

MUCNPA 5

FREZAREA. CONSTRUCȚIA ȘI CINEMATICA MAȘINII DE FREZAT

1. Scopul lucrării

- ◆ Însușirea principalelor scheme de așchiere la prelucrarea prin frezare și a principalelor tipuri de scule așchietoare utilizate;
- ◆ Cunoașterea construcției mașinilor de frezat și a dispozitivelor specifice acestora;
- ◆ Familiarizarea studentului cu particularitățile procesului de prelucrare pe mașina de frezat cu consolă și a cinematicii acesteia.

2. Considerații generale

2.1. Particularitățile prelucrării prin frezare

Frezarea este un procedeu de așchiere de largă utilizare, cu performanțe deosebite privind productivitatea așchierii și gama de suprafețe ce pot fi prelucrate. Prin frezare se prelucrează suprafețe plane și profilate (suprafețe riglate), canale, danturi ale roților dințate cilindrice și conice, filete etc. și este definită prin următoarele caracteristici:

- ◆ utilizarea unor *scule speciale*, denumite *freze*, care constau dintr-un corp de revoluție prevăzut cu z dinți identici care, prin mișcarea de rotație imprimată, intră în mod succesiv în așchiere (fig. 5.1). Numărul de dinți ai sculelor pentru frezare variază în funcție de tipul și diametrul acestora.

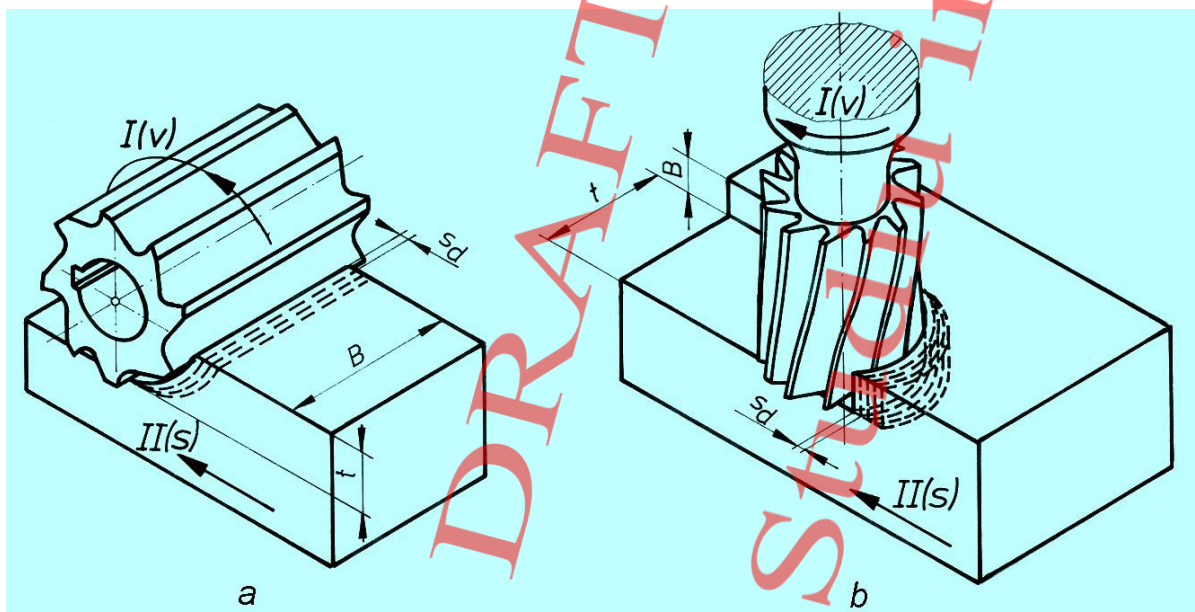


Fig. 5.1. Frezarea cu freza cilindrică (a) și cu freza cilindro-frontală (b)

Contactul efectiv dintre fiecare dinte așchietor și adaosul de prelucrare are loc pe un arc de cerc (*unghiul de contact* ψ) cu lungimea maximă de 180° , ceea ce face ca așchiera să fie întreruptă (comparativ cu procesul de prelucrare prin strunjire, unde așchiera este continuă), asigurând sculei o bună răcire și evacuarea comodă a așchiilor din zona de lucru.

Întrucât unghiul de contact ψ este în mod frecvent mai mare decât pasul unghiular ϕ al frezei, în orice moment se află în așchiere simultană mai mulți dinți, cu efecte pozitive asupra productivității operației.

♦ *mașina-unealtă*, denumită *mașină de frezat*, asigură mișcarea principală de rotație (în scopul de deformare și detașare sub formă de așchii a adaosului de prelucrare) – la nivelul sculei așchietoare și mișcările de avans – la nivelul semifabricatului și / sau sculei. În acest scop, mașinile de frezat posedă o cuplă cinematică fus-lagăr sub forma unui arbore principal rotativ al mașinii, care poartă freza și din mai multe cuple cinematice de tip sanie-ghidaj, care asigură – la nivelul mesei pe care se află semifabricatul, mișcări rectilinii pe direcții reciproce perpendiculare (paralele sau perpendiculare la axul principal).

La frezare, mișcarea de avans are loc simultan cu mișcarea principală de așchiere și este realizată, de obicei, prin deplasarea continuă a mesei mașinii pe direcție longitudinală, transversală sau verticală.

Modul în care sunt repartizate (în structura mașinii-unelte) mișcările săniilor pentru executarea avansului rectiliniu pe celor trei direcții (longitudinal, transversal și vertical) și, uneori, a avansului circular, impune tipul de mașină de frezat.

♦ Așchiile rezultate la frezare au formă de virgulă sau pană (fig. 5.2), deoarece grosimea lor variază de la zero la o valoare maximă, ori invers, după cum frezarea se face în *contra avansului* (fig. 5.2a) sau în *sensul avansului* (fig. 5.2b). La frezarea în contra avansului sensul de rotire a sculei (sensul vectorului viteză principală de așchiere în punctul de tangență dintre dintele frezei și suprafața prelucrată) este opus sensului de avans al semifabricatului, pe când la frezarea în sensul avansului, cele două sensuri coincid.

Fiecare din aceste metode are avantaje și dezavantaje:

- La frezarea în contra avansului, componenta forței de așchiere orientată pe direcția șurubului de avans al mesei mașinii menține în permanență contactul dintre flancul piuliței și al șurubului (din mecanismul de avans), asigurând un avans uniform, în pofida eforturilor ca variază la ieșirea/intrarea fiecărui dinte din/în așchiere. Acest lucru

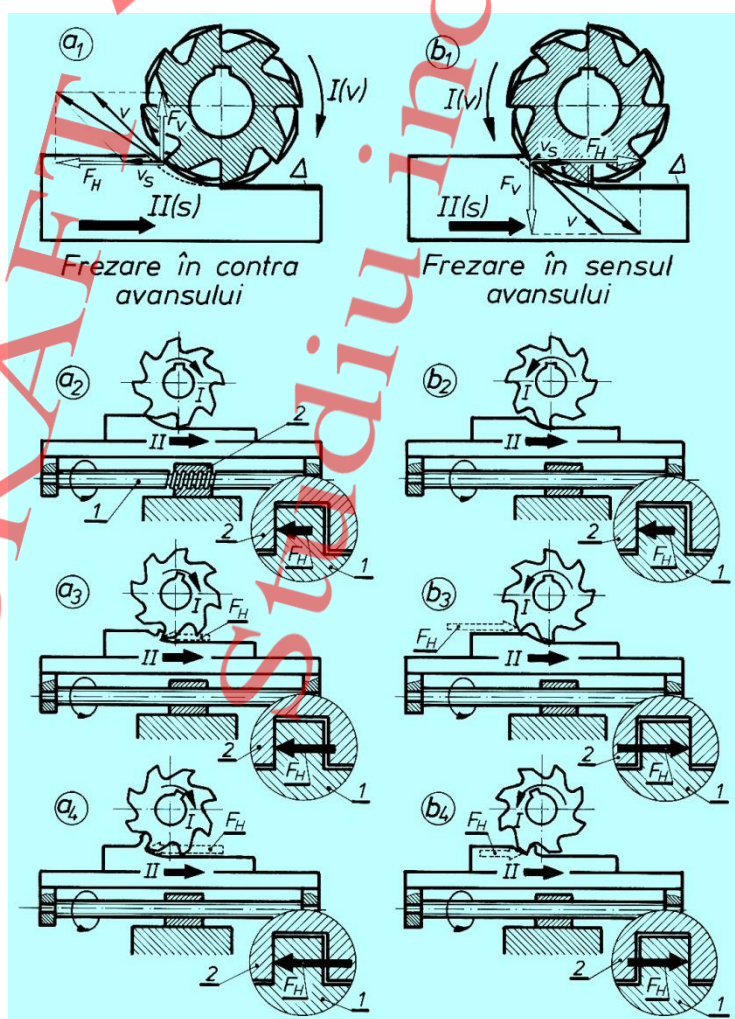


Fig. 5.2. Frezarea în contra avansului (a) și în sensul avansului (b)

permite alegerea unui regim de așchiere mai intens.

- Componenta verticală a forței de așchiere acționează spre piesă la frezarea în sensul avansului, presând semifabricatul în dispozitivul de fixare, în timp ce la frezarea în contra avansului, componenta verticală tinde să scoată piesa din dispozitiv.
- Forma de virgulă a secțiunii nedetașată a așchiei pune de asemenea probleme. Astfel, la frezarea în contra avansului dintele așchietor intră treptat în material (de la grosime mică), cu avantaje asupra modului de creștere a forței, dar cu dezavantajul respingerii sculei de către material, până ce grosimea stratului așchiat depășește ca valoare raza de bontire ρ a dintelui așchietor (influențat și de gradul de uzare a sculei). Așchia se formează mai ușor la frezarea în sensul avansului, dar intrarea în material la grosimea maximă se produce cu șocuri mari; dinții sculei se uzează mai rapid, în special la prelucrarea semifabricatelor turnate sau laminate care prezintă o crustă dură.

Alegerea metodei de frezare trebuie să țină cont de ponderea avantajelor și dezavantajelor pentru fiecare caz în parte:

- frezarea în contra avansului se aplică în mod frecvent la degroșare (unde regimul de așchiere este mai intens și secțiunea de așchie mai mare), în special pentru semifabricatele cu crustă dură;
- frezarea în sensul avansului se recomandă la finisare și la prelucrarea pieselor suple, cu risc de desprindere de pe masa mașinii sau din dispozitivul de fixare.

2.2. Parametrii regimului de așchiere la frezare

♦ *Avansul de așchiere (s)*, exprimat în mm/rot, reprezintă deplasarea relativă sculă-semifabricat pe direcția mișcării de avans II , la o rotație completă a sculei. Având în vedere faptul că la o rotire cu 360° adaosul îndepărtat este uniform repartizat pe cei z dinți ai frezei, se definește *avansul pe dinte s_d* , conform relației:

$$s_d = \frac{s}{z}, \quad [\text{mm/dinte}] \quad (5.1)$$

În practică se stabilește mai întâi avansul pe dinte, apoi se calculează avansul pe rotație s . În general, la frezarea de finisare se adoptă avansul pe dinte $s_d \leq 0,1$ mm/dinte, iar la frezarea de degroșare – în funcție de materialul de prelucrat, materialul așchietor și rezistența sistemului tehnologic, s_d se alege în intervalul $0,1 \div 0,5$ mm/dinte¹.

Având în vedere că, pentru realizarea avansului, masa cu semifabricatul, ori scula așchietoare se deplasează rectilinie și continuu, se utilizează și un alt parametru: *viteza de avans v_s* – definită în funcție de mărimea avansului pe rotație și turația n a sculei, conform relației:

$$v_s = s \cdot n = s_d \cdot z \cdot n, \quad [\text{mm/min}] \quad (5.2)$$

♦ *Adâncimea de așchiere (t)* reprezintă distanța dintre suprafața inițială și suprafața prelucrată, măsurată într-un plan normal la axa frezei și perpendicular pe direcția de avans². Adâncimii de așchiere t îi corespunde un unghi de contact ψ dintre sculă și piesă de maximum 180° (v. fig. 5.1).

¹ La operațiile de degroșare valoarea maximă a avansului pe dinte se stabilește astfel încât, în secțiune normală la axa frezei, aria secțiunii transversale a așchiei nedeformate să nu depășească valoarea admisă de rezistența mecanică și termică a dintelui. La frezarea de finisare, criteriul de alegere a mărimii avansului pe dinte este înălțimea secțiunii restante, astfel ca rugozitatea suprafeței prelucrate să se încadreze în limitele impuse prin desenul de execuție al reperului respectiv.

