



LATVIJAS LAUKSAIMNIECĪBAS UNIVERSITĀTE
MEŽA FAKULTĀTE

Henn Tuherm
Andis Ābele

KOKSNES GRIEŠANAS PROCESI

Mācību līdzeklis
LLU Meža fakultātes studentiem un nozares speciālistiem

Jelgava, 2014

UDK 674.0932-413.84 + 674.053

Grāmata izdota ar AS «Latvijas valsts meži» atbalstu



Vāka mākslinieciskais noformējums: Lauris Bērziņš (BALTI Group)
Korektore: Agrita Grīnvalde
Maketētājs: Lauris Bērziņš (BALTI Group)

© Henn Tuherm, Andis Ābele, teksts
© Studentu biedrība «Šalkone»
© SIA «BALTI Group», dizains

ISBN 978-9984-48-162-3

Izdevējs: Studentu biedrība «Šalkone»

SATURS

IEVADS	4
1. KOKSNES GRIEŠANAS TEORIJAS PAMATI	6
1.1. Koksnes mehāniskās apstrādes procesi un to iedalījums	6
1.2. Grieznis	9
1.2.1. Griežņa galvenie elementi un parametri	9
1.2.2. Griežņinstrumentu galvenie elementi un parametri	11
1.2.3. Ideālais un reālais grieznis	13
1.2.4. Griežņa nodilums	15
1.3. Koksnes griešanas process	18
1.3.1. Griešanas un padeves kustības	18
1.3.2. Skaidas parametri	20
1.3.3. Galvenie griešanas veidi un skaidas veidošanās tajos	22
1.4. Koksnes un griežņa savstarpējā iedarbība	26
1.4.1. Griešanas procesa dinamika	26
1.4.2. Griešanas spēka komponentu noteikšana	29
1.4.3. Griežņa asuma pakāpes novērtēšana	31
1.4.4. Griešanas spēks slēgtajiem griešanas veidiem	32
1.4.5. Īpatnējais griešanas spēks un īpatnējais griešanas darbs	32
1.4.6. Griešanas procesa dinamika mikroskaidas nogriešanas gadījumā	34
1.4.7. Dažādu faktoru ietekme uz griešanas spēka vērtību	37
1.5. Virsmas raupjums	39
1.5.1. Koksnes virsmas raupjuma parametri un to noteikšana	39
1.5.2. Dažādu faktoru ietekme uz apstrādātās koksnes virsmas raupjumu	41
1.6. Alternatīvie koksnes dalīšanas paņēmieni	42
2. GRIEŠANAS REŽĪMU PARAMETRU APRĒĶINI KOKAPSTRĀDES DARBMĀŠINĀS	44
2.1. Griešanas process gateros	44
2.1.1. Griešanas procesa raksturojums	44
2.1.2. Pieļaujamā padeves lieluma uz gatera galvenās vārpstas vienu apgriezību noteikšana	50
2.2. Griešanas process lentzāģmašīnās	55
2.2.1. Griešanas procesa raksturojums	55
2.2.2. Pieļaujamā padeves ātruma noteikšana	58
2.3. Griešanas process ripzāģmašīnās	60
2.3.1. Griešanas procesa raksturojums	60
2.3.2. Pieļaujamā padeves ātruma noteikšana garenzāģēšanas ripzāģmašīnām	68
2.3.3. Pieļaujamā padeves ātruma noteikšana šķērszāģēšanas ripzāģmašīnām	71
2.4. Griešanas process frēzmašīnās	71
2.4.1. Griešanas procesa raksturojums	71
2.4.2. Pieļaujamā padeves ātruma noteikšana	78
2.5. Griešanas process urbjmašīnās	80
2.5.1. Griešanas procesa raksturojums	80
2.5.2. Pieļaujamā padeves ātruma noteikšana	84
2.6. Griešanas process slīpmašīnās	84
LITERATŪRA	90

IEVADS

Koksne ir viens no dabā visizplatītākajiem materiāliem. Pieprasījums pēc koksnes un tās izstrādājumiem tautsaimniecībā katru gadu pieaug. Koksnes pārstrādes tehnoloģiskie procesi lielākā vai mazākā mērā ir saistīti ar koksnes mehānisko apstrādi un vienu no mehāniskās apstrādes veidiem – griešanu. Griešanas procesā darba priekšmeta formas un lieluma izmaiņas notiek griezējinstrumenta iedarbības rezultātā. Griešanas mērķis ir iegūt izstrādājumu ar noteiktu formu, izmēriem un nepieciešamo virsmas raupjumu, patērējot minimālu darba un enerģijas daudzumu un radot minimālus koksnes zudumus. Griešanas rezultātā no apstrādājamā objekta iegūst vajadzīgo detaļu vai izstrādājumu, bet daļa koksnes pārvēršas atlikumos. Atlikumi var būt izmantojami vai neizmantojami. Griešanas procesi jāorganizē tā, lai neizmantojamo atlikumu daudzums būtu minimāls.

