

2. PRELUCRAREA SUPRAFETELOR PRIN RABOTARE

2.1. Particularitățile de bază ale rabotării

Rabotarea ca procedeu de prelucrare prin aşchiere se recomandă la prelucrarea de degroşare şi/sau semifinisare a suprafețelor plane sau profilate, de lungime mare şi înguste, orizontale sau verticale dispuse de obicei la exteriorul pieselor prismatice. Prin rabotare se prelucrează în general semifabricate cu adaosuri de prelucrare mari cum ar fi cele obținute prin turnare, forjare şi debitare cu flacără oxiacetilenică sau prin procedee de tăiere cu plasmă sau laser.

Prelucrarea prin rabotare se execută cu scule monodinte, numite cuțite de raboteză, cu tăişuri rectilinii sau curbilinii, care constau dintr-un corp prismatic şi o parte aşchietoare realizată din oţel rapid sau carburi metalice sinterizate (CMS). Maşinile utilizate se numesc maşini de rabotat transversal (şeping) şi maşini de rabotat longitudinal (raboteză). Aceste două tipuri de maşini-unelte sînt caracterizate prin aceea că asigură o mişcare principală rectilinie, efectuată în cicluri de curse duble (dus şi întors) din care numai una este activă, folosind mecanisme specifice, respectiv culisa oscilantă în cazul şepingului şi roată dinţată-cremalieră în cazul rabotezei.

Mişcarea principală rectilinie se obține prin transformarea unei mişcări cu traiectorie circulară cu ajutorul unor mecanisme specifice. Din această cauză, majoritatea lanțurilor cinematice principale, folosite în acest scop, sînt identice sau foarte asemănătoare lanțurilor cinematice principale pentru obținerea mişcării circulare, atît din punct de vedere structural, cît şi din punct de vedere constructiv.

Lanțurile cinematice principale pentru obținerea mişcării rectilinii sînt cele mai simple, deoarece domeniul de variație a vitezei de aşchiere, respectiv frecvența mişcării rectilinii, este relativ mic (12 — 70 m/min), sau 10 — 125 curse duble/min.

Mişcarea de avans se produce prin deplasări intermitente, alternînd cu cîte un ciclu al mişcării principale de aşchiere.

Rugozitatea suprafeței aşchiate este mare (minim 3,2 µm), iar precizia dimensională şi de formă se obține într-un cîmp larg, depinzînd şi de modul de generare a suprafeței de prelucrat şi natura materialului de prelucrat.

Ca urmare, rabotarea se utilizează la prelucrarea individuală şi serie mică şi cîteodată la producția de serie mare.

Prezența cursei de retragere a sculei din contact cu piesa şi re poziționarea acesteia la sfîrşitul fiecărei curse duble face ca acest procedeu să aibă productivitate redusă şi să fie folosit numai în acele situații cînd nu pot fi utilizate alte procedee de prelucrare.

Rabotarea suprafețelor

Generarea suprafețelor prin rabotare se execută conform metodei prezentate în fig.2.1. Curba directoare Δ , rectilinie, se obține cinematic ca traiectorie a punctului M de pe generatoare prin deplasarea planului generator, G , paralel cu el însăși sau a planului director, D , pe direcția mișcării rectilinii I , de viteză v . Generatoarea Γ poate fi materializată prin muchia așchietoare a sculei, în cazul suprafețelor de lățime mică sau a suprafețelor profilate (fig.2.1,b) și cinematică, ca traiectorie a unui punct, prin deplasarea planului director D sau generator G pe direcția mișcării II (fig.2.1,a).

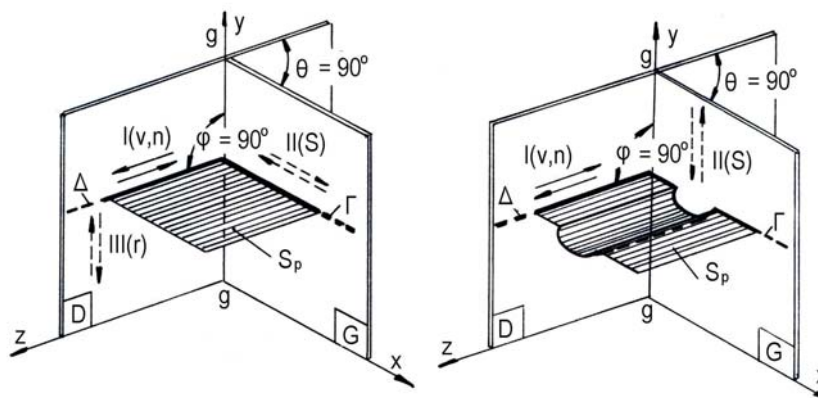


Fig.2.1. Variante de generare prin rabotare

Pentru re poziționarea curbei generatoare Γ în vederea obținerii formei finale a suprafeței S_p este necesară o mișcare intermitentă III , executată de planul director D sau planul generator G .

Planul generator G și planul director D formează între ele un unghi de 90° , iar curba directoare Δ este perpendiculară pe intersecția celor două plane. Curba generatoare Γ , în funcție de forma și dimensiunile piesei și de poziția în spațiu a suprafeței S_p , face un unghi oarecare cu intersecția celor două plane.

Având în vedere posibilitățile de realizare cinematică a suprafeței de prelucrat S_p s-au impus două variante constructive de mașini-unelte (tab.2.1):

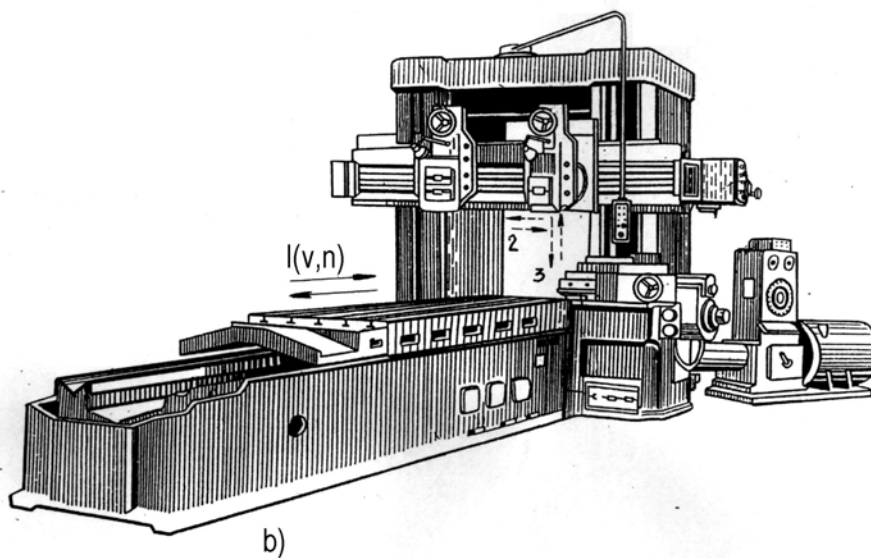
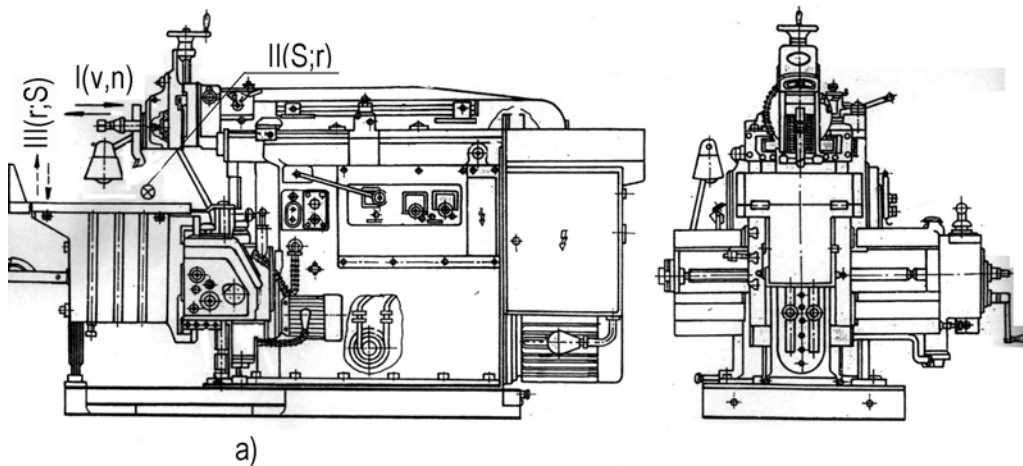
– **Mașina de rabotat longitudinal (raboteza)** la care mișcarea I este realizată de către masa portpiesă, iar mișcările II și III sînt executate de către scula așchietoare. Această mașină este folosită la prelucrarea suprafețelor de lungime mare ($\leq 12\ 000$ mm), dispuse pe piese cu dimensiuni mari și configurație complexă;

– **Mașina de rabotat transversal (șeping)** la care mișcarea I este realizată de către scula așchietoare, iar mișcările II și III sînt executate de către masa portpiesă. Uneori, una din mișcările II sau III poate fi executată prin deplasarea manuală a sculei.

După îndepărtarea unui strat de material de adîncime dată, cuțitul (la mașina de rabotat longitudinal și mașina de rabotat transversal) sau piesa (numai la mașina de rabotat transversal) execută avansul vertical, cu rol de avans de reglare, realizîndu-se și divizarea în adîncime a adaosului de prelucrare, pînă la atingerea cotei impuse de operația de prelucrare (degroșare sau finisare). Este întotdeauna recomandabil ca piesa să fie astfel

Bazele generării suprafețelor

poziționată pe masa mașinii-unelte, astfel încât dimensiunea cea mai mare a suprafeței de prelucrat să fie orientată pe direcția vectorului mișcării principale de așchiere



Tab 2.1 *Mașini de rabotat*

Caracteristicile cinematice ale rabotării. În timp ce mișcarea circulară se reproduce după o rotație, mișcarea principală rectilinie alternativă se reproduce după o cursă dublă. Mișcarea pe cele două curse ale unui ciclu, în afară de faptul că sînt de sens contrar, vitezele cu care se efectuează au mărimile determinate de criterii diferite, ceea ce face ca studiul lor să se facă diferențiat și realizarea acestora să necesite mecanisme

și chiar lanțuri cinematice diferite.

Pe durata uneia din cele două curse ale mișcării, are loc procesul de așchiere, cursa fiind denumită activă sau de lucru, în timp ce în cursa imediat următoare, procesul de așchiere nu mai are loc, cursa fiind denumită de înapoiere (sau rapidă), determinată de faptul că prin aceasta cursa se efectuează înapoierea sculei (sau a piesei) în poziție inițială pentru reluarea ciclului de lucru.

În timp ce în cursa de lucru, viteza acestei mișcări trebuie să corespundă vitezei de așchiere, deci legilor procesului de așchiere, în cursa de înapoiere, mărimea vitezei este condiționată de legile productivității, care cer ca timpul necesar fazei de înapoiere, fiind un timp auxiliar, să fie cât mai mic.

Productivitatea pe cursă dublă (sau ciclu cinematic) poate fi scrisă sub forma relației (2.1), în care: τ_c este timpul necesar unei curse duble; τ_{a-} este timpul consumat în cursa de lucru; τ_r este timpul necesar înapoierii. Este evident că productivitatea pe cursă dublă crește, dacă timpul necesar înapoierii scade. Notînd cu l lungimea cursei, cei doi timpi se vor exprima prin relațiile (2.2), în care v_r este viteza de înapoiere rapidă. Pentru ca τ_r să fie mai mic decît τ_{a-} , trebuie ca $v_r > v$, adică relația dintre cele două viteze se poate scrie ca fiind: $v_r = k \cdot v$, în care coeficientul de proporționalitate k este supraunitar.

$$P_{cl} = \frac{1}{\tau_c} = \frac{1}{(\tau_{as} + \tau_r)} \quad (2.1)$$

$$\tau_{as} = \frac{1}{v}; \tau_r = \frac{1}{v_r} \quad (2.2)$$

$$P_{cd} = \frac{k}{k+1} \cdot \frac{v}{l} \quad (2.3)$$

Ținînd seamă de acest coeficient, expresia productivității pe cursă dublă se obține cu relația 2.3. Cum dublarea, triplarea, etc. a vitezei de înapoiere rapidă, în raport cu viteza din cursa de lucru ridică probleme dificil de rezolvat în ceea ce privește fenomenul dinamic de inversare a sensului mișcării (frînare, oprire, accelerare), mărimea coeficientului k este limitată de efectele acestui fenomen.

Expresia productivității pe cursă dublă mai scoate în evidență că, pentru aceeași viteză de așchiere, productivitatea scade, la creșterea cursei de așchiere, ceea ce impune, pentru îmbunătățirea productivității, creșterea coeficientului k odată cu creșterea lui l , cerință dificil de realizat, după cum s-a menționat.

Un aspect aparte al mișcării rectilinii alternative este determinat de variabilitatea acesteia, impusă de faptul ca la capetele de cursă, în momentul inversării sensului mișcării, viteza este nulă.

2.2. Rabotarea suprafețelor simple

Variantele de prelucrare prin rabotare ale suprafețelor simple, cu generatoare materializată sau cinematică, sînt prezentate în fig.2.2.

