Dorin ROŞCA

MAŞINI UNELTE ŞI PRELUCRĂRI PRIN AŞCHIERE

PREFAȚĂ

Este cunoscut faptul că una dintre cerințele de bază ale economiei de piață o constituie competitivitatea produselor, competitivitate asigurată, de performanțele de exploatare a acestora precum şi de costurile legate de obținerea lor şi implicit costurile de fabricație.

Din punct de vedere teoretic, calitatea unui produs reprezintă o noțiune cu caracter complex şi dinamic care vizează întregul ansamblu al proprietăților produsului.Calitatea unui produs este menită să asigure acestuia o multitudine de caracteristici tehnice, economice, ergonomice, estetice etc. Prin urmare, atributele calității sunt strâns legate de caracteristicile funcționale, de fiabilitate şi mentenabilitate, precum şi de caracteristicile psiho-senzoriale şi chiar sociale.

Nivelul calitativ al oricărui produs, implicit şi cel al autovehiculelor rutiere, va reprezenta expresia finală a calității concepției şi a întregului proces de fabricație, concretizând nivelul tehnic, performanțele constructive şi economice al fiecărui produs.

În consecință, calitatea nu trebuie doar constatată, ci concepută în faza de sinteză, proiectare şi apoi materializată în cadrul proceselor tehnologice de fabricație, specifice fiecărui domeniu productiv.

De aceea, specialiştii trebuie să înțeleagă fiecare element al procesului de producție, să îl stăpânească în profunzime şi să fie capabili să lucreze în echipe multidiscplinare, în conformitate cu principiile “ingineriei concurente”.

În acest sens a fost conceput şi prezentul elaborat / curs didactic, el fiind axat pe problematica sistemelor tehnologice de prelucrare prin aşchiere.Lucrarea este formată din urmatoarele 4 capitole:

1.Generarea suprafețelor pe maşini-unelte.

2.Lanțurile cinematice ale maşinilor-unelte.

3.Bazele prelucrărilor prin aşchiere pe maşini-unelte.

4.Procedee de prelucrare prin aşchiere.

În primele două capitole sunt tratate probleme specifice maşinilor-unelte.Astfel, în primul capitol, după precizarea elementelor definitorii ale geometriei generării suprafețelor, sunt analizate şi studiate cele două tipuri, de bază, de curbe care asigură realizarea oricărei suprafețe, de orice formă şi orice poziție; este vorba de curba generatoare şi respectiv curba directoare.

Prin intermediul celui de al doilea capitol este studiată componenta / structura maşinilor-unelte.Pentru început este definit lanțul cinematic generator, care asigură obținerea formelor şi a dimensiunilor traiectoriilor directoare şi generatoare, precum şi a vitezelor pe aceste traiectorii. Aşa după cum rezultă şi din denumirea sa, lanțul cinematic principal este subansamblul cel mai important al oricărei maşini-unelte, şi ca atare sunt transmise cunoştiinte referitoare la acest subansamblu. În continuare este definit lanțul cinematic de avans şi este analizată structura acestuia.

Capitolul al treilea, dezvoltat pe aproximativ 35 de pagini, este axat pe studierea elementelor de bază ale prelucrărilor pe maşini-unelte:

- cinematica procesului de prelucrare, cu referiri concrete la diverse maşini-unelte;
- parametrii procesului de aşchiere şi ai sculelor aşchietoare.

În cel de al patrulea capitol sunt prezentate procedee de prelucare / generare a suprafețelor prin aşchiere (strunjirea, frezarea, alezarea etc.) precum şi câteva procedee de prelucare prin abrazare (rectificarea, honuirea, vibronetezirea şi altele). Pentru fiecare dintre aceste procedee sunt tratate urmatoarele probleme:

- regimul de aşchiere şi parametrii de reglaj ai sistemului tehnmologic;
- principiul de lucru;
- tipuri de suprafețe ce pot fi obținute / prelucrate.

Din punct de vedere al didacticii specialității, fiecare capitol este structurat în trei părți: **obiectivele capitolului**(obiectivele operaționale), **cunoştiințele tehnico-ştiințifice specifice** domeniului studiat şi în final, **întrebări de verificare a cunoştiințelor,** care implicit se constituie şi într-un rezumat al cunoştiințelor de specialitate dezvoltate / tratate în fiecare capitol.

Autorul

CUPRINS

Prefaţă 3
Cuprins 5
Cap.1. Generarea suprefeţelor pe maşini-unelte 7
1.1 Generarea teoretică a suprafeţelor 7
1.1.1. Geometria generării 7
1.1.2. Generatoarea 10
1.1.2.1. Generatoarea materializată 11
1.1.2.2. Generatoarea cinematică 12
1.1.2.2.1. Generatoarea cinematică ca traiectorie a unui punct 12
1.1.2.2.2. Generatoarea cinematică ca înfăşurătoare a unei curbe materializate în mişcare 13
1.1.2.3. Generatoare programată 16
1.1.3. Directoarea 17
1.1.3.1. Directoarea materializată 17
1.1.3.2. Directoarea cinematică 17
1.1.3.2.1. Directoarea cinematică ca traiectorie a unui punct 17
1.1.3.2.2. Directoarea cinematică ca înfăşurătoare a unei curbe cinematice .. 20
1.1.3.2.3. Directoarea cinematică imprimată prin rulare 21
1.1.3.3. Directoarea programată 22
1.2. Generarea suprafeţelor reale 23
1.2.1. Suprafaţă şi profil 23
1.2.2. Generatoarea reală 24
1.2.2.1. Generatoarea reală materializată 24
1.2.2.2. Generatoarea reală cinematică 25
1.2.2.2.1. Generatoarea cinematică ca traiectorie a unui punct 25
1.2.2.2.2. Generatoarea cinematică ca înfăşurătoare a unei curbe materializate 27
1.2.3. Directoarea reală 28
1.2.3.1. Directoarea reală materializată 28
1.2.3.2. Directoarea reală cinematică 28
1.2.3.2.1. Directoarea reală cinematică punctiformă 28
1.2.3.2.2. Directoarea reală cinematică ca înfăşurătoare 28
1.2.3.2.3. Directoarea reală cinematică imprimată prin rulare 30
Întrebări de verificare a cunoştinţelor..... 31
Cap.2. Lanţurile cinematice ale maşinilor-unelte 33
2.1. Definirea lanţului cinematic generator 33
2.2. Clasificarea lanţurilor cinematice generatoare 36
2.3. Lanţuri cinematice principale 38
2.3.1. Definire 38
2.3.2. Mărimea de ieşire a lanţului cinematic principal 39
2.3.3. Structura lanţului cinematic principal 41
2.4. Lanţuri cinematice de avans 44
2.4.1. Definire 44
2.4.2. Mărimea de ieşire din lanţul cinematic de avans 45
2.4.3. Structura lanţului cinematic de avans 46
2.4.4. Lanţuri cinematice de avans realizate cu mecanisme de naturi diferite 47
Întrebări de verificare a cunoştinţelor..... 51
Cap.3. Bazele prelucrărilor prin aşchiere pe maşini-unelte 53
3.1. Cinematica procesului de prelucrare prin aşchiere 53
3.1.1. Structura mişcării de generare 54
3.1.1.1. Mişcarea efectivă 54
3.1.1.2. Mişcarea principală 56
3.1.1.3. Mişcările complementare sau de avans 60

3.1.2. Analiza mişcării de generare 66
3.2. Parametrii procesului de aşchiere şi ai sculelor aşchietoare 73
3.2.1. Definirea procesului de aşchiere şi evidenţierea factorilor de care acesta depinde 74
3.2.2. Rolul maşinii-unelte în procesul de aşchiere 76
3.2.3. Dependenţa procesului de aşchiere de natura materialului prelucrat 77
3.2.4. Influenţa lichidelor de răcire-ungere 78
3.2.5. Elementele caracteristice ale scului aşchietoare ca organ de execuţie..... 79
3.2.5.1. Definişia şi rolul sculei aşchietoare în procesul de aşchiere 79
3.2.5.2. Părţíle componente ale sculelor aşchietoare 80
3.2.5.3. Parametrii geometrici ai sculelor 83
Întrebări de verificare a cunoştinţelor..... 88
Cap.4. Procedee de prelucrare prin aşchiere 89
4.1. Strunjirea 89
4.1.1. Definire şi principiul de lucru 89
4.1.2. Regimul de aşchiere şi parametrii de reglaj ai sistemului tehnologic 90
4.1.3. Tipuri de suprafeţe ce pot fi obţinute prin strunjire 91
4.2. Rabotarea 91
4.2.1. Definire şi principiul de lucru 91
4.2.2. Regimul de aşchiere şi parametrii de reglaj ai sistemului tehnologic 92
4.2.3. Tipuri de suprafeţe ce pot fi obţinute prin rabotare 92
4.3. Mortezarea 93
4.3.1. Definire şi principiul de lucru 93
4.3.2. Regimul de aşchiere şi parametrii de reglaj ai sistemului tehnologic 93
4.3.3. Tipuri de suprafeţe ce pot fi obţinute prin mortezare..... 94
4.4. Burghierea 94
4.4.1. Definire şi principiul de lucru 94
4.4.2. Regimul de aşchiere şi parametrii de reglaj ai sistemului tehnologic 95
4.5. Lărgirea, adâncirea, teşirea şi lamarea 96
4.5.1. Definire şi principiul de lucru 96
4.5.2. Regimul de aşchiere şi parametrii de reglaj ai sistemului tehnologic 97
4.6. Alezarea 98
4.6.1. Definire şi principiul de lucru 98
4.6.2. Regimul de aşchiere şi parametrii de reglaj ai sistemului tehnologic 98
4.7. Broşarea 99
4.7.1. Definire şi principiul de lucru 99
4.7.2. Regimul de aşchiere şi parametrii de reglaj ai sistemului tehnologic 100
4.7.3. Tipuri de suprafeţe ce pot fi obţinute prin broşare..... 101
4.8. Frezarea 101
4.8.1. Definire şi principiul de lucru 101
4.8.2. Regimul de aşchiere şi parametrii de reglaj ai sistemului tehnologic 102
4.8.3. Tipuri de suprafeţe ce pot fi obţinute prin frezare..... 103
4.9. Rectificarea 104
4.9.1. Definire şi principiul de lucru 104
4.9.2. Regimul de aşchiere şi parametrii de reglaj ai sistemului tehnologic 106
4.9.3. Tipuri de suprafeţe ce pot fi obţinute prin rectificare 107
4.10. Honuirea 107
4.10.1. Definire şi principiul de lucru 107
4.10.2. Performanţele tehnologice ale honuirii 108
4.11. Vibronetezirea 109
4.12. Lepuirea (rodarea) 109
4.13. Şlefuirea şi lustruirea 110
Întrebări de verificare a cunoştinţelor..... 111
Bibliografie 112

Capitolul I

Obiectivele capitolului:

- Precizarea cadrului general privind elementele definitorii ale geometriei generării suprafeţelor.
- Definirea curbei generatoare şi prezentarea modalităţilor teoretice de trasare a acesteia.
- Definirea curbei directoare şi a tipurilor ei de bază sub aspectul aplicabilităţii tehnice.
- Studiul generării suprafeţelor reale pe maşini- unelte.
- Însuşirea, din punct de vedere tehnic, a noţiunilor „suprafaţă" şi „profil".
- Definirea generatoarei reale şi a principalelor ei variante utilizate în cadrul prelucrărilor pe maşini-unelte.
- Definirea şi însuşirea cunoştinţelor referitoare la curba directoare reală.
- Particularizarea metodologiei generării suprafeţelor pe tipuri de maşini-unelte.

GENERAREA SUPRAFEŢELOR PE MAŞINI-UNELTE

1.1 Generarea teoretică a suprafeţelor

1.1.1. Geometria generării

Din punct de vedere matematic, suprafaţa este considerată ca o pânză fără grosime, separând două medii distincte, fără a aparţine nici unuia dintre acestea.

Orice suprafaţă poate să rezulte prin unul din următoarele moduri:

- deplasarea în spaţiu a unui punct în anumite condiţii;
- intersecţia a două corpuri;
- înfăşurarea poziţiilor succesive ale unui corp care se deplasează în spaţiu;
- deplasarea unei curbe în spaţiu.

Pentru studiul generării suprafeţelor pe maşini-unelte se pretează cel mai bine ultimul mod de a considera această generare.

Definiţia unui astfel de mod de generare este următoarea:

O suprafaţă poate fi generată de o curbă oarecare, prin deplasarea sa în spaţiu, curba schimbându-şi, sau nu, forma în timpul deplasării.

Suprafaţa generată va fi deci locul geometric al poziţiilor succesive ale curbei în timpul mişcării.

Curba care generează suprafaţa este denumită **generatoare.**

In timpul deplasării curbei generatoare, un punct M, oarecare al acesteia descrie o traiectorie denumită **directoare.**

Generatoarea şi directoarea pot fi curbe plane sau curbe strâmbe spaţiale. In tehnică se preferă primul caz datorită simplităţii realizării suprafeţelor cu ajutorul curbelor plane.

Pentru ilustrarea generării unei suprafeţe cu ajutorul curbelor plane se consideră (fig.l.l) un plan *V* al generatoarei G care este totdeuna normal pe planul Δ al directoarei D. Urma "gg"a planului generatoarei pe planul directoarei face unghiul θ cu tangenta TD la directoare, în punctul de sprijin M al generatoarei pe aceasta.

Generarea suprafeţei rezultă în acest caz prin deplasarea planului Γ pe planul Δ în aşa fel încât tot timpul acestea să fie ortogonale, iar punctul M al generatoarei G să se mişte pe directoarea D.

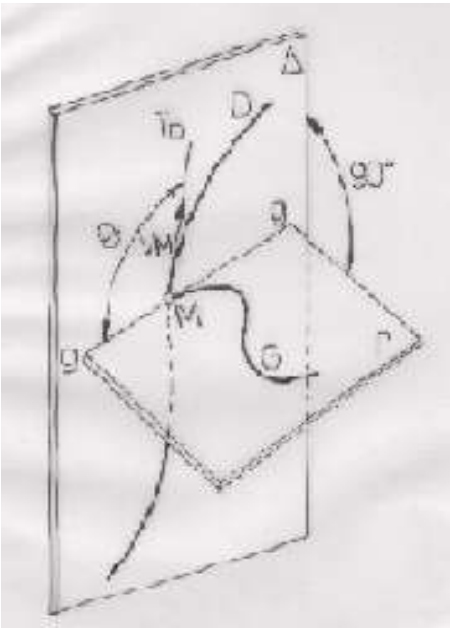


Fig. 1.1

Unghiul θ dintre tangenta la directoare şi urma "gg" poate fi constant sau variabil în timpul deplasării planului **Γ.**

In primul caz, **θ=** ct, unghiul poate avea orice mărime,însă de obicei este de 90°, deci urma planului generatoarei coincide cu normala la curba directoare în punctul M.

Dacă unghiul 0 variază în timpul deplasării planului generatoarei, atunci forma suprafeţei generate este în funcţie de legea de variaţie a acestuia şi a vitezei de deplasare, cu excepţia cazului în care cele două legi de variaţie au un parametru comun. In generarea suprafeţelor pe maşini-unelte se întâlnesc 2 astfel de cazuri:

a) deplasarea planului generatoarei paralel cu el însuşi;

b) rotirea planului generatoarei în jurul unei drepte normale pe planul directoarei (vezi generarea spiralei arhimedice).

Unele suprafețe ale pieselor pe care trebuie să le executăm nu pot fi generate prin deplasarea de-a lungul unor curbe plane. Astfel este cazul suprafețelor elicoidale a danturilor unor roți dințate conice, a unor suprafețe detalonate etc, la care directoarea e o curbă spațială.

In toate aceste cazuri, pentru a putea preciza poziția curbei generatoare în raport cu directoarea, este necesar să se facă apel la un triedru ortogonal format din 3 semiplane caracteristice (fig. 1.2):

- semiplanul osculator **sPo**;
- semiplanul tangent **sPi**;
- semiplanul normal **sP_N**.

Intersecția **s** a planului osculator cu sP_T determină tangenta T_D la curba directoare.

Semiplanul normal are dreaptă comună cu sPo , dreapta MN care reprezintă normala la curba directoare, iar cu semiplanul tangent sP_T , dreapta MB.

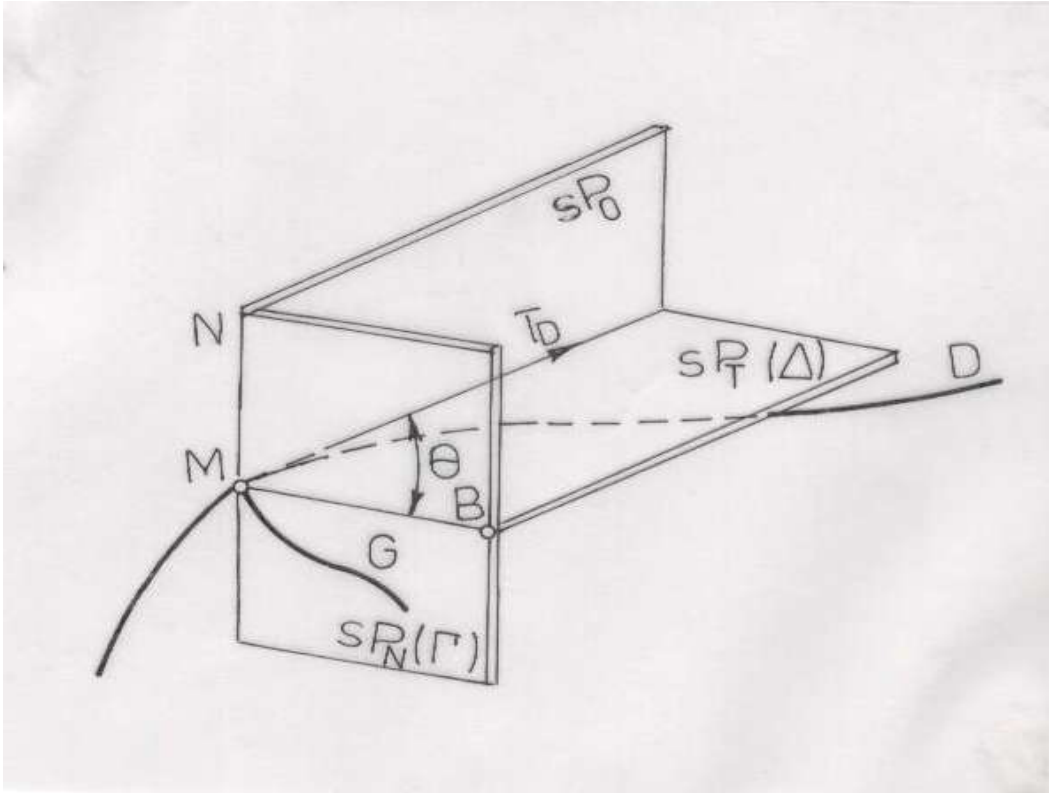


Fig. 1.2

Dacă în semiplanul normal se află o curbă generatoare G care trece prin vârful triedrului, M, atunci prin deplasarea acestui triedru se va genera o suprafață având ca directoare curba spațială D, iar ca generatoare curba plană G. In acest caz semiplanul sP_T are rolul planului Δ al directoarei din fig. 1.1, iar semiplanul sP_N cel al planului Γ al generatoarei G.

Datorită faptului că tangenta T_D este totdeauna normală pe planul Γ, rezultă că unghiul dintre aceasta şi intersecția MB, respectiv "gg" din fig. 1.1, a planelor Γ şi Δ este totdeauna egal cu 90°, deci θ = 90° = ct.

1.1.2 Generatoarea

Curbele generatoare ale suprafețelor pieselor pot avea cele mai variate forme.

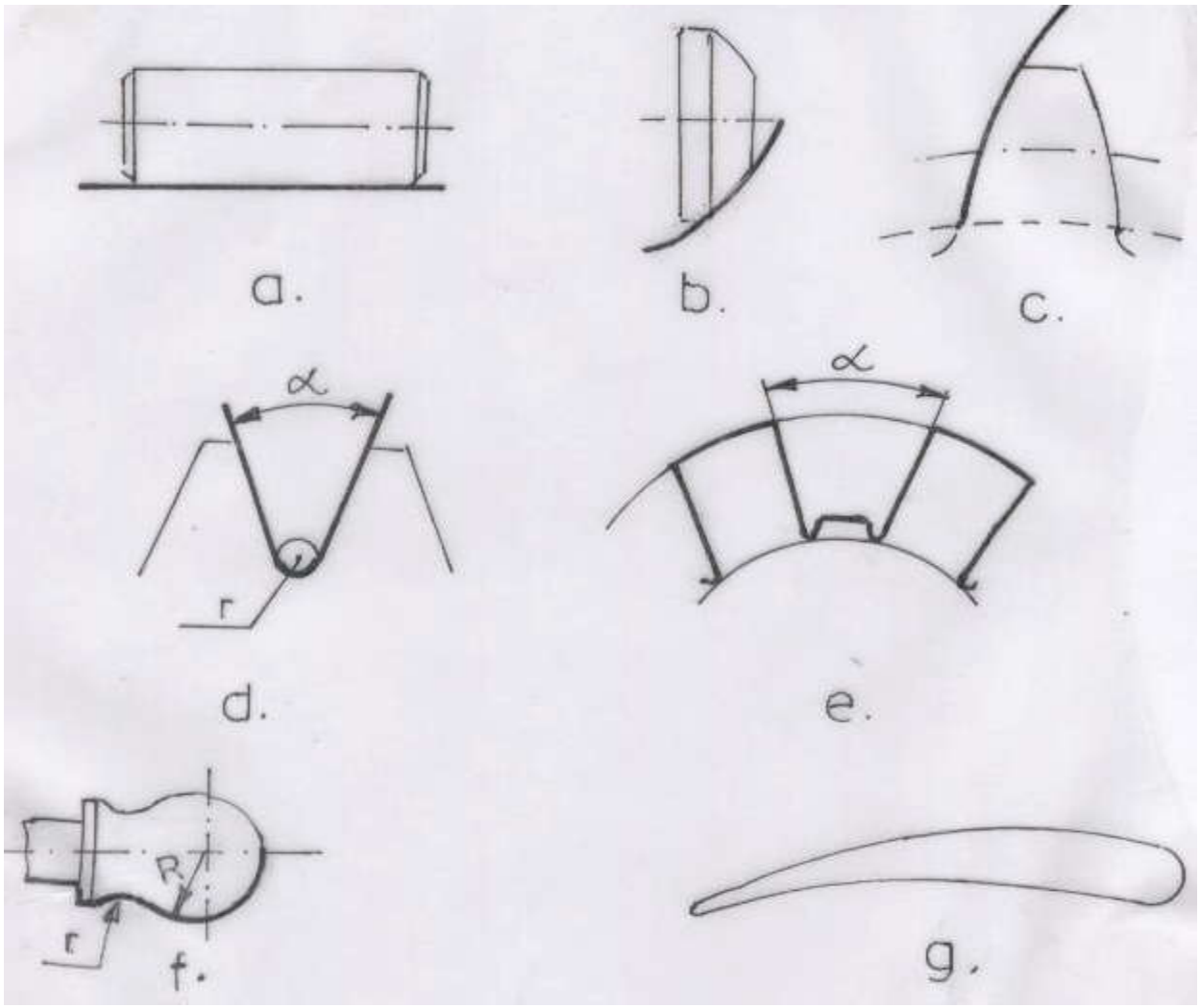


Fig. 1.3

Din punct de vedere al complexității generatoarelor ,acestea pot fi grupate în:

- curbe simple plane, exprimabile analitic: **dreapta** din fig. 1.3a**, cercul** din fig. 1,3b, **evolventa** din fig. 1.3c.

- curbe compuse, în a căror formă intervin un număr oarecare de drepte şi curbe plane analitice .

Exemple: profilul unui filet, fig. 1.3d, profilul unei caneluri, fig. 1.3e, profilul unui mâner, fig. 1.3f etc.

- curbe neanalitice, exprimate numai prin coordonate;ex.: profilul palelor de elice, fig. 1.3g, profilul unor melci, a unor matrițe etc.

Din punct de vedere al realizării, curbele generatoare se împart în două categorii:

- curbe generatoare materializate;

- curbe generatoare obținute pe cale cinematică.

1.1.2.1. Generatoarea materializată

In procesul de generare a suprafețelor pe maşini-unelte, curba generatoare poate fi materializata prin forma muchiei aşchietoare a sculei, dacă unghiul de degajare γ este nul, sau prin proiecția ei pe planul feței de degajare, când unghiul γ este diferit de zero.

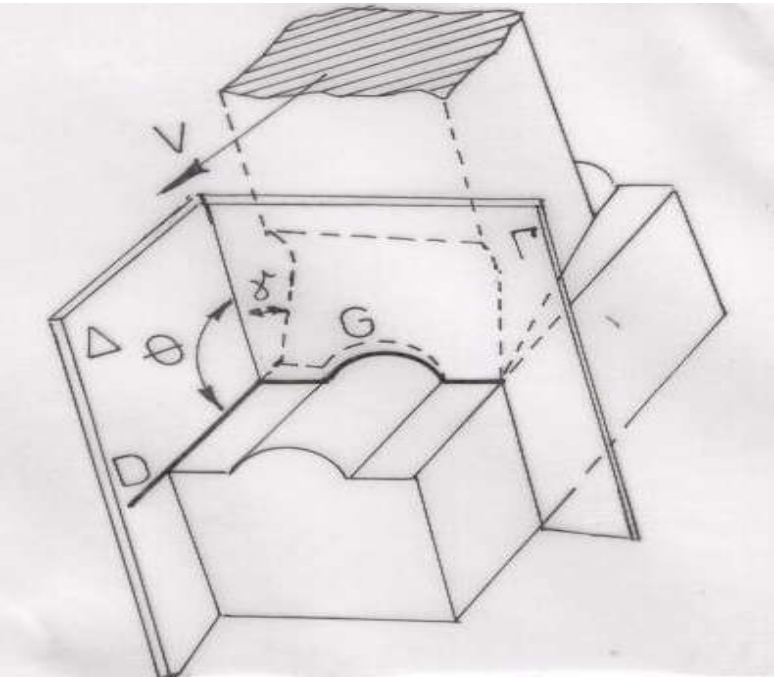


Fig. 1.4

In figura 1.4 se exemplifică un proces de generare a unei suprafețe prin rabotare, utilizând un cuțit cu unghiul de degajare γ diferit de zero.

Materializarea generatoarei prin muchia aşchietoare a sculei este posibilă numai în cazurile în care lungimea acesteia nu este prea mare, deoarece cu creşterea lungimii tăişului apar probleme dificile de rezolvat din punct de vedere al construcției şi întreținerii sculei, ca urmare a creşterii forțelor de aşchiere şi a coplexității formei generatoarei.

1.1.2.2 Generatoarea cinematică

Generatoarea fiind o curbă, poate fi considerată, din punct de vedere matematic, ca rezultând în mai multe moduri şi anume ca:

- urma unui punct K în deplasarea sa în plan;
- înfăşurarea pozițiilor succesive ale unei curbe C care se deplaseaza într-un plan;
- intersecția a două suprafețe Σ_1 şi Σ_2.

Primele două cazuri de generare implică o mişcare ce poate fi realizată prin intermediul unor elemente cinematice ale maşinii-unelte cum sunt mecanismul fus-lagăr şi mecanismul ghidaj-sanie.

1.1.2.2.1 Generatoarea cinematică ca traiectorie a unui punct

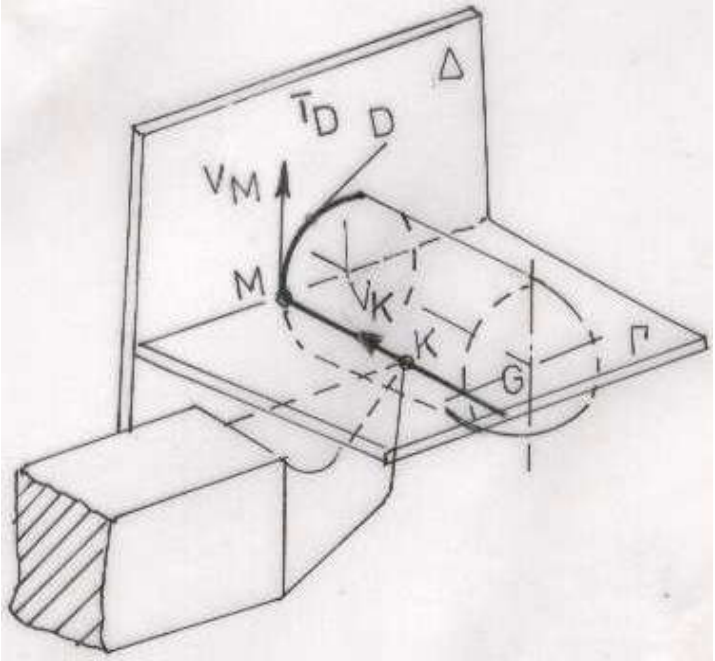


Fig. 1.5

Cea mai simplă dintre generatoarele cinematice, realizate ca traiectorie a unui punct, este generatoarea rectilinie în cazul strunjirii unei suprafețe cilindrice, fig. 1.5.

Teoretic, se consideră vârful K al cuțitului ca fiind punctiform şi dotat cu o mişcare de translație de viteză$V_k$pe o direcție paralelă cu axa piesei.

Se remarcă faptul că generatoarea rectilinie nu mai este programată pe tăişul sculei, ci pe elementele ghidaj-sanie aparținând maşinii-unelte.

Ca urmare, **în realizarea cinematică a generatoarei, ca traiectorie a unui punct, aceasta este programată, ca formă, pe elemente ale maşinii-unelte, de pe care se transpune pe piesă, pe cale cinematică.**

Pentru a realiza un studiu mai complet al modului de generare cinematică a curbei generatoare, ca traiectorie a unui punct, vom adopta un sistem de coordonate ortogonale sau polare.

Astfel, într-un sistem de coordonate ortogonale, fig.1.6. a, generarea cinematică a curbei G de către punctul K, materializat de exemplu, prin vârful unui cuțit care se deplasează cu viteza V_k, poate fi obținută prin compunerea mişcărilor de pe direcțiile x şi y, ale căror viteze au valori egale cu proiecțiile vitezei V_k pe aceste direcții.

Intre cele două mărimi cinematice V_x şi V_y, există în orice moment relația:

$$\frac{V_y}{V_x} = tg\alpha \,, \qquad (1.1)$$

în care mărimea unghiului „ά” depinde numai de forma geometrică a curbei G, relația fiind independentă de mărimea vitezei V_k.

Din punct de vedere cinematic, pentru construcția de maşini-unelte această remarcă este foarte importantă, deoarece datorită ei, mărimea vitezei V_k sau a uneia din componentele ei (V_x; V_y) poate fi impusă ca mărime a vitezei de avans.

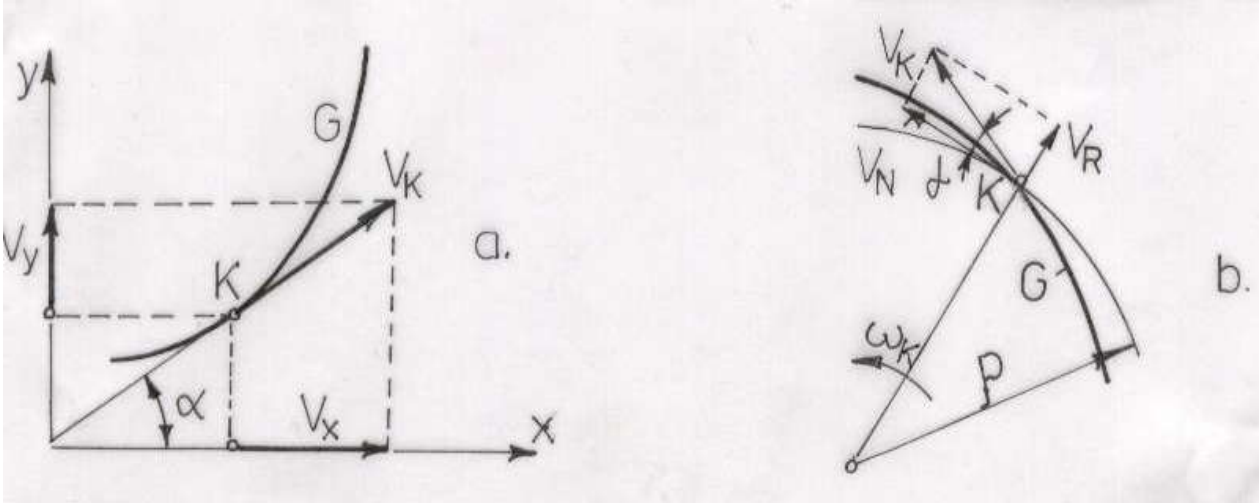


Fig. 1.6

În coordonate polare, fig. 1.6b, generatoarea cinematică G poate fi realizată prin combinarea mişcării de rotație de viteză unghiulară ω_K cu mişcarea de translație radială de mărimea V_R condiționată de relația:

$$\frac{V_R}{\omega_K} = \rho_K \cdot tg\alpha \ , \tag{1.2}$$

$$\text{respectiv: } \frac{V_R}{V_N} = tg\alpha \ \text{ unde } V_N = \rho_K \cdot \omega_K \tag{1.3}$$

Ca şi în cazul coordonatelor ortogonale, punctul K se poate deplasa pe traiectorie cu o viteză oarecare, necondiționată de forma acesteia şi, ca urmare, pe aceleaşi considerente, V_k sau una din componentele sale poate avea ca mărime, mărimea vitezei de avans.

1.1.2.2.2. Generatoarea cinematică ca înfăşurătoarea unei curbe materializate în mişcare

Ca exemplu tipic, poate fi considerată generarea danturii evolventice prin mortezare cu cuțit roată, **fig.1.7,** caz în care curba C, care prin deplasare generează profilul dintelui, este muchia aşchietoare a unui dinte al sculei.

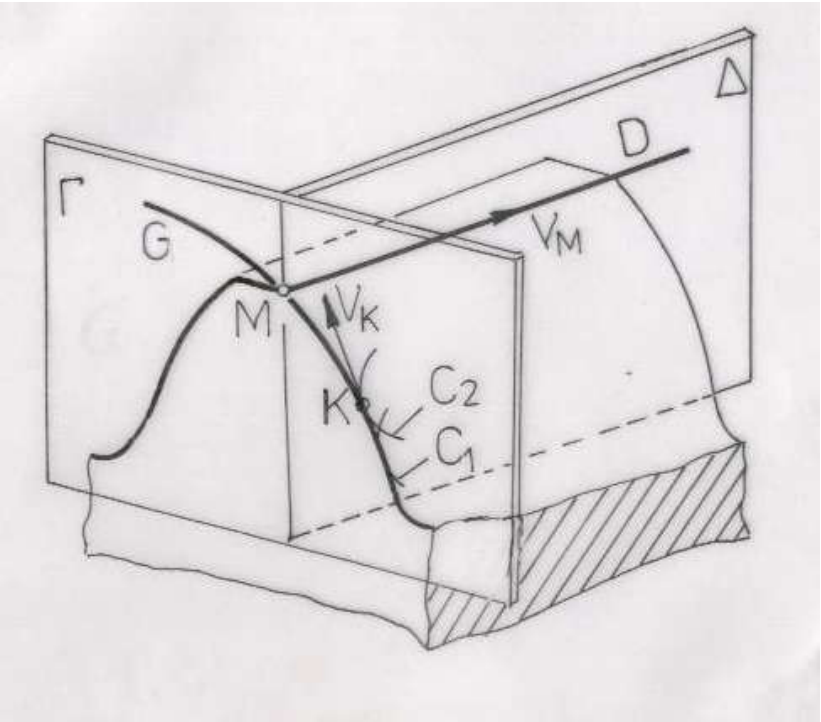


Fig. 1.7

Rezultă că în cazul generatoarei cinematice ca înfaşurătoare a unei curbe materializate, intervine forma curbei programată pe muchia aşchietoare a sculei, precum şi forma traiectoriei mişcării, programată pe elemente ale maşinii-unelte, de tip fus-lagăr sau ghidaj-sanie.

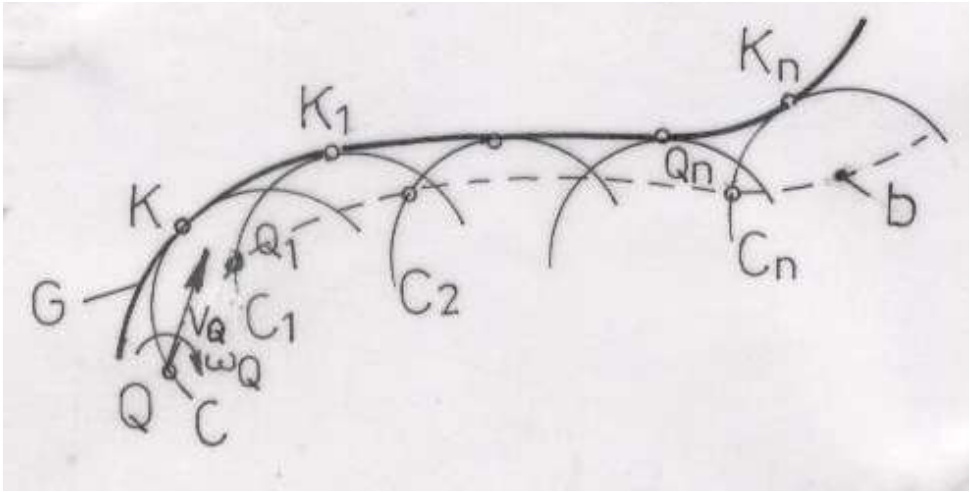


Fig. 1.8

In cazul general, înfaşurătoarea, fig. 1.8, este curba G tangentă la o altă curbă C în punctele K_1, K_2 , ... K_n , care prin deplasare capătă poziţiile $C_{1.....}C_n$. Pentru aceeaşi curbă C, înfăşurătoarea sa "G" poate avea o infinitate de forme, depinzând de legea de mişcare a curbei C. Această lege poate fi impusă, dacă un punct oarecare "Q" al curbei C este obligat să se deplaseze pe o traiectorie "b" cu o viteză tangenţială "V_Q" şi o viteză unghiulară ω_Q .

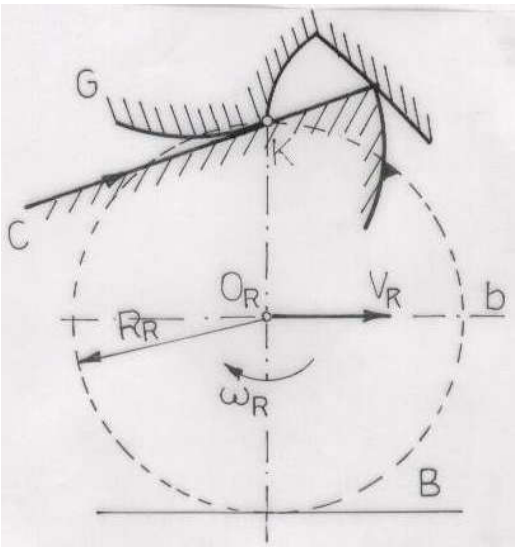


Fig. 1.9

În cazul generării suprafeţelor pe maşini-unelte se pune însă problema inversă şi anume: determinarea curbei "C" pentru o înfăşurătoare "G" dată şi pentru o anumită formă, în genere rectilinie sau circulară a traiectoriei "b". Tot un element iniţial cunoscut va trebui să fie legea de mişcare, adică relaţia dintre vitezele V_q şi ωo_q.

Pentru exemplificare se consideră dată generatoarea G, fig. 1.9. Pe traiectoria rectilinie "b" urmează să se deplaseze centrul O_R al unui cerc de rază R_R denumit **rulantă,** care va fi solidară cu curba C încă necunoscută.

Rulanta se deplasează cu viteza V_R şi se roteşte cu viteza unghiulară ω_R, ambele mărimi fiind cunoscute iniţial. Raportul dintre valorile acestor viteze determină mărimea razei R_R a rulantei:

$$\frac{V_R}{\omega_R} = R_R \qquad (1.4)$$

astfel încât să se realizeze o rulare fără alunecare pe o dreaptă B denumită **bază**. Curba "C" mereu tangentă la generatoarea cinematică"G", se va determina, prin una din metodele cunoscute, ca şi conjugată a acesteia, rezolvarea acestei probleme intrând în atribuţiile proiectantului de scule.

De menţionat este şi faptul că întrucât mărimea şi sensul vitezei V_R nu influenţează forma generatoarei obţinute, atât timp cât este respectată relaţia (1.4), este posibilă utilizarea acestei viteze ca viteză de avans.

Sintetizând materialul prezentat în legătură cu generatoarea cinematică, ca înfăşurătoare a unei curbe materializate, în mişcare, se pot desprinde următoarele concluzii:

- pentru realizarea acestei generatoare este necesar să se determine şi să se materializeze conjugata ei prin muchia sculei aşchietoare;
- din punct de vedere al efortului de aşchiere, sculele cu profil conjugat sunt mai avantajoase decât cele cu generatoare materializată, deoarece muchia aşchietoare a acestora ia contact cu semifabricatul din aproape în aproape, pe lungimi relativ mici;
- obţinerea generatoarei ca înfăşurătoare a unei curbe materializate în mişcare, complică cinematica şi construcţia maşinii-unelte şi impune efectuarea unor reglaje suplimentare laborioase.

