

Latvijas Republikas izglītības un zinātnes ministrija

RĪGAS TEHNISKĀ UNIVERSITĀTE

Transporta un mašīnzinību fakultāte

G. Bunga

MATERIĀLU GRIEŠANAS REŽĪMU APRĒĶINI

APSTRĀDES TEORIJĀ

Rīga – 2005

Materiālu griešanas režīmu aprēķini sastata daļu no mācību priekšmeta "Materiālu apstrādes teorija". Šās priekšmeta daļas metodiskie norādījumi vispirms iepazīstina ar vispārējiem aprēķinu priekšrakstiem. Sniegtas uzziņas par apvirpošanas, izvirpošanas, urbšanas, pārurbšanas, gala, pirksta un diska frēzēšanas, kā arī ārējās apaļslīpēšanas, iekšējās apaļslīpēšanas un plakanslīpēšanas procesu aprēķinu secību. Aprēķini ietver arī sagataves un instrumenta stinguma un izlieces pārbaudi, kā arī nepieciešamās darbgalda jaudas novērtēšanu. Katras sadaļas noslēgumā veikts ekonomiskas apstrādes pamatlaika aprēķins.

Aprēķinu priekšraksti ir paredzēti mašīnzinību specialitāšu studentiem.

SATURA RĀDĪTĀJS

Ievads.....	4
1. Kopējie norādījumi	4
2. Virpošanas un izvirpošanas griešanas režīmu aprēķināšana	5
3. Urbšanas un pārurbšanas griešanas režīmu aprēķināšana	13
4. Frēzēšanas griešanas režīmu aprēķināšana.....	17
5. Slīpēšanas griešanas režīmu aprēķināšana	20
Izmantotie informācijas avoti	26

IEVADS

Aprēķini sevī ietver četru uzdevumu atrisināšanu balstoties uz vienas sagataves apstrādi. Darbs sevī ietver: griešanas režīmu aprēķinus virpošanai, urbšanai, frēzēšanai un slīpēšanai. Uzdevuma numurs (variants) tiek izvēlēts saskaņā ar studenta apliecības diviem pēdējiem cipariem, vai saskaņā ar trīs pēdējo ciparu summu. Studentiem neklātniekiem uzdevums tiek formāli sadalīts divās daļās. Pirmā daļa ietver sevī griešanas režīmu aprēķināšanu virpošanā un urbšanā, otrā daļa – griešanas režīmu aprēķināšanu frēzēšanā un slīpēšanā. Sākumā nepieciešams noskaidrot un uzrakstīt uzdevumā dotos lielumus un nosacījumus, kā arī jāizveido sagataves skice un faktiskās detaļas skice ar nepieciešamajiem izmēriem. Aprēķinus nepieciešams veikt pilnā apjomā. Nepieciešams sniegt to vai citu parametru izvēles pamatojumu un sniegt atbilstošas atsauces uz mācību līdzekļa atbilstošu tabulu vai citu izmantoto mācību literatūru. Nepieciešams uzskicēt izvēlēto griežņu, urbju un frēžu pilnvērtīgas skices, kā arī tās daļas kuras raksturo griezošās plāksnītes skaidvirsmu formu un leņķu parametrus. Apstrādes skicē jānorāda apstrādes kinemātika un **apskatītajā operācijā** iegūtā precizitātes kvalitāte un raupjums R_a , sagataves un instrumenta nostiprinājums. Instrumentam jābūt 5·10 mm atvirzītam no apstrādes **joslas**. Izmantojot dažādus datu avotus, nepieciešams sekot, lai tiktu izmantotas vienas un tās pašas **lielumu** mērvienības.

Izpildīto darbu novērtē katedras pasniedzējs. Ja uzdevuma risinājums dots nepilnīgi, ir nepilnīga aprēķinu veikšanas secība, aprēķinos pieļautas kļūdas, skices izpildītas pavirši, tad pasniedzējs izsniedz šo darbu atkārtotai pārstrādāšanai un papildināšanai.

Griešanas režīmu aprēķināšanā ar datoru, izmanto atsevišķu lietotāja instrukciju. Pārējās prasības uzdevuma noformēšanā paliek tādas pašas. Uzdevumam klāt tiek pievienota izdruka.

1. KOPĒJIE NORĀDĪJUMI

Griešanas režīmu aprēķinu sāk ar rūpīgu iepazīšanos ar dotajām sagataves un faktiskās detaļas skicēm. Vispirms nepieciešams noteikt, kādā secībā tiks veikta virsmu apstrāde. Šajā nolūkā sastata apstrādes maršruta tehnoloģiju, t.i., nosaka apstrādes operāciju veikšanas secību. No uzskaitītajām operācijām izdala tās četras, kuru apstrāde ir paredzēta uzdevumā, pie tam to apstrāde ir jāsaskaņo ar maršruta tehnoloģiju. Ja saskaņā ar maršruta tehnoloģiju noteiktai virsmai sākumā tiek veikta urbšana, pēc tam izvirkšana un slīpēšana, tad griešanas režīmu aprēķinu veic tādā pašā secībā. Ievērojot apstrādājamo un apstrādāto virsmu izmērus, nosaka kopējo uzlaidi h un risina uzdevumu par uzlaides sadalīšanu starp operācijām. Sagataves labās un kreisās gala virsmas apstrādes uzlaides pieņem vienādas, jeb tās ir vienādas ar pusi no sagataves un detaļas garumu starpības.

Griešanas režīmu aprēķinu secība virpošanā, urbšanā un frēzēšanā ir samērā līdzīga. Šajā sakarā vispilnīgāk ir apskatīta aprēķinu secība virpošanā un slīpēšanā, un daudz šaurāk pārējiem apstrādes veidiem. Jāievēro, ka griešanas aploces ātruma lieluma mērvienību visiem apstrādes veidiem nosaka m/min , izņemot slīpēšanu (m/s). Tas izskaidrojams ar to, ka visa uzzīņu literatūra griešanas režīmu noteikšanai izmanto tieši šādas mērvienības.

Tieši pirms aprēķiniem, izvēlas tā CNC darbgalda modeli uz kura tiks paredzēta apstrāde.

Instrumenta veida, tipa un izmēru izvēli veic saskaņā ar katalogu datiem, kā arī saskaņā ar uzzīņu literatūru, tai skaitā arī to, kura dota šajā mācību līdzeklī.

Iepriekšējā apstrādē izkaļot, atlejoj, izvelmējot, izštancējot nodrošina 15·14. precizitātes kvalitāti un raupjumu $R_a = 400 \cdot 200 \mu m$. Iepriekšējā apstrādē apvirpojot,

pievirpojot, izvirpojot, urbjot, pārurbjot un frēzējot nodrošina 12. precizitātes kvalitāti un raupjumu $R_a = 6,3 \mu\text{m}$. Vidēji precīzā apstrādē virpojot, urbjot un frēzējot nodrošina 10. ·· 9. precizitātes kvalitāti un raupjumu $R_a = 3,2 \mu\text{m}$. Noslēdzošajā apstrādē virpojot un frēzējot nodrošina 9.··8. precizitātes kvalitāti un raupjumu $R_a = 1,6 \mu\text{m}$. Iepriekšēji slīpējot nodrošina 9. precizitātes kvalitāti un raupjumu $R_a = 1,6 \mu\text{m}$. Noslēdzoši slīpējot nodrošina 8. precizitātes kvalitāti un raupjumu $R_a = 0,8 \mu\text{m}$.

2. VIRPOŠANAS UN IZVIRPOŠANAS GRIEŠANAS REŽĪMU APRĒKINĀŠANA

2.1. Atkarībā no uzdevumā pieprasītā apstrādes veida izvēlas griežņa veidu un izveido iespējamā apstrādes varianta kinemātisko skici.

2.2. Nosaka griešanas dziļumu t (mm) un pārgājienu skaitu i . Apvirpošanai un izvirpošanai griešanas dziļumu nosaka pēc formulām:

$$t = \frac{D-d}{2}; \quad (2.1)$$

$$t = \frac{d-D}{2}, \quad (2.2)$$

kur d – apstrādātās virsmas diametrs, iegūts pēc apstrādes pārgājiena, mm;
 D – attiecīgi ārējās vai iekšējās apstrādājamās virsmas diametrs, mm.