Koksnes griešanas procesu raksturo ievērojama specifika, kas saistīta ar koksnes uzbūves un īpašību anizotropiskumu, praksē lietotajiem lielajiem griešanas un padeves ātrumiem, dažādām prasībām attiecībā pret apstrādes precizitāti un virsmas raupjumu. Koksni var sagriezt ar cieta ķīļveida ķermeņa, ūdens strūkļas, lāzera stara vai cita enerģijas nesēja palīdzību. No tehniskajiem un ekonomiskajiem apsvērumiem pašreizējā zinātnes un tehnikas attīstības līmenī koksni visizdevīgāk ir griezt ar griezējinstrumentiem, kuriem pamatā ir ciets nedeformējams griezējelements – ķīļveida grieznis (piemēram, zāga vai frēzes zobs, nazis, abrazīvā instrumenta slīpgrauds u.c.). Koksnes griešanas procesa realizācijai izmantotā instrumenta veida, konstrukcijas un tā darbīgo elementu optimālo parametru izvēle rada priekšnosacījumus koksnes mehāniskās apstrādes procesu efektivitātes kāpināšanai.

Koksnes griešanas teorija ir mācība par koksnes griešanas procesu. Tās uzdevums ir noskaidrot likumsakarības, kas raksturo koksnes un griezējinstrumenta savstarpējo iedarbību griešanas procesā. Par koksnes griešanas teorijas pamatlicēju var uzskatīt Pēterburgas Kalnu institūta profesoru I. Timē (И. А. Тиме), kurš 1870. gadā publicēja savu pētījumu rezultātus par metālu un koksnes griešanas procesu vispārējām likumsakarībām. Citu zinātnieku – P. Afanasjeva (П. А. Афанасьев), P. Denfera (П. В. фон Денферъ), M. Deševoja (М. А. Дешевой), A. Beršadska (А. Л. Бершадский), S. Voskresenska (С. А. Воскресенский), A. Grūbes (А. Э. Грубе), E. Ivanovska (Е. Г. Ивановский) u.c. – pētījumi devuši neatsveramu ieguldījumu dažādu teorētisku un praktisku problēmu risināšanā. Plaši pazīstami ir arī teorētiskie un eksperimentālie darbi, kas veikti V. M. Makenzija (W. M. McKenzie, ASV), F. Kollmana (F. Kollmann, Vācija), G. Pāliča (G. Pahlitzsch, Vācija), B. Tunela (B. Thunell, Zviedrija), E. Kivimā (E. Kivimaa, Somija) u.c. vadībā.

Pašreiz koksnes griešanas teorijas jautājumu risināšanā var izšķirt trīs atsevišķas pieejas:

- 1) mehāniski matemātiskā pieeja, kas pamatojas uz materiālu stiprības un elastības teorijas likumsakarībām (I. Timē, M. Deševojs, S. Voskresenskis, P. Afanasjevs, V. M. Makenzijs u.c.);
- 2) fizikālā pieeja – griešanas fizikāli molekulāro procesu būtības izpēte (E. Ivanovskis, A. Grūbe u.c.);
- 3) fizikāli tehnoloģiskā pieeja – procesu aprakstīšana ar sakarībām, kas iegūtas eksperimentu datu apstrādes rezultātā (A. Beršadskis, B. Tunels u.c.).

Visas šīs pieejas papildina cita citu un noder kopējam mērķim – vispusīgas griešanas teorijas radīšanai. Koksnes griešanas teorijas fizikāli tehnoloģiskais princips vispilnīgāk ir izstrādāts prof. A. Beršadska vadībā. To ieteicams izmantot tehnoloģisko uzdevumu un griešanas procesu optimizācijas jautājumu risināšanā.

Griešanas procesa efektivitāti var novērtēt pēc dažādiem kritērijiem – ražīguma, apstrādes pašizmaksas, pamatprodukcijas iznākuma, koksnes kompleksās izmantošanas līmeņa utt. Koksnes griešanas režīmu nosaka griešanas un padeves ātruma lielums, apstrādājot noteikta veida un izmēra materiālu. Griešanas procesa ražīgums ir maksimāls, ja padeves ātrums ir pēc iespējas lielāks. Nosakot maksimāli pieļaujamo padeves ātrumu, jāņem vērā vairāki ierobežojumi, kas saistīti ar apstrādājamo materiālu (nepieciešamais apstrādātās virsmas raupjums un apstrādes precizitāte), izmantojamo griezējinstrumentu (tā darba spējas) un darbmašīnu (piedziņas jauda, griešanas un padeves ātrums, kādu pieļauj konstrukcija).

Kokapstrādes darbmašīnu shēmas, ja neņem vērā programmvadības darbmašīnas, vairākumā gadījumu izveidotas tā, ka griešanas ātruma regulēšanas iespējas ir ierobežotas vai tādu nav vispār, līdz ar to, nosakot griešanas režīma parametrus, faktiskais griešanas ātrums atbilstoši konkrētā griezējinstrumenta izmēriem ir jāsalīdzina ar optimālo griešanas ātruma vērtību. Ja faktiskais griešanas ātrums neatbilst optimālajam, jāizvēlas cita darba vārpstas rotācijas frekvence vai griezējinstrumenti ar citiem izmēriem. Padeves ātrumu vairākumā gadījumu var regulēt ievērojami plašākās robežās, salīdzinot ar griešanas ātrumu, un griešanas režīma pamatuzdevums ir saistīts ar optimālā padeves ātruma noteikšanu.