² adâncimea de așchiere mai este definită ca lungimea contactului dintre sculă și piesă într-un plan normal la axa sculei și mai este numită *adâncime radială de așchiere*.

♦ *Lățimea de frezare* (B)³ reprezintă lungimea contactului sculă-piesă pe o direcție paralelă cu axa frezei. Se definește într-un plan normal la direcția de avans și este perpendicular pe t (este paralelă cu axa frezei).

♦ *Viteza principală de așchiere* (v), exprimată în m/min, este viteza tangențială la suprafața activă periferică a frezei și se calculează în funcție de diametrul D de dispunere a vârfurilor dinților frezei (în mm) și de turației sculei n (în rot/min):

$$v = \frac{\pi D n}{1000} \quad , \quad [\text{m/min}] \quad (5.3)$$

Pentru stabilirea parametrilor regimului de așchiere în condiții concrete de lucru, se țin cont de caracteristicile mecanice ale materialului de prelucrat și calitatea materialului așchietor, de mediul de așchiere (tipul de lichid de răcire-ungere utilizat), dimensiunile suprafeței de prelucrat etc. În primă fază se stabilesc valorile parametrilor t , s_z și B din condițiile de rezistență mecanică și calitatea de suprafață. În faza a doua se calculează viteza optimă de așchiere v cu relația (5.4),

$$v = \frac{C_v \cdot D^{q_v} \cdot K}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot s_d^{y_v} \cdot B^{r_v} \cdot z^{n_v}} \quad , \quad [\text{m/min}] \quad (5.4)$$

în care constanta C , exponenții și coeficienții se aleg din tabele (prezentate în manualele de proiectare) [2].

În cazul frezării de finisare, avansul pe dinte s_z se calculează în funcție de rugozitatea impusă prin desenul de execuție (în funcție de abaterea medie pătratică de la linia mediană a profilului).

În final se calculează valoarea optimă a frecvenței mișcării principale n (din relația 5.3) și viteza optimă de avans a piesei v_s (cu relația 5.2). Acești doi parametri se fixează la cele două elemente finale ale sistemului tehnologic MUSDP, prin reglarea cutiei de viteze și, respectiv, a cutiei de avans a mașinii de frezat.

2.3. Scule așchietoare utilizate la frezare

La orice freză se pot identifica 3 părți componente (v. lucrarea MUCNPA 2) :

- *partea activă* – formată din mai mulți dinți dispuși echidistant pe corpul de revoluție;
- *partea de poziționare-fixare* – care poate fi sub formă de coadă cilindrică sau conică, ori sub formă de alezaj;
- *corpul frezei* – ca element de legătură (distinct sau nu) între primele două.

Având în vedere multitudinea de tipuri constructive de freze, există mai multe criterii de clasificare:

♦ După forma corpului de revoluție, raportul dintre dimensiunile de gabarit ale acestuia sau după suprafețele pe care sunt plasate tăișurile sculei, se disting:

• frezele *cilindrice* (fig. 5.3a) – au forma cilindrică, cu tăișurile dinților dispuse numai pe partea cilindrică a corpului (cu dinți drepți – paraleli cu axa sculei, ori cu dinți înclinați/elicoidali), iar lungimea este în general mai mare decât diametrul. Sunt utilizate la prelucrarea suprafețelor plane, pe mașini de frezat orizontale.

• frezele *cilindro-frontale* (fig. 5.3b) – în pofida formei cilindrice a părții active, denumirea este dată de modul de amplasare a tăișurilor, atât pe partea cilindrică (în general tăișuri elicoidale) cât și pe partea frontală. Sculele de diametru mic au partea de poziționare-fixare sub formă de coadă cilindrică sau conică (v. fig. 5.3b₂,b₃), în timp ce cele de diametru mai mare prezintă alezaj cilindric (v. fig. 5.3b₃) și locașuri pe partea frontală opusă tăișurilor,

³ este un parametru care se definește numai la operația de frezare și mai este numită *adâncime axială de așchiere*.

pentru antrenarea cu ajutorul penelor frontale. Frezele cilindro-frontală cu coadă și diametru mic, cu $2 \div 4$ dinți mai sunt numite și *freze deget*.

Frezele cilindro-frontale sunt folosite la prelucrarea suprafețelor plane, de colț și a canalelor, pe mașini de frezat verticale (cu cap de frezare vertical).

- frezele *frontale* (fig. 5.3c) sunt destinate prelucrării suprafețelor plane și prezintă tășuri pe partea frontală. Pe suprafața de revoluție, tășurile sunt limitate în vecinătatea suprafeței frontale (tășurile laterale sunt în mod frecvent înclinate, materializând o suprafață conică).
- frezele *disc* (fig. 5.3d) au lățimea pronunțat mai mică decât diametrul și sunt destinate prelucrării/generării canalelor și a suprafețelor de colț, pe mașini de frezat orizontale. Există construcții cu 2 tășuri (pe partea cilindrică și pe una din suprafețele frontale) și cu 3 tășuri (pe suprafața de vârf și pe cele 2 frontale) (v. fig. 5.3d₁, d₃, d₄);
- frezele *ferăstrău* (fig. 5.3e) – sunt la limita frezelor disc, dar sunt mult mai înguste și prezintă mulți dinți, fiind utilizate la prelucrarea canalelor înguste și la debitare retezare.

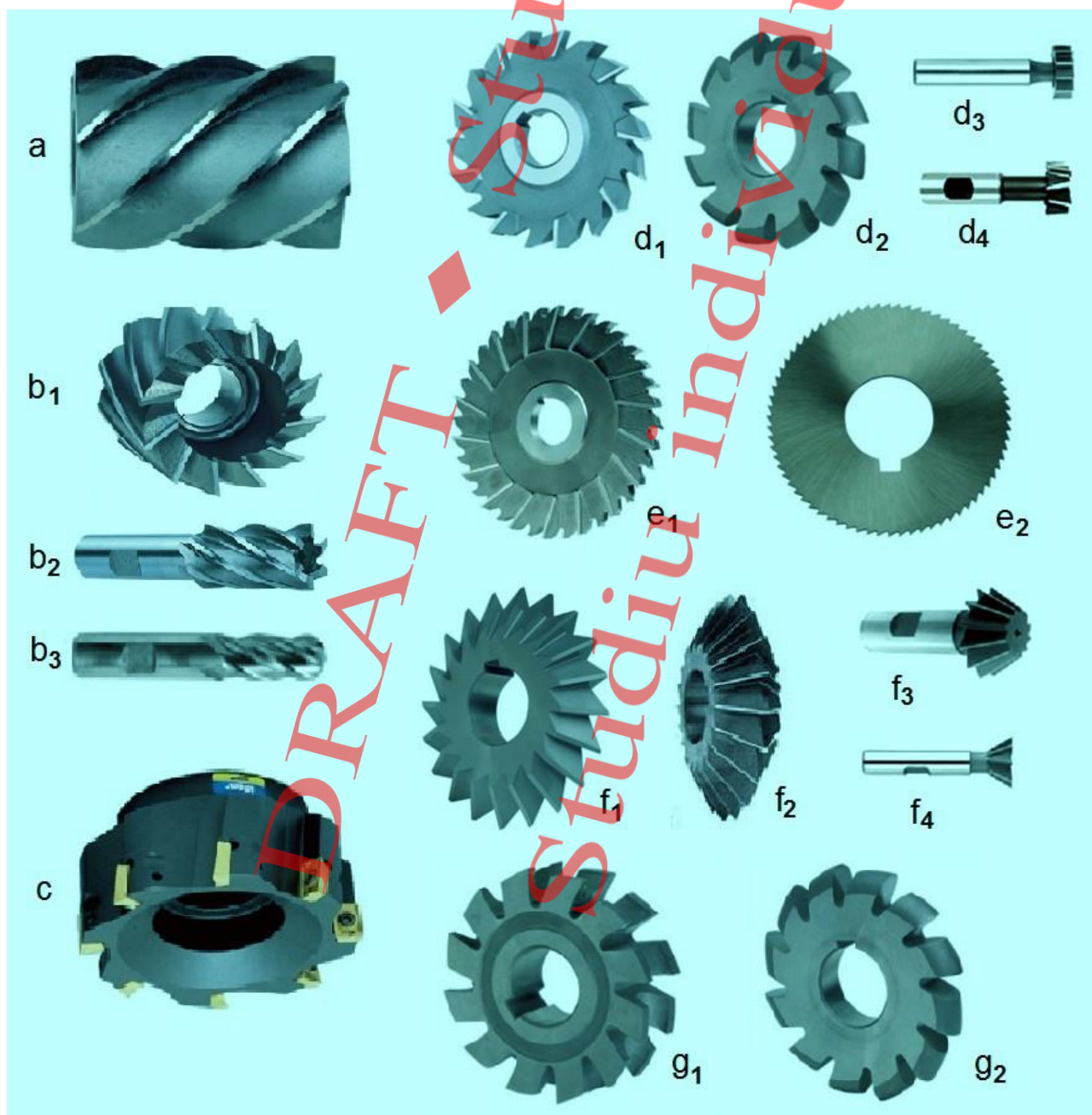


Fig. 5.3. Forme constructive de freze: (a) – cilindrică; (b) – cilindro-frontală; (c) – frontală; (d) – disc; (e) – ferăstrău (de debitare); (f) – unghiulară; (g) – profilată

- frezele *unghiulare* (fig. 5.3f) se folosesc la generarea unor suprafețe plane adiacente, cu un anumit unghi între ele sau pentru frezarea suprafețelor înclinate. Sunt conice (v. fig. 5.2f₁, f₃, f₄) și biconice (v. fig. 5.3f₄).

- freze *profilate* (fig. 5.3g) prezintă un anumit profil în planul lor axial, destinat/necesar prelucrării unor suprafețe complexe. Pot avea un profil convex sau concav. Pot fi cu alezaj sau cu coadă. În categoria frezelor profilate intră și frezele modul – disc sau deget, pentru frezarea danturilor prin metoda copierii (prelucrare dinte cu dinte, prin metoda divizării).

- ♦ După direcția/orientarea tășurilor se cunosc:

- freze *cu dinți dreapți* (cu dantură dreaptă) (fig. 5.3d₄, d₃, e, f, g);

- freze *cu dinți înclinați sau elicoidali* (cu dantură elicoidală – pe dreapta sau pe stânga) (fig. 5.3a, b, c) – prezintă avantajul intrării și ieșirii treptate din așchiere a dinților;

- freze *cu dinți* (dantură) *în zig-zag* (fig. 5.3d₁, d₄) – soluție constructivă întâlnită în special la frezele disc, prin înclinarea alternativă stânga – dreapta a tășurilor de vârf, pentru echilibrarea forțelor axiale la nivelul sculei.

- ♦ După modul de poziționare-fixare și de antrenare sunt:

- freze *cu coadă – cilindrică* (fig. 5.3b₂, b₃, d₃, d₄, f₃, f₄,) sau *conică*.

Coada cilindrică poate fi (conform STAS 577) *netedă* (fig. 5.3d₃), *cu aplatizare* (fig. 5.3b₂, b₃, d₄, f₃, f₄) sau *filetată* (la capătul liber, opus părții active).

Coada conică poate fi (conform STAS 577):

- cu con Morse (cu gaură filetată; cu gaură filetată și aplatizare pentru antrenare; cu cap de antrenare; cu cap de antrenare și locaș de evacuare);

- cu con 7:24.

- freze *cu alezaj*, care sunt antrenate prin intermediul penelor longitudinale (fig. 5.3a, d_{1,2}, e, f_{1,2}, g) sau a penelor frontale (fig. 5.3b₁, c₁).

Corespunzător STAS 577, alezajul poate fi: cilindric; cilindric și găuri de antrenare; cilindric cu canal de pană longitudinal (v. fig. 5.3a, d₁, d₂, e, f₁, f₂, g); cilindric cu canal de pană frontal (v. fig. 5.3b₁, c); cilindric cu canal frontal și găuri pentru montare; cilindric filetat; conic.

