibrare;

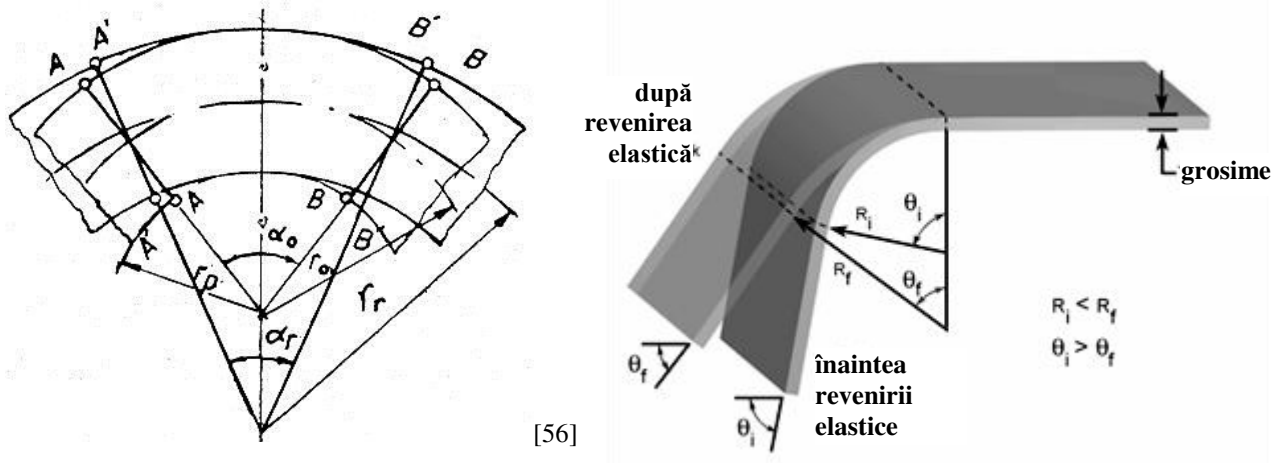
$A$  – aria, de sub poanson, a piesei de calibrat;

$l$  = distanța dintre reazeme  $l = (15 \div 30) \cdot g$ .

### 8.3.3 Revenirea elastică

În timpul procesului de îndoire a unei piesei, apar deformații plastice și deformații elastice (care se supun legii lui Hooke). După îndepărtarea forțelor de deformare, deformația elastică dispăre, așa că se produce modificarea dimensiunilor piesei, față de dimensiunile elementelor active cu care s-a realizat îndoirea.

Modificarea dimensiunilor piesei îndoite, datorată proprietăților de elasticitate ale materialului, se numește *revenire elastică*, sau *arcuire elastică* – v. fig. 8.12.



[http://www.custompartnet.com]

Fig. 8.12 Schema revenirii elastice (**Springback**)

$$r_r = \frac{r_0 \cdot r_f}{r_f - r_0} = \frac{r_0}{1 - r_0 \cdot \frac{M}{E \cdot I}} \quad \text{- raza de îndoire remanentă} \quad (8.14)$$

$$\Delta\alpha = \alpha_0 - \alpha_r = 3 \cdot \alpha_0 \cdot \frac{R_p}{E} \cdot \left( \frac{r_p}{g} + 0,5 \right) \quad \text{- unghiul de revenire elastică} \quad (8.15)$$

unde:

$r_0$  este raza de îndoire [mm],  $r_0 = r_p + 0,5 \cdot g$

$r_p$  – raza la vârf a poansonului de îndoire [mm] ;

$g$  – grosimea semifabricatului [mm]

$r_r$  – raza de îndoire remanentă [mm];

$r_f$  – raza de deformare fictivă [mm] ,  $\frac{1}{r_f} = \frac{M}{E \cdot I}$

$M$  – momentul de încovoiere [N mm],  $M = \frac{1}{4} \cdot b \cdot g^2 \cdot R_p$  ;

$E$  – modului de elasticitate longitudinal ;

$I$  – momentul de inerția a semifabricatului,

$$I = \frac{b \cdot g^3}{12} \quad \text{- pentru semifabricat cu secțiune dreptunghiulară ;}$$

La proiectarea matrițelor este necesar să se cunoască relația de dependență dintre raza de îndoire remanentă și raza poansonului:

$$r_p = \frac{r_r}{1 + 3 \cdot \frac{r_r}{g} \cdot \frac{R_p}{E}} - 0,5 \cdot g \quad (8.16)$$

Micșorarea, chiar anularea, revenirii elastice se face în modurile ce urmează: – v. fig. 8.13

- stabilirea corespunzătoare a geometriei elementelor active, ținând seama de valoarea unghiului de revenire elastică ;
- realizarea unei deformări suplimentare a materialului, egală cu valoarea unghiului de revenire elastică, utilizând elemente suplimentare în construcția matriței.

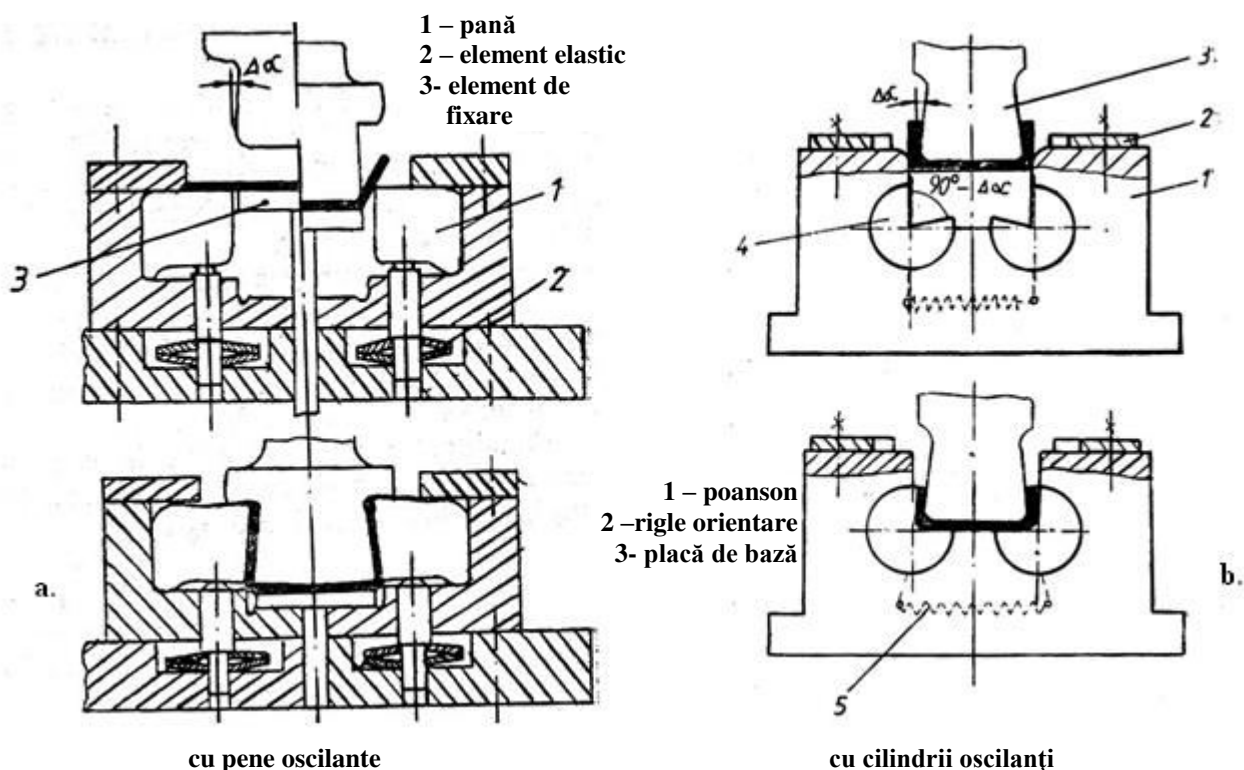


Fig. 8.13 Tipuri de construcții pentru micșorarea revenirii elastice [56]

### 8.3.4 Raza minimă de îndoire

Raza minimă de îndoire reprezintă valoarea minimă admisibilă a razei de îndoire la interiorul piesei,  $r$ .

Mărimea razei minime de îndoire se determină din condiția de rezistență a materialului solicitat la întindere, pe fibrele exterioare ale semifabricatului, deoarece micșorarea, sub anumite limite, a valorii razei minime de îndoire are ca efect fisurarea, sau chiar ruperea, materialului pe suprafața exterioră a piesei.

În situațiile din practică, raza minimă de îndoire se determină cu relația :

$$r_{\min} = k \cdot g \text{ [mm]} \quad (8.17)$$

unde:

$k$  este un coeficient care depinde de natura și starea materialului și de poziția liniei de îndoire față de direcția fibrelor de laminare.

### 8.3.5 Determinarea dimensiunii semifabricatelor – v. fig. 8.14

A. Îndoirea se face după o anumită rază de curbură – lungimea semifabricatului plan este egală cu lungimea stratului neutru al piesei îndoite:

$$L = l_1 + l_2 + \dots + l_n + l_{\varphi_1} + l_{\varphi_2} + \dots + l_{\varphi_{m-1}} \text{ [mm]}$$

unde:  $l_i$  reprezintă lungimile porțiunilor drepte ale piesei îndoite ;

$l_{\varphi_i}$  - lungimile stratului neutru în porțiunea deformată.

În general,

$$l_{\varphi} = \frac{\pi \cdot \varphi}{180} \cdot (r + x \cdot g) \quad (8.18)$$

unde:

$\varphi$  este unghiul porțiunii îndoite,  $\varphi = 180 - \alpha$  [°];

$x$  – coeficient, ale cărui valori sunt date în tabele din literatura de specialitate.

B. Îndoirea se face cu calibrarea unghiului de îndoire – dimensiunile semifabricatului plan se determină prin egalarea volumului semifabricatului cu volumul piesei îndoite :

$$L = l_1 + l_2 + \dots + l_n + (n-1) \cdot k \cdot g \quad [\text{mm}]$$

unde:

$l_i$  reprezintă lungimile interioare ale porțiunilor;

$n$  – numărul de porțiuni drepte ale piesei ;

$k$  - coeficient, ale cărui valori sunt date în tabele din literatura de specialitate.

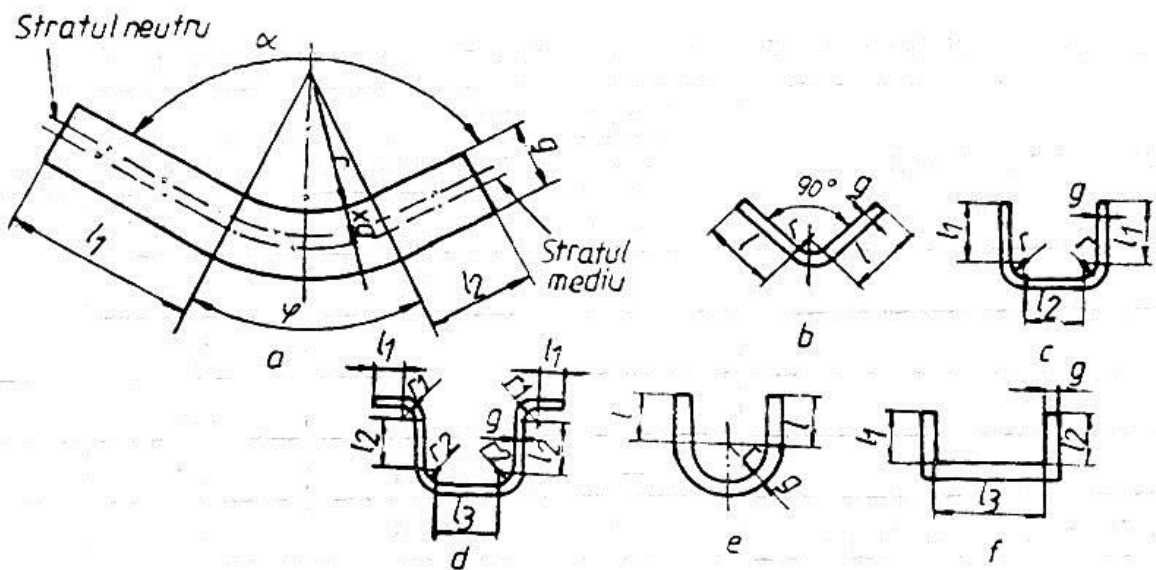
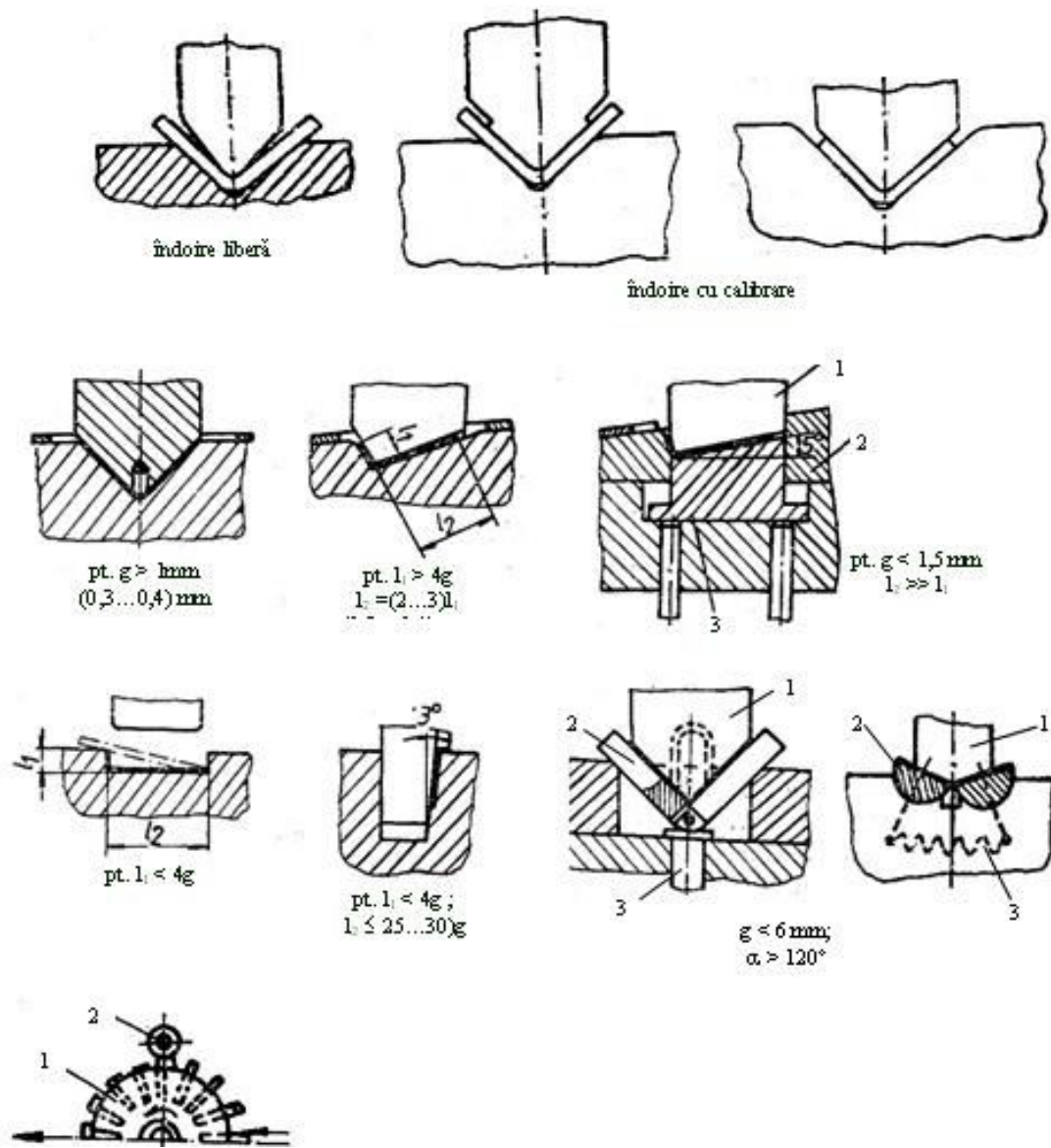


Fig. 8.14 Determinarea dimensiunii semifabricatelor [56]

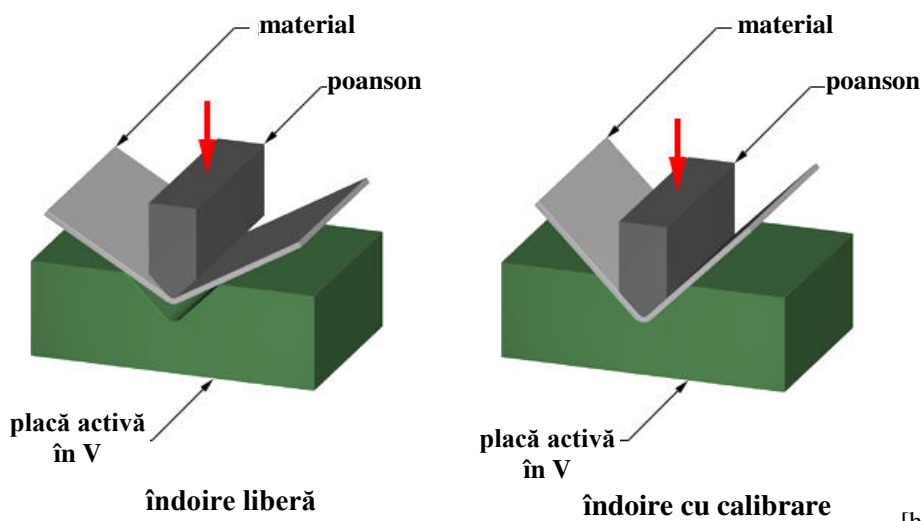
### 8.3.6 Procedee de îndoire

Se prezintă procedee de îndoire, cu matrițe montate pe prese, a pieselor în formă de V, U, Z și a pieselor cilindrice (tip bucșe) – v. fig. 8.15 ÷ fig 8.18..

Îndoirea pe prese (a tablelor sau pieselor de dimensiuni mari) se prezintă în fig 8.19



[56]



[http://www.custompartnet.com]

Fig. 8.15 Procedee de îndoire în V

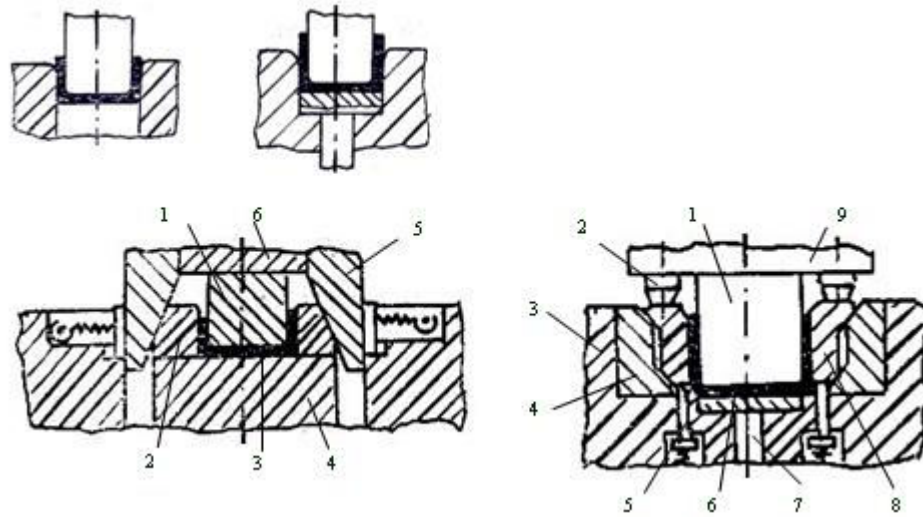


Fig. 8.16 Procedee de îndoire în U [56]

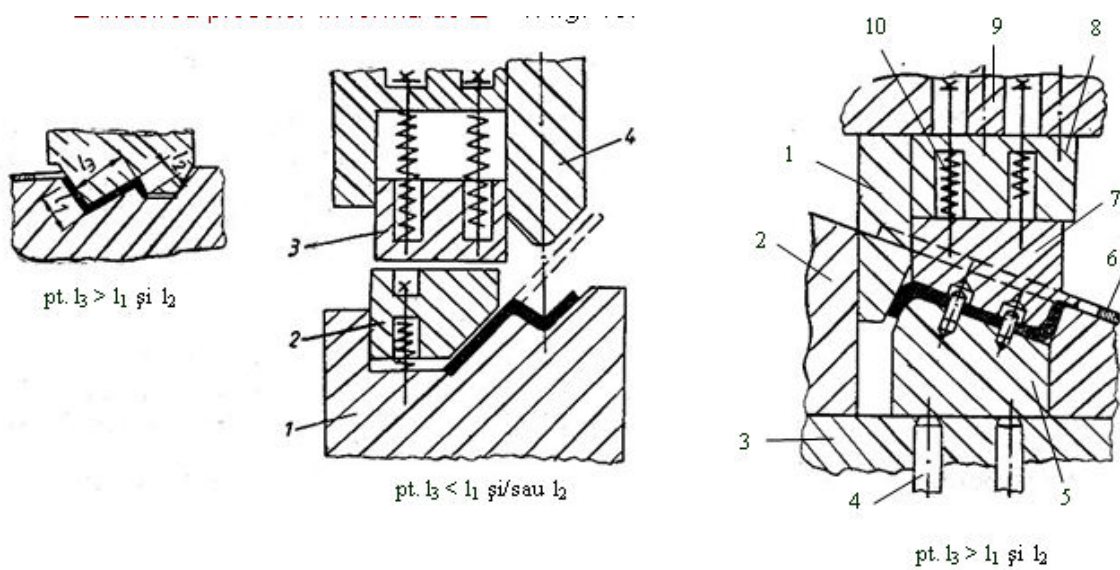


Fig. 8.17 Procedee de îndoire în Z [56]