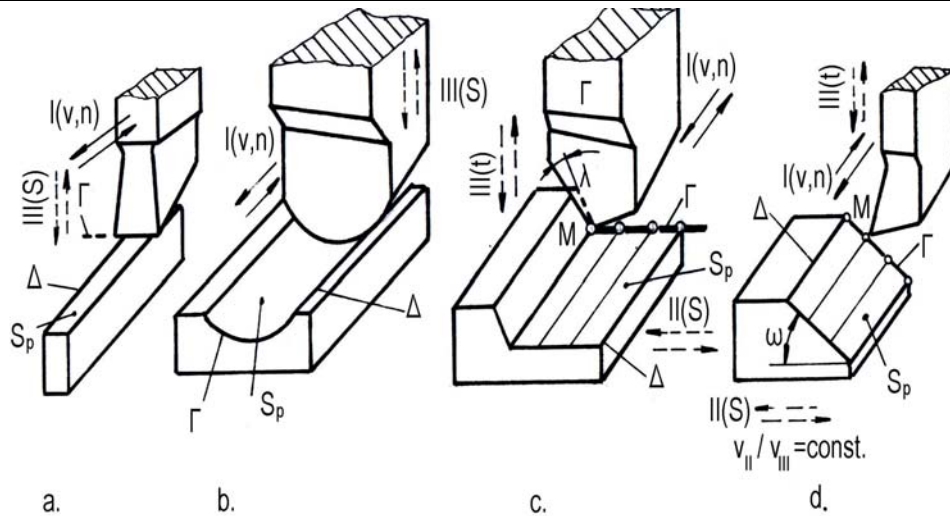


Fig.2.2 Procedee de prelucrare a suprafețelor simple

Astfel, în fig.2.2,a și b, generatoarea Γ , avînd forma oarecare, este materializată prin tășul sculei, iar directoarea Δ rectilinie este descrisă de un punct de pe tășul sculei (generatoare), care execută o *mişcare principală I*, rectilinie-alternativă, de viteză v . Mișcarea de translație *III*, intermitentă, asigură reglarea avansului de așchiere la o trecere a sculei.

Varianta de așchiere din fig.2.2,a corespunde cazului așchierii libere.

În fig.2.2,c și d, generatoarea Γ rectilinie se obține cinematic prin deplasarea vârfului sculei pe direcția mișcării *II* cu un avans intermitent S după fiecare cursă dublă a mișcării principale *I*. Pentru îndepărtarea adaosului de prelucrare scula, este re poziționată pe direcția mișcării *III* în vederea aducerii în așchiere a unui nou strat de material.

2.3. Rabotarea suprafețelor compuse

În cazul pieselor mărginite de o succesiune de suprafețe și dispuse sub anumite unghiuri se definesc suprafețele compuse, ale căror suprafețe componente se pot obține atât cu generatoare cinematică cât și cu generatoare materializată. Există și posibilitatea utilizării simultane a generatoarelor materializate și cinemate. Cele mai utilizate variante de prelucrare prin rabotare a unor suprafețe compuse sînt prezentate în fig.2.3.

În cazul prelucrării prin rabotare a suprafețelor semideschise (fig.2.3,a,b) se utilizează o generatoare materializată Γ_m , obținută prin materializare pe tăș, și o generatoare cinematică Γ_c obținută ca traiectorie a unui punct de pe tășul sculei, care primește la fiecare sfîrșit de ciclu (cursă dus-întors pe direcția mișcării *I*) o deplasare în direcția *II*.

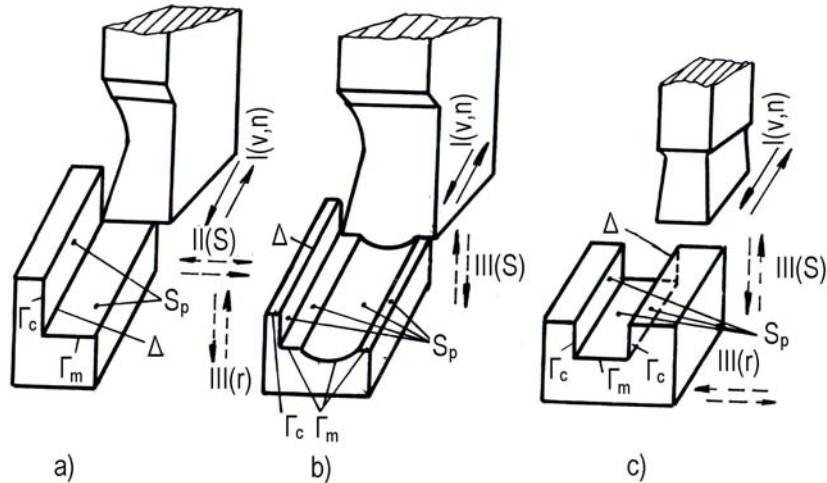


Fig.2.3. Rabotarea suprafețelor compuse

Pentru rabotarea canalelor și pentru retezare (fig.2.3,c) generatoarea materializată Γ_m poate fi curbilinie sau rectilinie de lungime mică. Generatoarea Γ_m parțial materializată se obține prin deplasarea piesei (la prelucrarea pe șeping) sau a sculei (la prelucrarea pe raboteză) pe direcția II. Generatoarele cinematice Γ_c se obțin ca traiectorie a vârfului sculei care se deplasează la fiecare cursă dus-întors a sculei / piesei în direcția III.

2.4. Construcția cuțitelor de raboteză

Cuțitul de raboteză este prevăzut cu un singur taiș principal și unul sau două tăișuri secundare a căror comportare la acțiunea fenomenelor specifice procesului de rabotare specifică tuturor sculelor pentru prelucrarea metalelor.

Cuțitele de raboteză au multe asemănări cu sculele utilizate la strunjire. Totuși construcția sculelor de raboteză este determinată și de particularitățile procesului de așchiere prin rabotare, anume:

- *contactul tăișului activ* cu materialul așchiat la fiecare cursă activă determină prezența unei succesiuni de șocuri care pot determina o intensă uzură a tăișului prin fărâmițare; acest fenomen poate fi atenuat printr-o orientare convenabilă a tăișului astfel încât contactul cu materialul așchiat se nu aibă loc în vârful tăișului sau pe muchii, ci la o anumită distanță de tăiș;

- *solicitarea la încovoiere* a corpului cuțitului sub acțiunea forței principale de așchiere F_z , ceea ce determină o pătrundere suplimentară a vârfului sculei în suprafața așchiată (fig.2.4);

- *repetarea procesului tranzitoriu* (vibrații) la fiecare cursă activă de pătrundere a sculei în materialul așchiat;

- *prezența cursei de retragere* a sculei din contact cu piesa avantajează

durabilitatea sculei;

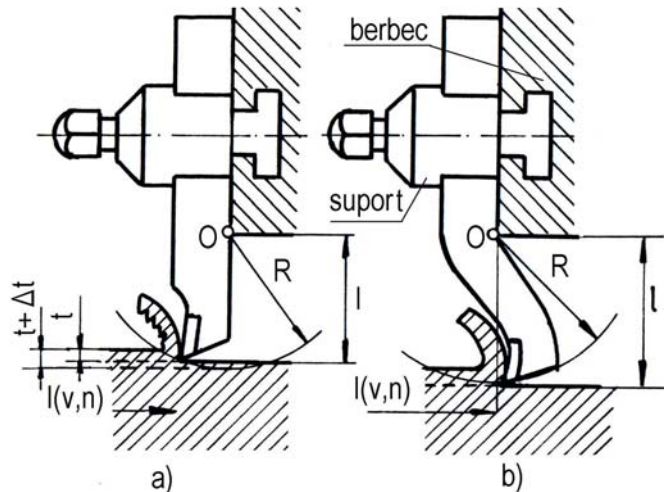


Fig. 2.4. Modul de lucru al cuțitului de raboteză

– forțe de inerție mari în subansamblele sistemului tehnologic MUSDP.

Cuțitele de raboteză cu axa cotită în profil, fig.2.4, astfel încât planul de bază constructiv care trece prin vârful cuțitului să se suprapună cu planul median al încastrării sau chiar să-l depășească, au cea mai mare răspîndire datorită faptului că deplasarea vârfului sculei după un arc de cerc nu determină înrăutățirea calității și preciziei suprafeței prelucrate.

În fig.2.5 sînt prezentate principalele tipuri constructive de cuțite utilizate la prelucrarea suprafețelor plane. Corpul sculei este prismatic, iar secțiunea este mai mare de $1,25 \div 1,5$ ori decît în cazul cuțitului de strung la aceeași valoare a ariei secțiunii transversale a așchiei ($t.S$). Această supradimensionare este impusă de solicitările la încovoiere și șocuri.

În ultimul timp pentru rabotarea carcaselor din fontă se recomandă cuțitul disc rotitor (fig.2.6). La varianta prezentată în fig.2.6,a, fața de degajare a sculei este realizată sub forma unei suprafețe conice exterioare, iar la a doua variantă (fig.2.6,b) suprafața de degajare este plană și deci mai avantajoasă pentru degajarea așchiei.

Pentru divizarea adaosului de prelucrare este utilizată soluția cu mai multe cuțite tip disc care se autorotesc (fig.2.7). Pe suportul 10 se prinde corpul 2 înclinat la unghiurile de 45° și β . Prin corpul 2 trece un bolț 1 pe care se montează un rulment axial 3 și cuțitele disc 7 decalate prin niște șaibe 6. Cuțitele și șaibe sînt fixate pe o piesă 5 cu ajutorul piuliței 9 și șaibei 8. În bucșa 5 este presată o a doua bucșă 4 din

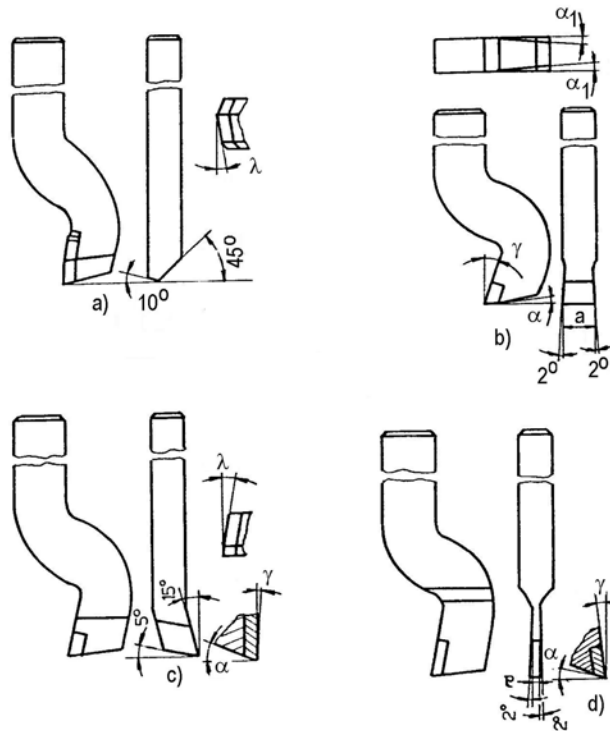


Fig.2.5 Principalele tipuri constructive de scule pentru rabotare

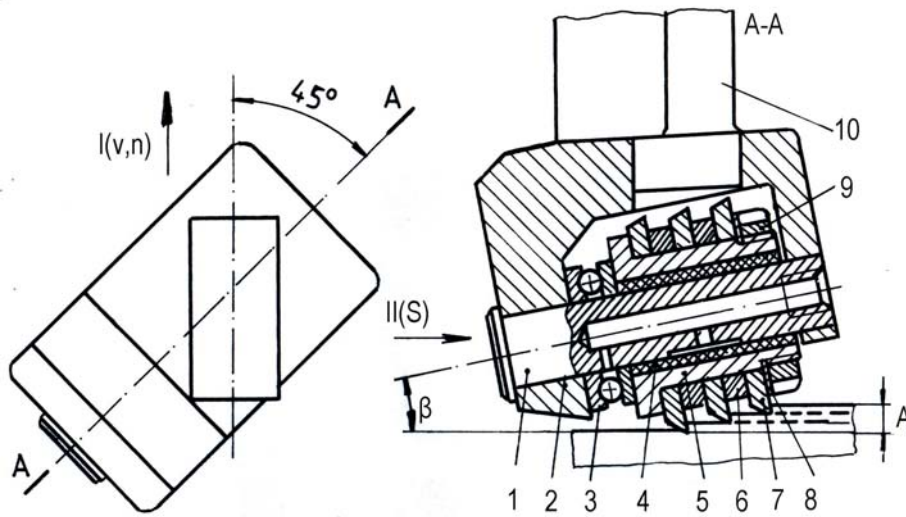


Fig. 2.7. Cuțit tip disc cu autorotire

textolit sau bronz grafitat. Pentru ungere se introduce ulei prin interiorul bolțului 1. În

absența vibrațiilor această sculă admite avansuri de $0,3 \div 3$ mm/cd.