Mācību grāmatas pirmajā daļā aplūkoti griešanas teorijas pamatjautājumi un dota aprēķina metode griešanas spēka un jaudas noteikšanai, bet otrajā daļā dota griešanas režīma aprēķināšanas metodika zāģēšanas, frēzēšanas, urbšanas un slīpēšanas darbmašīnām, pamatojoties uz maksimālā ražīguma principu.

1. KOKSNES GRIEŠANAS TEORIJAS PAMATI

1.1. Koksnes mehāniskās apstrādes procesi un to iedalījums

Izejviela (koksne) tiek pārvērsta gatavos izstrādājumos, izmantojot mehāniskās apstrādes vai ķīmiskās pārstrādes paņēmienus.

Koksnes mehāniskās apstrādes process ir darba rīka (instrumenta) un darba priekšmeta (koksnes) savstarpēja iedarbība, kuras rezultātā notiek darba priekšmeta ārējā izskata (formas) vai izmēru maiņa, bet tā ķīmiskais sastāvs paliek nemainīgs. Koksnes mehāniskā apstrāde pamatojas uz divām koksnes īpašībām – plastiskumu un dalāmību (skaldāmību).

Plastiskums ir materiāla spēja mainīt sākotnējo formu ārējo spēku iedarbības rezultātā un jauno formu saglabāt arī pēc spēka iedarbības izbeigšanas. Plastiskumu nosaka ar paliekošās deformācijas lielumu. Plastiskumu izmanto koksnes mehāniskajā apstrādē, lai iegūtu liektus izstrādājumus un lai apstrādātu koksni ar štancēšanas un presēšanas paņēmieniem. *Dalāmība* (skaldāmība) ir koksnes galvenā īpašība, pateicoties kurai var griezt koksni. Tā ir koksnes īpašība saskaldīties atsevišķās daļās, kad uz to iedarbojas spēks.

Koksnes griešanas process ir koksnes mehāniskās apstrādes procesa veids, kurā apstrādājamā priekšmeta formas un izmēru izmaiņas notiek griezējinstrumenta iedarbības rezultātā. Griešanas mērķis ir iegūt izstrādājumu ar noteiktu formu, izmēriem un nepieciešamo virsmas raupjumu, patērējot iespējami maz darba enerģijas un radot iespējami mazus koksnes zudumus skaidu veidā. Koksnes griešanas teorijā aplūko koksnes mehāniskās apstrādes procesus, kas saistīti ar griezējinstrumenta iedarbību uz koksni. Koksnes griešanas zinātnes uzdevums ir noteikt vispārējās likumsakarības koksnes un griezējinstrumenta savstarpējās iedarbības rezultātā, lai varētu izstrādāt jaunus griezējinstrumentu konstrukcijas un noteikt visizdevīgākos griešanas režīmus un lai, cik vien iespējams, mehanizētu un automatizētu koksnes mehāniskās apstrādes procesu.

Koksnes griešanas process notiek ar sagataves sākotnējo izmēru izmaiņām, kas ir sasniedzamas, izmantojot griezējinstrumentu un atdalot no sagataves atsevišķas daļas. Katru koksnes griešanas procesu var raksturot ar šādu sakarību:

(1.1.1.)

$$Q = \sum q + \sum q_p + \sum q_o$$

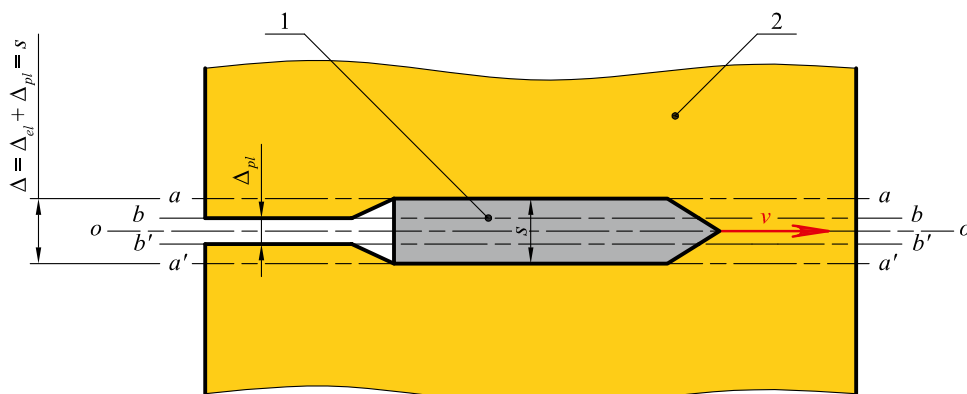
Q – koksnes sagataves sākotnējais apjoms, m^3 ;
 $\sum q$ – koksnes to daļu apjoma summa, kuru iegūšana bija griešanas procesa mērķis (gatavā produkcija), m^3 ;
 $\sum q_p$ – koksnes to daļu apjoma summa, kuras tiek atdalītas no izstrādājuma nesasmalcinātas, m^3 ;
 $\sum q_o$ – koksnes to daļu apjoma summa, kuras sasmalcina griezējinstrumenti, vai koksnes paliekošās deformācijas apjoma summa, m^3 .