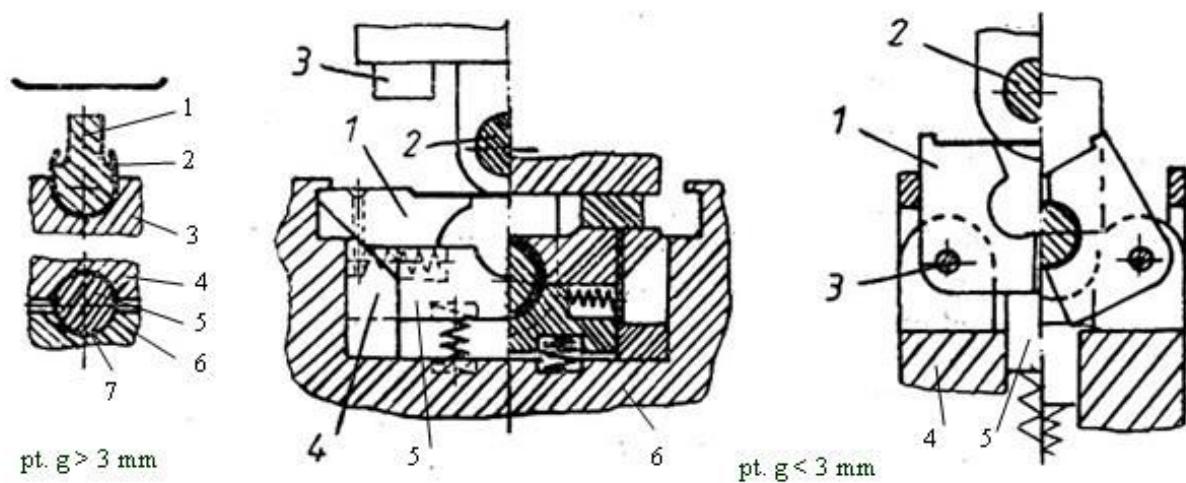
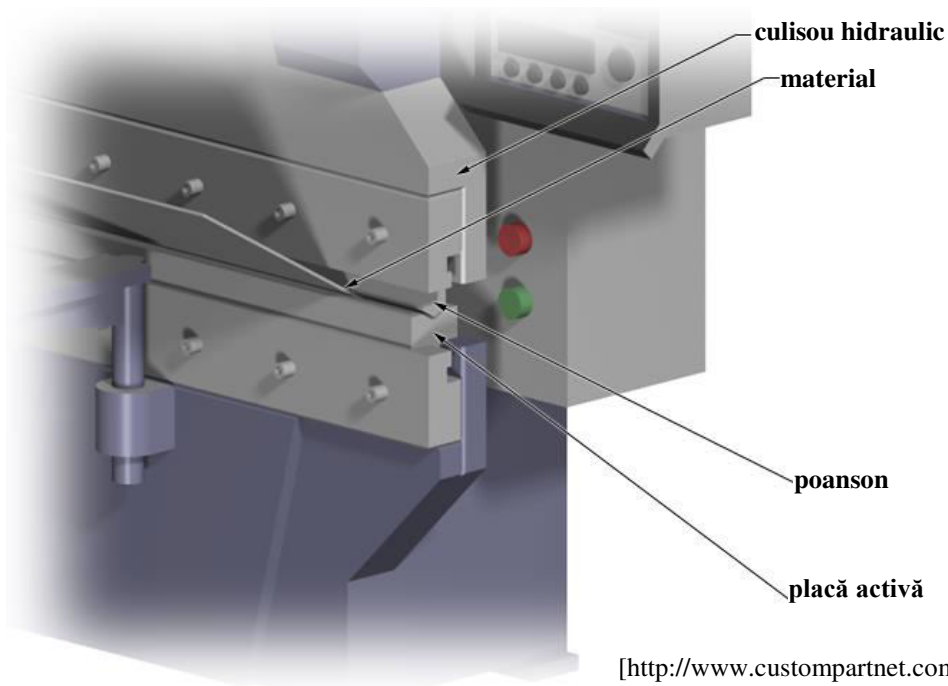
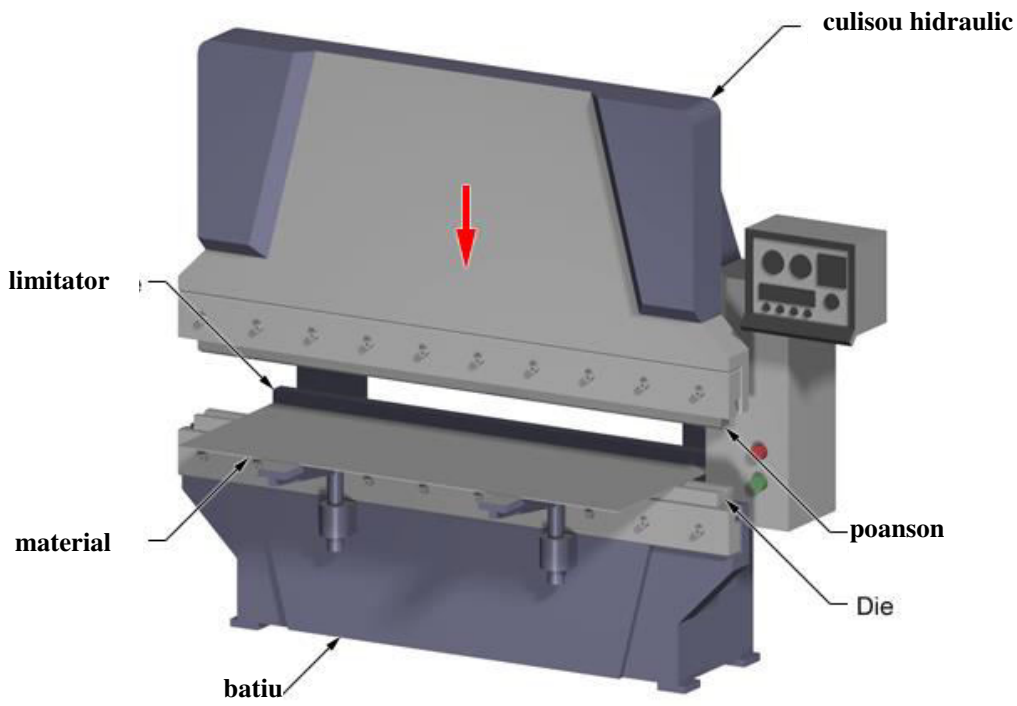
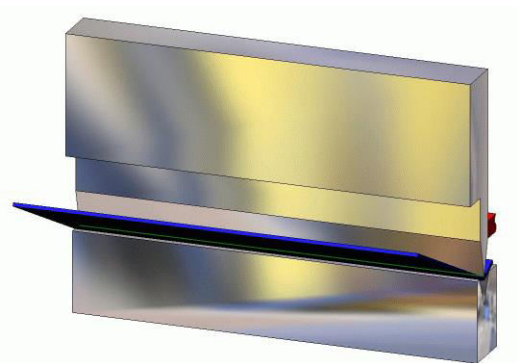
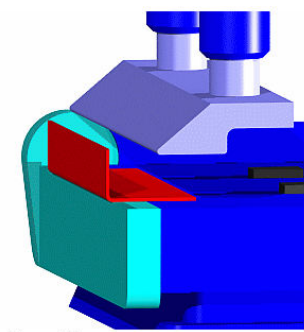


Fig. 8.18 Procedee de îndoire a pieselor cilindrice sub formă de bucușă [56]



[<http://www.custompartnet.com>]



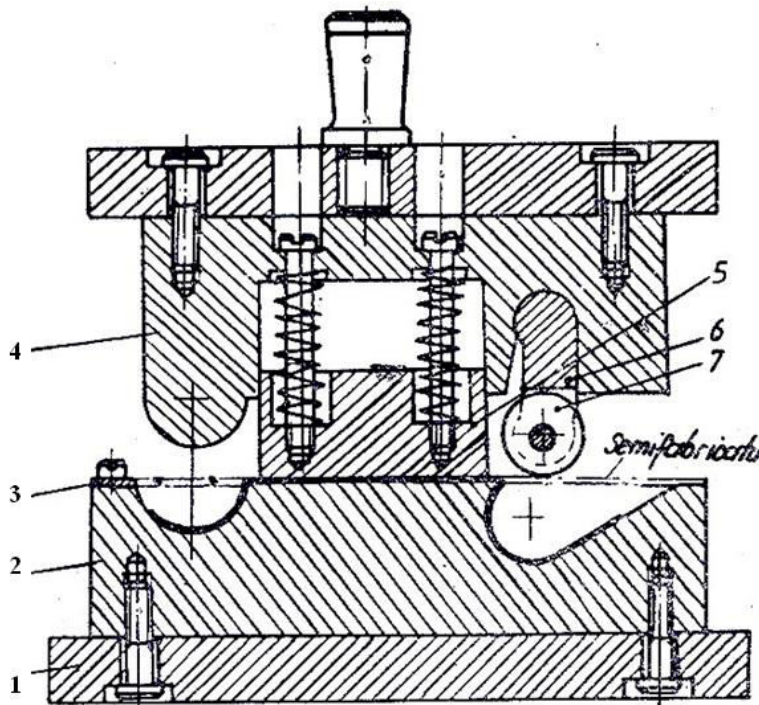
[<http://en.wikipedia.org/wiki>]

Fig. 8.19 Îndoirea pe prese cu CNC



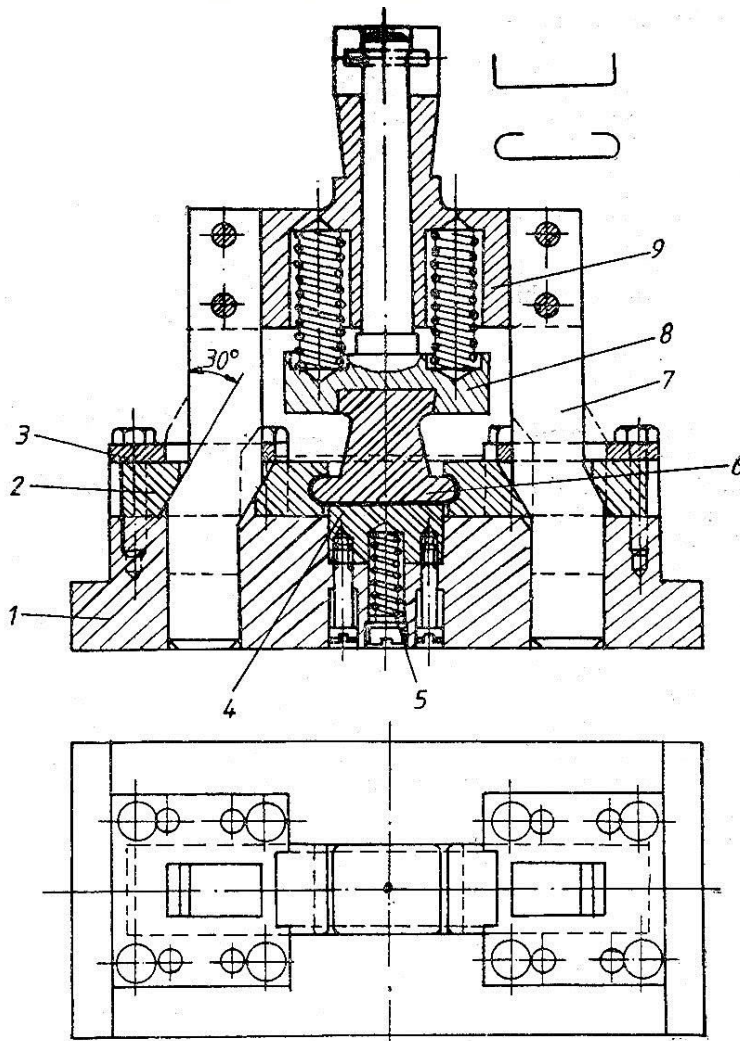
### 8.3.7 Matrice de îndoire

Sculele folosite la prelucrările de tip îndoire se numesc matrice, câteva exemple fiind prezentate în fig. 8.20 și fig. 8.21



- 1- placă de bază
- 2- placă activă
- 3- riglă de ghidare
- 4- poanson de îndoit
- 5- placă suport
- 6- poanson de îndoit
- 7- rolă oscilantă

Fig. 8.20 Matrice de îndoit complexă, cu rolă oscilantă [56]



- 1- placă de bază
- 2- pană laterală
- 3- riglă de ghidare
- 4- element de reținere
- 5- element elastic
- 6- poanson de îndoit
- 7- coloană de ghidare
- 8- placă port-poanson
- 9- placă superioară

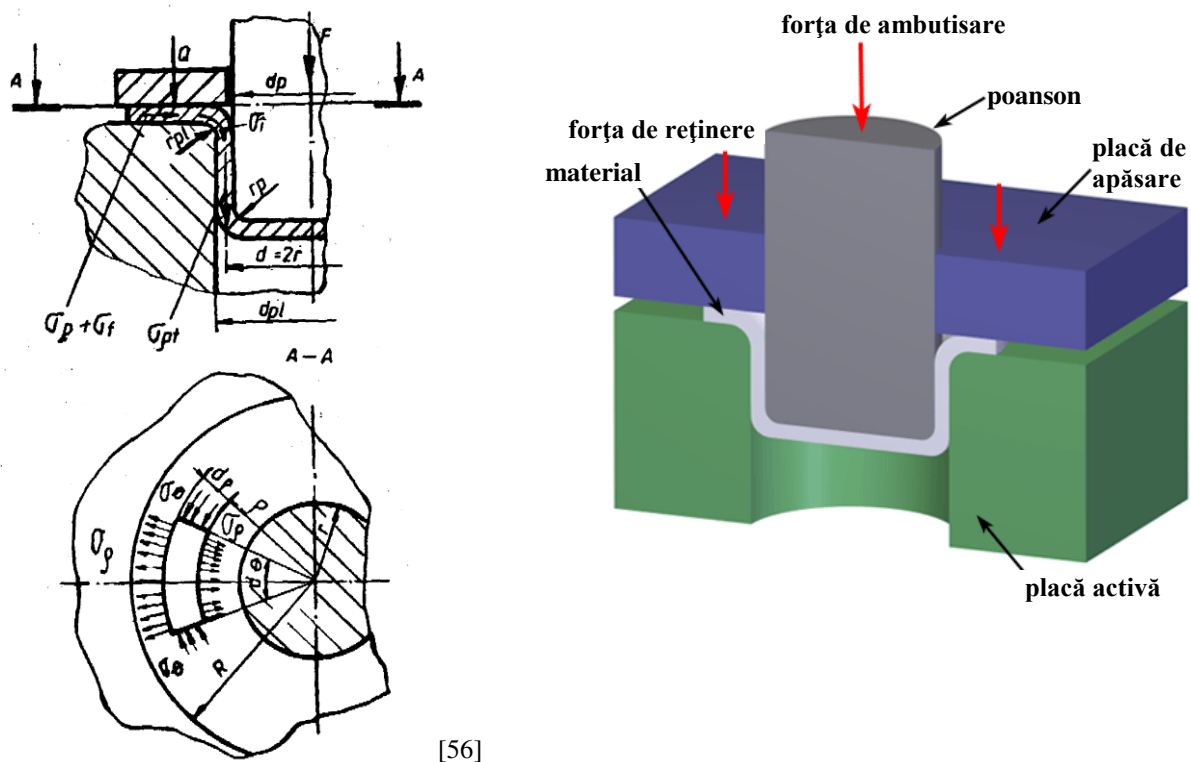
Fig. 8.21 Matrice de îndoit complexă, cu pene laterale [56]

## 8.4 Prelucrări de tip ambutisare

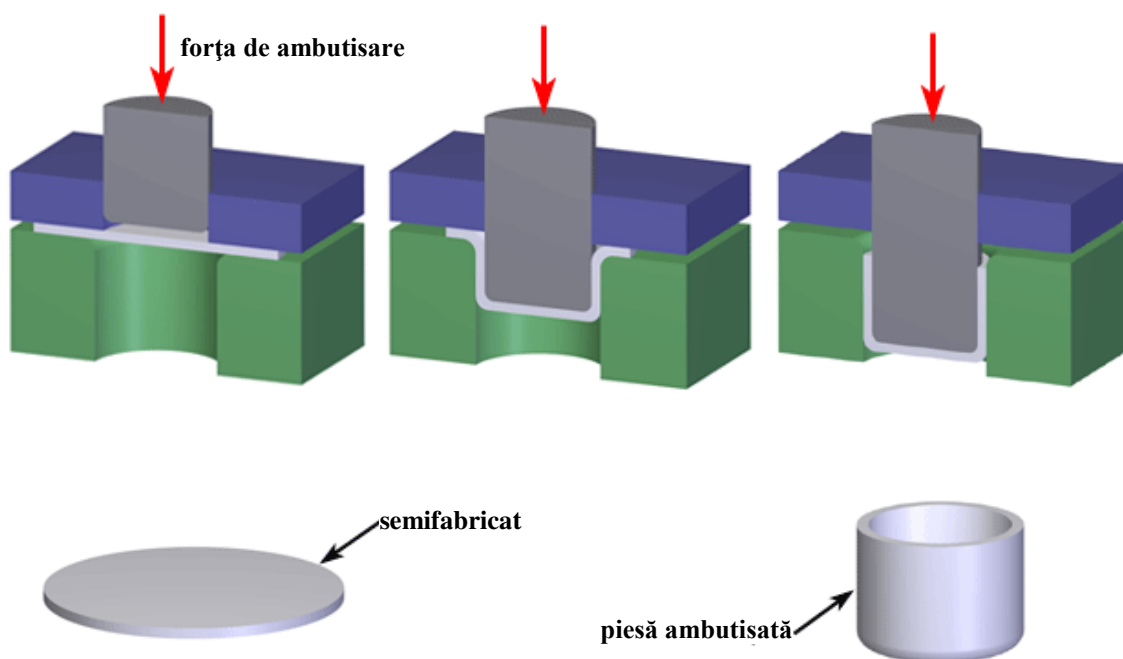
### 8.4.1 Analiza procesului de ambutisare

Ambutisarea este procedeul de deformare plastică la rece prin care are loc transformarea unui semifabricat plan în piesă cavă sau adâncirea, în continuare, a unei piese cave cu micșorarea corespunzătoare a secțiunii transversale – v. fig.8.22.

Ambutisarea se poate realiza: fără *modificarea condiționată a grosimii* materialului sau *cu modificarea condiționată a grosimii* materialului.



[56]



[http://www.custompartnet.com]

Fig. 8.22 Reprezentarea procesului de ambutisare cilindrică

### 8.4.2 Forța de ambutisare

Asupra stării de tensiune influențează fenomenele următoare:

- fenomenul de transformare continuă a flanșei semifabricatului plan în perete vertical al piesei;
- frecarea dintre material și suprafețele plăcii de ambutisare și plăcii de apăsare a semifabricatului;
- fenomenul de îndoire a materialului la intrarea acestuia de pe suprafața plană a plăcii de ambutisare pe partea racordată cu raza  $r_{pl}$  și, respectiv, la ieșirea de pe partea racordată pe partea cilindrică.

Tensiunea radială totală,  $\sigma_{pt}$ , este:

$$\sigma_{pt} = \left[ R_p \cdot \ln \frac{R}{r} + \mu \cdot q \cdot \frac{D^2 - (d + g + 2 \cdot r_{pl})^2}{2 \cdot d \cdot g} \right] \cdot e^{\mu \alpha} + \frac{R_p}{\frac{2 \cdot r_{pl}}{g} + 1} \quad (8.19)$$

iar expresia analitică a forței de ambutisare este:

$$F = \pi \cdot d \cdot g \cdot \sigma_{pt} = \pi \cdot d \cdot g \cdot R_p \cdot \left\{ \left[ \ln \frac{R}{r} + \mu \cdot q \cdot \frac{D^2 - (d + g + 2 \cdot r_{pl})^2}{2 \cdot d \cdot g} \right] \cdot e^{\mu \alpha} + \frac{R_p}{\frac{2 \cdot r_{pl}}{g} + 1} \right\} \text{ [N]} \quad (8.20)$$

unde :  $d / r$  reprezintă valoarea diametrului mediu / rezei medii a piesei ambutisate [mm]

$g$  – grosimea materialului [mm];

$R_p$  – rezistența la curgere a materialului [N/mm<sup>2</sup>]

$R$  – raza semifabricatului plan [mm]

$\mu$  - coeficientul de frecare a materialului cu placa activă și cu placa de apăsare;

$r_{pl}$  – raza de racordare a plăcii active [mm]

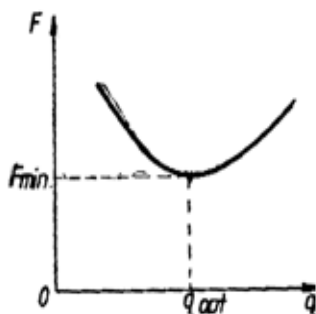
Relația practică pentru determinarea forței de ambutisare, pentru piese cilindrice este:

$$F = \pi \cdot d \cdot g \cdot R_m \cdot k \quad \text{[N]} \quad (8.22)$$

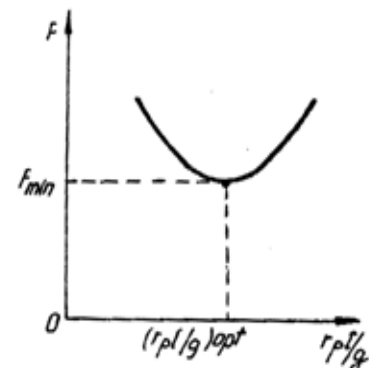
unde:  $k$  este un coeficient care ține seama de: coeficientul de ambutisare; numărul operației de ambutisare; grosimea relativă a semifabricatului ;

$R_m$  – rezistența la rupere a materialului [N/mm<sup>2</sup>]

Dependența forței de ambutisare de presiunea de apăsare,  $q$ , și de raza relativă de racordare a plăcii de ambutisat,  $\frac{r_{pl}}{g}$ , este prezentată în figura 8.23



a. Variația forței de ambutisare în funcție de presiunea de apăsare a semifabricatului



b. Variația forței de ambutisare în funcție de raza de racordare relativă a plăcii active

Fig. 8.23 Graficul de variație a forței de ambutisare [56]

Parametrii specifici procesului de ambutisare sunt:  
coeficientul de ambutisare:

$$m = \frac{r}{R} = \frac{d}{D} \quad (8.23)$$

și, respectiv, gradul de ambutisare:

$$K = \frac{1}{m} = \frac{D}{d} \quad (8.24)$$

### 8.4.3 Forma și dimensiunile semifabricatelor

Determinarea formei și dimensiunilor semifabricatului se face prin egalarea volumului semifabricatului cu volumul piesei finite.

La ambutisarea obișnuită (fără modificarea condiționată a grosimii materialului) dimensiunile semifabricatului rezultă din egalarea suprafeței acestuia cu suprafața piesei finite (dacă este cazul se prevede adaos pentru tăierea marginii).

#### A. Semifabricate pentru ambutisarea pieselor de revoluție

Semifabricatul are formă de disc plan, cu diametru  $D$ .

Pentru piese cu configurație simplă, suprafața semifabricatului,  $A_{sf}$ , se calculează cu relațiile din geometria în spațiu.

Pentru piese cu configurație complexă, suprafața totală se consideră constituită din elemente geometrice simple, și anume:

$$A_{sf} = a_1 + a_2 + \dots + a_n = \sum_{i=1}^n a_i \quad \text{și} \quad A_{sf} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \quad [\text{mm}^2]$$

$$\Rightarrow D = 1,13 \cdot \sqrt{A_{sf}} = 1,13 \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n a_i} \quad [\text{mm}] \quad (8.25)$$

unde:

$a_i$  este aria unuia din cele  $n$  elemente geometrice simple  $[\text{mm}^2]$ .

#### B. Semifabricate pentru ambutisarea pieselor de formă complexă

Se utilizează relația *Guldin-Pappus*, prin care aria unui corp de revoluție generat prin rotirea în jurul axei a unei curbe plane, de formă oarecare, este egală cu produsul dintre lungimea generatoarei  $L_{AB}$  și perimetrul cercului descris de centrul ei de masă, aflat la distanța  $R_g$  față de axa de rotație:

$$A_{sf} = 2 \cdot \pi \cdot R_g \cdot L_{AB} = 2 \cdot \pi \cdot \sum_{i=1}^n r_{gi} \cdot l_i \quad [\text{mm}^2]$$

unde:

$r_{gi}$  este distanța de la axa de rotație până la centrul de masă al unui element oarecare  $i$ ;  
 $l_i$  – lungimea elementului  $i$  al generatoarei.

$$\Rightarrow D = \sqrt{8 \cdot R_g \cdot L_{AB}} = \sqrt{8 \cdot \sum_{i=1}^n r_{gi} \cdot l_i} \quad [\text{mm}] \quad (8.27)$$

#### C. Semifabricate pentru ambutisarea pieselor paralelipedice (cutie cu baza pătrată sau dreptunghiulară)

Pentru determinarea formei și dimensiunilor semifabricatelor trebuie avut în vedere faptul că deformația de-a lungul perimetrului piesei este variabilă.

În funcție de parametri geometrici principali ai piesei (cutiei): înălțimea  $H$ , lungimea  $A$ , lățimea  $B$ , raza de racordare a colțurilor  $r_c$  acestea se împart:

- după înălțimea relativă,  $H/B$ , în cutii: scunde ( $H/B < 0,5$ ), medii ( $H/B = 0,5 \dots 0,7$ ), înalte ( $H/B > 0,7$ );

- după lungimea relativă,  $A/B$ , în cutii: lungi ( $A/B > 2$ ), scurte ( $A/B < 2$ );
- după raza de racordare a colțurilor în cutii: cu raze mici ( $\frac{r_c}{B-H} < 0,17$ ), cu raze medii ( $0,17 < \frac{r_c}{B-H} < 0,4$ ), cu raze mari ( $\frac{r_c}{B-H} > 0,4$ ).

Pentru stabilirea formei și dimensiunilor semifabricatelor pentru *cutii dreptunghiulare scunde, cu raze de racordare la colțuri relativ mici*, se consideră că ambutisarea are loc numai la colțuri, iar porțiunile drepte sunt supuse numai la îndoire.

Forma semifabricatului se obține pe calea desfășurării geometrice a elementelor cutiei dreptunghiulare pe planul de bază, cu trasarea unui contur continuu la colțurile desfășurării - v. fig. 8.24.

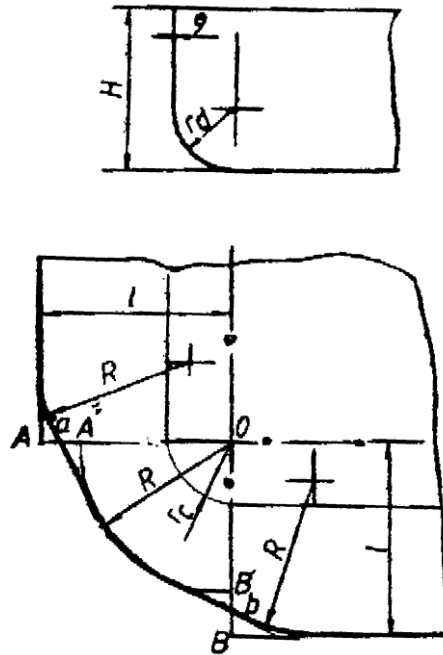


Fig. 8.24 Forma și dimensiunile semifabricatului pentru piese de tip cutie scundă și cu raze mici de racordare la colțuri [56]

$$l = H + 0,57 \cdot r_d \quad [\text{mm}] \quad (8.28)$$

unde:

$l$  este dimensiunea peretelui în porțiunea cuprinsă între două colțuri (peretele rectiliniu), inclusiv racordarea la fund;

$r_d$  – raza de racordare a peretelui cu fundul piesei;

$H$  – înălțimea cutiei, incluzând și adaosul de tundere.

Colțurile cutiei reprezintă câte un sfert de cilindru cu diametrul  $d_c = 2 r_c$ , pentru obținerea lor prin ambutisare fiind necesare, pentru fiecare colț, câte un sfert de disc cu raza  $R$

( $R = \sqrt{2 \cdot r_c \cdot H}$  - dacă  $r_c = r_d$ ).