Pentru alegerea parametrilor geometrici ai sculelor de raboteză trebuie să se țină seama de particularitățile prelucrării prin rabotare. Diminuarea efectelor procesului tranzitoriu se realizează prin alegerea *unghiului de degajare* $\gamma > 10^\circ \div 15^\circ$, la cuțitele de strung ($\gamma = -15^\circ \div + 25^\circ$), iar pentru mărirea rezistenței la șoc a vârfului sculei, $\lambda = 6^\circ \div 20^\circ$.

Unghiul de atac principal $\kappa = 30^\circ \div 75^\circ$, la sculele de degroșare; valorile mai mari ale unghiului de atac se adoptă la prelucrarea pieselor cu rigiditate mică. *Unghiul de atac secundar* $\kappa' = 0^\circ \div 15^\circ$ pentru cuțitele de degroșat și de colț, iar pentru sculele de canelat și retezat $\kappa' = 2^\circ \div 3^\circ$. Rabotarea de finisare se realizează cu scule care au $\kappa \approx 0^\circ$. Unghiul de așezare α capătă valori normale ($\alpha = 6^\circ \div 14^\circ$).

Partea așchietoare a sculelor de raboteză se poate executa din oțel rapid sau cu plăcuțe lipite din carburi metalice sinterizate (CMS) mărcile K10, K40, K50, P10, P40 sau orice carbură metalică care se comportă bine la șoc. Sculele armate cu carburi metalice sinterizate sînt folosite, în primul rînd, la rabotarea semifabricatelor din fontă și bronz. Plăcuța așchietoare se lipește fie pe fața de așezare, fie pe fața de degajare. Ele pot fi utilizate și la prelucrarea oțelului dacă pe fața de așezare se execută o fațetă la $\alpha_f = 0^\circ$ și de lățime $f \approx 0,1 \div 0,2$ mm, iar raza de rotunjire a muchiei așchietoare (raza de ascuțire) $\rho \approx 0,4a$, unde a , grosimea așchiei.

2.5. Parametrii regimului de așchiere

Conform fig.2.8,a la rabotare, în cazul prelucrării cu generatoare materializată, adîncimea de așchiere t reprezintă lungimea muchiei așchietoare active, iar avansul de așchiere S , mm/cd, se măsoară pe direcția normalei la traiectoria mișcării principale și reprezintă deplasarea sculei pe această direcție după fiecare cursă dublă.

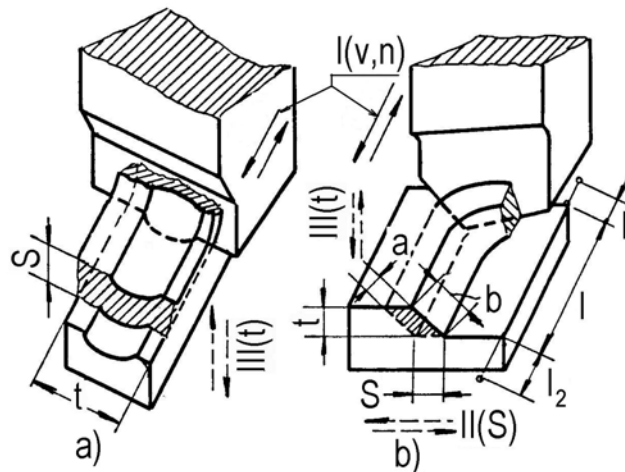


Fig.2.8. Definierea parametrilor regimului de așchiere la rabotare

În cazul rabotării cu generatoare cinematică, fig.2.8,b, *adîncimea de așchiere* (t) este dată de grosimea materialului înlăturat la o trecere, este măsurată pe normala la traiectoria mișcării principale, iar *avansul de așchiere* (S) reprezintă deplasarea sculei pe direcția mișcării II la fiecare cursă activă.

Adîncimea de așchiere pentru prelucrările de finisare se adoptă egală cu adaosul de prelucrare intermediar calculat sau ales, rotunjit la o mărime realizabilă prin reglarea mașinilor-unelte, avînd în vedere totodată asigurarea condițiilor de precizie și de rugozitate impuse.

Pe de altă parte, *adîncimea de așchiere* (t) în mm, și *avansul* (S) în mm/cd, se stabilesc astfel încît aria secțiunii așchiei $t.S$ să fie mai mică decît aria secțiunii admise de rezistența mecanică a elementelor sistemului tehnologic *MUSDP*.

La rabotarea pe mașinile de rabotat acționate mecanic viteza mișcării active fiind variabilă, cu un maximum spre mijlocul cursei, viteza efectivă este mai mare decît aceea care rezultă din relația (2.4), ceea ce determină o solicitare la uzură mai mare. În relația (2.4) l este lungimea cursei active, în mm; n reprezintă numărul de curse duble pe minut; $k=v_r/v$ este raportul dintre viteza de deplasare la cursa de întoarcere și la cursa de lucru; obișnuit, $k=1,3 \div 1,5$.

$$v_{med} = \frac{1 \cdot n_{cd} (1 + k)}{1000 \cdot k} \text{ [m/min]} \quad (2.4)$$

Lungimea cursei active se stabilește cu relația $l=l_1 + l_p + l_2$ în care l_p reprezintă lungimea suprafeței de prelucrat, în mm, iar l_1 și l_2 sînt distanțele necesare intrării și ieșirii sculei în/din contact cu piesa. La prelucrarea pe șeping $l_1 + l_2 = (35 \div 75)$ mm, iar la prelucrarea pe mașini de rabotat longitudinal $l_1 + l_2 = (200 \div 475)$ mm.

În cazul rabotezelor, viteza de așchiere este dată de viteza de deplasare a mesei mașinii-unelte, conform rel.(2.5), în care D este diametrul roții dințate de antrenare a mesei; n este frecvența de rotire a ultimului element din cupla cinematică roată dințată cremalieră, în rot/min.

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}, \text{ [m/min]} \quad (2.5)$$

Viteza optimă de așchiere (admisă de scula așchietoare) pentru rabotare se determină cu relația (2.6), în care constantele C_v , k_1 , k_2, \dots, k_{14} și exponenții m , x_v , y_v și n_v se aleg din tabele în funcție de condițiile de lucru [1,16,36, 46, 56, 65]. Prin calcul se obțin pentru viteza de așchiere valori cuprinse între $12 \div 75$ m/min.

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot S^{y_v} \cdot \left(\frac{HB}{200}\right)^{n_v}} k_1 \cdot k_2 \cdots k_{14}, \text{ [m/min]} \quad (2.6)$$

Pentru reglarea șepingului / rabotezei se calculează numărul de curse duble pe minut (n) cu ajutorul relațiilor (2.4 și 2.5) prin înlocuirea vitezei de așchiere v obținută cu relația (2.6).

2.6. Forțele și puterea de așchiere

La prelucrarea suprafețelor prin rabotare, forțele de așchiere se pot calcula cu relațiile (2.7), în care constantele C_{F_i} , k_{F_i} și exponenții x_{F_i} , y_{F_i} capătă valori în funcție de materialul așchiat și de particularitățile diferitelor variante de prelucrare.

$$F_i = C_{F_i} \cdot t^{x_{F_i}} \cdot S^{y_{F_i}} \cdot k_{F_i}, [N], i=z, x, y \quad (2.7)$$

Puterea consumată în procesul de așchiere se determină cu relația (2.8), iar puterea electromotorului de acționare a lanțului cinematic al mișcării principale se determină cu relația (2.9), unde η_{lc} este randamentul lanțului cinematic, iar k_s reprezintă un coeficient de siguranță ce ține seama de eventualele suprasarcini care apar în timpul funcționării mașinii-unelte, de obicei ($k_s = 1,3 \div 1,5$).

$$N_a = \frac{F_z \cdot v}{60 \cdot 10^3 \cdot \eta_{lc}}, [kW] \quad (2.8)$$

$$N_m = \frac{F_z \cdot v \cdot k_s}{60 \cdot 10^3 \cdot \eta_{lc}}, [kW] \quad (2.9)$$

3. PRELUCRAREA SUPRAFETELOR PRIN MORTEZARE

3.1. Particularitățile de bază ale mortezării

Mortezarea este utilizată la prelucrarea de degroșare și semifinisare la producția individuală sau serie mică a suprafețelor interioare sau exterioare cu profil relativ simplu și este caracterizată prin următoarele:

– folosește ***ca scule cuțite de morteză***, respectiv scule alcătuite dintr-un corp prismatic sau cilindric și o parte activă cu cel puțin două tăișuri (unul principal și unul sau doua tăișuri secundare);

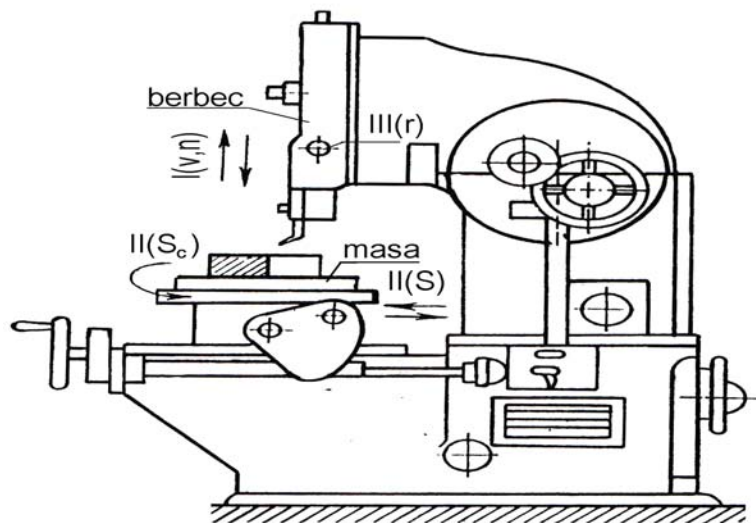


Fig.3.1. Construcția mașinii de mortezat

– folosește ***ca mașini-unelte mașini de mortezat*** sau morteze (fig.3.1) , la care mișcarea principală se execută pe direcție verticală de către cuțitul purtat de un berbec mobil după o mișcare rectilinie-alternativă, piesa fiind fixată pe o masă fără mișcare în timpul cursei de lucru;

– ***mișcarea principală de așchiere este o mișcare rectilinie alternativă***, efectuată

în cicluri de curse duble din care numai o cursă este activă (fig.3.1);

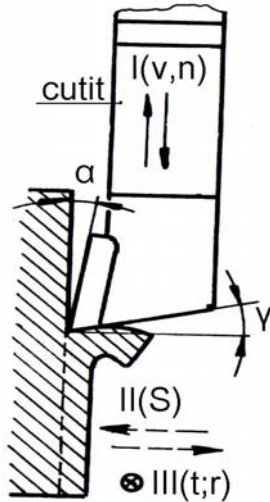


Fig.3.1. Principiul de lucru al cuțitului de raboteză

– mișcarea de avans necesară generării suprafeței, prin repetarea ciclului de aşchiere, se produce **prin deplasări intermitente**, alternând cu câte un ciclu al mișcării principale;

– la mortezare *contactul sculei* cu adaosul de prelucrare, la fiecare început de cursă activă, **produce un șoc pe tăișul sculei**, astfel încât corpul său este expus la flambaj;

– *rugozitatea suprafeței* prelucrate variază între $3,2 \mu\text{m}$ și $12 \mu\text{m}$ funcție de mărirea avansului și geometria sculei;

– **precizia** prelucrării se încadrează în clasele 9-11 ISO.

Mortezarea se realizează după metodele de generare din fig.3.2. Generatoarea I , rectilinie sau curbilinie, poate fi materializată prin muchia aşchietoare a sculei, în cazul suprafețelor de lățime mică sau a suprafețelor profilate, sau poate fi obținută cinematic ca traiectorie rectilinie a unui punct în cazul suprafețelor plane și ca traiectorie curbilinie a unui punct în cazul suprafețelor curbe riglate. Mișcarea pentru descrierea curbei generatoare se realizează prin deplasarea intermitentă pe direcția mișcării II după fiecare ciclu al mișcării principale de aşchiere I . Curba directoare Δ , totdeauna rectilinie, se obține cinematic ca traiectorie a punctului M de pe generatoare, prin deplasarea planului generator G paralel cu el însuși pe direcția mișcării I , efectuată în ciclul de curse duble. Pentru re poziționarea genera-toarei, planul D se deplasează intermitent prin mișcarea III .

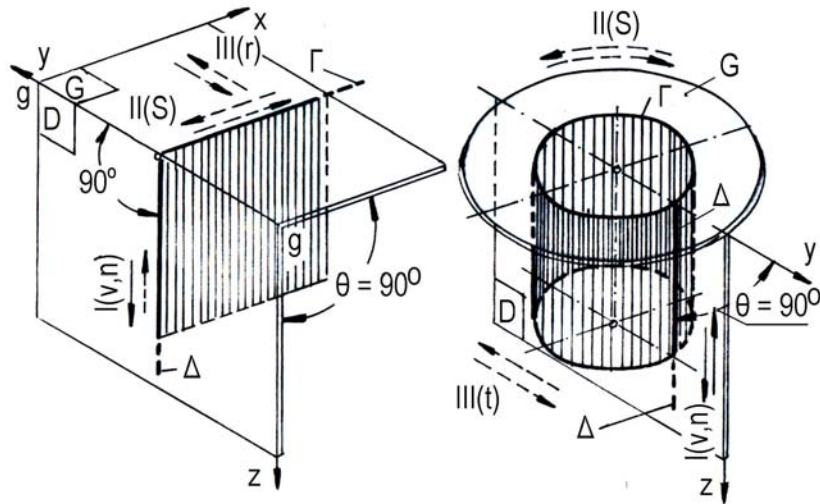


Fig.3.2 Generarea suprafețelor prin mortezare

Planele generator G și director D sînt perpendiculare, iar curba directoare Δ este perpendiculară pe intersecția celor două plane.