Pievirpojot gala virsmu griešana dziļums mērāms kā īsākais attālums starp gala apstrādājamo un apstrādāto virsmu, kas iegūta pēc viena apstrādes pārgājiena. Nogriešanas un iegriešanas gadījumā, griešanas dziļums ir vienāds ar iegriežamās rievas platumu, bet veidvirsmu griešanā – ar griezošās šķautnes garumu, kura tieši nogriež materiāla slāni.

Lai paaugstinātu apstrādes ražību, jācenšas atdalīt uzlaidi ar mazāku iespējamo apstrādes pārgājienu skaitu. Taču, pie lieliem apstrādes dziļumiem, samazinās apstrādes precizitāte un kvalitāte, jo attiecīgi palielinās vibrācijas un palielinās apstrādājamās virsmas raupjums.

2.2.1. Ja raupjums $R_a = 3,2 \cdot 0,8 \mu\text{m}$ tad uzlaidi noņem 2··3 pārgājienu, beidzamajā apstrādes pārgājienā atdalot $0,2 \cdot 0,5 \text{ mm}$ biezu slāni.

2.2.2. Ja raupjums $R_a = 12,5 \cdot 3,2 \mu\text{m}$ tad uzlaidi līdz 2 mm noņem vienā apstrādes pārgājienā, uzlaidi, lielāku par 2 mm sadala divos apstrādes gājienu. Iepriekšējās apstrādes pārgājienā noņem apmēram 0,75 no visas uzlaides un noslēdzošajā apstrādē noņem atlikušo uzlaidi.

2.2.3. Ja apstrādātā virsma ir paredzēta raupja ($R_a > 12,5 \mu\text{m}$) tad uzlaide ir jānoņem vienā apstrādes pārgājienā.

Apstrādes pārgājienu skaits ir atkarīgs no sistēmas darbgalds – ierīce – instruments – sagatave stinguma. Samazinoties sistēmas stingumam, nepieciešams pāriet uz mazāko nogriežamo dziļumu.

2.3. Ievērojot apstrādes operāciju raksturu (iepriekšējā apstrāde, vidēji precīzā apstrāde, precīzā apstrāde), apstrādes raksturu (vienmērīga vai pārtraukta virpošana, virpošana ar triecieniem) un apstrādājamā materiāla sastāvu un izturību, saskaņā ar 3. tabulu [8] izvēlas griežņa darba daļas materiāla (cietskausējuma) marku.

2.4. Ievērojot sistēmas darbgalds – ierīce – instruments – sagatave stingumu, detaļas konstruktīvās īpatnības (pakāpjveida detaļas u.c.) un apstrādes operācijas īpatnības (iegriešana, nogriešana) saskaņā ar 18. tabulu iepriekšēji izvēlas galveno iestatīšanas leņķi φ .

2.5. Izvēlas padevi (**mm/apgr**) un griežņa kāta šķērsriezumu, kuru saskaņo ar CNC virpas pasi. Padeves palielināšana izsauc ražības pieaugumu. Taču vislielākās padeves izvēle nav iespējama dažādu tehnoloģisko ierobežojumu dēļ. Padevi ierobežo vairāki faktori:

- apstrādātās virsmas raupjums (8. tab.);
- cietkausējuma plāksnītes stiprība (10. tab.);
- griežņa kāta stiprība (14. tab.);
- sagataves izliece (12. tab. un 13. tab.);
- darbgalda padeves mehānisma stiprība;
- darbgalda jauda un vērpes moments.

Ievērojot konkrētos apstrādes nosacījumus izvēlas padevi saskaņā ar 6..10. tabulām Iepriekšējā apstrādē padeve ir saskaņojama ar griežņa kāta šķērsriezumu ($B \times H$). Griežņa kāta šķērsriezuma izvēle var tikt veikta, ievērojot 4. tabulas datus. Izvēlētais griežņa kāta augstuma **H** nedrīkst būt lielāks par darbgalda pases datus minēto.

Tabulās norādīto padevi s_T saskaņo ar darbgalda pases datiem, pieņemot tuvāko iespējamo lielumu s .

Padevi s pārbauda saskaņā ar darbgalda padeves mehānisma stiprību, salīdzinot tabulās doto ass spēku P_{XT} (15. tab. un 16. tab.) un pases datus atrodamo P_{XD} , pie kam jāizpildās nosacījumam $P_{XT} < P_{XD}$.

Padevi, atkarībā no pieprasītā apstrādātās virsmas raupjuma, izvēlas ievērojot griezējinstrumenta virsotnes virsskata rādiusu r , pie kam, griežņa kāta šķērsriezumu un rādiusu r savstarpēji saskaņo ar 5. tabulu vai katalogu.

Izvēlētajai padevei s jābūt ar lielāko no mazākajām padevēm, kuru nosaka ierobežojumi.

2.6. Griežņu griezošās daļas ģeometrijas izvēle.

Ievērojot apstrādājamā materiāla stiprības īpašības un apstrādes apstākļus, saskaņā ar 17. tabulu izvēlas griezējplāksnītes skaidvirsmas formu. Saskaņā ar 18. tabulu nosaka griežņa ģeometriju:

- galveno skaidas leņķi γ , atkarībā no apstrādājamā materiāla stiprības un cietības;
- galveno mugurleņķi α , atkarībā no apstrādes operācijas rakstura (iepriekšējā apstrāde vai precīzā apstrāde) un apstrādājamā materiāla plastiskuma;
- galveno iestatīšanas leņķi φ , atkarībā no pieļaujamās sagataves izlieces;
- iestatīšanas palīgleņķi φ_1 , atkarībā no virsmas raupjuma un operāciju īpatnībām;
- galvenās griezējšķautnes slīpuma leņķi λ , atkarībā no apstrādes rakstura, skaidas nepieciešamās novirzes, apstrādājamā materiāla un apstrādes apstākļiem;
- leņķus γ , α , φ , φ_1 un λ , saskaņo ar ātrmaināmajām daudzskaldņu plāksnītēm (ievērojot augstāk minētos apsvērumus);
- fāzītes platumu f izvēlās tā, lai nostiprinātu griezējasmēni.

Plāksnītes virsotnes noapaļojuma rādiusu r , izvēlas atkarībā no griežņa turētāja šķērsriezuma iepriekšējai apstrādei no 5. tabulas un saskaņo ar katalogu. Precīzai apstrādei tas tiek atrasts kā iepriekš.

Lai palielinātu ražību palielina padevi un lai samazinātu virsmas raupjumu pie relatīvi lielām padevēm, var tikt izvēlēti griežņi (apvirpošanas, izvirpošanas, iegriešanas) ar papildus (pārejas) griezējšķautnēm virsskatā, kuras garums $l = (1,2 \cdot 1,8) \cdot s$, bet iestatīšanas palīglenķis $\varphi_1 = 0$. Šajā gadījumā lenķi φ_1 var izvēlēties, ievērojot kopējās rekomendācijas, vai arī tas tiek pieņemts lielāks. Šiem griežņiem nepieciešams lielāks sistēmas darbalds – ierīce – instruments – sagatave stingums.

2.7. Pieņem vidējo cietkausējuma plāksnītes griešanas noturības laiku $T = 24 \text{ min}$, veidvirsmu apstrādē $T = 36 \cdot 48 \text{ min}$, bet apstrādi veicot ar griežņiem, kuriem ir papildus (pārejas) griezējšķautnes, $T = 13 \cdot 18 \text{ min}$.

2.8. Griešanas ātruma aprēķins ($v > 100 \text{ m/min}$).

Aprēķinu veic izmantojot empīrisku formulu:

$$v = \frac{C \cdot K_v}{T^{m \cdot \frac{x_v}{y_v}}}, \quad (2.3)$$

kur C_v – koeficients, kurš atkarīgs no apstrādes apstākļiem;
 m – īpatnējās noturības rādītājs;
 x_v un y_v – pakāpes rādītāji attiecīgi griešanas dziļumam un padevei;
 K_v – kopējais korekcijas koeficients.