Cu toate acestea metoda este mult utilizată la operațiile de danturare, ea asigurând o precizie ridicată a prelucrării. Metoda este cunoscută sub denumirea de metoda generării prin rulare a danturii, deoarece rularea reprezintă însăşi procedeul cinematic de realizare a curbei generatoare.

1.1.2.3. Generatoare programată

Cele două metode cinematice de realizare a generatoarei, folosind programarea formei pe elemente ale maşinii-unelte sau combinând acestea cu programarea unei curbe conjugate pe muchia aşchietoare a sculei nu permit totdeauna obținerea unor generatoare având forme complicate. Din această cauză, în realizarea acestora se foloseşte un element suplimentar maşinii-unelte, denumit **şablon, model şi în general port-program** pe care se face programarea formei generatoarei.

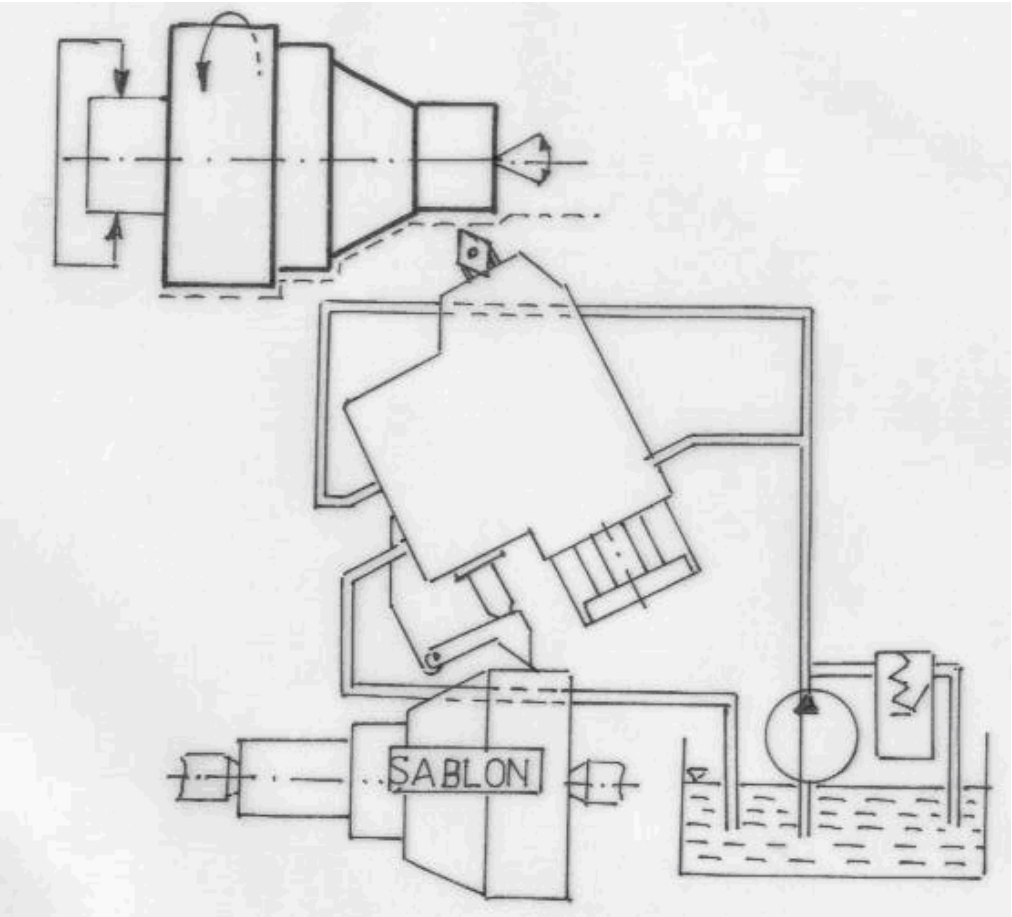


Fig. 1.10

La intrarea în funcțiune a maşinii-unelte, programul de pe port-program este citit de un sesizor adecvat care transformă semnalele citite în impulsuri de comandă ale lanțului cinematic de copiere. Pentru exemplificare se poate observa în figura alăturată cazul copierii hidraulice a formei unei generatoare, programată prin intermediul unui şablon.

1.1.3. Directoarea

Prin definiție, directoarea este traiectoria unui punct al generatoarei, ales arbitrar sau impus de anumite cerințe.

Directoarea este prin esență de tip cinematic, dar există şi excepții, putând fi programată (materializată) pe sculă sau pe diverse tipuri de port-programe ca şi în cazul generatoarei.

Din punct de vedere al complexității, directoarele se împart în:

- directoare analitice, determinate printr-o curbă matematică plană sau spațială: dreaptă, cerc, spirală arhimedică, elipsă, pătrat, elice(cilindrică sau conică), etc;
- directoare compuse din diferite curbe şi drepte;
- directoare neanalitice, realizabile prin transpunere (imprimare) sau prin programare.

1.1.3.1. Directoarea materializată.

Construcția unor scule pentru maşini-unelte permite, ca pe lângă materializarea generatoarei prin muchia aşchietoare a ei, să fie materializată şi directoarea. Cele mai utilizate forme de curbe directoare materializate se întâlnesc în cazurile următoare:

a) la burghie, adâncitoare şi alezoare, toate acestea având directoare de formă circulară;
b) la broşe pentru prelucrări interioare, prevăzute cu directoare de formă rectilinie;
c) la tarozii şi filiere la acestea directoarea fiind o elice cilindrică şi mai rar conică.

1.1.3.2. Directoarea cinematică

Curbele directoare se obțin în majoritatea lor pe cale cinematică, folosind mecanismele fus-lagăr şi ghidaj-sanie. Directoarea cinematică poate fi generată ca:

- traiectorie a unui punct;
- înfăşurătoare a unei curbe cinematice;
- imprimată prin rulare;
- programată.

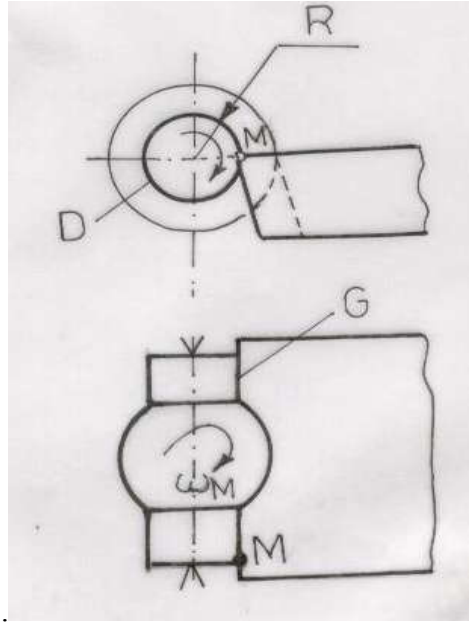
1.1.3.2.1. Directoarea cinematică ca traiectorie a unui punct

Aceste directoare se prezintă sub două forme de bază şi anume:

a) circulare

b) rectilinii

Astfel, traiectoria directoare circulară D, fig. 1.11, se poate considera ca rezultând prin deplasarea punctului M, (al generatoarei G, materializate) cu viteza unghiulară ω_M, la distanţa R_D faţă de axa de rotaţie.



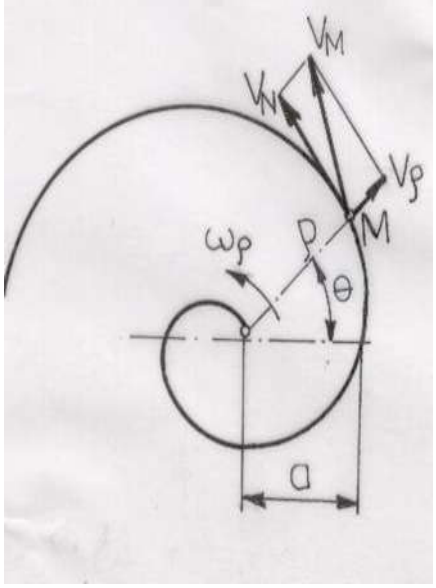


Fig. 1.11 **Fig. 1.12**

Similar, orice traiectorie directoare rectilinie (a se vedea rabotarea) se poate considera ca rezultând prin deplasarea unui punct M al generatoarei respective, după o direcţie rectilinie, cu viteza V_M .

Acest mod de a vedea generarea directoarei se datoreşte faptului că atât mecanismul fus-lagăr cât şi mecanismul sanie-ghidaj asigură obţinerea traiectoriilor directoare respective numai ca formă. Mărimea şi poziţia în spaţiu a curbei directoare depind de poziţia (coordonatele) punctului M al generatoarei în raport cu axa de rotaţie, în cazul directoarei circulare, respectiv în raport cu ghidajul în cadrul directoarei rectilinii.Se remarcă şi faptul că întrucât variaţia vitezei de deplasare a punctului M, ca mărime şi sens, nu modifică forma curbei directoare, valoarea acesteia poate fi aleasă în concordanţă cu necesităţile tehnice ale procesului de aşchiere, şi cu condiţiile concrete de prelucrare.

Multe curbe directoare, plane sau spaţiale, se obţin cinematic prin combinarea traiectoriilor circulare şi rectilinii; de exemplu: spirala arhimedică, elicea cilindrică şi conică etc.

Astfel, curba directoare de formă spirală arhimedică, fig. 1.12, poate fi realizată prin combinarea, în plan, a unei mişcări de translaţie radială de viteză V_p , cu o mişcare circulară de viteză unghiulară ω_ρ . Caracteristica spiralei arhimedice este pasul "a", calculabil prin relaţia:

$$a = \frac{V_\rho}{\omega_\rho} \tag{1.5}$$

Analizând această relație se constată că generarea cinematică a spiralei arhimedice nu impune condiții de mărime a vitezei V_ρ şi nici a vitezei unghiulare ω_ρ , ci numai a raportului dintre ele.

Traiectoria elicoidală cilindrică se obține cinematic prin combinarea unei mişcări circulare de viteză tangențială V_T, cu o mişcare de translație după o direcție normală pe planul mişcării circulare, de viteză V_A . Cele două viteze, fig. 1.13, sunt condiționate, una în raport de cealaltă, prin intermediul unghiului "β" de înclinare al elicei:

$$tg\beta = \frac{V_A}{V_T} \tag{1.6}$$

fără a exista, teoretic, nici un fel de restricții din punct de vedere al mărimii vitezelor V_A şi V_T. Această proprietate permite să se considere ca viteză de aşchiere, viteza tangențială, V_E , la elice, a cărei mărime rezultă din însumarea vectorială a vitezelor V_A şi V_T.

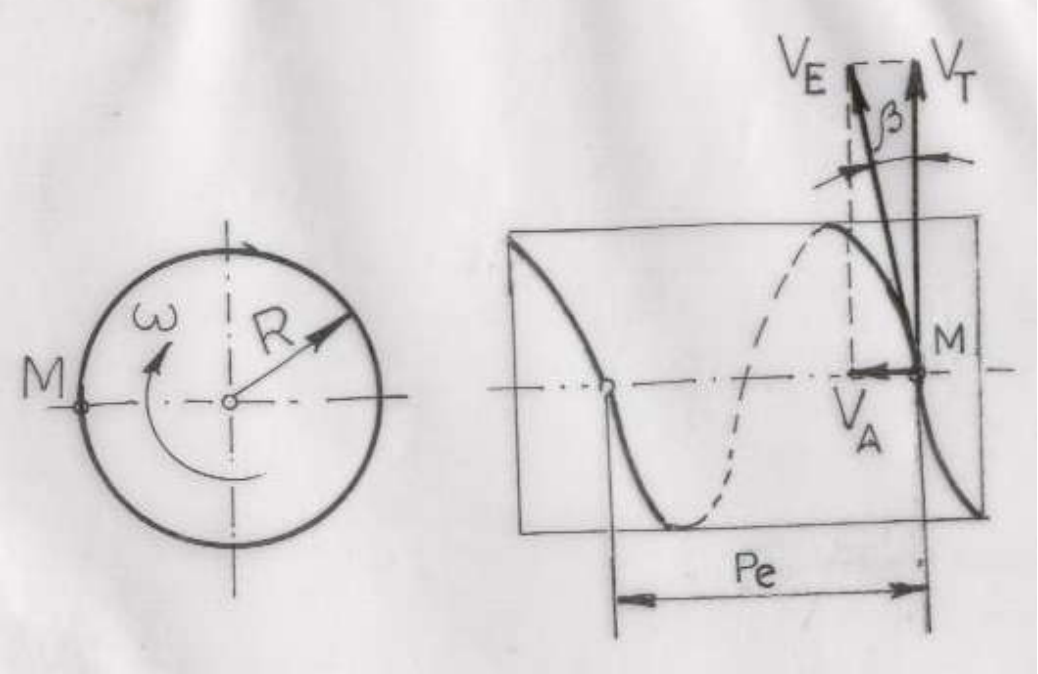


Fig. 1. 13

Observații:

In cazul în care unghiul "β" are valori mici, mişcarea principală va fi cea de rotație, iar după direcție axială se va efectua mişcarea de avans. O problemă mai deosebită o constituie executarea canalelor cilindro-elicoidale cu unghiul β de cca. 45°.

In acest caz procedeul de prelucrare prin aşchiere nu mai poate fi strunjirea, adoptându-se fie frezarea, fie rectificarea.

Pentru aceste două ultime operații mişcarea principală de aşchiere va fi cea efectuată de sculele respective, în timp ce atât "V_A" cât şi "V_T " vor fi vitezele aferente avansurilor după cele două direcții (axial şi tangențial).

1.1.3.2.2. Directoarea cinematică ca înfăşurătoare a unei curbe cinematice

In unele cazuri, în special la frezare, directoarea cinematica D, rezultă ca infasuratoare a unor curbe cicloidale C, fig.1.14, directoarea fiind plană, rectilinie fig.1.14.1, sau curbilinie fig.1.14.b sau spatială, fig.1.14.c.

Aceste directoare sunt programate, ca formă, pe elemente ale maşinii-unelte(ghidaj-sanie, fus-lagăr), de pe care sunt trasnpuse pe piesă pe cale cinematică,ele apărând ca infăşuratoare a unor curbe cinematice(in marea majoritatae curbe cicloidale), fig.1.15.

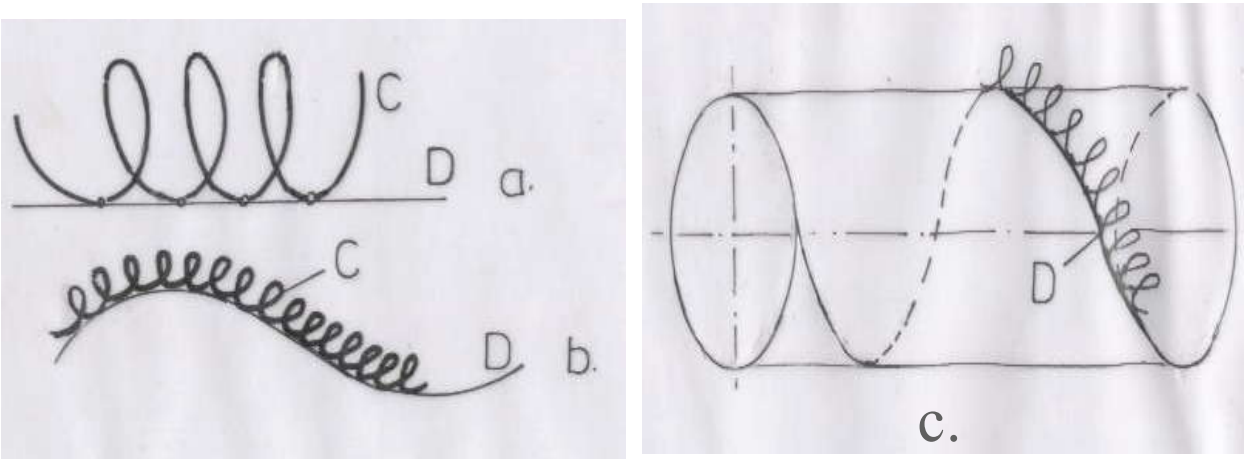


Fig. 1.14

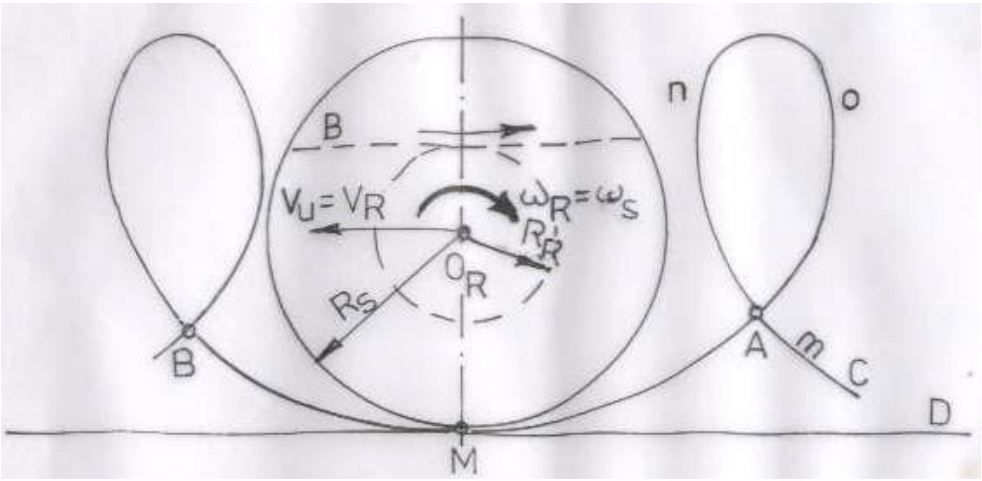


Fig.1.15

Se consideră punctul M, un punct oarecare de pe muchia aşchietoare a sculei, care se roteşte cu viteza unghiulară ω_S , egală cu viteza ω_R . Centrul de rotatie O_R al sculei se deplasează cu viteza liniară V_U .Din compunerea acestor mişcări, rezultă traiectoria curbă C, de formă cicloidală mAnoAMB, tangentă în punctele M la directoarea D. Ca şi in cazul generatoarelor de acest gen, curba C se obține prin rularea rulantei de rază R_r pe o curbă B, numită **bază.** Rularea fiind fără alunecare, rezultă că se respectă relația:

$$V_R = R_R \cdot \omega_R \tag{1.7}$$

Cum viteza relativă V_u de deplasare a axei sculei, în raport cu suprafața generată este egală cu V_R , iar $\omega_R=\omega_S$, relația 1.7. devine :

$$V_U = R_R \cdot \omega_S \tag{1.8}$$

de unde rezultă mărimea razei rulantei:

$$\frac{V_u}{\omega_S} = R_R \tag{1.9}$$

1.1.3.2.3. Directoarea cinematică imprimată prin rulare

Unele traiectorii directoare spațiale, dificil; de realizat prin procedeele prezentate pot fi obținute relativ uşor printr-un procedeu de imprimare prin rulare, fig.1.16.

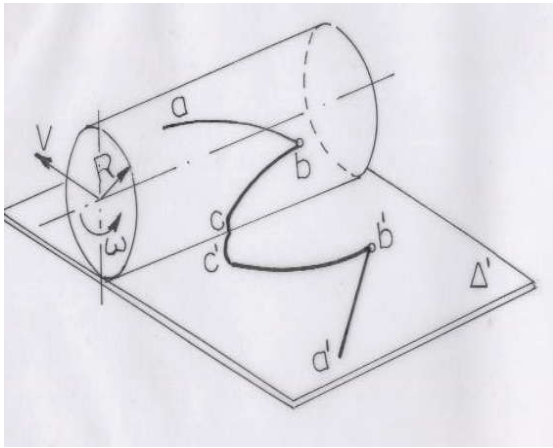


Fig.1.16

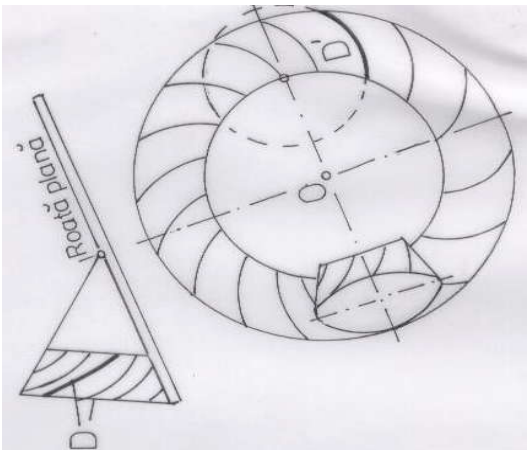


Fig.1.17

Curba directoare cinematică, D' , de forma **a'b'c'**....., realizată ca traiectorie a unui punct sau ca infăşuratoare a unei curbe cinematice, se imprimă prin rulare pe cilindrul (piesa de prelucrat) de rază R de pe planul Δ' al directoarei , sub forma curbei spațiale **a b c** .....a directaorei D. Transpunerile prin rulare (făra alunecare) de directoare cinematice sunt utilizate în diverse situații ca de exemplu la generarea danturilor conice cu dinți curbi, la care forma dintelui este determinată prin curba din roata plană, figura1.17. Cea mai simplă dintre directoarele cinematice –dreapta AB din plan- se imprimă din rulare pe un cilindru, sub formă de elice cilindrică,fig.1.18. Metoda este folosită la prelucrarea roților dințate cilindrice, cu dantură inclinată.

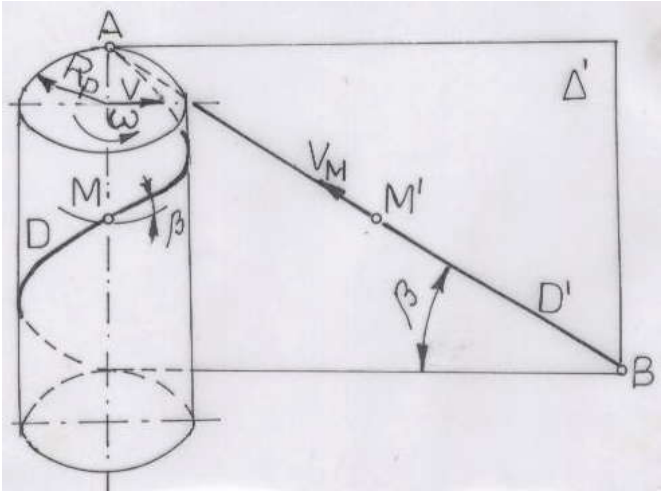


Fig.1.18

Datorită rulării, fără alunecare, trebuie să fie indeplinită condiția:

$$\frac{V}{\omega} = R_p \tag{1.10}$$

în care R_p este raza piesei cilindrice, respectiv a cilindrului de rulare a roții dințate. Spre deosebire de elicea cilindrică obținută prin compunerea unei mişcări de rotație cu o mişcare de translație, viteza punctului M' nu este condiționată de nici un parametru al elicei.

1.1.3.3.Directoarea programată

Această directoare se realizează ca şi directoarele cinematice cu comandă programată, folosindu-se şabloane, modele sau alte tipuri de port-programe (benzi şi cartele perforate, benzi magnetice, dischete etc.).

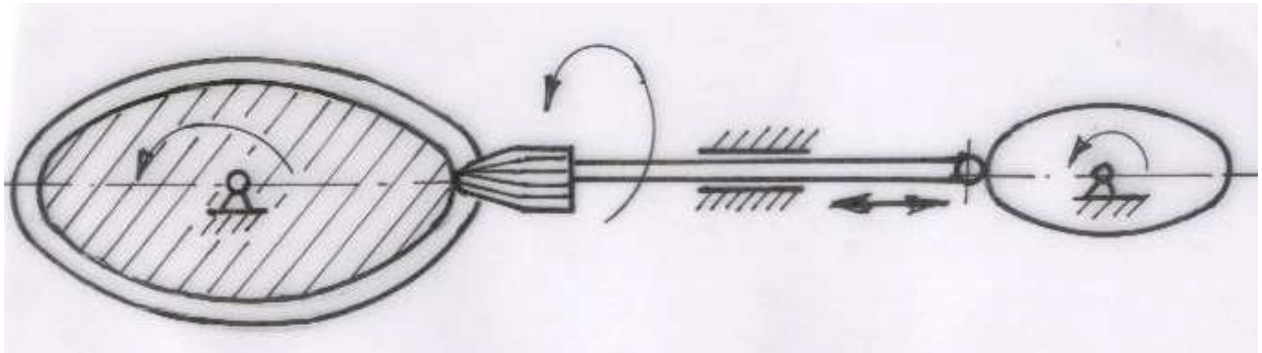


Fig.1.19

Procedeul este utilizat la maşina de frezare prin copiere şi în unele cazuri şi la maşinile de rectificat profilul camelor.În figura alăturată se prezintă cazul unei directoare programate prin şablon, aferent frezării unui canal pe o camă.

1.2. Generarea suprafeţelor reale

1.2.1.Suprafaţă şi profil

Suprafaţa obţinută prin procesul efectiv de aşchiere diferă de suprafaţa generată teoretic, datorită unor factori care intervin în desfăşurarea acestui proces şi care dau naştere unor macro- şi microneregularitaţi ale suprafeţei.Aceşti factori sunt cauzaţi de către elementele componente ale sistemului tehnologic:maşina-unealtă, piesa, scula, dispozitivul precum şi de fenemoenele fizice specifice procesului de aşchiere.

Prin macrogeometria suprafeţei unei piese se înţeleg abaterile de la forma teoretică-geometrică şi abaterile de la poziţia acestei suprafeţe în raport cu alte suprafaţe ale piesei, iar prin micro geometria suprafeţei se înţelege rugozitatea ei.

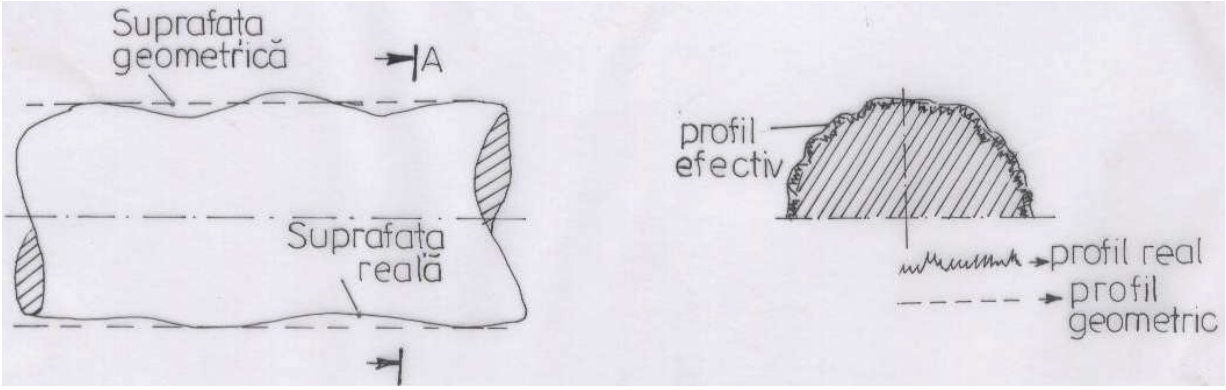


Fig.1.20

Suprafaa geometrică, figura1.20, a piesei este suprafaţa teoretică reprezentată convenţional conform regulilor specifice desenului tehnic, deci fără abateri de formă şi de poziţie şi fără rugozitate.

Într-o secţiune oarecare AA a suprafeţei geometrice se obţine **profilul geometric**. El este determinat de forma geometrică, teoretică a generatoarei sau directoarei.

Suprafaţa reală a aceleaşi piese este suprafaţa care o limitează de mediul înconjurător, suprafaţă rezultată din procesul de aşchiere.Ea se caracterizează prin abateri de la forma geometrică, abateri de poziţie şi rugozitatea. O secţiune oarecare AA prin suprafaţa reală determină **profilul real** al acesteia.

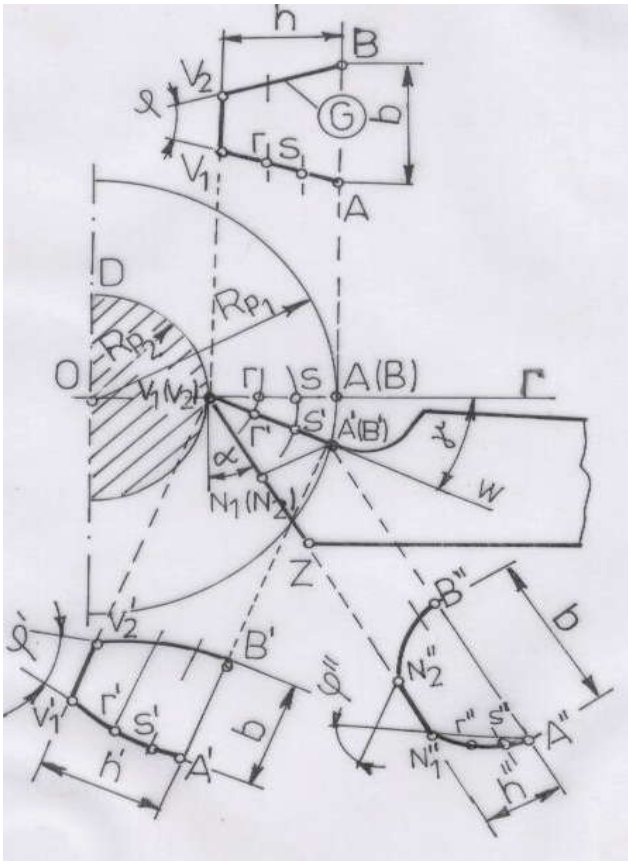
Pentru stabilirea parametrilor dimensionali ai suprafeţei reale şi ai profilului real, sunt utilizate diverse metode şi aparate de masură şi control care permit reproducerea mai mult sau mai puţin fidelă a situaţiei reale.Ca urmare a acestui fapt, se defineşte ca **suprafaţă efectivă,** imaginea apropiată a suprafeţei reale, obţinută în urma efectuării masurătorilor respective.**Profilul efectiv**, se defineşte ca şi profilul geometric şi cel real, într-o secţiune oarecare a piesei.El urmăreşte îndeaproape profilul real, aparând ca o înfăşurătoare a acestuia.

1.2.2. Generatoarea reală

1.2.2.1. Generatoarea reală materizlizată

Aşa după cum s-a mai arătat, pentru generarea profilului unor piese de lungime mică, se poate folosi ca generatoare forma muchiei aşchietoare a sculei, care va fi identică cu forma generatoarei numai in cazul în care unghiul de degajare $\gamma=0$.

Pentru unghiul de degajare cu valoare diferită de zero,muchia aşchietoare a sculei va reprezenta proiecția generatoarei din planul ei pe planul feței de degajare.In figura 1.21. se exemplifică obținerea (determinarea grafică) a proiecției unei generatoare de formă trapezoidală, aparținând unei suprafețe de rotație, generată prin strunjire cu avans radial.



Generatoarea AV_1V_2B se află în planul Γ al generatoarei. Caracteristicile geomatrice ale acesteia sunt:

- înălțimea, h
- lățimea, b
- unghiul, φ.

Directoarea D este circulară de rază R_{p1}.....R_{p2}.

Muchia aşchietoare a sculei se află în planul feței de degajare, a cărui urmă VW face cu urma VA a planului generatoarei unghiul γ. Proiecția profilului AV_1V_2B al generatoarei pe planul feței de degajare se va obține prin proiecții circulare AA', concentrice cercului director D.

Fig.1.21.

Astfel, generatoarea se va proiecta sub forma $A'V_1'V_2'B'$, la care lățimea **b** rămâne aceeaşi, în timp ce înălimea devine **h' > h**; ca urmare unghiul φ'<φ.

Dacă se fac şi proiecțiile unor puncte oarecare **r** si **s** de pe generatoarea AV_1V_2B , se obțin punctele **r'** şi **s'.** Aceste puncte nu se vor afla pe dreapta $A'V'_1$ ci pe o curbă plană rezultată din intersecția unui trunchi de con cu planul feței de degajare VW. Deci cele 2 laturi rectilinii AV_1 si V_2B ale figurii generatoare G vor trebui să fie materializate prin 2 muchii aşchietoare curbilinii, de forma $A's'r'V'_1$, dispuse în planul feței de degajare.

Cuţitul de strung, în mod obligatoriu, va trbui să fie prelucrat şi in lungul feţelor de aşezare, pe direcţia $V_1(V_2)Z$, pentru realizarea unghiului α . Profilul cuţitului pe această direcţie este determinat în planul $N_1(N_2)A'$, normal pe V_1Z . Proiecţia acestui profil $A''N_1''N_2''B''$ diferă de precedenta prin înaltimea **h" <h'**. Deoarece **b"=b' ,** rezultă că unghiul **φ"** va fi mai mare decât unghiul **φ'**. Deasemenea, laturile $A''N_1''$ si $N_2''B''$ sunt curbe şi diferite de $A'V'_1$, respectiv V'_2B'.

Faptul că aceste laturi ale figurii generatoare materializate sunt curbe, complică execuţia sculei şi constituie o sursă de deformare a profilului piesei.

Alte cauze care pot să ducă la abateri al profilului piesei faţă de forma generatoarei din planul Γ sunt urmatoarele:

● poziţionarea eronată a sculei în raport cu planul Γ al generatoarei;

● abateri al unghiurilor de aşezare şi degajare (efective) ale sculei, faţă de valorile indicate în desenul de execuţie al cuţitului;

● deformaţia sistemului tehnologic de prelucrare;

● uzura neuniformă a muchiilor aşchietoare.

1.2.2.2.Generatoarea reală cinematică

1.2.2.2.1.Generatoarea cinematică ca traiectorie a unui punct

Aşa după cum s-a- mai arătat, generatoarea cinematică poate fi generată, teorectic, de un punct K, fig.1.22, aflat în mişcare pe o traiectorie de o formă oarecare, punctul K fiind materializat prin vîrful sculei.Practic însă acest vârf nu poate fi punctiform , însensul geometric, deoarece el nu poate asigura o utilizare economică a muchiei aşchietoare, astfel încât uzura să se producă într-un timp acceptabil.Din aceste motive vârful teoretic K este înlocuit,la generarea suprafeţelor reale, printr-o mică muchie materializată, denumita **generatoare elementară G_E** (arcul AKC) care din punct de vedre al formei sale nu are nicio legatură cu cea a generatoarei G.

Practica a demnstrat că forma cea mai adecvată a vârfului sculei,din punct de vedere al construcţiei şi exploatării acestuia, este arcul de cerc de o anumită raza **r**. Suprafaţa obţinută cu ajutorul unei astfel de generatoare elementare va prezenta nişte neuniformitaţi sub forma unor valuri de înălţime **h** şi pas **s**. Pentru determinarea înalţimii acestor microneregularităţi se consideră triunghiul OAB, fig.1.22. în care :

$\overline{AB}^2 = r^2 - (r-h)^2$; dar $\overline{AB} = \frac{s}{2}$.

Deci: $\frac{s^2}{4} = r^2 - r^2 + 2rh - h^2$; neglijând $\mathbf{h^2}$ ca fiind foarte mic rezultă:

$$h = \frac{s^2}{8r} \qquad (1.11)$$

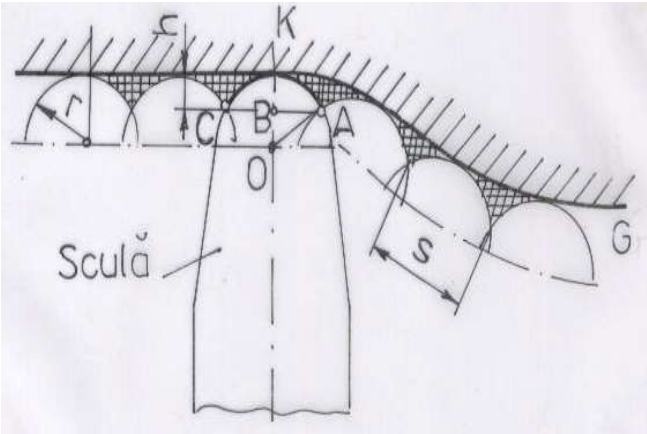


Fig.1.22.

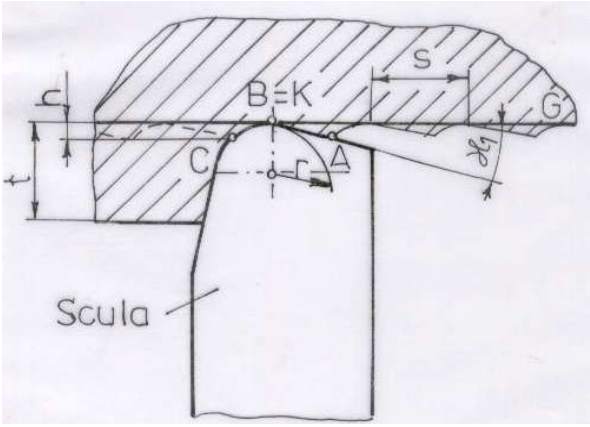


Fig.1.23.

Din ultima relaţie se observă ca avansul **s** are o mare influenţă asupra mărimii **h** a microneregularitaţilor, cu reducerea acestuia obţinându-se o calitate a suprafeţei prelucrate din ce în ce mai bune.Dar micşorarea lui **s** conduce la micşorarea productivităţii,astfel că pentru obţinerea unor suprafeţe de o calitate acceptabilă se recurge la o altă soluţie si anume, utilizarea unei generatoare elementare $\mathbf{G_E}$ **,** formată dintr-un arc de cerc de rază **r**, fig.1.23,. continuat printr-o tangentă care face cu generatoarea cinematică, G, unghiul χ_1.

Prin această construcţie, odată cu micşorarea lui **h** se imbunătăţeşte şi rezistenţa la rupere a sculei şi implicit durabilitatea acesteia.

Aşa după cum se observă din fig.1.23., generatoarea cinematică G apare ca o succesiune de generatoare elementare ABC , a căror proiecţie, după direcţia generatoarei ,are lungimea egală cu mărimea avansului **s**.

Mărimea **t** a distanţei dintre suprafaţa generată anterior şi cea generată actual, este denumită **adâncime de aşchiere.**Atât avansul **s** cât si adâncimea de aşchiere **t** se alfă în planul generatoarei şi se masoară, ca atare, în acest plan.

Traiectoriile generatoarelor cinematice, ce fac obiectul prezentului paragraf, se obţin prin intermediul elementelor ghidaj-sanie sau lagăr-fus.Din această cauză , o deosebită importanţă în obţinerea corectă a generatoarelor cinematice ca traiectorie a unui punct, o are modul ce construcţie, de execuţie şi de întreţinere a acestor mecanisme.

Deasemenea ,deformarea generatoarei se mai poate datora şi vibraţiilor, jocurilor în asamblări şi variaţiei temperaturii în timpul funcţionării mecanismelor fus-lagăr şi respectiv ghidaj-sanie.

1.2.2.2.2.Generatoarea cinematică ca infăşuratoare a unei curbe materializate

Generatoarea cinematică de acest gen, se obține, după cum s-a mai arătat, prin rularea profilului conjugat, materializat prin muchia aşchietoare.

Orice abatere de la realizarea rulării fară alunecare de catre maşina-unealtă, duce la deformarea generatoarei obținute.

Pe de altă parte, datorită periodicității mişcării de aşchiere şi ca atare şi a discontinuității detaşării aşchiilor, generatoarea nu rezultă ca o curbă continuă, ci ca o succesiune de arce de curbă sau drepte, fig.1.24., de lungime relativ mică.Asemănarea acestor arce de curbă, sau segmente de dreaptă cu o generatoare elementară , G_{E1}, G_{E2}.....G_{E4}, permite să fie denumite în acest fel.

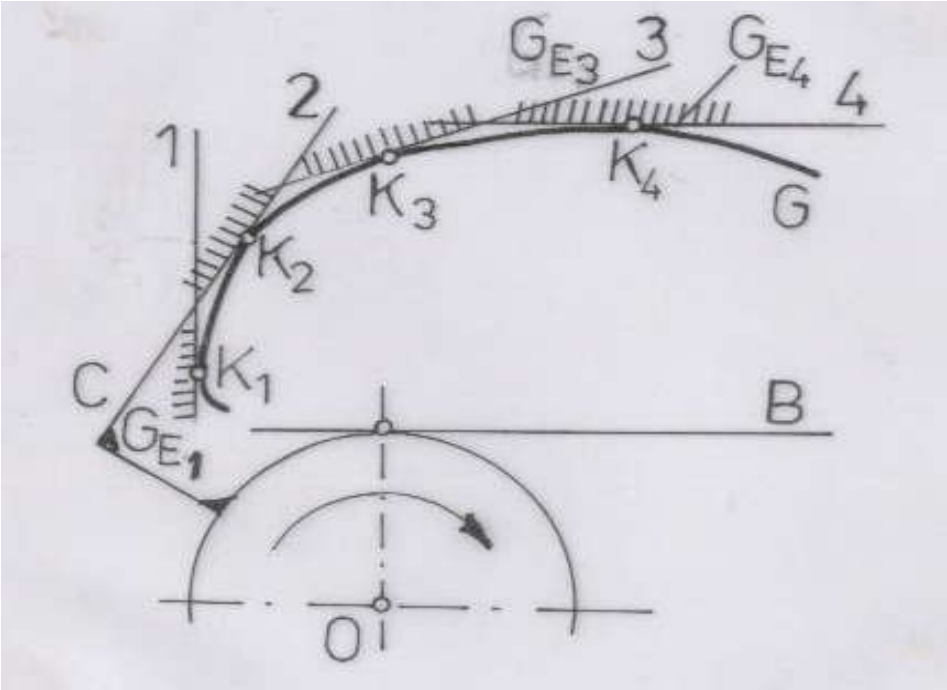


Fig.1.24.