3.2. Mortezarea suprafețelor simple

Variantele de prelucrare prin mortezare a suprafețelor simple sînt prezentate în fig.3.3. Astfel în fig.3.3,a și b generatoarea Γ de formă oarecare este materializată prin tăișul sculei, iar directoarea Δ este rectilinie și descrisă de un punct de pe tăișul sculei care execută o mișcare principală rectilinie, efectuată în ciclurile cursei duble, pe direcția I .

Pentru îndepărtarea adaosului de prelucrare, în vederea repetării ciclului de așchiere, piesa primește o mișcare intermitentă II pentru obținerea mărimii avansului de așchiere. În vederea reglării poziției sculei față de piesă este necesară mișcarea III .

În fig.3.3,c,d,e, generatoarea Γ este cinematică, obținută ca traiectorie a vârfului sculei care se deplasează intermitent, prin repetarea ciclului de așchiere, pe direcția mișcării II cu avansul S , exprimat în mm/cd. Mișcarea intermitentă poate fi rectilinie în cazul suprafețelor plane (fig.3.3,c și d) sau curbilinie în cazul suprafețelor circulare (fig.3.3,e).

Pentru îndepărtarea adaosului de prelucrare, piesa primește, odată pentru toată trecerea, o deplasare III , egală cu adîncimea de așchiere t , în sensul pătrunderii în adaosul de prelucrare pentru realizarea cotei finale a suprafeței de prelucrat.

3.3. *Mortezarea suprafețelor compuse (canale)*

Pentru prelucrarea suprafețelor compuse (canale de pană, caneluri) se folosesc variantele de prelucrare din fig.3.4. Forma suprafeței este obținută dintr-un număr de genera- toare cinematice și materializate. De obicei, generatoarea materializată Γ_m (de lățime mică și formă simplă) se obține prin materializare direct pe muchia așchietoare a sculei. În acest caz, pentru îndepărtarea adaosului de prelucrare are loc deplasarea intermitentă pe direcția mișcării II a generatoarei materializate Γ_m . Mișcarea de avans II este totdeauna o mișcare rectilinie necesară și pentru obținerea celor două generatoare cinematice Γ_c ca traiectorii ale punctelor care materializează vârful sculei.

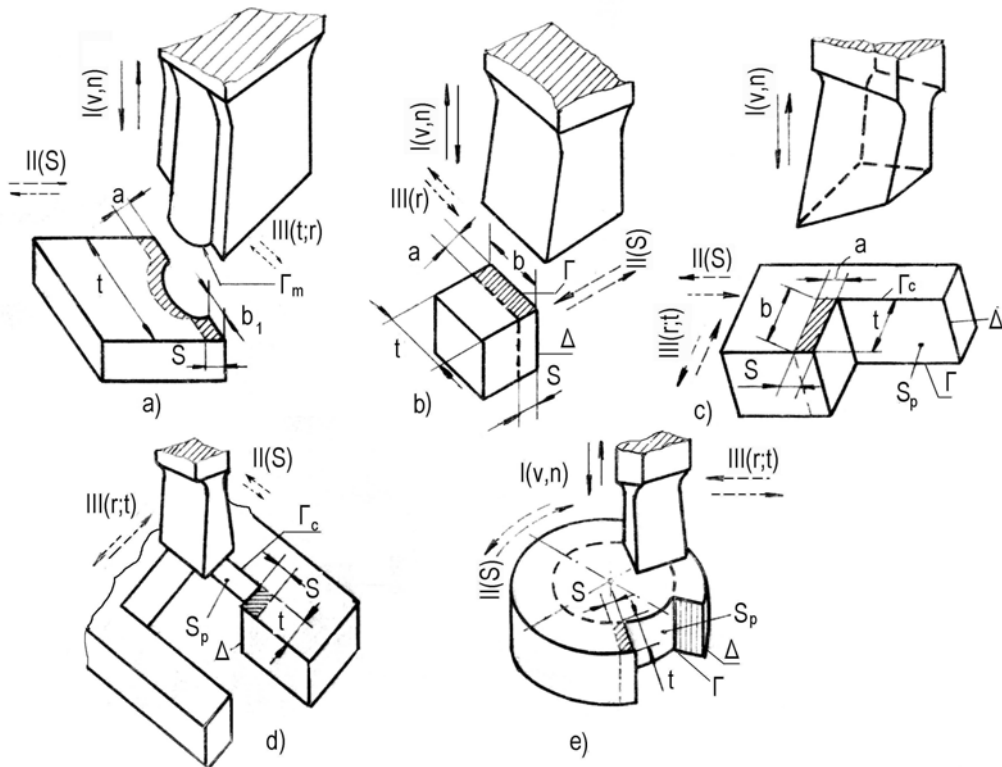


Fig. 3.3 Variante de prelucrare prin mortezare a suprafețelor simple

Mișcarea principală I , rectilinie-alternativă de viteză v , este efectuată de către cuțitul de mortezat purtat de un berbec mobil.

Înainte de mortezării piesa primește, o dată pentru totdeauna, o deplasare unică de

reglare-poziționare pe direcția mișcării III cu scopul de a aduce tăișul sculei simetric față de o axă de simetrie a piesei sau față de o suprafață indicată pe desenul de execuție.

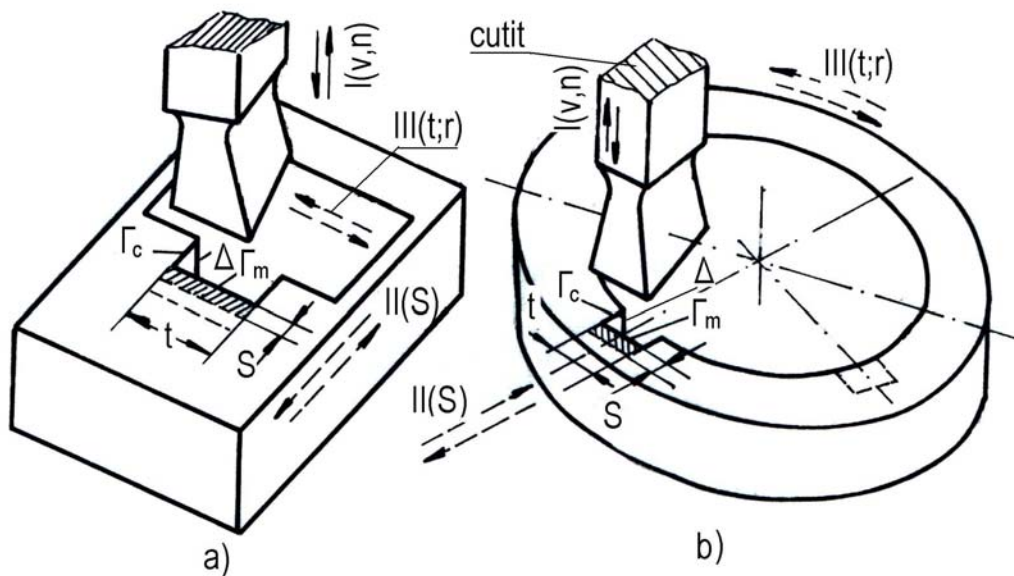


Fig.3.4. Variante de prelucrare a suprafețelor compuse

De asemenea, pe masa mașinilor de mortezat se pot monta mese divizoare pentru mortezarea prin divizare, la valori date ale pasului unghiular, a unor suprafețe elementare identice. În acest caz, după un număr corespunzător de cicluri de așchiere, în care are loc prin avans de generare, prelucrarea unei suprafețe elementare, se produce avansul de divizare pentru trecerea la mortezarea următoarei suprafețe elementare.

3.4. Construcția cuțitelor de morteză

Cuțitele de morteză au o construcție specifică datorită particularităților procesului de așchiere, anume:

- solicitarea la flambaj a cuțitului sub acțiunea forței F_z ;
- respingerea tăișului sculei datorită forței F_y , care provoacă încovoierea sculei, ceea ce conduce la reducerea grosimii așchiei;
- pătrunderea sculei în material se realizează cu șoc.

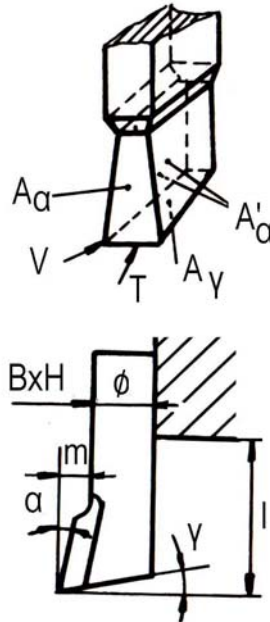


Fig.3.5 Construcția cuțitului de morteză

Elementele constructive ale cuțitului de morteză sînt prezentate în fig.3.5, iar în fig.3.6 sînt prezentate două construcții de cuțite, anume: cuțit normal de mortezat (fig.3.6,a) și cuțit pentru canale de pană (fig.3.6,b). Cuțitul de morteză se deosebește de cuțitul de strung și raboteză prin faptul că tăișul este deplasat cu mărimea m față de coada sculei în scopul realizării suprafeței de așezare și înlăturării frecărilor cu suprafața generată și se află în con- solă cu mărimea l în funcție de dimensiunile suprafeței. Mărimea m este funcție de tipul cuțitului, anume: la cuțitele pentru canelat $m = 4 \div 13$ mm, la cuțitele pentru canale de pană $m = 2 \div 8$ mm, la cuțitele bilaterale pentru prelucrarea profilelor plane $m = 4 \div 10$ mm.

Cuțitul de mortezat are corpul său dezvoltat în direcția verticală a mișcării principale. Ca urmare, pe de o parte, cuțitele de mortezat sînt mai suple decît cele de rabotat, iar pe de altă parte, pot fi prelucrate suprafețe mai greu accesibile.

Parametrii geometrici constructivi capătă următoarele valori: $\alpha = 8^\circ \div 12^\circ$; $\alpha_1 = 2^\circ \div 5^\circ$; $\gamma = 12^\circ \div 16^\circ$; $\kappa = 45^\circ \div 90^\circ$; $\kappa_1 = 5^\circ \div 12^\circ$. În general, partea așchietoare se execută din oțel rapid, iar coada (corpul) se execută din oțeluri carbon de calitate sau oțeluri inferior aliate.

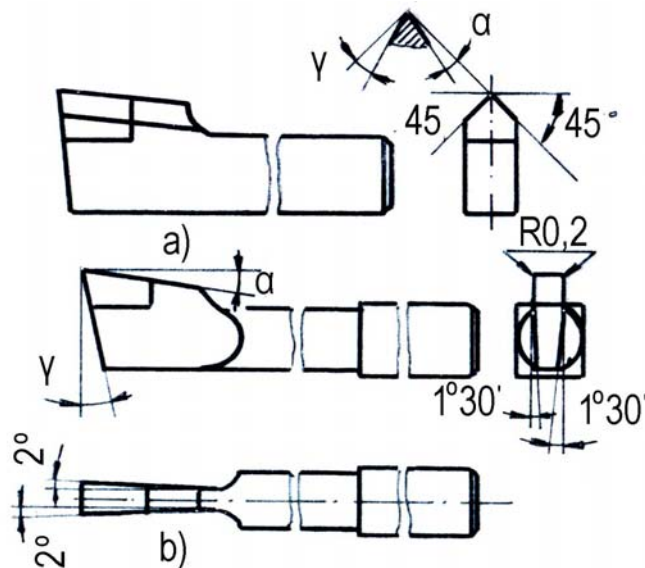


Fig.3.6.Cuțite de morteză

3.5. Parametrii regimului de aşchiere

Parametrii regimului de aşchiere la mortezare au valori apropiate, dar ceva mai reduse decât cele corespunzătoare rabotării transversale. Adoptarea unor valori mai reduse ale parametrilor regimului de aşchiere la mortezare este impusă, pe de o parte, de construcția, în general, mai suplă a cuțitelor de mortezat și, pe de altă parte, de direcția verticală a mișcării principale. La mortezare forța de inerție la capătul cursei active se însumează cu greutatea berbecului și pentru a limita valoarea forței de aşchiere se aleg accelerații mai reduse și, implicit, viteze de aşchiere mai reduse.

Adâncimea de aşchiere și numărul de treceri. Adâncimea de aşchiere t la mortezare se stabilește pe baza considerentelor din literatură. Valoarea minimă a adâncimii este $t_{min} = 0,15 \div 0,3$ mm. Adâncimea de aşchiere la mortezarea de degroșare se alege la valori cu 10÷15 % mai mici decât la rabotarea de degroșare pe șepinguri, iar la operația de finisare adâncimea se alege egală cu adaosul intermediar pentru finisare care se stabilește din condiția realizării rugozității și preciziei impuse de desenul piesei.