1.1.1. sakarības analīze norāda, ka, apstrādājot koksni ar griešanu, vislabākais rezultāts ir tad, ja $Q = \sum q$ un koksnes daļu apjoms, kuru sasmalcina griezējinstrumenti, vai koksnes paliekošās deformācijas apjoms griežņa iedarbības rezultātā ir minimāls – $\sum q_o \rightarrow \min$. Koksnes to daļu apjoma summai, kuras tiek atdalītas no izstrādājuma nesasmalcinātā veidā un nav izmantojamas tālākai pārstrādei, arī ir jābūt minimālai.

Viens no koksnes griešanas zinātnes galvenajiem uzdevumiem ir koksnes apjoma, kuru sasmalcina griežņi, maksimāla samazināšana ($\sum q_o \rightarrow 0$). Griešanas process, kurā ($\sum q_o = 0$) ir bezskaidas koksnes griešana (1.1.1. attēls).

1.1.1. attēls

Bezskaidas griešanas procesa shēma



1 – grieznis; 2 – apstrādājamais materiāls; s – griežņa biezums;
 v – griešanas virziens; $o-o$ – dalījuma līnija; $a-a$, $a'-a'$ – plastisko deformāciju līnijas;
 $b-b$, $b'-b'$ – elastīgo deformāciju līnijas; Δ – deformētās zonas platums;
 Δ_{pl} – plastisko deformāciju zonas platums; Δ_{el} – elastīgo deformāciju zonas platums.

Literatūrā termins «bezskaidas griešana» ir sastopams bieži, bet, pamatojoties uz vairāku autoru uzskatiem, šo terminu nepieciešams precizēt – Σq_0 ir ne tikai griežņu sasmalcinātās koksnes apjoms, bet arī koksnes paliekošās deformācijas apjoms, kas rodas griežņu iedarbības rezultātā. Piemēram, sadalot materiālu divās daļās ar griezni, kura biezums ir tāds, ka tas neizraisa plaisas veidošanos griežņa asmenis priekšā, rodas elastīgās un plastiskās deformācijas tajās vietās, kurās grieznis saskaras ar koksni. Elastīgo un plastisko deformāciju kopējais lielums ir vienāds ar griežņa biezumu s (sk. 1.1.1. attēlu). Kad grieznis iedziļinās koksnē vektora v virzienā pa līniju $o-o$, griežņa sānu skaldnes saspiež koksni līdz līnijām $a-a$ un $a'-a'$, izraisot elastīgo un plastisko deformāciju parādīšanos koksnē. Pēc griežņa iziešanas no griešanas zonas elastīgi deformētās koksnes šķiedras atgriežas sākotnējā stāvoklī un samazina iegriezuma platumu līdz līnijām $b-b$ un $b'-b'$. Tādējādi daļa no koksnes šauras joslas veidā starp līnijām $b-b$ un $b'-b'$ būs iespiesta katrā no sadalītā apstrādājamā materiāla pusēm, un līdz ar to tā būs zaudēta. Lai gan skaidas iepriekš minētajā piemērā neveidojas, rezultāts ir tāds pats kā griešanas procesā, kurā daļa koksnes tiek sasmalcināta skaidu veidā. Līdz ar to koksnes bezskaidas griešana nemaz nedod koksnes apjoma ekonomiju, jo šādā griešanas procesā rodas paliekošās deformācijas.

Turklāt elastīgās deformācijas visās koksnes vietās nenotiek vienādi, tādēļ apstrādātā virsma būs nelidzēna, un to tāpat būs nepieciešams apstrādāt vēlreiz, lai nolīdzinātu. Tādējādi, lai koksnes bezskaidas griešana norisinātos pilnīgi bez koksnes zudumiem, nepieciešams izslēgt plastisko deformāciju rašanos. Šāds griešanas paņēmieni ir attaisnojams tikai specifiskos gadījumos – plānu elementu nogriešanā, kā arī tad, ja nav izvirzītas augstas prasības attiecībā uz apstrādātās virsmas raupjumu. Turklāt grieznim, kuru izmanto, ir jābūt ļoti plānam, pretējā gadījumā apstrādājams materiāls saskaldīsies, jo griežņa priekšā veidosies plaisa.

Koksnes mehāniskajā apstrādē ar griešanu lielākoties tiek praktizēti paņēmieni, kuros apstrāde notiek tā, kā parādīts 1.1.1. sakarībā – griešana ar skaidas iegūšanu, kas ir griešanas procesa blakusprodukts. Visus koksnes mehāniskās apstrādes veidus var klasificēt tā, kā parādīts 1.1.2. attēlā.