- ♦ După construcție, se disting:

- frezele *monobloc* (fig. 5.3a, b, d – g), executate dintr-o bucată – dintr-un singur material;

- frezele *cu dinți aplicați* (fig. 5.3c). Există construcții de scule (în mod deosebit la cele de mari dimensiuni) la care corpul este construit din oțel de construcție (material mai ieftin și cu bună prelucrabilitate), iar partea activă din materiale așchietoare de înaltă calitate (oțel rapid sau carburi metalice sinterizate – sub forma unor plăcuțe fixate mecanic sau prin lipire tare (brazare) pe dinți amovibili, ori direct în corpul sculei.

Se întâlnește și soluția plăcuțelor sau a dinților amovibili reglabili în corpul sculei.

- ♦ După forma dinților (forma suprafeței de așezare a dinților) se deosebesc:

- frezele *cu dinți frezați* (fig. 5.3a, b, d₁, d₃, d₄, e, f).

- frezele *cu dinți detalonați* (fig. 5.3d₂, g) sunt freze profilate, la care suprafața de așezare a dinților este obținută în urma operației de *detalonare*.

La frezele cu dinți frezați, suprafața de așezare (spatele dintelui) este executată prin frezare plană sau dublu plană, iar ascuțirea/reascuțirea se face pe suprafața de așezare. La frezele cu dinți detalonați (scule profilate), pentru păstrarea profilului inițial, dinții se ascut și se reascut numai pe suprafața de degajare, iar suprafața de așezare are profil arhimedic (într-un plan normal la axa frezei); profilul arhimedic asigură menținerea neschimbată a profilului sculei (definit în planul axial al frezei), chiar după operații repetate de reascuțire, ce conduc inevitabil la diminuarea diametrului sculei.

Standardul românesc STAS 577 clasifică dinții frezelor în: • *dinte triunghiular* (cu suprafața de așezare simplă, plană); • *dinte trapezoidal* (cu suprafața de așezare dublu plană); • *dinte rotund* (cu profil în arc de cerc obținut prin frezare profilată); • *dinte cu fațetă*

proiemință (cu fața de așezare frezată și cu fațetă supraînălțată); • *dinte detalonat*.

♦ Același standard clasifică forma tășurilor frezelor (fig. 5.4) în: • *tăiș neted* (fig. 5.4a); • *tăiș întrerupt* (fig. 5.4b); • *tăiș rotund* (pentru degroșare) (fig. 5.4c); • *tăiș semirotund* (pentru degroșare) (fig. 5.4d).

♦ După pasul danturii frezelor (conform STAS 577):

• *freze cu pas egal* (dantură cu divizare egală) – cu dinți echidistanți;

• *freze cu pas inegal* (dantură cu divizare inegală).

♦ După forma suprafeței prelucrate, sunt: • freze pentru suprafețe plane (v. fig. 5.3a, b₁, c), freze pentru suprafețe de colț (fig. 5.3b₁, b₂, d₁), freze pentru suprafețe profilate (fig. 5.3b₃, d₂, g), freze pentru canale (fig. 5.3b₂, d₁, d_{3,4}, f₃, d_{3,4}), freze pentru retezare (freze ferăstrău) (fig. 5.3e), freze pentru danturare, freze pentru filetare.

Refacerea calităților așchietoare la sculele uzate se face:

- ♦ prin *reascutire* – în cazul frezelor monobloc (executate din oțel rapid sau din carburi dure ne-supraacoperite), ori a frezelor cu plăcuțe brazate direct în corp sau pe dinți demontabili;
- ♦ prin schimbarea plăcuțelor așchietoare – la frezele cu plăcuțe dure fixate mecanic (direct în corp sau pe dinți amovibili).

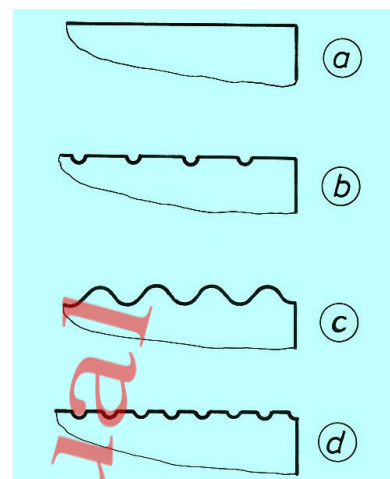


Fig. 5.4. Forme de tășuri în construcția frezelor: (a) – neted; (b) – întrerupt; (c) – tăiș rotund pentru degroșare; (d) – tăiș semirotund pentru degroșare

2.4. Suprafețe prelucrate prin frezare

♦ **Frezarea suprafețelor plane se realizează:**

- cu freza cilindrică (fig. 5.5a). Operația este efectuată pe mașini de frezat orizontale, iar lățimea semifabricatului nu trebuie să depășească lungimea frezei.
- cu freza frontală (fig. 5.5b);
- cu freza cilindro-frontală (fig. 5.5c).

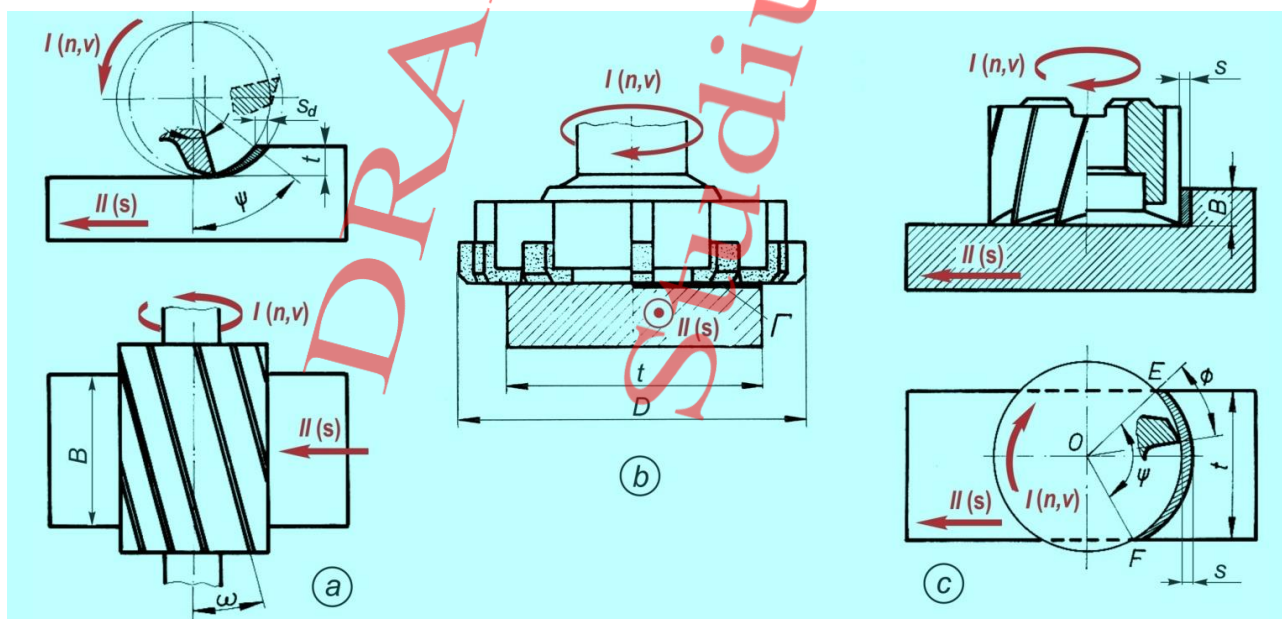


Fig. 5.5. Frezarea suprafețelor plane: (a) – cu freza cilindrică; (b) – cu freza frontală; (c) – cu freza cilindro-frontală

♦ **Frezarea suprafețelor plane înclinate se face** (fig. 5.6):

- prin înclinarea semifabricatului și aducerea în plan orizontal a suprafeței de generat (utilizând o menghină înclinabilă sau prin înclinarea mesei mașinii-unelte) (fig. 5.6a). În acest caz se utilizează scule obișnuite (freze cilindrice, frontale sau cilindro-frontale);
- prin înclinarea axului port-sculă, pe mașini de frezat verticale, folosind frezele cilindro-frontale (fig. 5.6b);
- cu ajutorul frezelor unghiulare, cu unchiul egal cu înclinarea suprafeței de generat (fără a se înclina semifabricatul sau capul de frezat) (fig. 5.6c) – la suprafețe înguste.

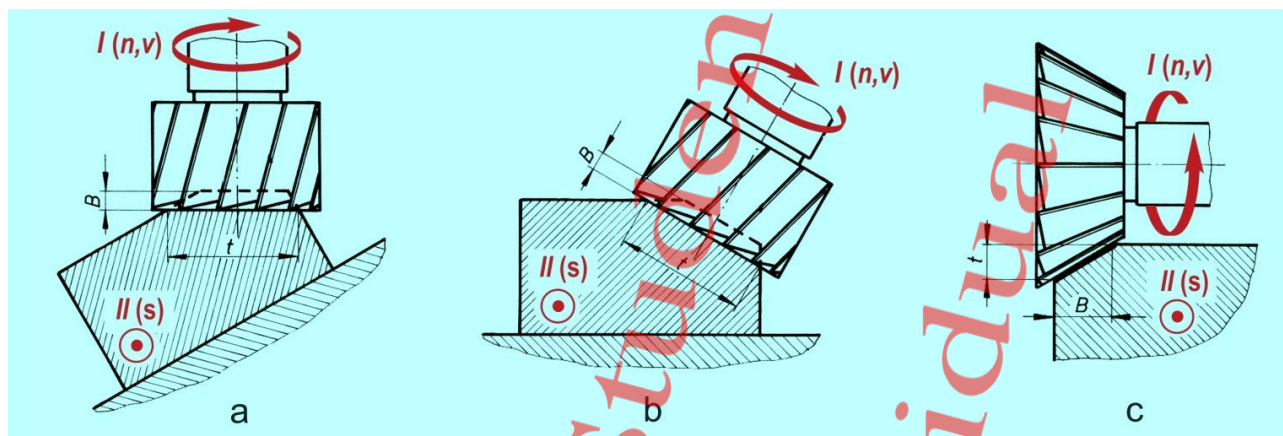


Fig. 5.6. Frezarea suprafețelor plane înclinate: (a) – prin înclinarea piesei; (b) – prin înclinarea axului port-sculă; (c) – cu freza unghiulară

- ♦ **Suprafețele plane verticale (laterale)** pot fi prelucrate cu (fig. 5.7):
 - freze frontale (sau capete de frezat) (fig. 5.7a), ori cu partea frontală a frezelor cilindro-frontale – pe mașini de frezat cu ax orizontal;
 - partea cilindrică a frezelor cilindro-frontale (fig. 5.7b) – pe mașini-unelte cu ax vertical;
 - cu partea laterală a frezelor disc cu 2 (fig. 5.7c) sau 3 tășuri.
- Utilizarea ultimelor două metode este limitată de înălțimea suprafeței prelucrate.

◆ Frezarea de colț

Frezarea simultană a două suprafețe plane adiacente perpendiculare între ele (fig. 5.8) poate fi realizată cu ajutorul frezelor cilindro-frontale (fig. 5.8a) și a frezelor disc (cu 2 sau 3 tășuri) (fig. 5.8b).

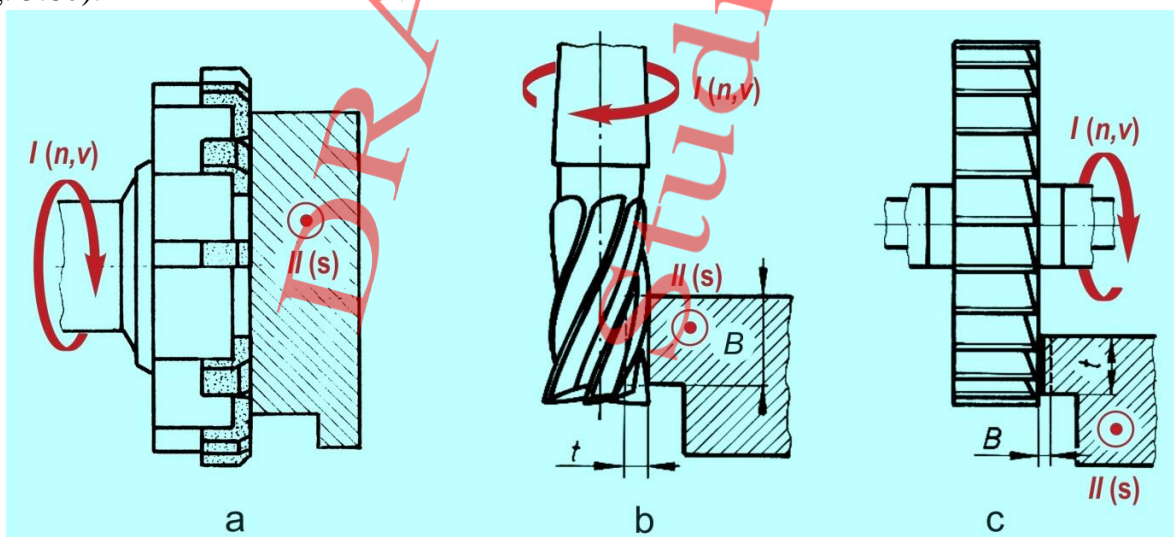


Fig. 5.7. Frezarea suprafețelor plane verticale: (a) – cu cap de frezat; (b) – cu freza cilindro-frontală; (c) – cu freza disc

◆ Frezarea canalelor

Canalele reprezintă suprafețe semideschise cu o anumită formă geometrică a secțiunii transversale, dintre care, cele mai uzuale forme sunt: rectangulară, unghiulară, rotundă, în formă de T, în „coadă de rândunică”.