Stabilirea avansului. Avansul la mortezare se stabilește după criteriile prezentate în [1, 16, 36, 46, 56, 65]. Valoarea minimă a avansului la mortezare este $S_{min} = 0,04 \div 0,06$ mm/cd, valoare sub care, datorită grosimii foarte mici a aşchiei, poate să se producă înlocuirea aşchierii propriu-zise printr-o tasare locală a materialului.

Viteza principal de aşchiere. Viteza principală de aşchiere este, ca și la rabotare,

variabilă pe lungimea cursei de lucru. Valoarea medie a vitezei de așchiere se calculează cu ajutorul relației (3.1), în care n_{cd} este numărul de curse duble pe minut efectuate de mișcarea principală, $k = v_r / v$, iar l este lungimea cursei în mm. Întrucît la majoritatea mașinilor de mortezat acționate mecanic, translația rectilinie-alternativă se realizează cu ajutorul unor mecanisme bielă-manivelă sau cu excentric, coeficientul de proporționalitate $k=1,0 \div 1,6$. Ca urmare, valoarea economica a vitezei principale de așchiere la mortezare este mai redusă decît cea de la rabotare, anume $v \approx 10 \div 25$ m/min.

$$v = \frac{l \cdot n_{cd}}{1000} \left(1 + \frac{1}{k}\right), \text{ [m/min]} \quad (3.1)$$

Experimental s-a dedus ca viteza de așchiere economică la mortezarea canalelor de pană în piese din oțel cu $R_m = 650$ MPa se determină cu relația (3.2), iar la prelucrarea fontei cu duritatea $HB = 1900$ MPa se utilizează relația (3.3), în care K_v este un coeficient global de corecție a vitezei principale de așchiere care ține seama de durabilitatea sculei, materialul așchiat, geometria sculei așchietoare, mărimea uzurii etc.

Numărului de curse duble pe minut., n_{cd} se calculează din relația (3.4).

$$v = \frac{19,2}{T^{0,25} \cdot S^{0,66}} k_v \quad (3.2)$$

$$v = \frac{18,5}{T^{0,15} \cdot S^{0,4}} k_v \quad (3.3)$$

$$n_{cd} = \frac{1000 \cdot v \cdot k}{l(1+k)}, \text{ [cd/min]} \quad (3.4)$$

3.6. Forțele și puterea de așchiere

Componentele forței de așchiere la mortezare sînt definite asemănător rabotării și strunjirii. Există totuși o deosebire, anume:

– componenta forței de așchiere pe direcția F_y care soliciță la încovoiere cuțitul de mortezat și suportul acestuia, determinînd, într-o primă etapă, apariția unor abateri dimensionale și de formă geometrică ale suprafeței prelucrate și, într-o a doua etapă, ruperea cuțitului. De aceea, componenta F_y se stabilește cu relația: $F_y = (0,3 \div 0,4) F_z$;

– pe direcția axei z apare o componentă dinamică ΔF_z a forței principale datorita particularităților procesului de mortezare; Componenta relația $\Delta F_z = (0,1 \div 0,7) F_z$.

Puterea necesară mortezării și puterea motorului electric al lanțului cinematic principal se determină pe baza relațiilor (2.8) și (2.9) din cap.2 “Prelucrarea suprafețelor prin rabotare”.

Pentru calculul puterii de așchiere în literatură sînt prezentate și alte relații. De

Rabotarea suprafețelor

exemplu, la mortezarea suprafețelor plane cu scule din oțel rapid, la prelucrarea oțelului cu rezistența $R_m = 650$ MPa se utilizează relația (3.5), în care K_N este un coeficient de corecție care ține seama de mărimea vitezei de așchiere și proprietățile fizico-mecanice ale materialului așchiat, obișnuit $K_N = 0,9 \div 1,15$.

$$N_a = 0,444 \cdot t^{0,75} S^{0,35} \cdot K_N, [\text{kW}] \quad (3.5)$$

7. PRELUCRAREA SUPRAFETELOR PRIN BROȘARE

7.1. Particularitățile de bază ale broșării

Broșarea este o prelucrare prin așchiere la care se asigură productivitate maximă și precizie ridicată pentru forma și dimensiunile suprafeței prelucrate. Ea este folosită pentru prelucrarea finală a alezajelor străpunse, a canalelor cu forme diferite, a tuturor profilelor interioare sau exterioare, a danturii unor roți dințate. Prin broșare se obțin rugozități $R_a \approx 0,2 \div 0,8 \mu\text{m}$ și precizii dimensionale corespunzătoare claselor 5-7 de precizie ISO.

După criteriul productivității prelucrării prin așchiere, broșarea se situează pe primul loc în comparație cu celelalte procedee de prelucrare. Astfel, la prelucrarea suprafețelor prin broșare se realizează o productivitate de 15÷35 ori mai mare decât la rabotare sau mortezare, de 5÷10 ori mai mare decât la frezare, iar la prelucrarea alezajelor de 10÷25 ori mai mare decât la prelucrarea cu alezorul.

La prelucrarea prin broșare transformarea în așchii a adaosului de material se realizează la o singură trecere a sculei. Funcție de lungimea suprafeței piesei, la așchiere participă simultan mai mulți dinți de raboteză sau morteză, ceea ce face ca broșarea să devină cel mai productiv procedeu de prelucrare prin așchiere.

Broșarea ca procedeu de prelucrare face parte din categoria metodelor de generare cu generatoare materializată. Din fig.7.1 rezultă că suprafața S_p se obține cu ajutorul unei generatoare Γ , cu forme diferite, materializată prin muchiile așchietoare ale sculei, care execută o *mişcare principală* rectilinie (fig.7.1,a), circulară (fig.7.1,b) sau elicoidală (fig.7.1,c) de viteză v pe direcția directoarei cinematice Δ de formă rectilinie, circulară sau elicoidală.

Pentru transformarea întregului adaos de prelucrare în așchii, pe un corp de formă prismatică sau circulară se montează o succesiune de cuțite de rabotare sau de mortezare rezultând o sculă numită *broșă*. Fiecărui dinte i se rezervă o parte S_d din adaosul de prelucrare în cursul unei singure mișcări relative a sculei față de piesa semifabricat. Deoarece un număr mare de dinți ai broșei îndepărtează la o cursă întreg adaosul de prelucrare în straturi succesive de secțiune $S_d \cdot b$ rezultă că are loc o suprapunere a operațiilor de prelucrare (degroșare + finisare + calibrare + ecrusare).

Clasificarea broșelor poate fi făcută după mai multe criterii. Astfel, după *natura mișcării principale*, broșele se împart în:

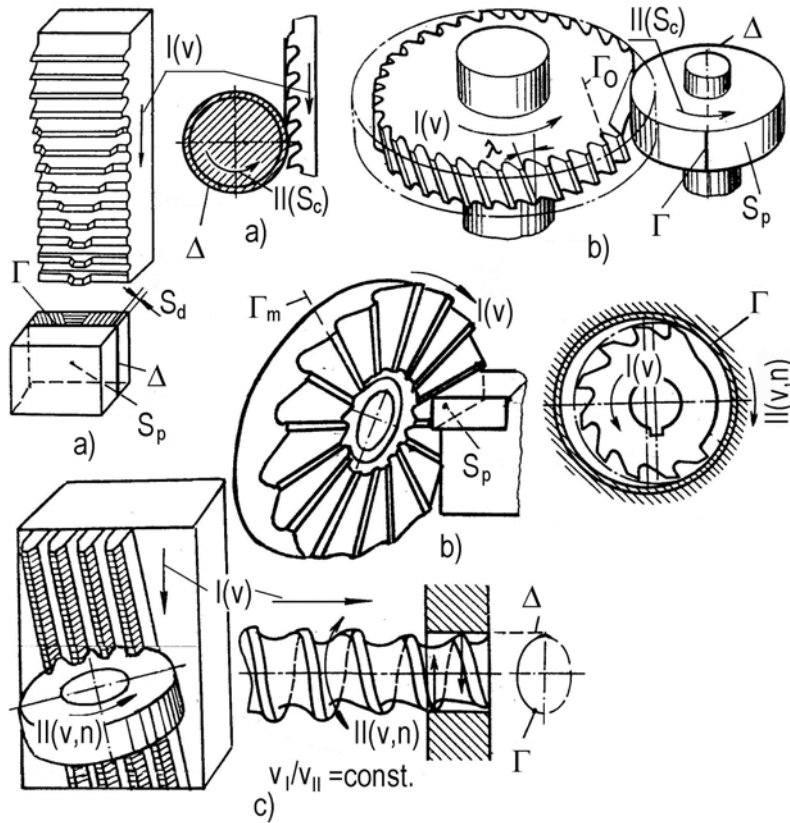


Fig.7.1 Prelucrarea suprafețelor prin broșare

- broșe cu mișcare principală rectilinie (fig.7.2,a,b);
- broșe cu mișcare principală de rotație (fig.7.2,c).

După modul de aplicare a forței de broșare și după solicitarea corpului broșei se pot distinge:

- broșe solicate la tracțiune (fig.7.2,a,c) care lucrează prin tragere;
- broșe solicate la compresiune (fig.7.2,b), care lucrează totdeauna prin împingere.

După felulul prelucrării, respectiv după tipul suprafeței de prelucrat se deosebesc:

- broșe pentru prelucrări interioare, care lucrează prin tragere, prin împingere sau prin rotire;
- broșe pentru prelucrări exterioare.

Mașina de broșat este una din cele mai simple mașini-unelte din punct de vedere cinematic, deoarece asigură numai mișcarea principală de așchiere, iar mișcările de avans sînt înlocuite prin forma, dimensiunile și poziția dinților pe corpul broșei. În fig.7.3 sînt prezentate cîteva modele reprezentative de mașini de broșat.

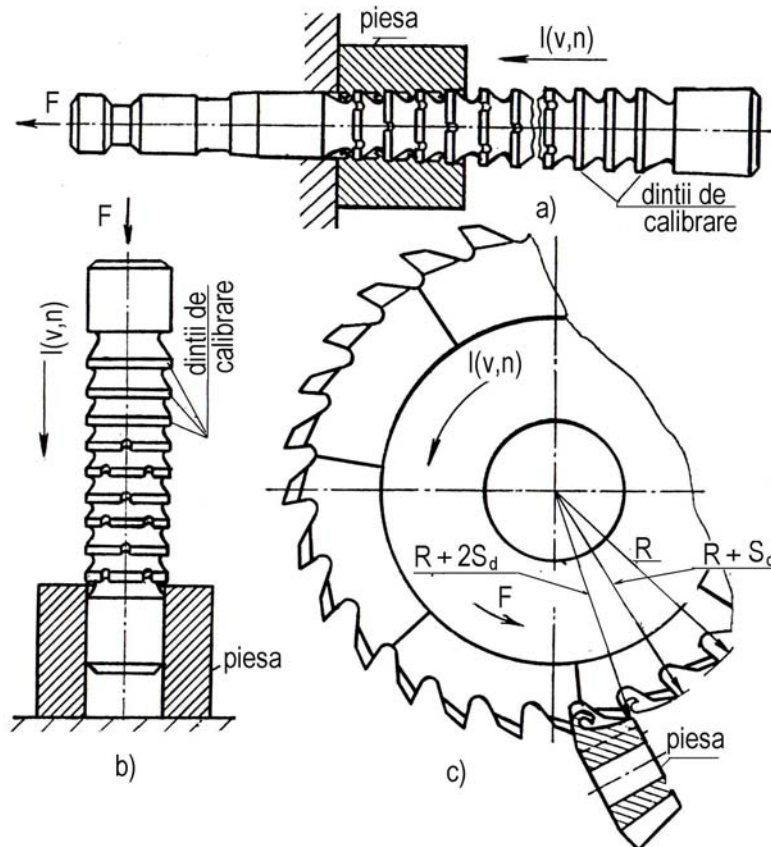


Fig.7.2 Soluții constructive de scule pentru broșare

7.2. Particularitățile constructive ale broșei

Grosimea așchiei la broșare este foarte mică ($a = 0,01 \div 0,02$ mm pentru dinții de finisare și $0,3 \div 1,2$ mm pentru dinții de degroșare) ceea ce face, pe de o parte, să crească rolul relativ al razei de rotunjire a tăișului (raza de rotunjire este cuprinsă în domeniu $0,008 \div 0,025$ mm), iar pe de altă parte, datorită valorii mici a raportului a/b și a vitezei de așchiere ($v = 6 \div 8$ m/min pentru mașini de broșat echipate cu motoare puternice și $v = 15 \div 18$ m/min pentru celelalte mașini), procesul de așchiere are loc cu deformații plastice intense și cu vibrații. Ca urmare, la broșare trebuie să se utilizeze medii de așchiere cu proprietăți foarte bune de ungere (petrol, ulei, motorină etc.).

Așchia se degajă într-un spațiu închis (fig.7.4) neexistând nici o posibilitate de evacuare a acesteia, în timp ce dintele așchiază. Capacitatea de așchiere a broșei depinde și de dimensiunile canalului pentru cuprinderea și evacuarea așchiilor (fig.7.5).