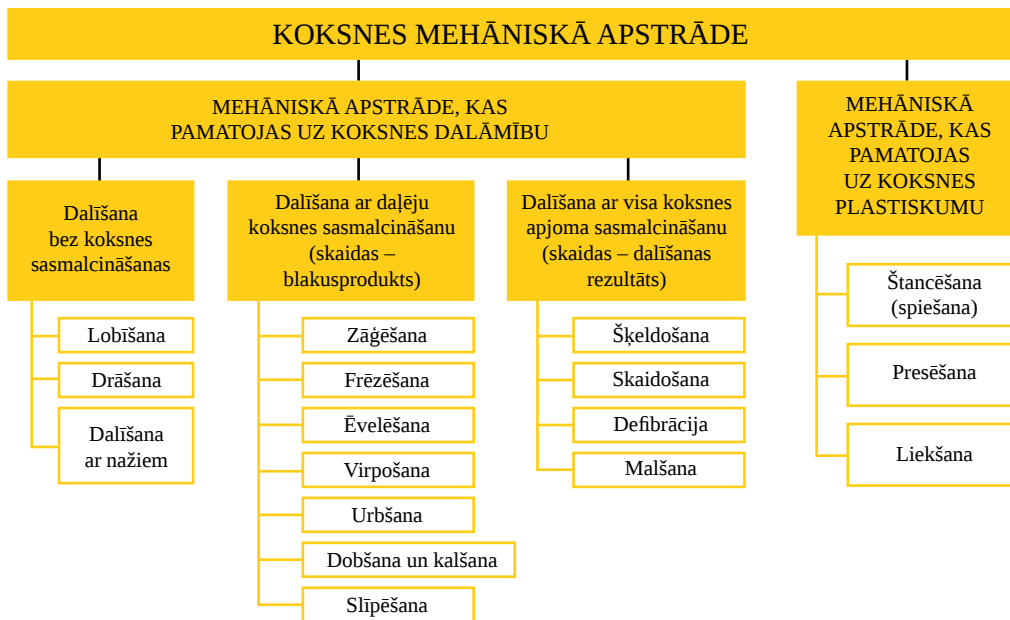
Koksnes dališanas procesi bez koksnes sasmalcināšanas:

lobīšana – koksnes griešanas process, kuru lieto lobīto finieru iegūšanai. Lobīšanas procesā finierklucis rotē ap asi, bet lobnāzis pārvietojas rotācijas ass virzienā – uz katru finierkluča apgriezieni pa attālumu, kas ir vienāds ar finiera biezumu;

drāšana – koksnes griešanas process, kuru lieto drāzto finieru iegūšanai. Finieru drāšanas procesā ēvelnāzis attiecībā pret apstrādājamo materiālu pārvietojas taisnā plaknē, paralēli koksnes šķiedrām, bet griešanas virziens ir perpendikulārs šķiedru virzienam;

dališana ar nažiem – koksnes bezskaidas griešanas process, kuru lieto lobīto un drāzto finieru sagriešanai vajadzīgajā platumā un garumā ar finieru šķērēm, neliela biezuma taras dēlišu ražošanai u.c.

Koksnes mehāniskās apstrādes veidu klasifikācija

**Koksnes dališanas procesi, kuros iegūtās skaidas ir dališanas blakusprodukts:**

zāģēšana – kokmateriālu sadališanas process ar daudzgriezņu instrumentu – zāģi, kam griežņi (zobi) var būt izveidoti plātnes, lentes vai diska malās, cilindra galā vai pie speciālu ķēžu atsevišķiem locekļiem. Griešanas kustību īsteno ar zāģi, bet padeves kustību – ar apstrādājamo materiālu vai griezējinstrumenta suportu;

frēzēšana – plakanu vai profilētu virsmu apstrāde ar rotējošu griezējinstrumentu – frēzi. Griešanas kustība ir frēzes rotācija, bet padeves kustība – apstrādājamā materiāla un frēzes savstarpējā virzes kustība. Frēzēšanu lieto ne tikai virsmu apstrādei, bet arī dažādas konfigurācijas gropju un tapu iegūšanai, kā arī koksnes sasmalcināšanai ar frēzēšanas paņēmieniem;

ēvelēšana – lineāru virsmu apstrāde ar ēvelēšanas griezni, kuru iestiprina ēveles korpusā vai darbmašīnas suportā. Griešanas un padeves kustības ir instrumenta un apstrādājamā materiāla virzes kustības;

virpošana – apstrādājamā materiāla cilindrisku, konisku un profilētu rotācijas un gala virsmu apstrāde ar virpas griezni. Griešanas kustība ir apstrādājamā materiāla rotācija, bet padeves kustība – griežņa virzes kustība;

urbšana – urbumu (apaļu dobumu) izveidošana apstrādājamā materiālā ar rotējošu griezējinstrumentu – urbi. Griešanas kustība ir urbja rotācija, bet padeves kustība – urbja un apstrādājamā materiāla savstarpējā virzes kustība urbja rotācijas ass virzienā;

dobšana un kalšana – dažāda izmēra un profila dobumu, gropju un rievu iestrāde apstrādājamā materiālā ar speciālām dobšanas un kalšanas mašīnām vai ar kaltu;

slīpēšana – materiāla apstrāde ar abrazīvo instrumentu (slīplenti), lai iegūtu virsmas ar nepieciešamo raupjumu.