Trebuie remarcat faptul că în timp ce la acest tip de generare iau parte la aşchiere alte şi alte porțiuni din muchia tăietoare a sculei, la realizarea practică a generatoarei cinematice ca traiectorie a unui punct, se menține pe toată durata aşchierii aceeaşi portiune a sculei aşchietoare, deci aceeaşi generatoare elementară.

In ambele cazuri , însă, generatoarea teoretică G rezultă ca infasuratoare a generatoarelor elementare, pe care le tangentează în punctele K_1.....K_n.

1.2.3.Directoarea reală

1.2.3.1.Directoarea reală materializată

Materializarea directoarei, adică programarea acesteia pe un suport material, este posibilă, după cum s-a mai arătat, prin construcția şi utilizarea unor scule cum sunt:burghiele, broşele , tarozii etc.

Diferența dintre directoarea teoretică şi cea reală, în aceste cazuri, se datorează tehnologiei de fabricație a sculelor, care inevitabil da naştere unor erori de formă şi de dimensiuni.De asemenea, directoarele reale materializate mai pot diferi de cele teoretice datorită influenței variației de temperatură şi datorită uzurii sculei aşchietoare.

1.2.3.2.Directoarea reală cinematică

Ca şi directoarea teoretică cinematică, directoarea reală cinemtică se prezinta sub patru forme şi anume:

-punctiformă;

-ca înfaşurătoare a unor curbe cinematice;

- imprimată;

-programată;

1.2.3.2.1.Directoarea reală cinematică punctiformă

Această directoare este materializată, ca formă , pe elemente ale maşinii-unelte (ghidaj-sanie;fus-lagăr) de pe care este transpusă pe piesă pe cale cinematică. Ca urmare a acestui fapt, precizia directoarelor reale cinematice, punctiforme este influențată de corectitudinea construcției şi funcționării mecanismelor fus-lagăr şi ghidaj-sanie, ca şi de variațiile de temperatură inerente exploatării maşinilor-unelte.

1.2.3.2.2.Directoarea reală cinematică, ca înfăşurătoare

Aşa după cum s-a mai arătat, acest tip de directoare rezultă ca infăşurătoare a unor curbe cinematice, în general cicloide alungite. Sculele folosite în astfel de generări de suprafețe (freze, corpuri abrazive etc.), posedând un număr oarecare $\mathbf{z_s}$ de generatoare, adică dinți aşchietori (sau granule abrazive), vor descrie la o rotație, un acelaşi număr de curbe ciclice identice, însă decalate între ele. Aceste curbe , descrise de punctele $M_1,M_2.....,M_z$, fig.1.25., se întretaie, dând naştere curbelor mai mici $A_1A_2,A_2A_3,.....A_{z-1}A_z$, tangente la directoarea D teoretică. Aceste porțiuni de arce de cicloidă reprezintă materializarea traiectoriei punctului M pe suprafața prelucrată a piesei şi vor fi denumite **directoare**

elementare. Modul de obținere al acestor directoare poate fi asemănat cu cel prin care se realizau practic generatoarele elementare, deoarece în timpul rotației sculei, aceasta poate fi considerată ca avansând periodic, după o direcție paralelă cu directoarea teoretică D, pe o distantă egală cu avansul pe dinte $\mathbf{u_z}$. În acest mod, fiecare dinte poate fi considerat ca un tăiş aşchietor pe care s-a materializat un arc de cicloidă alungită de forma A_1A_2,A_2A_3,..... etc.

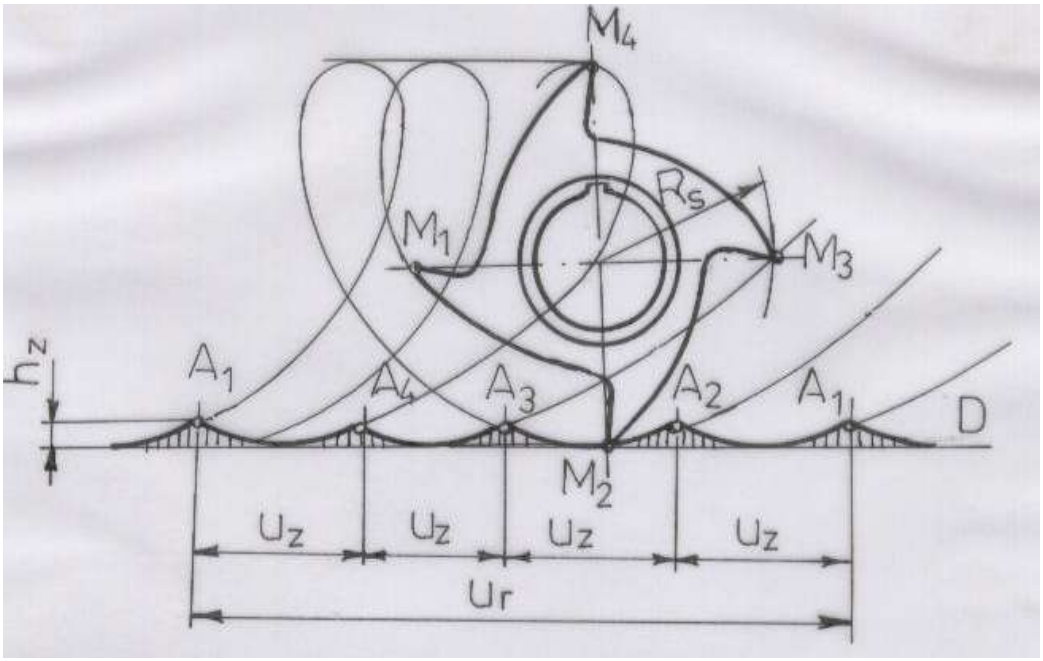


Fig.1.25.

Având în vedere această similitudine dintre modul de generare a curbelor directoare şi cele generatoare, rezultă că înălțimea $\mathbf{h_z}$ a asperităților ce apar pe suprafața piesei obținute prin frezare sau rectificare se poate calcula cu o relație asemănătoare celei prezentate în cadrul paragrafului referitor la generatoarea cinematică reală şi anume:

$$h_z = \frac{u_z^2}{8R_s} = \frac{u_z^2}{4D_s} \tag{1.12}$$

unde D_s reprezintă diametrul sculei

Exprimând avansul pe dinte, în funcție de avansul pe rotație $u_z = \frac{u_r}{z_s}$ şi înlocuind

această expresie în relația 1.12 se obține:

$$h_z = \frac{u_r^2}{4D_s \cdot z_s^2} \tag{1.13}$$

Rezultă că înălțimea microasperităților scade cu reducerea mărimii avansului $\mathbf{u_r}$, cu mărirea diametrului sculei şi a numărului de dinți ai acesteia.

1.2.3.2.3.Directoare reală cinematică, imprimată prin rulare

Prelucrarea prin aşchiere cu directoare cinematică imprimată prin rulare este caracteristică realizării danturii roților dințate conice cu dinți curbi, de exemplu cu dantură eloidă. Erorile ce apar la acest gen de prelucrare între directoarea teoretică şi cea reală, se datorează, în principal nerespectării condiției de rulare pe toată durata aşchierii, adică $\frac{V}{\omega} = R_p$=constant, „**V**" fiind viteza de deplasare liniară a axei piesei (sau sculei) iar „**ω**" viteza unghiulară.

Întrebări de verificare a cunoştinţelor

1. *Ce forme geometrice pot avea curbele utilizate, cu rol de generatoare şi directoare, în domeniul prelucrărilor pe maşini-unelte?*
2. *Exemplificaţi câteva tipuri de suprafeţe ale pieselor ce nu pot fi executate pe maşini-unelte prin deplasarea de-a lungul unor curbe plane.*
3. *Care sunt semiplanele ce formează triedrul triortogonal care asigură precizarea poziţiei curbei generatoare în raport cu directoarea?*
4. *Clasificaţi şi exemplificaţi, prin intermediul unor schiţe, curbele generatoare.*
5. *Indicaţi (pe baza unei schiţe) generatoarea cinematică ca traiectorie a unui punct în cazul strunjirii unei suprafeţe cilindrice.*
6. *Precizaţi, în coordonate polare, cum poate fi obţinută o generatoare G cvinematică ca traiectorie a unui punct.*
7. *Ce se înţelege prin noţiunile „rulantă” şi „bază”?*
8. *Care este operaţia de prelucrare prin aşchiere la care se aplică foarte frecvent curba generatoare cinematică ca înfăşurătoare a unei curbe materializate în mişcare?*
9. *Care sunt principalele tipuri de curbe directoare din punct de vedere al complexităţii lor?*
10. *Care sunt mecanismele utilizate pentru obţinerea curbelor directoare cinematice?*
11. *Care sunt principalele două forme geometrice sub care se prezintă directoarele cinematice obţinute ca traiectorie a unui punct?*
12. *Cum poate fi obţinută, cinematic, o traiectorie elicoidală cilindrică?*
13. *La generarea suprafeţelor pe maşini-unelte, unde sunt folosite transpunerile prin rulare a directoarelor cinematice?*
14. *Cum se definesc noţiunile „profil real” şi „suprafaţă efectivă”?*
15. *Ce sunt generatoarele elementare?*
16. *Cum se definesc mărimile tehnologice „avans” (s) şi „adâncime de aşchiere” (t)?*
17. *Care sunt formele de bază sub care se pot prezenta directoarele reale cinematice?*

Capitolul II

Obiectivele capitolului:

- Definirea lanțului cinematic generator.
- Prezentarea generală a unui lanț cinematic generator.
- Precizarea / clasificarea lanțurilor cinematice generatoare.
- Definirea lanțului cinematic principal.
- Însuşirea cunoştinţelor privind structura lanțurilor cinematice principale.
- Definirea lanțului cinematic de avans.
- Prezentarea mărimii de ieşire din lanțul cinematic de avans.
- Studiul structurii lanțurilor cinematice de avans.
- Precizarea particularităților tehnologice ale unor lanțuri cinematice.

LANȚURILE CINEMATICE ALE MAŞINILOR-UNELTE

2.1. Definirea lanțului cinematic generator.

După cum s-a văzut în capitolul precedent, generarea unei suprafețe pe maşina-unealtă poate fi considerată ca având loc prin deplasarea unei curbe generatoare în lungul curbei directoare, implicând astfel necesitatea unei mişcări relative între cele două curbe.

Pe de altă parte, materializarea acestor două curbe, în foarte multe cazuri, se face pe cale cinematică, prin combinarea unor mişcări de pe traiectorii diferite, dispuse spațial sau în plan, mişcări ale căror viteze trebuie să fie coordonate între ele.

Realizarea tehnică a acestor mişcări, a traiectoriilor şi a vitezelor respective, ca şi coordonarea lor -necesare obținerii formei curbelor generatoare- implică utilizarea unor mecanisme care să satisfacă aceste cerințe în condiții optime, adică cât mai apropiate de cerințele teoretice, geometrice şi cinematice.

Suprafețele generate pot fi identice ca formă, însă diferite ca dimensiuni, astfel încât

se impune ca mecanismele cu ajutorul cărora se obțin curbele generatoare să aibă posibilitatea de a fi reglate funcție de parametrii dimensionali ai traiectoriilor pe care le asigură acestea.

Pe de altă parte, procesul de aşchiere, la rândul său, cere ca viteza de deplasare pe traiectoria directoare (viteza de aşchiere) să poată avea diferite mărimi, funcție de parametrii de aşchiere. De asemenea, acelaşi proces de aşchiere, funcție şi de rugozitatea suprafeței generate, impune anumite mărimi de avans.

In afara necesităților de mecanisme pentru generarea cinematică a suprafețelor pieselor şi a realizării parametrilor procesului de aşchiere, o maşină-unealtă necesită încă un număr de mecanisme în scopuri cu totul diferite de precedentele, care nu intervin direct în generarea suprafețelor, însă fără a căror prezența prelucrarea pe maşină ar fi imposibilă.

Astfel de mecanisme sunt cele care asigură prinderea piesei pe masina-unealtă sau alimentarea acesteia cu material.

Alte mecanisme permit controlul dimensiunilor suprafeței obținute sau controlul bunei funcționări a întregii maşini-unelte.

Reglarea turațiilor, a vitezelor, a avansurilor necesită, de asemenea, mecanisme cu atât mai complexe, cu cât maşina-unealtă este mai automatizată.

Din cele de mai sus reiese că cinematica unei maşini-unelte constă dintr-un număr oarecare de mecanisme care au destinații precise.

Totalitatea mecanismelor care concură la realizarea unui anumit scop este denumită ***lanț cinematic.***

În funcție de scop şi avînd drept criteriu efectul acțiunii lor, lanțurile cinematice ale maşinilor-unelte se pot grupa în:

— lanțuri cinematice generatoare;

— lanțuri cinematice auxiliare.

Lanțurile cinematice generatoare asigură obținerea formelor şi a dimensiunilor traiectoriilor directoare şi generatoare, precum şi a vitezelor pe aceste traiectorii, care pot fi în unele cazuri viteza de aşchiere sau de avans.

Prin scopul lor, ele au caracteristici cinematice diferite de cele ale lanțurilor cinematice auxiliare şi existența lor este obligatorie într-o maşină-unealtă.

Astfel, fig. 2.1 reprezintă, sub formă schematică simplificată, mecanismele principale ale maşinii -unelte MM 582 de rectificat filet; în acest scop, maşina posedă mecanisme care să asigure obținerea traiectoriei elicoidale de pas p_1 pe cilindrul de rază r, ceea ce se realizează

cinematic prin compunerea unei mişcări de rotație a piesei, care la periferie are o viteză tangențială v_T, cu o mişcare de translație de viteză v_A, în raport cu punctul M al pietrei de rectificat.

Mişcarea de rotație cu viteză tangențială v_T se obține de la motorul electric M_{E1} care antrenează pompa P_{DC} din al cărui debit o parte este lăsată să treacă de către droselul D_R către motorul hidraulic M_H. Inversorul I poate schimba sensul de rotație al acestui motor.

De la motorul hidraulic, mişcarea se transmite prin cele două conuri în trepte C_1 şi C_2 care permit obținerea a trei turații diferite pentru melcul z_1 ce angrenează cu roata melcată z_2; mai departe, prin roțile z_3 şi z_4, mişcarea de rotație se transmite piesei P.

Pentru mişcarea de translație de viteză v_A, mişcarea se ia de la acelaşi ax pe care se află roata melcată z_2 şi se transmite prin roțile de schimb A, B, la şurubul conducător avînd pasul p_2.

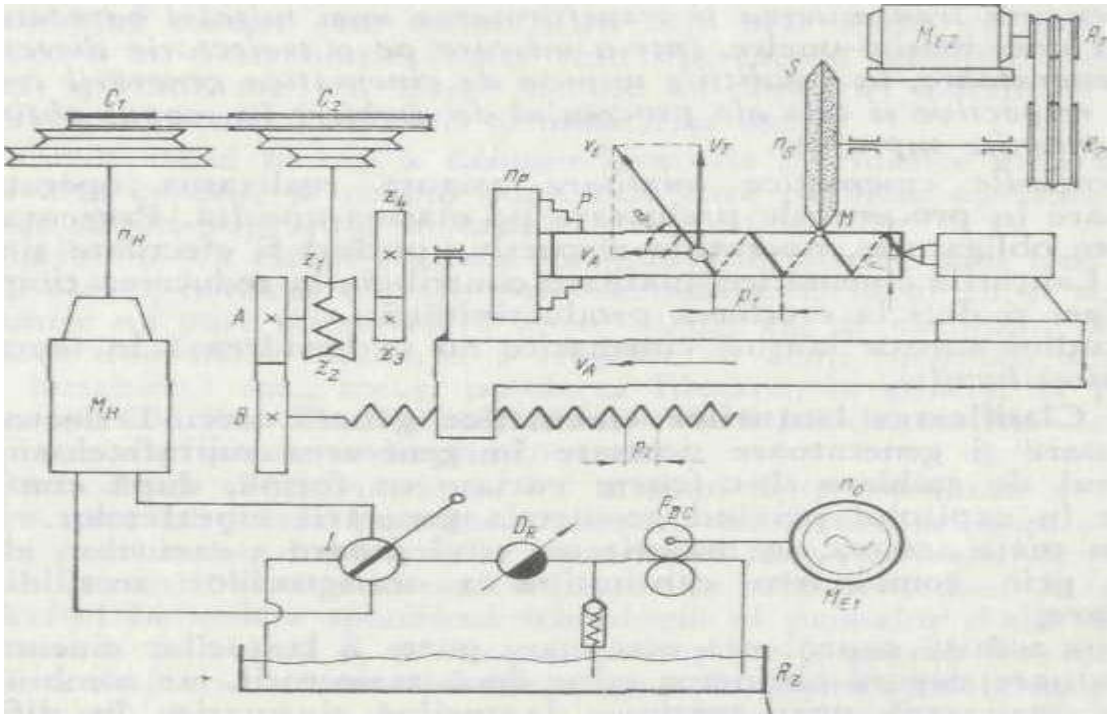


Fig. 2.1.

Procesul de aşchiere este realizat de discul abraziv S a cărui viteză tangențială — viteza de aşchiere — este determinată cinematic de diametrul său şi turația n_S, asigurată de motorul electric M_{E2} prin roțile de curea R_1 şi R_2.

Din această schemă simplificată rezultă că mecanismele: pompa P_{DC}, droselul D_R, motorul M_H, conurile în trepte C_1 şi C_2 si angrenajele z_1,z_2 *si* z_3,z_4 sunt necesare pentru a

obține viteza tangențiala v_T la periferia piesei de rază *r,* iar roțile de schimb *A, B,* ca si mecanismul **piuliță-şurub,** asigură viteza axiala v_A- Dispunerea spațială a traiectoriilor celor două viteze în raport cu punctul *M* al discului conduce la realizarea traiectoriei directoare elicoidale de pas p_1 pe cilindrul de raza *r.* Generatoarea este materializată prin profilul discului abraziv, față de care piesa se deplasează cu viteza componentă v_E, a cărei mărime trebuie să corespundă vitezei de avans.

Avînd în vedere scopul diferit al acestor lanțuri cinematice, se poate defini ca *lanț cinematic generator, totalitatea mecanismelor care asigură transmiterea si transformarea unei mişcări oarecare,* în cadrul unei maşini-unelte, *într-o mişcare pe o traiectorie directoare sau generatoare, în condițiile impuse de cinematica generării traiectoriei respective şi cele ale procesului de aschiere în scopul obținerei unei anumite suprafețe.*

Lanțurile cinematice auxiliare asigură realizarea operațiilor auxiliare în procesul de prelucrare pe maşina-unealtă. Prezența lor nu este obligatorie, operațiile respective putînd fi efectuate şi manual. Lanțurile cinematice auxiliare contribuie la reducerea timpilor auxiliari şi deci la creşterea productivității.

Studiul acestor lanțuri cinematice nu se încadrează în tematica prezentei lucrări.

2.2. Clasificarea lanțurilor cinematice generatoare.

Traiectoriile directoare şi generatoare necesare în generarea suprafețelor prin procesul de aschiere sînt foarte variate ca formă, după cum s-a arătat în capitolul privind geometria generării suprafețelor.

Cu toate acestea, în majoritatea covîrşitoare a cazurilor, ele se obțin prin combinarea cantitativa a traiectoriilor rectilinii şi circulare.

Din această cauza, cea mai mare parte a lanțurilor cinematice generatoare asigură obținerea celor două traiectorii, iar combinarea lor se realizează, prin asocierea lanțurilor cinematice în diferite moduri şi cu respectarea anumitor legi.

Ca urmare, funcție de forma traiectoriei, lanțurile cinematice ar putea fi denumite lanțuri cinematice pentru traiectorii rectilinii, circulare, elicoidale, spirale etc.

Totuşi, denumirea lanțurilor cinematice generatoare s-a făcut pe alte criterii, mai pregnant specifice procesului de aschiere, şi anume pe criteriul obținerii vitezei de aschiere, care a condus la denumirea de *lanț cinematic principal,* şi pe criteriul obținerii mişcării de avans, dînd naştere denumirii de *lanț cinematic de avans.*

Aceste denumiri bazate pe criteriul tehnologic nu țin seamă de forma traiectoriei pe care se realizează parametrii procesului de aschiere, viteza de aschiere, respectiv avansul. Din

această cauză, lanțul cinematic principal ca şi cel de avans pot realiza vitezele respective atît pe traiectorii rectilinii cît şi pe traiectorii circulare.

In cazul traiectoriilor complexe, în genere nu există o denumire a lanțurilor cinematice care concură la obținerea acestora.

Stabilirea unor denumiri pentru acestea prezintă unele dificultăți, datorită faptului că denumirea lor ar trebui să fie legată de denumirea geometrică a traiectoriei: lanț cinematic elicoidal, lanț cinematic spiral, lanț cinematic evolventic etc, a căror încetățenire în limbajul curent este dificilă, cu atît mai mult, cu cît unele traiectorii au o circulație foarte restrânsă ,ca de exemplu, cicloidă, eloidă, spiroidă etc, iar altele nici nu au denumiri matematice, ca, de exemplu, profilul elicelor, al matrițelor etc.

Suntem astfel tentați a denumi lanțurile cinematice generatoare după alte criterii, şi anume după cele care definesc operația prin care se obține suprafața în cauză.

Astfel, se va defini ca *lanț cinematic de filetare* acel lanț cinematic care generează o traiectorie elicoidală. Evident că şi această denumire nu pare potrivită în unele cazuri ca, de exemplu, la prelucrarea danturilor înclinate, a frezelor cu dinți înclinați, a canalelor burghielor etc, totuşi ponderea filetării, în genere, la prelucrarea şuruburilor fiind mare, se consideră că denumirea de lanț cinematic de filetare se impune.

Pe aceleaşi considerente se va denumi *lanț cinematic de detalonare* acel lanț care permite realizarea traiectoriilor spirale folosite în detalonare, după cum se va denumi *lanț cinematic de rulare,* lanțul cinematic care generează traiectoriile prin procedeul de rulare.

Având în vedere specificul tehnologic al primelor două lanțuri cinematice: principal şi de avans, se impune gruparea lor sub denumirea de *lanțuri cinematice tehnologice,* iar pentru celelalte, gruparea lor sub denumirea de *lanțuri cinematice generatoare complexe.*

Ca urmare, clasificarea lanțurilor cinematice generatoare se prezintă sub forma:

Lanțuri cinematice generatoare
- -simple, cu traiectorie liniara sau circulara, denumite si "tehnologice"
  - principal
  - avans
- -complexe
  - filetare
  - detalonare
  - rulare
  - copiere
  - etc.

Clasificarea nu este limitativă în ceea ce priveşte lanțurile cinematice generatoare complexe.

2.3. Lanțuri cinematice principale

2.3.1.Definire.

In procesul de generare a suprafețelor prin aşchiere este necesară o mişcare de deplasare a generatoarei, materializată prin muchia aşchietoare a sculei sau obținută pe cale cinematică pe curba directoare.

Această mişcare, în raport cu un reper fix, batiul maşinii-unelte, apare ca rezultând în unul din următoarele cazuri:

— generatoarea mobilă, directoarea fixă, în cazul broşării, rabotării pe şeping etc;

— generatoarea fixă, directorea mobilă, la strunjirea cilindrică,rabotarea pe raboteză etc.;

— generatoarea şi directoarea mobilă, la frezare şi rectificare,în procesul de generare a suprafețelor prin aşchiere, în cea mai mare parte a cazurilor generatoarea nu-şi modifică forma, astfel încît viteza de deplasare a ei pe directoare nu este supusă nici unor restricții în ceea ce priveşte mărimea şi sensul său. Ca urmare, mărimea vitezei de deplasare se poate lua egală cu mărimea vitezei tehnologice de aşchiere, cerută de însuşi procesul de aşchiere.

Dificultățile de realizare a vitezei tehnologice de aşchiere pe traiectoria directoare, menționate în capitolul anterior, determină obținerea unei mişcări relative între directoare şi generatoare, între piesă şi sculă, cu o viteză reală de aşchiere, mai mult sau mai puțin apropiată de cea tehnologică.

Mişcarea relativă dintre piesă şi sculă se obține cu ajutorul uneia sau a mai multor lanțuri cinematice, ale căror mărimi de ieşire corespund traiectoriilor şi vitezelor necesare generării suprafeței. Lanțul cinematic care asigură pe traiectoria directoare sau pe una din componentele acestei traiectorii viteza principală de aşchiere, componentă a vitezei reale de aşchiere, este denumit *lanț cinematic principal.*

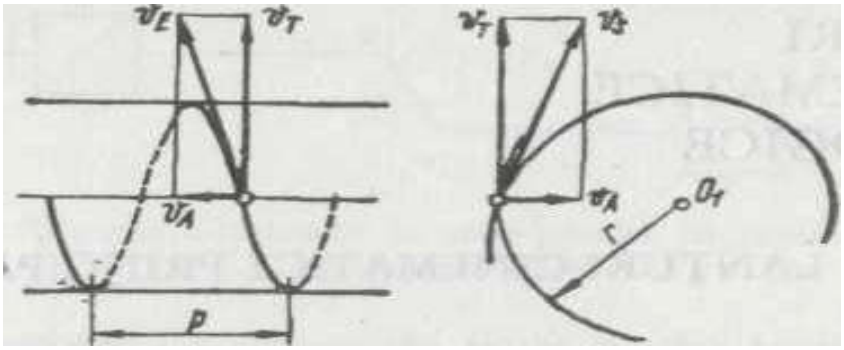


Fig. 2.2.

Traiectoria directoare este realizată în majoritatea cazurilor prin combinarea a două sau mai multe traiectorii circulare sau rectilinii.

Astfel, în cazul filetării pe strung sau al detalonării (fig.2.2.), viteza reală de aşchiere *(v_E,* respectiv v_S*)* este tangentă la traiectoria directoare, în timp ce viteza principală de aşchiere, furnizată de lanțul cinematic principal, este componenta v_T, tangentă la un cerc de rază r.

Ca urmare, acest lanț cinematic se poate defini astfel:

Lanțul cinematic principal asigură pe una din componentele traiectoriei directoare viteza principală de aşchiere, componenta cea mai mare a vitezei reale de aşchiere.

Definiția este valabilă şi în cazurile particulare, în care traiectoria directoare nu rezultă din combinarea mai multor traiectorii, de exemplu la rabotare, în care viteza principală de aşchiere este identică cu viteza reală de aşchiere.

2.3.2. Mărimea de ieşire a lanțului cinematic principal

Lanțul cinematic principal trebuie să furnizeze, pe o traiectorie circulară sau rectilinie, o mărime de ieşire $y_e = v_{aş}$, denumită, după cum s-a văzut, viteză principală de aşchiere.
Pentru o traiectorie circulară, mărimea vitezei se exprimă prin

$$v_{as} = \frac{2\pi r n_{as}}{1000} \quad \text{[m/min]}$$

în care *r,* în mm, este raza piesei sau a sculei, iar $n_{aş}$, în rot/min, turația acestora.

În cazul traiectoriilor rectilinii, funcție de genul mecanismului care asigură mişcarea, aceasta poate fi *continuă* sau *alternativă.* În cazul mişcării continue, viteza este uniformă şi se exprimă prin

$$v_{as} = \frac{l}{1000T} \quad \text{[m/min]}$$

unde *l*, în mm, este mărimea spațiului parcurs într-un ciclu de aşchiere, iar *T,* în min, durata acestui ciclu.

Mişcarea rectilinie alternativă poate fi realizată cu viteză uniformă (mecanisme cu piuliță-şurub, pinion-cremalieră, cilindru-piston etc.) sau cu viteză variată (mecanism cu bielă-manivelă, culisă oscilantă etc).

In ambele cazuri, un ciclu cinematic constă dintr-o cursă dublă de mărime *l*, parcursă cu viteza $v_{aş}=v_1$ în cursa de lucru, şi cu viteza v_2, în cursa de înapoiere.

Între cele două viteze, există relația

$$k = \frac{v_2}{v_1}$$

k fiind mai mare decît unitatea şi constant sau variabil, funcție de genul mecanismului.

Dacă T_1 şi T_2 sînt timpii necesari parcurgerii cursei într-un sens şi celălalt, atunci

$$v_1 = \frac{l}{1000T_1} \quad \text{si} \quad v_2 = \frac{l}{1000T_2}$$

Timpul necesar unei curse duble fiind $T=T_1+T_2$, se poate scrie că $T_1=T—T_2$, astfel că

$$v_1 = \frac{l}{1000(T - T_2)}$$

Pe de altă parte, întrucît $v_2 = kv_1$,

$$kv_1 = \frac{l}{1000T_2}$$

de unde, scoțînd expresia lui T2 şi introducînd-o în aceea a vitezei v_1, rezultă

$$v_{as} = v_1 = \frac{1+k}{k} \cdot \frac{l}{1000T}$$

Timpul T necesar unei curse duble se poate exprima funcție de numărul de curse duble pe minut prin

$$T = \frac{1}{n_{as}}$$

Ca urmare, expresia vitezei principale de aşchiere în cazul mişcării rectilinii alternative este:

$$v_{as} = \frac{1+k}{k} \cdot \frac{l \cdot n_{as}}{1000}$$

Remarcînd că produsul *2πr,* în cazul traiectoriei circulare, reprezintă mărimea spațiului parcurs într-un ciclu, toate cele trei expresii ale vitezei principale de aşchiere se pot exprima prin:

$$v_{as} = \lambda_1 \frac{L \cdot n_{as}}{1000} \quad \text{[m/min]}$$

în care λ este egal cu unitatea, în cazurile mişcărilor circulare şi rectilinii continue, şi egal cu *{1+k)/k,* în cel al mişcării rectilinii alternative, *L* fiind egal cu mărimea spațiului parcurs într-un ciclu de aşchiere, iar $n_{aş}$, numărul de cicluri pe minut (rot/min sau curse duble/min).

Ca urmare, lanțurile cinematice principale de orice natură ar fi ele trebuie să asigure la capătul de ieşire, indiferent dacă traiectoria este circulară sau rectilinie, iar mişcarea continuă sau alternativă, o mărime de ieşire $y_e=v_{aş}$, definită prin ultima expresie.

2.3.3. Structura lanțului cinematic principal.

Scopul lanțului cinematic principal fiind de a asigura viteza principală de aşchiere, reglabilă ca mărime între cele două limite ale domeniului de variație al ei, pe o traiectorie circulară sau rectilinie, de diverse mărimi, funcție de dimensiunile piesei sau ale sculei, trebuie să conțină un număr de mecanisme care să satisfacă aceste cerințe.

Lanțul cinematic principal este antrenat totdeauna de un motor, exceptînd micile maşini-unelte acționate manual, a cărui mişcare transmisă în lanț trebuie să poată fi nu numai reglată pentru obținerea vitezei de aşchiere corespunzătoare, ci şi inversată ca sens şi oprită sau pornită.

Pentru mişcarea circulară, un lanț cinematic principal mecanic poate fi reprezentat sub formă structurală ca în fig.2.3.

Motorul *M,* în general motor electric, furnizează mărimea de intrare y_i , turația n_o ,în lanțul cinematic. Cuplajul C permite transmiterea sau întreruperea mişcării în lanț, iar frânarea acestuia se face prin intermediul frînei *F*. Inversarea sensului mişcării este asigurată de inversorul

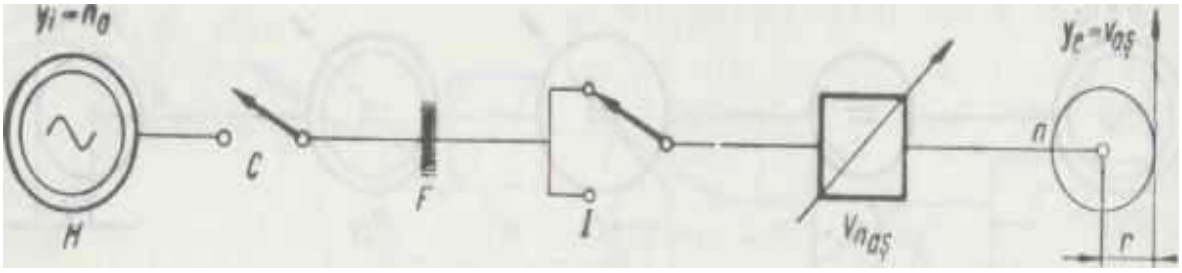


Fig.2.3.

I în cele două poziții ale sale. Mecanismul de reglare a turațiilor, variatorul V_n , asigură turațiile necesare, care funcție de mărimea *r* a piesei sau a sculei determină viteza principală de aşchiere.

Trebuie de remarcat că funcția acestui ultim mecanism care transformă turația *n* (sau pe ω) într-o viteză tangențială $v_{aş}$ este îndeplinit în foarte multe cazuri de însăşi piesa sau scula, prin mărimea razei *r* a ei, spre deosebire, de exemplu, de sania port-cuțit de pe platoul maşinilor orizontale de alezat şi găurit, care îndeplineşte în mod special această funcție.

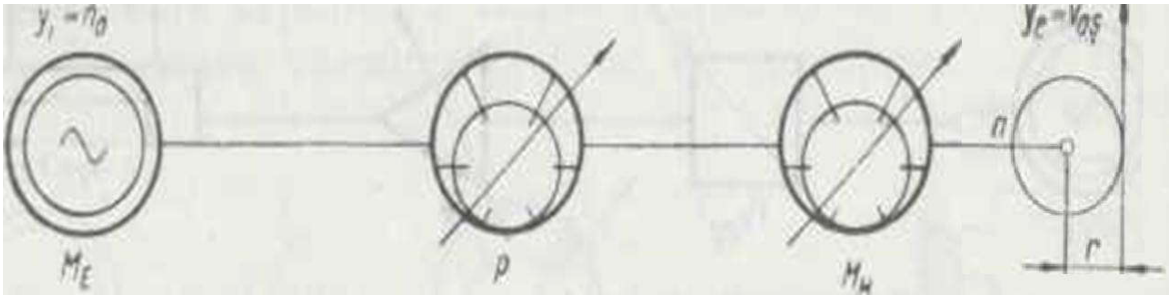


Fig.2.4.

Sistemele hidraulice sînt puţin folosite în lanţul cinematic principal şi în aceste cazuri se prezintă sub formă de agregat — variator hidraulic — care constă (fig.2.4.) dintr-o pompă P cu palete sau pistonaşe şi un motor hidraulic rotativ M_H, similar pompei din punct de vedere constructiv.

Variaţia turaţiei motorului hidraulic, inversarea sensului de rotaţie, pornirea şi oprirea mişcării se obţin acţionînd asupra excentricităţii rotorului pompei sau a motorului hidraulic.

Grupul Ward-Leonard este sistemul electric tipic folosit ca lanţ cinematic principal la maşinile-unelte grele. El constă (fig.2.5.) dintr-un grup de patru maşini electrice: un motor

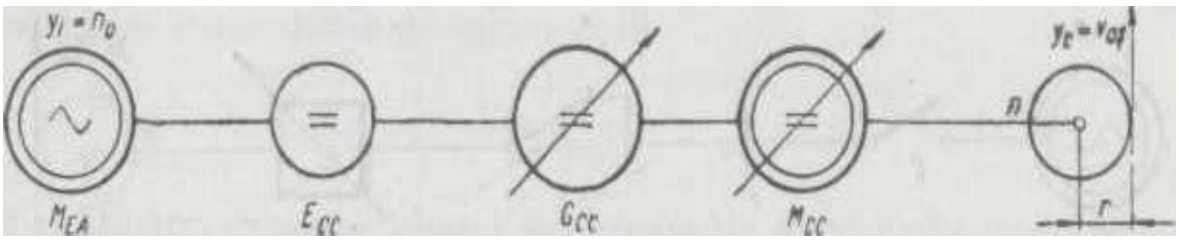


Fig.2.5.

de curent continuu M_{CC}, un generator de curent continuu G_{CC} şi o excitatrice E_{CC}. Combinaţia acestor maşini electrice permite varierea comodă şi economică a turaţiei motorului de curent continuu, precum şi inversarea sensului său de rotaţie.

Mişcarea rectilinie alternativă, cu viteză de aşchiere, se realizează prin lanţuri cinematice principale mecanice, similare celor pentru obţinerea mişcării circulare, cărora li se adaugă un mecanism de transformare a mişcării circulare în rectilinie alternativă.

Funcţie de genul acestui mecanism se pot distinge două grupe de posibilităţi de transformare a mişcării de rotaţie în mişcare rectilinie alternativă.

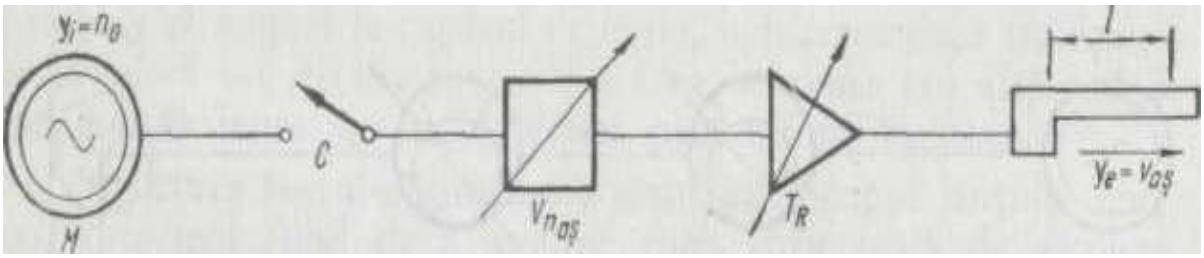


Fig.2.6.

In prima grupă intră mecanismele care asigură ele înseşi inversarea (fig.2.6.), ca mecanismul bielă-manivelă şi culisă oscilantă, caracterizate prin faptul că mărimea cursei se reglează prin variaţia mărimii razei manivelei, ca şi prin faptul că mărimea coeficientului $k = v_2/v_1$ este constantă, pentru oricare mărime a vitezei de aşchiere v_1.

A doua grupă de mecanisme folosite în lanţurile cinematice principale pentru transformarea mişcării circulare în rectilinie: pinion-cremalieră şi şurub-piuliţă, necesită mecanisme de inversare a sensului mişcării (fig.2.7.), precum şi un *lanţ cinematic auxiliar* pentru înapoiere rapidă (în schemă trasat cu linii întrerupte),ca şi *lanţuri cinematice de comandă* (trasate cu linie-punct) pentru comanda inversorului *I*, de către limitatorii O_1 şi O_2.

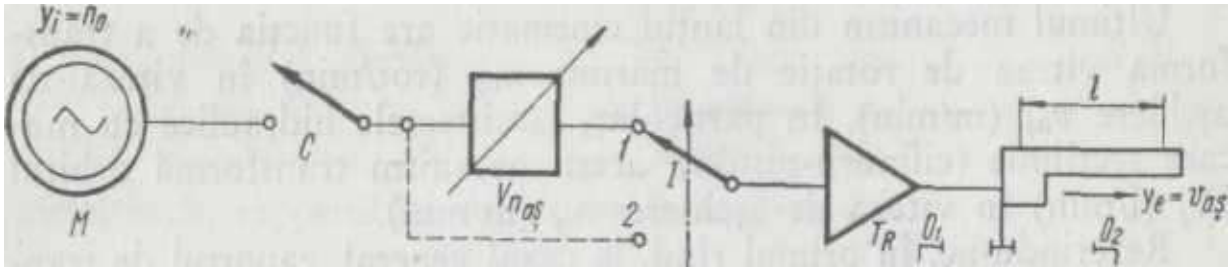


Fig.2.7.

La aceste lanţuri cinematice principale, coeficientul *k* este variabil, deoarece în toate cazurile v_2 este constant, în timp ce v_1 , fiind viteza de aşchiere, variază funcţie de necesităţile procesului de aşchiere.

Sistemele hidraulice pentru obţinerea vitezei de aşchiere pe traiectorii rectilinii (raboteze, maşini de broşat etc.) folosesc pompe cu debit variabil (fig.2.8.) şi motor hidraulic T_R cu mişcare rectilinie (piston-cilindru). Inversarea sensului mişcării şi obţinerea vitezei v_2 de înapoiere se *realizează,* printr-un lanţ cinematic de comandă care acţionează asupra excentricităţii pompei. Coeficientul *k* este în genere variabil, v_2 fiind de obicei constantă.