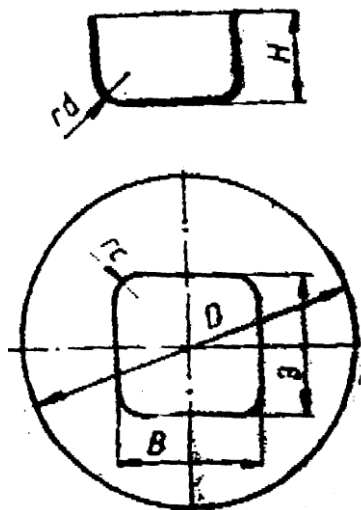
Pentru *cutiile înalte*, la care fenomenul de deplasare a materialului din regiunea colțului spre peretele rectiliniu este foarte puternic, forma semifabricatelor este de tip:

- disc circular, pentru cutii cu baza pătrată - v. fig. 8.25

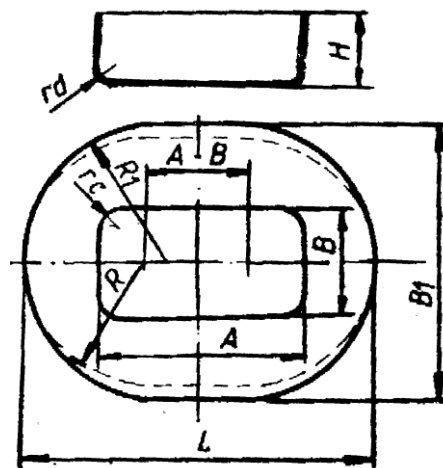
- disc oval, pentru cutii cu baza dreptunghiulară - v. fig. 8.26

iar dimensiunea semifabricatului ( $D / B_1$ ) depinde atât de dimensiunile cutiei (lungime,  $A$ , lățime,  $B$ , înălțime,  $H$ ), cât și de valoarea razei de racordare la colțuri,  $r_d$ .

$$B_1 (D) = f(A, B, H, r_d).$$



[56]



[56]

Fig. 8.25 Forma și dimensiunile semifabricatului pentru piese de tip cutie înaltă cu baza pătrat

Fig. 8.26 Forma și dimensiunile semifabricatului pentru piese de tip cutie înaltă cu baza dreptunghi

### 8.4.4 Tehnologiile de ambutisare

A. Ambutisarea pieselor cilindrice fără flanșă – se calculează coeficientul de ambutisare,  $m_c$ ,

$\left(m_c = \frac{d}{D}\right)$  și se compară cu valoarea admisibilă,  $m_a$  (v. fig. 8.27)

Dacă  $m_c \geq m_a \Rightarrow$  piesa se poate executa într-o singură operație.

$m_c < m_a \Rightarrow$  ambutisarea se va executa în mai multe operații

Valoarea coeficientului de ambutisare este egală cu produsul coeficienților parțiali (specifici operațiilor succesive de ambutisare)

$$m = m_1 \cdot m_2 \cdot \dots \cdot m_n$$

Dacă se consideră valori egale ale coeficienților  $m_i$  pentru operațiile 2, 3, ..., n de ambutisare, atunci numărul operațiilor de ambutisare, n, este dat de relația:

$$n = \frac{\lg d - \lg(m_1 \cdot D)}{\lg m_2} \quad (8.29)$$

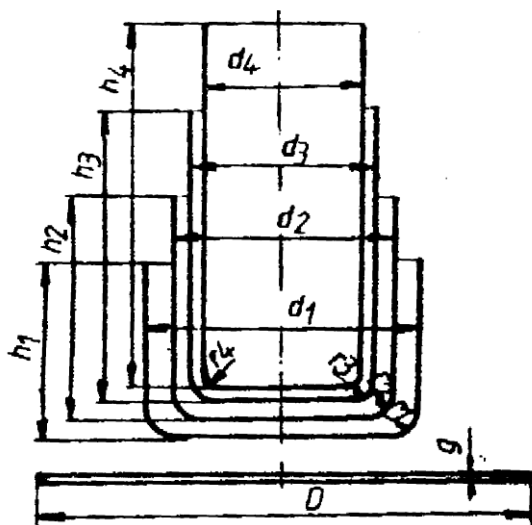


Fig.8.27 Succesiunea operațiilor la ambutisarea pieselor cilindrice fără flanșă [56]

În cazul ambutisării în mai multe operații, pentru fiecare operație de ambutisare trebuie să se calculeze diametrul, raza de racordare și înălțimea piesei obținute (pe baza egalității suprafeței piesei rezultate cu suprafața semifabricatului)

Pentru raze de racordare foarte mici, aproape de zero, se impune o operație de calibrare.

B. Ambutisarea inversă – reprezintă combinarea a două ambutisări ce se realizează, în general, la o singură cursă a preseii, cea de a doua ambutisare realizându-se în sens invers celei dintâi - v. fig.8.28.

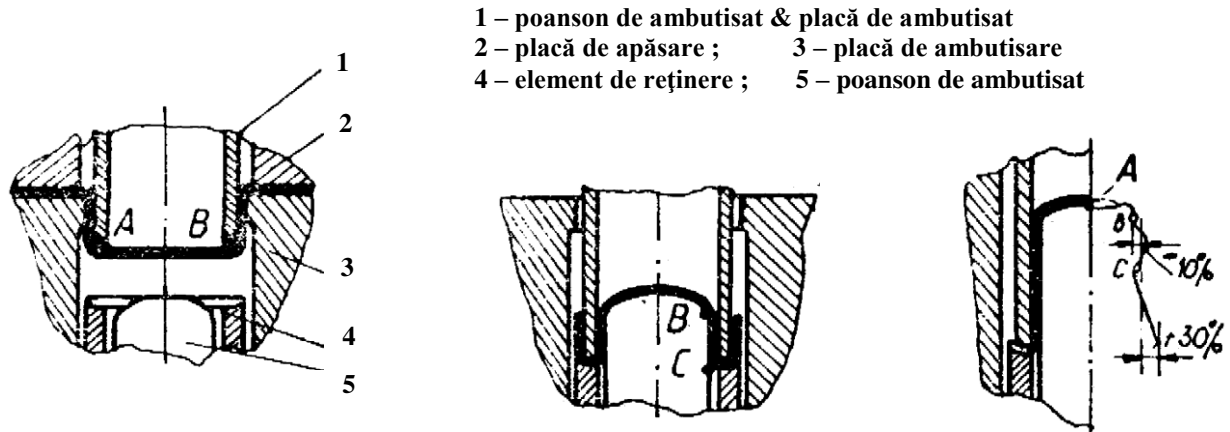


Fig. 8.28 Succesiunea fazelor la ambutisarea inversă la o cursă a preseii [56]

Prin acest procedeu de ambutisare se obține un grad mai mare de deformare și se utilizează pentru piese de dimensiuni mijlocii cu  $\frac{g}{D} \cdot 100 > 25$ .

Ambutisarea inversă se utilizează în scopul măririi eforturilor de întindere și al micșorării celor de compresiune, fiind indicată pentru piese cu fundul sferic sau cave, precum și pentru piese cave cu pereți dubli.

C. Ambutisarea cu modificarea condiționată a grosimii materialului – este procesul de ambutisare la care, în mod voit, are loc subțierea grosimii pereților laterali în scopul obținerii unor piese cu raport mare între înălțime și diametru, grosimea fundului piesei rămânând nemodificată - v. fig.8.29.

Subțierea materialului este posibilă deoarece jocul dintre placa activă și poanson este mai mic decât grosimea semifabricatului.

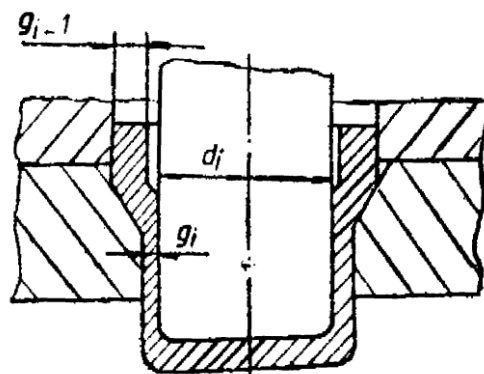


Fig. 8.29 Schema ambutisării cu subțierea grosimii materialului [56]

Deformația principală constă în reducerea grosimii semifabricatului (pentru mărirea adâncimii cavității piesei) și nu micșorarea diametrului interior și, de aceea, în calcule se consideră că diametrul rămâne constant.

Dimensiunile semifabricatului se determină din condiția de egalitate a volumelor materialului semifabricatului și piesei, ținând seama de adaosul pentru tăierea marginilor.

$$D = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{(1+c) \cdot V}{g}} \quad [\text{mm}] \quad (8.30)$$

unde:  $V$  este volumul piesei  $[\text{mm}^3]$ ;  
 $g$  – grosimea semifabricatului  $[\text{mm}]$  (1 -1,15 ori grosimea fundului piesei);  
 $c$  – coeficient ce ține seama de adaosul pentru tăierea marginilor.

D. Ambutisarea cu încălzirea locală a semifabricatului - se folosește, în special, pentru piese din aliaje de magneziu, titan și aliaje de aluminiu, materiale ce au o plasticitate scăzută la temperatura normală.

Încălzirea locală se face cu o instalație CIF în zona flanșei, pentru păstrarea la valori ridicate a rezistenței mecanice în secțiunea periculoasă, fundul și pereții laterali ai semifabricatului se mențin la temperatura normală prin răcirea interioară a poansonului – v. fig. 8.30

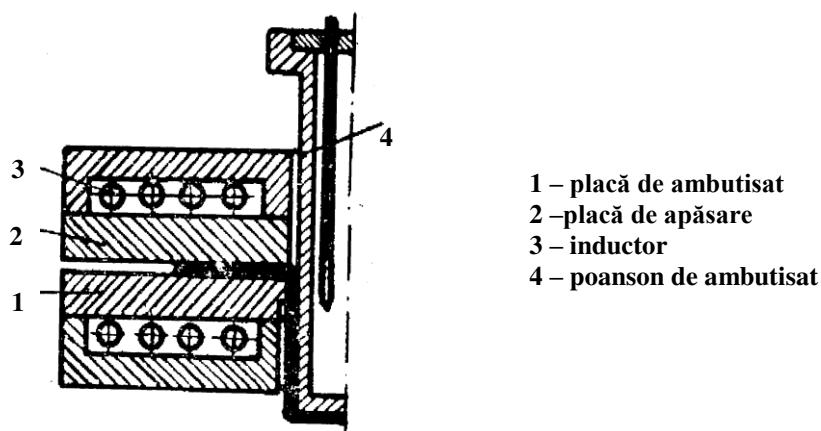


Fig. 8.30 Schema ambutisării cu încălzirea locală a materialului [56]

*Exemplu:*

Aliajele din magneziu se încălzesc la  $(300 \div 350) \text{ } ^\circ\text{C}$  și se obțin coeficienți de ambutisare  $m = 0,40 \dots 0,50$  la prima operație și  $m = 0,55 \dots 0,65$  la următoarele operații, față de  $m = 0,80 \dots 0,90$  în cazul ambutisării obișnuite.

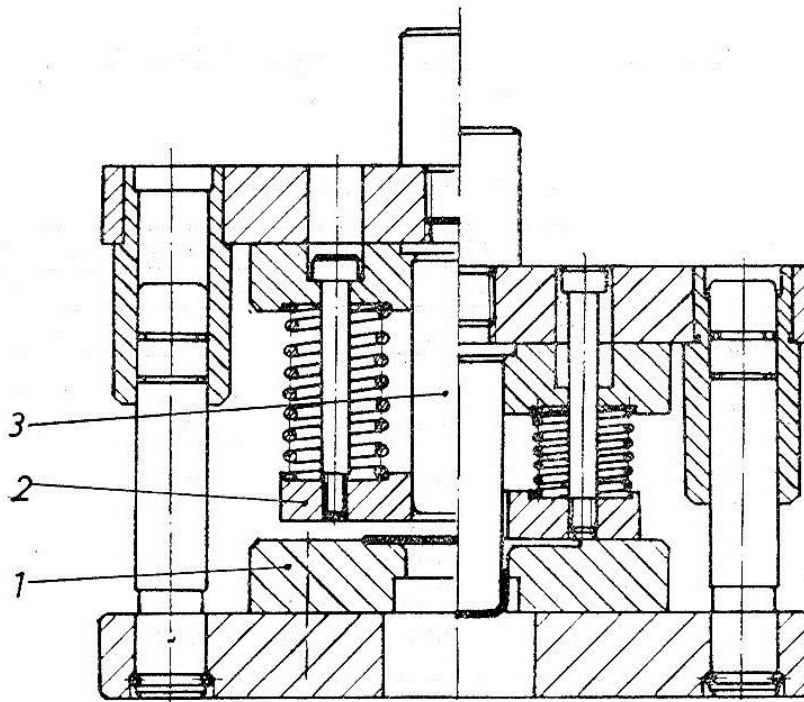
#### 8.4.5 Matrițe

Sculele folosite la prelucrările de tip ambutisare se numesc matrițe, câteva exemple fiind prezentate în fig. 8.31 și fig. 8.32

### 8.5 Centre de prelucrat table cu CNC

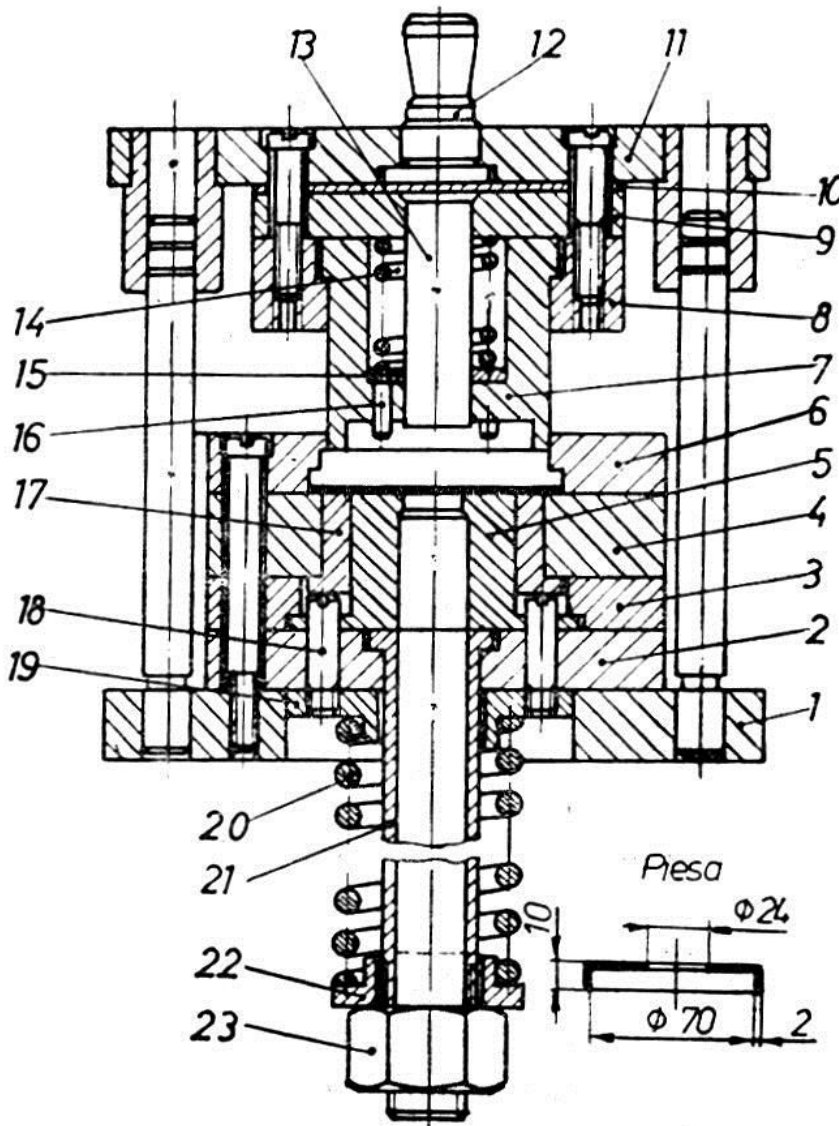
Firmele producătoare oferă centre de prelucrat table cu CNC, având caracteristici constructive și funcționale, într-o gamă variată. Un exemplu este redat în fig. 8.33.





- 1- placă activă
- 2- placă de apăsare
- 3- poanson de ambutisat

Fig. 8.31 Matriță simplă pentru ambutisare [56]



- 1- placă de bază
- 2- placă intermediară
- 3- placă port-poanson
- 4- placă de decupat
- 5- poanson de ambutisat & placă de perforat
- 6- placă de ghidare
- 7- poanson de decupat & placă de ambutisat
- 8- element intermediar
- 9- placă port-poanson
- 10- placă de presiune
- 11- placă superioară
- 12- cep de presiune
- 13- poanson de perforat
- 14- element elastic
- 15- plăcuță intermediară
- 16- știft
- 17- element de scoatere
- 18- știft
- 19- placă intermediară
- 20- element elastic
- 21- bucă
- 22- șaibă
- 23- piuliță

Fig. 8.32 Matriță combinată pentru decupat, ambutisat și perforat [56]



Fig. 8.33 Centru de prelucrat table CNC [<http://www.e-ci.com/press>]

### 8.6 Prelucrări și piese prelucrate prin deformare plastică la rece

Din cele prezentate în cadrul acestui capitol se remarcă varietatea mare a tipurilor de prelucrări ce pot fi realizate prin deformare plastică la rece, câteva exemple de piese astfel obținute fiind evidențiate în fig. 8.34.



Fig. 8.34 Piese prelucrate prin deformare plastică la rece [<http://www.truexinc.com>]

Principalele etape ale proiectării unei matrițe combinate de conturat, perforat și îndoit sunt redată în Anexa 4.

## CAPITOL 9

## TEHNOLOGII DE FABRICARE PRIN PROTOTIPARE RAPIDĂ (RAPID PROTOTYPING)

### 9.1 Principii fundamentale ale prototipării rapide

În prezent există o competiție puternică între fabricanții, în a aduce pe piață produse noi, performante, într-un interval de timp cât mai scurt. Astfel, procesele implicate în dezvoltarea unui produs nou – proiectare, fabricare, testare, lansare pe piață – au fost “comprimate”, atât sub aspectul consumului de timp, cât și al resurselor materiale.

Aceasta a fost posibil ca urmare a evoluției spectaculoase a mijloacelor și tehnologiilor de fabricare, în care computer-ul și software-urile specializate au un rol determinant.

Conform Oxford Dictionary of Current English, *prototipul* este o exemplificare originală a unui obiect ce a fost, sau va fi dezvoltat/copiat, reprezentând un model sau o versiune preliminară a acestuia. Semnificația cuvântului *prototip* legată de utilizarea sa în proiectare, este: [\*] „o aproximare a unui produs (sau sistem) sau a componentelor sale într-o anumită formă, pentru un scop precis în aplicarea sa”.

Noțiunea prototip se referă atât la obiecte fizice, cât și la obiecte abstracte, cum ar fi: aproximare fizică a unui produs, desene (2D și 3D), modele matematice etc.

Definiția generală a prototipului conține trei aspecte de interes, după cum urmează:

- implementare → de la întregul produs/sistem, până la sub-ansamble și componente ;
- formă → de la un prototip virtual, la un prototip fizic
- grad de aproximare → de la o reprezentare grosieră, până la replicatul exact al produsului.

A. *Implementarea prototipului* include aspectele referitoare la prototiparea întregului sistem/produs, sau la prototiparea unei părți, a unor componente din produsul respectiv.

Prin realizarea prototipului întregului produs - de regulă la ”scară” - este posibilă modelarea majorității caracteristicilor acestuia. Acest tip de prototip este utilizat, de exemplu, în studiile/testele care se efectuează asupra unor grupuri de persoane interesate în utilizarea produsului respectiv, în vederea identificării unor eventuale deficiențe de proiectare sau funcționare a acestuia.

Prototiparea unor componente sau părți din produsul respectiv este utilă atunci când interesează numai anumite aspecte de proiectare sau funcționare nu, neaparat pentru tot produsul în ansamblu. De multe ori, subansamblurile sau elementele componente se testează pe platforme experimentale sau stand-uri speciale.

B. *Forma prototipului* reprezintă modalitatea în care acesta este implementat

Prototipul poate fi sub formă virtuală (de exemplu modelul matematic asociat unui sistem de control), iar baza pe care este construit o constituie ipotezele făcute și nivelul cunoștințelor în domeniu existente la momentul respectiv. Se utilizează prototipul virtual atunci când este, relativ, greu de realizat un prototip fizic al produsului – fie prin costurile mari implicate, fie prin dimensiunile mari ale acestuia. Dezavantajele implicate de acest tip de prototip constau în aceea că, prin folosirea lui, este greu de estimat comportarea produsului în situații neașteptate, neprevăzute prin ipotezele asumate.

Prototipul sub formă fizică reprezintă o "manifestare" tangibilă a produsului și, în majoritatea cazurilor, se realizează în vederea testării și/sau experimentării acestuia.

C. *Gradul de aproximare sau reprezentativitatea prototipului* poate fi grosier(ă) sau precis(ă). Aproximarea grosieră a produsului este utilizată în stadiile primare ale dezvoltării, atunci când se urmărește evaluarea dimensiunilor și a spațiului necesar produsului. Unele prototipuri brute pot nici măcar să nu arate ca produsul final, însă sunt folosite pentru a testa și studia anumite probleme ale dezvoltării produsului, în special în faza sa inițială.

Prototipul prin care se realizează reprezentarea exactă, la scară, a produsului se utilizează, în special, în stadiile finale ale procesului de dezvoltare.

Cele trei aspecte menționate anterior sunt evidențiate în fig. 9.1

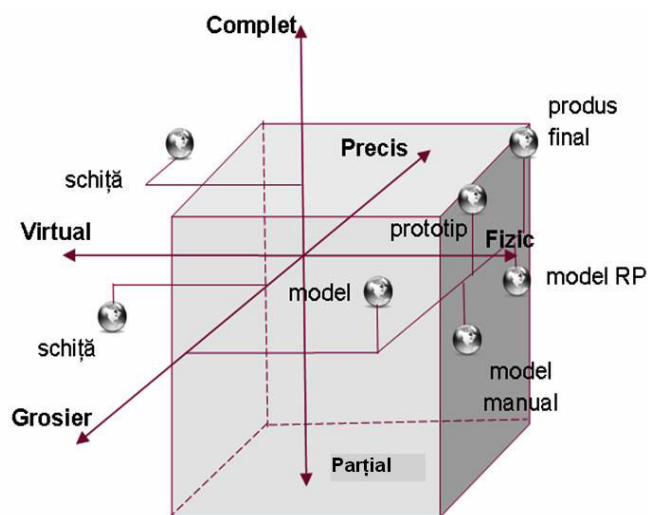


Fig. 9.1 Tipuri de prototip [60]

În cadrul procesului de dezvoltare a produsului, rolul unui prototip este variat, câteva exemple fiind menționate în continuare:

- experimentare și învățare → prin utilizare în activitatea de concepție și proiectare, în experimentări, în procesele de învățământ etc;
- testare și certificare → în vederea verificării și demonstrării ideilor și conceptelor specifice dezvoltării produsului;
- comunicare și interacționare → în scopul transmiterii informațiilor și comunicării ideilor;
- sinteză și integrare → prin materializarea întregului concept de produs, ca urmare a "strângerii" la un loc a elementelor componente/subansamblurilor produsului,;
- programare a activităților → prin aceea că, de multe ori, e utilizat ca indicator al momentelor de sfârșit și/sau de început ale diferitelor faze din dezvoltarea produsului.

*Prototiparea* reprezintă procesul prin care se fabrică prototipurile. Aceasta este cunoscută din cele mai vechi timpuri, înțelesul inițial fiind acela al realizării de modele.

Prototiparea a cunoscut evoluții semnificative în timp, principalele etape fiind conform celor ce urmează :

A. *Prototipare manuală* → inițiată încă din perioada apariției primelor unelte, în prezent fiind considerată prima fază de dezvoltare a prototipului. Realizarea unui prototip durează, aproximativ, 4 săptămâni, în funcție de complexitatea și reprezentativitatea acestuia. Acest tip de prototipare implică un mare consum de manoperă.

B. *Prototipare virtuală* sau "soft" → a apărut spre sfârșitul anilor '60, în strânsă corelație cu apariția și dezvoltarea computer-elor, a soft-urilor și a fabricării asistate CAD/CAE/CAM. Modelele obținute cu ajutorul computer-ului sunt testate, analizate și modificate ca și cum ar fi fost modele fizice. Produsele și, ca urmare, prototipurile acestora devin din ce în ce mai complexe și, ca urmare, timpul necesar prototipării crește foarte mult. Aceasta, deoarece, încă rămâne implicat un consum mare de timp, chiar dacă apariția mașinilor CNC ușurează fabricarea prototipului.

Dezavantajul acestui tip de prototipare constă în aceea că prototipurile nu pot fi utilizate pentru teste/experimentări ale unor situații care nu sunt anticipate sau luate în considerare de către software-ul utilizat.