Koksnes dališanas procesi ar visa koksnes apjoma sasmalcināšanu:

šķeldošana – masīvās koksnes, cirsmu vai kokzāģēšanas un finierrūpniecības atlieku mehāniskā sadališana mazākās frakcijās, kuru daļiņu izmēri visbiežāk ir 5 ... 50 mm dažādos virzienos attiecībā pret koksnes šķiedru virzienu. Šķeldas paredzētas tālākai rūpnieciskajai pārstrādei, lai iegūtu noteikta izmēra un formas skaidas vai šķiedras. Nereti šķeldas tiek gatavotas koksnes atlieku ērtākas sadedzināšanas vai transportēšanas nolūkā;

skaidošana – šķeldu vai masīvās koksnes smalcināšana ar griešanu, lai iegūtu noteikta izmēra un formas skaidas, kas ir piemērotas kokskaidu plātņu izgatavošanai;

defibrācija (šķiedrošana) – koksnes (parasti šķeldu) mehāniskā sasmalcināšana šķiedrainā masā, ko lieto kā izejvielu kokšķiedru plātņu vai celulozes ražošanai;

malšana – koksnes sausā mehāniskā sasmalcināšana koksnes miltos.

1.2. Grieznis

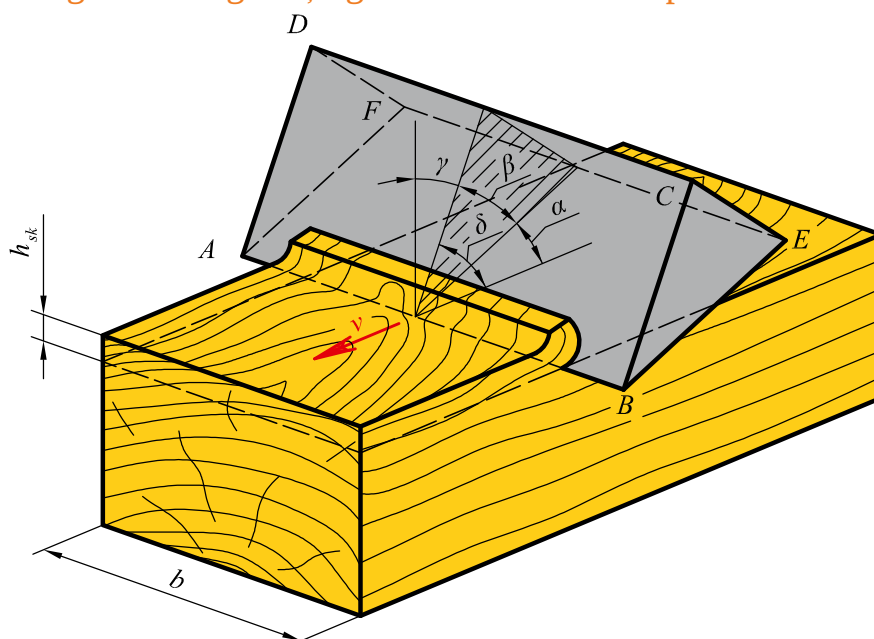
Pamatojoties uz ekonomiskajiem un tehniskajiem apsvērumiem, pašreizējā zinātnes un tehnikas attīstības līmenī koksni visizdevīgāk ir griezt ar instrumentiem, kuru pamatā ir griešanas elements – ķīļveidīgs grieznis.

1.2.1. Griežņa galvenie elementi un parametri

Griezni raksturo leņķis starp tā priekšējo un aizmugures plakni – asinājuma leņķis β , kas nosaka griežņa izturību (1.2.1. attēls). Apstrādājot skujkoku un mīksto lapkoku koksni, ieteicams lietot griežņus, kuru asinājuma leņķis ir 35 ... 40°, bet cieto lapkoku koksnes apstrādāšanai – 50 ... 60°.

1.2.1. attēls

Griešanas procesa shēma ar ķīļveidīgo griezni un griežņa galvenie elementi un parametri



$A-B$ – galvenā griezējšķautne; $A-D$ un $B-C$ – sānu griezējšķautnes;
 $A-B-C-D$ – griežņa priekšējā plakne, pa kuru no griešanas zonas tiek aiztransportēta nogriezta skaida;
 $A-B-E-F$ – griežņa aizmugures plakne; $A-D-F$ un $B-C-E$ – griežņa sānu plaknes; α – griežņa mugurleņķis;
 β – griežņa asinājuma leņķis; γ – griežņa priekšējais leņķis; δ – griešanas leņķis; v – griešanas virziens;
 b – griešanas platums; h_{sk} – skaidas biezums.