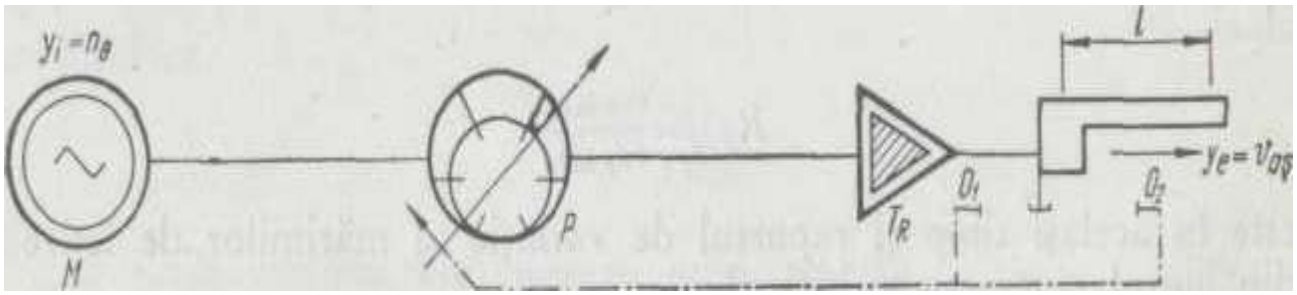


Fig.2.8.

Lanţurile cinematice electrice utilizate ca lanţuri cinematice principale pentru mişcarea rectilinie constau dintr-un grup Ward-Leonard (fig.2.5.), care la capătul de ieşire antrenează un mecanism de trasnformare a mişcarii circulare in miscare rectilinie, de obicei pinion-cremaliera sau şurub-cremaliera.

2.4. Lanţuri cinematice de avans

2.4.1. Definire.

Mărimea avansului s, *t* sau *u* reprezintă una din dimensiunile aşchiei eliminate în procesul de aşchiere (fig.2.9. Avansul *s,* denumit *avans de aşchiere,* este realizat în lungul generatoarei *G* generate cinematic, corespunzînd mărimii generatoarei elementare G_E şi poziţionării succesive a acesteia.

Avansul *t,* denumit şi *adîncime de aşchiere,* normal pe suprafaţa generată, este distanţa dintre două poziţii succesive ale directoarei *D,* adică distanţa *D'D", D"D"'* etc.

Avansul *u,* denumit *avans director,* reprezintă mărimea directoarei D_E în generarea cinematică a directoarei *D', D".*

Toate cele trei avansuri sînt realizate periodic, după cicluri diferite. Astfel, în cazul frezării din fig. 2.9, avansul *u* se produce o dată la un ciclu cinematic, avansul *s* o dată la un ciclu corespunzînd prelucrării pe lungimea *l* a directoarei, iar avansul *t* o dată la un ciclu determinat de timpul necesar generării generatoarei de lungime *b.*

Ordinea în care pot fi realizate cele trei avansuri poate fi şi alta, astfel încît mărimea ciclului de poziţionare a unui aceluiaşi avans poate fi diferită.

In cele ce urmează se va folosi notaţia *s* pentru cazul general, subînţelegînd oricare din cele trei avansuri şi ne vom referi la cazul în care avansul *s* (deci şi *t* sau *u)* este realizat ciclic, corespunzător ciclului cinematic de aşchiere, adică o dată pe rotaţie sau pe cursă dublă, celelalte cazuri putînd fi uşor aduse la cazul general sau interpretate ca atare.

Poziționarea repetată a generatoarei elementare $G_E = s$ implică necesitatea unei mişcări de avans între sculă şi piesa, în care scop este necesar un număr de mecanisme corespunzător, a căror totalitate formează *lanțul cinematic de avans.*

Definiția lanțului cinematic, de avans, din punct de vedere funcțional, poate fi dată sub forma următoare:

Lanțul cinematic de avans asigură poziționarea ciclică, pe una din traiectoriile generatoare (D sau G) *a elementului generator (*D_E sau G_E*) sau poziționarea ciclică a generatoarei pe directoarele succesive necesare generării suprafeței.*

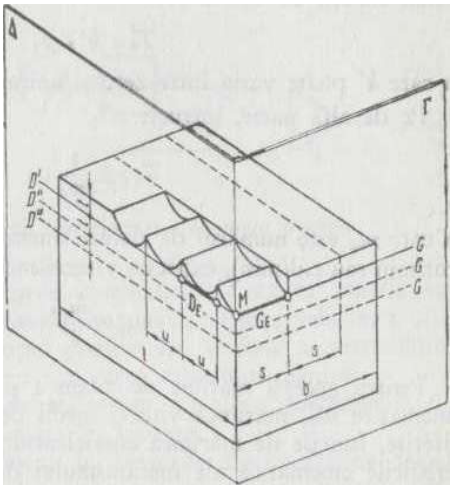


Fig.2.9.

2.4.2. Mărimea de ieşire din lanțul cinematic de avans.

Lanțul cinematic de avans, trebuind să asigure poziționarea ciclică, printr-o mişcare de avans, această poziționare poate avea loc pe o durată de timp T_i mai mică sau cel mult egală cu timpul T_{CC} în care se produce ciclul cinematic.

Din această cauză, viteza cu care se face mişcarea de poziționare, denumită *viteză de avans,* se va exprima prin: $v_{av} = \frac{s}{T_1^{'}}$ [mm/min]

Viteza de avans este variabilă, deoarece, datorită periodicității mişcării de avans, mărimea sa în momentul inițial şi final este zero, între aceste momente ea avînd şi o valoare maximă, modul de variație depinzînd de caracteristicile cinematice ale mecanismului

sau mecanismelor care asigură mişcarea. Din această cauză, aşa cum s-a arătat anterior, expresia de mai sus determină *viteza medie de avans.*

Timpul $T_1^{'}$, pe durata căruia are loc mişcarea de avans, fiind mai mic sau cel mult egal cu durata T_{CC} a unui ciclu, se poate exprima funcție de acesta prin

$$T_1^{'} = k^{'} \cdot T_{CC}$$

în care k' poate varia între zero şi unitate. Pe de altă parte, întrucît

$$T_{CC} = \frac{1}{n_{as}}$$

în care $n_{aş}$ este numărul de cicluri cinematice de aşchiere pe minut (rot/min sau c.d/min), expresia vitezei medii de avans capătă forma:

$$v_{av} = \frac{s \cdot n_{as}}{k'}$$

Pentru aceeaşi mărime de avans *s* şi acelaşi număr de cicluri cinematice $n_{aş}$, mărimea vitezei medii de avans poate avea valori diferite, funcţie de mărimea coeficientului *k',* depinzînd de caracteristicile cinematice ale mecanismului de avans. Viteza de avans este variabilă între extrema $k' = 1$, cînd $T_1' = T_{CC}$ — mişcarea de avans se produce pe toată durata ciclului de aşchiere — avansul fiind denumit *avans continuu,* caz particular în care viteza de avans este constantă, şi extrema $k'=0$, în care viteza de avans este teoretic infinită, timpul T_1' *în* care se efectuează mişcarea de avans fiind nul, caz de asemenea particular întîlnit la prelucrarea cu broşa, tarodul, filiera etc, scule la care mărimea avansului *s* este materializată prin diferenţa dintre înălţimile dinţilor alăturaţi.

2.4.3. Structura lanţului cinematic de avans

Mărimea avansului *s* se realizează pe traiectorii rectilinii sau circulare, folosindu-se mecanisme mecanice de genul şurub-piuliţă, pinion-cremalieră, camă-tachet şi mese sau pîrghii rotative. Sistemele hidraulice cu piston-cilindru sînt folosite cu succes în special la realizarea avansului continuu, pe traiectorii rectilinii.

Lanţurile cinematice de avans mecanice conţin pe lîngă unul din mecanismele citate şi mecanisme speciale (fig.2.10), avînd scopuri bine definite în funcţionarea acestora.

Lanţul cinematic de avans posedă un mecanism C_1 de pornire-oprire a mişcării, un inversor I pentru schimbarea sensului mişcării de avans, un mecanism K_s de transmitere periodică a mişcării numai pe durata T_1' din ciclu, mecanism neexistent în cazul în care avansul este continuu, un variator de avans V_s pentru obţinerea diferitelor mărimi de avans *s* şi mecanismul T_R de transformare a mişcării de rotaţie în mişcare de translaţie.

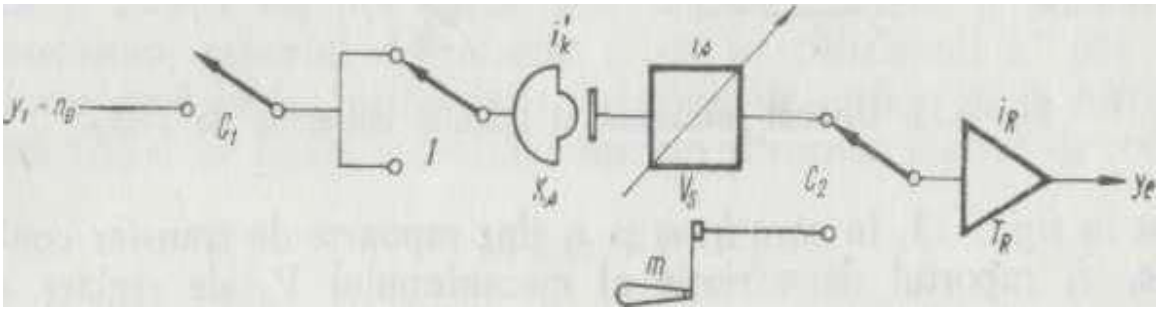


Fig.2.10.

În afara acestora, lanțurile cinematice de avans posedă un cuplaj C_2, care permite acționarea manuală, cu manivela *m,* a ultimului mecanism T_R, în scopul poziționării inițiale a ansamblului sculă-piesă, precum şi pentru realizarea avansului manual.

Dacă avansul se face pe traiectorii circulare, mecanismul de transformare a mişcării circulare T_R lipseşte.

Sistemele hidraulice folosite în lanțurile cinematice de avans posedă mecanisme (fig.2.11) care îndeplinesc aceleaşi funcții: droselul D_R reglează mărirea avansului s, sertăraşul C_1 permite pornirea sau oprirea mişcării, prin dirijarea uleiului în sistemul hidraulic sau la

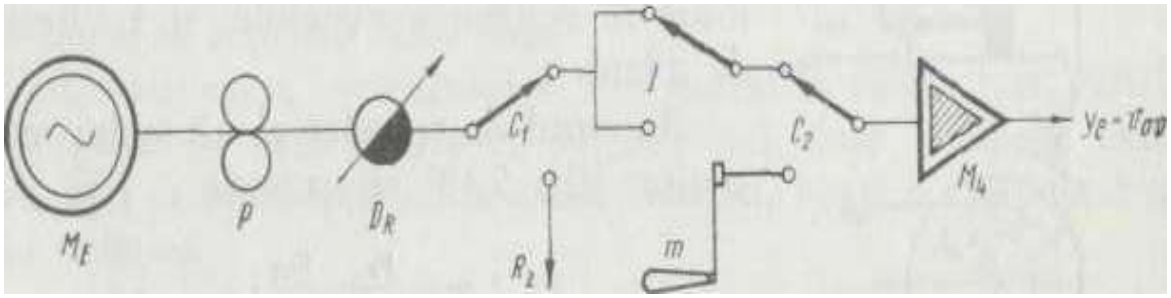


Fig.2.11.

rezervor, *I* este un sertăraş distribuitor care schimbă sensul de mişcare a motorului hidraulic M_H- Cuplajul C_2 permite acționarea manuală a motorului M_H , deci a mesei maşinii.

Lanțurile cinematice de avans pot fi şi complexe: hidromecanice, hidropneumatice sau electrice.

2.4.4.Lanțuri cinematice de avans realizate cu mecanisme de naturi diferite.

Realizarea avansurilor periodice ca şi a celor continue ridică probleme specifice.Astfel, în cazul avansului periodic *s* pe durata de timp T_1' , de obicei foarte mică în raport cu timpul T_{CC} al ciclului cinematic, mecanismul de fracționare a mişcării ca şi portiunea de lanț cinematic până la capătul de ieşire sunt supuse unor solicitări periodice foarte mari, datorită variației vitezei între zero şi valoarea maximă a ei, cu revenirea la zero într-un timp foarte scurt. Pe de altă parte, reglarea cât mai fină a mărimii avansului *s*, funcție de rugozitatea dorită a fi obținută, reprezintă o altă problemă dificil de rezolvat. Aceste cauze au dus la folosirea în lanțul cinematic de avans a mecanismelor de naturi diferite:

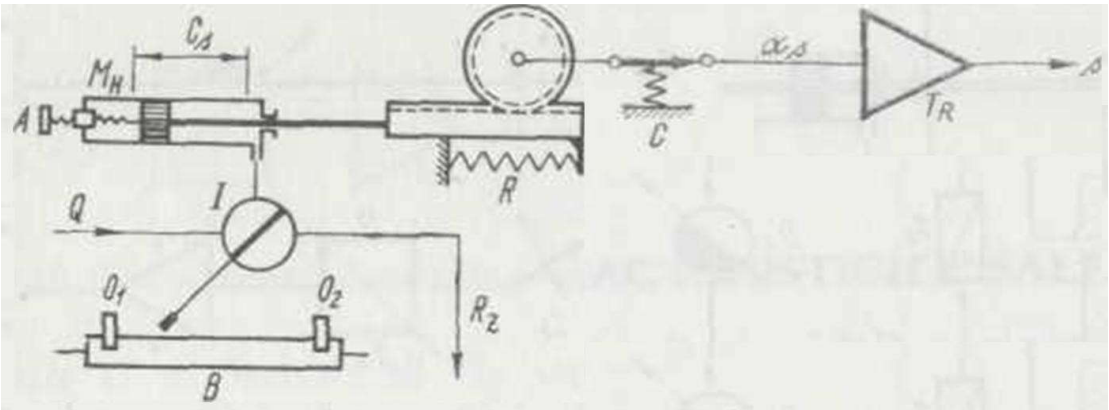


Fig. 2.12.

hidraulice, pneumatice şi electrice, dând naştere la lanţuri cinematice complexe.

Figura 2.12 reprezintă schema unui lanţ cinematic de avans hidromecanic pentru avans periodic. Mărimea α_s , este furnizată de un mecanism cu cremalieră, acţionat de un motor hidraulic M_H. Mărimea lui $\boldsymbol{\alpha_s}$ este condiţionată de mărimea cursei C_s a pistonului solidar cu cremalieră, cursă care poate fi reglată cu şurubul limitator *A,*îndeplinind din această cauză funcţia de variator de avans.

Frecvenţa furnizării lui α_s este identică cu aceea a mişcării mesei *B,* care, prin opritorii O_1 şi O_2 , comandă inversorul *I* .Înapoierea pistonului în poziţia iniţială este asigurată de un resort *R*. în timpul înapoierii, mecanismul de avans T_R nu este acţionat, deoarece cuplajul C este cu unisens.

Un lanţ cinematic de avans cu acţionare hidromecanică, tot pentru avans periodic, este reprezentat în fig. 5.20. Sistemul hidraulic cu inversorul *I* acţionează motorul oscilant M_H care livrează totdeauna o rotaţie de unghi α_0 constant. Transformarea lui α_0 în α_s se obţine cu variatorul de avans V_s , care constă în majoritatea cazurilor dintr-un mecanism cu clichet. Acesta poate fi reglat a antrena, de la un dinte pînă la un număr oarecare de dinţi ai roţii de clichet, variindu-se astfel mărimea lui α_s. Cuplajul C are acelaşi rol ca şi în cazul precedent şi funcţia sa este îndeplinită de însuşi clichetul, în cazul folosirii acestui mecanism ca mecanism de variaţie a avansului.

Lanţurile cinematice pentru avans continuu nu necesită mecanismul de fragmentare a mişcării, însă ridică o problemă aparte, aceea a menţinerii constante a vitezei de avans şi aceasta, în special, în cazul sistemelor hidraulice.

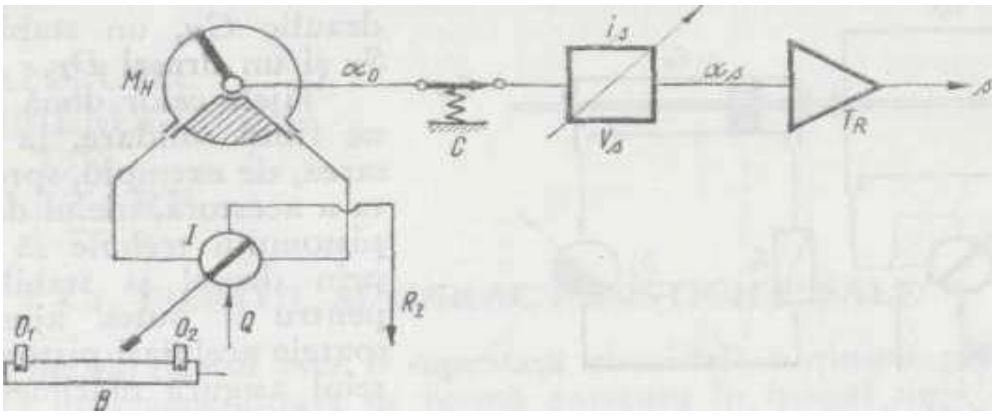


Fig. 2.13.

O schemă obişnuită de realizarea vitezei de avans pe cale hidraulică este reprezentată în fig. 5.21, motorul hidraulic M_H putînd fi cu mişcare rectilinie, ca în figură, sau cu mişcarea de rotaţie. Mărimea vitezei de avans se reglează cu droselul D_R care face funcţie de variator de avans. Sensul mişcării de avans este determinat de poziţia inversorului *I*.

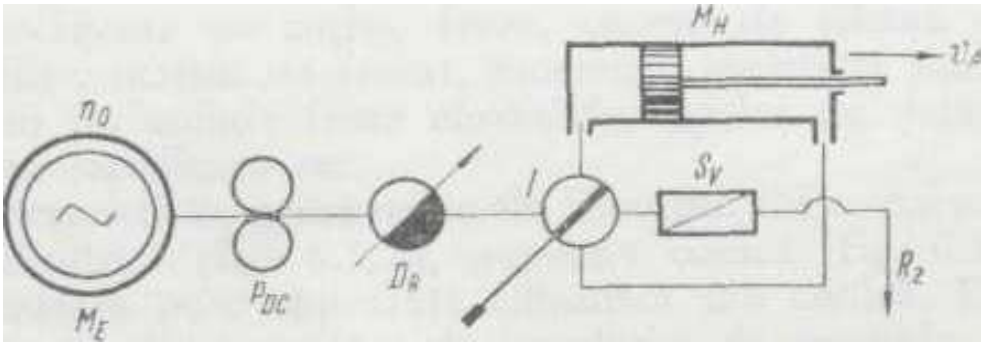
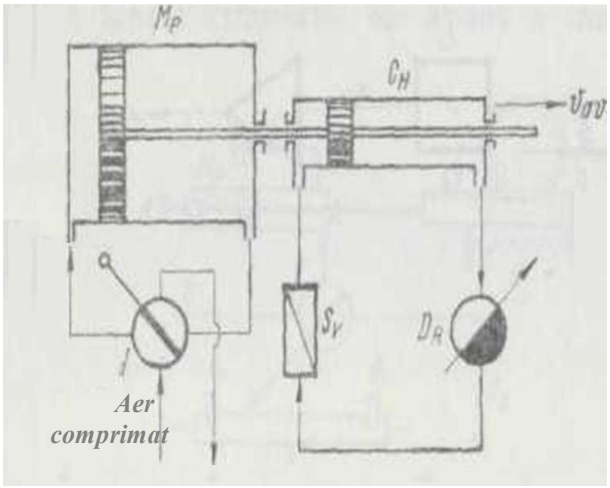


Fig.2.14.

Datorită variaţiei efortului de aşchiere, mărimea vitezei de avans variază, ceea ce duce la o rugozitate neuniformă a suprafeţei. Menţinerea constantă a vitezei de avans se realizează cu stabilizatorul de viteză S_V.

In ultimul timp, o oarecare extindere a luat acţionarea hidro-pneumatică (fig. 2.15), care constă dintr-un cilindru motor M_P acţionat pneumatic prin inversorul *I*. Menţinerea constantă a vitezei de avans se realizează cu ajutorul unui circuit hidraulic închis, constînd dintr-un cilindru hidraulic C_H, un stabilizator S_V şi un drosel D_R.



Tijele celor două pistoane fiind solidare, la deplasarea, de exemplu, spre drepta a acestora, uleiul din fața pistonului trebuie să treacă prin drosel şi stabilizator, pentru a putea ajunge în spatele aceluiaşi piston. Droselul asigură mărimea vitezei de avans, iar stabilizatorul, constanța acestei mărimi.

Fig.2.15.

Sistemul prezintă avantaje economice prin simplificarea sistemului hidraulic, ca şi prin utilizarea ca energie, pe cea a aerului comprimat, existent în mod curent în întreprinderi.

Lanțurile cinematice de avans electrice au în genere o construcție complicată a părții electrice, prin utilizarea unor maşini electrice speciale de curent continuu (amplidină, rototrol etc), fiind utilizate în construcția maşinilor-unelte grele şi a maşinilor-unelte de copiat.

Întrebări de verificare a cunoştinţelor:

1.Ce se înţelege printr-un lanţ cinematic al unei maşini-unelte?

2.Care sunt cele 2 grupe mari de lanţuri cinematice din componenţa unei maşini-unelte?

3.Precizaţi cele mai importante funcţii/ roluri ale unui lanţ cinematic generator.

4.Prin ce se caracterizează lanţurile cinematice auxiliare ale unei maşini-unelte?

5.Cum pot fi clasificate lanţurile cinematice generatoare?

6.Definţi lanţul cinematic principal.

7.Pentru ce lanţ cinematic este mărime de ieşire, viteza principală de aşchiere?

8.Schiţaţi structura unui lanţ cinematic principal hidraulic pentru mişcare circulară.

9.Ce reprezintă noţiunea „avans director”?

10.Cum poate fi definit lanţul cinematic de avans din punct de vedere funcţional?

11.Prin ce unitate de măsură se exprimă, în general, viteza de avans?

12.Prin ce se caracterizează avansul generat de sistemele hidraulice cu piston-cilindru?

13.Precizaţi 3 tipuri de lanţuri cinematice de avans realizate cu mecanisme de naturi diferite.

14.Ce funcţie îndeplineşte componenta „drosel” în cadrul unui lanţ cinematic de avans?

CAPITOLUL III

Obiectivele capitolului:

- Prezentarea generală a mişcărilor de generare a suprafeţelor pe maşini-unelte.
- Definirea mişcării principale.
- Precizarea mişcărilor complementare sau de avans.
- Definirea sistemului de referinţă cinematic al maşinilor-unelte.
- Studiul parametrilor procesului de prelucrare prin aşchiere.
- Evidenţierea factorilor care influenţează prelucrările prin aşchiere.
- Rolul maşinii-unelte în procesul de aşchiere.
- Definirea şi rolul sculei aşchietoare în procesul de aşchiere.
- Părţile componente ale sculei aşchietoare.

BAZELE PRELUCRĂRILOR PRIN AŞCHIERE PE MAŞINI-UNELTE

3.1.Cinematica procesului de prelucrare prin aşchiere.

Mişcările în procesul de generare prin aşchiere sunt mişcări relative între piesa de prelucrat şi partea aşchietoare a sculei.Aceste mişcări sunt necesare atât generării suprafeţelor cât şi realizării procesului de aşchiere.

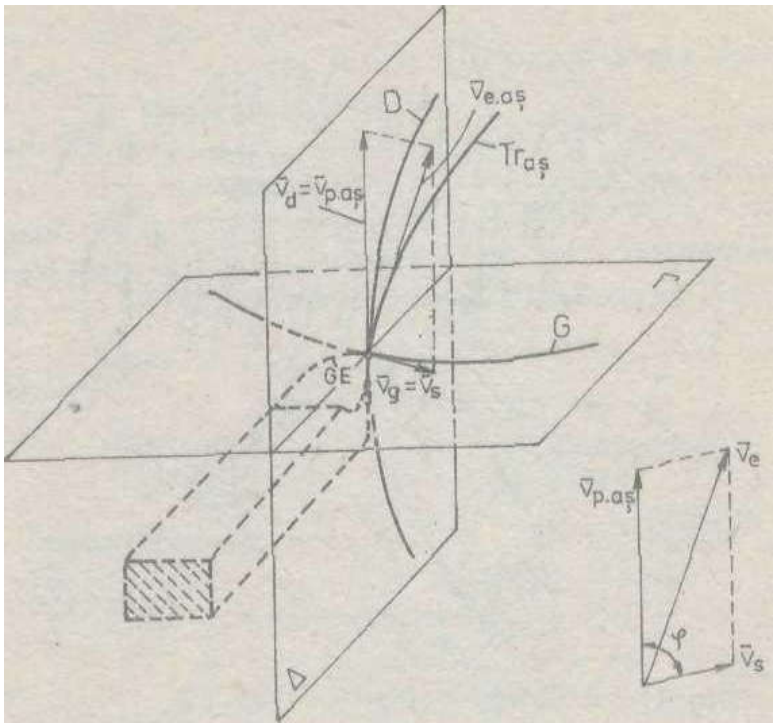
De la caz la caz, unele dintre aceste mişcări iau parte direct la procesul de generare prin aşchiere, iar altele au numai roluri auxiliare, cum ar fi : mişcarea pinolei, păpuşii mobile pentru prinderea piesei între vârfuri, mişcarea bacurilor pentru fixarea piesei în universal, mişcările săniilor pentru reglarea sculelor înaintea fiecărei faze sau treceri de lucru etc. Mişcările din prima categorie sunt mişcări de generare, iar cele din a doua mişcări auxiliare.

3.1.1. Structura mişcării de generare

Dintre toate mişcările de generare care se produc simultan în cadrul unui proces oarecare de aşchiere, una dintre acestea se distinge ca mişcare principală, iar celelalte sunt considerate mişcări complementare sau de avans. Rezultanta tuturor este **mişcarea efectivă de aşchiere**.

3.1.1.1. Mişcarea efectivă

În cazul general, o suprafaţă reală se generează prin aşchiere, dacă cele două curbe G si D ale suprafeţei teoretice corespunzatoare ei, sunt generate cinematic simultan, adică realizate prin generare cinematică.



În acest scop elementul generator GE, materializat prin tăişul sculei aschietoare, fig.3.1.a. , trebuie să se deplaseze simultan în lungul directoarei teoretice D, prin mişcarea de generare a suprafeţei, cu viteza $\overline{v_d}$, şi în lungul generatoarei teoretice G , prin mişcarea cu viteza $\overline{v_g}$, aceasta din urmă fiind mişcarea de avans de viteză $\overline{v_s}$.

a **Fig. 3.1.** b

Cele două mişcări efectuate simultan de elementul generator se compun în spaţiu, obţinându-se o mişcare relativă rezultantă, între elementul generator, ce aparţine sculei aşchietoare, şi suprafaţa reală (prelucrată) ce se genereaza pe piesa în cauză.

Această mişcare relativă în urma căreia se îndepărtează adaosul de prelucrare sub formă de aşchii, se numeşte **mişcare efectivă de aşchiere**, având ca traiectorie, o rezultantă a traiectoriilor generate prin cele două mişcări ce se compun, adică traiectoria directoare D şi

respectiv traiectoria generatoare G, denumită **traiectoria mişcării efective de aşchiere** ,$Tr_{aş}$, fig.3.1.a.

Viteza cu care se efectuează mişcarea efectivă de aşchiere , este rezultanta vitezelor celor două mişcări componente şi se obține din însuşi cinematica de generare a suprafeței reale respective. Această viteză se numeşte **viteză efectivă de aşchiere** $\overline{v_{e_{as}}}$, şi este tot timpul tangentă la traiectoria mişcării efective de aşchiere, $Tr_{aş}$. Valoarea acestei viteze se poate calcula cu relația:

$$\overline{v_{e_{as}}} = \overline{v_d} + \overline{v_g} \qquad (3.1.)$$

Cazurile practice de generare a suprafețelor reale pe maşini-unelte consemnează faptul că , viteza $\overline{v_g}$ este extrem de mică , ca marime , față de cea a vitezei efective de aşchiere. Rezultă deci că, viteza $\overline{v_d}$ este componenta cea mai apropiată ca marime de viteza efectivă de aşchiere, şi ca atare ea se numeşte **viteza principală de aşchiere**, astfel că $\overline{v_d} = \overline{v_{as}}$.

Intrucât mişcarea cu viteza v este mişcarea de avans în generarea dată, ca şi ea se efectuează cu viteza de avans $\overline{v_s}$, rezultă identitatea: $\overline{v_g} = \overline{v_s}$, şi ca urmare, expresia vectorială a vitezei efective de aşchiere (3.1) capătă forma:

$$\overline{v_{e_{as}}} = \overline{v_{p_{as}}} + \overline{v_s} \qquad (3.2.)$$

Mărimea acestei viteze se calculează cu uşurință, dacă se cunoaşte unghiul φ, figura 3.1,b, dintre cele două viteze componente:

$$v_{e_{as}} = \sqrt{v_{p_{as}}^2 + v_s^2 + 2v_{p_{as}} \cdot v_s \cdot \cos\varphi} \qquad (3.3.)$$

Cunoscând că mişcarea efectivă de aşchiere este acea mişcare relativă dintre elementul generator al sculei aşchietoare şi piesa-semifabricat,ce are drept scop îndepărtarea adaosului de prelucrare sub formă de aşchii, rezultă că,datorită ei se generează suprafața de aşchiere şi, o dată cu aceasta un element al suprafeței prelucrate.

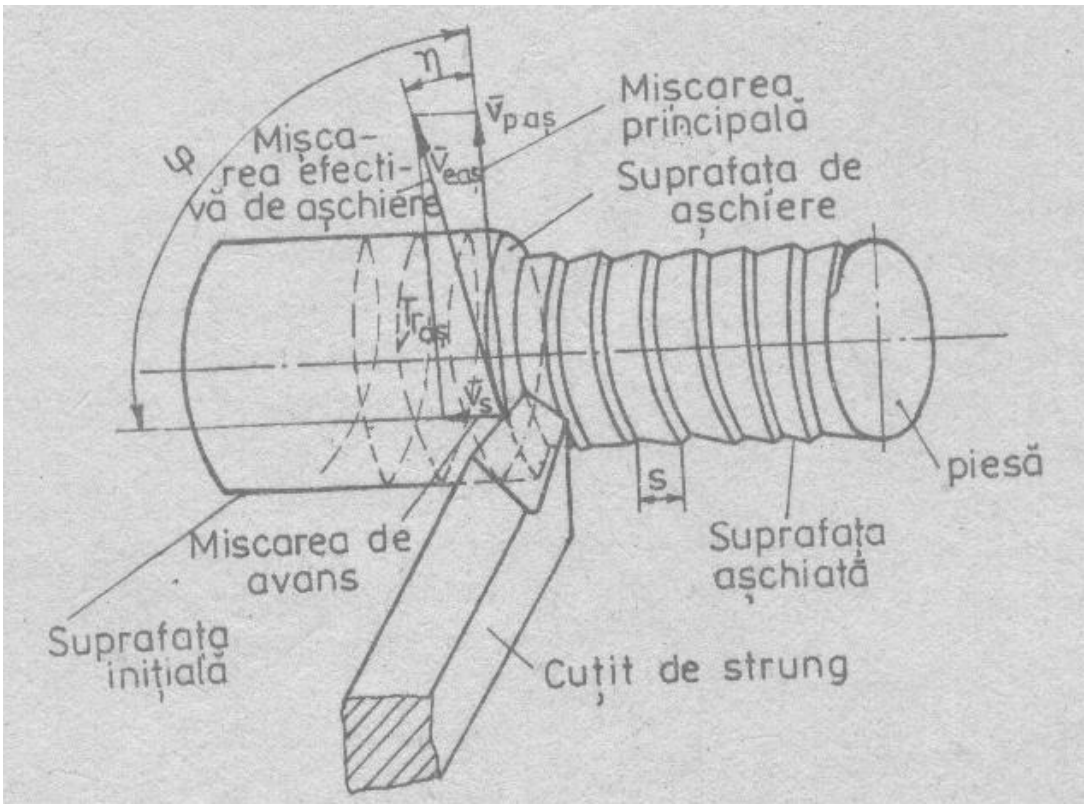


Fig.3.2.

Exemplul unei strunjiri longitudinale, fig. 3.2, ilustrează foarte bine acest aspect. Reiese astfel că, mişcarea efectivă de aşchiere este ,în fond, mişcarea de generare a suprafeţei de aşchiere, a cărei traiectorie este $Tr_{aş.}$

Ştiind că mişcarea efectivă de aşchiere rezultă din compunerea mişcării principale cu mişcarea de avans , iar mişcarea principală poate fi o mişcare simplă, de rotaţie sau de translaţie, în timp ce mişcarea de avans, în cazul general, poate rezulta din compunerea, de asemenea, a unor mişcări simple, înseamnă că în cazul general al generării prin aşchiere a suprafeţelor reale (prelucrate) pe maşinile-unelte, mişcarea efectivă de aşchiere rezultă din compunerea unui anumit număr de mişcări simple, care se denumesc **complementele mişcarii de aşchiere.**

3.1.1.2Mişcarea principală

Dintre componentele mişcării efective de aşchiere, în cazul generării unei suprafeţe reale date, una singură (şi numai una) constituie mişcarea principală şi ea se efectuează cu viteza principală de aşchiere $\bar{v}_{p\cdot as}$. Celelalte componente rămase sunt mişcări de avans (sau mişcări complementare de generare) şi ele se efectuează cu viteza de avans $\bar{v}_s$ (sau cu viteze $\bar{v}_{cg}$).

Viteza principală de aşchiere, $\overline{v}_{p\cdot as}$ este viteza elementului generator în mişcarea principală şi ea este tangentă la traiectoria acestei mişcări, ce poate fi traiectoria directoare sau, în cazurile particulare ale generării prin frezare, rectificare, strunjire a filetelor etc. , una din componentele traiectoriei directoare.

Privind tipul mişcării principale şi direcția vitezei principale de aşchiere $\overline{v}_{p\cdot as}$ cu care se efectuează, se disting două cazuri:

1. La generarea suprafețelor reale, la care directoarea D se realizează ca traiectorie a unei mişcări simple, de rotație sau de translație, viteza principală de aşchiere este viteza elementului generator în lungul traiectoriei directoare şi, implicit mişcarea principală o reprezintă acea mişcare simplă.

Este cazul generării suprafețelor reale prin mai multe procedee de generare prin aşchiere, ca de exemplu: prin strunjire, figura 3.2, sau rabotare, prin burghiere, figura 3.3, sau alezare etc.

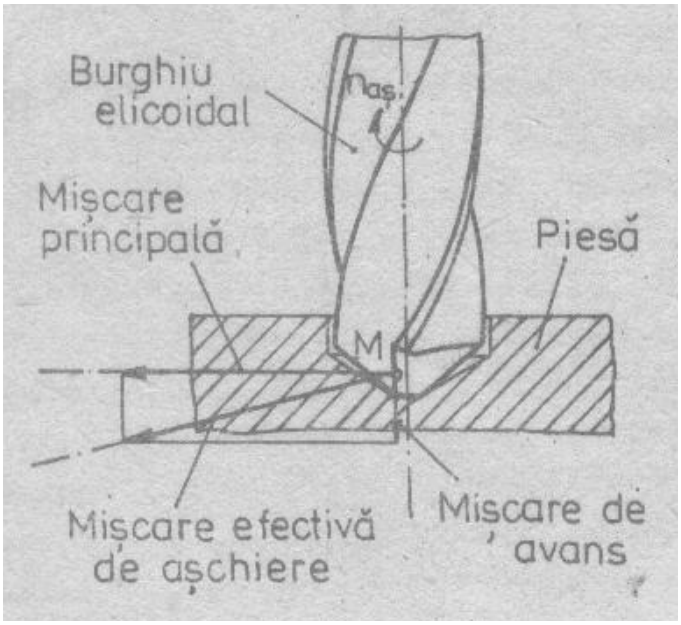


Fig. 3.3.

2. În cazurile de generare, în care directoare teoretică D se realizează ca traiectorie(sau arce de traiectorie) a unei mişcări rezultante, obținute prin compunerea mai multor mişcări simple, de rotație sau de translație, viteza principală de aşchiere este viteza elementului generator în lungul celei mai apropiate traiectorii componente a traiectoriei directoare.

Rezultă astfel că mişcarea principală reprezintă acea mişcare simplă având această traiectorie componentă.

Generările de acest fel,considerate particulare cazului general, sunt specifice frezării şi rectificării suprafețelor reale, strunjirii filetelor etc.

De exemplu, la frezarea unei suprafețe plane, figura 3.4 ,directoarea teoretică D se realizează ca înfăşurătoare a unei curbe cinematice, adică a directoarei elementare D_e, ce

reprezintă un arc al directoarei reale D_{real}. Cum aceasta din urmă este traiectoria mişcării rezultate din mişcarea de rotaţie a frezei, $n_{aş}$ şi mişcarea de avans a sculei faţă de semifabricat $\bar{v}_s$ mişcarea rezultantă denumită mai sus mişcare de aşchiere, rezultă că traiectoria D_{real} se confundă cu traiectoria mişcării de aşchiere, $Tr_{aş}$.

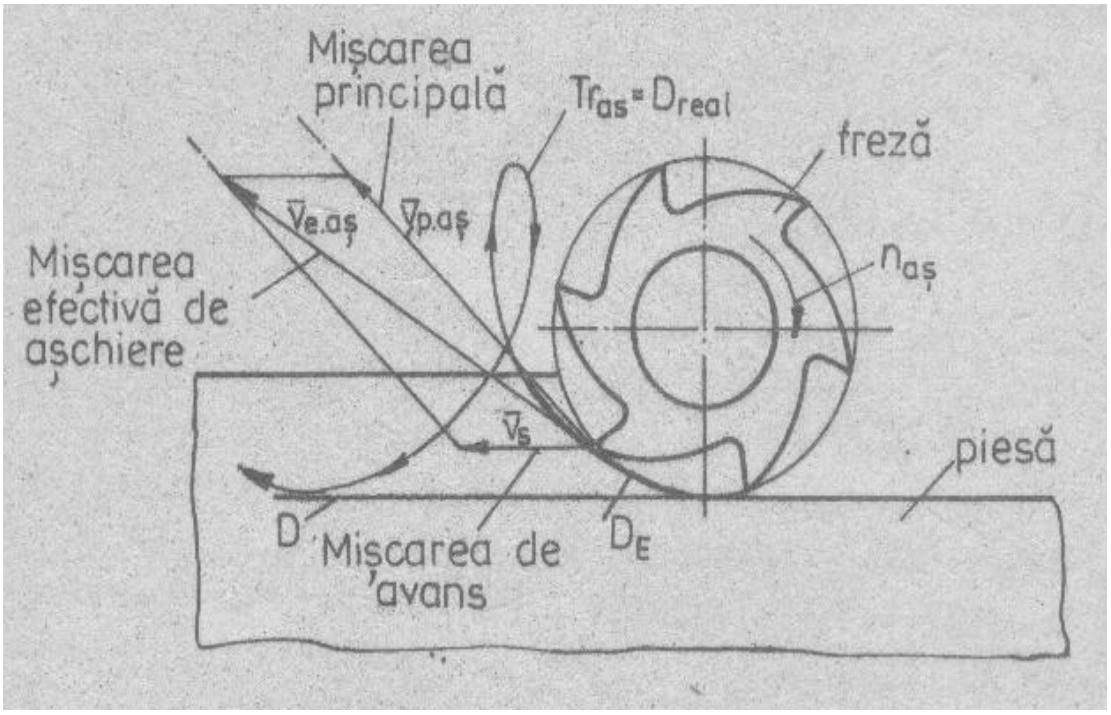


Fig. 3.4.

Ori, tangentă la traiectoria $Tr_{aş}$ (D_{real}) este viteza efectivă de aşchiere, $\bar{v}e_{as}$, şi în consecinţă, viteza de aşchiere $v_{aş}$ va fi viteza tangentă la traiectoria circulară cea mai apropiată traiectorie componentă a directoarei reale, D_{real}.

Rezultă astfel că mişcarea principală este dată de mişcarea de rotaţie a frezei, a cărei traiectorie circulară se parcurge cu viteza principală de aşchiere, $\bar{v}_{p\cdot as}$.

În baza aceluiaşi raţionament la rectificarea suprafeţelor reale, figura.3.5, mişcarea principală este mişcarea de rotaţie a discului de rectificat.

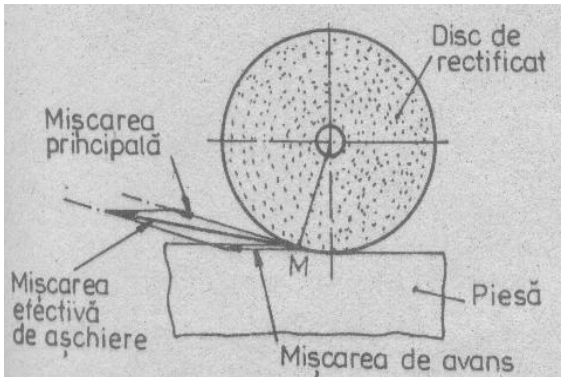


Fig. 3.5.

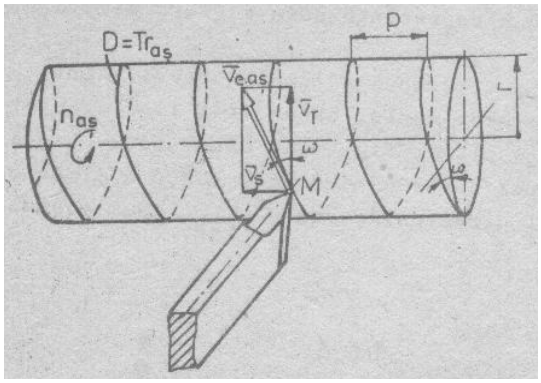


Fig. 3.6.