C. *Prototipare rapidă* → se dezvoltă continuu din perioada anilor '90.

Prototiparea rapidă (Rapid Prototyping, RP) este procesul de construcție automată a unui obiect fizic, prin fabricare de tip "adăugare" (additive fabrication) sau, sinonim, "construcție a formelor solide" (solid freeform fabrication), adică prin generarea și direcționarea secvențială a energiei și/sau materialului spre puncte binedefinite din spațiu, astfel încât să se genereze obiectul fizic, solid, de interes .

În prototiparea rapidă, desenele sunt "preluate" sub formă CAD sau model animat și, apoi, sunt transformate în secțiuni transversale orizontale, virtuale, foarte subțiri. Fiecare dintre aceste secțiuni transversale este creată în spațiul fizic, una după cealaltă, până în momentul în care întregul model este construit. Astfel, modelul fizic și cel virtual sunt aproape identice, procesul considerându-se WYSIWYG (What You See Is What You Get).

Reprezentarea schematică a succesiunii etapelor unui proces de prototipare rapidă este redată în fig. 9.2.

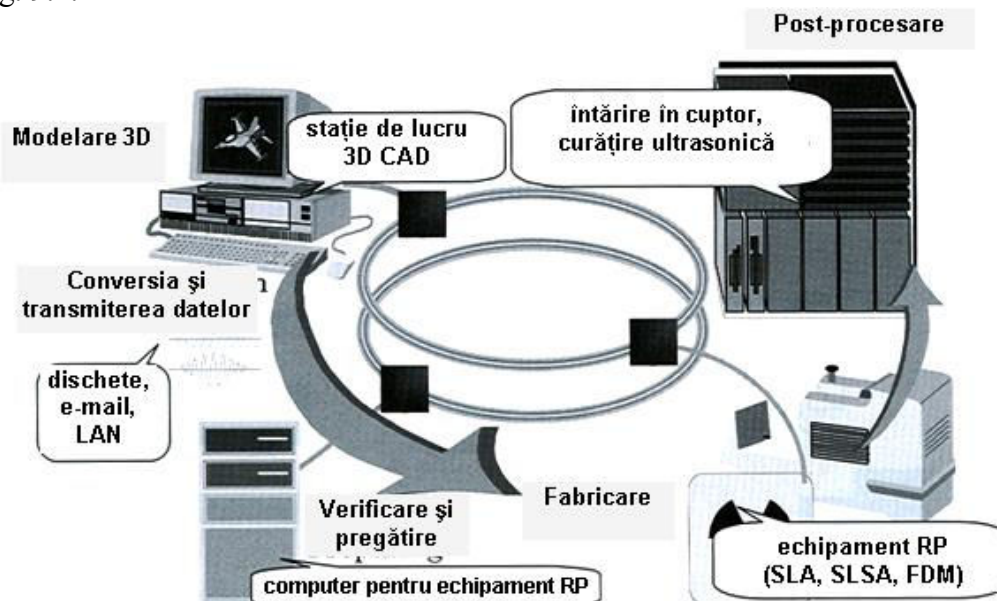


Fig. 9.2 Etapele procesului de prototipare rapidă [60]

## 9.2 Procedee de prototipare rapidă

Clasificarea uzuală a sistemelor de prototipare se face în funcție de forma (starea) inițială a materialului utilizat pentru obținerea prototipului. Astfel, se pot enumera tipurile de sisteme RP care urmează.

A. Sisteme *bazate pe starea lichidă* (Liquid-Based) → materialul, inițial în stare lichidă, trece în stare solidă printr-un proces de "întărire", câteva dintre aceste tipuri fiind:

- Stereolithography Apparatus (SLA) - stereolitografie;
- Cubital's Solid Ground Curing (SGC)
- CMET's Solid Object Ultraviolet-Laser Printer (SOUP)
- Two Laser Beams – două raze laser
- Rapid Freeze – înghețare rapidă

B. Sisteme *bazate pe starea solidă* (Solid-Based) → starea solidă a materialului include sârmă, role, laminate și granule, tipuri de astfel de sisteme sunt:

- Laminated Object Manufacturing (LOM) – fabricarea obiectelor laminate
- Stratasys' Fused Deposition Modeling (FDM) – depunere prin modelare termică
- Paper Lamination Technology (PLT)
- Shape Deposition Manufacturing Process (SDM) – procesul de fabricare prin depunerea formei.

C. Sisteme *bazate pe starea sub formă de pudră* (Powder-Based) → cu toate că pudra reprezintă starea solidă a materialului, materialele aflate inițial sub această formă se consideră a determina o categorie specială, și anume:

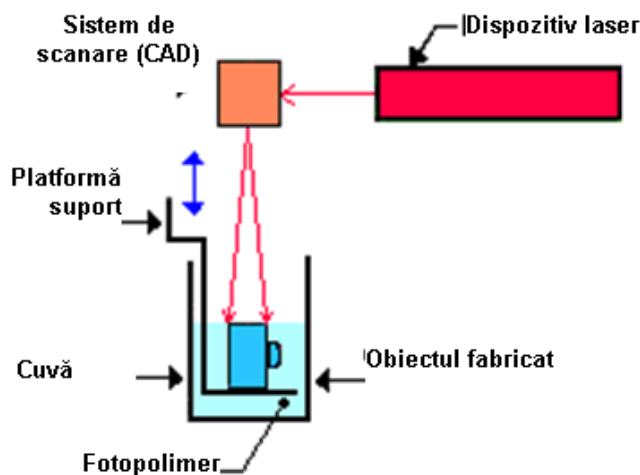
- Selective Laser Sintering (SLS) – sinterizarea selectivă cu laser;
- Z Corporation 3D Printing (3DP) – printarea tridimensională;
- Laser Engineered Net Shaping (LENS) – generarea formelor cu laser;
- Electron Beam Melting (EBM) – topirea cu fascicul de electroni

Câteva dintre cele mai reprezentative procedee de prototipare rapidă sunt redată în continuare.

### 9.2.1. Stereolitografie (Stereolithography), SLA

Sistemul a fost patentat în 1986 de către C. W. Hall and R.S. Freed. Utilizează raze laser de tip UV pentru procesul de întărire a unei rășini foto-întăritoare – v. figura 9.3.

Uzual, precizia dimensională a pieselor obținute este  $\pm (10 \text{ to } 15) \mu\text{m}$ , dar se poate ajunge și la  $\pm (5 \text{ to } 8) \mu\text{m}$ . Creșterea preciziei, implică un proces mai scurt și mai lent.



[<http://www.additive3d.com>]

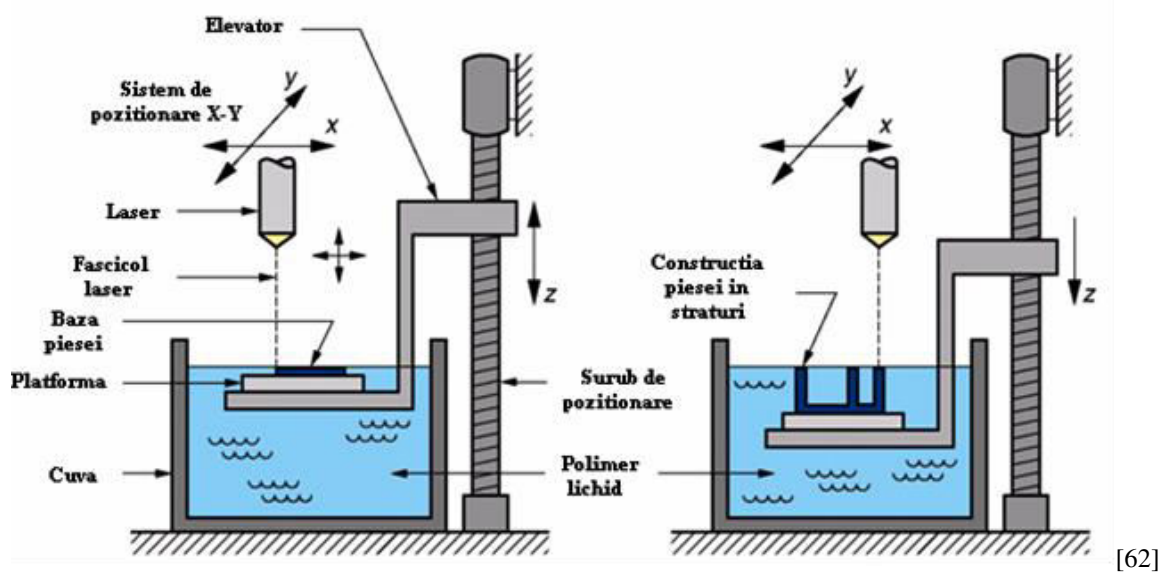


Fig. 9.3 Reprezentarea procesului SLA

### 9.2.2. Prototipare prin înghețarea rapidă (Rapid Freeze), RFP

Sistemul a fost dezvoltat de Dr. Ming Leu, împreună cu alți cercetători de la universitatea Missouri-Rolla.

Procesul constă în pulverizarea picăturilor de apă, strat peste strat, într-o cameră frigorifică. Sunt necesare trei subsisteme – unul pentru poziționarea 3D, al doilea pentru depunerea materialului (apa) și al treilea pentru înghețarea apei – v. figura 9.4.

Exemple de piese obținute prin acest procedeu sunt redată în fig. 9.5.

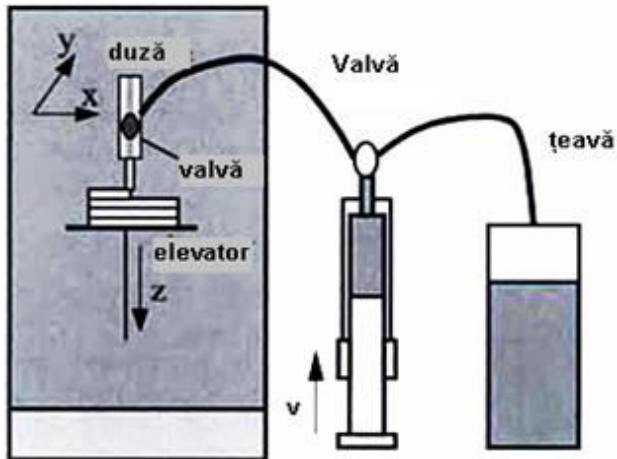


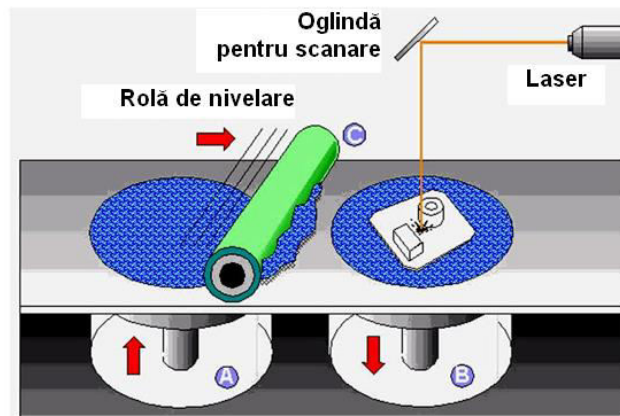
Fig. 9.4 Reprezentarea procesului RFP [60]

Fig. 9.5 Piese obținute prin RFP  
[http://www.isc.mst.edu (Missouri S&T)]

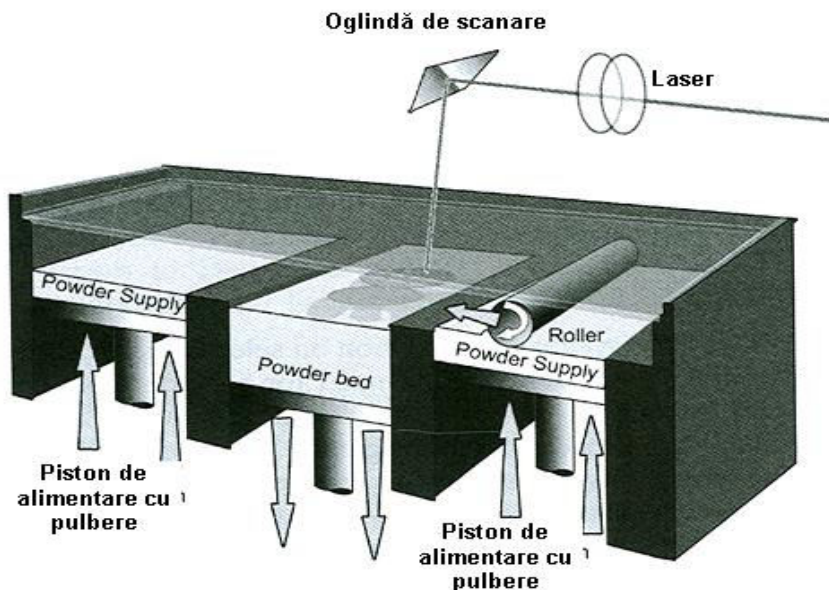
### 9.2.3 Sinterizare selectivă cu laser (Selective Laser Sintering), SLS

Procesul a fost inventat de R. Householder (1978) dar dr. C. Deckard a fost primul care a patentat și, apoi, a comercializat sistemul (la mijlocul anilor '80).

În procesul SLS, pulberea este sinterizată selectiv sau topită de o sursă laser infraroșu. Odată ce un strat este terminat, patul de pulbere coboară pe grosimea de un strat. un nou strat de pulbere este depus – v. figura 9.6.



[http://www.plynetics.com]



[65]

Fig. 9.6 Reprezentarea procesului SLS

### 9.2.4 Printare tridimensională (Three Dimensional Printing), 3DP

Procesul a fost inventat și patentat la Massachusetts Institute of Technology. Compania Z Corporation a fost aceea care l-a patentat și dezvoltat, printer-ele 3D / sistemele ZCorp fiind specifice prototipării 3DP.

Principalele etape ale procesului sunt următoarele – v. fig. 9.7

- fișierul CAD al piesei (STL) este secționat transversal de către software printer-ului;
- un prim strat de pulbere este depus și nivelat peste suportul din camera de “construcție”;
- capul de printat pulverizează picături de întăritor (binder) peste pulbere, astfel încât aceasta se întărește sub forma primei secțiunii transevrsale;
- suportul pe care se construiește piesa este coborât cu grosimea unui strat, se depune apoi pe acesta un nou strat de pulbere, capul de printat pulverizează din nou și, ca urmare, se crează o nouă secțiune transevrstala a piesei, care aderă la cea anterior realizată;
- se repetă etapele anterioare până când se termină construcția întregului obiect (piesă)

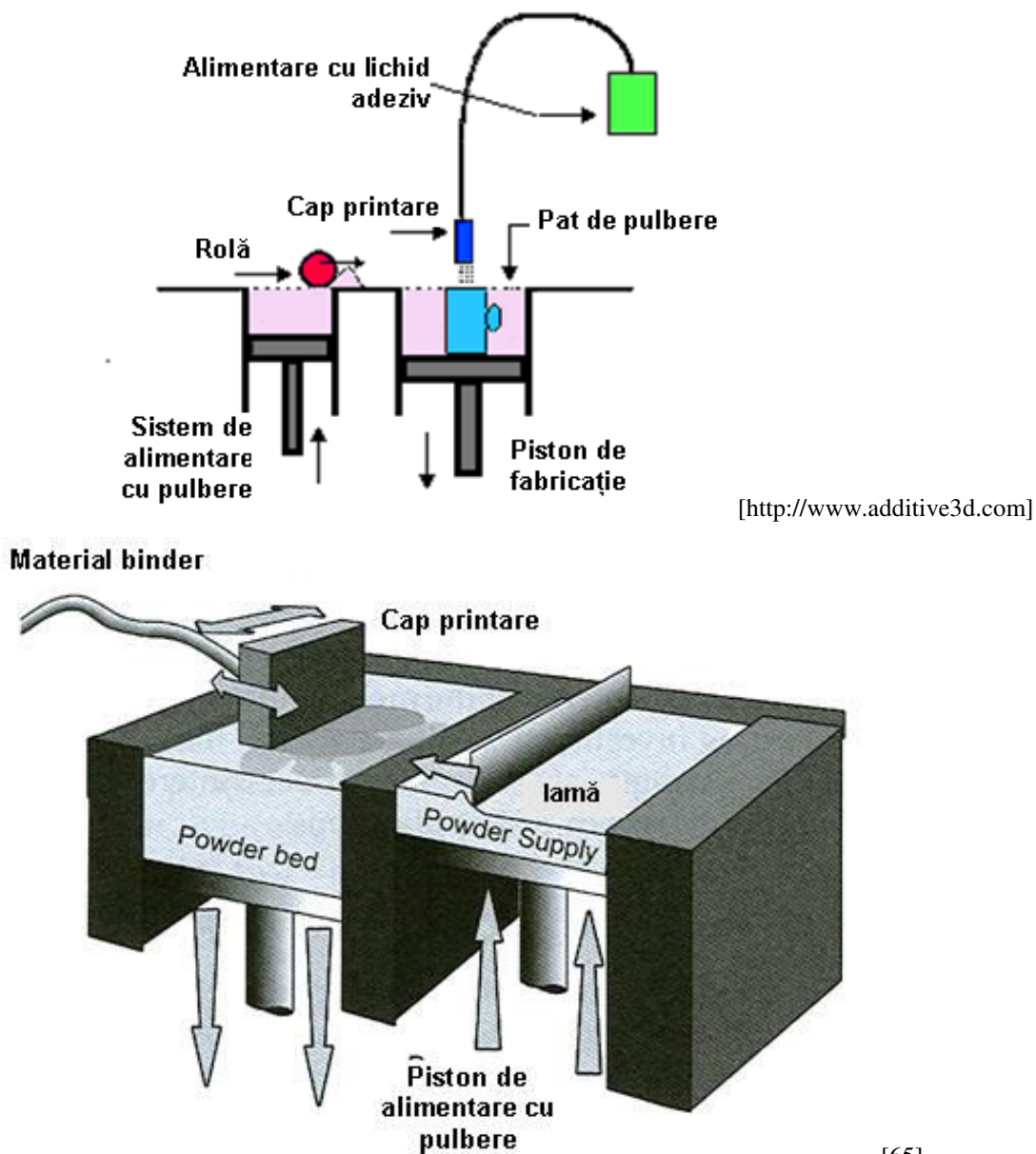


Fig. 9.7 Reprezentarea procesului 3DP

Odată ce procesul este finalizat, piesa este complet acoperită și înconjurată de pulbere – care, de altfel, acționează ca o structură suport. Extragerea acesteia din cuvă trebuie făcută cu atenție, astfel încât să nu se deterioreze.

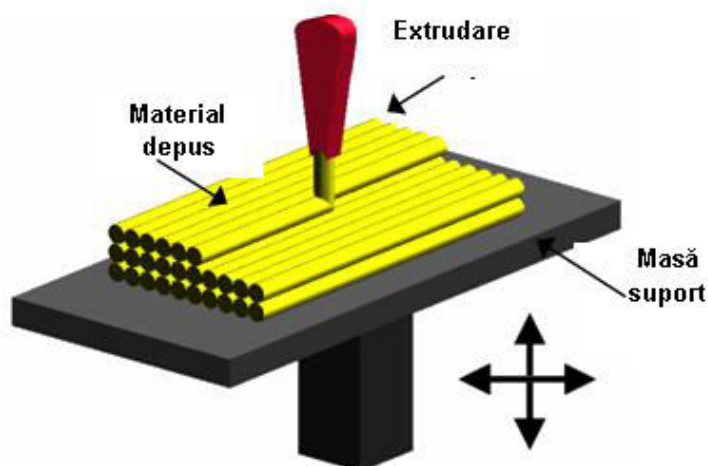


### 9.2.5 Modelarea prin depunere termică (Fused Deposition Modeling - FDM)

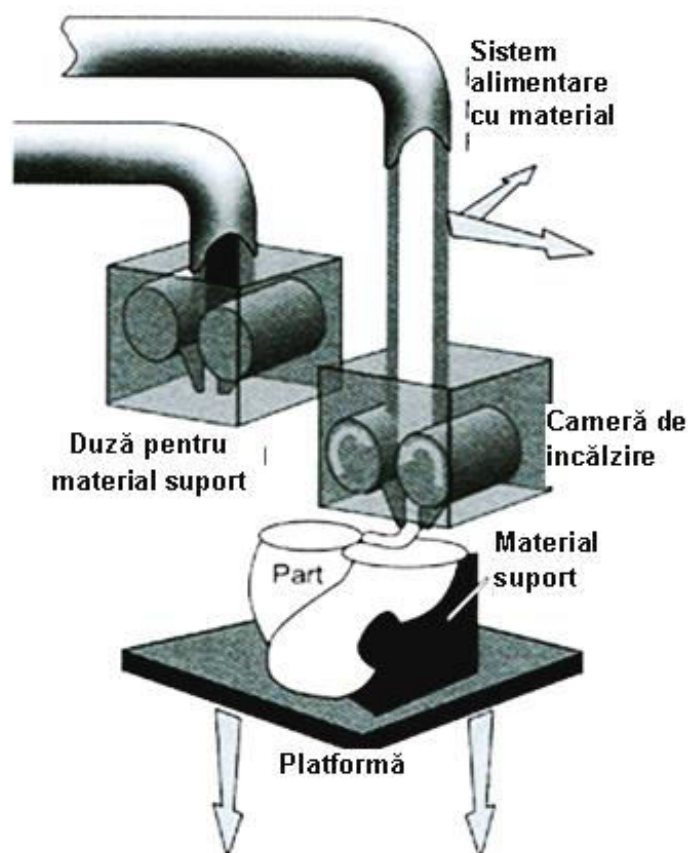
Procedeul FDM a fost dezvoltat în (1988) și patentat de Scott Crump (1992), iar sistemul corespunzător este comercializat de Stratasys Inc., tot din 1992.

*Principiul de bază* al procesului este acela al depunerii de straturi succesive din material, prin extrudarea acestuia materialul, inițial sub formă de „sârmă” (filament) este trecut printr-o duză de extrudare – care poate porni / oprin curgerea acestuia – v. fig. 9.8.

Duza este încălzită, astfel încât să încălzească materialul, și astfel, materialul aflat în stare semi-lichidă este extrudat și depus în straturi foarte subțiri, unul peste altul. Deoarece aerul din jurul duzei este menținut la temperatură mai scăzută decât punctul de topire al materialului, materialul extrudat se întărește foarte repede, aderând la stratul depus anterior.



[<http://en.wikipedia.org>]



[65]

Fig. 9.8 Reprezentarea procesului FDM

Caracteristica procedului FDM o constituie existența a două tipuri de materiale ce se extrudează – unul este materialul piesei (prototipului), celalalt este materialul suport.

Factorii importanți care determină performanțele acestui procedeu sunt: vâscozitatea materialului, rezistența filamentului de material, precizia de poziționare – pe axele X și Y a duzei de extrudare, grosimea „rândului” (stratului) depus.

Procedul FDM reprezintă singura metodă de fabricare aditivă (strat după strat) care folosește materialele termoplastice, piesele astfel obținute fiind rezistente la temperaturi înalte, la acțiunea corozivă a agenților caustici și la solicitări mecanice intense. Prin construirea modelului strat cu strat se pot obține configurații geometrice de aproape orice complexitate.

### 9.3 Aplicații ale procedeeleor de prototipare rapidă

#### 9.3.1 Modelarea, simularea și printarea 3DP pentru componentele unui sistem de control la distanță

Elementele componente ale sistemului de control la distanță (remote) pentru care se folosește prototiparea tridimensională sunt sectorul elastic și roata de angrenare – v. fig. 9.9.

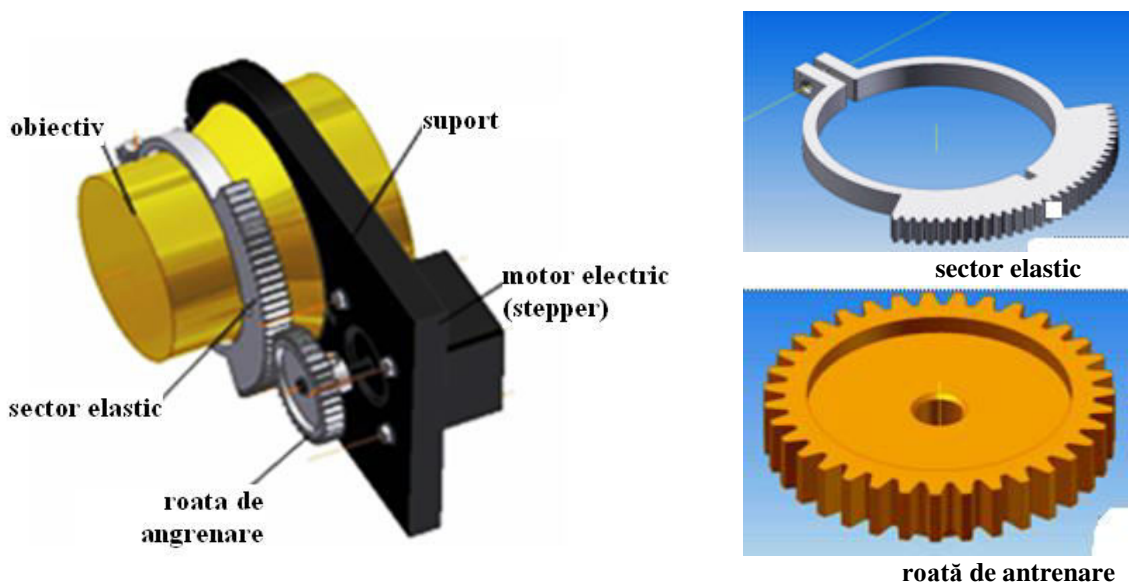


Fig. 9.9 Modelarea reperelor de prototipat

După ce s-au modelat reperele, s-a realizat simularea solicitărilor la care este supusă dantura fiecăruia dintre ele, concluzia fiind ca este necesar să se mărească lățimea dintelui. Imagini din timpul simulării sunt redată în fig. 9.10.