Koeficientu C_v , pakāpes rādītājus m , x_v un y_v izvēlas 19. tabulā. Kopējais korekcijas koeficients ir vienāds ar atsevišķu korekcijas koeficientu reizinājumu:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{vv} \cdot K_{sv} \cdot K_{iv} \cdot K_{\varphi v} \cdot K_{\varphi 1v} \cdot K_{rv} \cdot K_{gv} \cdot K_{av} \cdot K_{tv} \cdot K_{ev}, \quad (2.4)$$

kur K_{mv} – materiāla mehānisko īpašību koeficients (20. tab. un 21. tab.);
 K_{vv} – sagataves virsmas stāvokļa koeficients (22. tab.);
 K_{sv} – sagataves materiāla stāvokļa koeficients (22. tab.);
 K_{iv} – instrumenta materiāla koeficients (no 23. tab., ja 19. tab. ir dati par koeficientu C_v , tad $K_{iv} = 1$);
 $K_{\varphi v}$ – galvenā iestatīšanas lenķa φ koeficients (24. tab.);
 $K_{\varphi 1v}$ – iestatīšanas palīglenķa φ_1 koeficients (24. tab.);
 K_{rv} – virsotnes rādiusa r koeficients (24. tab.);
 K_{gv} – griežņa turētāja šķērsriezuma koeficients (24. tab.);
 K_{av} – apstrādes veida koeficients (25. tab.);
 K_{tv} – apstrādes apstākļu koeficients. Vienmērīgas griešanas apstākļos, kuri paredzēti 19. tab., $K_{tv} = 1$, griešanā ar triecieniem $K_{tv} = 0,9$;
 K_{ev} – eļļojoši-dzesējošās vielas pielietojuma koeficients. Nepielietojot eļļojoši dzesējošās vielas $K_{ev} = 1$, savukārt pielietojot eļļojoši dzesējošās vielas $K_{ev} = 1,15$. Pie tam, jāņem vērā, ka koeficients $K_{ev} = 1,15$ pielieto tad, kad no 19. tabulas izmanto nosacījumus griešanai bez eļļojoši dzesējošajām vielām.

Nogriešanas, iegriešanas un veidvirsmu virpošanas apstākļos, griešanas ātrumu aprēķinu nepieciešamas veikt saskaņā ar formulu:

$$v = \frac{C \cdot K_v}{T^m \cdot s^{\frac{y}{v}}}, \quad (2.5)$$

2.9. Darbvārpstas apgriezību skaitu n (apgr/min) nosaka pēc formulas:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D}, \quad (2.6)$$

kur D – apstrādājamās sagataves diametrs, mm.

Aprēķināto lielumu n koriģē saskaņā ar CNC darbgalda pasēs datiem, pieņemot tuvāko iespējamo lielumu n_f . To ievērojot, aprēķina faktisko griešanas ātrumu saskaņā ar formulu:

$$v_f = \frac{\pi \cdot D \cdot n_f}{1000}. \quad (2.7)$$

2.10. Faktiskās instrumenta noturības aprēķins T_f , min.

Tā kā faktiskais griešanas ātrums v_f atšķiras no aprēķinātā ātruma v , tad izmainās faktiskā noturība T_f attiecībā pret izvēlēto noturību T . Ir jāņem vērā, ka nelielas griešanas ātruma izmaiņas noved pie jūtāmām noturības izmaiņām. Faktisko noturību aprēķina pēc formulas:

$$T_f = T \left(\frac{v}{v_f} \right)^m. \quad (2.8)$$

2.11. Spēka P_z , N aprēķins.

Aprēķinu veic saskaņā ar empīrisku formulu:

$$P_z = C_p \cdot t^{x_p} \cdot s^{y_p} \cdot v^{n_p} \cdot K_{pz}, \quad (2.9)$$

kur C_p – koeficients, kurš ir atkarīgs no apstrādājamā materiāla un apstrādes apstākļiem (26. tab.);

x_p , y_p , n_p – pakāpju rādītāji attiecīgi griešanas dziļumam t , padevei s , un griešanas ātrumam v (26. tab.);

K_{pz} – kopējais korekcijas koeficients, kurš ievēro apstrādes apstākļu izmaiņas.

Kopējais korekcijas koeficients ir vienāds ar atsevišķu korekcijas koeficienta reizinājumu:

$$K_{pz} = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}, \quad (2.10)$$

kur K_{mp} – apstrādājamā materiāla mehānisko īpašību koeficients (30. tab.);

$K_{\phi p}$ – galvenā iestatīšanas leņķa ϕ koeficients (30. tab.);

$K_{\gamma p}$ – galvenā skaidas leņķa γ koeficients (30. tab.);

$K_{\lambda p}$ – galvenās griezējšķautnes slīpuma leņķa λ koeficients (30. tab.);

K_{rp} – virsotnes rādiusa r koeficients (30. tab.).

Pēc līdzīgām formulām, (2.9), aprēķina spēkus P_x un P_y , izmantojot datus no 26.·30. tabulām. Ievērojot spēku P_x nepieciešams veikt darbgalda padeves mehānisma pārbaudi. Turpmāk spēks P_x tiks izmantots precizētam griežņa turētāja stiprības aprēķinam. Spēks P_y nepieciešams precizētam sagataves stinguma aprēķinam.

2.12. Jaudu, kura nepieciešama griešanas procesa realizēšanai, aprēķina pēc formulas:

$$N_a = \frac{P \cdot v_f}{61200} \cdot z \quad (2.11)$$

Darbgalda elektromotora nepieciešamā jauda N_e (KW):

$$N_e = \frac{N_a}{\eta} \quad (2.12)$$

kur η – darbgalda lietderības koeficients, iegūts no virpas pases datiem.

Ievērojot darbgalda pases datus, veic tā elektromotora jaudas N_{ed} pietiekamības pārbaudi pēc sakarības:

$$N_e < N_{ed} \quad (2.13)$$

Šai sakarībai neizpildoties, veic atkārtotus aprēķinus, samazinot padevi (retāk samazinot griešanas dziļumu), vai griešanas ātrumu.

2.13. Aprēķina griešanas momentu M_g (Nm) saskaņā ar formulu:

$$M_g = \frac{P \cdot D}{2000} \cdot z \quad (2.14)$$

kur P_z – spēks, N;

D – apstrādājamās sagataves diametrs, vai apstrādātās sagataves diametrs pēc izvirpošanas, mm.

Aprēķina darbvārpstas vērpes momentu M_v (Nm):

$$M_v = 9750 \frac{N_{ed} \cdot \eta}{n_f} \quad (2.15)$$

kur N_{ed} – darbgalda elektromotora jauda, KW;

η – lietderības koeficients;

n_f – faktiskais darbvārpstas apgriezienu skaits minūtē.

Izvēlētais griešanas režīms tiek pieņemts par atbilstošu, ja izpildās sakarība:

$$M_g < M_y \quad (2.16)$$

2.14. Precizēta griežņu turētāja stiprības un stinguma pārbaude, un sagataves stinguma pārbaude.

2.14.1. Griežņa kāta stiprības un stinguma pārbaude, kura jau veikta saskaņā ar 12.14. tabulām ir tikai sākotnēja. Precizēta griežņa kāta stiprības pārbaude tiek veikta aprēķinot tā izlieci atkarībā no rezultējošā spēka iedarbības

$$R_1 = \sqrt{P_z^2 + P_x^2}; \quad (2.17)$$

$$R_1 < \frac{B \cdot H^2 \cdot [\sigma_1]}{l}, \quad (2.18)$$

kur **B** – griežņa kāta platums, mm;
H – griežņa augstums, kurš saskaņots ar virpas pases datiem, mm;
σ₁ – griežņa kāta materiāla lieces izturība, piemēram, konstrukciju tēraudam 230 MPa;
l – griežņa virsotnes pārkare, izvirzījums no griežņa turētāja, apvirpojot **l** ≈ **1,5 H** mm.