În cazul strunjirii filetelor, fig.3.6, directoarea suprafeței elicoidale a acestora este elicea cilindrică D. Pentru realizarea sa cinematică, se compune mişcarea de rotație a piesei, $n_{aş}$, care asigură pe traiectoria circulară viteza tangențială $\bar{v}_T$, cu mişcarea rectilinie de deplasare axială a sculei $\bar{v}_s$, astfel încât să existe între ele o coordonare cinematică pentru a se obține traiectoria directoare elicoidală D, de pas p şi unghiul ω cunoscute.

Mişcarea rezultantă a acestor mişcări componente este mişcarea efectivă de aşchiere şi deci, traiectoria directoare D fiind tocmai traiectoria mişcării de aşchiere $Tr_{aş}$, viteza efectivă de aşchiere va fi tangentă la traiectoria directoare D.

Dacă unghiul de înclinare al elicei, $\omega < 45^\circ$ (cazul filetelor cu pas normal) atunci traiectoria circulară este mai apropiată de traiectoria elicoidală decât cea rectilinie şi, în consecință, viteza principală de aşchiere $\bar{v}_{p\cdot as}$, se atribuie vitezei $\bar{v}_T$, adică, mişcarea de rotație $n_{aş}$ constituie mişcarea principală.

În cazul filetelor cu pas mare şi foarte mare, $\omega > 45^\circ$, deoarece traiectoria elicoidală devine mai apropiată de cea rectilinie, viteza principală de aşchiere $\bar{v}_{p\cdot as}$, se atribuie viteza $\bar{v}_s$, şi deci mişcarea de deplasare axială a sculei va fi mişcarea principală. În concluzie, mişcarea principală se efectuează cu viteza principală de aşchiere $\bar{v}_{p\cdot as}$ şi ea este o <u>mişcare simplă de rotație</u>, în cazul generării suprafețelor reale prin procedeele de strunjire, burghiere alezare, frezare, broşare circulară şi rectificare, sau o <u>mişcare simplă de translație rectilinie</u>, la generarea prin procedeele de rabotare, mortezare şi broşare rectilinie.

Expresiile analitice ale vitezei principale de aşchiere sunt următoarele:

a) pentru mişcarea de rotație

$$v_{p\cdot as} = \frac{2\pi \cdot R_M \cdot n_M}{1000} \qquad [m/\min] \qquad (3.4)$$

în care R_M reprezintă raza punctului generator pe traiectoria mişcării principale, în mm;

$2\pi R_M$ - lungimea traiectoriei mişcării principale, la un ciclu cinematic , în mm;

n_M - frecvența de repetare a traiectoriei mişcării principale, în rot/min.

În mod frecvent, se foloseşte relația:

$$v_{p\cdot as} = \frac{\pi\, d\, n_{as}}{1000} \qquad [m/\min] \qquad (3.5)$$

în care d este diametrul piesei sau al sculei, în mm; n_{as} - turația de aşchiere a piesei sau sculei, în rot/min.

b) pentru mişcarea rectilinie

$$v_{p\cdot as} = \frac{1+K}{K} \cdot \frac{l \cdot n_{as}}{1000} \quad [m/\min] \qquad (3.6)$$

în care $K = \frac{v_i}{v_a}$ reprezintă raportul dintre viteza în cursa de înapoiere, v_i şi v_a în cursa activă, în care se produce aşchierea ($\bar{v}_a = \bar{v}_{as}$);

l -lungimea traiectoriei mişcării principale la un ciclu cinematic în mm;

n_{as} (n_m) - frecvența de repetare dublă a traiectoriei mişcării principale, în curse duble/min. (c.d./min).

La rabotare şi mortezare, K > 1, iar mişcarea principală este rectilinie cu caracter alternativ. Raportul K poate fi constant sau variabil, în funcție de mecanismul care realizează mişcarea rectilinie.

Mişcarea principală rectilinie poate avea şi un caracter continuu, aşa cum se realizează la broşarea cu acțiune continuă sau la generarea pe ferăstraiele cu bandă. În aceste cazuri K = 1, iar expresia (3.6) a vitezei principale de aşchiere, $v_{aş}$, devine:

$$v_{p\cdot as} = \frac{2l\, n_{as}}{1000} = \frac{l\, n'_{as}}{1000}\ , \qquad (3.7)$$

în care $n'_{aş} = 2n_{aş}$ reprezintă frecvența de repetare simplă a traiectoriei mişcării principale, în curse simple / min (c.s./min).

În fine, mişcarea principală rectilinie se poate efectua discontinuu, într-un singur ciclu cinematic, ca în cazul broşării rectilinii. De regulă aici, mecanismul folosit este un cilindru-piston, aşa încât viteza, $v_{aş}$, se determină cu relații de calcul specifice acestui mecanism.

3.1.1.3 Mişcările complementare sau de avans

Pentru efectuarea procesului de aşchiere, care are ca scop generarea suprafețelor, pe lângă mişcarea principală mai este necesară participarea şi a altor mişcări, denumite complementare sau de avans. Acestea sunt: 1. mişcarea de avans de generare; 2. mişcarea de avans de reglare.

1. Mişcarea de avans de generare. În cazul general al generării suprafețelor, generatoarea G se realizează pe cale cinematică, ca traiectorie a unei mişcări de poziționare repetată, efectuată de elementul generator – generatoarea elementară G_E, în lungul generatoarei teoretice G, cu viteza v_g, ca în figura3.1.

În cazurile particulare ale frezării, fig 3.4, şi rectificării, fig 3.5, această mişcare de poziționare repetată este efectuată de directoarea elementară D_E pentru realizarea cinematică a directoarei teoretice D.

Poziționarea elementului generator, indiferent care este acesta, G_E sau D_E, se realizează pe distanțe constante de poziționare, denumite avansuri de generare (s_g după generatoare sau s_d după directoarea9, care se repetă la fiecare ciclu cinematic de aşchiere, figura 3.7.

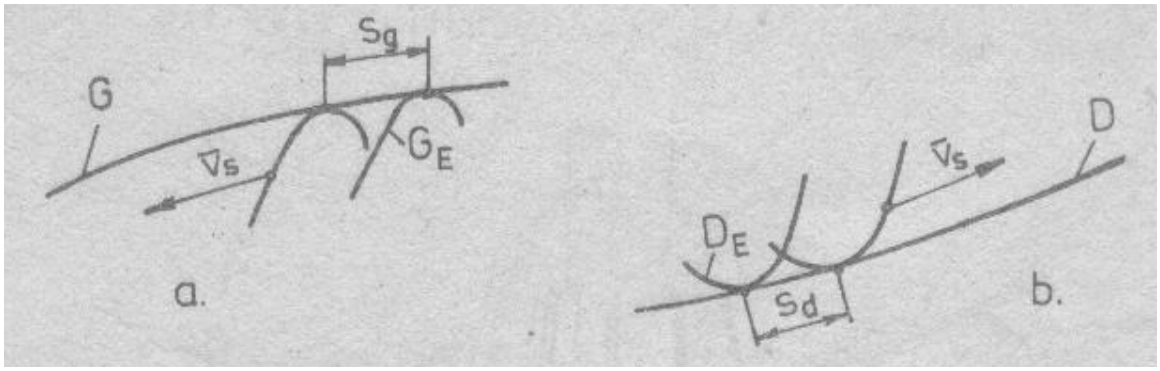


Fig. 3.7.

Mişcarea de poziționare repetată, ciclică, a generatoarei elementare G_E în lungul generatoarei teoretice G sau a directoarei elementare D_E în lungul directoarei teoretice D este denumită <u>mişcare de avans de generare</u>.

Mişcarea de avans de generare,(în cazul general, poate rezulta din compunerea unui anumit număr de mişcări simple, de rotație sau de translație, fig. 3.8), a cărei traiectorie rezultantă, ce constituie traiectoria mişcării de avans, va fi traiectoria generatoarei D (la frezare şi rectificare).

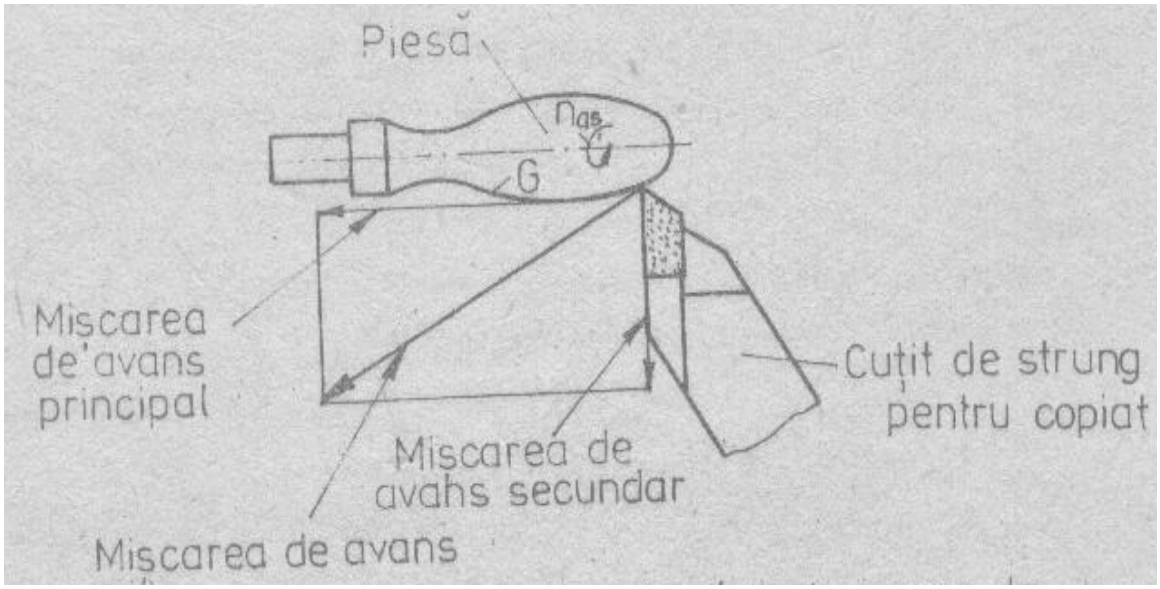


Fig. 3.8.

Rezultă că mişcarea de avans de generare cea mai simplă, poate fi o mişcare rectilinie obținută cu mecanismul sanie-ghidaj (cea mai frecventă) sau o mişcare circulară obținută cu mecanismul fus-lagăr.

De asemenea, la generarea unei suprafețe reale, este denumită mişcare de avans de generare numai acea mişcare care, având scopul amintit (de poziționare ciclică a elementului generator), se efectuează exclusiv în timpul generării suprafeței în cauză.

Mişcarea de avans de generare, în funcție de caz, se foloseşte fie pentru a transporta periodic scula şi mişcarea principală în fața unui nou strat de aşchiere, după fiecare ciclu al mişcării principale, cu scopul de arepeta procesul de aşchiere în straturile succesive ale adaosului de prelucrare, fie pentru ca împreună sau nu cu mişcarea principală să ducă la realizarea unor traiectorii complexe(plane sau strâmbe) pentru curbele generatoare sau directoare, creând astfel posibilitatea generării unor suprafețe de complexitate ridicată.

Din punct de vedere al continuității deplasării, mişcarea de avans de generare poate fii de mai multe feluri:

-mişcarea de avans continuă, la strunjire, fig.3.8,frezare, fig.3.9 etc.;

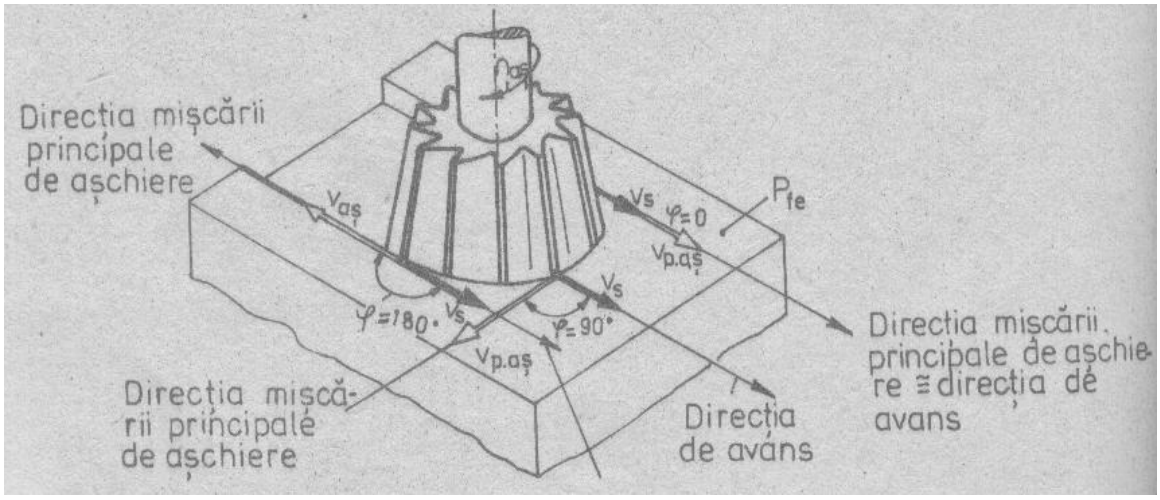


Fig. 3.9.

- mişcarea de avans continuă alternativă, ca la rectificare, fig.3.10;
- mişcarea de avans intermitentă, ca la rabotare, fig.3.11, mortezare etc.

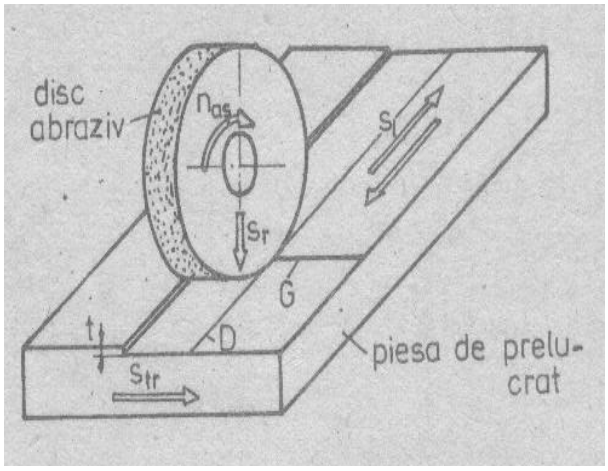


Fig.3.10.

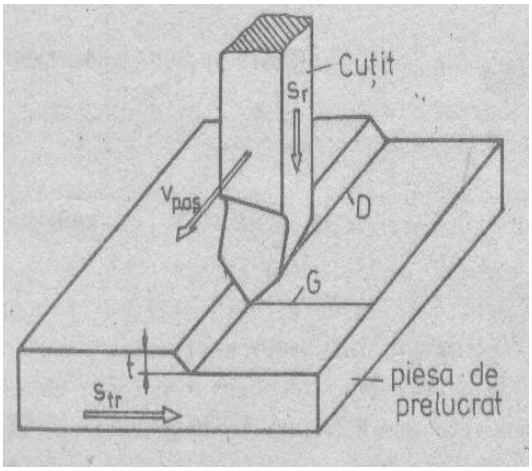


Fig.3.11.

În funcţie de direcţia de deplasare, mişcarea de avans poate fi:

-longitudinală sau axială, fig.3.12;

-transversală sau radială, fig.3.13;

-circulară, fig.3.14.

- tangenţială, fig.3.15;

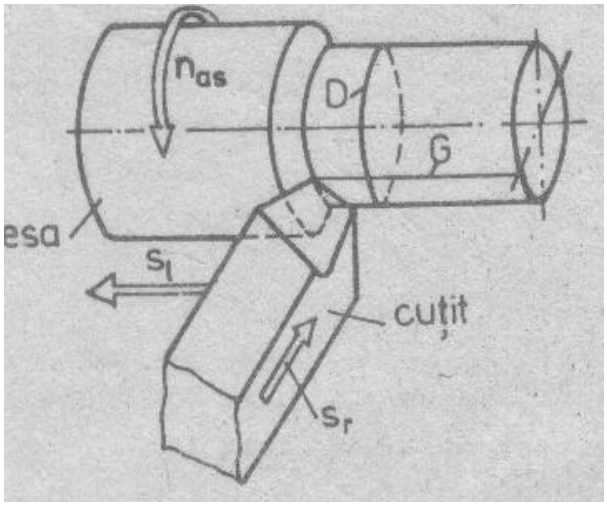


Fig. 3.12

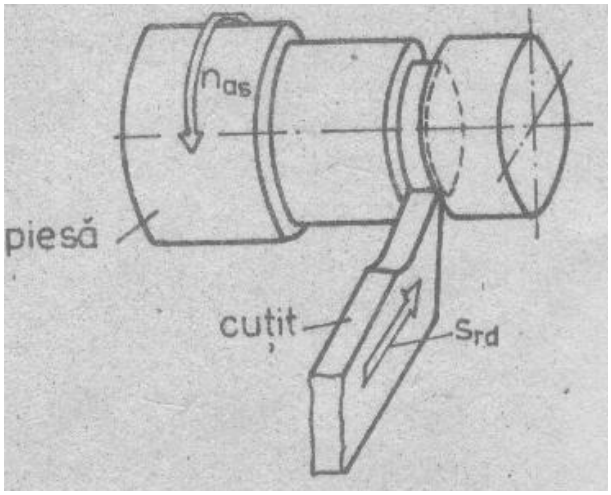


Fig. 3.13.

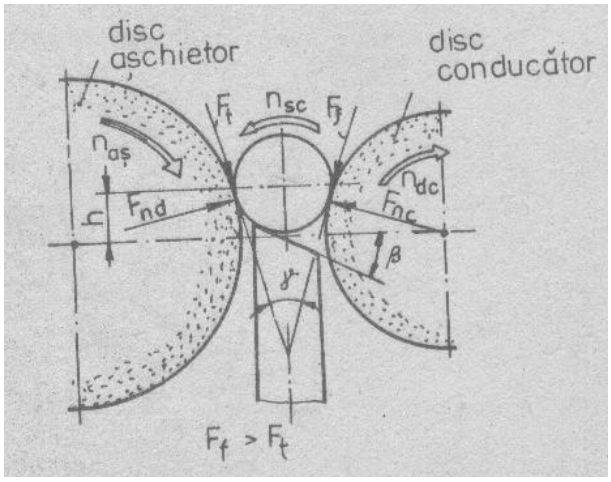


Fig. 3.14.

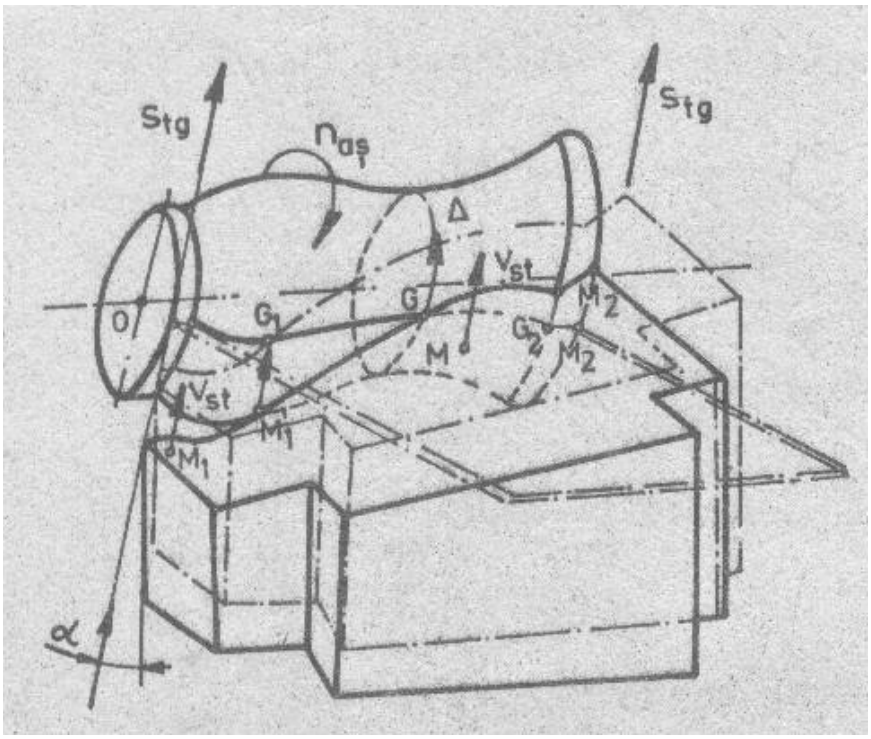


Fig. 3.15.

Viteza cu care se efectuează mişcarea de avans se numeşte **<u>viteză de avans</u>**. Această viteză este tangentă la traiectoria generatoare G, fig.3.7, a, şi reprezintă viteza elementului generator în lungul generatoarei teoretice G, sau, în cazul frezării şi rectificării, în lungul directoarei D, fig.3.7, b, fiind notată cu $\bar{v}_s$.

Analitic viteza de avans se exprimă prin relația:

$$\bar{v}_s = \frac{s}{T_s} \ , \qquad (3.8)$$

în care s reprezintă avansul, în mm, fie el după generatoarea G, sau după directoarea D;

T_s – timpul în care se produce repoziționarea elementului generator pe distanța avansului.

Mărimea timpului de poziționare, T_s, variază de la un procedeu de generare la altul, în limitele:

$$0 \le T_s \le T_{cc},$$

în care T_{cc} reprezintă timpul ciclului cinematic de aşchiere.

Valoarea minimă a timpului de avans, $T_s = 0$, se obține la broşare, filetare cu tarozi sau filiere etc., la care, datorită construcției sculelor, poziționarea este realizată implicit prin supraânălțarea muchiilor aşchietoare, iar valoarea maximă a timpului de avans, atunci când $T_s = T_{cc}$.

Reținând aceste limite pentru timpul T_s, cu relația (3.8) se pot determina limitele mărimii vitezei de avans, astfel :

$$v_{s.\max} = \frac{s}{sT_{s.\min}} = \frac{s}{0} \to \infty$$

$$v_{s.\min} = \frac{s}{T_{s.\max}} = \frac{s}{T_{cc}}.$$

Deci, viteza de avans poate avea ca mărime, orice valoare cuprinsă între limitele de mai sus, adică:

$$v_{s.\min} \le v_s \le \infty$$

În timpul poziționării, viteza de avans poate fi variabilă sau poate fi constantă, fără a influența însă forma suprafeței reale generate, ci doar calitatea ei.

Atunci când mişcarea de avans este continuă, aşa cum se întâmplă la strunjire, frezare, burghiere, alezare etc., viteza de avans care rezultă este constantă ca mărime şi sens, şi se calculează cu relația:

$$v_s = s \cdot n. \qquad [mm/\min] \qquad (3.9)$$

în care s reprezintă avansul în mm/rot;

n – turația sculei sau piesei în rot/min.

La aceste procedee de prelucrare rezultă că viteza de avans depinde de valoarea avansului şi de turația pânzei sau a sculei, turație care se stabileşte pe baza vitezei mişcării principale de aşchiere.

Dacă mişcarea de avans se realizează cu intermitență ca la rabotare, mortezare etc., viteza de avans variază în timpul de poziționare T_s, crescând de la 0 la un maxim, $v_{s\ .\ \max}$, şi apoi revenind la 0. În acest caz poziționarea se efectuează în afara fazei de aşchiere, dar legată de aceasta. Rezultă că pentru procedeele de prelucrare amintite (rabotare, mortezare etc.), viteza de avans nu depinde de procesul tehnologic de aşchiere, adică de avans, ci exclusiv de tipul mecanismelor ce alcătuiesc lanțul cinematic de avans, prin intermediul căruia se realizează poziționarea elementului generator.

2. Mişcarea de avans de reglare. Prin mişcare de avans de reglare se înțelege acea mişcare care se foloseşte fie pentru reglarea sau poziționarea sculei odată pentru totdeauna la

începutul procesului de generare, fie pentru reglarea periodică a sculei la cote succesive de prelucrare, după fiecare trecere, adică pentru darea adâncimii de aşchiere necesare, fig.3.10.

Mărimea deplasării periodice realizate după fiecare trecere se numeşte avans de adâncime t şi se măsoară în mm.

3.1.2.Analiza mişcării de generare

Din cele expuse până acum, a reieşit că, mişcarea efectivă de aşchiere se obține din compunerea tuturor mişcărilor simple, de translație şi de rotație, care au loc simultan între piesă şi sculă şi care sunt furnizate de către mecanismele sanie – ghidaj şi fus – lagăr, ce intră în structura maşinilor – unelte. De asemenea, s-a văzut că această mişcare este definită ca direcție, sens şi viteză prin vectorul $v_{e.aş}$ al vitezei ei la un moment dat.

Cunoaşterea direcției instantanee a vectorului $v_{e.aş}$ a mişcării efective de aşchiere şi a traiectoriei acestei mişcări, prezintă importanță, pe de o parte pentru determinarea geometriei şi a profilului sculelor aşchietoare, iar pe de altă parte pentru stabilirea formei aşchiei şi a suprafeței aşchiate. Dar, atât direcția vectorului $v_{e.aş}$ într-un punct dat al tăişului, cât şi forma traiectoriei sunt determinate de mărimea relativă a vitezelor tuturor mişcărilor, care, acționând simultan, intră în compunerea vitezei efective de aşchiere.

În consecință, analiza mişcării de aşchiere presupune luarea în considerare a tuturor componentelor acestei mişcări, pentru care însă este necesară stabilirea în prealabil a unui sistem de referință convenabil.

Deoarece în procesul de aşchiere mişcările care participă la generarea suprafețelor sunt furnizate de către mecanisme de tip sanie – ghidaj şi fus – lagăr, ce intră în structura maşinilor – unelte, pentru studierea analitică a mişcării efective de aşchiere este necesară folosirea unui sistem de referință legat de aceste mecanisme.

Cum la majoritatea maşinilor – unelte, ghidajele mişcării de translaţie sunt în general ortogonale între ele, iar axele mişcărilor de rotaţie sunt paralele cu unul dintre ghidaje, rezultă că cel mai indicat sistem de referinţă spaţial, necesar pentru definirea direcţiei şi a sensului mişcării de aşchiere şi a componentelor ei, este un sistem de trei axe coordonate fig.3.16, paralele tocmai cu direcţiile acestor organe ale maşinii – unelte. Astfel, axele acestui sistem vor fi paralele chiar cu mişcările de translaţie rectilinii, iar unul dintre planele lui va fi paralel cu planul mişcării de rotaţie.

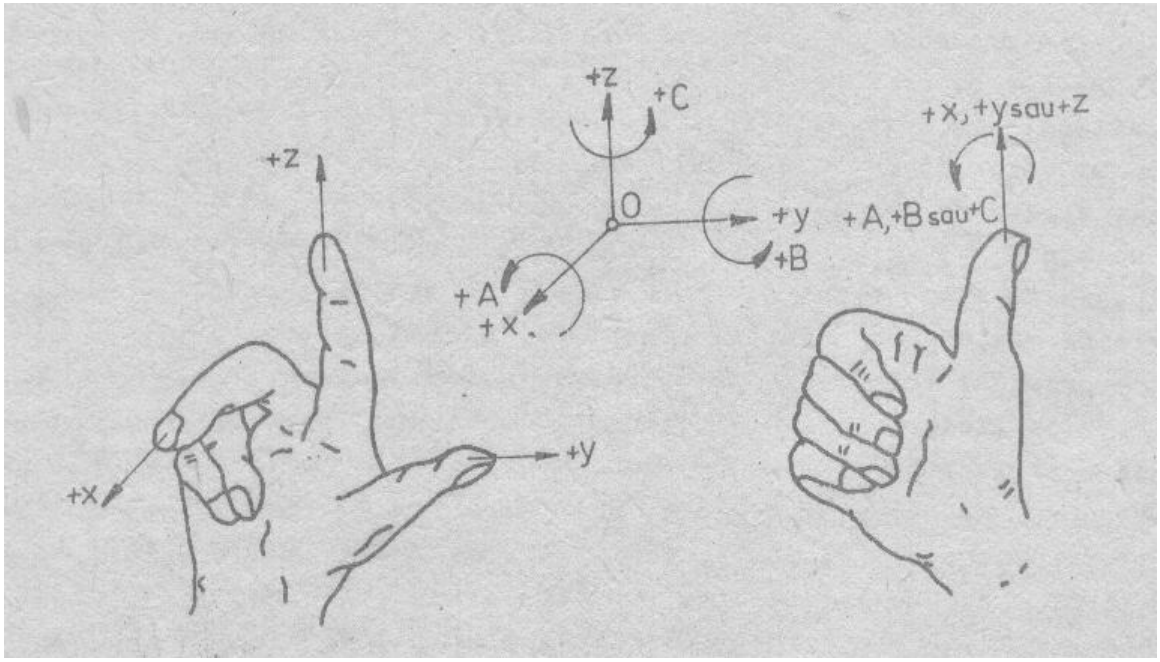


Fig. 3.16.

Fiind legat de ghidajele şi lagărele maşinii, cu orientări constante, bine determinate, sistemul de referinţă astfel ales devine un sistem univoc determinat pentru fiecare maşină – unealtă. Şi deoarece poziţia lui eate legată de direcţiile cuplelor cinematice inferioare ale maşinii – unelte, el a fost denumit „**<u>sistem de referinţă cinematic</u>**”.

Corespunzător procedeului de prelucrare prin aşchiere, axa OX se convine să se aleagă paralelă cu axa de rotaţie a piesei sau a sculei aşchietoare, fiind în acelaşi timp paralelă şi cu generatoarea teoretică a suprafeţei prelucrate.

Când mişcarea principală este rectilinie, ca în cazul rabotării, mortezării ş.a. centrul de rotaţie se consideră că se găseşte la infinit.

Axa OZ se alege paralelă cu direcţia şi sensul vectorului mişcării principale, iar axa OY paralelă cu una din mişcările de avans.

Planul format de axele OX şi OY se numeşte plan de bază cinematic (Pb), fig. 3.17. El este determinat ca un plan paralel cu două dintre mişcările de translaţie complementare s_x şi s_y ale sculei şi care conţine axa de rotaţie OX.

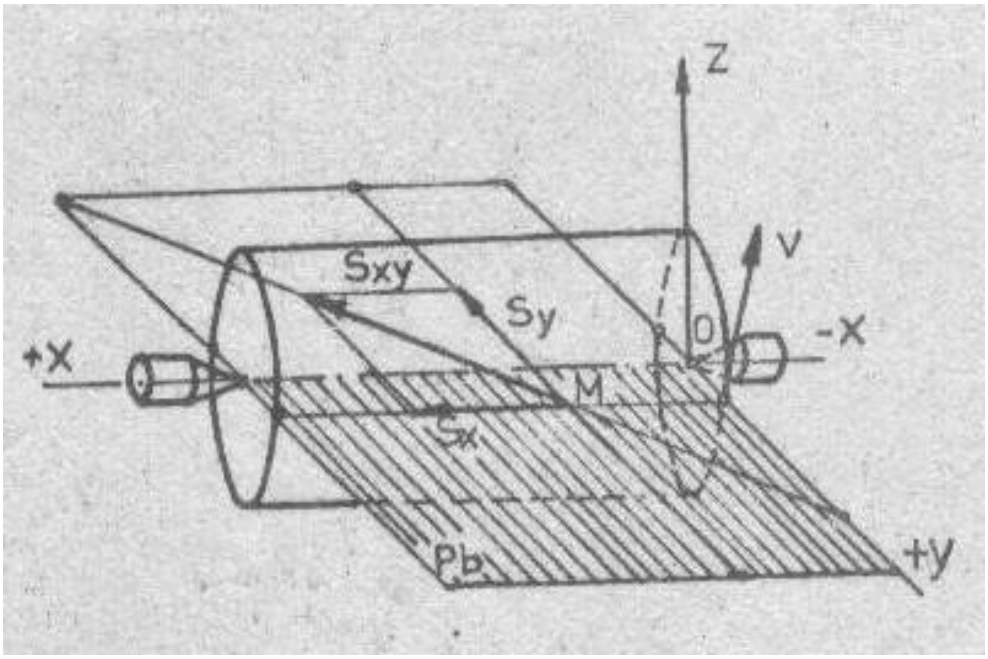


Fig. 3.17.

Sistemul de referinţă OXYZ fiind ales ortogonal, axa OY conţinută în planul de bază definit ca mai înainte va fi normală pe axa OX, iar axa OZ va fi evident normală pe cele două axe şi pe planul de bază XOY. Se convine ca sensul pozitiv al axei OZ să coincidă cu sensul mişcării sculei în raport cu piesa considerată fără mişcare în timpul lucrului, iar sensurile pozitive ale axelor OX şi OY se vor lua astfel ca, împreună cu OZ, să formeze un triedru pozitiv sau drept ca în fig.3.16.

Pentru procedeul de prelucrare prin strunjire sistemul de referinţă cinematic este cel arătat în fig. 3.18.

Axa OX este paralelă cu axa mişcării de rotaţie principală a piesei $n_{aş}$ şi paralelă cu mişcarea de avans longitudinal s_x sau $\overline{v}_{sx}$, prin urmare, paralelă cu generatoarea teoretică.

Axa OZ are sensul şi direcţia vectorului mişcării principale dacă piesa ar sta pe loc şi s-ar roti cuţitul.

Axa OY are direcţia mişcării de avans transversal s_y sau $\overline{v}_{sy}$, cu sensul de a forma un triedru triortogonal orientat drept, aşa cum rezultă şi din fig.3.16. Planul de bază (Pb) conţine cele două axe OX şi OY.

În cazul maşinilor de frezat cu ax orizontal, la care prelucrarea se realizează cu periferia frezei, sistemul de referinţă cinematic arată ca în figura 3.19.

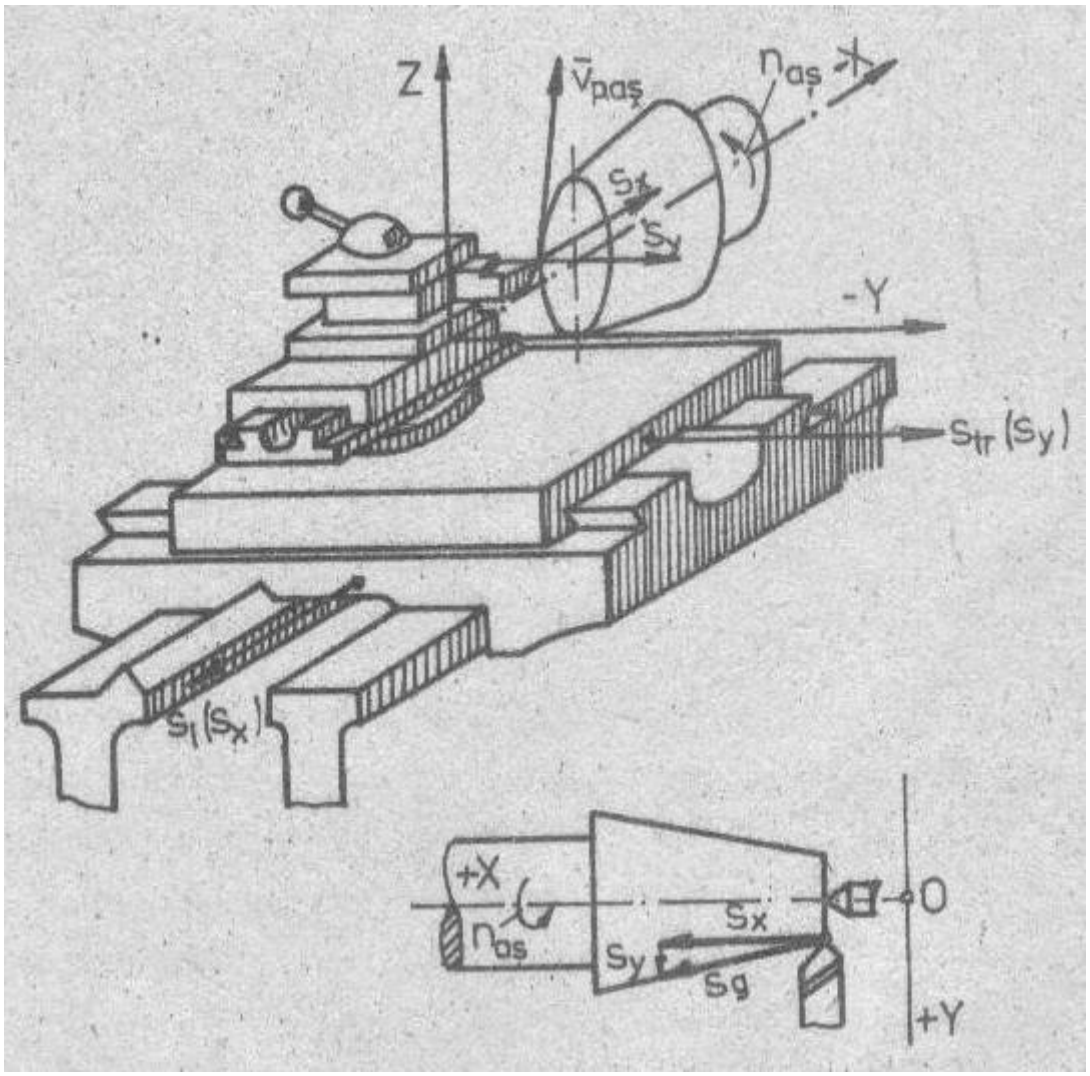


Fig. 3.18.

Axa OX este paralelă cu axa de rotaţie a frezei, axa OY are direcţia mişcării de avans vertical s_y sau $\bar{v}_{sy}$, iar axa OZ este perpendiculară pe celelalte două, formând sistemul triortogonal drept cu sensul vitezei principale prin aşchiere.

De remarcat este faptul că axa OZ se suprapune şi peste mişcarea de avans longitudinal s_z sau $\bar{v}_{sz}$.

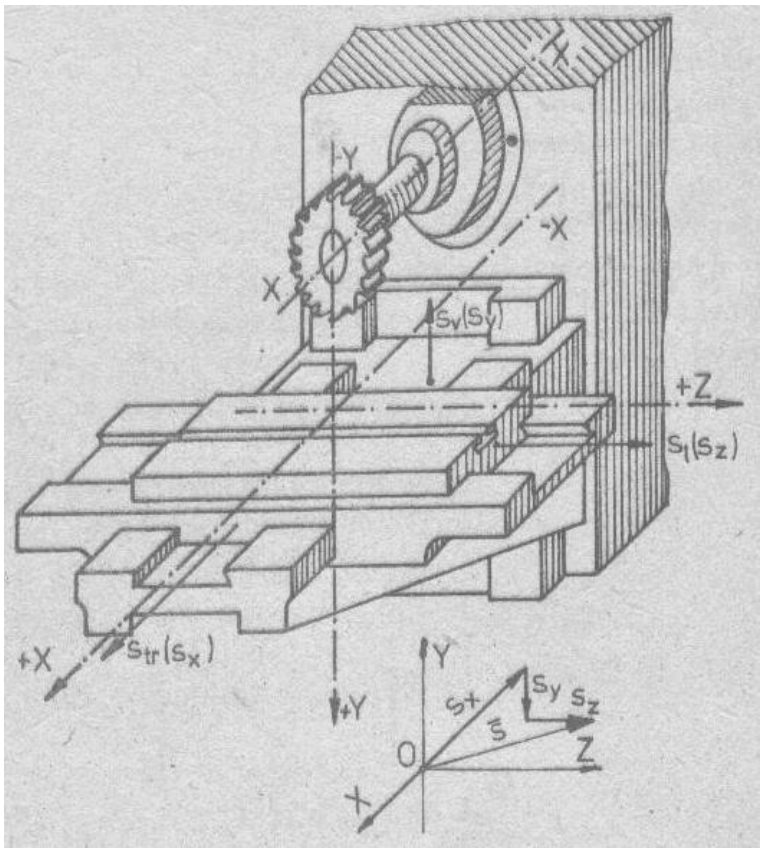


Fig. 3.19.

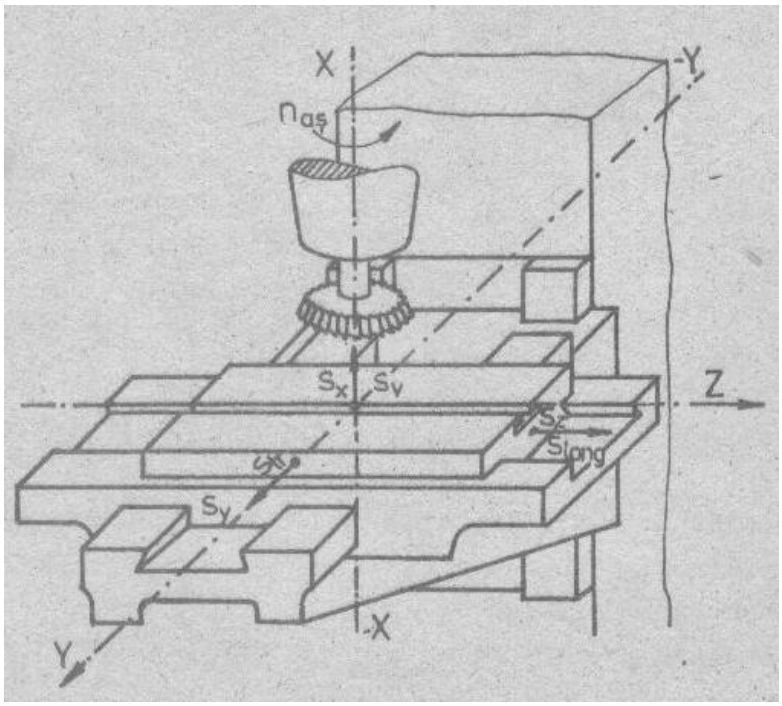


Fig. 3.20.