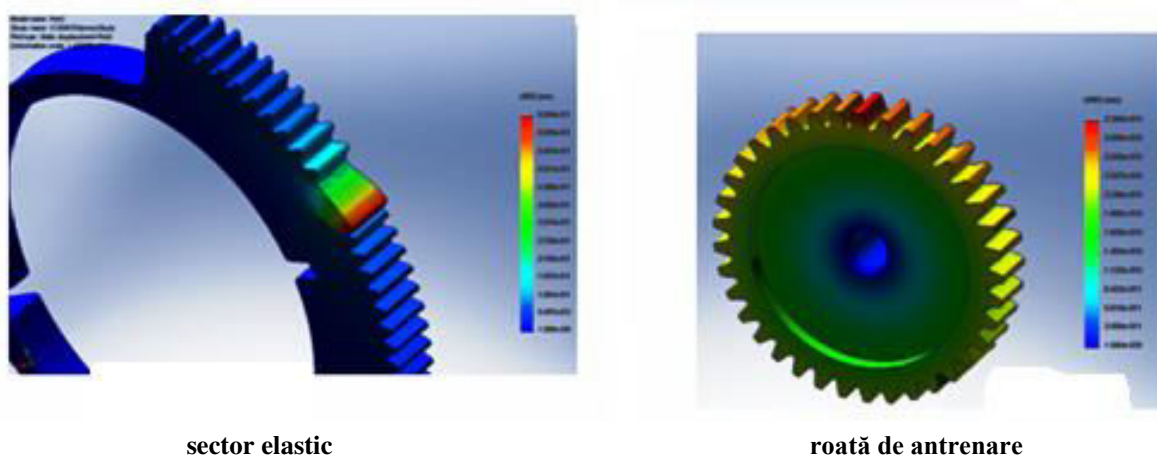
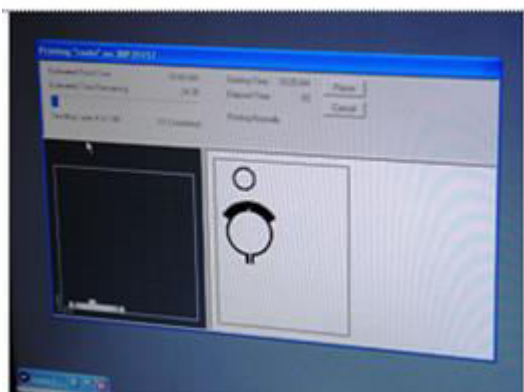


Fig. 9.10 Simularea solicitărilor din angrenare

Printarea tridimensională, 3DP, a componentelor s-a făcut pe echipamentul de la Zcorporation, în condițiile următoare:

- înălțimea maximă a modelului: 15 mm;
- grosimea unui strat depus: 0,1016 mm;
- numărul de straturi: 147;
- timpul estimat pentru construcția modelelor: 25 min;
- consumul estimat al întăritorului (binder): 10,6 ml;
- volumul total al modelelor (pulberii consumate): 19,47 cm<sup>3</sup>.

Imagini din timpul procesului de prototipare, luate atât de pe ecranul computer-ului, cât și din camera (incinta) de construcție a echipamentului (mașinii) se pot observa în fig. 9.11.



imagine de pe ecranul computer-ului



imagine din camera de construcție a echipamentului

Fig. 9.11 Fază a procesului de prototipare 3DP

După ce s-a finalizat procesul, piesele sunt extrase din patul de pulbere al camerei de construcție (v. fig. 9.12), apoi se îndepărtează excesul de pulbere, urmând uscarea într-un cuptor electric și, apoi, durificarea lor prin aplicarea manuală a unei rășini de întărire. Prototipurile astfel obținute sunt evidențiate în fig. 9.13.



Fig. 9.12 Extragerea modelelor printate (prototip)



sector elastic



roată de antrenare

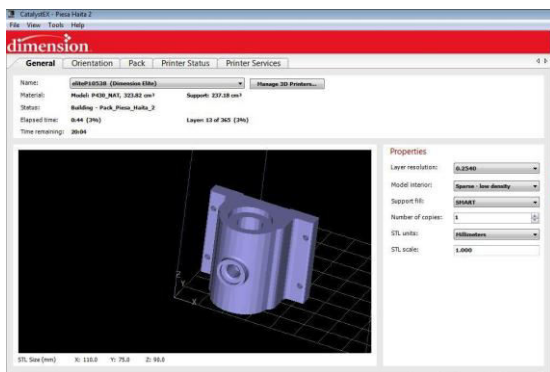
Fig. 9.13 Prototipurile printate, 3DP

### 9.3.2 Modelarea și printarea FDM pentru componente tip suport

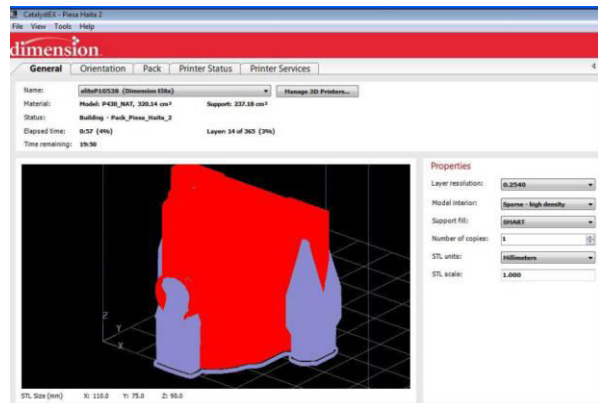
Realizarea de prototipuri înainte de lansarea în producție permite și evaluarea capabilităților de realizare practică de către compartimentele implicate, S.D.V., fabricare sau controlul calității.

Pentru două componente tip suport, s-a realizat prototiparea prin depunere termică, FDM, pe echipament al firmei Stratasys, în următoarele condiții:

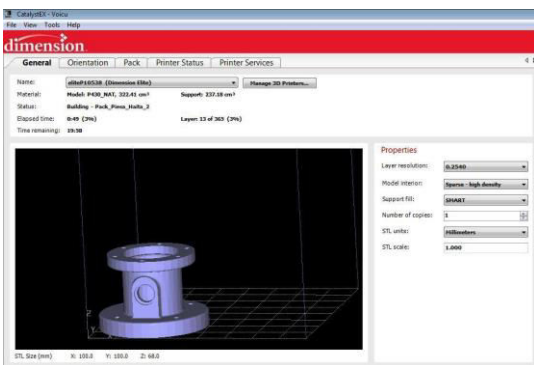
- material de aport: P430 ABS Model – de tip polimer termoplastic sintetic,
- material suport : P400 ABS Model – de tip terpolimer stiren;
- grosimea stratului depus: 0,254 mm -;
- structura suport.stabilită prin sftoware specific echipamentului, CatalystX – v. fig. 9.14.



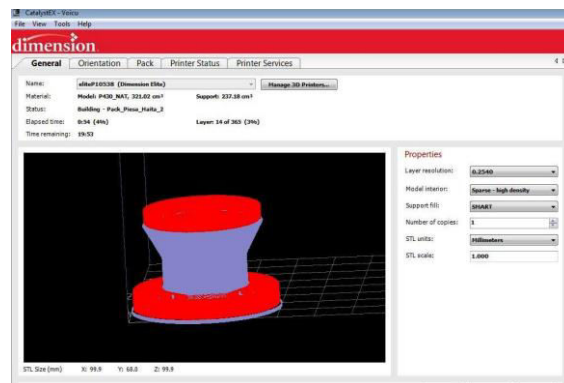
model 1



structură suport model 1



model 2



structură suport model 2

Fig. 9.14 Model și structură suport generată cu CatalystX

Imagini din timpul procesului de prototipare rapidă sunt prezentate în figura 9.15.

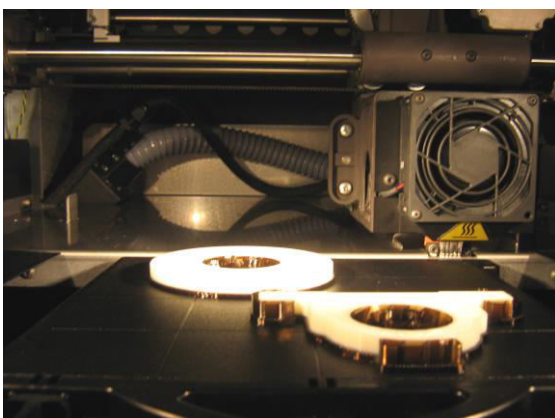


Fig. 9.15 Faze ale procesului de prototipare FDM

După finalizarea procesului de prototipare, placa suport pe care s-au construit prototipurile este imersată într-o cuvă cu soluție specială pentru dizolvarea structurii suport – v. fig. 9.16.



Fig. 9.16 Cuvă pentru dizolvarea structurii suport

În final, prototipurile obținute, prin procedeul FDM, sunt evidențiate în figura 9.17.

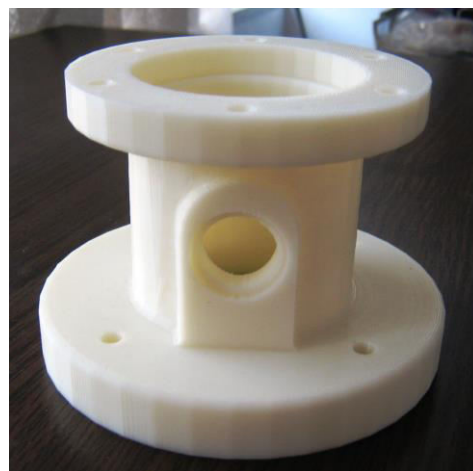
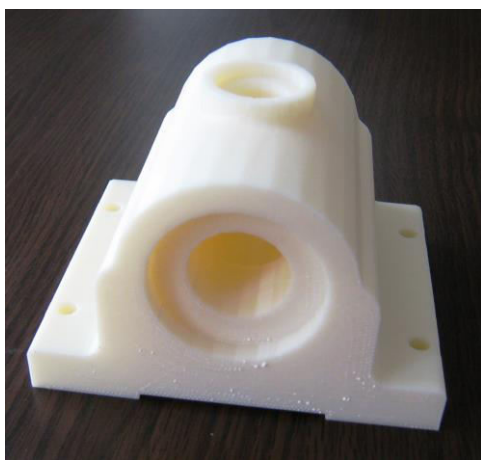


Fig. 9.17 Prototipurile printate, FDM

# **ANEXE**

## ANEXA 1

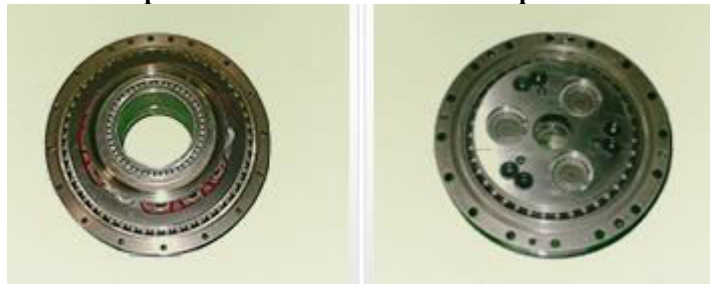
**TIPURI DE COMPONENTE MECANICE ALE ROBOȚILOR INDUSTRIALI****kit gripper (fără servo)**[<http://www.robodyssey.com>]**tip CR-E****tip CR-F****tip CR-C****tip CR-D****reducător cicloidal**[[http://www.tradekorea.com/product-detail/Cycloid\\_Reducer\\_for\\_Robot.html#](http://www.tradekorea.com/product-detail/Cycloid_Reducer_for_Robot.html#)]

Fig A1 Componente mecanice ale roboților industriali



Fig. A2 Robot industrial pentru încărcarea – descărcarea pieselor prelucrate pe centre CNC

[<http://www.fanucrobotics.com/Products/Robots>]

**PROCES TEHNOLOGIC DE FABRICARE**

**Variante : PT1 și PT2**

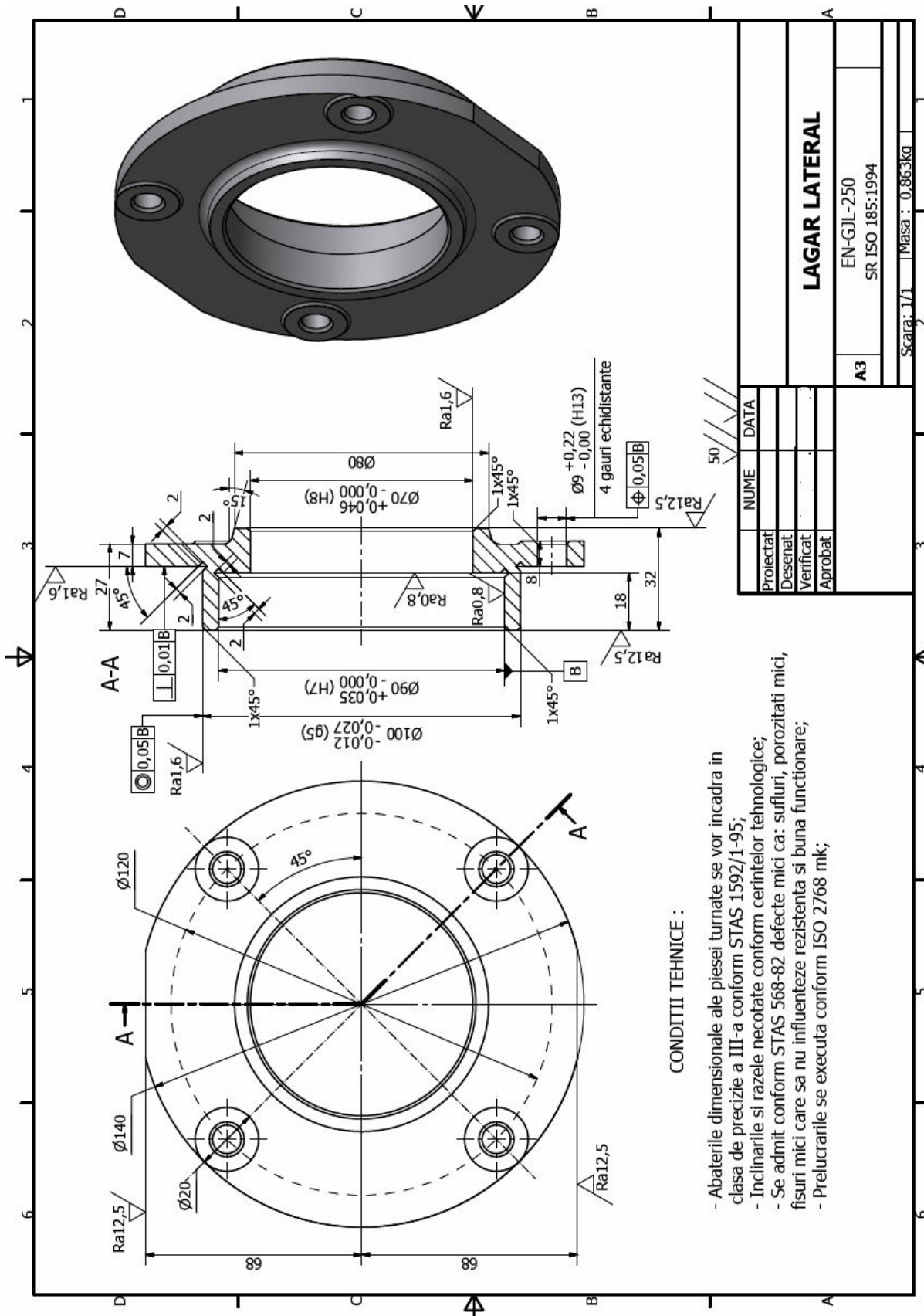
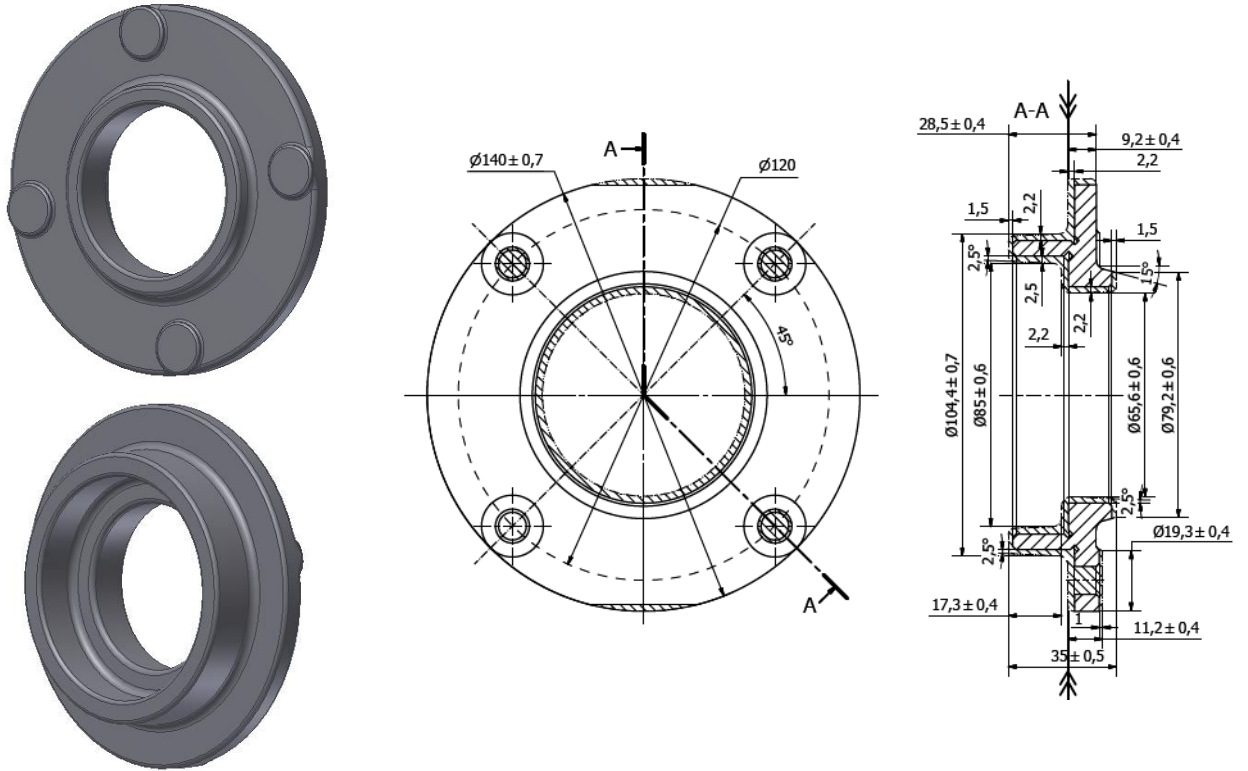
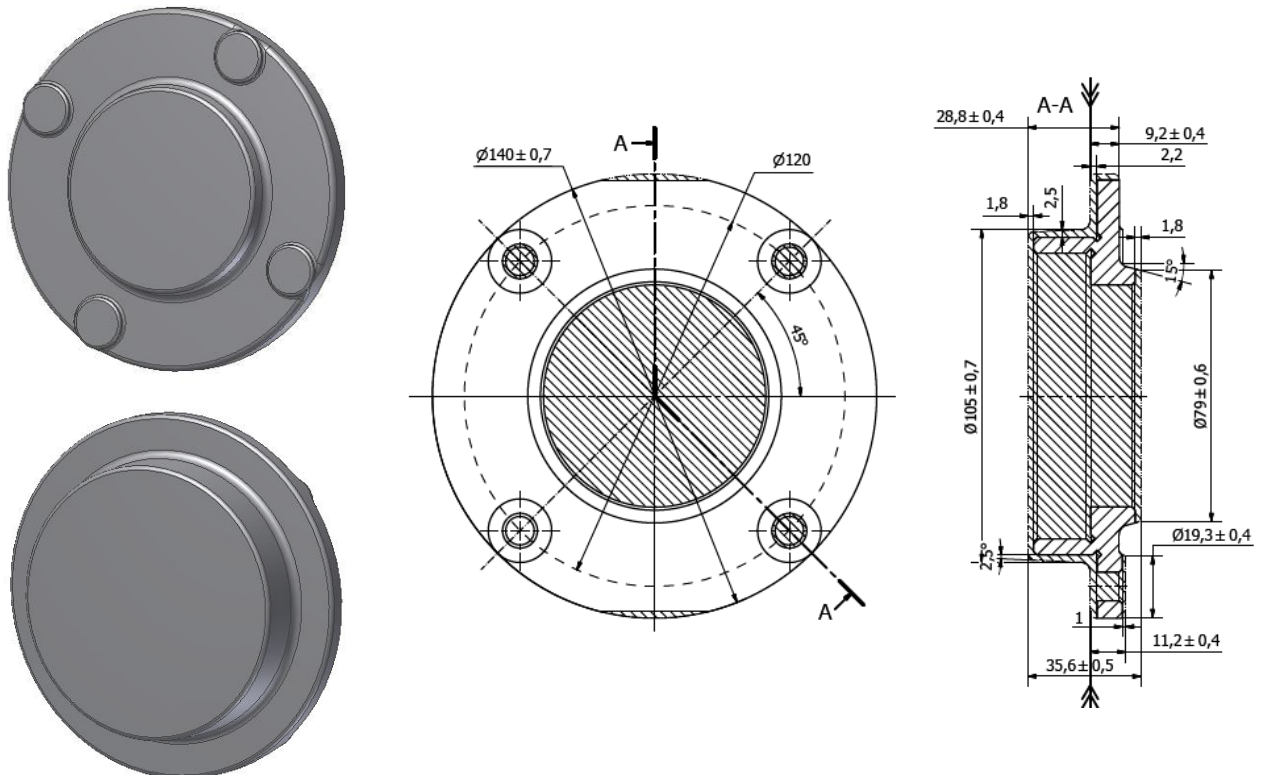


Fig. A3 Desen reper





semifabricat obținut prin turnare în nisip cu formare mecanizată - în formă metalică (cochilă)



semifabricat obținut prin turnare în nisip cu formare manuală - în forme temporar

Fig. A4 Desen semifabricat

## A. Nomenclatorul, fazele și schemele de orientare-fixare asociate operațiilor

Tabelul A1

## Proces tehnologic PT1

Nr. crt.	Denumirea operației	Fazele operației
00	TURNARE	
10	Strunjire I	<p>a. Prinderea semifabricatului</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Strunjire frontală degroșare (<math>S_5</math>) la <math>l = 27^{\pm 0,17}</math> [mm]</li> <li>2. Teșire exterioară (<math>S_6</math>) la <math>1 \times 45^\circ</math></li> <li>3. Strunjire cil. ext. degroșare (<math>S_7</math>) la <math>\Phi 102^{\pm 0,20} \times 19</math> [mm]</li> <li>4. Strunjire frontală degroșare (<math>S_8</math>) la <math>l = 8^{\pm 0,17}</math> [mm]</li> <li>5. Teșire interioară (<math>S_4</math>) la <math>1 \times 45^\circ</math></li> <li>6. Strunjire cil. int. degroș. (<math>S_1</math>) la <math>\Phi 87,6^{\pm 0,20} \times 16,7</math> [mm]</li> <li>7. Strunjire frontală degroșare (<math>S_3</math>) la <math>l = 16,7^{\pm 0,17}</math> [mm]</li> <li>8. Strunjire degajare interioară <math>2 \times 2 \times 45^\circ</math> [mm]</li> <li>9. Strunjire degajare exterioară <math>2 \times 2 \times 45^\circ</math> [mm]</li> <li>10. Strunjire cil. ext. finis.. (<math>S_7</math>) la <math>\Phi 100,6^{\pm 0,08} \times 19,7</math> [mm]</li> <li>11. Strunjire frontală finisare (<math>S_8</math>) la <math>l = 7,3^{\pm 0,07}</math> [mm]</li> <li>12. Strunjire cil. int. finisare (<math>S_1</math>) la <math>\Phi 89^{\pm 0,08} \times 17,5</math> [mm]</li> <li>13. Strunjire frontală finisare (<math>S_3</math>) la <math>l = 17,5^{\pm 0,07}</math> [mm]</li> </ol> <p>b. Desprinderea piesei</p>
20	Strunjire II	<p>a. Prinderea semifabricatului</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Strunjire frontală degroșare (<math>S_{16}</math>) la <math>l = 12,3^{\pm 0,14}</math> [mm]</li> <li>2. Teșire interioară (<math>S_{15}</math>) la <math>1 \times 45^\circ</math></li> <li>3. Strunjire cil. int. degroș. (<math>S_{14}</math>) la <math>\Phi 68^{\pm 0,20} \times 14,5</math> [mm]</li> <li>4. Strunjire cil. int. finisare (<math>S_{14}</math>) la <math>\Phi 69,4^{\pm 0,08} \times 14,5</math> [mm]</li> </ol> <p>b. Desprinderea piesei</p>
30	Găurire - Frezare	<p>a. Prinderea semifabricatului</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Frezare cilindrică (<math>S_{10}, S'_{10}</math>) la <math>l = 68^{\pm 0,2}</math> [mm]</li> <li>2. Frezare frontală (<math>4 \times S_{13}</math>) la <math>l = 8,3^{\pm 0,10}</math> [mm]</li> <li>3. Găurire (<math>4 \times S_{11}</math>) străpuns <math>\Phi 9_0^{+0,220}</math> [mm].</li> <li>5. Adâncire conică (<math>4 \times S_{12}</math>) <math>1 \times 45^\circ</math> [mm]</li> </ol> <p>b. Desprinderea piesei</p>