Dimensiunile canalelor închise trebuie să fie de așa natură, încât să poată

Rabotarea suprafețelor

cuprinde volumul de așchii degajat la cursa activă a dintelui. Condiția esențială pe care trebuie să o îndeplinească canalul pentru așchii este ca volumul V al canalului să fie de k ori mai mare decât volumul V_a al așchiei deformate. Coeficientul k (coeficient de afinare) se calculează cu rel. (7.1), în care A este secțiunea axială a canalului pentru așchii, l_p este lungimea de broșat, S_d este grosimea așchiei ridicată de un dinte egală cu avansul pe dinte, B este lățimea de broșare.

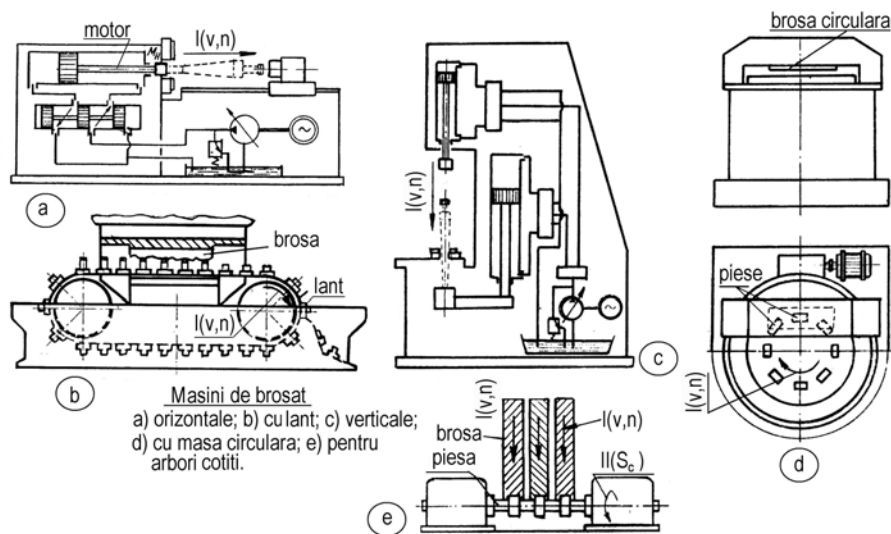


Fig.7.3 Mașini de broșat

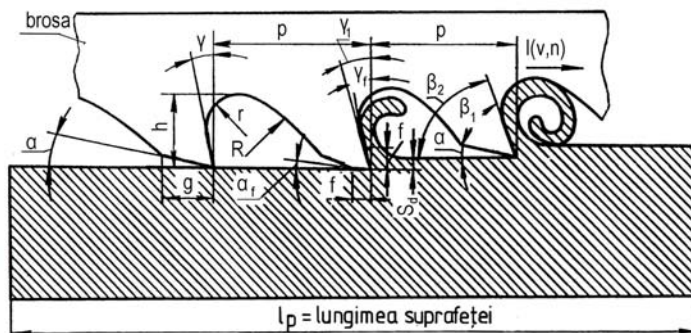


Fig.7.4 Mecanismul broșării

Valoarea coeficientului de umplere (afinare) k este funcție de modul de formare a așchiilor, de forma acestora și de materialul de prelucrat ($k = 2 \div 2,5$ pentru materiale fragile și $k = 2,5 \div 6$, pentru materiale ductile).

$$k = \frac{V}{V_a} = \frac{A \cdot B}{l_p \cdot B \cdot S_d} = \frac{A}{l_p \cdot S_d} \quad (7.1)$$

Așchiile de deformare plastică capătă forma unui cilindru spiralat cu secțiunea alungită (fig.7.5,a-e) sau sub forma unei benzi (fig.7.5,f). La prelucrarea materialelor fragile (fontă, bronz etc.) așchia ocupă tot volumul canalului (fig.7.5,g) în comparație cu așchiile de deformare plastică (fig.7.5, h).

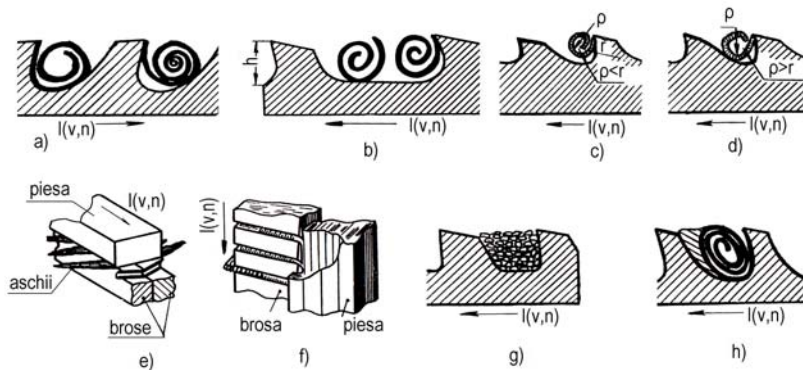


Fig.7.5 Forma așchiei la broșare

În funcție de lungimea de broșare și forma așchii detașate se determină analitic forma și dimensiunile canalului de cuprindere a așchii. Astfel, la prelucrarea oțelului și a altor materiale cu plasticitate ridicată în cazul spiralării libere a așchiei ($\rho < r$, fig.7.5,c) raza r de racordare a fundului canalului (v.fig.7.4) se stabilește cu relația (7.2), în care C_{dl} este coeficientul de deformare plastică ($C_{dl} = 1,3 \div 3,5$), k este coeficient de proporționalitate sau de compactizare a așchiei.

Folosind relația (7.1), se obțin succesiv relațiile (7.3) și (7.4).

$$r = \sqrt{\frac{C_{dl} \cdot S_d \cdot l_p \cdot k}{\pi}} [mm] \quad (7.2)$$

$$K = \frac{\pi h^2}{4 l_p S_d} \quad (7.3)$$

Pentru un canal mărginit de două plane racordate între ele de o suprafață cilindrică de rază $r=h/2$, volumul util pentru așchii este un cilindru de rază r și de secțiune utilă $A=\pi h^2 / 4$.

Secțiunea longitudinală utilă a unui canal pentru așchii sub formă oarecare se poate determina cu relația (7.5), în care p este pasul dinților broșei în mm, iar h este adâncimea canalului în mm. După înlocuiri, relația (7.1) capătă forma relației (7.6).

$$h = \sqrt{\frac{4 \cdot K \cdot l_p \cdot S_d}{\pi}} [mm] \quad (7.4)$$

$$A = \frac{h \cdot p}{3} [mm^2] \quad (7.5)$$

$$K = \frac{h \cdot p}{3 \cdot l_p \cdot S_d} \quad (7.6)$$

Mărimea pasului p , în cazul unor canale normale, se determină cu ajutorul relației (7.7), în care k_2 este un coeficient care asigură mărimea suficientă a spațiului pentru așchii și care capătă valori cuprinse între 3÷15 funcție de varianta de așchiere.

Valoarea calculată a pasului se rotunjește pînă la o valoare nominală acceptabilă tehnologic.

În raport cu dimensiunile suprafeței de prelucrat (l_p, B) și mărimea adaosului de prelucrare A , se determină numărul de dinți așchietori ai broșei cu rel.(7.8), dacă fiecare dinte înlătură aceeași cantitate de material, iar dacă avansul pe dinte S_d este diferit de la dinte la dinte sau pe grupe de dinți (degroșare și finisare), numărul de dinți z se stabilește astfel încît la o trecere a broșei să fie înlăturat întreg adaosul de prelucrare.

$$p = (2,5 \cong 3) \sqrt{S_d \cdot l_p} \cdot k_2 [mm] \quad (7.7)$$

$$z = \frac{A}{S_d} + 1 \quad (7.8)$$

Lungimea părții așchietoare a broșei se determină în funcție de pasul dinților (p) și numărul de dinți (z) cu relația (7.9) în care l_d și l_f reprezintă lungimile părților de degroșare și de finisare.

$$l_a = l_d + l_f = p(z_d + z_f) [mm] \quad (7.9)$$

Lungimea activă a broșei cuprinde și 3÷8 dinți fără supraînălțare, denumiți dinți de calibrare și tasare a suprafeței așchiate.

Lungimea totală a broșei este limitată (1000÷1500 mm) de greutatea proprie, de posibilitățile tehnice de realizare (mașina de rectificat, mașina de ascutit, cuptor de tratament termic etc.) și chiar de cursa mașinii de broșat. În situații extreme broșarea se execută cu un set de broșe.

Profilul și dimensiunile celor z dinți de pe broșă se modifică în așa fel încît primul dinte are o configurație aproximativă a generatoarei, iar ultimii dinți capătă forma și dimensiunile corespunzătoare piesei finite.

După modul de repartitie a adaosului de prelucrare pe cei z dinți ai broșei se disting următoarele variante:

- broșarea obișnuită sau broșarea după profil (fig.7.6,a);
- broșarea prin generarea treptată a profilului sau broșarea prin generare (fig. 7.6,b);
- broșarea progresivă (fig.7.6,c).

Aceste variante de așchiere vor influența, atît construcția broșei, cît și desfășurarea procesului de așchiere.

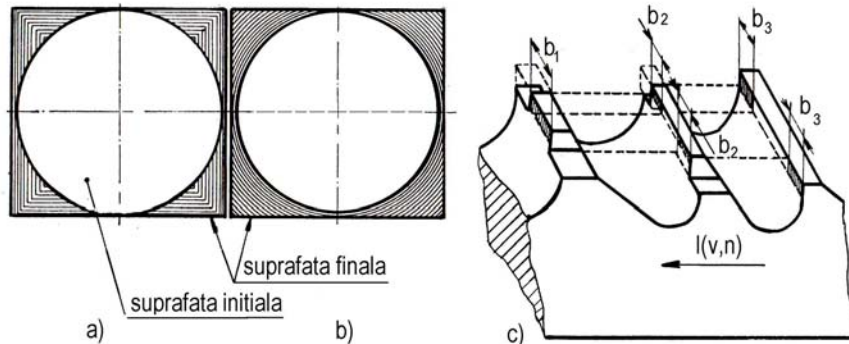


Fig.7.6 Variante de broșare

Broșarea obișnuită sau **broșarea după profil** (fig.7.6,a) se realizează atunci când toți dinții broșei sînt supraînălțați cu mărimea S_d normală pe generatoarea Γ , dar nu toți participă la obținerea formei finale a suprafeței. Ca urmare, ultimii dinți au forma finală a profilului (generatoarei). Această variantă de așchiere are în vedere valori mari pentru lățimea b a așchii care corespunde conturului de broșat. Din acest motiv, pentru ca forțele de așchiere sa nu depășească anumite limite impuse de rezistența mecanică a broșei și de posibilitățile mașinii de broșat, se pot folosi canale de fragmentare a așchiilor pe lățime astfel încît lățimea reală $b \leq 6$ mm, iar $S_d = 0,02 \div 0,05$ mm (fig.7.6). Forma canalului pentru fragmentarea așchii pe lățime se alege din exemplele prezentate în literatura de specialitate.

Broșarea prin obținerea treptată a generatoarei (broșarea prin generare) schematic reprezentată prin fig.7.6,b, este caracterizată de faptul ca fiecare dinte al broșei îndepărtează o așchie de grosime S_d și în același timp participă la realizarea profilului suprafeței. Avansul pe dinte S_d se realizează pe direcția adaosului de prelucrare maxim. Dinții de finisare și calibrare se caracterizează prin aceea că au muchiile așchietoare identice cu generatoarea teoretică Γ_0 a suprafeței broșate. Această variantă de broșare lucrează cu grosimi de așchie mici și lățimi mari, numai că, spre deosebire de prima variantă, lățimea așchii este descrescătoare.

Broșarea progresivă (fig.7.6,c) este utilizată atunci când trebuie sa se îndepărteze un adaos de prelucrare mare. Această variantă este caracterizată prin aceea că lățimea totală a profilului este împărțită între mai mulți dinți de aceeași înălțime (grupe de cîte 2-3 dinți). Avansul pe dinte S_d se realizează pe o direcție perpendiculară la direcția adaosului de prelucrare maxim. Tășurile principale ale dinților broșei se găsesc pe părțile laterale, iar cele secundare sînt dispuse pe conturul generatoarei teoretice. Conform (fig.7.6,c) grupul de 3 dinți îndepărtează o grosime de material S_d cu lățimile b_1 (primul dinte), b_2+b_2 (al doilea dinte), b_3+b_3 (al treilea dinte). Următorul grup de dinți este mai înalt cu $S_d=0,2 \div 0,3$ mm. La broșarea progresivă așchia desprinsă este relativ groasă ceea ce determină micșorarea forței specifice, creșterea

durabilității sculei și micșorarea lungimii broșei. Dezavantajul esențial al acestei variante este o tehnologie greoaie de execuție a sculei.

7.3. *Broșarea suprafețelor exterioare simple și compuse (canale)*

Suprafețele exterioare simple sau compuse sînt suprafețe la care curba generatoare teoretică Γ_0 poate fi descompusă în linii și în arce de cerc, ușor de generat prin broșare. În felul acesta, rezultă o broșă compusă din mai multe broșe simple, mai rar executată monobloc, mai des executată din mai multe componente montate pe un corp comun. Fiecare din broșele componente lucrează după varianta de așchiere corespunzătoare suprafeței pe care o va prelucra, de aceea nu se poate vorbi de o variantă de așchiere unică pentru toată broșa.