Jāņem vērā, ka veicot stiprības aprēķinus, nepieciešams ņemt vērā to griežņa šķērsriezumu, kurš ir visvājākais. Tā nogriešanas griežņiem tiek ņemts vērā nevis platākais un lielākais plāksnītes kāta šķērsriezums, bet gan šaurākais un mazākais šķērsriezums. Attiecīgi arī griežņa izvirzījums **l** tiek pieņemts no galvenās griezējšķautnes līdz šim šķērsriezumam.

Griežņa plāksnītes kāta stinguma aprēķinu veic izejot no tā, ka grieznis tiek izliekts ar rezultējošo spēku **R₁** un, ka pieļaujamais izlieces lielums [**f_k**] iepriekšējā apstrādē ir 0,1 mm, bet precīzijas apstrādē 0,03·0,05 mm. Izlieces **f_k** aprēķina formula:

$$f_k = \frac{R_1 \cdot l^3}{3 \cdot E \cdot I} < [f_k] \quad (2.19)$$

kur **l** – griežņa izvirzījums no griežņa turētāja jeb attālums no griezošās šķautnes līdz (mazākajam) vājākajam šķērsriezumam, mm;
E – elastības modulis (2.1. tab.), MPa;
I – griežņa turētāja šķērsriezuma ierīces moments, šķērsriezumam, kurš atrodas attālumā **l** no griezējšķautnes, mm⁴.

Elastības modulis E , MPa dažādiem materiāliem

Materiāli					
Tērauds	Tērauda lējumi	Kaļamais ķets	Pelēkais ķets	Alumīnijs un tā sakausējumi	Varš un tā sakausējumi
$2,00 \cdot 10^5$	$1,75 \cdot 10^5$	$1,55 \cdot 10^5$	$1,30 \cdot 10^5$	$0,70 \cdot 10^5$	$1,00 \cdot 10^5$

Inerces moments taisnstūra šķērs griezumam:

$$I = \frac{B \cdot H^3}{12}. \quad (2.20)$$

Inerces moments kvadrātam:

$$I = \frac{H^4}{12}. \quad (2.21)$$

Inerces moments apaļam šķērs griezumam:

$$I = 0,05 \cdot d^4. \quad (2.22)$$

2.14.2. Apstrādājamās sagataves stinguma pārbaudi veic izejot no tā, ka sagataves izliece veidojas rezultējošā spēka R_2 iedarbībā.

Rezultējošais spēks R_2 , N:

$$R_z = \sqrt{P_z^2 + P_y^2}. \quad (2.23)$$

Pieļaujamā izliece:

$$[f_s] < 0,25 \cdot \Delta, \quad (2.24)$$

kur Δ - izmēra pielaides lauks dotajā apstrādes operācijā, mm.

Iepriekšējās apstrādes operācijām var tikt pieņemts $[f_s] = 0,2$ mm. Precizētu aprēķinu veic saskaņā ar turpmākajām formulām un par izvēlētā griešanas režīma pareizību spriež, salīdzinot aprēķināto sagataves izlieci f_s ar pieļaujamo izlieci $[f_s]$.

Sagatavi nostiprinot patronā:

$$f_s = \frac{R_2 \cdot L_0^3}{3 \cdot E \cdot I}. \quad (2.25)$$

Sagatavi iestiprinot centros:

$$f_s = \frac{R_2 \cdot L_0^3}{70 \cdot E \cdot I}. \quad (2.26)$$

Apstrādi veicot patronā ar piespiestu aizmugures centru:

$$f_s = \frac{R_2 \cdot L_0^3}{140 \cdot E \cdot I}, \quad (2.27)$$

- kur L_0 – attālums starp balstiem, apstrādājot patronā tas ir attālums no sagataves gala no nenostiprinātās puses līdz nostiprinātajai vietai patronā, mm;
 E – elastības modulis (2.1. tab.);
 I – sagataves šķērsriezuma inerces moments, mm⁴.

Inerces moments apaļam šķērsgriezumam:

$$I = 0,05 \cdot D^4. \quad (2.28)$$

Inerces moments gredzenveida šķērsgriezumam:

$$I = 0,4 \cdot D_0^3 \cdot t_0, \quad (2.29)$$

- kur t_0 – sagataves sieniņas biezums, mm.
 Vidējais nosacītais sagataves caurmērs:

$$D_0 = \frac{D+d}{2}, \quad (2.30)$$

- kur D – ārējās virsmas diametrs, mm;
 d – apstrādātās iekšējās virsmas diametrs, mm.

2.15. Mašīnlaiku (pamatlaiku) T_p (min) aprēķina:

$$T_p = \frac{L}{n_f \cdot s}, \quad (2.31)$$

- kur L – apstrādes griežņa noietais ceļa garums, mm;
 n_f – darbvārpstas faktiskais apgriezienu skaits, apgr/min;
 s – padeve, mm/apgr.

Griežņa noietā ceļa garuma noteikšana ārējā un iekšējā garenvirpošanā ar pārskrēju (virpošanā līdz atdurei $l_2 = 0$):

$$L = l + l_1 + l_2. \quad (2.32)$$

Šķērsvirpošanā (pievirpošanā) un sagataves nogriešanā:

$$L = \frac{D}{2} + l_1 + l_2. \quad (2.33)$$

Šķērsvirpojot sagatavi ar caurumu d_1 :

$$L = \frac{D-d_1}{2} + l_1 + l_2. \quad (2.34)$$

Iegriešanā un veidvirpošanā:

$$L = \frac{D-d_0}{2} + l_1, \quad (2.35)$$

- kur l – apstrādājamās virsmas garums, mm;
 l_1 – griežņa iegriešanās lielums ($l_1 \approx 1$ mm). Nogriešanas, iegriešanas, veidvirpošanas gadījumā 0,5 mm;
 l_2 – griežņa pārskrēja ($l_2 \approx 1$ mm);
 D – ārējās virsmas diametrs, no kura uzsāk apstrādi, mm;
 d_0 – virsmas diametrs, līdz kuram veic iegriešanu un veidvirpošanu, mm.

Griežņa iegriešanās lielums:

$$l_1 = t \cdot \operatorname{ctg} \varphi, \quad (2.36)$$

- kur t – griešanas dziļums, mm.

3. URBŠANAS UN PĀRURBŠANAS GRIEŠANAS REŽĪMU APRĒKINĀŠANA

3.1. Ievērojot dotās virsmas apstrādes caurmēra uzlaidi un saskaņā ar urbju diametru gradāciju (31. tab.) izvēlās urbja diametru D , mm.

3.2. Saskaņā ar uzdevumu un 3. tabulu izvēlas urbja griezējdaļas materiāla (cietkausējuma) marķu, ievērojot apstrādājamā materiāla izturību un 31. tabulu izvēlas urbja uzasinājuma formu.

3.3. Nosaka griešanas dziļumu urbšanā vai pārurbšanā saskaņā ar formulām:

$$t = \frac{D}{2}; \quad (3.1)$$

$$t = \frac{D-d}{2}, \quad (3.2)$$

- kur d – iepriekš izgatavotā cauruma diametrs, mm.

3.4. Padevi s_1 (mm/apgr), kura ir pieļaujama izejot no urbja stiprības viedokļa, aprēķina pēc šādām formulām:

Tērauda apstrādei:

$$s_i = 34,8 \cdot \frac{D^{0,8}}{\sigma_B^{0,9}} \quad (3.3)$$

Ķeta apstrādei:

$$s_i = 7,34 \cdot \frac{D^{0,8}}{HB^{0,35}} \quad (3.4)$$

kur σ_B – izturības robeža, MPa;

HB – cietība, $KGf/mm^2 \approx 9,81$ MPa.

3.5. Padevi s_{max} (mm/apgr), kura ir pieļaujama no sistēmas darbgalds – ierīce – instruments – sagatave stinguma viedokļa, urbjiem ar diametru $D = 10 \cdot 60$ mm aprēķina pēc formulas:

$$s_{max} = C_s \cdot D^{0,6} \quad (3.5)$$

kur C_s – koeficients (3.1. tab.).