◆ *Canalele deschise și semideschise cu secțiune dreptunghiulară* (fig. 5.9) se obțin în mod frecvent cu ajutorul frezelor cilindro-frontale (freze deget) (fig. 5.9a). Pentru canalele deschise și de adâncime mai mare sunt mai productive frezele disc cu trei tăișuri (fig. 5.9b), iar în cazul canalelor adânci și înguste se pot utiliza frezele ferăstrău (fig. 5.9c).

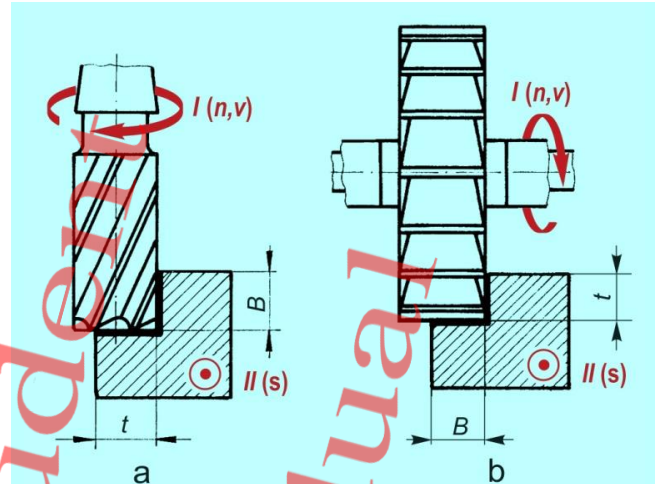


Fig. 5.8. Frezarea de colț: (a) – cu freza cilindro-frontală; (b) – cu freza disc cu 3 tăișuri

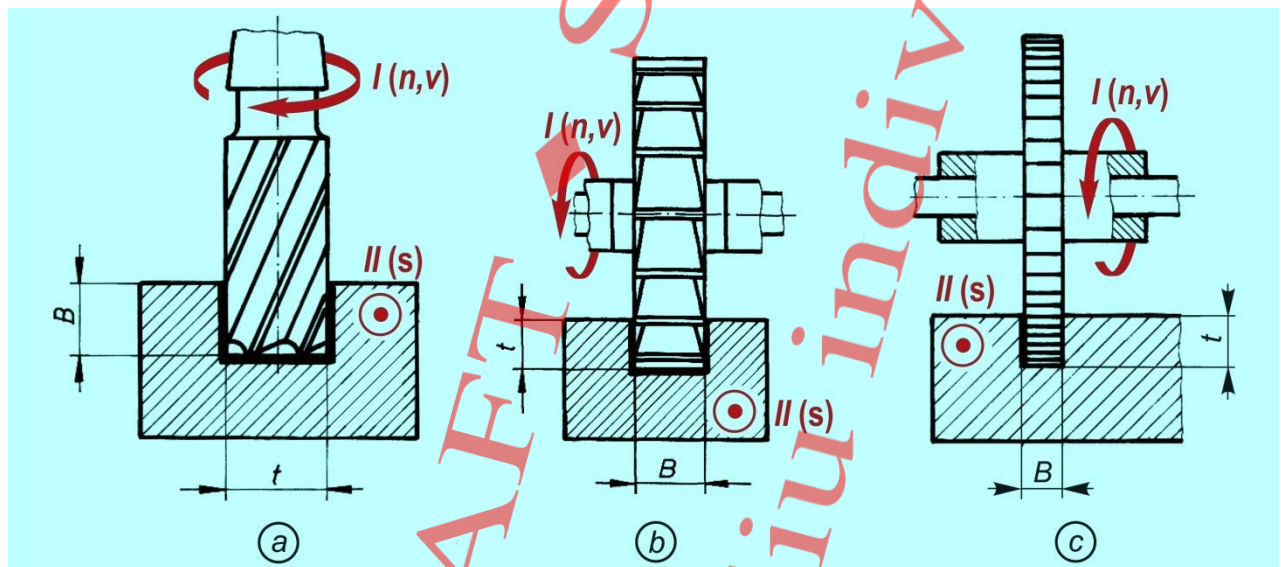


Fig. 5.9. Frezarea canalelor deschise și semideschise, cu secțiune dreptunghiulară: (a) – cu freza cilindro-frontală; (b) – cu freza disc cu 3 tăișuri; (c) – cu freza ferăstrău;

◆ *Canalele de pană* (fig. 5.10) se prelucurează cu freze cilindro-frontale (freze deget) (fig. 5.10a) sau cu freze disc (fig. 5.10b), folosind avansul longitudinal – în cazul penelor longitudinale, iar canalele pentru penele disc se obțin cu freze disc, utilizând avansul de pătrundere (fig. 5.10c).

◆ *Canalele cu profil special* (fig. 5.11) în T și canalele în coadă de rândunică se prelucurează cu freze cu coadă și profil în T (fig. 5.11a), respectiv freză unghiulară (fig. 5.11b), după degroșarea/spargerea canalului (cu freza cilindro-frontală sau freza disc).

◆ *Canalele unghiulare*, întâlnite în general la sculele așchietoare, se prelucurează cu freze unghiulare (fig. 5.12): biconice (fig. 5.12a) sau conice (fig. 5.12b). În cazul formelor elicoidale (înclinate) a canalelor de cuprindere a așchiilor, diametrul frezei unghiulare trebuie ales în funcție de diametrul semifabricatului și de unghiul elicei canalelor de executat, pentru evitarea interferenței.

◆ **Frezarea profilată** cuprinde două aspecte, legate de forma suprafețelor și modul de generare al acestora:

◆ *profilele plane* sunt considerate suprafețe profilate pentru care curba generatoare Γ are un anumit profil, iar curba directoare Δ este rectilie, drept pentru care acestea pot fi obținute

prin frezare (fig. 5.13), pe mașini-unelte clasice, folosind o sculă profilată: o freză disc (fig. 5.13a,b), o freză deget sau un joc/set de freze (fig. 5.13c).

♦ *profilele spațiale* prezintă ambele curbe generatoare Γ și Δ cu un anumit profil, frezarea lor fiind posibilă pe mașini-unelte clasice numai cu ajutorul șabloanelor de copiere spațială, ori pe mașini-unelte programabile (spre exemplu, mașini CNC). În ambele situații, se va utiliza, ca scula așchietoare, o freză deget cu cap sferic.

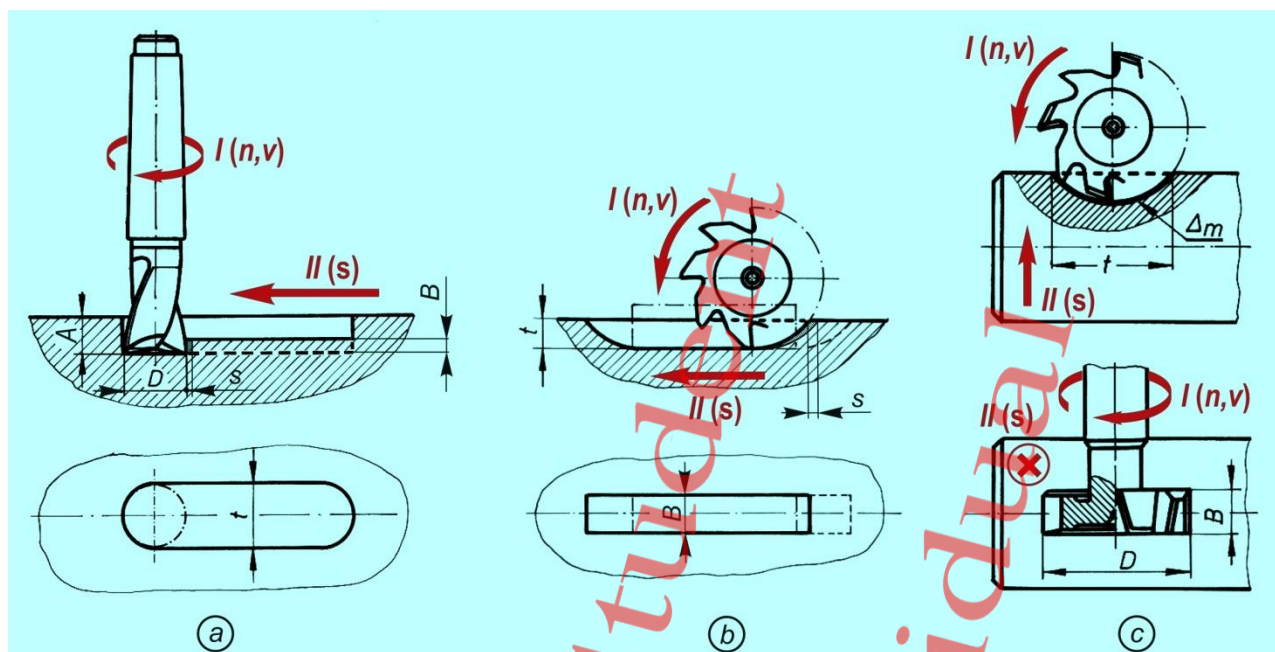


Fig. 5.10. Frezarea canalelor de pană: locaș pentru pană longitudinală prelucrat cu freza cilindro-frontală (a) sau cu freza disc (b); locaș prelucrat cu freza disc, pentru pene disc (c).

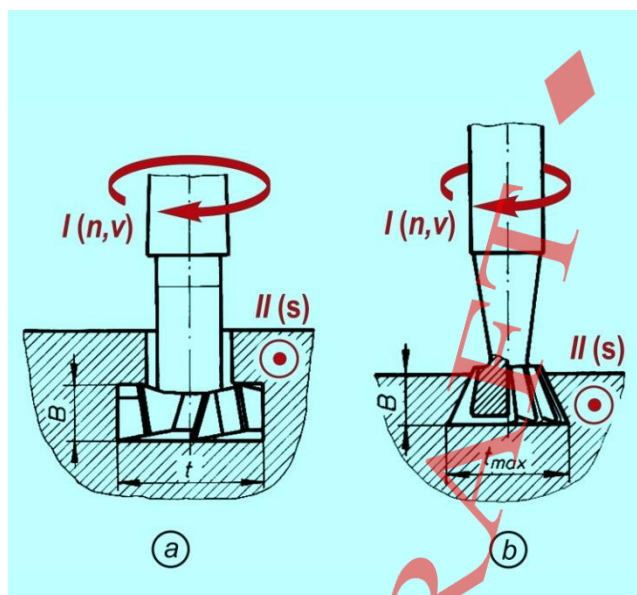


Fig. 5.11. Profilarea prin frezare a canalelor în T (a) și a canalelor în coadă de rândunică (b).