Tabelul A1 - continuare

## Proces tehnologic PT1

Nr. crt.	Denumirea operației	Fazele operației
40	Rectificare	a. Prinderea semifabricatului 1. Rectif. cil. ext. (S <sub>7</sub> ) la $\Phi 100_{-0,027}^{-0,012} \times 20$ [mm] 2. Rectif. frontală (S <sub>8</sub> ) la $l = 7^{\pm 0,015}$ [mm] 3. Rectif. cil. int. degroș. (S <sub>1</sub> ) la $\Phi 89,8_0^{+0,046} \times 17,9$ [mm] 4. Rectif. frontală degroșare (S <sub>3</sub> ) la $l = 17,9^{\pm 0,015}$ [mm] 5. Rectif. cil. int. (S <sub>14</sub> ) la $\Phi 70_0^{+0,046} \times 14,1$ [mm] 6. Rectif. cil. int. finis. (S <sub>1</sub> ) la $\Phi 90_0^{+0,035} \times 18$ [mm] 7. Rectif. frontală finis (S <sub>3</sub> ) la $l = 18^{\pm 0,010}$ [mm] b. Desprinderea piesei
50	Control final	
60	Conservare-depozitare	

Tabelul A1 - continuare

## Proces tehnologic PT1

Nr. crt.	Denumirea operației	Scheme de orientare-fixare
00	TURNARE	
10	Strunjire I	
20	Strunjire II	
30	Găurire Frezare	

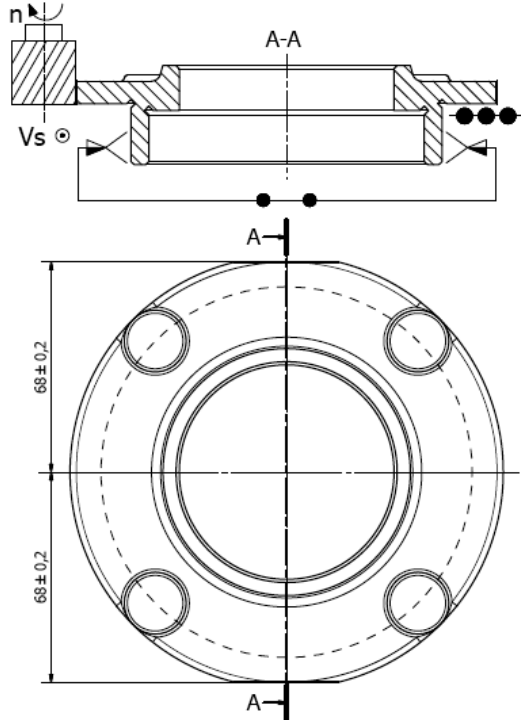
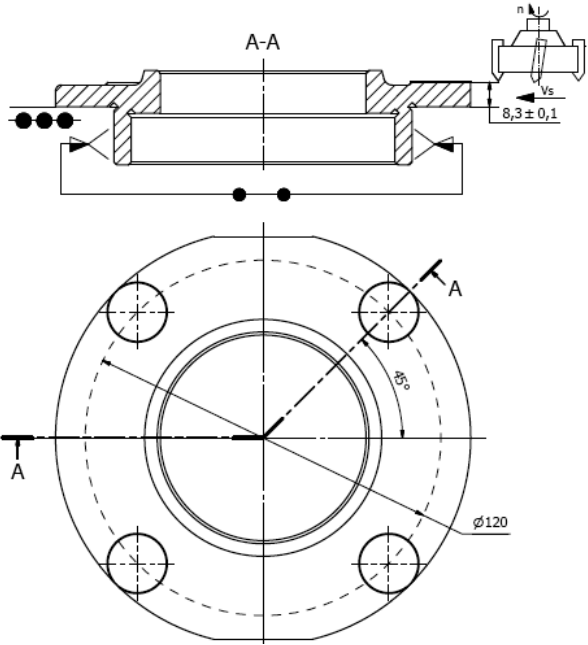
Tabelul A1 - continuare

Proces tehnologic PT1		
Nr. crt.	Denumirea operației	Scheme de orientare-fixare
40	Rectificare	
50	Control final	
60	Conservare-depozitare	

Tabelul A2

Proces tehnologic PT2		
Nr. crt.	Denumirea operației	Fazele operației
00	TURNARE	
10	Strunjire I	idem op.10 – PT1
20	Strunjire II	idem op.20 – PT1
30	Frezare I	a. Prinderea semifabricatul 1. Frezare cilindrica ( $S_{10}, S'_{10}$ ) la $l = 68^{±0,2}$ [mm] (cu indexare la $180^\circ$ ) b. Desprinderea piesei
40	Frezare II	a. Prinderea semifabricatul 1. Frezare frontală ( $4 \times S_{13}$ ) la $l = 8,3^{±0,10}$ [mm] (cu indexare la $90^\circ$ ) b. Desprinderea piesei
50	Găurire - Adâncire	a. Prinderea semifabricatul 1. Găurire ( $4 \times S_{11}$ ) străpuns $\Phi 9_0^{+0,220}$ [mm]. 2. Adâncire conică ( $4 \times S_{12}$ ) $1 \times 45^\circ$ [mm] b. Desprinderea piesei
60	Rectificare	idem op.40 – PT1
50	Control final	
60	Conservare-depozitare	

PT2

Nr. crt.	Denumirea operației	Scheme de orientare-fixare
00	TURNARE	
10	Strunjire I	idem op.10 – PT1
20	Strunjire II	idem op.20 – PT1
30	Frezare I	
40	Frezare II	

## Proces tehnologic PT2

Nr. crt.	Denumirea operației	Scheme de orientare-fixare
50	Găurire - Adâncire conică	
60	Rectificare	idem op.40 – PT1
70	Control final	
80	Conservare-depozitare	

**B. Utilajele și SDV-urile****B.1 Utilajele**

Pentru executarea prelucrărilor mecanice menționate în procesele PT1 și PT2, se vor folosi utilajele, ale căror caracteristici tehnice principale sunt prezentate în continuare:

**Op. 10 și Op. 20 (PT1 și / sau PT2)**

Strung CNC – cu două axe, CL 1500 – v. fig. A.5

- utilaj compact, permițând prelucrarea cu precizie și eficiență ridicată, atât a pieselor mici, compacte, de precizie ridicată, cât și a pieselor de dimensiuni, relativ, mari – care implică anumite condiții “severe” de așchiere



Fig. A.5  
[<http://www.moriseiki.com>]

Diametrul maxim de prelucrare:  $\varnothing 420$  mm / (16.5) inch  
 Lungimea mazimă de prelucrare: 370 mm / (14.5) inch  
 Deplasarea pe axa X: 245 <210+35> (9.6 <8.3+1.4>) [ 245 <220+25> (9.6 <8.7+1.0>) mm / inch  
 {8/10-postrui de lucru în turelă ]  
 Domeniul de turații arbore : 60—6,000 rot/min

### Op. 30 (PT1)

Centru CNC de prelucrare vertical, NV4000 DCG – v. fig. A6

- utilaj ce permite prelucrarea cu precizie și eficiență ridicată, cu sistem ”Driven at the Centre of Gravity, DGC)



Fig. A6  
[<http://www.moriseiki.com>]

Deplasarea pe axa X – mișcare longitudinală a mesei: 600 (23.6) inch  
 Deplasarea pe axa Y – mișcare transversală a saniei: 400 (15.7) inch  
 Deplasarea pe axa Z: – mișcare verticală a arborelui: 400 (15.7) inch  
 Turația maximă arbore : 12,000 rot/min

### Op. 40 (PT1) UltraGrind CNC

Mașină de rectificat CNC cilindric UltraGrind 1000 CNC – v. fig. A7

- utilaj ce oferă stabilitate și rigiditate deosebite, pe lângă o capacitate mare de îndepărtare a așchiilor, asigurând în același timp precizia ridicată necesară prelucrării



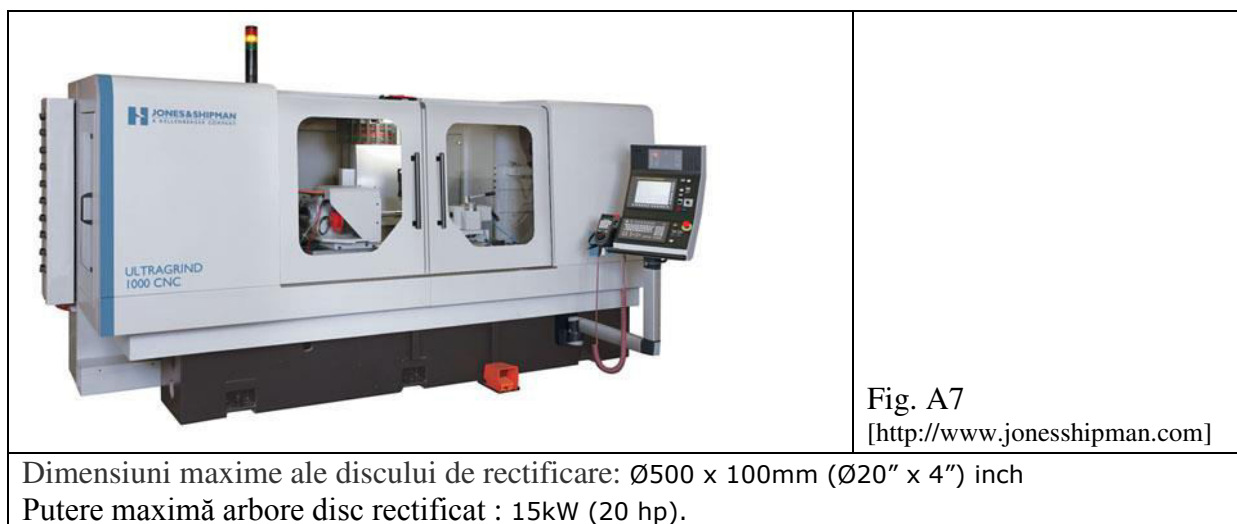


Fig. A7  
[<http://www.jonesshipman.com>]

Dimensiuni maxime ale discului de rectificare:  $\varnothing 500 \times 100\text{mm}$  ( $\varnothing 20'' \times 4''$ ) inch  
Putere maximă arbore disc rectificat : 15kW (20 hp).

Op. 30 și op. 40 (PT2)

Tabelul A3

Denumirea	Caracteristicile tehnice principale	Valoare	Unitatea de măsură
Mașină de frezat universală FU 1	Suprafața mesei	320 × 1325	mm
	Numărul canalelor T	3	mm
	Lățimea canalelor T	18	mm
	Distanța între canalele T	70	mm
	Cursa longitudinală a mesei	700	mm
	Cursa transversală		
	- manuală	250	mm
	- automată	230	mm
	Cursa verticală		
	- manuală	370	mm
	- automată	350	mm
	Distanța minimă și maximă între axul principal și suprafața mesei	30 – 400	mm
	Distanța minimă și maximă între suprafața batiului și mijlocul mesei	210 – 460	mm
	Distanța între axul principal și braț	155	mm
	Conul axului principal	ISO 50	-
Gama rotațiilor axului principal	30; 37,5; 47,5; 60; 75; 95; 118; 150; 190; 235; 300; 375; 475; 600; 750; 950; 1180; 1500.	rot/min	
Gama avansurilor longitudinale și transversale ale mesei	19; 23,5; 30; 37,5; 47,5; 60; 75; 95; 118; 150; 190; 235; 300; 375; 475; 600; 750; 950.	mm/min	
Gama avansurilor verticale ale mesei	1/4 din longitudinal	mm/min	
Unghiul de rotire al mesei	$\pm 45^\circ$	°	
Puterea motorului de acționare a arborelui principal	7,5	kW	
Puterea motorului de avans	2,2	kW	

Op. 50 (PT2)

Tabelul A.4

Denumirea	Caracteristicile tehnice principale	Valoare	Unitatea de măsură
Mașină de găurit verticală G 16	Diametrul de găurire convențional	16	mm
	Diametrul de găurire în oțel	16	mm
	Diametrul de găurire în fontă	25	mm
	Cursa axului principal	160	mm
	Cursa maximă a capului de găurire pe coloană	225	mm
	Distanța maximă dintre coloană și axa axului principal	280	mm
	Conul axului principal	MORSE 3	-
	Distanța maximă dintre masă și axul principal	630	mm
	Distanța maximă dintre placa de bază și axul principal	1060	mm
	Lungimea mesei	400	mm
	Lățimea mesei	300	mm
	Numărul canalelor T	3	-
	Profilul canalelor T	14	mm
	Numărul canalelor T din placa de bază	2	-
	Profilul canalelor T din placa de bază	18	mm
	Suprafața de prindere a plăcii de bază	500/400	mm
	Turațiile axului principal	150; 212; 300; 425; 600; 850; 1180; 1700; 2360	rot/min
	Avansurile axului principal	0,10; 0,16; 0,25; 0,40	mm/rot
	Puterea motorului electric	1,5	kW
	Lungimea maximă	1252	mm
Lățimea maximă	500	mm	
Înălțimea maximă	2300	mm	
Greutatea	700	kg	

## B2. SDV-urile

## ⇒ Scule

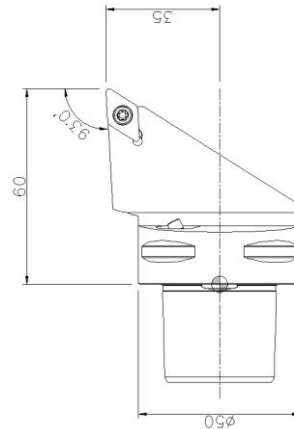
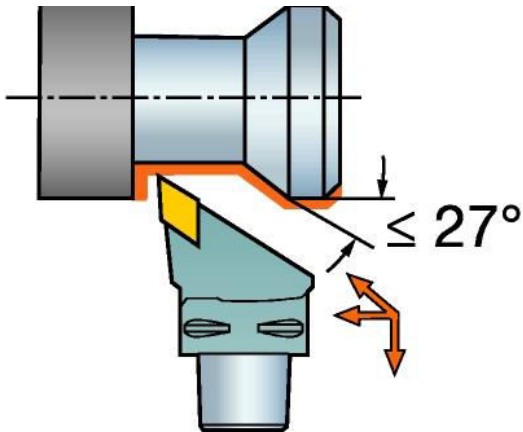
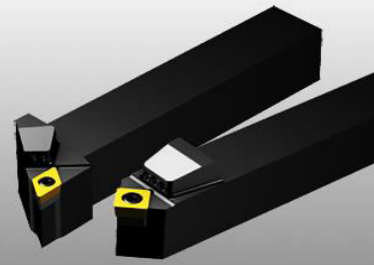
Pentru operațiile de tip strunjire – realizate pe Strung CNC, sculele sunt cele recomandate de producătorul Sandvik Coromant (cu plăcuță așchietoare de tip K), după cum urmează – v. fig. A8

CoroTurn 107

Internal and external turning  
with positive basic-shape insert

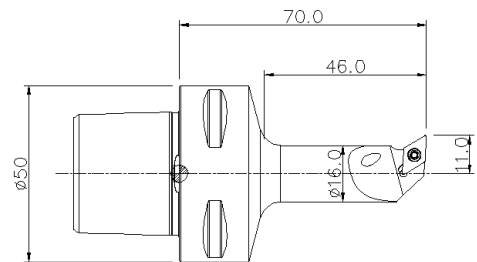
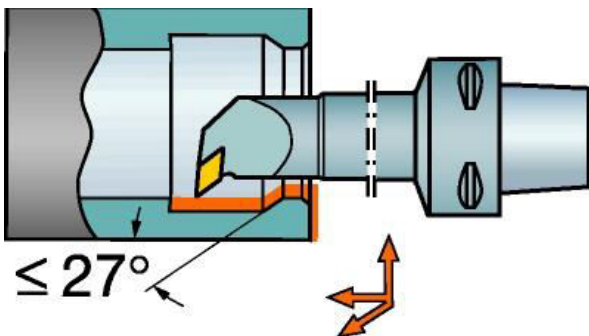
Overview

Assortment



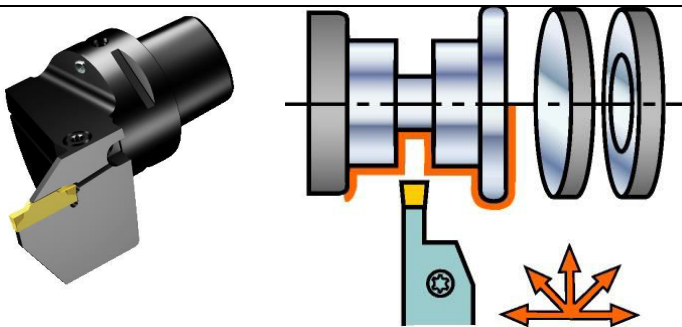
**C5-SDJCR-35060-11 - CoroTurn 107**

Cuțit strunjit exterior



**C5-SDUCR-13080-11 - CoroTurn 107**

Cuțit strunjit interior și frontal



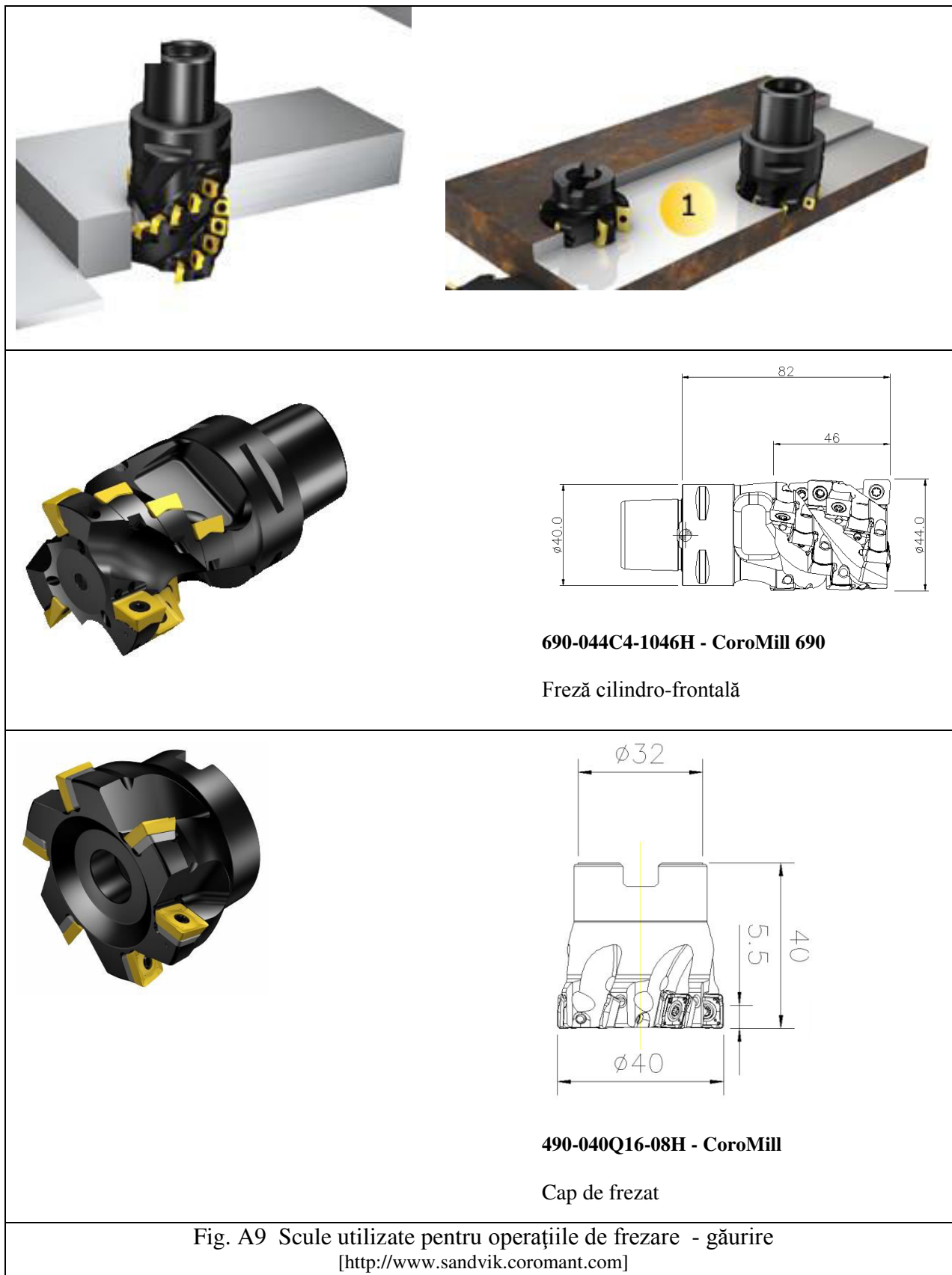
**C5-RF123D15-35055B**

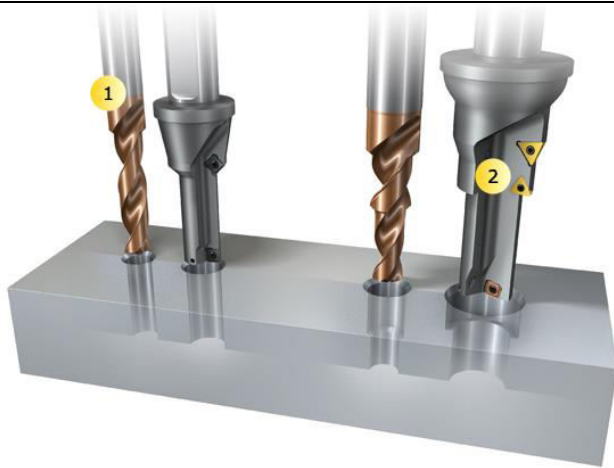
– CoroCut 1-2

Cuțit pentru canelare

Fig. A8 Scule utilizate pentru operațiile de strunjire  
[<http://www.sandvik.coromant.com>]

Pentru operațiile de tip frezare și găurire – realizate pe centru de prelucrare vertical cu CNC, sculele sunt cele recomandate de producătorul Sandvik Coromant (cu plăcuță așchietoare de tip K) după cum urmează – v. fig. A9.