3.1. tabula

Koeficienta C_s vērtības

Konstrukciju tērauda σ_B , MPa			Ķeta HB , $KGf/mm^2 = 9,81$ MPa	
< 900	900·1100	> 1100	≤ 170	> 170
Koeficients C_s			Koeficients C_s	
0,065	0,050	0,038	0,125	0,070

3.6. Saskaņā ar 33. tabulu izvēlas padevi s_T un precizē to, izmantojot kopējo korekcijas koeficientu K_s :

$$s_p = s_T \cdot K_s \quad (3.6)$$

$$K_s = K_i \cdot K_l \cdot K_r \cdot K_0 \quad (3.7)$$

kur K_i – ievēro griezējdaļas materiālu, urbjiem no ātrgriezējtērauda $K_i = 1$.
 Cietkausējuma urbjiem tērauda urbšanai $K_i = 0,6$. Ķeta (čuguna) urbšanai $K_i = 0,8$;
 K_l – ievēro urbuma dziļumu (33. tab.);
 K_r – ievēro urbšanas raksturu, dobumu urbšanā $K_r = 1$, caurejošai urbšanai $K_r = 0,75$;
 K_0 – ievēro operācijas raksturu, urbšanā $K_0 = 1$, pārurbšanā $K_0 = 1,5 \cdot 1,7$;
 K_s – ievēro apstrādes precizitāti un stingumu (33. tab.).

3.7. Koriģē padevi s_p pēc izvēlētā CNC darbgalda pases datiem, pieņemot tuvāko lielumu s , mm/apgr. Veic urbja stiprības pārbaudi un sistēmas darbgalds – ierīce – instruments – sagatave pārbaudi, pie kam jāizpilda nosacījums $s < s_i$ un $s \leq s_{max}$.

3.8. Izvēlas urbja ģeometriskos parametrus saskaņā ar 31. tabulu.

3.9. Saskaņā ar 32. tabulu izvēlas urbja noturības laiku T , min, samazinot to 0,4 reizes.

3.10. Aprēķina griešanas ātrumu v , m/min urbšanā:

$$v = \frac{C_v \cdot D^{qv} \cdot K_v}{T^m \cdot s^{yv}} \quad (3.8)$$

Griešanas ātrums pārurbšanā:

$$v = \frac{C_v \cdot D^{qv} \cdot K_v}{T^m \cdot t^{xv} \cdot s^{yv}}, \quad (3.9)$$

kur C_v – koeficients, kurš atkarīgs no apstrādes apstākļiem (34. tab.);
 qv , m , yv , xv – pakāpes rādītāji (34. tab.);
 K_v – kopējais korekcijas koeficients.

Koeficients K_v :

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{iv} \cdot K_{lv}, \quad (3.10)$$

kur K_{mv} – ievēro apstrādājamā materiāla raksturojumu (20. tab. un 21. tab.);
 K_{iv} – ievēro instrumenta materiālu (cietkausējumu) (no 23. tab., ja 34. tabulā ir dati par koeficientu C_v , tad $K_{iv} = 1$);
 K_{lv} – ievēro urbuma dziļumu (35. tab.).

3.11. Aprēķina urbja apgriezību skaitu minūtē:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} \quad (3.11)$$

Koriģē apgriezību skaitu n , saskaņā ar CNC darbgalda pasas datiem, pieņem tuvāko faktisko lielumu n_f , pēc tam izrēķina faktisko griešanas ātrumu:

$$v_f = \frac{\pi \cdot D \cdot n_f}{1000} \quad (3.12)$$

Pēc formulas (2.8) aprēķina faktisko instrumenta noturību T_f .

3.12. Griešanas pretestības momentu M , Nm un ass spēku P_a , N aprēķina pēc attiecīgām formulām:

$$M = C_M \cdot D^{qm} \cdot s^{ym} \cdot K_{mp}; \quad (3.13)$$

$$P_a = C_P \cdot D^{qp} \cdot s^{yp} \cdot K_{mp}. \quad (3.14)$$

M un Pa pārurbšanā aprēķina pēc formulām:

$$M = C_M \cdot D^{qm} \cdot t^{xm} \cdot s^{ym} \cdot K_{mp}; \quad (3.15)$$

$$P_a = C_P \cdot D^{qp} \cdot t^{xp} \cdot s^{yp} \cdot K_{mp}, \quad (3.16)$$

kur C_M un C_P – koeficienti, kuri ievēro griešanas apstākļus (36. tab.);
 qm, ym, qp, yp, xp – pakāpju rādītāji 36. tabulā;
 K_{mp} – koeficients, kurš ievēro no tabulām atšķirīgas apstrādājamā materiāla īpašības (27.·29. tab.).

3.13. Veic darbgalda padeves mehānisma izturības pārbaudi, pie kam jāievēro nosacījums:

$$P_a < P_{ad}, \quad (3.17)$$

kur P_{ad} – maksimāli pieļaujamais ass spēks, kuru pieļauj darbgalda padeves mehānisms, ir nosakāms saskaņā ar darbgalda pasi.

3.14. Aprēķina urbšanā patērēto jaudu:

$$N_a = \frac{M \cdot n}{9750}. \quad (3.18)$$

Pēc tam aprēķina nepieciešamo griešanas jaudu un veic elektromotora jaudas pārbaudi, saskaņā ar formulām (2.12) un (2.13).

3.15. Veic ātrumkārbas pārbaudi ievērojot pieļaujamo momentu, pie kam jāizpilda nosacījums

$$M < M_v, \quad (3.19)$$

kur M_v – maksimālais griezes moments saskaņā ar darbgalda pasi.

3.16. Mašīnlaiks (pamatlaiks):

$$T_p = \frac{l+l_1+l_2}{n_f \cdot s}, \quad (3.20)$$

kur l – urbuma dziļums, mm;
 l_1 – iegriešanas dziļums, mm;
 $l_2 = 1$ mm – pārskrēja (dobumiem $l_2 = 0$)

Iegriešanas lielums l_1 ir atkarīgs no urbja uzasinājuma formas.

Normālam, vienkārtīgam asinājumam:

$$l_1 = \frac{D}{2} \cdot \operatorname{ctg} \varphi. \quad (3.21)$$

Divkārtīgam asinājumam:

$$l_1 = 0,4 \cdot D. \quad (3.22)$$

Pārurbšanā:

$$l_1 = \frac{D-d}{2} \cdot \operatorname{ctg} \varphi, \quad (3.23)$$

kur φ – urbja virsotnes pusleņķis.

4. FRĒZĒŠANAS GRIEŠANAS REŽĪMU APRĒKINĀŠANA

4.1. Izvēlas normalizētu frēzes veidu, tipu un tās izmērus, ievērojot uzdevumu, apstrādājamās virsmas izmērus un formu. Ja nepieciešams apstrādāt plakni, tad izvēlas galafrēzi vai retāk pirkstfrēzi. Atklātas rievas apstrādei nepieciešama diskfrēze, veidvirsmas apstrādei – veidfrēze utt. Frēzes diametru D_f izvēlas vidēji, lai samazinātu mašīnlaiku (pamatlaiku). Pie vienādiem frēžu diametriem, frēzi ar mazāku zobu skaitu izvēlas iepriekšējai apstrādei, bet frēzi ar lielāku zobu skaitu – precīzai apstrādei.

4.2. Ievērojot apstrādājamo materiālu, izvēlas frēzes griezējdaļas materiālu pielikuma 3. tabulā.

4.3. Saskaņā ar 37..41. tabulām frēzes griezējdaļai izvēlas ģeometriskos parametrus, kurus precīzē katalogā.

4.4. Ievērojot kopējo uzlaidi sagataves virsmas apstrādei, no tās izdala uzlaidi h mm, kura paredzēta nofrēzēšanai.

Nosaka griešanas dziļumu frēzēšanai t , mm, ievērojot apsvērumus, ka neprecīzām apstrādājamām virsmām, visa uzlaide var tikt noņemts vienā pārgājienā, ja nav ierobežojumu darbgalda jaudai un sistēmas darbgalds – ierīce – instruments – sagatave stingumam.