Pentru aceeaşi grupă de maşini – unelte, schimbând scula aşchietoare cu o freză cilindro – frontală, care are axul vertical, fig. 3.20, se schimbă şi poziția sistemului de referință cinematic, dar păstrează caracteristicile generale arătate mai sus. Axa OX este paralelă cu axa de rotație a sculei; axa OZ are sensul şi direcția vectorului $\overline{v}_{p\cdot as}$ a mişcării principale, iar axa OY formează cu celelalte două , sistemul triortogonal drept. Din fig. 3.20

rezultă şi direcţiile mişcărilor de avans pentru acest procedeu de frezare, iar planul de bază, nedesenat în figură, conţine cele două axe: OX şi OY.

În cazul maşinilor de găurit, axa OX este axa de rotaţie a burghiului şi este singura axă care poate fi nominalizată direct, deoarece mişcarea de avans s_x sau $\overline{v}_{sx}$ are direcţia paralelă cu axa de rotaţie şi nu determină un plan împreună cu aceasta. Din acest motiv, direcţiile şi sensul axelor OY şi OZ se aleg relativ arbitrar cu condiţia să formeze împreună triedul articulat drept.

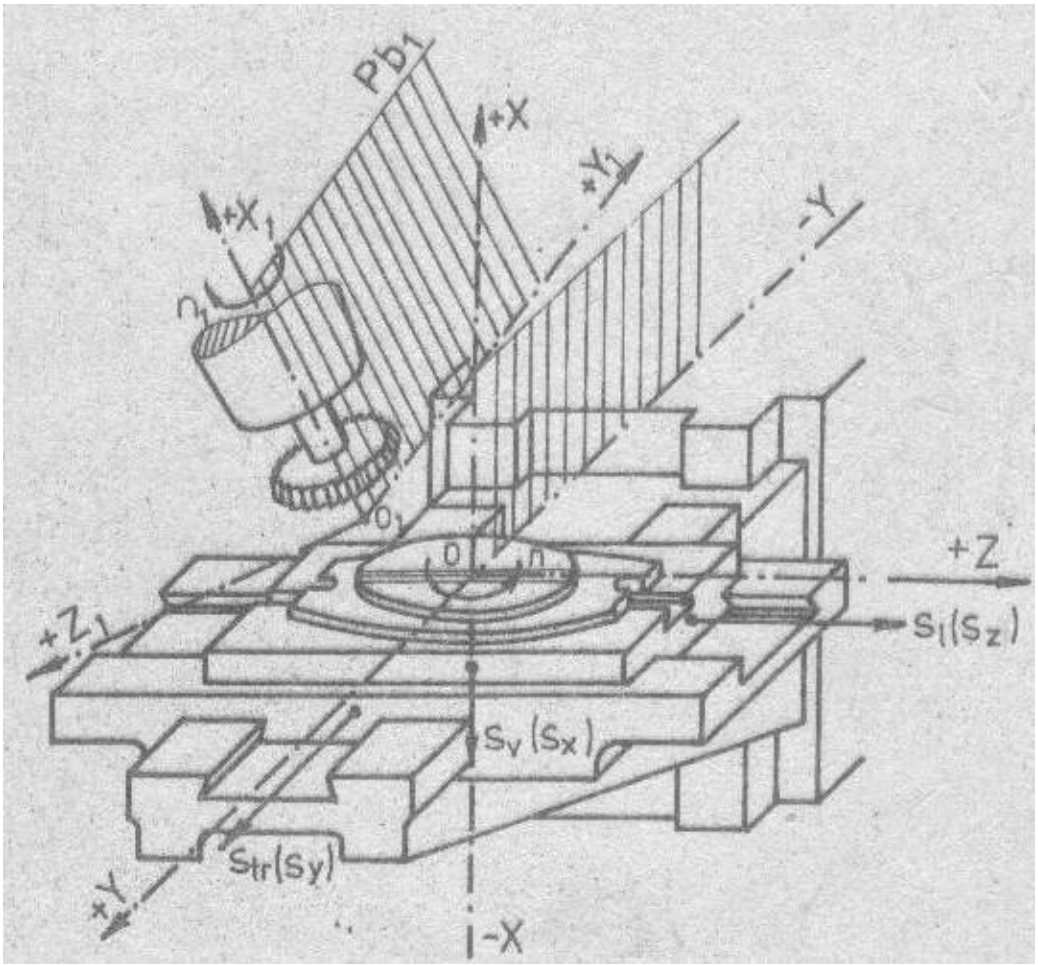


Fig. 3.21.

Pentru maşinile – unelte cu două cuple cinematice fus – lagăr la care atât piesa, cât şi scula au mişcări de rotaţie simultane, cum este cazul maşinilor de frezat cu masă rotativă, fig.3.21, a maşinilor de frezat filete sau a maşinilor de mortezat sau frezat roţi dinţate etc., prin definiţie se constituie două sisteme de referinţă cinematice: unul al piesei şi unul al sculei rotative. Însă, spre deosebire de cazul strungului cu mai multe axe, cele două sisteme fus – lagăr nu pot fi considerate separat, deoarece între ele au loc anumite mişcări relative de avans

şi deoarece mişcările produse de fiecare dintre ele se însumează dând mişcarea rezultantă de aşchiere.

Principial, direcţia mişcării efective de aşchiere $\bar{v}_{ef \cdot as}$ poate fi definită în raport cu oricare din cele două sisteme, dar este mai indicat să fie definită în raport cu acela care are un caracter mai invariabil. Sistemul invariabil este acela care, fiind legat de direcţiile fixe ale maşinii, adică de ghidajele batiului, poate constitui sistemul de referinţă chiar şi pentru determinarea direcţiilor deplasărilor relative dintre cele două axe de rotaţie, respectiv dintre cele două sisteme de referinţă. Astfel, sistemul de referinţă cinematic al maşinii OXYZ, fig.3.21, devine un <u>sistem de referinţă cinematic director</u>, iar acela al sculei $O_1X_1Y_1Z_1$ devine un <u>sistem de referinţă cinematic auxiliar</u> sau <u>complementar</u>.

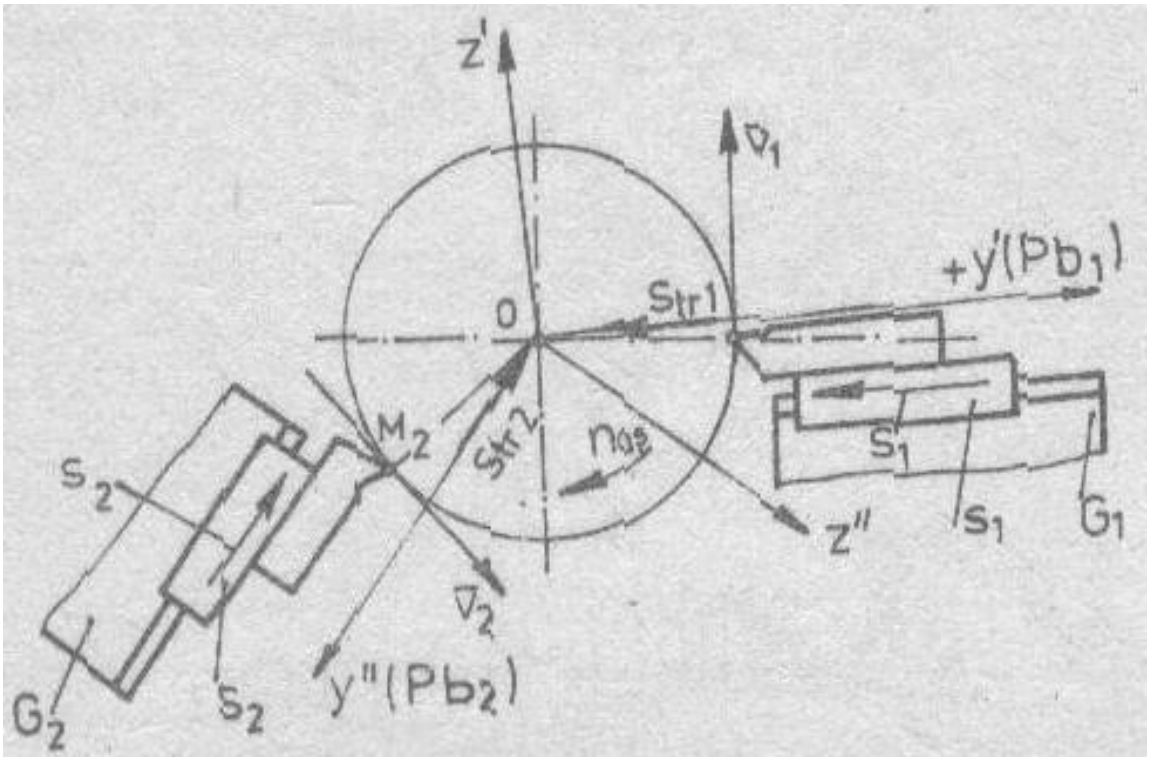


Fig. 3.22.

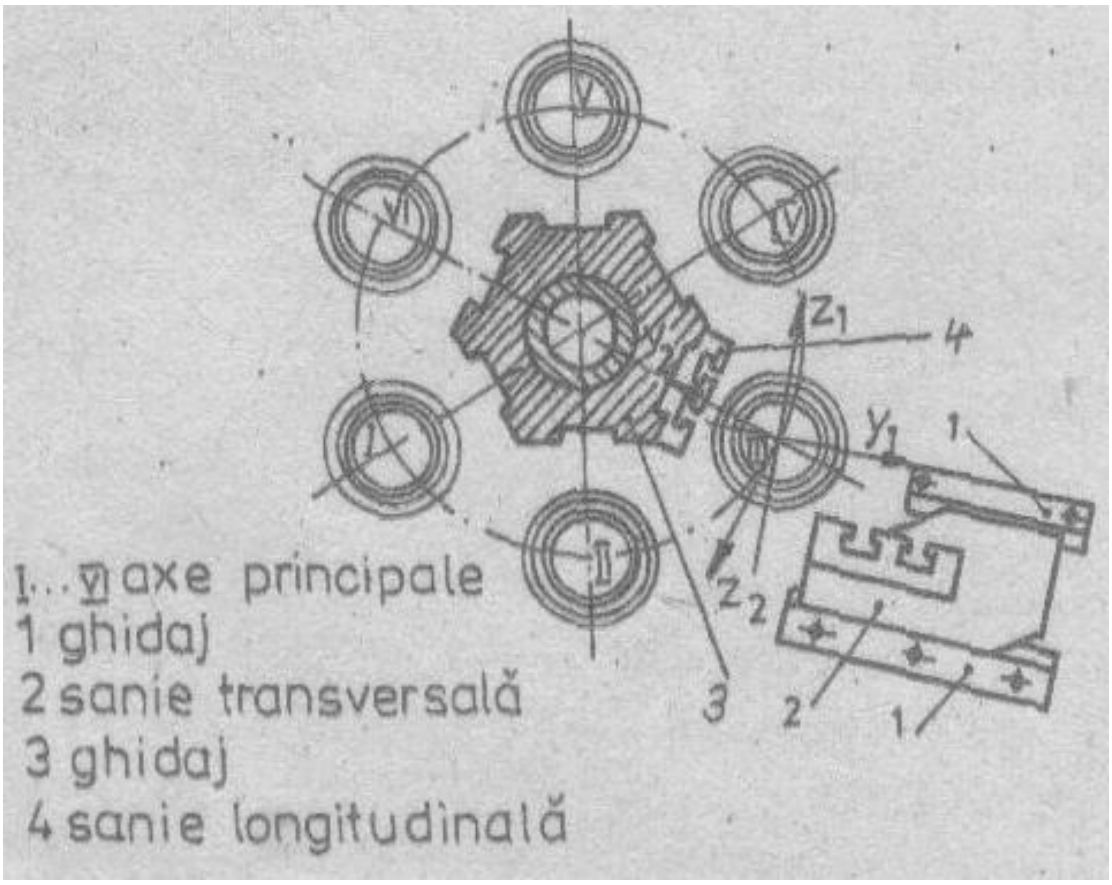


Fig. 3.23.

În cazul maşinilor–unelte cu mai multe scule aşchietoare cum este cazul strungurilor automate monoax, se constituie sisteme de referinţă cinematice pentru fiecare sculă aşchietoare în parte, fig.3.22, iar pentru maşinile–unelte cu mai multe axe principale, ca: maşini de alezat şi frezat , automate multiax, maşini–unelte combinate etc., se vor constitui sisteme de referinţă cinematice pentru fiecare ax principal în parte, fig 3.23.

3.2.Parametrii procesului de aşchiere şi ai sculelor aşchietoare

Prin parametrii procesului de aşchiere se înţelege suma factorilor care participă şi determină modul de desfăşurare şi implicit rezultatele prelucrării prin aşchiere. Este vorba de elementele sistemului tehnologic folosit la realizarea procesului de aşchiere, fig.3.24, în componenţa căreia intră maşina-unealtă, materialul de prelucrat şi scula aşchietoare, precum şi de regimul de aşchiere, forma şi elementele aşchiei, mediul în care se desfăşoară prelucrarea etc.

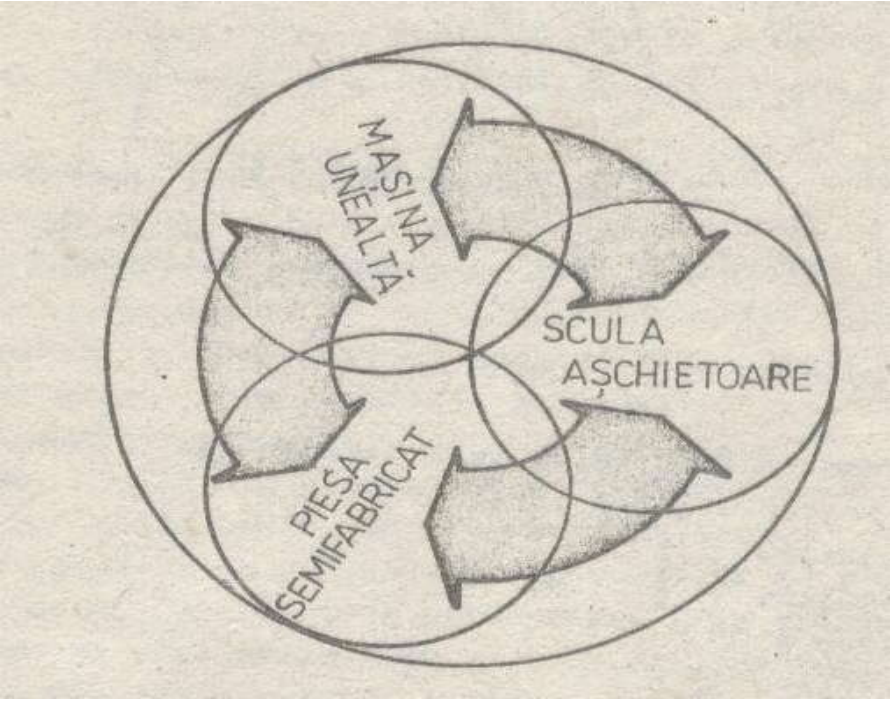


Fig.3.24

3.2.1. Definirea procesului de aşchiere şi evidenţierea factorilor de care acesta depinde

Procesul de aşchiere constă în îndepărtarea, sub formă de aşchii, a unui strat de material, numit adaos de prelucrare, de pe orice piesă, brută sau semifinită în scopul obţinerii unei suprafeţe a piesei de o anumită formă, dimensiune şi rugozitate.

Ansamblul fenomenelor fizice prin care se produce transformarea adaosului de prelucrare în aşchii, detaşarea acestora şi generarea suprafeţei prelucrate se numeşte **proces de aşchiere.**

Procesul de aşchiere se realizează pe maşini-unelte, cu ajutorul sculelor aşchietoare, ca urmare a imprimării unei mişcări relative între sculă şi piesă, mişcări efectuate pe traiectorii determinate de cinematica generării suprafeţelor şi cu viteze condiţionate atât de cinematica generării cât şi de modul de formare şi evacuare a aşchiilor.

Rezultă astfel că la baza procesului de aşchiere stă acţiunea tăişului sculei aşchietoare, fig.3.25, asupra stratului de material ce urmează a fi îndepărtat sub formă de aşchie. Pentru aceasta însă, forma geometrică a tăişului sculei, care vine în contact cu materialul piesei, trebuie să fie astfel stabilită încât să permită formarea aşchiei în condiţii cât mai bune,

înțelegând prin aceasta un consum minim de energie la un debit maxim de aşchii şi cu o uzură cât mai mică, concomitent cu obținerea unei calități corespunzătoare a suprafeței prelucrate.

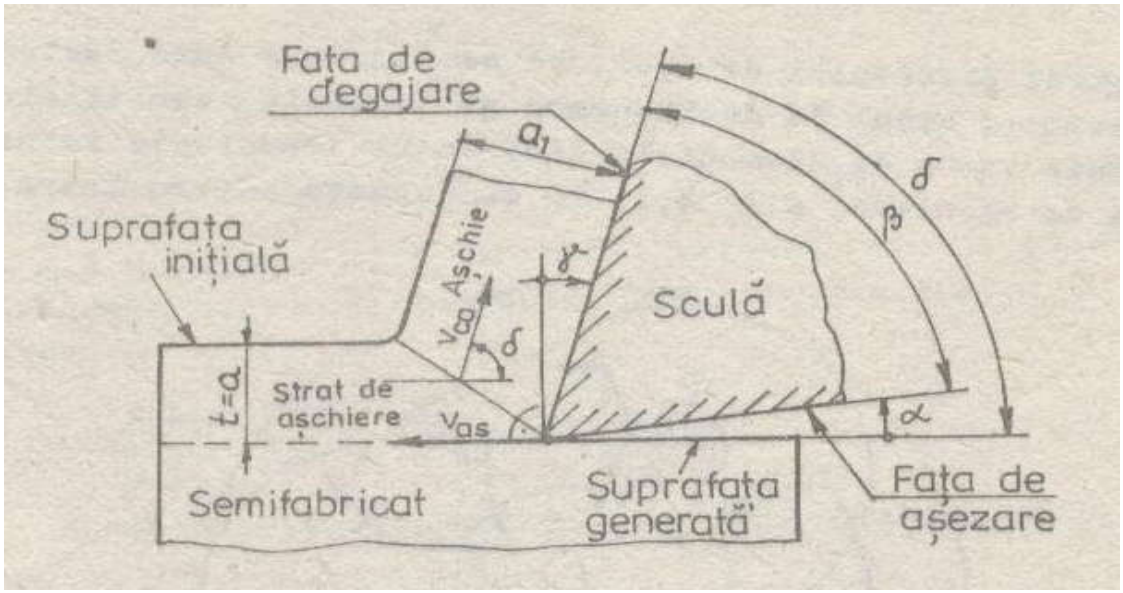


Fig.3.25

Principalii parametrii geometrici care definesc şi totodată determină condițiile de formare şi evacuare a aşchiilor sunt:

- unghiul de aşchiere δ ;
- unghiul de degajare γ ;
- unghiul de aşezare α ;
- unghiul de ascuțire β.

Între aceşti parametrii există relațiile evidente:

$$\alpha + \beta + \gamma = 90^0$$

$$\alpha + \beta = \delta ;$$

$$\delta + \gamma = 90^0.$$

Îndepărtarea adaosului de prelucrare are loc în condiții avantajoase atunci când partea activă a sculei se execută sub formă de pană, deci unghiul de aşchiere $\delta \leq 90^o$, iar fața de degajare primeşte o astfel de formă încât permite conducerea şi evacuarea uşoară a aşchiei.

Aşchierea, ca procedeu de obținere a pieselor, cu calitățile lor funcționale cerute de condițiile de utilizare, presupune:

- existenţa unei maşini-unelte, dotate cu dispozitiv corespunzător de fixare a piesei-semifabricat, pe care urmează să se desfăşoare procesul de aşchiere;

- folosirea unei scule aşchietoare, executate dintr-un material adecvat şi cu o geometrie corespunzătoare;

- prezenţa piesei supuse prelucrării, care poate fi executată din materiale cu proprietăţi mecano-tehnologice diferite;

- utilizarea unui regim de aşchiere adecvat;

- folosirea unor fluide de aşchiere corespunzătoare.

Indiferent de procedeul de prelucrare, fiecare din aceste elemente participă şi influenţează într-o măsură mai mare sau mai mică, într-un sens sau altul, modul de desfăşurare al procesului de aşchiere. Factorul determinant îl constituie materialul supus prelucrării care prin natura, forma şi dimensiunile sale, reclamă tăişuri aşchietoare corespunzător modelate, executate din materiale cu capacităţi aşchietoare cât mai ridicate, regimuri de aşchiere adecvate precum şi lichide care să favorizeze prelucrarea , iar în funcţie de felul suprafeţei ce urmează a fi prelucrată, rezultă necesitatea utilizării unei maşini-unelte capabile să furnizeze tipurile de mişcări solicitate de cinematica generării suprafeţei şi la valori corespunzătoare regimului de aşchiere stabilit, în limitele unei rigidităţi impuse.

Cunoscând modul de influenţare al procesului de aşchiere de către fiecare din elementele enunţate, rezultă posibilitatea stabilirii pentru fiecare caz în parte a celor mai bune condiţii de desfăşurare a aşchierii. Acest fapt este însă posibil numai pe baza cunoaşterii mecanismului de formare a aşchiei, a modului de comportare a materialelor în procesul de aşchiere, a influenţei regimului de aşchiere şi a geometriei sculei asupra formării aşchiei etc.

3.2.2. Rolul maşinii-unelte în procesul de aşchiere

Prin definiţie, maşinile care asigură prelucrarea diferitelor tipuri de piese, realizând generarea suprafeţelor prin procedeul aşchierii, se numesc **maşini-unelte**. Rezultă astfel că rolul maşinii-unelte în procesul de aşchiere este, pe de o parte cel de suport al prelucrării, iar pe de altă parte de furnizor al mişcărilor necesare generării suprafeţelor şi acestea la valori corespunzătoare unei desfăşurări economice a procesului.

Într-adevăr, realizarea procesului de prelucrare prin aşchiere, impune maşinii-unelte, în mod obligatoriu, efectuarea simultană a două procese interdependente şi anume: procesul de generare a suprafeţelor şi procesul de aşchiere. În plus de acestea două, fără de care prelucrarea prin aşchiere nu poate avea loc, mai sunt necesare şi efectuarea unor procese

suplimentare (auxiliare) legate de utilizarea şi manevrarea completă şi sigură a primelor două. Este vorba de realizarea mişcărilor auxiliare care nu participă la generare, dar care le condiționează , de fixarea piesei şi a sculei în vederea efectuării prelucrării, de reglarea şi aducerea în poziția de început a prelucrării, de acționare şi comandă etc.

În consecință, rolul maşinii-unelte este acela de a face ca, în funcție de natura materialului supus prelucrării, de dimensiunile piesei, a formei suprafeței ce urmează a fi generată, a felului prelucrării (de degroşare sau finisare), a modului de generare şi a tipului sculei utilizate, să permită, pe baza parametrilor regimului de aşchiere adoptați, desfăşurarea procesului de aşchiere în condiții normale.

Pentru aceasta maşina-unealtă trebuie să dispună de o gamă corespunzătoare de valori pentru mişcarea principală de aşchiere şi de posibilitatea reglării continue a acesteia, de o plajă însemnată de valori pentru avansul de lucru, de o putere şi rigiditate corespunzătoare, astfel încât să fie posibilă optimizarea regimului de aşchiere şi, implicit, realizarea unei înalte productivități a prelucrării în condițiile unei precizii de lucru ridicate etc. De asemenea, maşina-unealtă trebuie să permită realizarea unei economicități a prelucrării, o deservire uşoară şi sigură, durabilitate şi siguranță în funcționare, comandă simplă şi uşoară, evacuare sigură a aşchiilor etc.

3.2.3. Dependența procesului de aşchiere de natura materialului prelucrat

În ansamblul sistemului tehnologic maşină-dispozitiv-piesă-sculă, folosit la prelucrarea prin aşchiere, semifabricatul reprezintă elementul care suferă modificări ale formei şi dimensiunilor sale, prin îndepărtarea adaosului de prelucrare sub formă de aşchii. Aceasta înseamnă că la baza succesului prelucrării stă modul de comportare a materialului în timpul aşchierii, pus în evidență prin lucrul mecanic consumat în procesul de aşchiere, prin felul în care se formează aşchia, prin intensitatea procesului de uzare a sculei, calitatea suprafeței rezultate în urma prelucrării etc.

La rândul lor, materialele supuse prelucrării se diferențiază unele de altele prin natura şi proprietățile fizico-mecanice, prin compoziție şi structură, prin proprietățile chimico-metalurgice etc. Toate aceste elemente fac ca fiecare material aşchiat să se comporte într-un anumit fel, în funcție de elementele ce îl caracterizează şi în funcție de care trebuie stabiliți ceilalți parametrii ai procesului de aşchiere, în aşa fel încât prelucrarea propriuzisă să se desfăşoare în condiții cât mai avantajoase.

Având în vedere că în prezent sunt supuse prelucrării prin aşchiere practic toate materialele, feroase şi neferoase elaborate, materiale ce se caracterizează prin proprietăţi mecanico-tehnologice deosebit de variate şi că pentru generarea suprafeţelor se folosesc diverse procedee de prelucrare, rezultă că şi procesul de aşchiere se va desfăşura, în fiecare caz, în cu totul alte condiţii; odată energia consumată pentru formarea unui element de aşchiere va fi mai mare, iar altă dată mai mică. Într-un anumit caz geometria optimă a sculei va avea o anumită valoare, iar în alt caz o altă valoare. Prelucrarea unui material se va efectua cu un anumit regim de aşchiere, iar a altuia cu un alt regim, tot aşa cum scula aşchietoare se va executa într-o anumită situaţie din oţel rapid, iar în altă situaţie din carburi metalice etc.

Toate aceste elemente, diferite de la un caz de prelucrare la altul, sunt determinate de modul concret de comportare al materialului în procesul de aşchiere, fapt ce atestă influenţa hotărâtoare a naturii semifabricatului asupra modului de desfăşurare a procesului de aşchiere.

Sintetic, modul de comportare a materialului în procesul de aşchiere se exprimă prin noţiunea de **prelucrabilitate** care constituie una din caracteristicile de bază ale celui de-al treilea element al sistemului tehnologic folosit la prelucrarea prin aşchiere care este piesa. De gradul de prelucrabilitate al materialului supus prelucrării depinde modul de formare al aşchiei şi ca atare şi ceilalţi parametrii ai procesului de aşchiere.

3.2.4 Influenţa lichidelor de răcire-ungere

Deşi lichidele de răcire-ungere nu pot fi considerate un element distinct al sistemului tehnologic al prelucrării prin aşchiere ele reprezintă totuşi un factor important al procesului de aşchiere, deoarece prin efectele pe care le produc, influenţează în mare măsură modul de desfăşurare a aşchierii. Astfel, este de reţinut faptul că, prin folosirea lichidelor de răcire-ungere la aşchiere se obţin o seamă de fenomene, dintre care cale mai importamte sunt:

- efectul de răcire care constă în evacuarea forţată a căldurii produse în timpul aşchierii, de la sculă, aşchie şi piesă;
- efectul de lubrificare, pus în evidenţă prin reducerea frecării dintre aşchie şi sculă, reducându-se în acest fel şi cantitatea de căldură generată în urma acestei frecări;
- efectul de aşchiere prin care se obţine înbunătăţirea modului de formare, desprindere şi evacuare a aşchiei, se realizează protecţia anticorozivă a elementelor componente ale sistemului tehnologic etc.

În afară de aceste efecte, lichidele de răcire-ungere mai sunt utile procesului de aşchiere şi prin contribuţia lor la reducerea forţelor şi implicit puterii consumate în procesul de aşchiere, la înbunătăţirea calităţii suprafeţei prelucrate etc.

În general, se poate aprecia că toate efectele lichidelor de răcire-ungere au ca rezultat îmbunătățirea economicității procesului de aşchiere prin mărirea durabilității sculei, motiv pentru care în majoritatea cazurilor de prelucrare prin aşchiere folosirea lor devine obligatorie.

Efectul de răcire al lichidului folosit la aşchiere este influențat de o seamă de factori, dintre care cei mai mulți sunt cunoscuți. Astfel, pentru efectuarea unei răciri eficiente, lichidul trebuie să aibă o căldură masică şi conductibilitate termică mare, o temperatură scăzută şi posibilitatea realizării unei suprafețe mari de contact între lichidul de răcire, sculă, aşchie şi semifabricat. Din acest punct de vedere acțiunea cea mai mare o are apa, ceea ce face ca ea să fie unul din agenții de răcire cei mai utilizați, fiind însă necesar să se ia măsuri pentru anularea efectului ei coroziv şi îmbunătățirea proprietăților de lubrifiere.

În cealaltă extremă, din punct de vedere al proprietăților ca agent de răcire, se află uleiul mineral care, neavând capacitate ridicată de răcire, posedă în schimb bune calități de lubrifiere. Între cele două extreme există o serie întreagă de soluții intermediare, care combină principalele avantaje ale celor două lichide de bază. Dacă în acestea se adaugă şi unele substanțe capilar-active, pentru a obține şi efectul de aşchiere, mai sus semnalat, rezultă variantele posibile de utilizat. Folosirea uneia sau alteia din soluțiile posibile depinde însă de condițiile concrete de aşchiere determinate de: procesul de prelucrare, tipul sculei, felul operației, natura materialului aşchiat, calitatea suprafeței cerute etc.

3.2.5 Elementele caracteristice ale sculei aşchietoare, ca organ de execuție a procesului de aşchiere

3.2.5.1. Definiția şi rolul sculei aşchietoare în procesul de aşchiere

Prin scula aşchietoare se înțelege orice unealtă, de mână sau de maşină, cu ajutorul căreia se realizează îndepărtarea, sub formă de aşchii, a unui strat de material de pe suprafețele semifabricatelor supuse prelucrării. În cazul sculelelor aşchietoare acționate mecanic, acestea sunt încorporate în sistemul tehnologic(MUDPS) care furnizează atât mişcările cât şi energia necesară desfăşurării procesului de aşchiere.

În ansamblul sistemului tehnologic folosit la prelucrarea prin aşchiere scula aşchietoare reprezintă organul de execuție care, în mişcarea sa relativă față de piesă generează o noua suprafață prin îndepărtarea adaosului de prelucrare sub formă de aşchii. Spre deosebire de alte organe de maşini, scula aşchietoare este singurul organ care, prin reascuțire îşi recapătă proprietățile funcționale.

Marea varietate a pieselor întâlnite în industria constructoare de maşini, condițiile tehnice impuse acestora precum şi necesitatea prelucrării lor în condiții cât mai economice, au

condus la creacrea diferitelor procedee de prelucrare prin aşchiere, iar ca o consecinţă a cestora şi a diversităţii mari a formelor şi dimensiunilor pieselor supuse prelucrării, s-a dezvoltat o mare varietate de scule aşchietoare ale căror tăişuri au însă elemente comune; la toate sculele îndepărtarea aşchiilor realizându-se prin efectul de pană.

Indiferent de procedeul de prelucrare utilizat, scula aşchietoare este destinată să îndeplinească următoarele două funcţii de bază:

- să aşchieze un strat de material de o anumită grosime;
- să asigure generarea corespunzătoare a suprafeţelor, concomitent cu obţinerea dimensiunilor necesare piesei finite, precum şi rugozitatea prescrisă a suprafeţelor prelucrare. Pentru aceasta este necesar însă ca scula aşchietoare să dispună de o geometrie şi de o formă adecvată a tăişului aşchietor, corespunzător procedeului de generare stabilit şi să fie executată dintr-un material care să imprime tăişului proprietăţi aşchietoare pe o durată de timp cât mai îndelungată.

3.2.5.2 Părţile componente ale sculelor aşchietoare

În general, sculele aşchietoare se compun din următoarele părţi principale, fig.3.26;

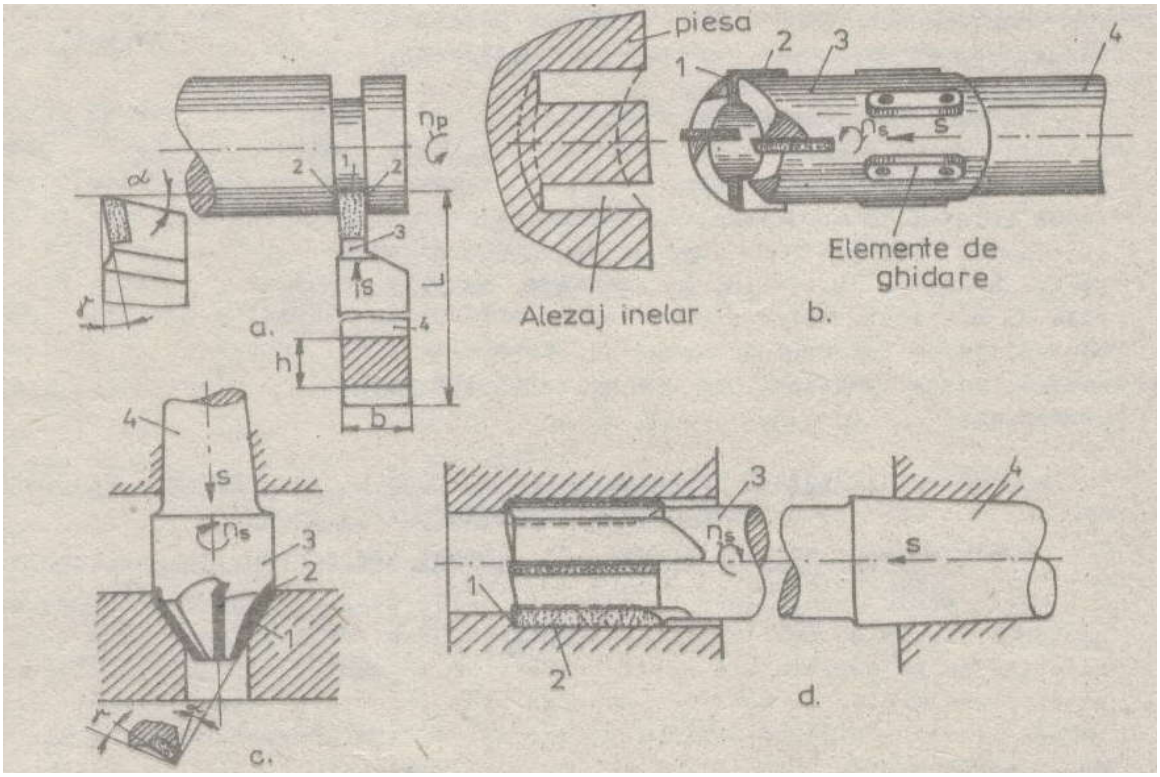


Fig.3.26

1 – partea activă, ce cuprinde tăişul aşchietor, care participă nemijlocit în procesul de aşchiere;

2 – partea de calibrare, care execută netezirea suprafeței prelucrate şi ghidarea sculei în timpul aşchierii;

3 – corpul sculei, care are rolul de a reuni într-un singur ansamblu, rezistent şi rigid, dinții şi canalele pentru aşchii;

4 – partea de fixare a sculei, destinată poziționării corecte şi fixării sculei în maşina-unealtă.

Împreună, primele două părți ale sculei formează partea aşchietoare.

La unele scule partea activă şi partea de calibrare sunt distincte, de exemplu la sculele pentru prelucrarea găurilor sau filetelor (excepție fac doar frezele, fig. 3.27., şi cuțitele pentru filetare), iar la altele partea de calibrare este greu de distins, de exemplu vârful şi tăişul secundar la cuțitele pentru strunjire sau retezare, fig.3.26.a. În cazul altor scule, ca de exemplu pilele sau unele scule pentru danturare, partea activă şi de calibrare se confundă, respectiv formează împreună o singură parte.

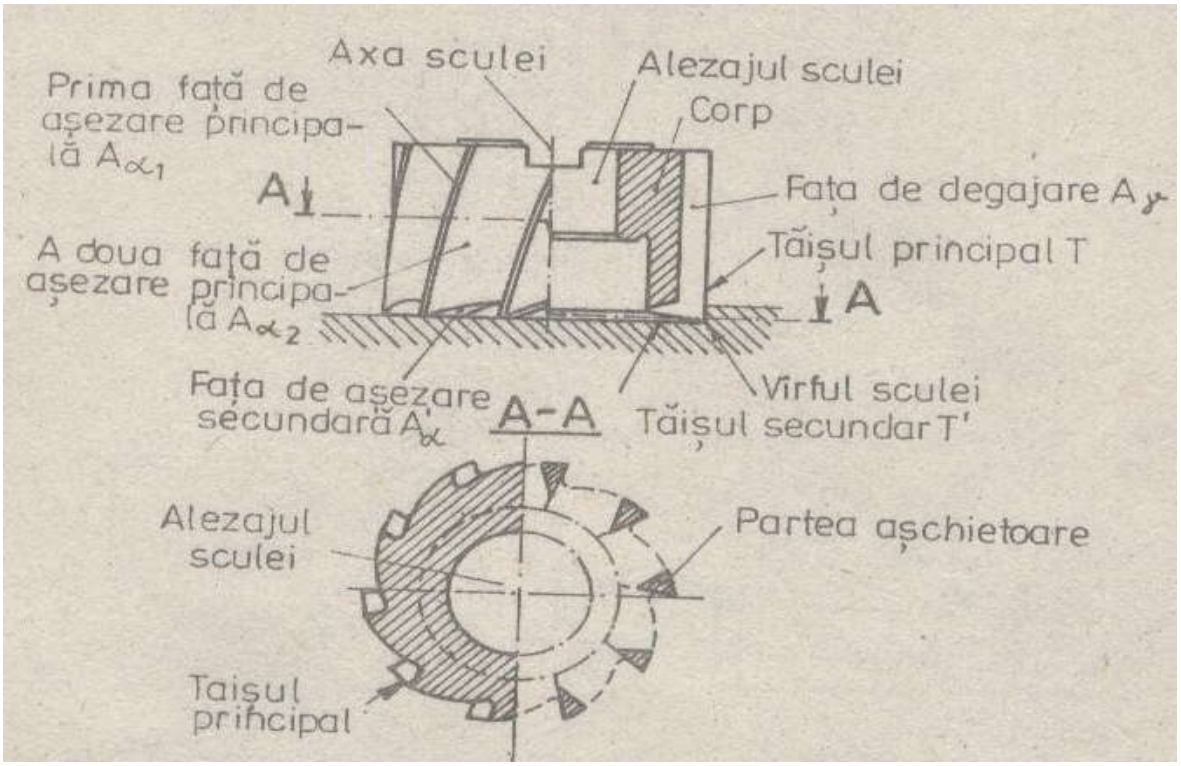


Fig.3.27.

Partea activă a sculei este formată din unul sau mai multe tăişuri adiacente (inclusiv cele de calibrare) şi suprafeţele lor, numite <u>feţe ale sculei,</u> fig.3.28, din rezerva pentru reascuţire precum şi dintr-o serie de alte elemente care servesc la degajarea, conducerea şi ruperea aşchiilor. În afară de aceste elemente, care constituie de fapt <u>partea aşchietoare</u>, o serie de scule mai sunt prevăzute şi cu elemente de ghidare a sculei în timpul prelucrării.

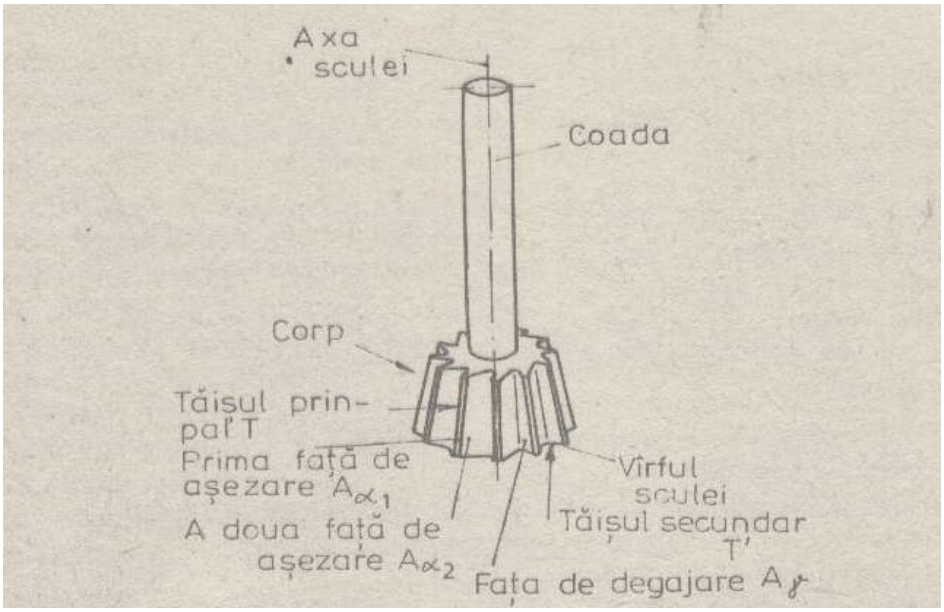


Fig.3.28.