În (fig.7.7) se prezintă prelucrarea unor suprafețe exterioare prin **broșare după profil**. Pentru îndepărtarea adaosului de prelucrare, de grosime A , partea de așchiere a broșei este formată din dinți de degroșare și dinți de finisare. Dinții de finisare au o supraînălțare micșorată față de cea pentru dinții de degroșare, dar nu sub $0,02$ mm. Dinții așchietori pentru lățimi de broșat $B > 8-10$ mm se prevăd cu canale pentru fragmentarea așchiei așezate în șicană la distanțe cuprise între 2 și 6 mm.

În general scula broșă execută fie o mișcare principală rectilinie în planul orizontal (fig.7.7,a,b,d), sau în plan vertical (fig.7.7,c), cu broșă solicitată la compresiune, fie o mișcare principală de rotație (fig.7.7,e), care necesită broșe circulare (fig.7.2,c).

În cazul prelucrării suprafețelor dispuse pe corpuri de revoluție, piesa execută o mișcare de avans circular II , de viteză v_{II} , în interdependență cu mișcarea principală I executată de sculă astfel încît la o rotație a piesei scula avansează cu un pas. În unele situații (fig.7.7,e), pe broșa circulară există o porțiune fără dinți necesară poziționării piesei în raport cu broșa și scoaterii acesteia după realizarea prelucrării.

În cazul suprafețelor deschise și nesimetrice forțele de respingere dau o rezultantă care tinde să scoată broșa din așchiere. Pentru a menține broșa în poziție corespunzătoare și în contact cu stratul de așchiere sînt necesare elemente suplimentare de ghidare (bucșe, pene etc.), motiv pentru care broșarea se numește ghidată sau coordonată.

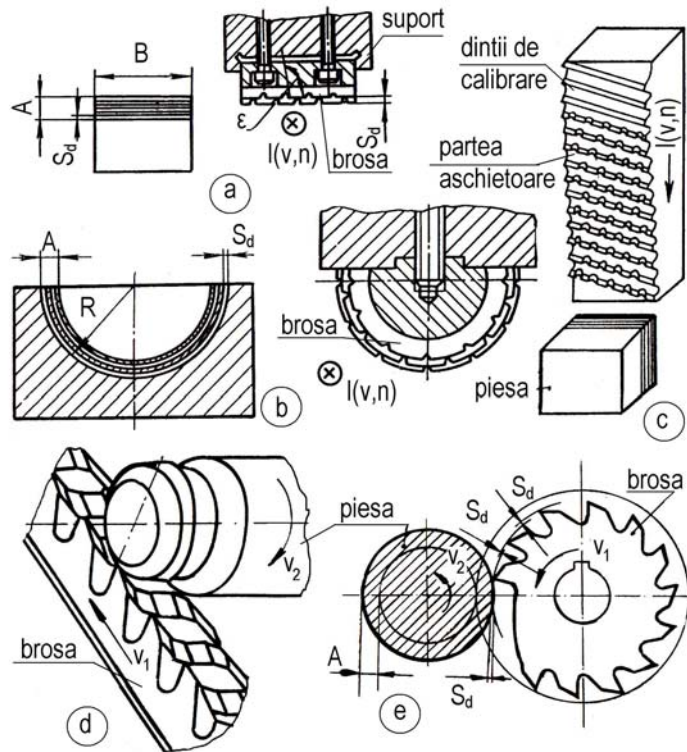


Fig.7.7 Broșarea după profil

Broșarea prin generare treptată a generatoarei Γ_0 la prelucrarea suprafețelor simple și compuse (fig.7.8) constă în aceea că avansul pe dinte S_d se realizează pe direcția adaosului de prelucrare maxim. Așchia are lățime relativ mare ($b = A$) la prelucrarea suprafețelor plane sau b =variabilă (cu valoare mică la sfârșitul generării profilului canalelor). Ca urmare, avansul pe dinte S_d capătă valori mici, ceea ce face ca broșa să rezulte cu lungime mare, dar cu o construcție mult simplificată.

Pentru semifabricate turnate sau forjate, nedegroșate, care au adaos de prelucrare mare se utilizează **broșarea progresivă** (fig.7.9), cu precizarea că se prelucrează după varianta progresivă numai adaosul de degroșare A_d , cel de finisare A_f se prelucrează cu dinți de finisare după varianta generării după profil ($A_d = 7/8A$; $A_f = 1/8A$).

În fig.7.9,a este prezentată prelucrarea unui canal dreptunghiular cu o broșă care lucrează pe orizontală, putîndu-se utiliza chiar și o broșă circulară (fig.7.2,c)

Revenind la fig.7.8, pentru prelucrare adaosul de degroșare A_d se împarte în cîteva componente A_1, A_2 , fiecare dintre ele fiind înlăturat cu dinți avînd o supraînălțare laterală S_d orientată perpendicular pe direcția adaosului de prelucrare. O primă grupă de dinți înlătură adaosul A_1 , urmează o grupă asemănătoare ca formă, dar decalată cu adaosul A_2 etc. Primul dinte sparge un canal de adîncime A_1 apoi este ma-

Rabotarea suprafețelor

jorat de următorii dinți; prelucrarea se realizează în două variante, anume: de la centru către exterior (fig.7.8,c) sau de la exterior către interior (fig.7.8,d). În (fig.7.8,c,d) dinții broșei sînt dreptunghiulari, iar în (fig.7.8,b,e) dinții sînt de formă trapezoidală, cu unghiul la baza dintelui de $\approx 60^\circ$.

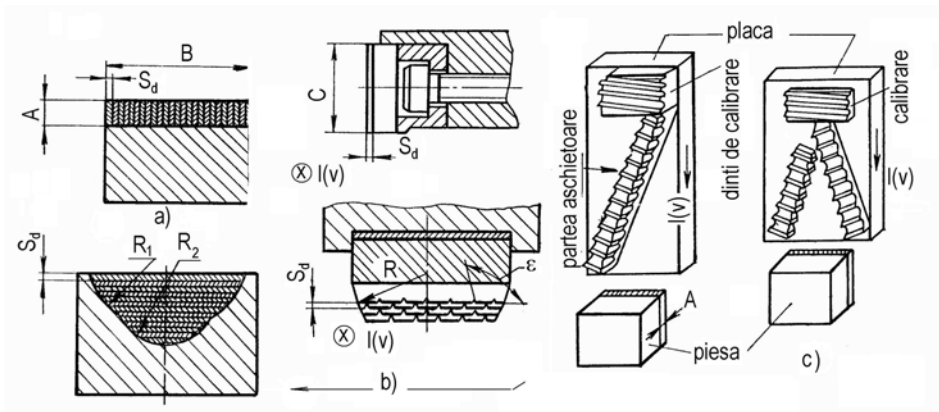


Fig.7.8 Broșarea prin generare

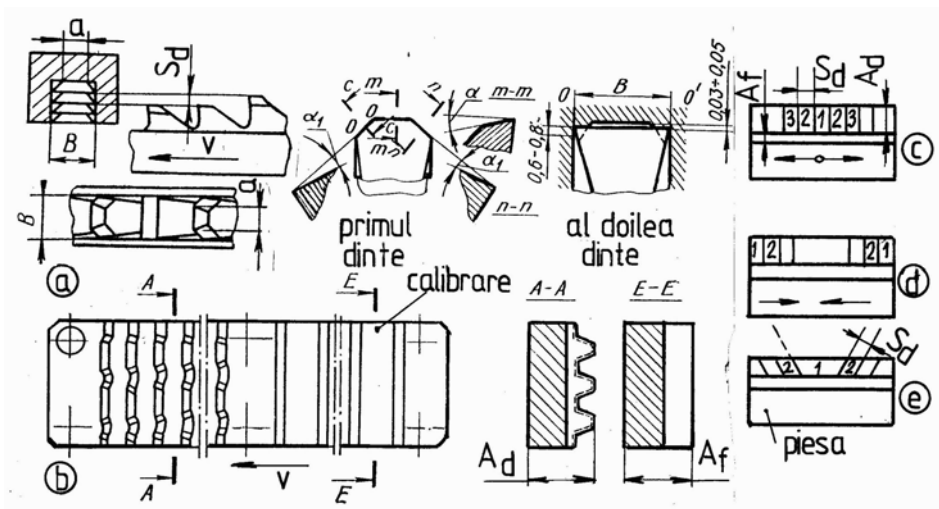


Fig.7.9 Broșarea progresivă

În fig.7.10 este exemplificat un dispozitiv pentru broșarea unei suprafețe exterioare compuse. Suprafața de prelucrat este formată din două suprafețe plane și o teșitură, cu variante de broșare corespunzătoare fiecărei suprafețe.

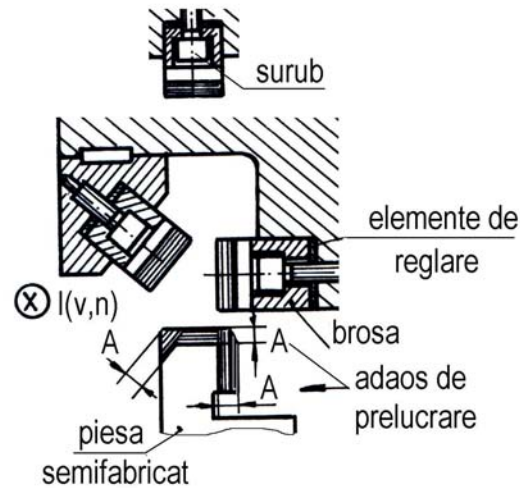


Fig.7.10 Dispozitiv pentru prelucrarea unor suprafețe compuse

7.4. Broșarea suprafețelor interioare

Pentru prelucrarea prin broșare a suprafețelor interioare cilindrice, poligonale (pătrate, dreptunghiulare, hexagonale etc.), canelate (caneluri dreptunghiulare, triunghiulare, evolventice cu directoare a căror formă este rectilinie și dreptunghiulară cu directoare elicoidale), a canalelor de pană și a găurilor adânci de diametru mare se folosesc toate cele trei variante de broșare.

La prelucrarea suprafețelor închise și simetrice, datorită echilibrării forțelor F_x , broșarea se execută fără o ghidare suplimentară a broșei de către vreun element al mașinii-unelte. În acest caz piesa se autoorientează în raport cu broșa, motiv pentru care broșarea se numește liberă.

Broșarea suprafețelor cilindrice interioare se realizează cu broșe sollicitate la întindere (fig.7.11,a), cu broșe sollicitate la compresiune ca în fig.7.11,b, cu broșe elicoidale (fig.7.11,c) și cu broșe circulare (fig.7.11,d).

Broșarea găurilor adânci cu diametru mic se realizează cu un set de 2÷4 broșe elicoidale scurte ($l = 80 \div 300$ mm) la care, în afara mișcării principale de așchiere, există și o mișcare de rotație cu turație mică pentru evacuarea ușoară și sigură a așchiilor (fig.7.11,c). Această variantă de broșare prezintă mai multe avantaje: creșterea substanțială a rezistenței la tracțiune prin mărirea corespunzătoare a secțiunii, eliminarea mai ușoară a așchiilor, micșorarea rugozității suprafeței prelucrate deoarece dinții broșei sînt dispuși pe o elice care are două sau trei începuturi, reducerea cursei active de lucru a mașinii de broșat și a timpului de prelucrare ca urmare a micșorării lungimii părții așchietoare.

Avansul pe dinte, care corespunde creșterii razei la deplasarea cu un pas al elicei de pe broșă, este $S_d = 0,05 \div 0,08$ mm.

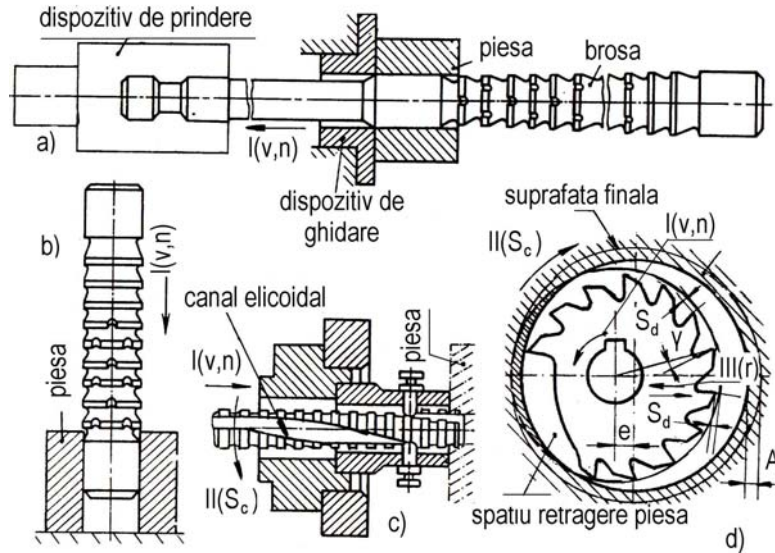


Fig.7.11 Broșarea suprafețelor interioare

Pentru **prelucrarea suprafețelor cilindrice interioare profilate** este folosită broșarea circulară (fig.7.11,d). Broșa este realizată dintr-un disc prevăzut cu dinți supraînălțați cu avansul pe dinte pe aproximativ $2/3$ din periferie. Porțiunea fără dinți servește la scoaterea piesei din procesul de așchiere. Între mișcarea de rotație a broșei și a piesei trebuie să existe o legătură cinematică, anume: la rotirea cu un pas unghiular al broșei (un dinte), piesa trebuie să execute o rotație completă. Suprafețele cilindrice interioare pot fi prelucrate și după varianta de așchiere progresivă. Broșarea progresivă elimină o serie de dezavantaje ale broșării după profil deoarece avansul pe dinte este mare, $S_d=0,1 \div 0,4$ mm/dinte (rezultă $4 \div 8$ grupe de dinți pentru degroșare), iar lățimea așchiei este mică (lipsesc canalele de fragmentare a așchiei).