Ātra, ražīga frēzēšana ar galafrēzēm nodrošina augstu virsmas precizitātes kvalitāti un mazu raupjumu pie vidējiem griešanas dziļumiem. Uzlaides nogriešanu divos pārgājienos paredz, ja nepieciešams nodrošināt apstrādājamās virsmas raupjumu $R_a = 3,2 \cdot 0,8 \mu\text{m}$. Šajā gadījumā precīzās apstrādes pārgājienā paredz griešanas dziļumu $t = 0,5 \cdot 1,5$ mm.

Frēzēšanu ar diska frēzēm, ja uzlaide ir robežās līdz 5 mm veic vienā pārgājienā un tad tiek nodrošināts raupjums $R_a = 6,3 \cdot 1,8 \mu\text{m}$.

4.5. Frēzēšanas platumu B , mm pieņem vienādu ar pārgājienā apstrādājamo virsmas platumu (apstrādājot ar diska frēzi, to pieņem vienādu ar rievas platumu, apstrādājot ar pirksta frēzi platumu B mēra paralēli frēzes asij, apstrādājot ar veidfrēzi, to pieņem vienādu ar aktīvās griezējšķautnes garuma projekciju uz sagataves asi).

4.6. Saskaņā ar 42..45. tabulām un 47. tabulu izvēlas padevi uz zobu s_{zT} , mm/zobu, ievērojot apstrādājamā materiāla raksturojumu, CNC frēzmašīnas jaudu un sistēmas darbgalds – ierīce – instruments – sagatave stingumu. Gala frēzēšanā lietderīgi

izmantojot frēzes pārsedzes vai nesimetrisku frēzēšanas shēmu uzsākot apstrādi pret padevi. Ja tiek izmantotas frēzes ar cietkausējuma plāksnītēm, tad 42. tabulā norādīto nobīdes lielumu **C** konstrukciju un lēģēto tēraudu un ņetu apstrādei nosaka no zobu iegriešanās puses, bet apstrādājot nerūsējošos, karstumizturīgos un augstlēģētos tēraudus – nosaka no zobu izejas puses.

Frēzes zobu skaita noteikšana:

$$z = (1..1,7)\sqrt{D}. \quad (4.1)$$

Ievērojot zobu skaitu **z**, aprēķina padevi uz apgriezieni **s_{aT}**, mm/apgr:

$$s_{aT} = s_{aT} \cdot z. \quad (4.2)$$

Precīzajā un vidēji precīzajā frēzēšanā padevi uz apgriezieni izvēlas saskaņā ar 40. tabulu un 44. tabulu.

4.7. Saskaņā ar 46. tabulu nosaka frēzes noturības periodu **T**, min samazinot to 0,4 reizes.

4.8. Griešanas aploces ātrumu **v** aprēķina pēc formulas (**v** > 100 m/min):

$$v = \frac{C_v \cdot D_f^{q_v} \cdot K_v}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot s_{zT}^{y_v} \cdot B^{u_v} \cdot Z^{p_v}}, \quad (4.3)$$

kur **C_v** – koeficients, kurš ir atkarīgs no apstrādes apstākļiem (49. tab.);
q_v, **m**, **x_v**, **y_v**, **u_v**, **p_v** – pakāpju rādītāji no 49. tabulas;
K_v – kopējais korekcijas koeficients.

Koeficients **K_v** ir vienāds ar atsevišķu korekcijas koeficientu reizinājumu:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{vv} \cdot K_{iv} \cdot K_{sv}, \quad (4.4)$$

kur **K_{mv}** – apstrādājamā materiāla īpašību koeficients (20. tab. un 21. tab.);
K_{vv} – sagataves virsmas stāvokļa koeficients (22. tab.);
K_{iv} – instrumenta materiāla (cietkausējuma) koeficients (no 23. tabulas; ja 49. tabulā ir dati par koeficientu **C_v**, tad **K_{iv} = 1**);
K_{sv} – apstrādājamās sagataves materiāla stāvokļa koeficients (22. tab.).

4.9. Apgriezienu skaitu minūtē **n** aprēķina pēc formulas:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D_f}. \quad (4.5)$$

Apgriezienu skaitu **n** koriģē saskaņā ar CNC darbgalda pases datiem, pieņemot tuvāko faktisko lielumu **n_f**, un pēc tam aprēķina faktisko griešanas ātrumu **v_f**, m/min:

$$v_f = \frac{\pi \cdot D_f \cdot n}{1000}. \quad (4.6)$$

Saskaņā ar formulu (2.8) aprēķina faktisko frēzes noturību T_f .

4.10. Minūtes padevi s_{mT} , mm/min nosaka pēc formulas:

$$s_{mT} = s_{aT} \cdot n_f. \quad (4.7)$$

Koriģē s_{mT} saskaņā ar CNC darbgalda pasas datiem, pieņemot tuvāko minūtes padeves lielumu s_m . Nosaka faktisko padevi uz zobu s_z , mm/zobu:

$$s_z = \frac{s_m}{n_f \cdot Z}. \quad (4.8)$$

4.11. Griešanas spēku P_z , N aprēķina pēc formulas:

$$P_z = \frac{C_p \cdot t^{xp} \cdot s_z^{yp} \cdot B^{up} \cdot Z \cdot K_p}{D_f^{qp} \cdot n_f^{wp}}, \quad (4.9)$$

kur C_p – koeficients, kurš ir atkarīgs no apstrādes apstākļiem (50. tab.);
 xp, yp, up, qp, wp – pakāpes rādītāji 50. tabulā;
 K_p – kopējais korekcijas koeficients.

Koeficients K_p ir vienāds ar atsevišķu korekcijas koeficientu reizinājumu:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{np}, \quad (4.10)$$

kur K_{mp} – ievēro apstrādājamā materiāla īpašības (27.·29. tab.);
 K_{np} – ievēro frēzes nodilumu līdzi pieļaujamam lielumam (50. tab.).

4.12. Jaudu N_a , kura nepieciešama frēzēšanai un elektrodzinēja jaudu N_e aprēķina pēc formulām (2.11) un (2.12), bet pēc formulas (2.13) veic pārbaudi attiecībā uz elektrodzinēja jaudas pietiekamību.

4.13. Griešanas pretestības momentu aprēķina pēc formulas:

$$M_g = \frac{P \cdot D_f}{2000 \cdot Z}. \quad (4.11)$$

Darbgalda vārpstas vērpes momentu M_v aprēķina pēc formulas (2.15). Formulu (2.16) izmanto izvēlētā griešanas režīma pārbaudei, ievērojot ātrumkārbas vājākā elementa stiprību.

4.14. Aprēķina mašīnlaiku (pamatlaiku):

$$T_p = \frac{l + l_1 + l_2}{s_m}, \quad (4.12)$$

kur l – apstrādājamās sagataves garums, mm;
 l_1 – frēzes iegriešanās garums, mm;

$l_2 = 2$ mm – frēzes pārskrējās lielums.

Iegriešanās garums l_1 frēzēšanā ar diska frēzēm, veidfrēzēm un leņķu frēzēm tiek noteikts:

$$l_1 = \sqrt{t \cdot (D_f - t)}. \quad (4.13)$$

Gala frēzēšanā galafrēzēm un kāta frēzēm:

$$l_1 = 0,5 \cdot \left(D_f - \sqrt{D_f^2 - B^2} \right) \quad (4.14)$$

5. SLĪPĒŠANAS GRIEŠANAS REŽĪMU APRĒKINĀŠANA

5.1. Ievērojot detaļas formu un izmērus, izvēlas slīpēšanas veidu (ārējā vai iekšējā slīpēšanā), slīpmašīnas veidu (apalslīpmašīna, plakanslīpmašīna) slīpripas formu, tipu un izmērus. Izvēlas vislielākā izmēra slīpripu, kuru iespējams uzstāt uz darbgalda. Iekšējā slīpēšanā slīpripas diametru D_{sl} izvēlas, izejot no nosacījuma, ka $D_{sl} \leq 0,85D$, kur D – sagataves cauruma, dobuma diametrs. Slīpripas platumu B_{sl} izvēlas atkarībā no sagataves stinguma, jo mazāks stingums, jo mazāks B_{sl} . Iekšējā slīpēšanā slīpripas platumu B_{sl} izvēlas mazāku par slīpējamās virsmas garumu.