Griežņa stāvokli attiecībā pret apstrādājamo materiālu nosaka leņķi α un δ . Leņķi α – starp griešanas plakni un griežņa aizmugures plakni – ir griežņa mugurleņķis, kas nepieciešams, lai samazinātu kontaktu un berzes pretestību starp griežņa aizmugures plakni un apstrādājamo materiālu. Skujkoku un mīksto lapkoku koksnes apstrādes gadījumā ieteicams lietot griežņus, kuru mugurleņķis ir 14 ... 18°, bet, ja apstrādā cieto lapkoku koksni, šis leņķis jāsamazina līdz 8 ... 12°. Leņķis δ – starp griežņa priekšējo plakni un griešanas plakni – ir griešanas leņķis, kas raksturo skaidas deformēšanas pakāpi pēc tās atdalīšanas. Var pārliecināties, ka:

(1.2.1.)

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

α – griežņa mugurleņķis, grādi
 β – griežņa asinājuma leņķis, grādi;
 δ – griešanas leņķis, grādi.

Griežņa stāvokļa raksturošanai attiecībā pret apstrādājamo materiālu izmanto arī priekšējā leņķa γ lielumu, kas ir leņķis starp griežņa priekšējo plakni un perpendikulu pret griešanas plakni (1.2.2. attēls A).

Starp griežņa leņķiskajiem parametriem pastāv šādas attiecības:

(1.2.2.)

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

α – griežņa mugurleņķis, grādi;
 β – griežņa asinājuma leņķis, grādi;

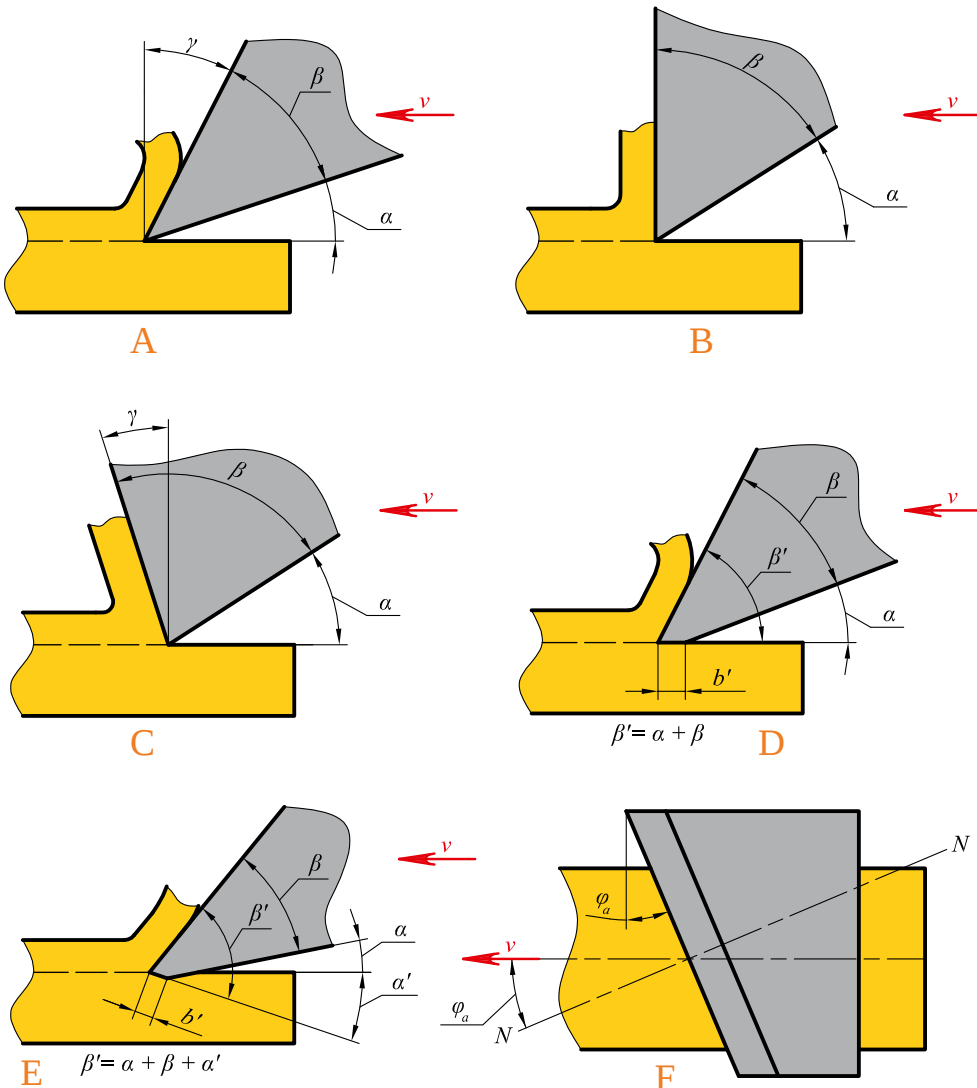
(1.2.3.)

$$\gamma = 90^\circ - \delta$$

γ – griežņa priekšējais leņķis, grādi;
 δ – griešanas leņķis, grādi.