În fig.7.12 se prezintă grupa de dinți ai unei broșe cilindrice progresive cu dinți poligonali pătrați. Realizarea supraînălțării laterale se face prin rotirea aceluiași poligon cu un pas unghiular, corespunzător lățimii așchiei b . Din lățimea totală a așchiei $b_{tot} = \pi.D$, revine fiecărui dinte din grupă o lățime $b_q = \pi.D / q$, care este repartizată pe fiecare din cele i vîrfuri ale unui dinte sub forma supraînălțării laterale $b = b_q / i$, (q reprezintă numărul de dinți din grupă).

În general, lățimea b se stabilește astfel încît să nu fie necesară realizarea unor canale de fragmentare laterală a așchiilor, adică $b \leq 6 \div 8$ mm.

Dinții aceleiași grupe diferă ca formă, dar au același diametru, în timp ce dinții cu același rang din cele n grupe au aceeași formă, dar cu diametru diferit și crescător cu $2S_d$ de la o grupă la alta.

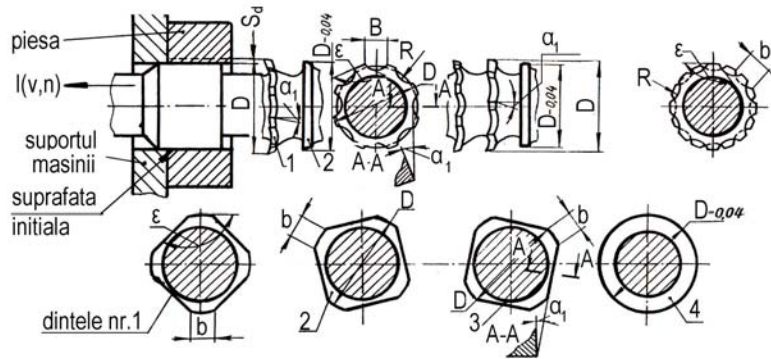


Fig.7.12 Broșarea progresivă

Adaosul de finisare A_f este eliminat de dinții așchietori care lucrează în varianta de broșare după profil.

Broșarea suprafețelor interioare, cu profilul, fie un poligon regulat (pătrat sau hexagon), fie un poligon neregulat dreptunghic se realizează aplicînd variantele de broșare după profil (fig.7.13,a) sau prin generare (fig.7.13,b). În ambele variante se poate folosi broșarea orizontală sau verticală. Broșa realizată după varianta de așchiere prin generare are o secțiune a corpului sensibil mai mare decît la varianta broșării după profil.

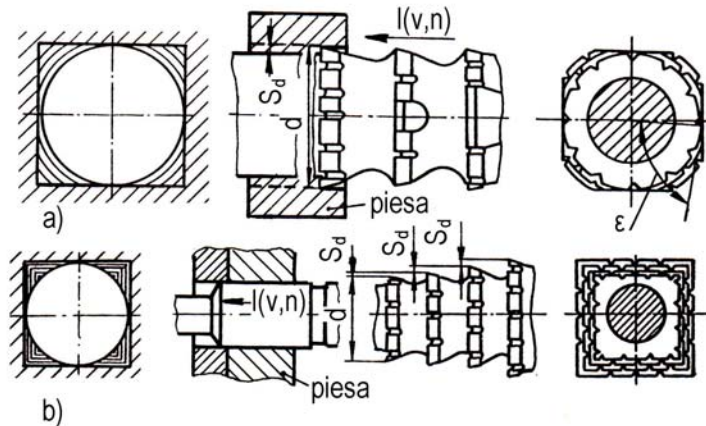


Fig.7.13 Variante de broșare: a) după profil; b) prin generare

Avînd în vedere că broșarea se realizează pe suprafețe închise și simetrice (broșare liberă), avansul pe dinte pentru dinții de degroșare poate ajunge la $S_d \leq (0,12 \div 0,2)$ mm/dinte.

Broșarea suprafețelor interioare canelate (caneluri dreptunghiulare, triunghiulare, evolventice cu directoare rectilinii și dreptunghiulare cu directoare elicoidale) poate avea loc după cele trei variante de broșare prezentate în fig.7.6. Ca

Rabotarea suprafețelor

urmare, în practica tehnologică broșarea canelurilor se realizează după varianta de broșare prin generare (fig.7.14,*a,b,c*) și varianta de broșare progresivă (fig.7.14,*d*).

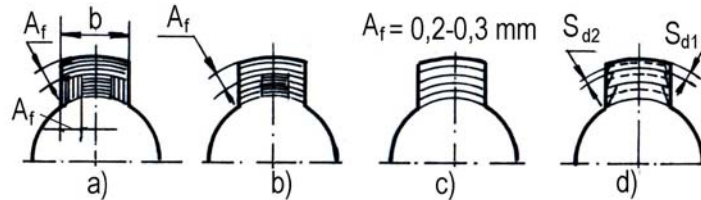


Fig.7.14 Broșarea suprafețelor interioare canelate

Deoarece adaosul de prelucrare A_{can} este relativ mare și avansul pe dinte S_d pe direcție radială trebuie să fie foarte mic, numărul de dinți așchietori ai broșei la varianta de prelucrare prin generare rezultă foarte mare, ceea ce conduce la realizarea unui set de broșe format din 2-6 broșe (dinții de calibrare apar numai la ultima broșă din set). Pentru varianta din fig.7.14,*a* sînt necesare 3 broșe, iar pentru varianta din fig.7.14,*b* sînt necesare 2 broșe.

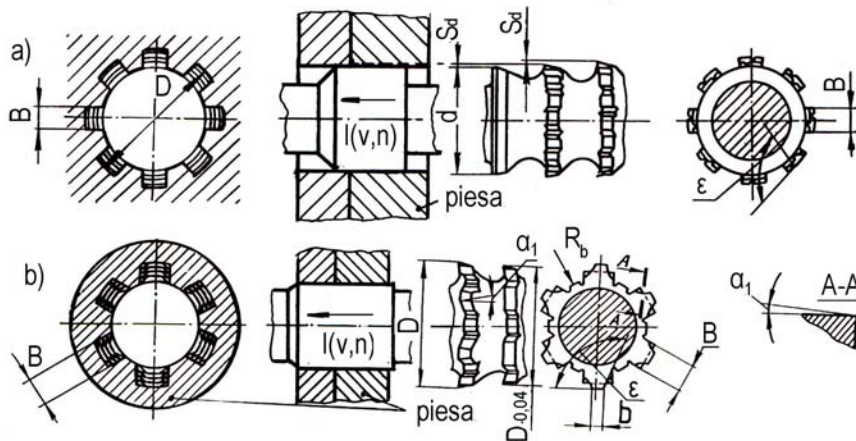


Fig.7.15 Broșarea canelurilor

În fig.7.15 sînt prezentate două tipuri de broșe pentru prelucrarea canelurilor dreptunghiulare după cele două variante de broșare.

Alezajele cu caneluri elicoidale au profilul transversal de forma canelurilor dreptunghiulare. Operația este specifică alezajelor de lungime mare și diametru mic cu caneluri elicoidale (cum este cazul ghinturilor de la țevile armelor de foc). Broșa are dinții dispuși după o elice, supraînălțați pe direcție radială (broșarea prin generare). Varianta de prelucrare este asemănătoare cu cea din fig.7.11,*c*. La broșele pentru caneluri elicoidale, numărul dinților elicoidali este același cu numărul canalelor

suprafeței piesei. Broșarea decurge, fie cu rotirea forțată (mișcare elicoidală aplicată sculei), fie fără rotirea forțată a broșei sau a piesei.

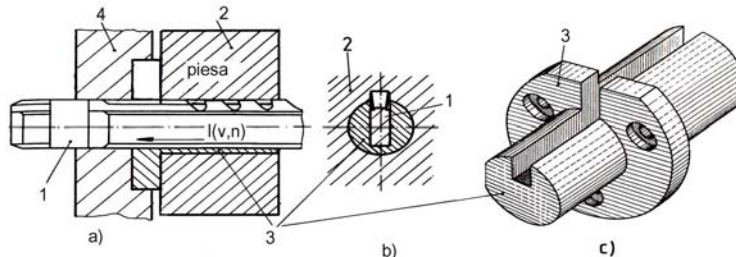


Fig.7.16 Broșarea canalelor de pană

Broșarea canalelor de pană (suprafața de prelucrat este deschisă), datorită asimetriei forțelor de așchiere pe direcția normală pe axa broșei, face parte din categoria broșării ghidate sau coordonate, (fig.7.16). Canalul de pană din piesa 2 este prelucrat de broșa 1, care este ghidată (susținută) de bucușă de ghidare 3 (fig.7.16,c), care este fixată la rîndul ei în suportul 4 al dispozitivului de prindere al mașinii de broșat. Broșarea are loc prin generare, la fel ca în cazul canelurilor dreptunghiulare (se utilizează frecvent varianta din fig.7.14,c).

7.5. Broșarea de mare productivitate

La producția de masă (industria de automobile și tractoare, bunuri de larg consum, componente electronice ș.a), pentru mărirea productivității operației de broșare prin eliminarea curselor și fazelor inactive, în special în cazul suprafețelor exterioare sînt folosite unele variante de broșare speciale, respectiv de maximă productivitate.

În fig.7.17 se prezintă prelucrarea prin broșare a arborilor cotiți (fig.7.17,a), broșarea unor piese așezate pe mese rotative (fig.7.17,b) și broșarea unor piese așezate pe un lanț transportor (fig.7.17,c). La prelucrare se folosește o broșă exterioară, fixă, construită sub forma unei broșe plane cu dinți înclinați. Printr-o singură trecere se execută și degroșarea și finisarea. Mișcarea principală de așchiere fiind circulară sau rectilinie este executată de piesa semifabricat care se montează în dispozitive de prindere pe masa mașinii-unelte. Prelucrarea are loc în flux continuu.

Spre deosebire de celelalte mașini de broșat, acționarea principală nu mai este hidraulică, ci este pur mecanică.

O altă metodă de realizare a unei productivități maxime, aplicată la prelucrarea roților dințate (fig.7.2,c) arbori cotiți și axe cu came (după varianta din fig.7.11,d), inele de sincronizare (după varianta din fig.7.11,d) are în vedere construirea unor mașini de broșat speciale, care prelucrează numai tipul respectiv de piese.

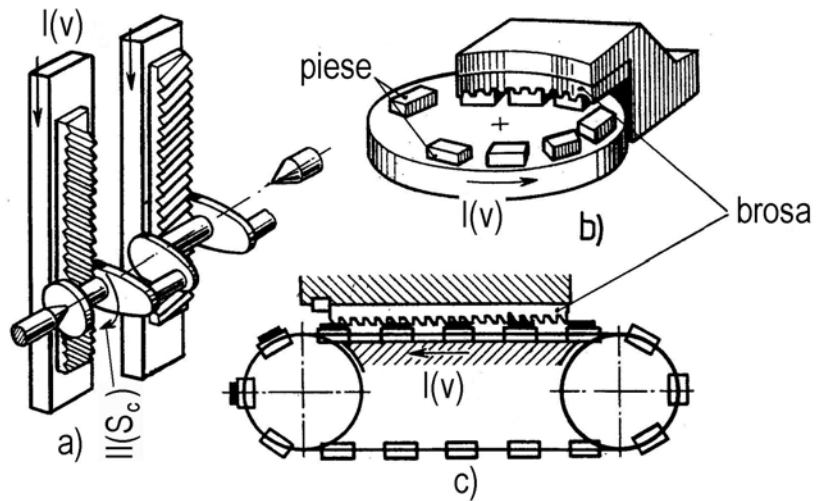


Fig.7.17 Broșarea de mare productivitate

7.6 Forța de așchiere la broșare

Forța de tragere sau împingere la prelucrările prin broșare se obține, cu relația $F_r = z_s \cdot F_d$, în care z_s reprezintă numărul dinților care așchiază simultan la același avans pe dinte, iar F_d reprezintă forța principală pentru un dinte și se obține cu relația:

$$F_d = C \cdot B^x \cdot S_d^y \cdot k, [daN] \quad (7.10)$$

Constanta C , exponenții x , y și coeficientul de corecție k se aleg din lucrările [1, 16, 36, 46, 56, 65].