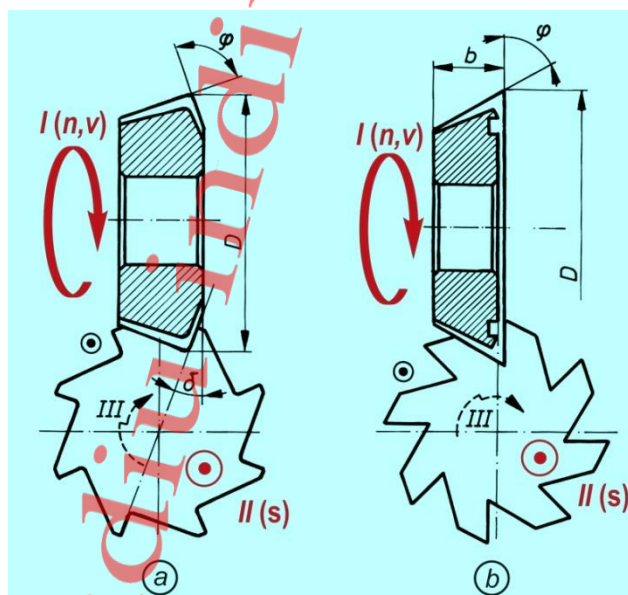


Fig. 5.12. Frezarea canalelor unghiulare la sculele așchietoare: (a) – cu freza biconică; (b) – cu freza conică.

◆ Frezarea suprafețelor de revoluție

Suprafețele de revoluție pot fi generate și prin frezare (5.14). Mișcările de lucru cuprind, în afara mișcării principale de rotație a frezei $I(n, v)$, două mișcări de avans, avansul principal fiind mișcarea de rotație a semifabricatului (sub forma avansul circular II); acesta generează curba directoare, circulară Δ . În cazul frezării suprafețelor profilate de revoluție

(fig. 5.14a) prin metoda materializării curbei generatoare Γ , a doua mișcare de avans III are rolul de îndepărtare a adaosului (nu este un avans generator). În schimb, la frezarea suprafețelor cilindrice (fig. 5.14b) sau conice (fig. 5.14c) avansul III asigură obținerea generatoarei rectilinii Γ , deci este avans generator.

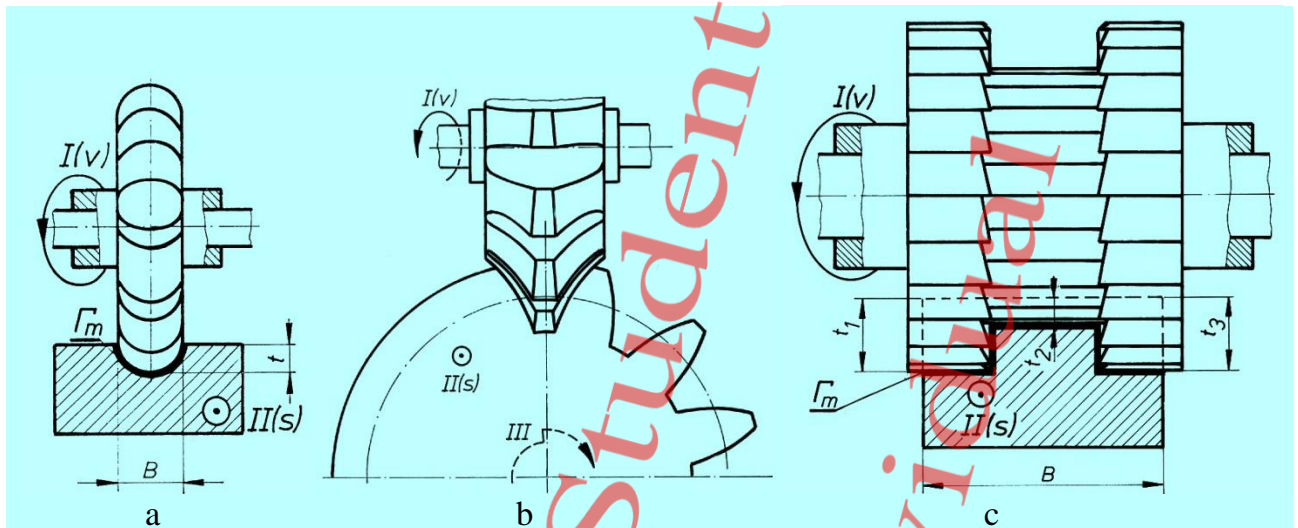


Fig. 5.13. Frezarea suprafețelor profilate: (a) – cu freza disc convexă; (b) – frezarea danturilor cilindrice cu freza disc-modul (prin metoda divizării); (c) – frezarea cu joc (set) de freze.

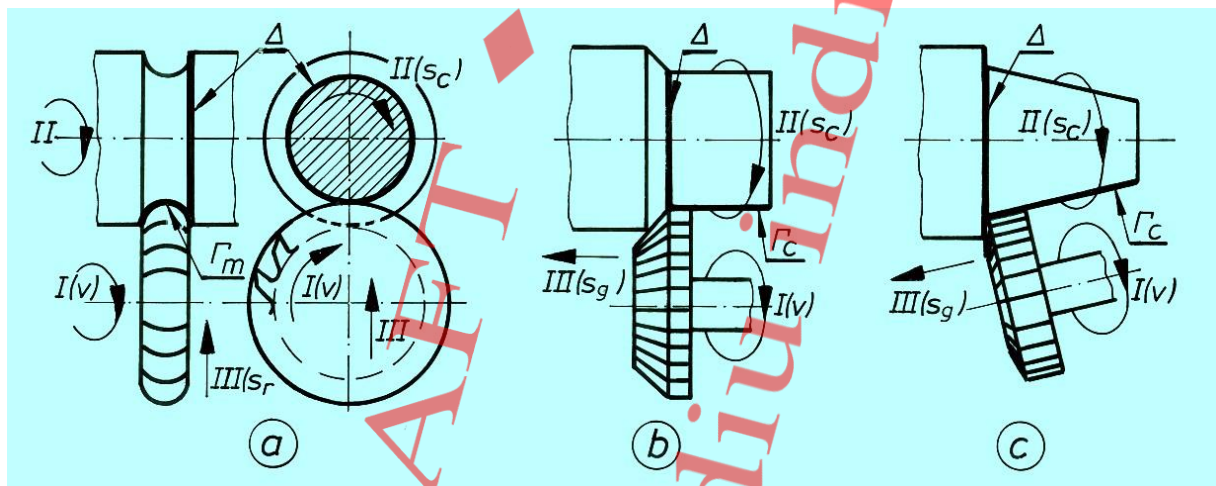


Fig. 5.14. Frezarea circulară a suprafețelor profilate (a), cilindrice (b) și conice (c).

2.5. Structura mașinii de frezat. Mașini de frezat cu consolă

Mașinile de frezat sunt destinate prelucrării următoarelor tipuri de suprafețe: plane și profilate, canale deschise și suprafețe complexe, cu diferite forme ale curbelor directoare și generatoare. Procesul de așchiere are loc prin compunerea mișcării principale (rotația sculei) cu una sau două mișcări de avans, executate de semifabricat și/sau de sculă. Variantele de lucru cu două mișcări coordonate de avans se utilizează pentru generarea suprafețelor elicoidale sau pentru conturarea suprafețelor complexe, prin comandă după șablon sau prin comandă cu sisteme numerice. În afară de mișcările de generare (de lucru), sunt necesare și diferite mișcări auxiliare, de poziționare reciprocă sculă-semifabricat. Poziționarea se realizează prin mișcări de translație și de rotație ale elementelor sistemului tehnologic, utilizând lanțurile cinematice de avans mecanic rapid (pentru curse mai mari) și/sau avansul manual.

Marea diversitate a mașinilor de frezat a făcut să se contureze mai multe criterii de clasificare: • după destinație, • după structura sistemului de lucru, • după numărul și poziția

arborilor principali; • după forma și dimensiunile mesei; • după traiectoria mișcării de avans.

Mașinile de frezat cu consolă formează categoria de bază a mașinilor de frezat și au drept caracteristică definitorie *consola* care susține masa de lucru (fig. 5.15).

Datorită acestui sistem de rezemare a mesei – care asigură o rigiditate limitată, mașinile de frezat cu consolă sunt destinate pentru prelucrarea pieselor de dimensiuni mici și mijlocii, dar care necesită o gamă largă de operații. După poziția arborelui principal, aceste mașini pot fi *orizontale* (fig. 5.15a), *verticale* (fig. 5.15b) și *universale*.

Pentru mașinile de frezat orizontale, prevăzute cu posibilitatea de poziționare unghiulară a mesei și dotate cu numeroase accesorii (cap vertical pentru frezare, cap pentru mortezare, cap pentru rectificare, cap divizor etc.) s-a adoptat denumirea de *mașini de frezat universale*. La toate tipurile de mașini de frezat cu consolă, subansamblurile mașinii sunt în mare parte asemănătoare.

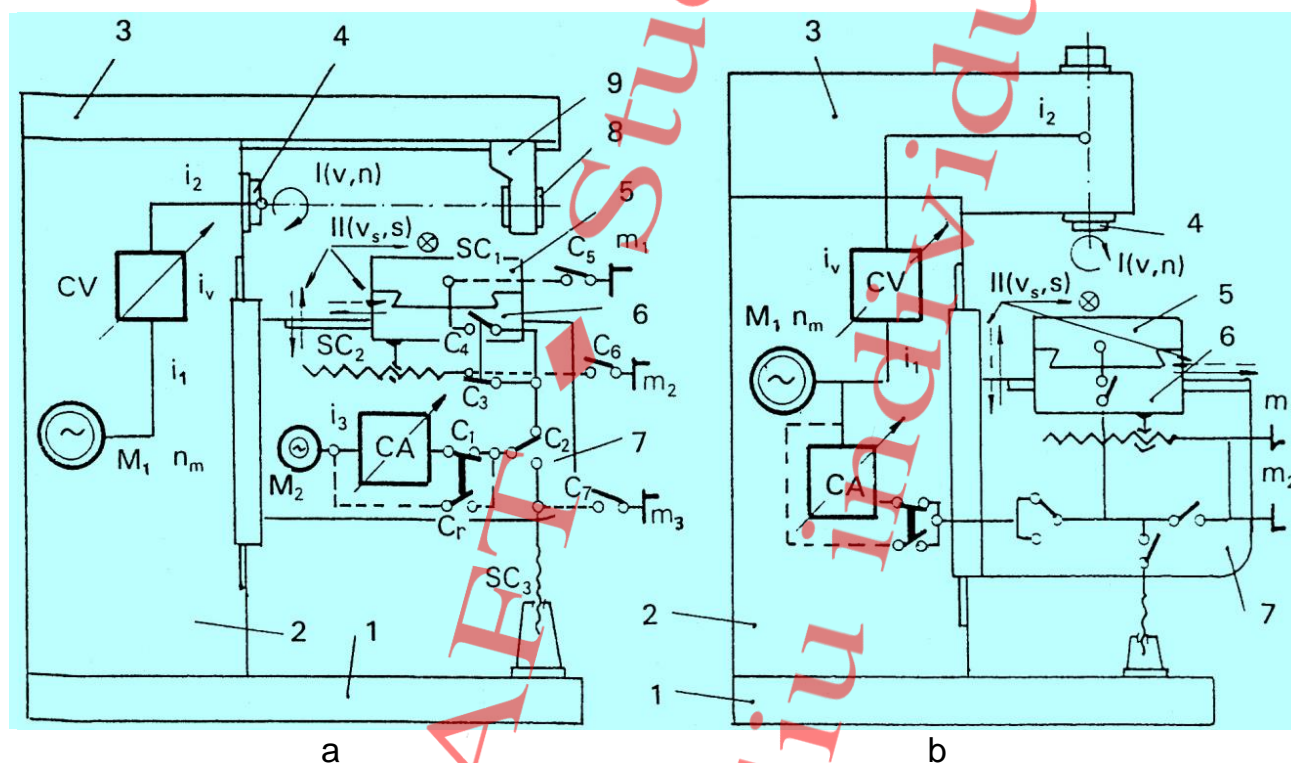


Fig. 5.15. Structura cinematică a mașinii de frezat orizontală (a) și verticale (b)

Ținând seama de această clasificare, mașinile de frezat cu consolă fabricate în țara noastră se simbolizează prin inițialele respective: FO, FV, FU. Numerele incluse în simbol se referă la dimensiunile mesei; spre exemplu, simbolul FU 32 x 132 reprezintă o mașină de frezat universală cu masa de 320 mm lățime (și 1320 mm lungime). Pentru unele mașini verticale, simbolul indică și felul capului de frezat: FV 36 x 140 CF – mașină de frezat verticală cu cap fix; FV 36 x 140 CR – mașină de frezat verticală cu cap rotativ. Mașinile de frezat universale pentru sculărie conțin în simbol inițiala S, de exemplu FUS 25 (250 mm este lățimea mesei).