Nosaka slīpripas raksturojumu: abrazīvo materiālu, graudainību, cietību, struktūru, saistvielu un porainību (51.·54. tab.). Nosaka slīpripas marķējumu. Nosaka slīpripas izgatavošanas precizitātes klasi un tās līdzsvarotību, pieļaujamo aploces ātrumu un apgriezību skaitu minūtē.

Abrazīvo materiālu izvēlas galvenokārt ievērojot apstrādājamā materiāla marķējumu un mehāniskās īpašības un apstrādes operācijas raksturu (51. tab.).

Slīpripas ar lielāku graudainību izvēlas iepriekšējā slīpēšanā, kā arī apstrādājot mīkstus un stīgrus materiālus (lai novērstu slīpripas pieķepšanu). Savukārt slīpripas ar mazāku graudainību pielieto, kad nepieciešams nodrošināt mazu virsmas raupjumu un augstu apstrādes precizitātes kvalitāti.

Nosakot slīpripas cietību, ievēro sekojošus nosacījumus: jo lielāka ir apstrādājamā materiāla cietība, jo mazākai jābūt slīpripas kopējai cietībai. Tāpat ievēro slīpēšanas veidu, nepieciešamo precizitātes kvalitāti, darbgalda un sagataves stingumu. Apstrādājot dobas detaļas nepieciešams pielietojot mīkstākas slīpripas. Slīpripas cietība raksturo saistvielas spēju noturēt instrumentā slīpgraudus.

Palielinoties apstrādājamā materiāla plastiskumam un griešanas dziļumam, slīpripas struktūrai, porainībai jābūt lielākai. Pareizi izvēloties struktūru, tiek nodrošināta labāka skaidas izvade no apstrādes joslas, kas savukārt samazina slīpripas poru pieķepšanu.

Galvenokārt vidēji precīzai apstrādei pielieto slīpripas ar keramisku saistvielu, kurām ir universāls pielietojums.

Zīmogojumā norāda pieļaujamo slīpripas aploces ātrumu, un pieļaujamo apgriezību skaitu (apgr/min), pie kura tiek saglabāta operatora drošība. Slīpripām marķējumā norāda slīpēšanas ātrumu 35·50 m/s, bet slīpripām paātrinātai, ražīgai slīpēšanai $v_{sl} > 50$ m/s.

5.2. Ievērojot slīpēšanas veidu un operācijas raksturu saskaņā ar 55. tabulu nosaka slīpripas griešanas ātrumu v_{sl} , m/s. Slīpripas apgriezību skaitu n_{sl} , apgr/min nosaka saskaņā ar formulu:

$$n_{sl} = \frac{60000 \cdot v_{sl}}{\pi \cdot D_{sl}} \quad (5.1)$$

Turpmāk koriģē apgriezību skaitu n_{sl} saskaņā ar darbgalda pases datiem. Aprēķina faktisko slīpripas griešanas ātrumu $v_{sl.f}$, m/s:

$$v_{sl.f} = \frac{\pi \cdot D_{sl} \cdot n_{sl.f}}{60000} \quad (5.2)$$

Salīdzina faktisko ātrumu $v_{sl.f}$ un pieļaujamo ātrumu, kurš norādīts slīpripas marķējumā. Ja faktiskais ātrums ir mazāks par pieļaujamo, tad to pieņem par griešanas ātrumu.

5.3. Saskaņā ar 55. tabulu izvēlas sagataves ātrumu v_s (apaļslīpēšanā aploces vai plakanslīpēšanā gareniskā pārvietoējuma ātrumu m/min). Apāļslīpēšanā nosaka sagataves apgriezību skaitu minūtē:

$$n_s = \frac{1000 \cdot v_s}{\pi \cdot D} \quad (5.3)$$

kur D – sagataves apstrādājamās virsmas lielākais diametrs, mm.

Iegūto lielumu n_s koriģē saskaņā ar darbgalda pases datiem, pieņemot tuvāko iespējamo lielumu n_{sf} , un pēc tam aprēķina faktisko ātrumu v_{sf} , m/min:

$$v_{sf} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{sf}}{1000} \quad (5.4)$$

Ja darbgaldam ir bezpakāpju apgriezību skaita regulēšanas mehānisms, tad apgriezību skaitu n_{sf} izvēlas saskaņot to tieši ar sagataves apgriezību skaitu $n_{sf} = n_s$.

Plakanslīpēšanā sagataves gareniskā pārvietoējuma ātrumu v_s pārbauda ievērojot darbgalda galda pieļaujamo pārvietošanās ātrumu. Ja v_s nav lielāks par pieļaujamo ātrumu, tad to pieņem par v_{sf} un ja iespējams to nodrošina ar darbgalda bezpakāpju ātruma regulēšanas mehānismu.

5.4. No virsmas paredzētās kopējās apstrādes uzlaides lieluma izdala uzlaidi h mm, kura tiek atdalīta slīpēšanā. Lai palielinātu ražīgumu, jācenšas noteikt minimālu pieļaujamo slīpēšanas uzlaidi. Parasti virsmu apaļslīpēšanā relatīvi īsām un neliela diametra sagatavēm pieņem $h = 0,15$ mm uz katru pusi, slīpējot relatīvi garas un liela diametra sagataves $h = 0,2 \cdot 0,3$ mm. Plakanslīpēšanā uzlaide $h = 0,2 \cdot 0,5$ mm. Veidvirsmu slīpēšanā uzlaide tiek saskaņota ar sagataves profila dziļumu. Lietderīgi ir uzlaides lielāko daļu (75·80 %) noņemt ar griešanas dziļumu t , kurš atbilst iepriekšējās slīpēšanas apstākļiem, bet atlikušo uzlaides daļu noņemt ar griešanas dziļumu, kurš atbilst precīzās slīpēšanas apstākļiem.

Uzlaides sadale:

$$h = t \cdot i, \quad (5.5)$$

kur i – pārgājienu skaits.

5.5. Griešanas dziļumu t , mm izvēlas saskaņā ar 55. tabulu, atkarībā no slīpēšanas veida un operācijas rakstura un pēc tam to saskaņo ar darbgalda pases datiem. Gareniskajā apaļslīpēšanā un plakanslīpēšanā apstrādes process ir vairākgājienu. Apāļslīpēšanā un plakanslīpēšanā $t = s_n$, kur s_n – šķērspadeve, mm. Apāļslīpēšanā katrā nākamā griešanas dziļumā, slīpripa tiek padota šķērspadevē pēc viena galda dubultgājiena. Plakanslīpēšana atšķiras ar to, ka slīpripas šķērspadevi sekojošā griešanas dziļumā veic tikai pēc tam, kad slīpripa apstrādes beigās pārvirzās šķērsām apstrādājamai virsmai gala stāvoklī. Apāļslīpējot ar iegriešanos (tai skaitā veidslīpēšanā) slīpēšanas griešanas dziļums ir vienāds ar nogriežamās kārtas biežumu vai veidvirsmas dziļumu.

Apāļslīpēšanā ar iegriešanos (veidslīpēšanā) lieto nevis šķērspadeves s_s jēdzienu, bet gan radiālo padevi s_r (mm/apgr vai plakanslīpēšanā mm/galda dubultgājienā). Tās lielums tiek izvēlēts saskaņā ar 55. tabulu un koriģēts saskaņā ar darbgalda pases datiem.

5.6. Garenpadeve s_g apaļslīpēšanā – ir sagataves pārvietošanas gar slīpripas ass virzienu viena sagataves apgrieziena laikā, bet plakanslīpēšanā – s_{sg} (šķērsā garenpadeve) slīpripas pārvietošums šķērsām apstrādājamai virsmai, pēc viena galda gareniskā gājiena. Tāpēc dimensijas apaļslīpēšanā ir mm/apgr un plakanslīpēšanā – mm/galda gājienā.