Cu toate acestea, partea aşchietoare a sculelor, indiferent de tipul şi construcţia lor, este asemănătoare cu cea a cuţitului simplu, motiv pentru care definiţiile rezultate pe baza analizei ce se va efectua în continuare, pe acestea, devin valabile pentru toate tipurile de scule aşchietoare. Analogia dintre partea aşchietoare a unui cuţit şi a altor scule (bară de alezat, freză frontală şi lamator) este ilustrată în fig.3.29.

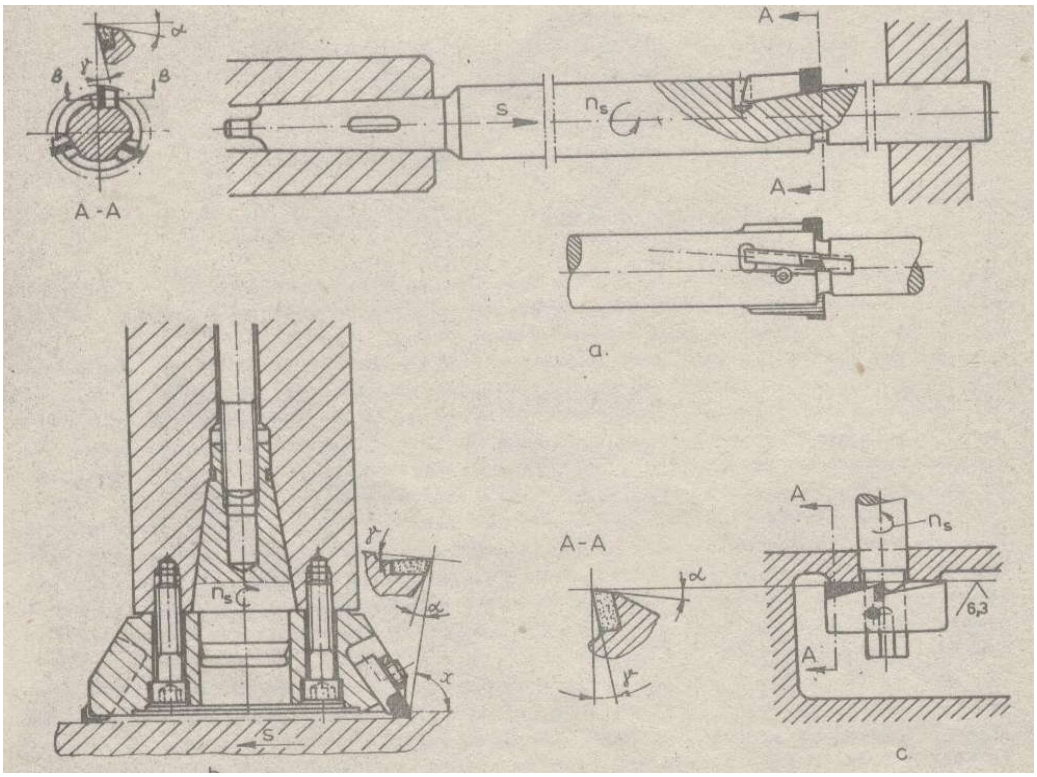


Fig.3.29.

Partea de fixare a sculelor este formată din elemente de fixare şi din elemente de bazare necesare la fabricarea, controlul şi reascuţirea sculei. Această parte are rolul de a prelua şi transmite părţii active a sculei forţa dezvoltată de maşina-unealtă aşchietoare sau de mâna omului. De exemplu, la un cuţit, partea de fixare este corpul cu care acesta se fixează în suportul port-sculă, la burghie, alezoare şi freze conice, fig. 3.28, este coada, iar la freze cu alezaj, fig. 3.27, este alezajul, prevăzut cu canal de pană prin intermediul căreia freza se montează în suportul port-sculă.

3.2.5.3 Parametrii geometrici ai sculelor

Prin parametrii geometrici ai sculelor se înţeleg:

- unghiurile părţii aşchietoare şi anume: unghiul de degajare, unghiul de aşezare, de atac, de vârf, de înclinare a tăişului, de aşchiere, de ascuţire;
- forma feţei de degajare şi a celei de aşezare;
- forma tăişurilor şi raza de racordare a vârfului;
- canalele de fragmentare şi pragurile de conducere sau rupere a aşchiilor;
- faţetele şi parametrii secţiunii rezistente a părţii aşchietoare etc.

Elementele constitutive ale tăişului sculei

Partea aşchietoare a sculelor, fig.3.30, este formată dintr-un număr oarecare de

suprafețe, numite fețe ale sculei, astfel dispuse, încât, împreună, două câte două definesc tăişurile sculei, iar la intersecția lor rezultă muchiile aşchietoare.

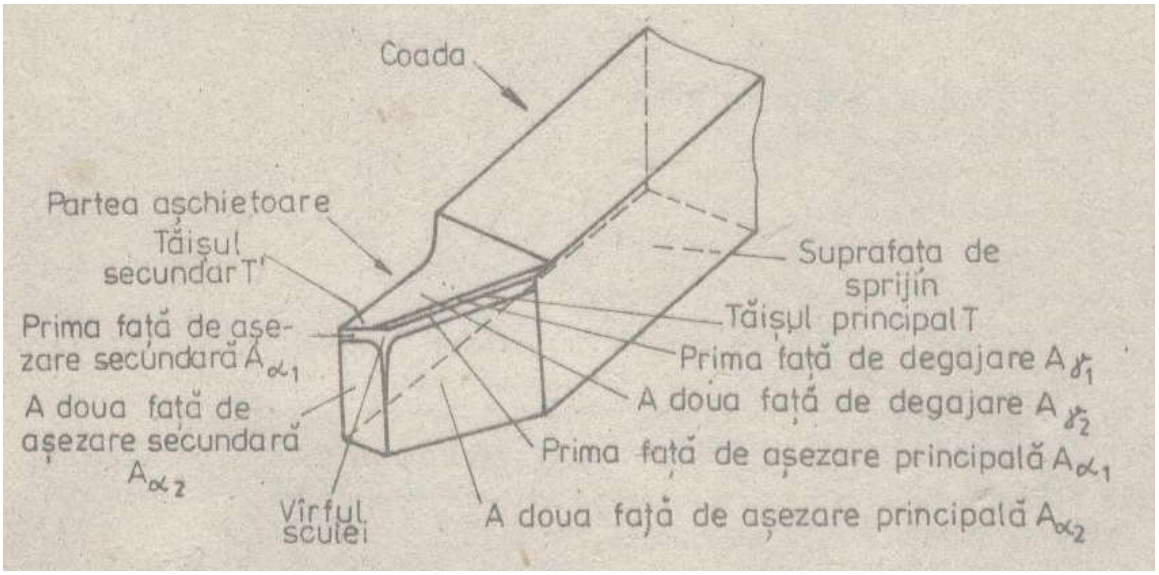


Fig.3.30.

<u>Tăişul sculei</u> reprezintă partea cea mai importantă a oricărei scule aşchietoare având rolul de a detaşa stratul de aşchiere sub formă de aşchii. El este format dintr-un diedru solid, cuprins între o faţă de degajare şi una de aşezare.

După funcția pe care o îndeplinesc în procesul de aşchiere tăişurile sculei se împart în: tăişuri principale şi tăişuri secundare, fig.3.31.

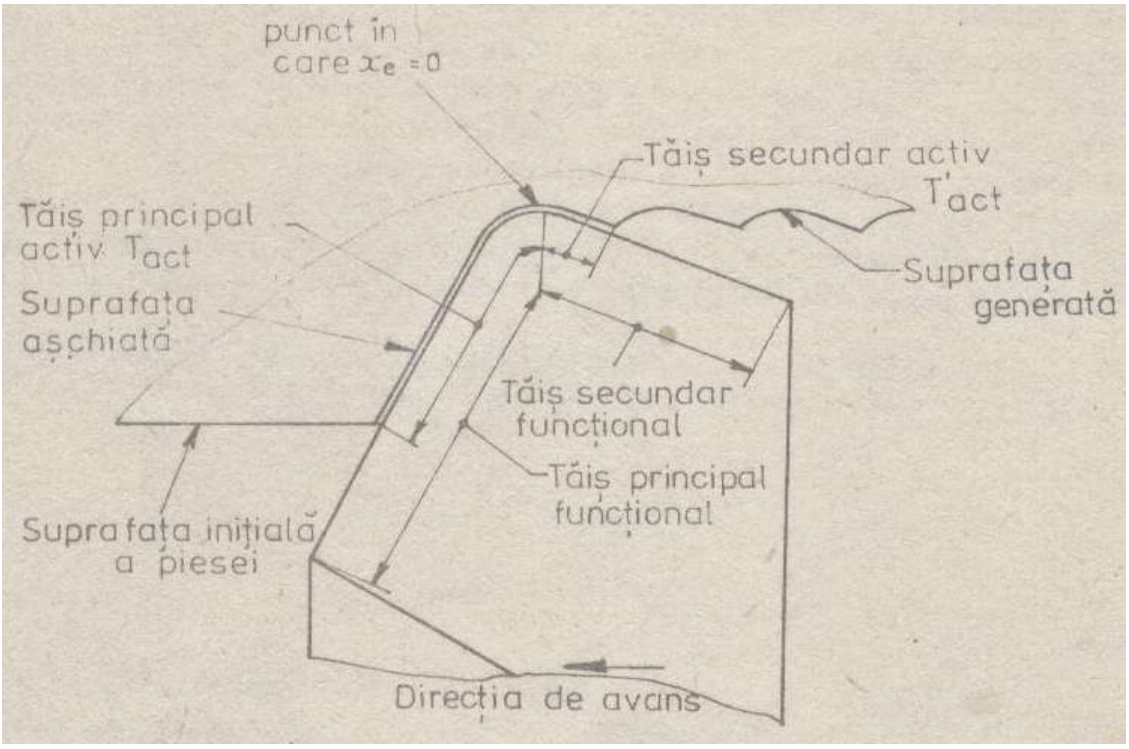


Fig.3.31.

Tăişul principal este acela care detaşează aşchia pe latura ei dinspre adaosul de prelucrare şi deci se găseşte pe partea în sensul căreia se produce avansul de generare.

Tăişul secundar este acela care detaşează aşchia pe latura ei dinspre suprafaţa prelucrată: de forma şi calitatea acestuia depinde netezimea suprafeţei generate.

Un element important al tăişului sculei este muchia acestuia, care rezultă la intersecţia celor două feţe componente şi care poate fi ascuţită sau prevăzută cu o rază de rotunjire r_n, fig.3.32.

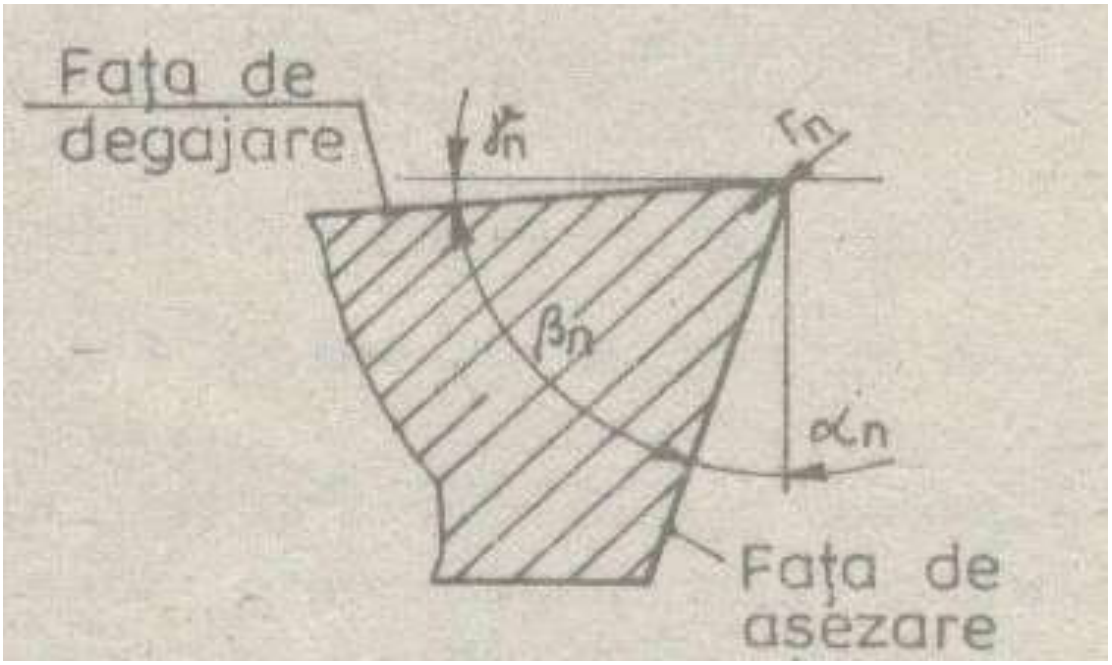


Fig.3.32.

Muchia tăişului este elementul care generează suprafaţa prelucrată; în anumite cazuri aceasta reprezintă generatoarea materializată, iar în alte cazuri, generatoarea elementară.

Feţele tăişului, după rolurile pe care le au, sunt de două feluri: feţe de degajare şi feţe de aşezare, fig.3.30.

Faţa de degajare este acea suprafaţă a tăişului care exercită forţa de aşchiere asupra stratului de prelucrat şi pe care alunecă aşchia detaşată.

Faţa de aşezare este o suprafaţă a tăişului aflată în contact cu suprafaţa de aşchiere. Aceasta poate fi: faţă de aşezare principală sau faţă de aşezare secundară.

În funcţie de caz, feţele tăişului pot fi suprafeţe plane sau suprafeţe strâmbe în spaţiu. În mod corespunzător, muchiile tăişurilor rezultă sub formă de linii drepte sau curbe(în plan sau în spaţiu).

Vârful sculei este punctul de intersecție a două muchii aşchietoare învecinate. El poate fi ascuțit, fig.3.33.a, sau racordat cu o porțiune de curbă, de rază r_ε, numită rază de rotunjire a vârfului, fig.3.33.b.

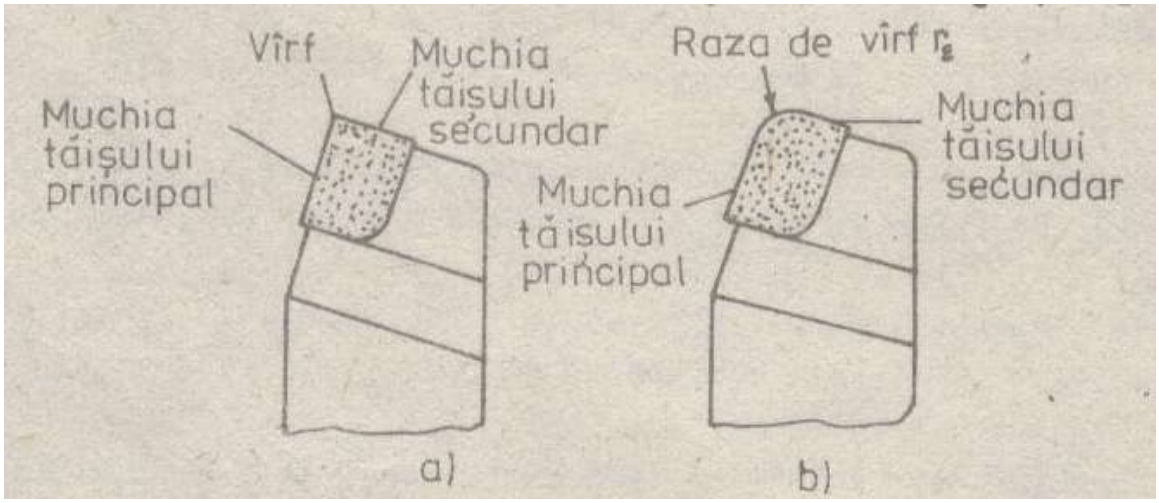


Fig.3.33

În unele cazuri, pe fața de degajare şi pe fața de aşezare principală se practică fațete urmărindu-se diferite scopuri. Astfel, fațeta b_γ, fig.3.34, printre altele are rolul de a micşora zona de contact dintre aşchie şi fața de degajare şi de a întări tăişul. În cazul sculelor armate cu plăcuțe din carburi metalice, prin aceste fațete se urmăreşte transformarea solicitării de încovoiere, la care aceste plăcuțe se comportă nesatisfăcător în solicitare de compresiune.

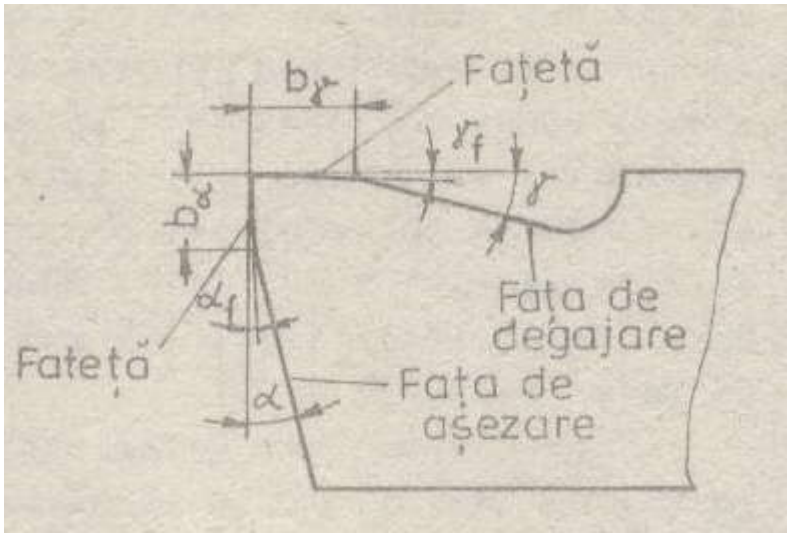


Fig.3.34.

Fațeta b_α poatea avea rolul de amortizor de vibrații, de suprafață de control la ascuțire, de control dimensional la freze cilindrice, alezoare sau de ghidare, cum este cazul la burghie, alezoare etc.

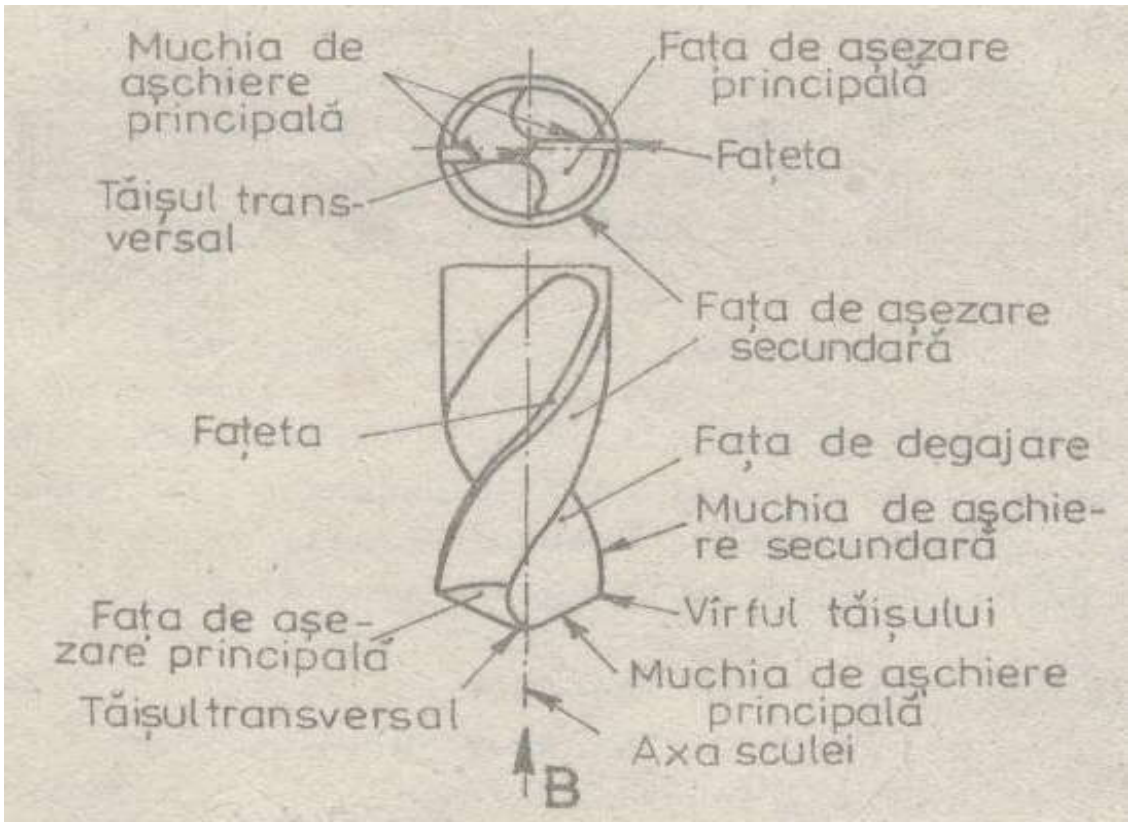


Fig.3.35.

Un dinte al sculei în unele cazuri, poate avea două sau chiar mai multe tăişuri. Astfel, la un cuțit de retezat există un tăiş principal şi două tăişuri secundare, iar la dintele unui burghiu, fig.3.35, există un tăiş principal, un tăiş secundar al fațetei şi un tăiş transversal. Prin urmare, şi numărul de vârfuri n al dintelui sculei poate fi mai mare ca1(unu) , fiind dat de relația: n = N-1 în care N este numărul de tăişuri de pe dintele sculei.

Întrebări de verificare a cunoştinţelor:

1.Cum se defineşte mişcarea efectivă de aşchiere?

2.Care este mişcarea principală în cazul prelucrării prin rectificare?

3.Precizaţi mişcările complementare de avans.

4.Ce este planul de bază cinematic?

5.Definiţi, cu ajutorul unei schiţe, sistemul de referinţă cinematic.

6.Care sunt elementele sistemului tehnologic al prelucrării prin aşchiere?

7.Realizaţi schiţa reprezentând parametrii geometrici ai aşchierii (α,γ,δ,β).

8.Indicaţi rolul maşinii-unelte în procesul de aşchiere.

9.Analizaţi dependenţa procesului de aşchiere de natura materialului prelucrat.

10.Care este influenţa lichidelor de răcire-ungere asupra prelucrărilor prin aşchiere?

11.Definiţi scula aşchietoare şi rolul acesteia.

12.Care sunt părţile componente ale sculelor aşchietoare.

13.Din ce se compune partea activă (aşchietoare) a sculelor?

14.Indicaţi, cu ajutorul unei schiţe, tăişurile cuţitului de strung.

CAPITOLUL IV

Obiectivele capitolului:

Definirea fiecărui procedeu tehnologic de prelucrare prin aşchiere

Prezentarea principiului de lucru aferent procedeului de prelucrare

Insuşirea cunoştiinţelor privind parametrii de aşchiere specifici

Precizarea unor relaţii de legătură dintre parametrii de lucru / prelucrare

Prezentarea posibilităţilor de reglare ale sistemului tehnologic

Evidenţierea tipurilor de maşini-unelte care asigură realizarea diverselor procedee de prelucrare

Însuşirea cunoştiinţelor referitoare la tipuri de suprafeţe ce pot fi obţinute prin aşchiere

PROCEDEE DE PRELUCRARE PRIN AŞCHIERE

4.1.Strunjirea

4.1.1.Definire şi principiul de lucru

Strunjirea reprezintă procedeul tehnologic la care mişcarea principală este de rotaţie a piesei iar mişcările de avans şi de reglare (rectilinii) sunt executate de scula aşchietoare ce poartă numele de cuţit de strung.

Principiul de lucru al acestui procedeu este prezentat în figura 4.1.

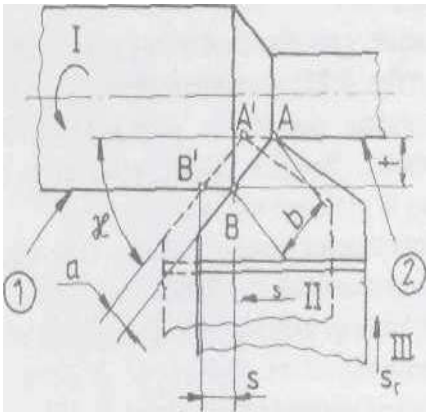


Fig. 4.1.

Utilizând elementele din figura 4.1 se pot vedea parametrii secţiunii stratului de aşchiere. care sunt:

- a [mm] - grosimea stratului de aşchiere;
- b [mm] - lăţimea stratului de aşchiere.

Sistemul tehnologic ce realizează mişcările necesare aşchierii se numeşte **strung**, care, în funcţie de destinaţie este universal, semiautomat, automat**,** carusel, cu destinaţie specială (ex: strung copier, de detalonat, etc.). cu comandă numerică etc.

4.1.2. Regimul de aşchiere şi parametrii de reglaj ai sistemului tehnologic

În cazul strunjirii parametrii regimului de aşchiere sunt

- viteza de aşehiere "v" [m/min];
- avansul de aşchiere "s" [mm/rot];
- adâncimea de aşchiere "t" [mm].

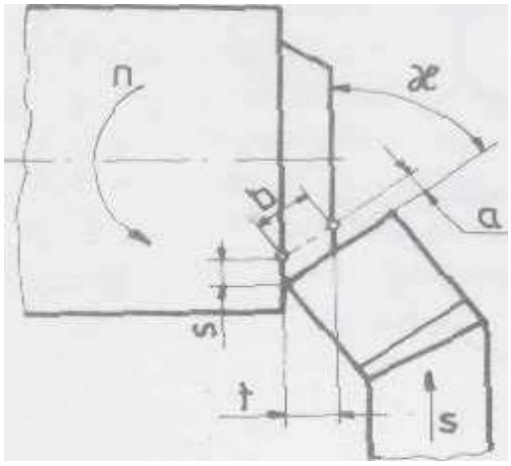


Fig. 4.2.

Parametrii cinematici de reglaj ai sistemului tehnologic sunt

- turaţia "n" [rot/min];
- avansul de aşchiere *"s"* [mm/rot];
- adâncimea de aşchiere ["t" mm].

Se poate face observaţia că singura diferenţă dintre parametrii regimului de aşchiere şi parametrii cinematici de reglaj ai sistemului tehnologic o reprezintă viteza de aşchiere şi turaţia.

Legătura dintre aceşti parametrii este dată de relaţia:

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \quad \text{[m/min]} \qquad (4.1)$$

unde, d [mm] - diametrul piesei de prelucrat.

Avansul de aşchiere, în funcţie de direcţia axei mişcării principale de aşchiere poate fi longitudinal (fig. 4.1) sau transversal (fig. 4.2).

Legătura dintre parametrii regimului de aşchiere şi parametrii secţiunii stratului de aşchiere, folosind şi figura 2.22, este dată de relaţiile (4.2) şi (4.3).

$$a = s \cdot \sin\chi \quad (4.2.) \qquad\qquad b = \frac{t}{\sin\chi} \quad (4.3.)$$

4.1.3 Tipuri de suprafețe ce pot fi obținute prin strunjire

Suprafețele ce pot fi obținute prin strunjire sunt situate atât la exterior cât şi la interior. Se pot obține suprafețe cilindrice (fig. 4.1), suprafețe plane (fig. 4.2), suprafețe conice, suprafețe elicoidale, suprafețe poligonale, suprafețe ovale şi ovoidale, suprafețe profilate, detalonări, crestări, degajări, canale, retezări şi chiar suprafețe cu generatoare neanalitică.

Cerința obiectivă, comună tuturor suprafețelor, .este existența unei axe de rotație şi posibilitatea prinderii sigure, pe maşina-unealtă, a semifabricatului.

Metodele, din punct de vedere al generării suprafețelor, prin care se pot obține suprafețele enunțate mai sus, sunt:

- directoare obținută pe cale cinematică, ca traiectorie a unui punct;
- generatoare: - materializată pe tăişul aşchietor;
  - obținută pe cale cinematică:
    - ca traiectorie a unui punct;
    - ca înfăşuratoare a pozițiilor unei curbe în mişcare;
    - prin rulare;
    - prin programare.

4.2 Rabotarea

4.2.1. Definire şi principiul de lucru

Rabotarea constituie procedeul de generare a suprafețelor prin aşchiere la care mişcarea principală este rectilinie alternativă, executată în plan orizontal, fie de piesă, fie de scula aschietoare care este denumită cuțit de rabotat. Avansul, executat la capătul unei curse duble, este tot rectiliniu dar intermitent şi poate fi efectuat atât în plan orizontal cât şi în plan vertical.

Principiul de lucru al procedeului cât şi parametrii stratului de aşchiere sunt arătați în fig.4.3.

Sistemul tehnologic ce realizează mişcările necesare rabotării se numeşte fie raboteză (mişcarea principală este efectuată de către masa maşinii-unelte), fie şeping (mişcarea principală este efectuată de către scula aşchietoare care este fixată pe capul maşinii-unelte).

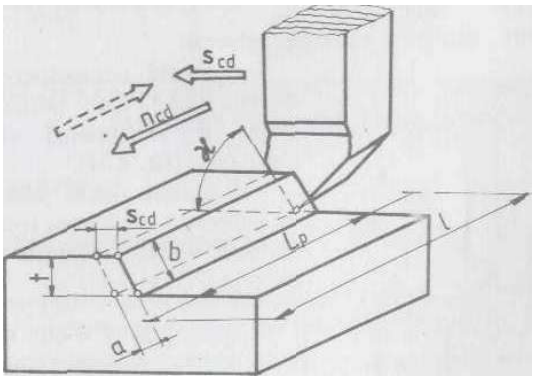


Fig. 4.3.

4.2.2. Regimul de aşchiere şi parametrii de reglaj ai sistemului tehnologic

Regimul de aşchiere, în acest ca,. este caracterizat de

- viteza de aşchiere "v" [m/min];
- avansul de aşchiere "s" [mm/cd];
- adâncimea de aşchiere "t" [mm].

Parametrii cinematici de reglaj ai sistemului tehnologic sunt:

- numărul de curse duble "n_{cd} „curse duble (cd) / min];
- avansul de aşchiere "s" [mm/cd];
- adâncimea de aşchiere "t" [mm].

Legătura dintre viteza de aşchiere şi numărul de curse duble este dată de relaţia:

$$n_{cd}=1000*v/2*l \qquad (4.4.)$$

unde, 1 [mm] - lungimea unei curse simple care este în funcţie de lungimea piesei.

Legătura dintre parametrii regimului de aşchiere şi parametrii secţiunii stratului de aşchiere, folosind şi figura 4.3. este dată tot de relaţiile (4 2) şi (4.3).

4.2.3 Tipuri de suprafeţe ce pot fi obţinute prin rabotare

Suprafeţele ce se obţin prin rabotare sunt situate la exterior şi mai rar la interior. Astfel se pot prelucra:

- suprafeţe plane exterioare orizontale, verticale sau înclinate;
- canale de pană deschise exterioare şi mai rar interioare;
- canale exterioare în formă de T;
- caneluri exterioare;
- danturi exterioare (în special cremaliere);
- suprafeţe profilate; etc.

Din punct de vedere al generării suprafeţelor, metodele de prelucrare sunt:

- directoare obţinută pe cale cinematică ca traiectorie a unui punct:
- generatoare: - materializată pe tăişul aşchietor;
  - obţinută pe cale cinematică:
    - ca traiectorie a unui punct;
    - ca înfăşuratoare a poziţiilor unei curbe în mişcare;
    - prin rulare (extrem de rar);
    - prin programare (rar).

4.3. Mortezarea

4.3.1. Definire şi principiul de lucru

Mortezarea este procedeul de generare prin aşchiere la care mişcarea principală este rectilinie alternativă, aceasta fiind executată în plan vertical de către scula aşchietoare numită cuţit de mortezat. Avansul de aşchiere, intermitent şi la capătul unei curse duble a sculei, este efectuat de către masa sistemuiui tehnologic pe care se află prinsă piesa supusă prelucrării şi poate fi efectuat într-un plan orizontal, fie pe două direcţii perpendiculare (longitudinal şi transversal), fie circular în jurul unei axe verticale.

Principiul de lucru al procedeului, dar şi elementele stratului de aşchiere,sunt arătate în figura 4.4.

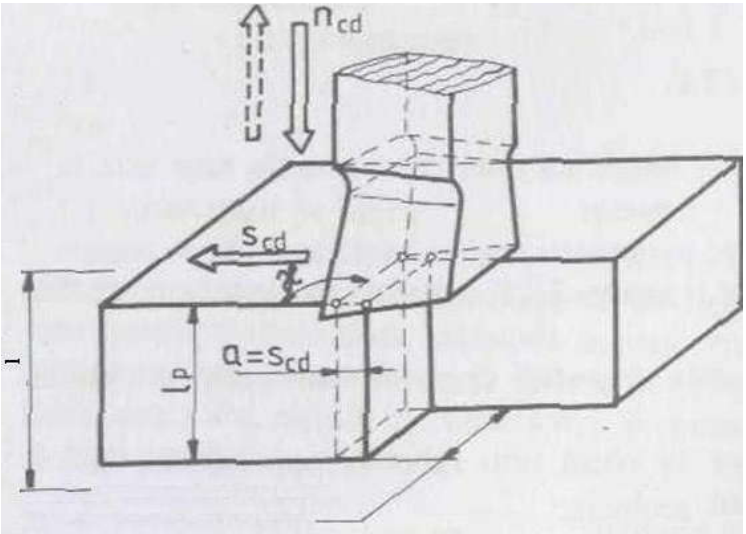


Fig. 4.4.

Sistemul tehnologic ce realizează mortezarea se numeşte morteză şi aceasta poate fi universală sau cu destinaţie specială.

4.3.2. Regimul de aşchiere şi parametrii de reglaj ai sistemului tehnologic

Regimul de aşchiere, şi în acest caz, este caracterizat de:

- viteza de aşchiere "v" [m/min];
- avansul de aşchiere "s" [mm/cd; grade/cd];
- adâncimea de aşchiere "t" [mm].

Parametrii cinematici de reglaj ai sistemului tehnologic sunt:

- numărul de curse duble ”n_{cd} „[curse duble (cd) / min);
- avansul de aşchiere "s" [mm/cd; grade/cd];
- adâncimea de aşchiere **b=t** "ft”[mm].

Legătura dintre viteza de aşchiere şi numărul de curse duble este dată tot relaţia (4.4).

Legătura dintre parametrii regimului de aşchiere şi parametrii secţiunii stratului de aşchiere, folosind şi figura 4.4 (unde unghiul χ=90grade). este dată. şi în acest caz,.de relaţiile (4.2} şi (4.3).

4.3.3 Tipuri de suprafeţe ce pot fi obţinute prin mortezare

Comparativ cu rabotarea, posibilităţile de prelucrare ale mortezării sunt mai diverse atât datorită pătrunderii mai uşoare a sculei aşchietoare în zona de lucru, cât şi datorită existenţei unui avans circular. Totuşi, piesele se pot prelucra pe o lungime mult mai mică în raport cu rabotarea datorită cursei de lungime mai mică ce este efectuată de către scula aşchietoare.

Se pot prelucra suprafeţe exterioare dar cu precădere suprafeţe interioare.

Astfel se pot obţine:

- suprafeţe plane verticale sau înclinate;
- canale de pană la interior şi exterior;
- caneluri exterioare şi interioare;
- danturi exterioare şi interioare;
- suprafeţe profilate exterioare şi interioare; etc.

Din punct de vedere al generării suprafeţelor, metodele de generare, ca şi în cazul rabotării, sunt:

- directoare obţinută pe cale cinematică ca traiectorie a unui punct;
- generatoare: - materializată pe tăişul aşchietor;
  - obţinută pe cale cinematică:
    - ca traiectorie a unui punct;
    - ca înfăşurătoare a poziţiilor unei curbe în mişcare;
    - prin rulare (rar);
    - prin programare (rar).

4.4. Burghierea

4.4.1. Definire şi principiul de lucru

Burghierea reprezintă procedeul de prelucrare prin aşchiere cu ajutorul căruia se obţin alezaje din plin,(cu ajutorul unei scule aşchietoare numite burghiu) ; ■mişcarea principală este de rotaţie, efectuată fie de scula aşchieloare, fie de piesă,iar avansul de aşchiere, efectuat în lungul axei de rotaţie, este făcut fie de scula aşchietoare, fie de piesă.

Burghiul are de regulă doi dinţi dar poate avea şi numai unul sau trei.

Principiul de lucru al procedeului precum şi elementele secţiunii stratului de aşchiere sunt exemplificate în figura 4.5.

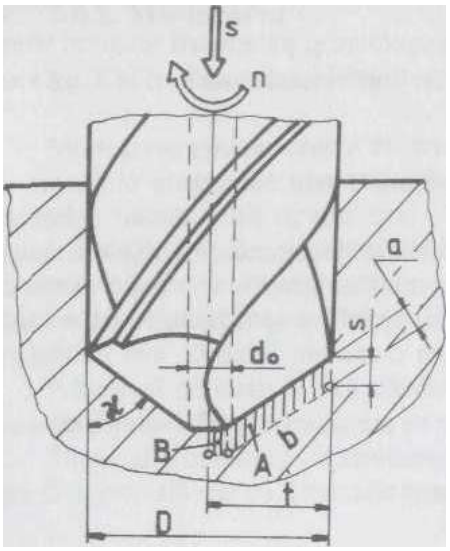


Fig. 4.5.

Sistemul tehnologic care realizează burghierea se numeşte maşină de găurit dar prelucrarea poate fi efectuată pe orice sistem tehnologic ce permite prinderea semifabricatului şi realizarea unei mişcări de rotaţie şi a unei mişcări de avans axiale (ex: strung, maşină de găurit în coordonate, maşină de alezat şi frezat, etc).

Maşinile de găurit utilizate au diverse mărimi şi diverse variante constructive, în funcţie de destinaţia lor. Astfel avem maşini de găurit portabile, maşini de găurit cu montant, maşini de găurit cu coloană, maşini de găurit radiale, etc.

4.4.2. Regimul de aşchiere şi parametrii de reglaj ai sistemului tehnologic

Ca şi în cazul celorlalte procedee descrise anterior parametrii regimului de aşchiere sunt:

- viteza de aşchiere "v" [m/min];
- avansul de aşchiere "s" [mm/rot];
- adâncimea de aşchiere "t" [mm].

Parametrii cinematici de reglaj ai sistemului tehnologic sunt:

- turaţia "n" [rot/min];
- avansul de aşchiere "s" [mm/rot].

Adâncimea de aşchiere, în acest caz, este materializată pe tăişul aşchietor şi este egală cu D/2 (fig. 4.5).

Legătura dintre turaţie şi viteza de aşchiere este dată de relaţia (4.1).

Totodată, legătura dintre parametrii regimului de aşchiere şi parametrii secţiunii stratului de aşchiere este dată de relaţiile (4.5 şi 4.6) pentru porţiunea "A" şi de relaţiile (4.7 şi 4.8) pentru porţiunea "B".

$$a_A = s_Z \cdot \sin\chi \tag{4.5.}$$

$$b_A = \frac{(D - d_0)}{2 \cdot \sin\chi} \tag{4.6.}$$

$$a_B = s_Z \tag{4.7.}$$

$$b_B = \frac{d_0}{2} \tag{4.8.}$$

unde, s_z (mm/dinte) reprezintă avansul pe dinte, care este egal cu s/z, Z fiind numărul de dinți ai burghiului (de regulă z = 2); iar d_0 (mm) - diametrul miezului burghiului.

Trebuie remarcat faptul că în cazul burghierii se obțin numai alezaje cilindrice înfundate sau străpunse iar metoda de obținere este cu directoare "pe cale cinematică ca traiectorie a unui punct" şi generatoare obținută tot "pe cale cinematică ca traiectorie a unui punct", cu toate că unele surse bibliografice consideră că generatoarea este materializată pe scula aşchietoare.

4.5. Lărgirea, adâncirea, teşirea şi lamarea

4.5.1. Definire şi principiul de lucru

Lărgirea, adâncirea, teşirea şi lamarea sunt procedee tehnologice de prelucrare prin aşchiere cu ajutorul cărora se obține o modificare a diametrului inițial al unui alezaj cu scopul îmbunătățirii preciziei dimensionale şi a rugozității, micşorării abaterilor de formă, sau o prelucrare a unei suprafețe plane perpendiculare pe axa unui alezaj inițial, cu ajutorul unor scule aşchietoare numite lărgitor. adâncitor. teşitor, lamator şi la care mişcarea principală este de rotație,(a sculei sau a piesei), iar mişcarea de avans este în lungul axei mişcării principale, fiind efectuată fie de scula aşchietoare, fie de piesă.

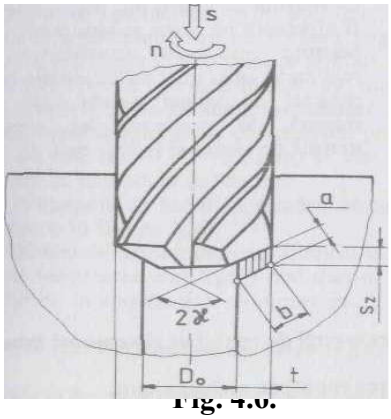


Fig. 4.6.