2.5.1. Construcția mașinii de frezat cu consolă

◆ **Mașina de frezat orizontală (FO)** (v. fig. 5.15a) se compune din placa de bază 1, pe care este așezat montantul/corpusul mașinii 2. Pe partea din față a montantului sunt prevăzute ghidaje verticale în coadă de rândunică, în lungul cărora se deplasează consola 7. Acționarea consolei pentru deplasarea verticală se face prin intermediul șurubului conducător SC₃,

acționat de motorul M_2 sau manual – de la manivela m_3 .

Pe consolă sunt prevăzute niște ghidaje orizontale în lungul cărora se deplasează sania transversală 6, iar pe aceasta din urmă se deplasează, pe direcție longitudinală, masa de lucru 5. Prin ghidajele verticale de pe montant și cele două perechi de ghidaje în cruce de pe consolă și de pe sania transversală, se asigură mesei de lucru mișcări în trei direcții perpendiculare. Mișcarea principală de așchiere $I(v,n)$ este executată de scula așchietoare montată pe un dorn. Dornul portfreză este montat pe axul principal 4 (prevăzut cu un con interior) și sprijinit suplimentar la celălalt capăt pe un lagăr 8 montat în suportul 9, reglabil pe ghidajul brațului pentru rigidizare 3.

◆ **Mașina de frezat verticală** (v. fig. 5.15b) are structura asemănătoare cu cea orizontală, atât din punct de vedere constructiv cât și din punct de vedere cinematic. Deosebirea dintre ele constă doar în modul de orientare a axului principal (pe verticală în ultimul caz), ceea ce a condus la modificarea părții superioare a batiului sub forma capului de frezare 3, în vederea montării arborelui port-sculă 4.

◆ **Mașina de frezat universală (FU)** este asemănătoare cu cea orizontală, însă are posibilitatea efectuării unor mișcări suplimentare de reglare, în vederea efectuării de operații mai complexe de generare, cum sunt: frezarea canalelor elicoidale, a danturilor cilindrice înclinate și conice, a elicelor plane etc. Acest tip de mașină este destinat frezării cu freze cilindrice, disc, unghiulare, frontale și profilate, atât în producția individuală, cât și în producția de serie.

În categoria mașinilor de frezat universale intră și modelul românesc FU 32 prezentat în figura 5.16. Spre deosebire de mașina de frezat orizontală (v. fig. 5.15a), mașina FU 32 poate utiliza și un cap de frezare vertical, înclinabil într-un plan vertical, iar masa de lucru poate fi rotită în plan orizontal. În acest scop, ghidajul longitudinal nu mai este practicat direct pe sania transversală 7, ci pe o piesă intermediară – placa pivotantă 13, care permite reglarea poziției ghidajului longitudinal al mesei 8 cu un unghi maxim de $\pm 22^\circ$ (mișcarea de reglare V în

fig.

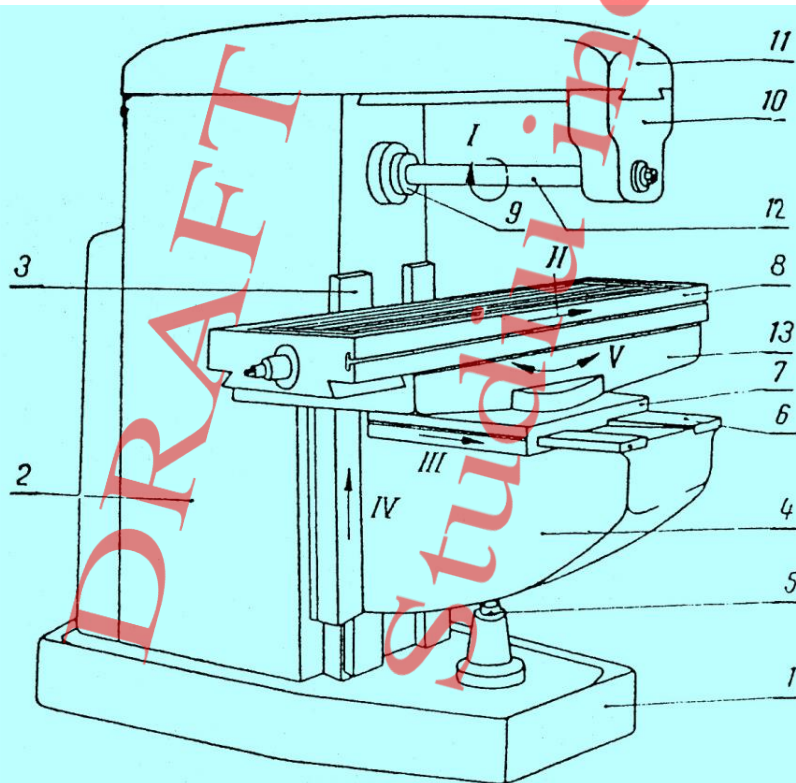


Fig. 5.16. Elementele constructive ale mașinii de frezat universale FU 32

5.16). Masa 8 se poate deplasa în ciclu semiautomat și automat.

Pentru a reduce timpii auxiliari de reglare și a ușura deservirea, mașina este prevăzută cu:

- dublarea comenzilor;
- pornirea și oprirea axului principal și cuplarea deplasării rapide a mesei prin butoane;
- schimbarea vitezelor și avansurilor cu ajutorul mecanismelor de selectare, care permit cuplarea oricărei viteze sau avans fără a trece prin treptele intermediare;
- frânarea axului principal prin contracurent, cu folosirea releului de control al vitezei.

2.5.2. Cinematica mașinii de frezat FU 32

Corespunzător structurii cinematice prezentate în figura 5.15a, mașina FU 32 se caracterizează prin acționarea independentă a lanțului cinematic principal (de la motorul M_1) și a lanțurilor cinematice de avans (de la motorul M_2). Ținând seama de varietatea operațiilor executate, diversitatea de forme și dimensiuni de scule utilizate – din diferite materiale așchietoare, precum și gama largă de materiale prelucrate, se impune reglarea într-un interval relativ mare a turației arborelui principal, în vederea obținerii unei viteze de lucru cât mai apropiată de viteza optimă, calculată. În același timp trebuie realizată și reglarea vitezei de avans, pentru obținerea avansului pe rotație (sau pe dinte) impus. În acest sens, lanțul cinematic principal are în structură o cutie de viteze CV, iar lanțurile cinematice de avans au cutia de avansuri CA comună. Cele trei lanțuri cinematice de avans de lucru au, ca mecanisme finale de transformare a mișcării de rotație în mișcare rectilinie continuă, mecanisme de tip șurub-piuliță, șuruburile conducătoare $SC_1 \div SC_3$ primind mișcarea de la cutia de avansuri CA (pentru avansul de lucru mecanic, ori avansul rapid) sau de la roțile de mână $m_1 \div m_3$ (în vederea reglajului manual).

◆ **Acționarea axului principal** se face de la motorul M_1 (fig. 5.17), cu turația teoretică de 1500 rot/min (practic 1460 rot/min), de tip flanșat, prin intermediul unei cutii de viteze CV cu formula structurală $18 = 3_1 \times 3_3 \times 2_9$, pentru asigurarea a 18 turații cuprinse în intervalul $30 \div 1500$ rot/min și aflate într-o progresie geometrică cu rația $\phi = 1,26$.

Turația de ordinul j a arborelui principal (v , fig. 5.15a) depinde de turația n'_0 a motorului principal de acționare M_1 , de produsul rapoartelor de transfer constante i_1 – înainte de cutia de viteze și i_2 – după cutia de viteze și de raportul i_v (reglabil), realizat prin cutia de viteze:

$$n_j = n'_0 \cdot i_1 \cdot i_2 \cdot i_v, \quad [\text{rot/min}] \quad (5.5)$$

Pentru mașina de frezat FU 32, rapoartele i_1 și i_2 sunt egale cu unitatea.

◆ Pentru **realizarea mișcării de avans** pe cele trei direcții, mișcarea primită de la motorul independent M_2 este transmisă printr-o serie de angrenaje cu raport constant i_3 (v. fig. 5.15a) la cutia de avansuri CA (plasată în interiorul consolei) cu structura cinematică $18 = 3_3 \times 3_1 \times (2_9)$. Prin posibilitățile de comutare ale blocurilor baladoare (v. fig. 5.17) și ale mecanismului cu intermediară $z_{33}/z_{34} - z_{35}/z_{36}$ se obțin 18 trepte de avans în progresie geometrică cu rația 1,26 (în sens longitudinal și transversal viteza de avans este în limitele 19 și 950 mm/min).

Urmărind în paralel schema cinematică structurală (v. fig. 5.15a) și schema cinematică a mașinii FU 32 (v. fig. 5.17) se observă rolul cuplajelor:

◆ la închiderea cuplajului C_1 (cuplajul C_r se deschide) mișcarea, reglată prin cutia de avansuri CA, ajunge de la axul X, la nivelul arborelui XII (v. fig. 5.17), de la care, prin închiderea cuplajului C_2 , se transmite efectiv mișcarea la axul XII și se obține avansul vertical al consolei – prin antrenarea șurubului conducător SC_3 (șurubul V în fig. 5.17).

Mișcarea de la roata liberă z_{41} de pe axul XII se transmite în continuare la axul XIII.

♦ de la axul *XIII*, mișcarea se transmite prin angrenajul Z_{42}/Z_{47} la nivelul șurubului conducător SC_2 (șurubul T din prelungirea axului *XIV* în fig. 5.17) și-l antrenează, pentru poziția închisă a cuplajului C_3 ; se obține avansul transversal mecanic.

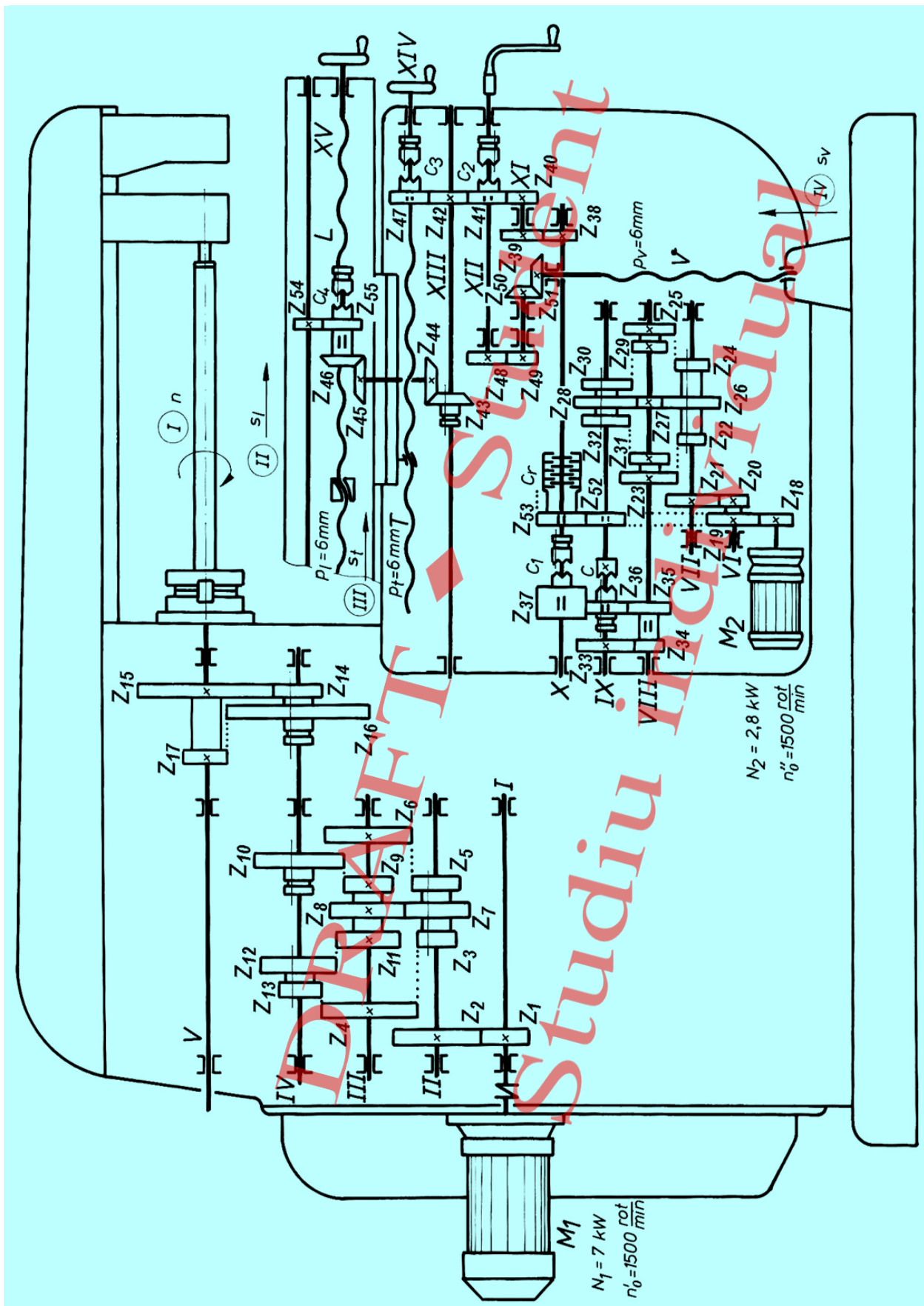


Fig. 5.17. Schema cinematică a mașinii de frezat FU 32

♦ de la axul *XIII* mișcarea se transmite prin angrenajele conice z_{43}/z_{44} și z_{45}/z_{46} și, dacă este închis cuplajul C_4 , mișcarea ajunge la șurubul de avans longitudinal SC_1 (șurubul L de pe axul XV în fig. 5.17); se realizează avansul mecanic în direcție longitudinală.