Garenpadevi s_g (mm) nosaka saskaņā ar 55. tabulu un tā tiek izvēlēta, ievērojot operācijas raksturu un slīpēšanas veidu:

$$s_g = s_{sg} = k \cdot B_{sl}, \quad (5.6)$$

kur k – koeficients (0,2·0,7, sk. 55. tab.);

B_{sl} – slīpripas platums, biežums vai augstums, mm.

Plakanslīpēšanā ar slīpripas gala virsmu, slāni, kurš vienāds ar griešanas dziļumu t , var noņemt vienā galda pārgājienā, ja slīpripas diametrs D_{sl} ir lielāks par sagataves platumu, vai arī vairākos pārgājienu. Pēdējā gadījumā s_g izvēlas, ievērojot D_{sl} . Ieteicams pielietojot piesaistīto slīpēšanas platumu B_p , kurš vidēji ir $B_p = 20 \cdot 300$ mm (lielākas B_p vērtības jāizvēlas jaudīgāku slīpmašīnu gadījumā).

5.7. Apāļslīpēšanas darbgaldiem garenisko galda pārvietošumu aprēķina:

$$v_g = \frac{s_g \cdot n_{sf}}{1000} \quad (5.7)$$

un nodrošina tā iestatīšanu ar bezpakāpju regulēšanas mehānismu, pie kam ātrums v_g nedrīkst pārsniegt ātrumu, kurš norādīts darbgalda pasē.

Plakanslīpēšanā slīpripas pārvietojuma lielums šķērsām apstrādājamai virsmai (s_{sg} – slīpējot ar aploces daļu; B_p – slīpējot ar gala virsmu) tiek iestatīts ar bezpakāpju slīpripas padeves mehānismu.

5.8. Jaudu N_{sl} , KW, kura nepieciešama slīpēšanas procesa veikšanai aprēķina apaļslīpējot ar garenpadevi:

$$N_{sl} = C_N \cdot v_{sf}^r \cdot t^x \cdot s_g^y \cdot D_{sl}^q \quad (5.8)$$

Plakanslīpējot ar slīpripas aploces daļu un ar slīpripas šķēerso garenpadevi:

$$N_{sl} = C_N \cdot v_{sf}^r \cdot t^x \cdot s_{sg}^y \cdot D_{sl}^q \quad (5.9)$$

Slīpējot ar slīpripas aploces daļu ar radiālo padevi (iegriešanās apaļslīpēšana un veidslīpēšana):

$$N_{sl} = C_N \cdot v_{sf}^r \cdot s_r^y \cdot D_{sl}^q \cdot b^z \quad (5.10)$$

Plakanslīpējot ar slīpripas gala virsmu:

$$N_{sl} = C_N \cdot v_{sf}^r \cdot t^x \cdot B_p^z \quad (5.11)$$

kur C_N – koeficients (sk. 57. tab.);
 r, x, y, q, z – pakāpju rādītāji (sk. 57. tab.);
 b – slīpēšanas platums, mm;
 B_p – piesaistītais slīpēšanas platums, mm.

Turpmāk aprēķina nepieciešamo slīpripas piedziņas elektromotora jaudu un veic elektromotora jaudas pārbaudi (kurš uzstāts uz darbgalda), attiecīgi izmantojot formulas (2.12) un (2.13).

5.9. Nepieciešamo elektromotora jaudu apaļslīpējamās sagataves piedziņai aprēķina pēc formulas:

$$N_s = N_{sl} \frac{v_{sf}}{60 \cdot v_{sl.f} \cdot \eta} \quad (5.12)$$

kur N_{sl} – jauda, kura aprēķināta saskaņā ar kādu no formulām (5.8), (5.9), (5.10) vai (5.11);
 v_{sf} – sagataves faktiskais aploces ātrums, m/min;
 $v_{sl.f}$ – slīpripas faktiskais aploces ātrums, m/s;
 η – lietderības koeficients.

Pārbauda sagataves piedziņas elektromotora jaudu:

$$N_s < N_{ds}, \quad (5.13)$$

kur N_{ds} – sagataves piedziņas elektromotora jauda saskaņā ar darbgalda pases datiem.

5.10. Mašīnlaiku (pamatlaiku) T_p (min) aprēķina pēc šādām formulām.

Ārējai un iekšējai gareniskai apaļslīpēšanai:

$$T_p = \frac{(1+l_1) \cdot h \cdot K_T}{n_{sf} \cdot s_g \cdot t}. \quad (5.14)$$

Iegriešanās gadījumā un veidvirsmu apaļslīpēšanai:

$$T_p = \frac{(h+l_2) \cdot h \cdot K_T}{n_{sf} \cdot s_r}. \quad (5.15)$$

Plakanslīpēšanai:

$$T_p = \frac{H \cdot (1+l_3) \cdot h \cdot K_T}{1000 \cdot v_s \cdot s_{sg} \cdot t}. \quad (5.16)$$

Veidvirsmu slīpēšanai ar plakanslīpmašīnu:

$$T_p = \frac{(1+l_4) \cdot h \cdot K_T}{1000 \cdot v_{sf} \cdot s_r}. \quad (5.17)$$

Slīpēšanas platums:

$$H = B + B_{sl} + 5, \quad (5.18)$$

kur B – slīpējamās virsmas platums, mm;
 B_{sl} – slīpripas platums, mm;
 h – apstrādes uzlaide, mm;
 l – slīpējamās virsmas garums, mm;
 l_1 – iegriešanās un pārskrejas garums, kurš kopēji tiek pieņemts vienāds ar slīpripas platumu B_{sl} , mm;
 $l_2 = l_4 = 0,25$ mm – iegriešanās garums;
 $l_3 = 10$ mm – iegriešanās un pārskrejas garums;
 s_g – apaļslīpēšanas garenpadeve, mm;
 s_{sg} – plakanslīpēšanas šķērsā garenpadeve, kura ir slīpripas pārvietojums šķērsām apstrādājama virsmai uz galda vienu dubultgājienu, bet slīpēšanai ar galavirsmu pieņem $s_{sg} = B_p$;
 s_r – radiālā padeve, mm;
 t – griešanas dziļums, mm;

n_{sf} – faktiskais sagataves apgriezienu skaits minūtē;
 v_{sf} – faktiskais sagataves aploces ātrums, m/min;
 K_T – precizitātes koeficients, kurš ievēro elastīgās deformācijas, t.i., laiku slīpēšanai bez šķērspadeves (radiālās padeves) un tā tiek veikta operācijas noslēguma stadijā, lai sasniegtu nepieciešamo precizitātes kvalitāti un virsmas raupjumu.

Iepriekšējā apaļslīpēšanā $K_T = 1,2$, noslēdzošajā $K_T = 1,4$;
Iepriekšējā iekšējā apaļslīpēšanā $K_T = 1,3$, noslēdzošajā $K_T = 1,6$;
Iepriekšējā plakanslīpēšanā $K_T = 1,25$, noslēdzošajā $K_T = 1,4$;
Veidslīpēšanā $K_T = 1,2$.

IZMANTOTIE INFORMĀCIJAS AVOTI

1. Barbotjko A. I. Metālu griešanas teorija. – M.: Mašīnbūve, 1999. - 214 lpp. (kr. val.)
2. Fritz A. H., Schulze G. Fertigungstechnik. – Berlin: Springer Verlag, 2004. – S. 480.
3. Jašcerīcins P. I., Jerjomenko M. L., Feldšteins J. E. Griešanas teorija. Fizikālie un siltumprocesi tehnoloģiskajās sistēmās. – Minska: Augstākā skola, 1999. – 512 lpp. (kr. val.)
4. König W., Klocke F. Fertigungsverfahren. – Berlin: Springer Verlag, 1999. – S. 471.
5. Smith G. Advanced machining. – Berlin: Springer Verlag, 1998. – 281 p.
6. Bunga G. Apstrādes precizitātes un raupjuma nodrošināšana. – Rīga: RTU, 1999. – 9 lpp.
7. Bunga G. Griežņa ģeometrija un to izmaiņu nodrošināšana. – Rīga: RTU, 2004. – 13 lpp.
8. Vedmedovskis V.A, Krūskops A.A. Griešanas teorija. Griešanas režīmu aprēķins. – Rīga: RPI, 1990. – 114 lpp. (kr. val.)