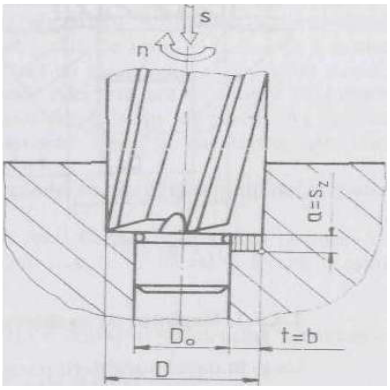


Fig. 4.7.

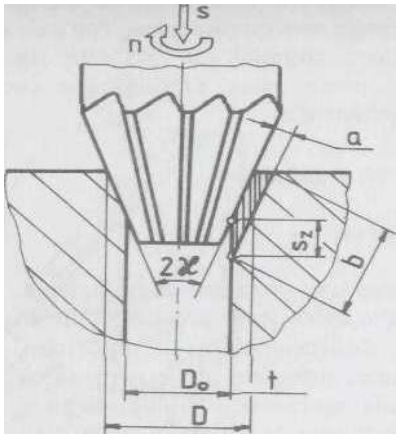


Fig. 4.8.

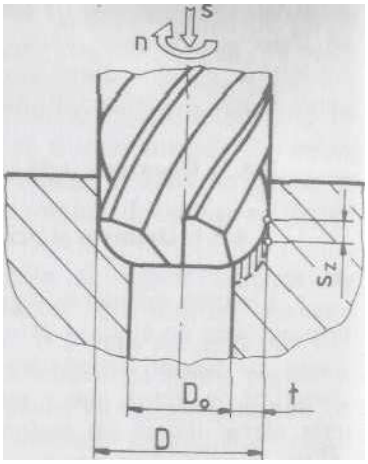


Fig. 4.9.

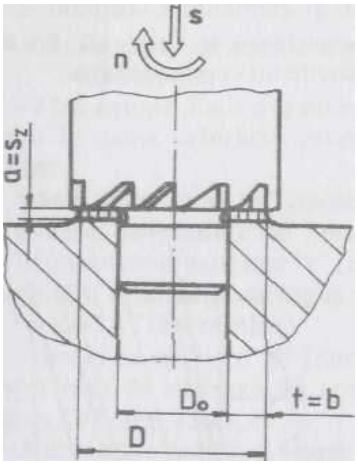


Fig. 4.10.

Sculele aşchietoare enunţate în definiţie au minim trei dinţi.

Principiul de lucru al procedeelor precum şi elementele secţiunii stratului de aşchiere sunt exemplificate după cum urmează:

- figura 4.6 - lărgire; figura 4.7 - adâncire cu cep de ghidare;
- figura 4.8. – teşire; figura 4.9. - adâncire profilată; figura 4.10 - lamare.

Sistemul tehnologic care realizează lărgirea, adâncirea, teşirea şi lamarea este tot maşina de găurit, dar prelucrarea poate fi efectuată pe orice sistem tehnologic ce permite prinderea semifabricatului şi (4.9) realizarea unei mişcări de rotaţie şi a unei (4.10.) mişcări de avans axiale (ex: strung, maşină de prelucrat în coordonate, maşină de alezat şi frezat, etc).

4.5.2. Regimul de aşchiere şi parametrii de reglaj ai sistemului tehnologic

Ca şi în cazul burghierii, parametrii regimului de aşchiere sunt:

- viteza de aşchiere "v" [m/min];
- avansul de aşchiere "s" [mm/rot];
- adâncimea de aşchiere "t" [mm].

Parametrii cinematici de reglaj ai sistemului tehnologic sunt:

- turaţia "n" [rot/min];
- avansul de aşchiere "s" [mm/rot"].

Adâncimea de aşchiere, în funcţie de diametrul final "D" şi diametrul iniţial "D_0", este egală cu $(D - D_0)/2$, (fig. 4.6). Legătura dintre turaţie şi viteza de aşchiere este dată de relaţia (4.1).Parametrii regimului de aşchiere şi parametrii secţiunii stratului de aşchiere aulegătura dată de relaţiile (4.9 şi 4.10):

$$a = s_z \cdot \sin \chi \qquad b = \frac{(D - D_0)}{2 \cdot \sin \chi}$$

Prin lărgire, adâncire şi teşire se obțin alezaje cilindrice şi conice, înfundate sau străpunse, cu dimensiuni diferite de alezajul inițial şi calitate îmbunătățită. Lamarea realizează o suprafață plană, în cazul bosajelor, perpendiculară pe axa alezajului inițial. Metoda de obținere este. pentru toate procedeele enunțate, cu directoare "pe cale cinematică ca traiectorie a unui punct" şi generatoare obținută tot "pe cale cinematică ca traiectorie a unui punct".

4.6. Alezarea

4.6.1. Definire şi principiul de lucru

Alezarea face parte din aceeaşi categorie cu lărgirea şi reprezintă procedeul tehnologic de prelucrare prin aşchiere cu ajutorul căruia se realizează mărirea preciziei dimensionale şi micşorarea rugozității alezajelor prelucrate anterior, prin burghiere sau lărgire. Mişcarea principală la alezare este de rotație, de regulă a sculei aşchietoare care se numeşte **alezor**, sau mai rar bară de alezat, iar mişcarea de avans axială, este efectuată de scula aşchietoarc sau piesă. Alezorul are un număr mai mare de dinți decât lărgitorul, iar caracleristic procedeului este adaosul de prelucrare ce este mult mai mic (ex: 0,1 - 0,3 mm) şi viteza de aşchiere care, de asemenea, este mai mică față de procedeul de lărgire.

Principiul de lucru al alezării ca şi elementele secțiunii stratului de aşchiere sunt arătate în figura 4.11.

Sistemele tehnologice cu ajutorul cărora se realizează alezarea

sunt aceleaşi ca în cazul burghiererii sau lărgirii (ex: maşini de găurit, maşini de alezat şi frezat, maşini de prelucrat în coordonate, strunguri, etc).

4.6.2. Regimul de aşchiere şi parametrii de reglaj ai sistemului tehnologic

Ca şi în cazul burghiererii, parametrii regimului de aşchiere sunt:

- viteza de aşchiere V [m/min];
- avansul de aşchiere "s" (mm/rot]:
- adâncimea de aşchiere t [mm].

Parametrii cinematici de reglaj ai sistemului tehnologic sunt.

- turația "n" [rot/min];
- avansul de aşchiere "s" [mm/rot].

Adâncimea de aşchiere, în funcţiede diametrul final "D" şi diametru! iniţial ■"D_0", este egală cu $(D - D_0)/2$, (fig. 4.11).

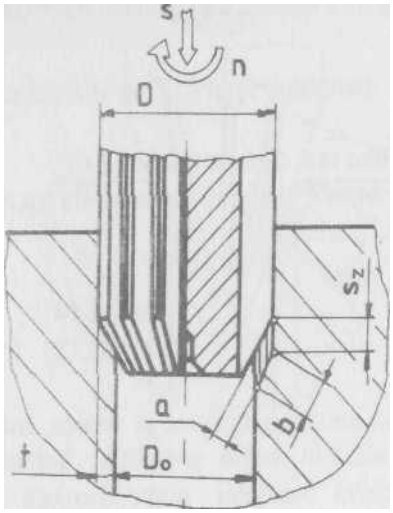


Fig. 4.11.

Legătura dintre turaţie şi viteza de aşchiere este dată de relaţia (4.1). Parametrii regimului de aşchiere şi parametrii secţiunii stratului de aşchiere au legătura dată de relaţiile (4.9 şi 4.10).Cu ajutorul alezării se finisează alezaje cilindrice sau conice, înfundate sau .străpunse, având dimensiuni diferite de cele ale a alezajului iniţial, iar metoda de obţinere este cu directoare "pe cale cinematică ca traiectorie a unui punct" şi generatoare obţinută tot "pe cale cinematică ca traiectorie a unui punct".

4.7. Broşarea

4.7.1. Definire şi principiul de lucru

Broşarea este procedeul tehnologic de obţinere a diverselor suprafeţe interioare sau exterioare la care mişcarea principală, rectilinie sau circulară, este efectuată de scula aşchietoare iar avansul este materializat pe scula aşchietoare numită **broşă.**

Caracteristic broşării este productivitatea deosebită şi precizia ridicată a suprafeţelor prelucrate, dar scula aşchietoare este foarte scumpă şi deci se pretează în producţia de serie mare şi de masă.Broşa, spre deosebire de toate celelalte scule aşchietoare, are mai mulţi dinţi iar fiecare dinte are o supraînălţare mai mare decât cel anterior, ceea ce face ca avansul de aşchiere să fie materializat pe scula aşchietoare.

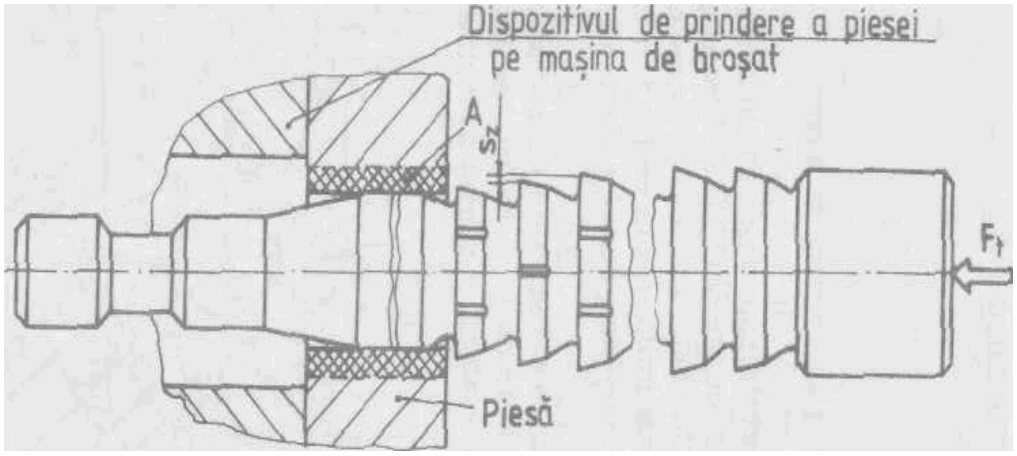


Fig.4.12.

Principiul de lucru al procedeului şi elementele secţiunii stratului de aşchiere se pot vedea in figura 4.13.

Sistemul tehnologic care realizează broşarea se numeşte maşină de broşat, Mişcarea principală rectilinie poate fi făcută în plan orizontal sau vertical iar după cum are loc aplicarea forţei de broşare procedeul se poate executa prin tragere sau prin împingere (fig. 4.13 şi 4.12).

Broşarea prin tragere se poate efectua atât în plan orizontal cât şi în p!an vertical iar broşarea prin împingere are loc numai în plan vertical.

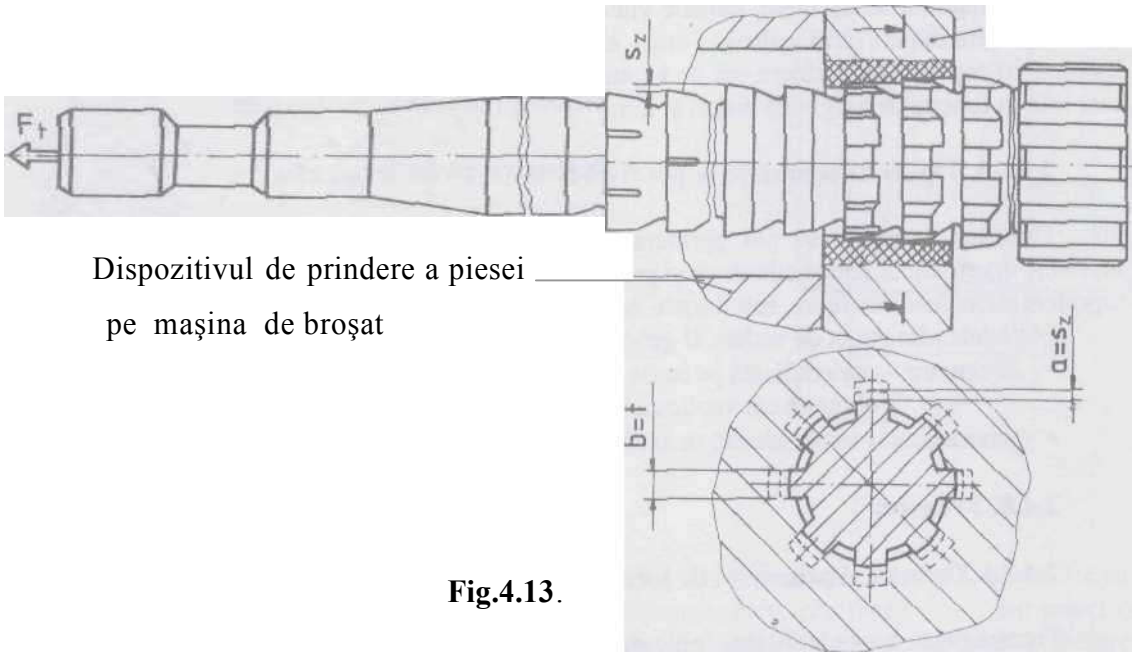


Fig.4.13.

4.7.2. Regimul de aşchiere şi parametrii de reglaj ai sistemului tehnologic

În cazul broşării, parametrii regimului de aşchiere sunt:

- viteza de aşchiere "v" [m/min];
- avansul de aşchiere 's_z' sau "a_z" [mm/dinte] - este materializat pe tăişul aşchietor;
- adâncimea de aşchiere "t" [mm] -este în funcţie de lăţimea profilului supus prelucrării.

Singurul parametru cinematic de reglaj al sistemului tehnologic, şi care are legătură cu regimul de aşchiere, rămâne viteza de aşchiere "v" ce se poate regla aşa cum este determinată prin calcul. Totuşi, elemente de reglaj mai sunt, dar nu au legătură cu regimul de aşchiere, ca de exemplu, lungimea cursei maşinii de broşat, care este în funcţie de lungimea broşei şi lungimea profilului de broşat.

4.7.3. Tipuri de suprafeţe ce pot fi obţinute prin broşare

Utilizând broşarea se pot prelucra suprafețe exterioare plane şi profilate, suprafețe interioare deschise cilindrice şi profilate, caneluri interioare, canale de pană, suprafețe elicoidale interioare, roți dințate interioare şi exterioare.

Metodele, din punct de vedere al generării suprafețelor, care se folosesc sunt:

- directoare: - materializată pe scula aşchietoare;
  - obținută cinematic ca traiectorie a unui punct.
- generatoare: - materializată pe scula aşchietoare.

4.8. Frezarea

4.8.1. Definire şi principiul de lucru

Frezarea este procedeul tehnologic de obținere a suprafețelor prin aşchiere la care mişcarea principală este de rotație ,a sculei aşchietoare numită **freză**, iar mişcarea de avans este executată fie de piesă fie, de scula aşchietoare. Procedeul are o largă universalitate datorită, în mare măsură, diverselor construcții de freze.

Principiul de lucru al procedeului ca şi elementele stratului de aşchiere sunt arătate în figurile 4.14 şi 4.15 unde sunt exemplificate două posibilități de lucru, şi anume, frezarea în contra avansului (fig. 4.14) şi frezarea în sensul avansuiui (fig. 4.15), cu o freză cilindrică.

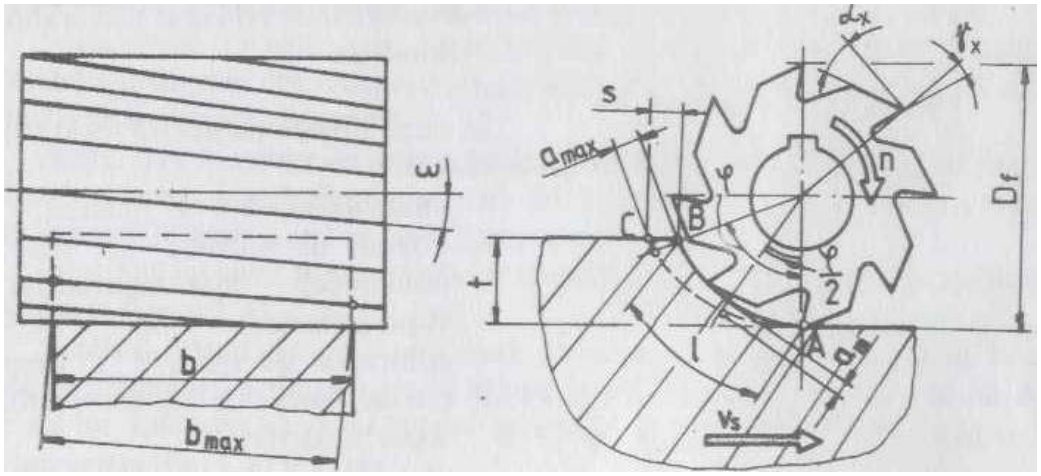


Fig. 4.14

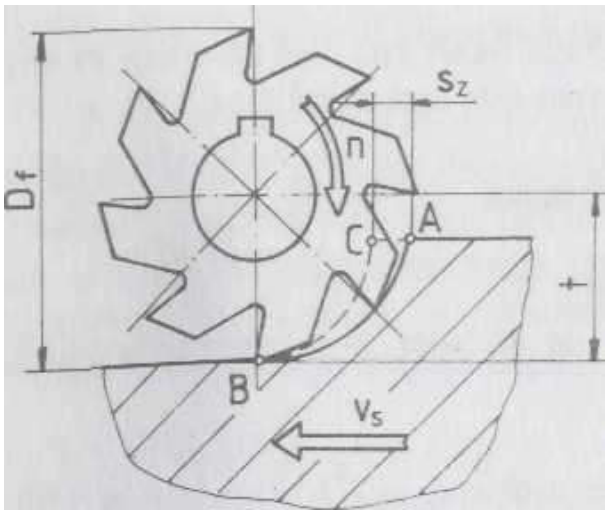


Fig. 4.15

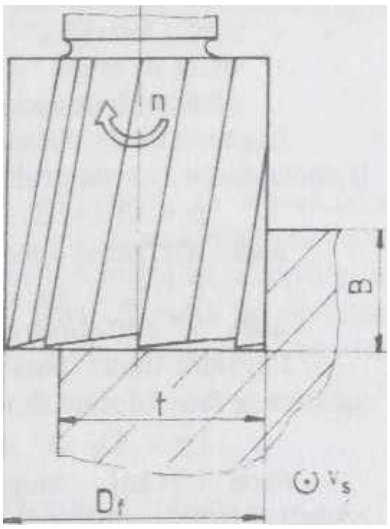


Fig. 4.16

Literatura de specialitate prezintă şi alte scheme de frezare (cu freze: cilindro-frontale, frontale, disc, unghiulare, profilate, care din punct de vedere al elementelor stratului de aşchiere prezintă diferenţe notabile doar la frezarea cu freză frontală (fig.4.17)şi cilindro-frontală (fig. 4.16).

Sistemele tehnologice folosite la frezare se numesc maşini de frezat şi pot fi de diverse construcţii: orizontale, verticale, universale, carusel, speciale, de copiat, cu comandă program, etc. Frezarea se poate face şi pe alte maşini-unelte care îndeplinesc cerinţele cinematice ale procedeului (ex maşini de alezat şi frezat).

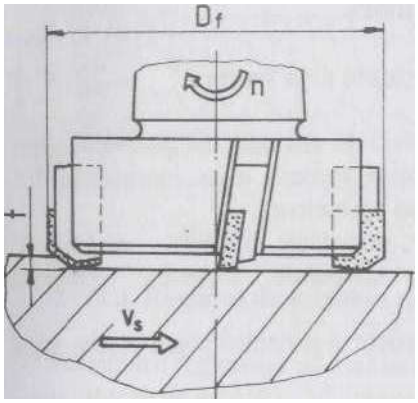


Fig.4.17.

4.8.2. Regimul de aşchiere şi parametrii de reglaj ai sistemului tehnologic

Parametrii regimului de aşchiere la frezare sunt:

- viteza de aşchiere 'V [m/minj:
- avansul pe dinte "s_z [mm/dinte]:
- adâncimea de aşchiere "t" [mm].

Parametrii cinematici de reglaj ai sistemului tehnologic sunt:

- turația frezei "n" [rot/min],
- viteza de avans "v_s" [mm/min];
- adâncimea de aşchiere "t" [mm].

Legătura dintre viteza de aşchiere şi turația frezei este dată de relația (4.11) iar legătura dintre avansul pe dinte şi viteza de avans este dată de relația (4.12).

$$n_f=1000v/nD_f \text{ [rot/min]} \tag{4.11}$$

unde, "Df "[mm] - diametrul exterior al frezei.

$$v_s = s_z - z \blacksquare n_f \text{ [mm/min]} \tag{4.12}$$

unde, "z" este numărul de dinți ai frezei.

Legătura dintre parametrii regimului de aşchiere şi parametrii stratului de aşchiere se face folosind figura 4.14.

$$l = \frac{\pi \cdot D_f \cdot \varphi}{360^o} \tag{4.13}$$

unde: l [mm] - lungimea stratului de aşchiere; φ [°] unghiul arcului de contact al frezei cu materialul de prelucrat.

$$a_m \approx s_z \cdot \sin\frac{\varphi}{2} = s_{z.} \cdot \sqrt{\frac{1-\cos\varphi}{2}} \tag{4.14}$$

în care, a_m [mm] reprezintă grosimea medie a aşchiei.

Dar, $$\cos\varphi \approx \frac{\left(\frac{D_f}{2-t}\right)}{0.5D_f} = 1 - \frac{2t}{D_f} \tag{4.15}$$

În final rezultă: $$a_m = s_z \cdot \sqrt{\frac{t}{D_f}} \tag{4.16}$$

şi $$b_{\max} = \frac{b_p}{\sin\omega} \tag{4.17}$$

unde: b_{max} [mm] - lățimea maximă a stratului de aşchiere; b_p [mm] - lățimea materialului de prelucrat; ω [°] - unghiul elicei dinților frezei.

4.8.3. Tipuri de suprafețe ce pot fi obținute prin frezare

Aşa cum s-a afirmat mai înainte, frezarea este cel mai complet procedeu de prelucrare prin aşchiere în sensul că se pot obține aproape toate suprafețele dorite, datorită modului particular de construcție a sculei aşchietoare.

Se pot prelucra suprafețe plane verticale, orizontale, înclinate, combinații ale celor anterioare, canale, caneluri, suprafețe elicoidale, suprafețe evolventice, suprafe ț e spațiale, etc. Metodele care se folosesc, din punct de vedere al generării suprafețelor, sunt:

- directoare: - obținută cinematic:
  - ca înfăşurătoare a poziţiilor succesive ale unei alte curbe în mişcare;
  - prin programare.
- generatoare: - materializată pe scula aşchietoare;
  - obținută cinematic:
    - ca înfăşurătoare a poziţiilor succesive ale unei alte curbe;
    - prin programare.

4.9. Rectificarea

4.9.1. Definire şi principiul de lucru

Rectificarea este procedeul de generare prin aşchiere la care mişcarea principală de rotație este efectuată de scula aşchietoare care este un corp abraziv, iar mişcarea de avans, ce poate fi rectilinie sau circulară, este efectuată de regulă de către piesă. Corpul abraziv este format din granule abrazive legate de un liant, deci poate fi asemuit cu o freză ce are foarte mulți dinți. Funcțional rectificarea este similară frezării.

Corpul abraziv are diverse forme (cilindrice, taler, oală, profilate, etc.) pentru a prelucra diverse tipuri de suprafețe.

Principiul de lucru al procedeului este exemplificat în figurile 4.18, 4.19 şi 4.20 unde se arată rectificarea unei suprafețe plane exterioare, a unei suprafețe cilindrice exterioare şi rectificarea fără centre a unei suprafețe cilindrice exterioare. Sistemul tehnologic care asigură mişcările necesare desfăşurării procedeului se numeşte maşină de rectificat, care, în funcție de destinație, poate fi: de rectificat plan, de rectificat rotund universală, de rectificat fără centre, specială (ex: pentru rectificat filete, roți dințate, etc), etc.

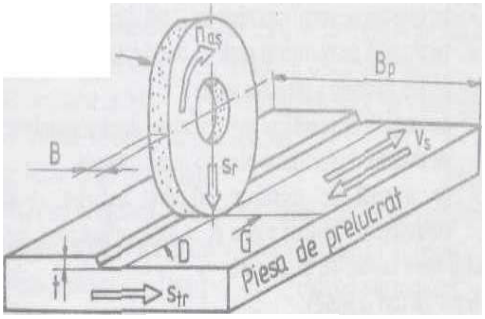


Fig. 4.18

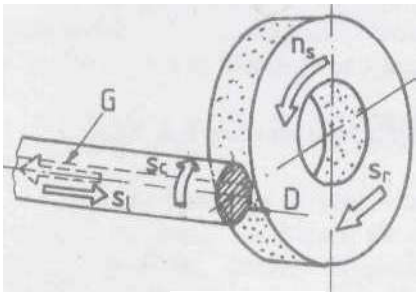


Fig. 4.19

Datorită multitudinii şi diversităţii de suprafeţe ce trebuiesc rectificate s-au dezvoltat mai multe variante de rectificare,care sunt enumerate mai jos .

a. Rectificarea plană:

- cu periferia discului abraziv:
- pe maşină de rectificat plan cu masă dreptunghiulară;
- pe maşină de rectificat plan cu masă rotundă.
- cu partea frontală a discului abraziv:
- pe maşină de rectificat plan cu masă dreptunghiulară;
- pe maşină de rectificat plan cu masă rotundă;
- pe maşină de rectificat cilindric exterior şi interior în cazul suprafeţelor frontale plane de la piese cilindrice.

b. Rectificarea cilindrică exterioară:

- între vârfuri (centre):
- cu avans longitudinal;
- cu avans de pătrundere;
- cu avans tangenţial.
- fără centre (centerless):
- cu avans longitudinal;
- cu avans longitudinal până la opritor;
- cu avans de pătrundere.

c. Rectificarea cilindrică interioară:

- cu rotirea piesei;
- cu mişcarea plană a sculei abrazive;
- fără vârfuri.

d. Rectificări speciale:

- rectificarea filetelor;
- rectificarea danturilor;
- rectificarea melcilor.

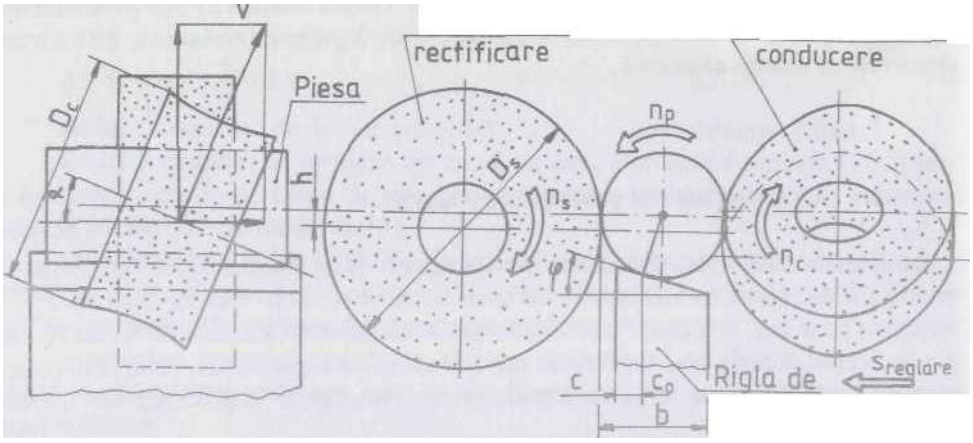


Fig.4.20.

4.9.2. Regimul de aşchiere şi parametrii de reglaj ai sistemului tehnologic

Parametrii cinematici de reglaj ai sistemului tehnologic depind atât de parametrii regimului de aşchiere utilizaţi la varianta de rectificare aleasă cât şi de maşina de rectificat folosită.

Dacă suntem în cazul rectificării unei suprafeţe plane exterioare, cu periferia discului abraziv (fig. 4.18) iar maşina de rectificat plan este cu masă dreptunghiulară, parametrii regimului de aşchiere sunt:

- viteza de aşchiere a discului abraziv - v - [m/s];
- viteza de avans a semifabricatului - v_s - [m/min];
- avansul transversal - St - [mm/cd sau mm/cs] (dacă lăţimea discului abraziv - B [mm] - este mai mică decât lăţimea piesei - B_p [mm] -);
- adâncimea de aşchiere -t - [mm].

În cazul de mai sus parametrii cinematici de reglaj ai maşinii de rectificat sunt următorii:

- turaţia discului abraziv -n - [rot/min], şi care se determină cu relaţia:

$$n = 60*1000*v/\pi*D \quad \text{[rot/min]} \qquad (4.18)$$

unde, D [mm] este diametrul discului abraziv; de regulă turaţia este constantă, viteza de aşchiere reglându-se prin diametrul discului abraziv.

- numărul de curse duble – n_{cd} - [cd/min] efectuat de către masa maşinii de rectificat şi care se calculează cu relaţia:

$$n_{cd} = \frac{1000 \cdot v_s}{2 \cdot l} \quad \text{[cd/min]} \qquad (4.19)$$

unde, l [mm] este lungimea unei curse a mesei maşinii de rectificat.

- avansul transversal (dacă lăţimea discului abraziv - B [mm] - este mai mică decât lăţimea piesei - B_p [mm] -) ; s_t - [mm/cd sau mm/cs];
- adâncimea de aşchiere - t - [mm] care se reglează datorită avansului de reglare - Sr -.

În aceeaşi manieră ca cea prezentată anterior se determină parametrii cinematici de reglaj ai maşinii de rectificat şi pentru alte variante de rectificare, lucru ce este bine tratat în literatura de specialitate.

4.9.3. Tipuri de suprafețe ce se pot obține prin rectificare

Prin rectificare, ca şi prin frezare, se pot prelucra suprafețe plane verticale, orizontale, înclinate, combinații ale celor anterioare, suprafețe cilindrice şi conice, suprafețe profilate, canale, caneluri, suprafețe elicoidale, suprafețe evolventice, suprafețe spațiale, etc.

Metodele care se folosesc, din punct de vedere al generării suprafețelor, sunt:

- directoare: - obținută cinematic:

- ca înfăşurătoare a pozițiilor succesive ale unei alte curbe în mişcare;
- prin programare

- generatoare: - materializată pe scula aşchietoare;
  - obținută cinematic:

- ca înfăşurătoare a pozițiilor succesive ale unei alte curbe;
- prin programare.

4.10. Honuirea

4.101. Definire şi principiul de lucru

Honuirea reprezintă procedeul de prelucrare finală a alezajelor cilindrice (extrem de rar alte tipuri de suprafețe) cu ajutorul unei scule numită **hon**, şi la care mişcarea principală este de rotație, a sculei, iar mişcarea de avans este rectilinie alternativă, fiind efectuată tot de sculă (fig. 4.21). Honul este format din bare abrazive de granulație fină fixate într-un cap special pe elemente elastice.

Pe lângă îmbunătățirea preciziei dimensionale şi micşorarea rugozității, honuirea realizează urme încrucişate pe suprafața prelucrată (fig. 4.22), lucru benefic în cazul cămăşilor de cilindru de la motoarele cu ardere internă, deoarece se reține mult mai bine pelicula de ulei necesară lubrefierii.

Sistemul tehnologic utilizat la honuire se numeşte maşină de honuit, care, după poziția axului principal, poate fi verticală, orizontală sau înclinată. Totodată aceste tipuri de maşini pot avea unul sau mai multe axe principale.

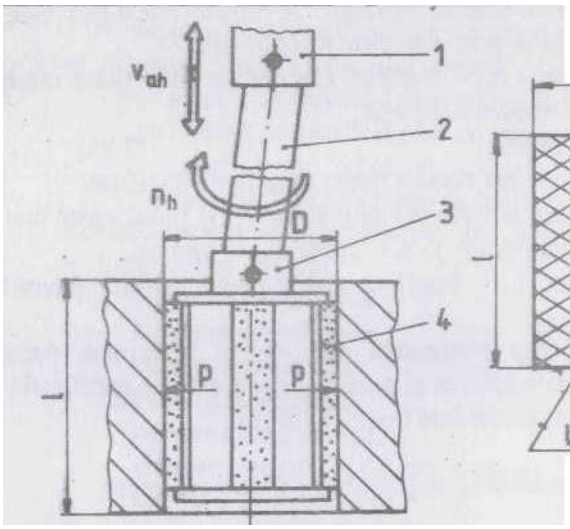


Fig. 4.21

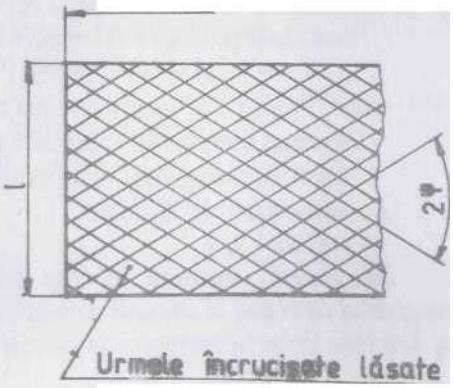


Fig. 4.22

Deosebirea dintre honuire şi rectificare este dată de faptul că, la honuire, apăsarea sculei abrazive pe suprafața ce se prelucrează este de 6-10 ori mai mică, viteza de aşchiere este de $50 \div 120$ ori mai mică, iar la prelucrare iau parte de $100 \div 1000$ ori mai multe granule abrazive decât la rectificare.

4.10.2. Performanțele tehnologice ale honuirii

Pe lângă rugozitatea, de o anumită geometrie, obținută datorită cinematicii procedeului, prin honuire se obțin suprafețe cu abateri dimensionale cuprinse în treptele 4-5 de precizie şi abateri de formă de $3 \div 5$ μm. Rugozitatea suprafețelor obținute prin acest procedeu este de R_a=0,4-0,025 μm.

Dezavantajele honuirii sunt următoarele:

- nu corectează poziția axei alezajului;
- performanțe limitate în cazul metalelor şi aliajelor neferoase.

Din punct de vedere al generării suprafețelor alezajele se obțin prin honuire cu directoare şi generatoare obținută pe cale cinematică, chiar dacă baretele abrazive sunt dispuse pe cerc (directoarea elementară, materializată pe hon, este arc de cerc) şi sunt rectilinii (generatoarea elementară, materializată pe hon, este o dreaptă).

4.11. Vibronetezirea

Vibronetezirea sau superfinisarea este un procedeu asemănător honuirii, recomandat pentru suprafețe de revoluție exterioare, având drept scop îmbunătățirea calității suprafeței, performanțele fiind de R_a=0,2 ÷ 0,01 μm.

Principiul de lucru al procedeului este arătat în figura 4.23.

Din figură se poate constata faptul că piesa execută o mişcare de rotație (v_p), dispozitivul de superfinisat o mişcare de avans (v_a), iar barele abrazive o mişcare vibratorie rectilinie-alternativă (v_v) de o anumită amplitudine şi frecvență.

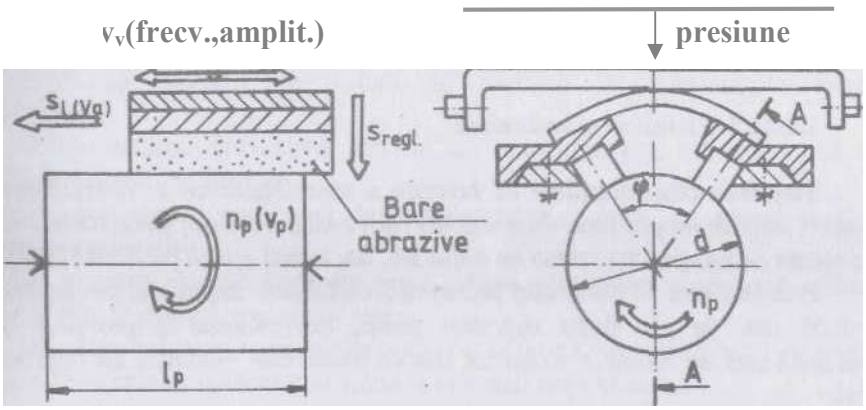


Fig. 4.23

Din punct de vedere al generării suprafețelor vibronetezirea se execută cu directoare cinematică şi generatoare materializată. Dacă generatoarea suprafeței de prelucrat este mai mare decât lungimea barei abrazive, atunci este nevoie de mişcarea de avans, v_a, caz în care generatoarea se obține pe cale cinematică, dar cu generatoare elementară (parțială) materializată pe scula aşchietoare.

4.12. Lepuirea (rodarea)

Lepuirea este prelucrarea prin abrazare ce utilizează paste abrazive sau lichide abrazive şi care are ca principiu de lucru mişcarea relativă, în prezența pastelor abrazive sau a lichidului abraziv, a unui disc de fontă (de regulă) față de suprafața de prelucrat Performanțele lepuirii constau în obținerea unei precizii dimensionale de 0,1 ÷ 0,5 μm, a unei rugozități de R_a≤0,02μm, precum şi eliminarea abaterilor de formă rămase de la prelucrările anterioare.

Lepuirea este utilizată cu scopul de a se mări rezistența la oboseală a organelor de maşini (rulmenți, elemente hidraulice, etc.) şi pentru mărirea durabilității sculelor aşchietoare sau a calibrelor. În cazul în care piesa- sculă se asamblează cu piesa de prelucrat, procedeul se numeşte **rodare** (ex., rodarea roților dințate).

Pentru realizarea suprafeţelor lepuite, din punct de vedere al generării suprafeţelor, generatoarea poate fi materializată, materializată parţial sau obţinută pe cale cinematică. Totodată, directoarea este obţinută pe cale cinematică sau poate fi şi materializată.

Lepuirea se poate executa pe maşini de lepuit, pe maşini-unelte clasice sau chiar manual.

4.13. Şlefuirea şi lustruirea

Şlefuirea este procedeul de netezire a suprafeţelor ce se realizează cu paste abrazive depuse pe periferia unor discuri din pâslă, bumbac, piele, hârtie, etc. aflate în mişcare de rotaţie, ca şi piesa de prelucrat, dar având viteze periferice diferite.

Prin lustruire se urmăreşte îmbunătăţirea calităţii suprafeţei prelucrate până la $R_{a=}$0,05 μm. Se pot şlefui suprafeţe plane, de revoluţie şi profilate. Mişcarea principală este de rotaţie a sculei, iar cea de avans este efectuată, de regulă, de către piesă.

Lustruirea reprezintă un procedeu de îmbunătăţire a calităţii suprafeţei, până R_a=0,02 μm, cu ajutorul unor benzi abrazive. Procedeul se recomandă pentru suprafeţe de revoluţie la care mişcarea principală este de rotaţie a piesei, iar mişcarea avans este efectuată de banda abrazivă; se pot lustrui însă şi suprafeţe plane.

Din punct de vedere al generării suprafeţelor, procedeele se încadrează, de regulă, în varianta cu generatoare materializată şi directoare obţinută cinematic.

Întrebări de verificare a cunoştinţelor:

1.Care sunt parametrii regimului de aşchiere în cadrul procedeului tehnologic de prelucrare prin strunjire?

2.Exemplificaţi tipurile de suprafeţe ce pot fi realizate prin strunjire.

3.Ce procedee de generare/prelucrare prin aşchiere cunoaşteţi?

4.Definiţi prelucrarea prin rabotare.

5.Care sunt parametrii cinematici de reglaj ai sistemului tehnologic de prelucrare prin rabotare?

6.Indicaţi, pe baza unei schiţe, principiul de lucru la mortezare.

7.Precizaţi parametrii regimului de aşchiere la burghiere.

8.Faceţi o comparaţie între lărgire si prelucrarea de teşire.

9.Definiţi procedeul de prelucrare denumit „alezare”.

10.Ce este broşarea?

11.Care sunt parametrii regimului de aşchiere la frezare?

12.Indicaţi tipurile de suprafeţe ce pot fi executate prin frezare.

13.Definiţi procedeul de generare prin aşchiere numit rectificare.

14.Care este principiul de lucru al honuirii?

15.Ce reprezintă şlefuirea şi lustruirea?

Bibliografie

1. Botez, E., ***Maşini-unelte,*** Vol.I., Editura Tehnică, Bucureşti, 1977.
2. Buzatu, C., Popa, I., Novac, Gh., ***Sisteme flexibile de prelucrare prin aşchiere***, Editura Tehnică, Bucureşti, 1993.
3. Cozmîncă, M., Panait, S., ***Bazele aşchierii***, Editura "Gh. Asachi", Iaşi, 1995.
4. Dițu, V., Roşca, D.M., ***Bazele generării suprafețelor şi scule aşchietoare,*** Editura Univ. Transilvania din Braşov, 2000.
5. Roşca D.M., ***Prelucrarea prin aşchiere şi abrazare***, Editura Univ. Transilvania din Braşov, 2005.
6. Roşca, D.M., ***Scule abrazive pentru construcția de maşini,*** Editura "Lux Libris", Braşov, 1995.
7. Secară, Gh., ***Aşchierea metalelor. Generarea suprafețelor prin aşchiere.***v Editura Univ. din Braşov, 1995.