♦ cuplajele C_5 , C_6 și C_7 (v. fig. 5.15a) permit legătura directă a roților de mână $m_1 \div m_3$ la șuruburile de avans $SC_1 \div SC_3$.

Numerele de dinți ale roților din figura 5.17 și modului lor sunt centralizate în tabelul 5.1.

Tab. 5.1.

| nr.ordine | z_1 | z_2 | z_3 | z_4 | z_5 | z_6 | z_7 | z_8 | z_9 | z_{10} | z_{11} | z_{12} | z_{13} | z_{14} | z_{15} | z_{16} | z_{17} | z_{18} | z_{19} |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| nr.dinți | 26 | 54 | 16 | 39 | 19 | 36 | 22 | 33 | 18 | 47 | 28 | 37 | 26 | 19 | 71 | 82 | 38 | 26 | 44 |
| modul | 3 | | 4 | | | | | | | | | | | | | | | 3 | 2 |

| nr.ordine | z_{20} | z_{21} | z_{22} | z_{23} | z_{24} | z_{25} | z_{26} | z_{27} | z_{28} | z_{29} | z_{30} | z_{31} | z_{32} | z_{33} | z_{34} | z_{35} | z_{36} | z_{37} | z_{38} |
|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| nr.dinți | 20 | 68 | 18 | 36 | 27 | 27 | 36 | 18 | 40 | 21 | 27 | 24 | 34 | 13 | 45 | 18 | 40 | 40 | 28 |
| modul | 2 | | 2,5 | | | | | | | | | | | | | | | | |

| nr.ordine | z_{39} | z_{40} | z_{41} | z_{42} | z_{43} | z_{44} | z_{45} | z_{46} | z_{47} | z_{48} | z_{49} | z_{50} | z_{51} | z_{52} | z_{53} | z_{54} | z_{55} |
|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| nr.dinți | 35 | 18 | 33 | 37 | 18 | 16 | 18 | 18 | 33 | 22 | 33 | 22 | 44 | 57 | 43 | 15 | 30 |
| modul | 2,5 | | 3 | | | | | | | | | | 4 | 2 | 3 | | |

2.6. Accesorii speciale ale mașinii de frezat

Accesoriiile mașinii de frezat se împart în două categorii:

- ♦ *accesorii universale (normale)*, care echipează orice mașină de frezat cu consolă. Ele cuprind: • dispozitivele divizoare; • capul de frezat universal (la mașinile de sculărie); • capul de frezat vertical; • dispozitivele universale pentru prinderea semifabricatului;
- ♦ *accesorii speciale*: • capul de mortezat; • capul pentru rectificarea unor suprafețe;
- ♦ masa/platoul circular divizor etc.

♦ **Capul divizor** este un dispozitiv cu ajutorul căruia se pot imprima unei piese rotiri fracționare repetate, egale sau neegale, cu o precizie ridicată.

Operațiile tipice executate pe mașinile de frezat cu ajutorul capului divizor, sunt:

- frezarea danturilor roților dințate;
- frezarea canalelor elicoidale;
- tăierea dinților la cuplaje;
- frezarea laturilor unei piese cu profil poligonal;
- frezarea danturii cremalierelor.

Capul divizor se compune dintr-un corp 1 de formă cilindrică (fig. 5.18), în interiorul căruia se află un angrenaj melc-roată melcată cu raportul de transfer k/z_m . Corpul 1 se reazemă prin capetele sale în lagărele suportului 2, permițând rotirea acestuia și orientarea axului principal 3 sub un unghi cuprins între -10° și 100° față de un plan orizontal. Piesa de divizat se fixează într-un dispozitiv universal de prindere (nereprezentat în figură) montat pe axul principal 3. În partea din față a axului principal se află discul 4 pe care sunt practicate circular

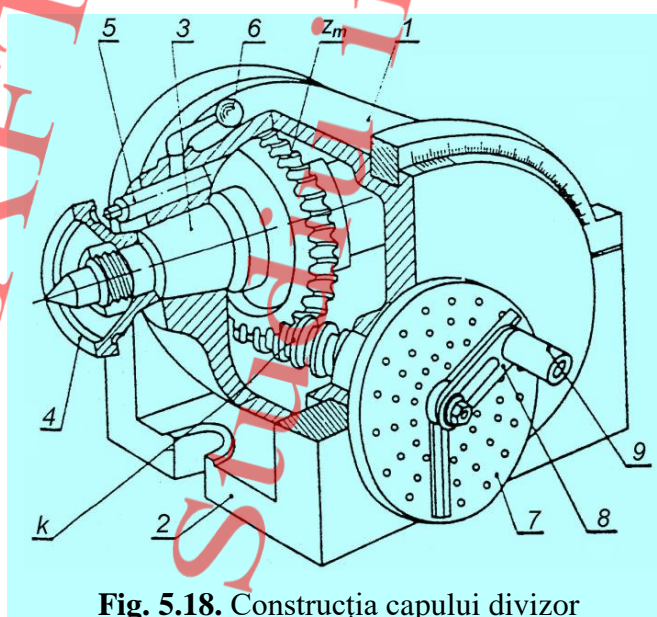


Fig. 5.18. Construcția capului divizor

trei șiruri de găuri (24, 30 și 36 găuri); șirurile sunt dispuse concentric cu axul principal, iar pe fiecare șir găurile sunt echidistante.

Între două prelucrări succesive, piesa de divizat se rotește simultan cu discul divizor⁴ cu un număr determinat de pași unghiulari, efectuați pe un anumit cerc de pe discul divizor, poziția efectivă de lucru fiind dată prin blocarea discului cu un știft indexor 5, montat într-un locaș al corpului 1 și acționat printr-o manetă 6. La rotirea semifabricatului (după extragerea știftului indexor din gaură) se utilizează manivela 8 și angrenajul melcat k/z_m .

În afara metodei de divizare directă, se utilizează, pentru o gamă mai largă de împărțiri circulare, *metoda divizării indirecte*. La această metodă se utilizează discul (sau setul de discuri divizoare) 7, montat liber pe arborele șurubului melc, dar blocat de corpul capului divizor printr-un opritor situat lateral sau în spatele discului (nereprezentat în figură).

La divizarea indirectă, în calculul pentru determinarea cercului cu găuri și a numărului de intervale, intră și raportul de demultiplicare al angrenajului melcat, ceea ce conferă metodei o precizie mai mare de poziționare și o gamă mai largă de divizări. De această dată discul divizor va fi rigid, iar indexorul pentru materializarea găurii este mobil, el fiind sub forma unui știft montat în interiorul mânerului 9 de la manivela 8.

◆ **Masa divizoare rotativă** (fig. 5.19) poate fi antrenată manual sau mecanic și servește la frezarea canalelor circulare sau a suprafețelor circulare, precum și la divizarea pieselor care nu pot fi fixate în dispozitivul universal de prindere al capului divizor.

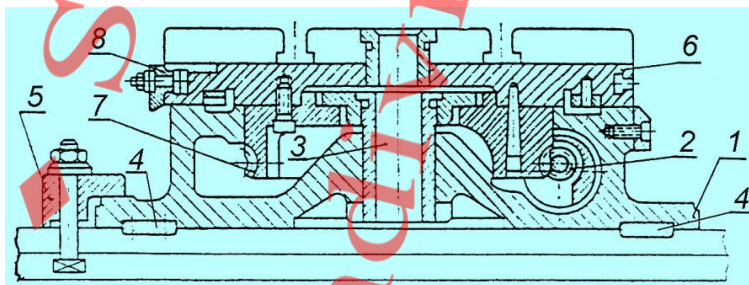


Fig. 5.19. Masa divizoare rotativă

Corpul (placa de bază) 1 în care se află montat (în poziție laterală) șurubul melc 2 și pivotul central 3 se poziționează pe masa mașinii de frezat prin intermediul unor pene 4 și se fixează cu ajutorul unor bride 5. Masa 6 are practicate canale în T pentru fixarea piesei prin intermediul bridelor. Ea se sprijină pe corpul 1 și este rotită de roata melcată 7, în angrenare cu șurubul melc 2. Pe partea laterală a mesei sunt prevăzute gradații și un canal pentru fixarea unor limitatoare 8.

2.7. Sisteme de poziționare-fixare a sculelor și a semifabricatelor

◆ Fixarea sculelor.

◆ *La mașinile de frezat orizontale* freza cu alezaj se montează pe un dorn portfreză orizontal 1 (fig. 5.20), de lungime mare – centrat prin coada conică 2 în conul interior al axului principal 3 al mașinii. Fixarea dornului se face prin tragere pe con cu un tirant central 6. Capătul liber al dornului se montează într-un lagăr suplimentar din suportul 4 de pe brațul-suport 5. Sprijinirea suplimentară pe lagărul din suportul 4 este obligatorie mai ales în cazurile în care distanța dintre freză și axul principal al mașinii este mare sau când regimurile de așchiere sunt intense. Distanța de la sculă la conul de fixare al dornului se stabilește prin adăugarea unor bușe distanțier 7. Preluarea momentului de rotație de la dornul port-freză la arborele principal se realizează prin penele frontale 8, iar transmiterea momentului de la dorn la scula așchietoare se face prin pene frontale sau prin pana longitudinală 9 (ca în fig. 5.20), în funcție de tipul constructiv al frezei.

⁴ La aceasta metodă de divizare, numită *divizare directă*, discul este fixat rigid în spatele dispozitivului universal de prindere, rotindu-se odată cu acesta și cu semifabricatul.

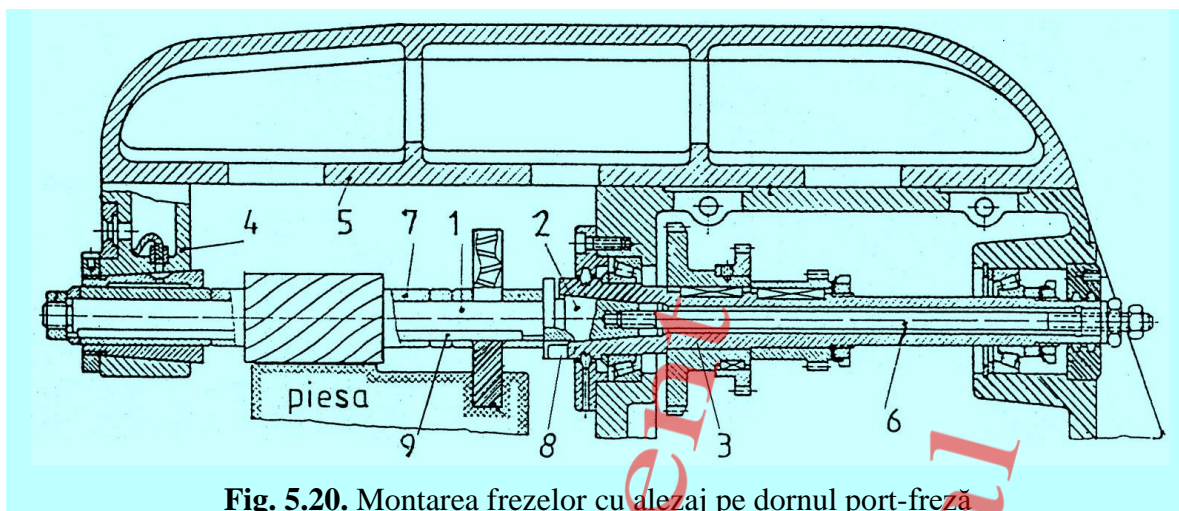


Fig. 5.20. Montarea frezelor cu alezaj pe dornul port-freză

♦ *Frezele frontale* (utilizate în special pe mașinile de frezat cu cap vertical) se fixează direct pe axul principal, ori prin intermediul unui dorn port-freză scurt (fig. 5.21).