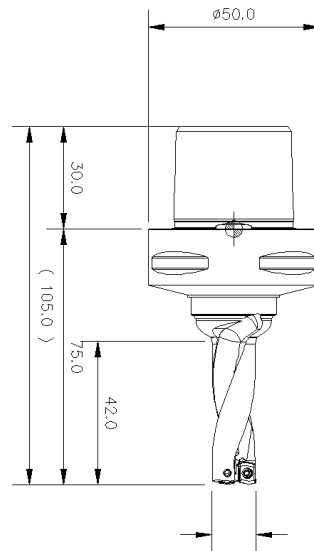


Prelucrare găuri în trepte și cu teșitură



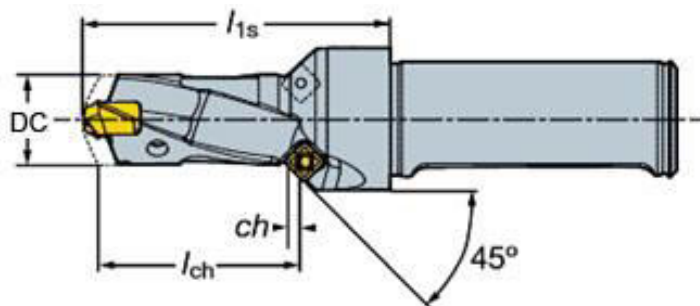
CoroDill 880

Burghiu



CoroDill 870

Adâncitor conic – pentru șanfren / teșitură

Fig. A9 Scule utilizate pentru operațiile de frezare - găurire - continuare  
[<http://www.sandvik.coromant.com>]

Pentru operațiile de tip frezare și găurire – realizate pe mașini unelte clasice, FU 1 și, respectiv, G16, sculele așchietoare sunt menționate în cele ce urmează:

Freză cilindro-frontală cu coadă conică cu diametrul  $D = 32$  mm,  $L = 155$ ,  $l = 53$  mm,  $l_1 = 56$  mm, Con Morse 3,  $z_N = 6$  dinți, din oțel rapid Rp3

Freză 32×155 STAS 1683 – 80/Rp3

Freză frontală cu plăcuțe schimbabile din carburi metalice tip B, cu diametrul nominal  $D = 80$  mm, unghiul de atac  $\kappa = 90^\circ$ , cu dantură deasă (D), cu plăcuțe simbol TPGN220412, pentru grupa de utilizare K20,  $d = 280$  mm,  $H = 42$  mm,  $z = 10$  dinți

Freză B 80×90° D – TPGN 220412 STAS 9211/2 – 86/K20

Burghiu elicoidal scurt cu coadă conică cu diametrul  $D = 9$  mm;  $L = 162$  mm;  $l = 81$  mm; Con Morse 1, din oțel rapid Rp5

Burghiu 9 – 1x STAS 575 – 80/Rp5

Adâncitor conic cu unghiul la vârf  $90^\circ$  cu coadă conică, având:  $D=25$  mm;  $d_1=7$  mm;  $L=121$  mm;  $l = 29$  mm; Con Morse 1; din oțel rapid Rp5

Adâncitor 25×90° STAS 1367/2 – 78/Rp5

Pentru operațiile de tip rectificare – realizate pe mașină de rectificat CNC, discurile de rectificare sunt cele recomandate de producător:

Corp abraziv cilindric plan,  $D = 50$  mm;  $H = 40$  mm;  $d = 16$  mm, material abraziv E, granulație 40 – 25, duritate J – K, liant B

Corp abraziv 50×40×16 STAS 601/1-84/Cn

Corp abraziv cilindric plan cu  $D = 200$  mm;  $H = 32$  mm;  $d = 32$  mm, material abraziv Cn, granulație 40 – 16, duritate K, liant C

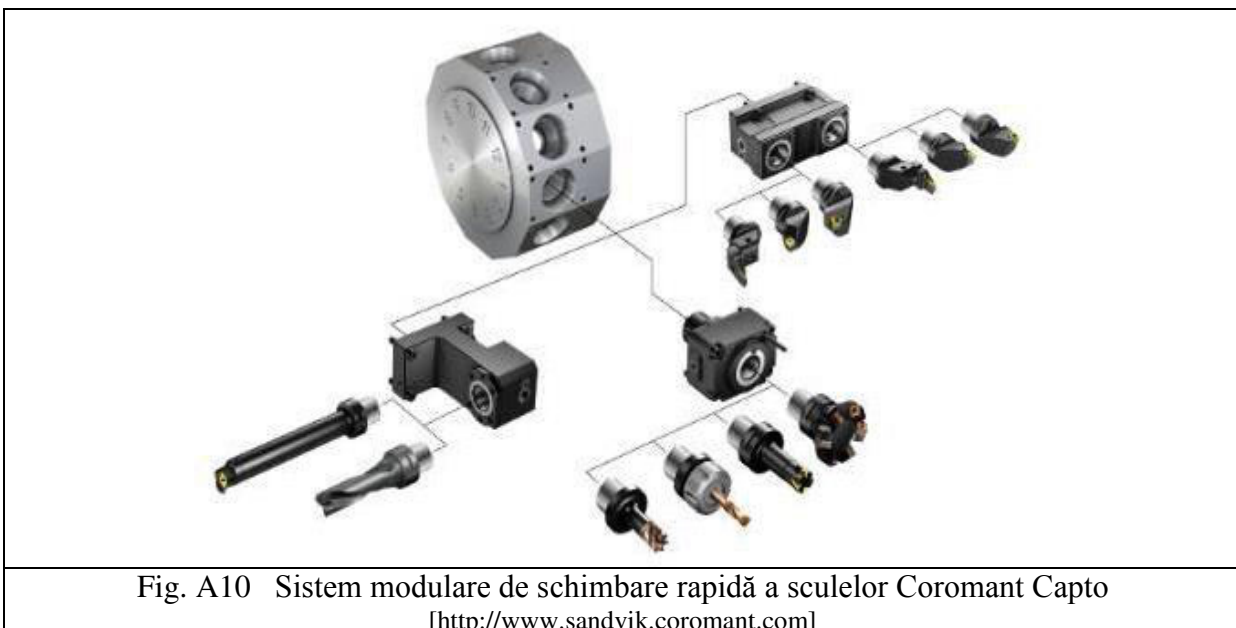
Corp abraziv 200×32×32 STAS 601/1-84/Cn

### ⇒ Dispozitive

Prinderea semifabricatului / piesei se face, fie cu dispozitive din dotarea mașinii-unelte – de tip universal sau autocentrant, fie cu dispozitive speciale

Sculele așchietoare de la Sandvik Coromant – se fixează în sisteme speciale de prindere – denumite Coromant Capto – v. fig. 5.6

Pentru mașinile-unelte clasice, burghiul și / sau freza se montează într-o reducție conică, ce se fixează la rândul ei în Conul Morse al axului principal al mașinii de găurit, respectiv, de frezat.



## ⇒ Verificatoare

Șubler 150 – 0,02 STAS 1373/1 – 87

Calibru T – NT  $\Phi 90$ 

Micrometru 50 ÷ 75/0,002 STAS 11671 – 93

Etaloane rugozitate sau Rugomas

## C. Regimurile de prelucrare – v. tabelul A5 ÷ tabelul A11

## Op. 10 (PT1 și / sau PT2)

Tabelul A5

Nr. fază	Fazele operației	Cuplul SF – SA	$a_p$ [mm]	f [mm/rot]	v [m/min]	n [rot/min]	i
1	Strunjire frontală degroșare ( $S_5$ ) la $l = 27^{\pm 0,17}$ [mm]	(EN-GJL-250) Fc 250 – K30	1,5	0,30	39,20	120	1
2	Teșire exterioară ( $S_6$ ) la $1 \times 45^\circ$	Fc 250 – K30	1,0	0,30	39,20	120	1
3	Strunjire cil. ext. degroșare ( $S_7$ ) la $\Phi 102^{\pm 0,20} \times 19$ [mm]	Fc 250 – K30	1,2	0,30	39,20	120	1
4	Strunjire frontală degroșare ( $S_8$ ) la $l = 8^{\pm 0,17}$ [mm]	Fc 250 – K30	1,2	0,30	52,76	120	1
5	Teșire interioară ( $S_4$ ) la $1 \times 45^\circ$	Fc 250 – K30	1,0	0,26	27,10	100	1
6	Strunjire cil. int. degroș. ( $S_1$ ) la $\Phi 87,6^{\pm 0,20} \times 16,7$ [mm]	Fc 250 – K30	1,3	0,26	27,10	100	1
7	Strunjire frontală degroșare ( $S_3$ ) la $l = 16,7^{\pm 0,17}$ [mm]	Fc 250 – K30	0,9	0,26	27,10	100	1
8	Strunjire degajare interioară $2 \times 2 \times 45^\circ$ [mm]	Fc 250 – K20	2,0	0,18	30,26	110	1
9	Strunjire degajare exterioară $2 \times 2 \times 45^\circ$ [mm]	Fc 250 – K20	2,0	0,18	35,23	110	1
10	Strunjire cil. ext. finis.. ( $S_7$ ) la $\Phi 100,6^{\pm 0,08} \times 19,7$ [mm]	Fc 250 – K10	1,4	0,10	173,74	550	1
11	Strunjire frontală finisare ( $S_8$ ) la $l = 7,3^{\pm 0,07}$ [mm]	Fc 250 – K10	0,7	0,10	241,78	550	1
12	Strunjire cil. int. finisare ( $S_1$ ) la $\Phi 89^{\pm 0,08} \times 17,5$ [mm]	Fc 250 – K10	0,7	0,08	139,73	500	1
13	Strunjire frontală finisare ( $S_3$ ) la $l = 17,5^{\pm 0,07}$ [mm]	Fc 250 – K10	0,8	0,08	139,73	500	1

## Op. 20 (PT1 și / sau PT2)

Tabelul A.6

Nr. fază	Fazele operației	Cuplul SF – SA	$a_p$ [mm]	$f$ [mm/rot]	$v$ [m/min]	$n$ [rot/min]	$i$
1	Strunjire frontală degroșare ( $S_{16}$ ) la $l = 12,3^{±0,14}$ [mm]	(EN-GJL-250) Fc 250 – K30	1,5	0,30	30,14	120	1
2	Teșire interioară ( $S_{15}$ ) la $1 \times 45^\circ$	Fc 250 – K30	1,0	0,26	21,35	100	1
3	Strunjire cil. int. degroș. ( $S_{14}$ ) la $\Phi 68^{±0,20} \times 14,5$ [mm]	Fc 250 – K30	1,2	0,26	21,35	100	1
4	Strunjire cil. int. finisare ( $S_{14}$ ) la $\Phi 69,4^{±0,08} \times 14,5$ [mm]	Fc 250 – K10	0,7	0,08	108,96	500	1

## Op. 30 (PT1)

Tabelul A7

Nr. fază	Fazele operației	Cuplul SF – SA	$a_p$ [mm]	$f$ [mm/rot]	$v$ [m/min]	$n$ [rot/min]	$i$
1	Frezare cilindrică ( $S_{10}$ , $S'_{10}$ ) la $l = 68^{±0,2}$ [mm]	(EN-GJL-250) Fc 250 – K20	2,0 / 7,3	$v_s = 168$ mm/min	38,68	280	1
2	Frezare frontală ( $4 \times S_{13}$ ) la $l = 8,5^{±0,10}$ [mm]	Fc 250 – K20	1,0 / 20,0	$v_s = 425$ mm/min	125,6	500	1
3	Găurire ( $4 \times S_{11}$ ) străpuns $\Phi 9_0^{+0,220}$ [mm].	Fc 250 – K20	4,5	0,20	28,26	1000	4x1
4	Adâncire conică ( $4 \times S_{12}$ ) $1 \times 45^\circ$ [mm]	Fc 250 – K20	1,0	0,18	34,54	1000	4x1

## Op. 40 (PT1 și / sau PT2)

Tabelul A8

Nr. fază	Fazele operației	Cuplul SF – SA	$a_p$ [mm]	$f$ [mm/rot]	$\frac{v_p}{v_s}$ [m/min] / [m/s]	$n_s$ [rot/min]	$i$
1	Rectif. cil. ext. ( $S_7$ ) la $\Phi 100_{-0,027}^{-0,012} \times 20$ [mm]	(EN-GJL-250) Fc 250 – Cn	0,3	22	20 / 65,85	2800	15
2	Rectif. frontală ( $S_8$ ) la $l = 7^{±0,015}$ [mm]	Fc 250 – Cn	0,3	22	20 / 65,85	2800	15
3	Rectif. cil. int. degroș. ( $S_1$ ) la $\Phi 89,8_0^{+0,046} \times 17,9$ [mm]	Fc 250 – Cn	0,4	22	16,1 / 39,25	2500	20
4	Rectif. frontală degroșare ( $S_3$ ) la $l = 17,9^{±0,015}$ [mm]	Fc 250 – Cn	0,4	22	16,1 / 39,25	2500	20



**Op. 40 (PT1 și / sau PT2)****Tabelul A8 - continuare**

Nr. fază	Fazele operației	Cuplul SF – SA	$a_p$ [mm]	$f_l$ [mm/rot]	$v_p$ [m/min] / $v_s$ [m/s]	$n_s$ [rot/min]	$i$
5	Rectif. cil. int. ( $S_{14}$ ) la $\Phi 70_0^{+0,046} \times 14,1$ [mm]	Fc 250 – Cn	0,3	22	16 / 39,25	2500	15
6	Rectif. cil. int. finis. ( $S_1$ ) la $\Phi 90_0^{+0,035} \times 18$ [mm]	Fc 250 – Cn	0,1	18	21 / 48,67	3100	10
7	Rectif. frontală finis ( $S_3$ ) la $l = 18^{\pm 0,010}$ [mm]	Fc 250 – Cn	0,1	18	21 / 48,67	3100	10

**Op. 30 (PT2)****Tabelul A9**

Nr. fază	Fazele operației	Cuplul SF – SA	$a_p$ [mm]	$f$ [mm/rot]	$v$ [m/min]	$n$ [rot/min]	$i$
1	Frezare cilindrică ( $S_{10}$ , $S'_{10}$ ) la $l = 68^{\pm 0,2}$ [mm]	(EN-GJL-250) Fc 250 – K20	2,0 / 7,3	$v_s = 60$ mm/min	15,01	100	1

**Op. 40 (PT2)****Tabelul A10**

Nr. fază	Fazele operației	Cuplul SF – SA	$a_p$ [mm]	$f$ [mm/rot]	$v$ [m/min]	$n$ [rot/min]	$i$
1	Frezare frontală (4 x $S_{13}$ ) la $l = 8,5^{\pm 0,10}$ [mm]	Fc 250 – K20	1,0 / 20,0	$v_s = 300$ mm/min	75,36	300	1

**Op. 50 (PT2)****Tabelul A11**

Nr. fază	Fazele operației	Cuplul SF – SA	$t$ [mm]	$s$ [mm/rot]	$v$ [m/min]	$n$ [rot/min]	$i$
1	Găurire (4 x $S_{11}$ ) străpuns $\Phi 9_0^{+0,220}$ [mm].	Fc 250 – K20	4,5	0,18	22,61	800	4x1
2	Adâncire conică (4 x $S_{12}$ ) 1x 45° [mm]	Fc 250 – K20	1,0	0,14	27,63	800	4x1

unde :  $f$  reprezintă avansul de așchiere [mm/rot]

$a_p$  – adâncimea de așchiere [mm]

$v$  – viteza de așchiere [m/min]

$n$  – turația mișcării principale de așchiere [rot/min]

$v_s$  – viteza de avans [mm/min]

$f_l$  – avansul longitudinal [mm/rot] – la rectificare

$v_p$  – viteza de rotație a piesei [m/min] – la rectificare

$n_s$  – turația discului abraziv [rot/min] – la rectificare

$v_s$  – viteza de rotație a discului abrazivi [m/s] – la rectificare

## D. Normele de timp - - v. tabelul A12 ÷ tabelul A18

## Op. 10 (PT1 și / sau PT2)

Tabelul A12

Nr. fază	Fazele operației	$T_b$ [min]	$T_a$ [min]	$T_{dt} / T_{da}$ [min]	$T_{on}$ [min]	$T_{pi}$ [min]	$N_T$ [min/buc]
1	Strunjire frontală degroșare ( $S_5$ ) la $l = 27^{\pm 0,17}$ [mm]	0,41	6,4	0,30 / 0,53	1,58	74	15,38
2	Teșire exterioară ( $S_6$ ) la $1 \times 45^\circ$	0,11					
3	Strunjire cil. ext. degroșare ( $S_7$ ) la $\Phi 102^{\pm 0,20} \times 19$ [mm]	0,64					
4	Strunjire frontală degroșare ( $S_8$ ) la $l = 8^{\pm 0,17}$ [mm]	0,67					
5	Teșire interioară ( $S_4$ ) la $1 \times 45^\circ$	0,15					
6	Strunjire cil. int. degroș. ( $S_1$ ) la $\Phi 87,6^{\pm 0,20} \times 16,7$ [mm]	0,74					
7	Strunjire frontală degroșare ( $S_3$ ) la $l = 16,7^{\pm 0,17}$ [mm]	0,73					
8	Strunjire degajare interioară $2 \times 2 \times 45^\circ$ [mm]	0,26					
9	Strunjire degajare exterioară $2 \times 2 \times 45^\circ$ [mm]	0,25					
10	Strunjire cil. ext. finis.. ( $S_7$ ) la $\Phi 100,6^{\pm 0,08} \times 19,7$ [mm]	0,42					
11	Strunjire frontală finisare ( $S_8$ ) la $l = 7,3^{\pm 0,07}$ [mm]	0,44					
12	Strunjire cil. int. finisare ( $S_1$ ) la $\Phi 89^{\pm 0,08} \times 17,5$ [mm]	0,51					
13	Strunjire frontală finisare ( $S_3$ ) la $l = 17,5^{\pm 0,07}$ [mm]	0,50					
$\sum_i T_{bi}$		5,83					$T_u = 14,64$

## Op. 20 (PT1 și / sau PT2)

Tabelul A13

Nr. fază	Fazele operației	$T_b$ [min]	$T_a$ [min]	$T_{dt} / T_{da}$ [min]	$T_{on}$ [min]	$T_{pi}$ [min]	$N_T$ [min/buc]
1	Strunjire frontală degroșare ( $S_{16}$ ) la $l = 12,3^{+0,14}$ [mm]	0,26	4,7	0,07 / 0,09	0,27	48	6,99
2	Teșire interioară ( $S_{15}$ ) la $1 \times 45^\circ$	0,12					
3	Strunjire cil. int. degroș. ( $S_{14}$ ) la $\Phi 68^{+0,20} \times 14,5$ [mm]	0,66					
4	Strunjire cil. int. finisare ( $S_{14}$ ) la $\Phi 69,4^{+0,08} \times 14,5$ [mm]	0,34					
$\sum_i T_{bi}$		1,38					$T_u = 6,51$

## Op. 30 (PT1)

Tabelul A14

Nr. fază	Fazele operației	$T_b$ [min]	$T_a$ [min]	$T_{dt} / T_{da}$ [min]	$T_{on}$ [min]	$T_{pi}$ [min]	$N_T$ [min/buc]
1	Frezare cilindrică ( $S_{10}$ , $S'_{10}$ ) la $l = 68^{+0,2}$ [mm]	0,18	4,4	0,04 / 0,05	0,15	40	5,75
2	Frezare frontală ( $4 \times S_{13}$ ) la $l = 8,5^{+0,10}$ [mm]	0,24					
3	Găurire ( $4 \times S_{11}$ ) străpuns $\Phi 9_0^{+0,220}$ [mm].	0,22					
4	Adâncire conică ( $4 \times S_{12}$ ) $1 \times 45^\circ$ [mm]	0,07					
$\sum_i T_{bi}$		0,71					$T_u = 5,35$

## Op. 40 (PT1 și / sau PT2)

Tabelul A15

Nr. fază	Fazele operației	$T_b$ [min]	$T_a$ [min]	$T_{dt} / T_{da}$ [min]	$T_{on}$ [min]	$T_{pi}$ [min]	$N_T$ [min/buc]
1	Rectif. cil. ext. ( $S_7$ ) la $\Phi 100_{-0,027}^{-0,012} \times 20$ [mm]	17,4	11	4,28 / 5,84	7,15	82	154,54
2	Rectif. frontală ( $S_8$ ) la $l = 7^{+0,015}$ [mm]	18					
3	Rectif. cil. int. degroș. ( $S_1$ ) la $\Phi 89,8_0^{+0,046} \times 17,9$ [mm]	26,25					
4	Rectif. frontală degroșare ( $S_3$ ) la $l = 17,9^{+0,015}$ [mm]	26,25					

## Op. 40 (PT1 și / sau PT2)

Tabelul A15 - continuare

Nr. fază	Fazele operației	$T_b$ [min]	$T_a$ [min]	$T_{dt} / T_{da}$ [min]	$T_{on}$ [min]	$T_{pi}$ [min]	$N_T$ [min/buc]
5	Rectif. cil. int. ( $S_{14}$ ) la $\Phi 70_0^{+0,046} \times 14,1$ [mm]	15,94					
6	Rectif. cil. int. finis. ( $S_1$ ) la $\Phi 90_0^{+0,035} \times 18$ [mm]	10,48					
7	Rectif. frontală finis ( $S_3$ ) la $l = 18^{\pm 0,010}$ [mm]	11,43					
$\sum_i T_{bi}$		125,75					$T_u =$ =153,72

## Op. 30 (PT2)

Tabelul A16

Nr. fază	Fazele operației	$T_b$ [min]	$T_a$ [min]	$T_{dt} / T_{da}$ [min]	$T_{on}$ [min]	$T_{pi}$ [min]	$N_T$ [min/buc]
1	Frezare cilindrică ( $S_{10}$ , $S'_{10}$ ) la $l = 68^{\pm 0,2}$ [mm]	1,02	5,6	0,05 / 0,07	0,020	36	7,12
$\sum_i T_{bi}$		1,02					$T_u =$ =6,76

## Op. 40 (PT2)

Tabelul A17

Nr. fază	Fazele operației	$T_b$ [min]	$T_a$ [min]	$T_{dt} / T_{da}$ [min]	$T_{on}$ [min]	$T_{pi}$ [min]	$N_T$ [min/buc]
1	Frezare frontală (4 x $S_{13}$ ) la $l = 8,5^{\pm 0,10}$ [mm]	0,38	6,8	0,02 / 0,07	0,022	36	7,65
$\sum_i T_{bi}$		0,38					$T_u =$ =7,29



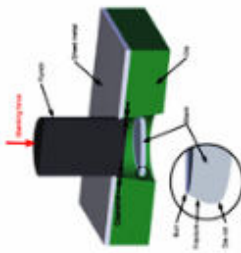

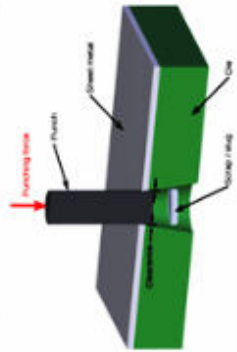







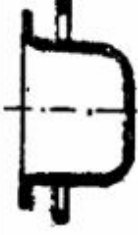
## Op. 50 (PT2)

Tabelul A18

Nr. fază	Fazele operației	$T_b$ [min]	$T_a$ [min]	$T_{dt} / T_{da}$ [min]	$T_{on}$ [min]	$T_{pi}$ [min]	$N_T$ [min/buc]
1	Găurire (4 x $S_{11}$ ) străpuns $\Phi 9_0^{+0,220}$ [mm].	0,34	4,4	0,03 / 0,06	0,015	21	5,33
2	Adâncire conică (4 x $S_{12}$ ) 1x 45° [mm]	0,27					
$\sum_i T_{bi}$		0,61					$T_u =$ =5,12

ANEXA 3

**DEFORMARE PLASTICĂ LA RECE - PRELUCRĂRI DE TIP TĂIERE**

Denumire	Schită		Definire
Retezare <b>Parting</b>			Separarea completă a materialului din semifabricat, după un contur deschis
Decupare <b>Blanking</b>			Separarea completă a materialului din semifabricat, după un contur închis
Perforare <b>Punching</b>		  <p>Perforating</p>	Separarea completă a unei părți de material din interiorul piesei, după un contur închis
Crestare <b>Lancing</b>			Separarea parțială a materialului după un contur deschis, fără înălțurarea părții ce a fost separată
Secționare <b>Cutoff</b>			Divizarea semifabricatelor plate, îndoite sau cave, în două sau câteva piese separate
Tăierea marginilor <b>Trimming</b>			Separarea marginii neuniforme sau a surplusului de material de la exteriorul pieselor ambutsitate sau presate

## ANEXA 4

**PROIECTARE PROCES TEHNOLOGIC ȘI ECHIPAMENT DE PRELUCRARE  
PRIN DEFORMARE PLASTICĂ LA RECE PENTRU FABRICAREA  
REPERULUI „ȘAIBĂ NAS”**

A. Desenul de execuție al reperului este cel din fig. A.11

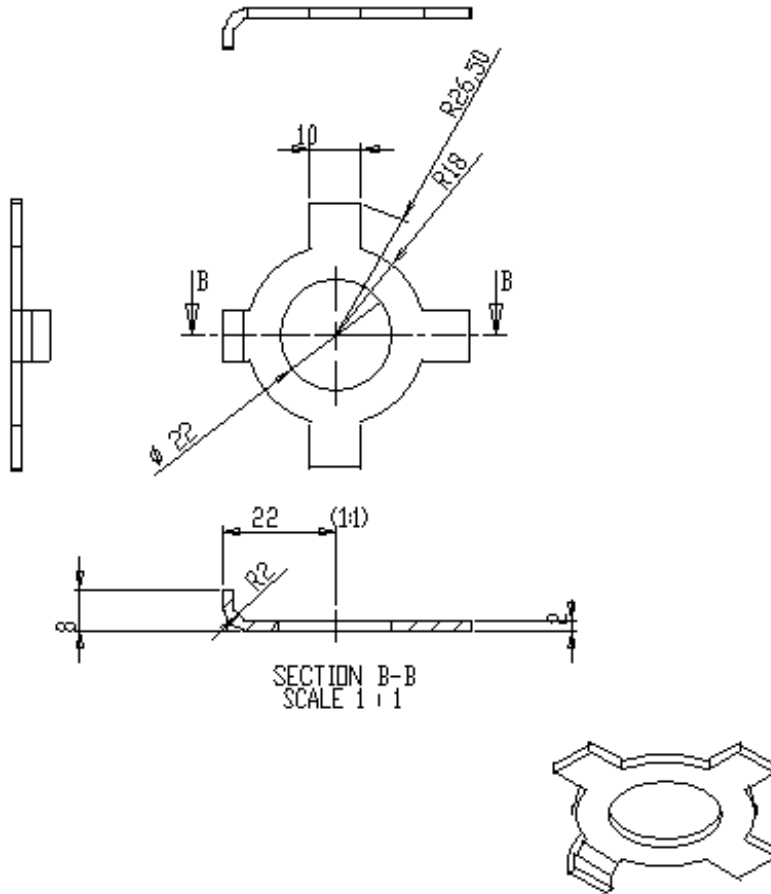


Fig. A11 Desen reper „ȘAIBĂ NAS”

B. Materialul prescris este OL 37, STAS 500/2-80

C. Forma și dimensiunile semifabricatului plan sunt determinate prin calcul rezultând cele prezentate în fig. A12

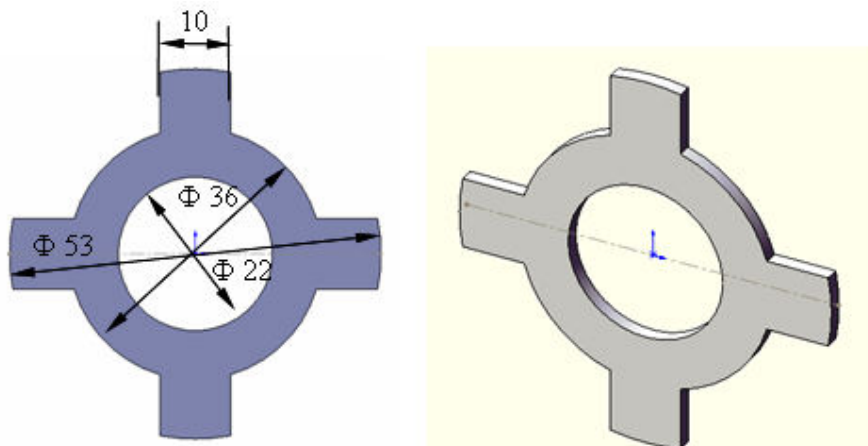


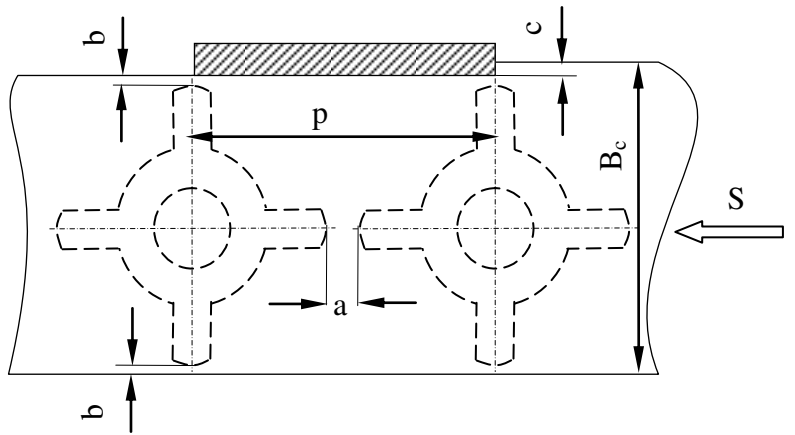
Fig. A12 Desfășurată reper

D. Scheme de croire – sunt evidențiate câteva tipuri în cele ce urmează – v. fig. A13..

- croire cu deșeuri
- croire dreaptă, pe un rând, cu
- cuțit de pas

$$B_c = 59,4 \text{ mm} ; B_{STAS} = 60 \text{ mm.}$$

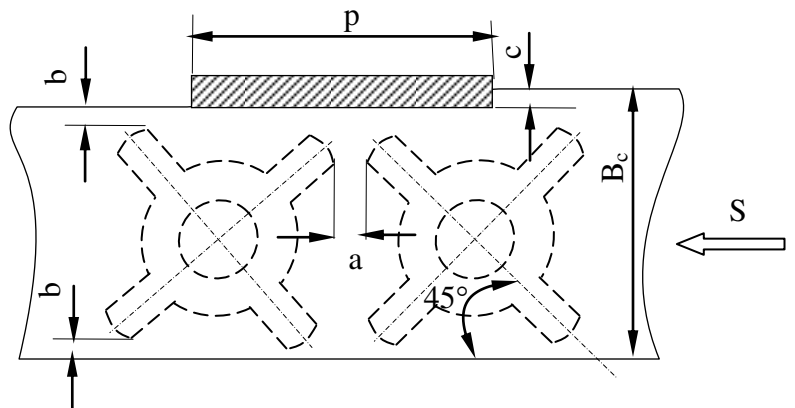
$$k_c = 48,78 \% ; k_u = 37,86 \%$$



- croire cu deșeuri
- croire înclinată, pe un rând, cu
- cuțit de pas

$$B_c = 49,5 \text{ mm} ; B_{STAS} = 50 \text{ mm.}$$

$$k_c = 76,30 \% ; k_u = 59,22 \%$$



- croire cu deșeuri
- croire dreaptă, pe două rânduri,
- cuțit de pas

$$B_c = 113,7 \text{ mm} ;$$

$$B_{STAS} = 115 \text{ mm.}$$

$$k_c = 54,36 \% ; k_u = 42,20 \%$$

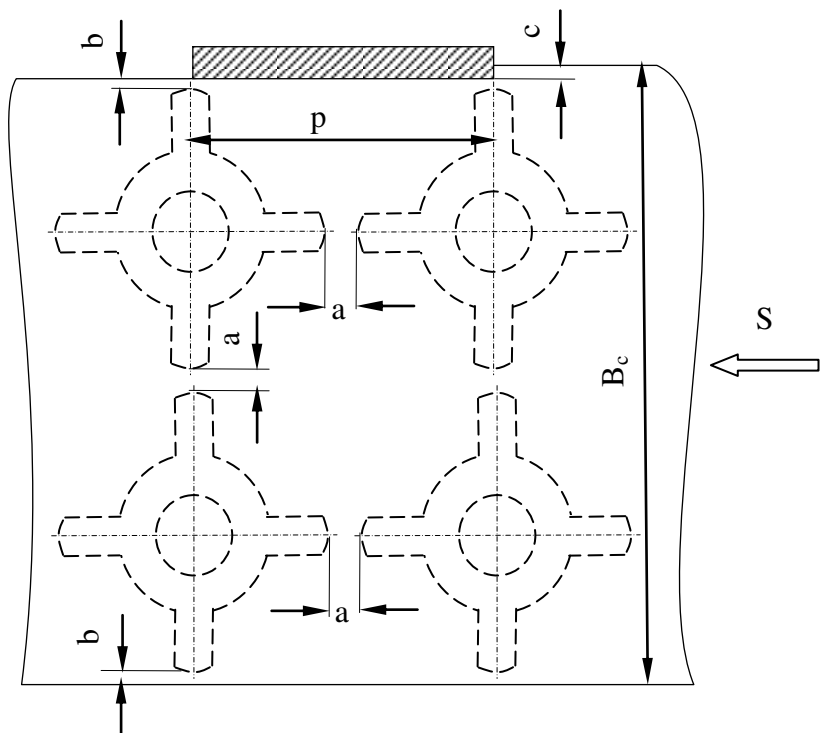


Fig. A13 Scheme de croire

E. Schema tehnologică – pentru obținerea piesei pe o matriță combinată cu acțiune succesiv-simultană este redată în fig. A14

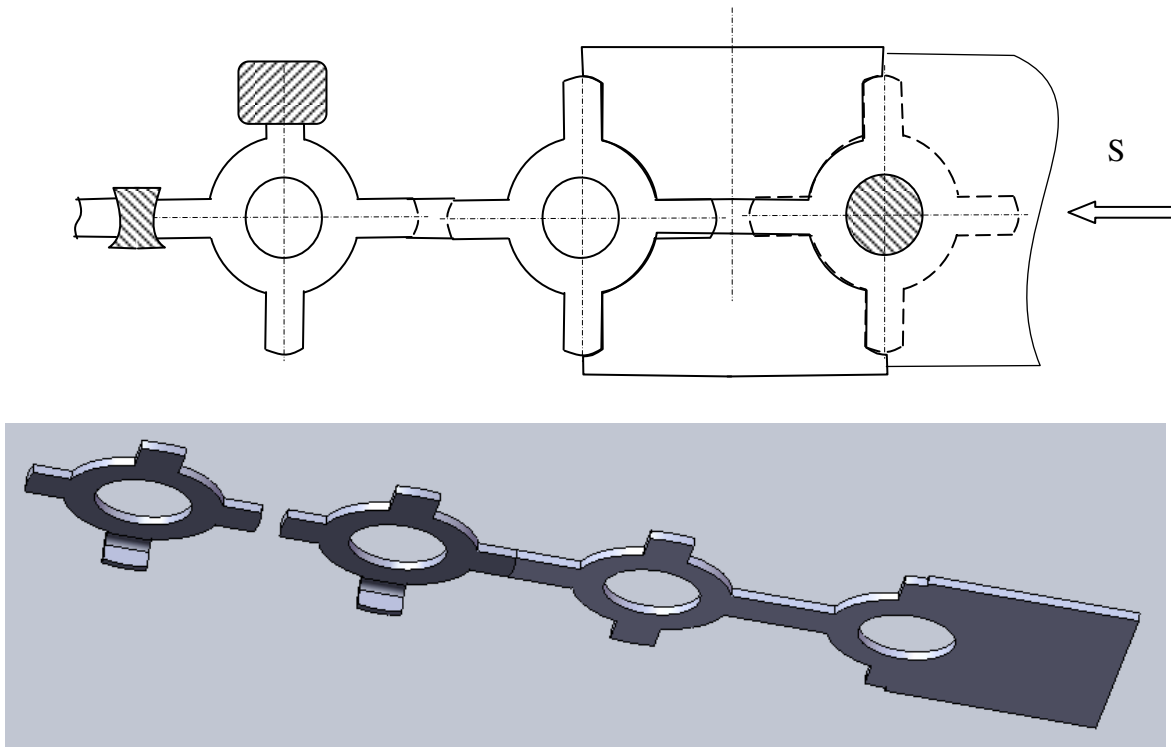


Fig. A14 Schema tehnologică

F. Poziția centrului de presiune al matriței se stabilește prin calcul analitic – v. fig. A15

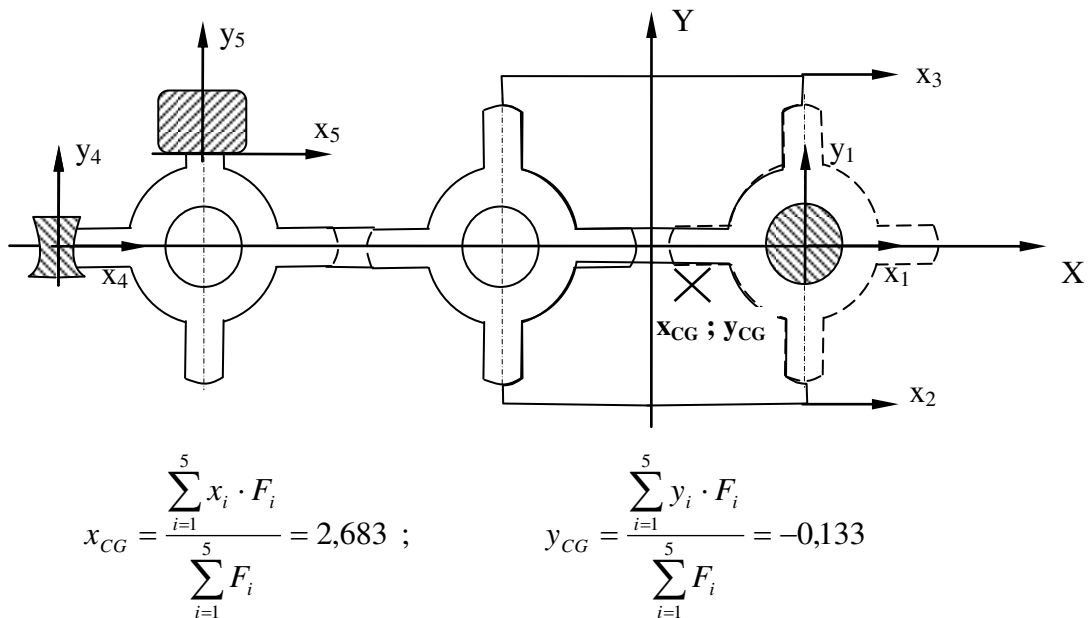


Fig. A15 Stabilirea centrului de presiune

G. Imagini ale matriței proiectate sunt prezentate în fig. A16.



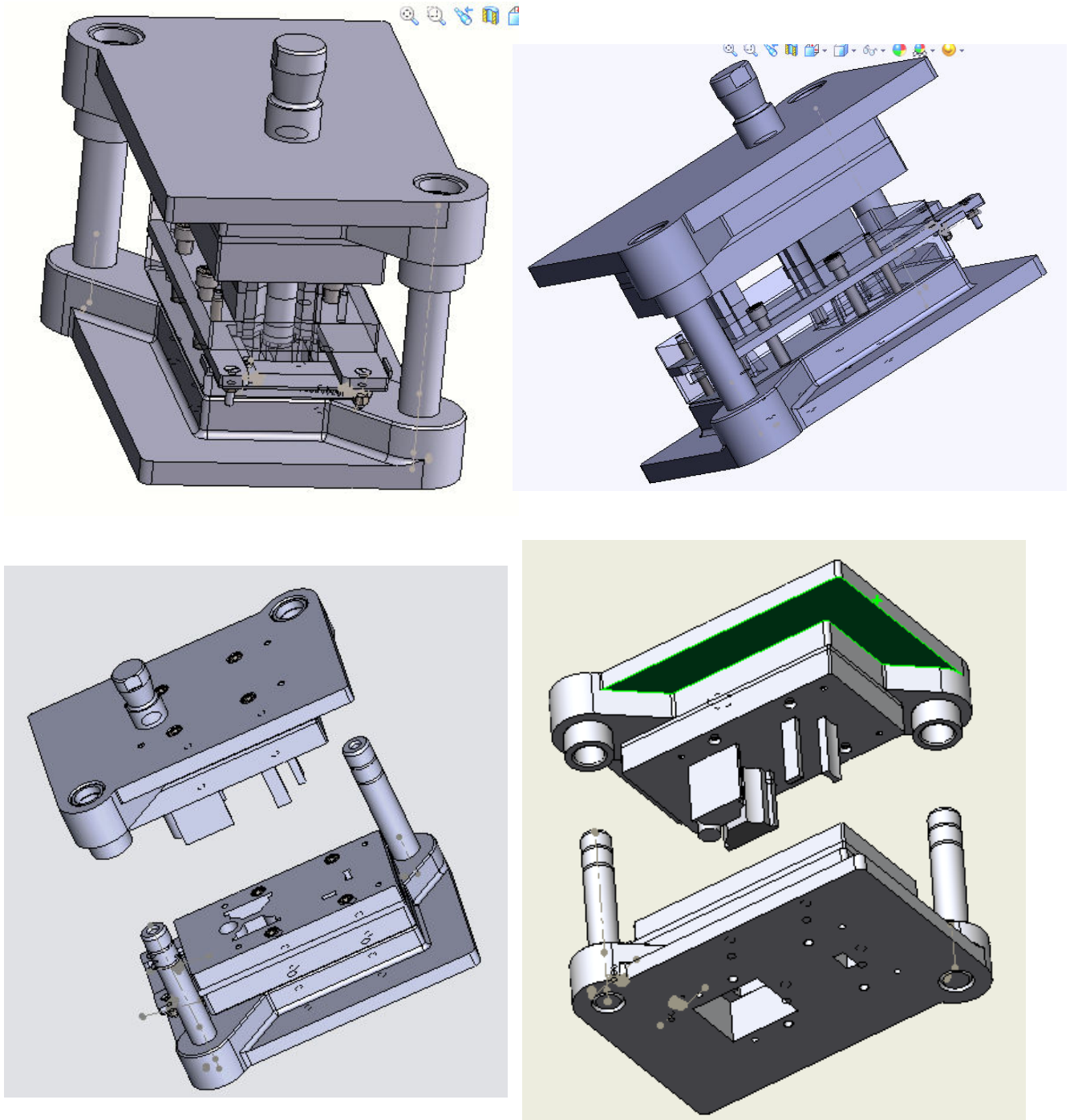


Fig. A16 Matrița combinată



**BIBLIOGRAFIE**

1. Neagu C., Iliescu V., Iliescu M., Purcărea M., “Tehnologia construcției de mașini – Bazele teoretice”, ISBN 973-685-504-X, Editura MATRIX ROM, București, 2002
2. Tarcă Radu, “Sisteme flexibile de fabricație – Curs”, <http://ebookbrowse.com/>, accesat la 20 septembrie, 2012
3. Vlase A., ș.a., “Regimuri de așchiere, adaosuri de prelucrare și norme tehnice de timp”, Editura Tehnică, București, 1983 (vol. I) și 1985 (vol. II)
4. Vlase A., ș.a., “Tehnologia construcțiilor de mașini”, Editura Tehnică, București, 1996
5. Picoș C., ș.a., “Proiectarea tehnologiilor de prelucrare mecanică prin așchiere”, Editura Tehnică, București, 1992
6. Stănescu I, Tache V., “Dispozitive pentru mașini-unelte”, Editura Tehnică, București, 1979
7. Tache V., ș.a., ”Proiectarea dispozitivelor pentru mașini-unelte”, Editura Tehnică, București, 1979
8. Picoș C., ș.a., “Normarea tehnică”, Editura Tehnică, București, 1971 (vol. I) și 1982 (vol. II)
9. Ciocârția C., Gheorghe M., ”Tehnologia construcției utilajului agricol”, Editura didactică și pedagogică, București, 1979
10. Vlase A., ș.a., ”Tehnologii de prelucrare pe strunguri”, Litografie Institutul Politehnic București, 1989
11. Vlase A., ș.a., ”Tehnologii de prelucrare pe mașini de frezat”, Litografie Universitatea POLITEHNICA din București, 1993
12. Vlase A., ș.a., ”Tehnologii de prelucrare pe mașini de găurit”, Litografie Universitatea POLITEHNICA din București, 1994
13. Vlase A., ș.a., ”Tehnologii de prelucrare pe mașini de rectificat”, Litografie Universitatea POLITEHNICA din București, 1995
14. Vlase A., ș.a., ”Tehnologii de prelucrare pe mașini de danturat”, Litografie Universitatea POLITEHNICA din București, 1996
15. Popescu I., Vlase A., ș.a., ”Tehnologia fabricării produselor mecanice, vol. I”, ISBN 973-685-495-7, Editura MATRIX ROM, București, 2005
16. M. Piska, M. Hill, P. Cihlarova, ”Fundamentals of CNC Machining”, Brno University of Technology, Institute of Manufacturing Technology, 2008
17. <http://www.isel.com> , accesat la 5 martie, 2010
18. <http://www.cnc-machines.isel.com>, accesat la 10 februarie, 2013
19. <http://www.custompartnet.com>, accesat la 31 octombrie 2012
20. <http://www.iscar.com>, accesat la 1 noiembrie 2012
21. <http://www.sandvik.coromant.com>, accesat la 5 noiembrie 2012
22. <http://www.okuma.de>, accesat la 7 noiembrie, 2012
23. <http://www.mazak.eu>, accesat la 7 noiembrie, 2012
24. <http://www.moriseiki.com>, accesat la 7 noiembrie, 2012
25. <http://www.sbform.com>, accesat la 9 noiembrie, 2012
26. <http://www.indiamart.com>, accesat la 9 noiembrie, 2012
27. <http://www.mazakusa.com/processpage>, accesat la 9 noiembrie, 2012
28. S. Chiappone, Milling Processes, Rensselaer Polytechnic Institute  
[http://www.slidefinder.net/m/milling\\_processes\\_general\\_manufacturing\\_processes/milling](http://www.slidefinder.net/m/milling_processes_general_manufacturing_processes/milling),
29. <http://mmu.ic.polyu.edu.hk>, accesat la 11 noiembrie, 2012
30. <http://www.machining&metrology.unit.com>, accesat la 11 noiembrie, 2012
31. <http://www.emuge.ro>, accesat la 12 noiembrie, 2012
32. <http://www.sunshinemould.com>, accesat la 12 noiembrie, 2012
33. F. Klocke, “Modeling and Simulation of Grinding Processes”, WZL RWTHAACHEN  
[http://www.wzl.rwth-aachen.de/de/f786439a4c53fb78c125709f0055702f/v10\\_grinding\\_ii.pdf](http://www.wzl.rwth-aachen.de/de/f786439a4c53fb78c125709f0055702f/v10_grinding_ii.pdf)

34. <http://en.wikipedia.org/wiki/Grinding>, accesat la 15 noiembrie, 2012
35. <http://www.winterthurtechnology.com>, accesat la 15 noiembrie, 2012
36. <http://www.efunda.com/processes>, accesat la 15 noiembrie, 2012
37. Gavrilaş I., ș.a., ”Tehnologia construcției de mașini”, Litografie Insitutul Politehnic București, 1988
38. <http://www.cgwheels.com>, accesat la 29 noiembrie, 2012
39. <http://www.3bdiamond.com>, accesat la 29 noiembrie, 2012
40. <http://en.wikipedia.org/wiki/Grinding>, accesat la 30 noiembrie, 2012
41. <http://www.ilve.com.tr/grinding-cutting-chemical.html>, accesat la 30 noiembrie, 2012
42. <http://www.jonesshipman.com>, accesat la 30 noiembrie, 2012
43. <http://www.crystec.com/kmiclge.htm>, accesat la 30 noiembrie, 2012
44. <http://en.wikipedia.org/wiki/Gear#Spur>, accesat la 4 decembrie, 2012
45. K.Gopinath, M.M.Mayuram, ”Gear Manufacturing”, Indian Institute of Technology Madras [http://nptel.iitm.ac.in/courses/IIT-MADRAS/Machine\\_Design\\_II](http://nptel.iitm.ac.in/courses/IIT-MADRAS/Machine_Design_II), accesat la 5 decembrie, 2012
46. <http://www.ustudy.in/node/4382>, accesat la 5 decembrie, 2012
47. <http://www.hmcgears.com/gears/internal-gears.php>, accesat la 5 decembrie, 2012
48. <http://www.hmcgears.com/gears/gear-grinding.php>, accesat la 5 decembrie, 2012
49. C. Popovici, ș.a., ”Tehnologia construcției de mașini”, Editura didactică și pedagogică, București, 1967
50. <http://www.gearsolutions.com>, accesat la 7 decembrie, 2012
51. <http://www.geartechnology.com>, accesat la 7 decembrie, 2012
52. <http://sales.cncdesign.com/machine-tools/maagcut-cnc-conversion-for-maag-gear-shaper>, accesat la 8 decembrie, 2012
53. <http://www.gleason.com/products/328/327/srs-410-cnc>, accesat la 8 decembrie, 2012
54. <http://www.micronz.co.uk/products>, accesat la 8 decembrie, 2012
55. <http://www.gear-tech.com/Dyn2.aspx>, accesat la 8 decembrie, 2012
56. Ciocârdia C., ș.a., ”Tehnologia presării la rece”, Editura didactică și pedagogică, București, 1991
57. [http://en.wikipedia.org/wiki/Brake\\_\(sheet\\_metal\\_bending\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Brake_(sheet_metal_bending)), accesat la 11 decembrie, 2012
58. <http://www.e-ci.com/press>, accesat la 11 decembrie, 2012
59. <http://www.truexinc.com>, accesat la 11 decembrie, 2012
60. C.K. Chua, K.F. Leong, C.S. Lim, “Rapid Prototyping – Principles and Applications”, World Scientific Publishing Co., Singapore, 2005
61. <http://www.additive3d.com>, accesat la 14 decembrie, 2012
62. Cosma C., Stan D., “Reverse engineering and scanning technics in plastic tools”, Academic Journal of Manufacturing Engineering, vol 3, 2005
63. <http://www.isc.mst.edu> (Missouri S&T), accesat la 14 decembrie, 2012
64. <http://www.plynetics.com>, accesat la 14 decembrie, 2012
65. N. Hopkins, R.J.M. Hague, P.M. Dickens, “Rapid Manufacturing – an Industrial Revolution for the Digital Age”, John Wiley & Sons Inc, West Sussex, 2006
66. <http://www.additive3d.com>, accesat la 16 decembrie, 2012
67. [http://en.wikipedia.org/wiki/Fused\\_deposition\\_modeling](http://en.wikipedia.org/wiki/Fused_deposition_modeling), accesat la 16 decembrie, 2012
68. <http://www.robotyssey.com/gripper-kit-without-servo/>, accesat la 20 decembrie, 2012
69. [http://www.tradekorea.com/product-detail/P00236236/Cycloid\\_Reducer\\_for\\_Robot.html#](http://www.tradekorea.com/product-detail/P00236236/Cycloid_Reducer_for_Robot.html#), accesat la 20 decembrie, 2012
70. <http://www.fanucrobotics.com/Products/Robots>, accesat la 20 decembrie, 2012