• Frezele frontale de diametru mic sunt monobloc cu conul de prindere, iar fixarea acestora pe arborele principal se face printr-un tirant central, interior; momentul este preluat cu ajutorul a două pene frontale (fixate cu șurub în canale pe partea frontală a capătului arborelui principal) – jumătate din înălțimea penelor intră în canalul de pe arborele principal, iar jumătate intră în canalul frontal de pe corpul frezei.

• Frezele frontale de diametru mai mare sunt cu alezaj de centrare și canal frontal pentru antrenare. *Montarea directă* a acestora (fig. 5.21a) presupune centrarea lor pe suprafața cilindrică a unui dorn 1, fixat anterior pe conul arborelui principal 2 printr-un tirant 3 și strângerea corpului 4 al sculei cu șuruburile frontale 5. Antrenarea în mișcare de rotație este asigurată de penele frontale 6. *Fixarea indirectă* a frezelor frontale (fig. 5.21b) se face prin intermediul unui dorn port-freză 1, fixat prin tirantul 3 și antrenat în mișcare de rotație prin penele frontale 6. Freza 4 este centrată pe dornul 1 prin gulerul cilindric 7, este fixată printr-un șurub special 8 și antrenată printr-o pană longitudinală 9.

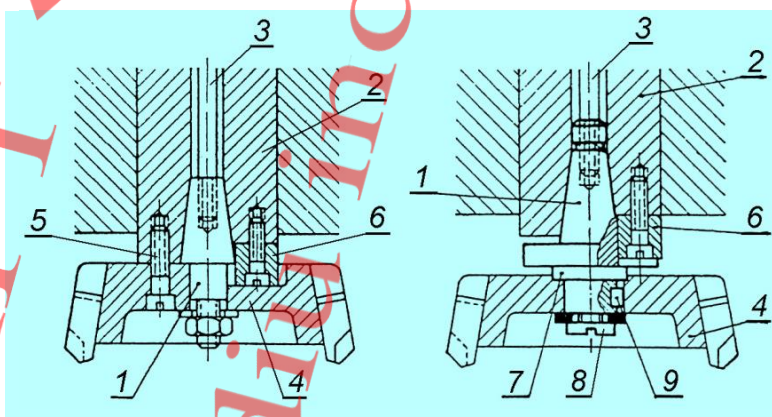


Fig. 5.21. Montarea frezelor frontale cu alezaj pe arborele principal: (a) – fixare directă; (b) – fixare indirectă.

♦ Modalități de fixare a semifabricatului

Fixarea piesei supuse prelucrării pe mașina de frezat se poate face direct pe masă, ori prin intermediul unor dispozitive universale sau speciale.

♦ *Fixarea directă* a piesei pe masa mașinii are în vedere poziționarea acesteia cu știfturi sau pene (montate în canalele *T*) și strângerea cu bride și șuruburi (speciale pentru canale *T*). În partea opusă contactului cu semifabricatul, bridele se sprijină pe suporturi speciali (fig. 5.22).

♦ *Fixarea indirectă* a semifabricatului presupune utilizarea unui dispozitiv de fixare, care este centrat (prin pene longitudinale) și blocat pe masa mașinii.

Dispozitivele pentru fixarea indirectă sunt grupate în *dispozitive obișnuite* (menghina, mandrina, colțarul) și *dispozitive speciale*.

Menghina este un dispozitiv de fixare indirectă, nelipsit din accesoriile unei mașini de frezat (fig. 5.23). Menghinile pot fi fixe (fig. 5.23a) și orientabile/înclinabile într-un plan (fig. 5.23b) sau în două plane perpendiculare. Pot fi cu strângere manuală, pneumatică, hidro-pneumatică sau hidro-pneumatică.

Colțarul fix (fig. 5.24a) și cel rabatabil (fig. 5.24b) permit fixarea piesei pe una dintre laturi cu ajutorul bridelor cu șurub. Cealaltă latură a colțarului se poziționează pe masa mașinii prin pene și se fixează cu ajutorul șuruburilor cu cap în T.

Unele mașini de frezat sunt echipate cu **mese circulare** (fig. 5.25), care pot fi fixe (fig. 5.25a) sau rotative (fig. 5.25b).

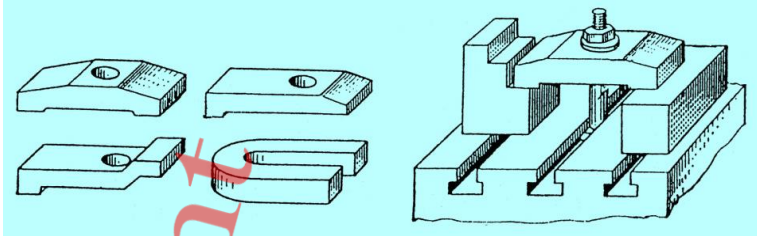


Fig. 5.22. Sistemul de fixare a semifabricatului cu bride

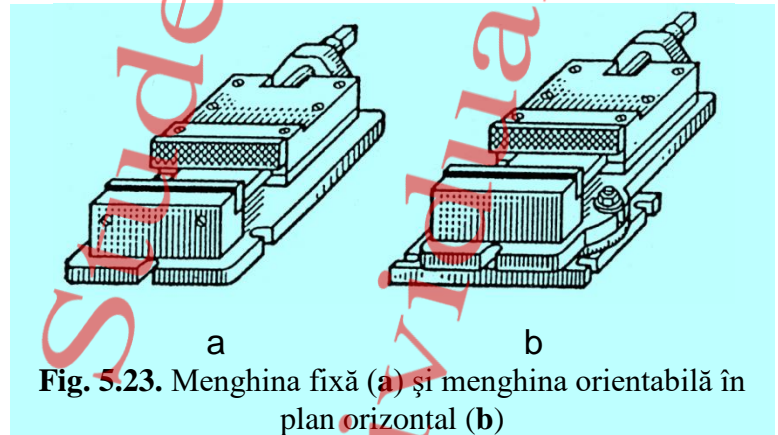


Fig. 5.23. Menghina fixă (a) și menghina orientabilă în plan orizontal (b)

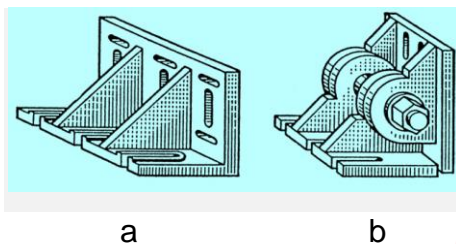


Fig. 5.24. Colțar fix (a) și rabatabil (b)

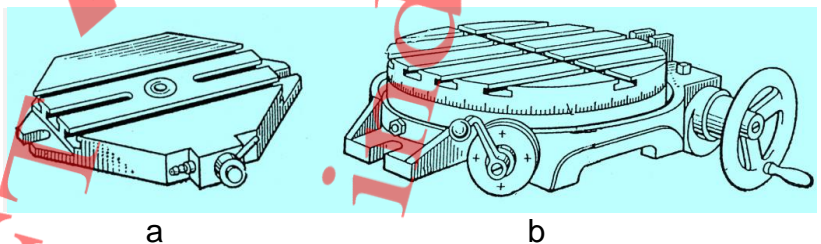


Fig. 5.25. Mese circulare: (a) –rigide; (b) – rotative

3. Materiale și utilaje necesare desfășurării lucrării practice

- ♦ Mașina de frezat FU 32, cu cap vertical și cap divizor;
- ♦ Mașina de frezat pentru sculărie FUS 250, cu cap vertical, cap de mortezat și cap divizor;
- ♦ Freze de diferite tipuri (cilindrice, cilindro-frontale, unghiulare, profilate, frontale);
- ♦ Schema cinematică, diagrama de turații și diagrama de avansuri a mașinii de frezat FU 32.

4. Metodologia desfășurării lucrării practice.

- ♦ Se identifică tipurile constructive de freze (conform figurii 5.3), elementele geometrice ale părții active și modul de poziționare-fixare pe axul principal al mașinii-unelte.
- ♦ Se urmăresc schemele de așchiere și se copie câte o schemă pentru fiecare tip de suprafață prelucrată: plană orizontală (fig. 5.5a); plană înclinată (fig. 5.6b sau c); plană laterală (fig. 5.7a); suprafețe de colț (fig. 5.8b); canale deschise (fig. 5.9b); canale de pană (fig. 5.10c); canale în coadă de rândunică (fig. 5.11b); canale unghiulare ale sculelor (fig. 5.12 a sau b); suprafețe profilate (fig. 5.13 b sau c); suprafețe de revoluție (fig. 5.14a, b sau c).
- ♦ Se studiază construcția și cinematica mașinii de frezat (fig. 5.15) și se identifică (la mașina FU 32) elementele componente și lanțurile cinematice.
- ♦ Se studiază mișcările de lucru și de reglare-poziționare și se identifică parametrii regimului de așchiere.
- ♦ Se desenează schema cinematică a cutiei de viteze a mașinii FU 32 (din fig. 5.17).

- ♦ Se observă reglajele efectuate la frezare, elementele constructive ale frezelor și modul de fixare a sculelor pe arborele principal.
- ♦ Se studiază accesoriile speciale ale mașinii de frezat și sistemele/dispozitivele de poziționare-fixare a semifabricatelor.

5. Conținutul referatului

- ♦ **Ca parte teoretică**, referatul va trebui să conțină următoarele puncte:
 - ♦ Definiția parametrilor regimului de așchiere la frezare.
 - ♦ Schemele de așchiere precizate la punctul 4.
 - ♦ Schema cinematică structurală a mașinii de frezat orizontală (se desenează figura 5.15a).
- ♦ **Ca parte practică**, referatul trebuie să cuprindă:
 - ♦ Schemele de așchiere (după modelul celor din referat) pentru piesa impusă de conducătorul lucrării.
 - ♦ Schema fluxului cinematic pentru lanțul cinematic principal al mașinii de frezat FU 32 – în formă literală și numerică;
 - ♦ Calculul unei turații, pe baza unui traseu cinematic impus de conducătorul lucrării și evidențiat în schema fluxului cinematic. Se adoptă o turație apropiată pe mașina de frezat și se explică diferența dintre mărimea calculată și cea existentă pe mașină.

6. Referințe bibliografice

1. Cozmîncă, M. – *Bazele așchierii și generării suprafețelor, vol.II*. Iași, Tipografia Institutului Politehnic, 1980.
<pag.153-158>
2. Cozmîncă, M., Panait, S., Constantinescu, C. – *Bazele așchierii*. Iași, Editura «Gh. Asachi», 1995
<pag.320-324>
3. Duca, Z. – *Bazele teoretice ale prelucrărilor pe mașini-unelte*. București, Editura Didactică și Pedagogică, 1969.
<pag. 32-36>
4. Gheghea, V., Plahteanu, B., Mitosșeriu, C., Ghionea, A. – *Mașini-unelte și agregate*. București, Editura Didactică și Pedagogică, 1983.
<pag.276-290>
5. Oprean, A., Sandu, I.Gh., Minciuc, C., Deacu, L., Giurgiuman, H., Oancea, N. – *Bazele așchierii și generării suprafețelor*. București, Editura Didactică și Pedagogică, 1981.
<pag.356-372>
6. Panait, S. – *Bazele așchierii și generării suprafețelor*. Iași: Tipografia Institutului Politehnic, 1992.
<pag.441-458>

7. Verificați-vă cunoștințele

- ♦ Precizați particularitățile procedului de așchiere prin frezare și parametrii regimului de așchiere
- ♦ Prezentați structura mașinilor de frezat cu consolă (pe baza fig. 5.15 și 5.16)
- ♦ Explicați structura și funcționarea lanțului cinematic principal la mașina de frezat FU 32.
- ♦ Prezentați accesoriile speciale ale mașinii de frezat.
- ♦ Prezentați modalitățile de poziționare-fixare a sculelor așchietoare și a semifabricatelor pe mașinile de frezat.