1.2.2. attēls

Griežņu konstruktīvie varianti



A – grieznis ar pozitīvu priekšējo leņķi; B – grieznis ar 0° priekšējo leņķi;
 C – grieznis ar negatīvu priekšējo leņķi; D – grieznis ar 0° mugurleņķi; E – grieznis ar negatīvu mugurleņķi;
 F – grieznis ar slīpi novietotu galveno griezējšķautni; α – griežņa mugurleņķis; β – griežņa asinājuma leņķis;
 γ – griežņa priekšējais leņķis; b' – griežņa mugurvirsma fāzītes platums; v – griešanas virziens;
 ϕ_a – griežņa galvenās griezējšķautnes slīpuma leņķis;
 N-N – plakne, kas ir perpendikulāra galvenajai griezējšķautnei.

Analoģiski nosaka leņķiskos parametrus arī griežņa sānu asmenim.

Griežņi var būt izveidoti arī ar griešanas leņķi δ , kura vērtība ir 90° (1.2.2. attēls B) vai pat lielāka par 90° (1.2.2. attēls C). Tādus griežņus pieņemts saukt par griežņiem ar 0° vai negatīvu priekšējo leņķi γ . Attiecības 1.2.2 un 1.2.3 šeit netiek pārkāptas:

1. ja $\delta = 90^\circ$, tad $\gamma = 90^\circ - 90^\circ = 0^\circ$, $\alpha + \beta = 90^\circ$;
2. ja $\delta > 90^\circ$, tad $\gamma = 90^\circ - \delta < 0^\circ$, $\alpha + \beta - \gamma = 90^\circ$.

Lai palielinātu griežņa asmens izturību (pie nemainīgas griešanas leņķa δ vērtības), praksē lieto arī griežņus ar 0° vai negatīvu mugurleņķi α (1.2.2. attēls D un E). Šādiem griežņiem fāzītes platums pa mugurvirsmu b' nedrīkst pārsniegt: griežņiem ar 0° mugurleņķi 0,7 mm, bet griežņiem ar negatīvu mugurleņķi – 0,15 mm.

Šie griežņa leņķiskie parametri ir noteikti plaknē, kas atrodas perpendikulāri griežņa galvenajai griezējšķautnei un sakrīt ar griešanas virzienu. Tomēr bieži sastopami gadījumi, kad griežņa galvenā griezējšķautne ir novietota slīpi, nevis perpendikulāri attiecībā pret griešanas virzienu (1.2.2. attēls F), kā rezultātā tās stāvokli nosaka galvenās griezējšķautnes slīpuma leņķis φ_a . Starp griežņa leņķiskajiem parametriem, kuri noteikti griešanas virzienā (α , δ) un perpendikulāri galvenajai griezējšķautnei (α_N , δ_N) pastāv šādas sakarības:

(1.2.4.)

$$\alpha = \arctg(\operatorname{tg}\alpha_N \cdot \cos\varphi_a)$$

(1.2.5.)

$$\delta = \arctg(\operatorname{tg}\delta_N \cdot \cos\varphi_a)$$

α un α_N – griežņa mugurleņķis griešanas virzienā un perpendikulāri galvenajai griezējšķautnei, grādi;
 φ_a – griežņa galvenās griezējšķautnes slīpuma leņķis, grādi;
 δ_N un δ – griešanas leņķis griešanas virzienā un perpendikulāri galvenajai griezējšķautnei, grādi.

1.2.4. un 1.2.5. sakarības analīze norāda, ka $\alpha < \alpha_N$ un $\delta < \delta_N$, bet līdz ar to $\gamma > \gamma_N$. Griežņa griezējšķautnes slīps novietojums (dažiem instrumentiem pa spirāli) uzlabo skaidas veidošanas apstākļus un griešanas procesa dinamiku, jo griežņi saskaras ar koksni nevis uzreiz visā griežņa griezējšķautnes platumā, bet gan pakāpeniski, kā arī paaugstinās griežņa izturība.

1.2.2. Griezējinstrumentu galvenie elementi un parametri

Ikviens griezējinstrumentu sastāv no divām pamatdaļām – korpusa un griezējdaļas. Instrumenta korpusa uzdevums ir pārnest spēku, ko attīsta darbmašīnas griešanas mehānisma orgāni, piemēram, vārpsta, uz instrumenta griezējdaļu, nodrošinot griezējdaļas aktīvo elementu – griežņu – stabili kustību griešanas procesa realizēšanai. Zāģiem korpusu var būt izveidots sloksnes, lentes vai diska veidā, frēzēm – cilindra vai diska veidā, urbjiem un kāta frēzēm – stieņa veidā utt. Ar korpusa starpniecību griezējinstrumentus iestata darbmašīnā: uz vārpstas nostiprināmos instrumentus ar darbmašīnas darba orgāniem savieno bāzēšanas urbums, bet patronā nostiprināmos instrumentus – kāts. Bāzēšanas urbuma un kāta konstrukcija un parametri nosaka instrumenta iestatīšanas precizitāti un līdz ar to arī apstrādes precizitāti un apstrādātās virsmas raupjumu.

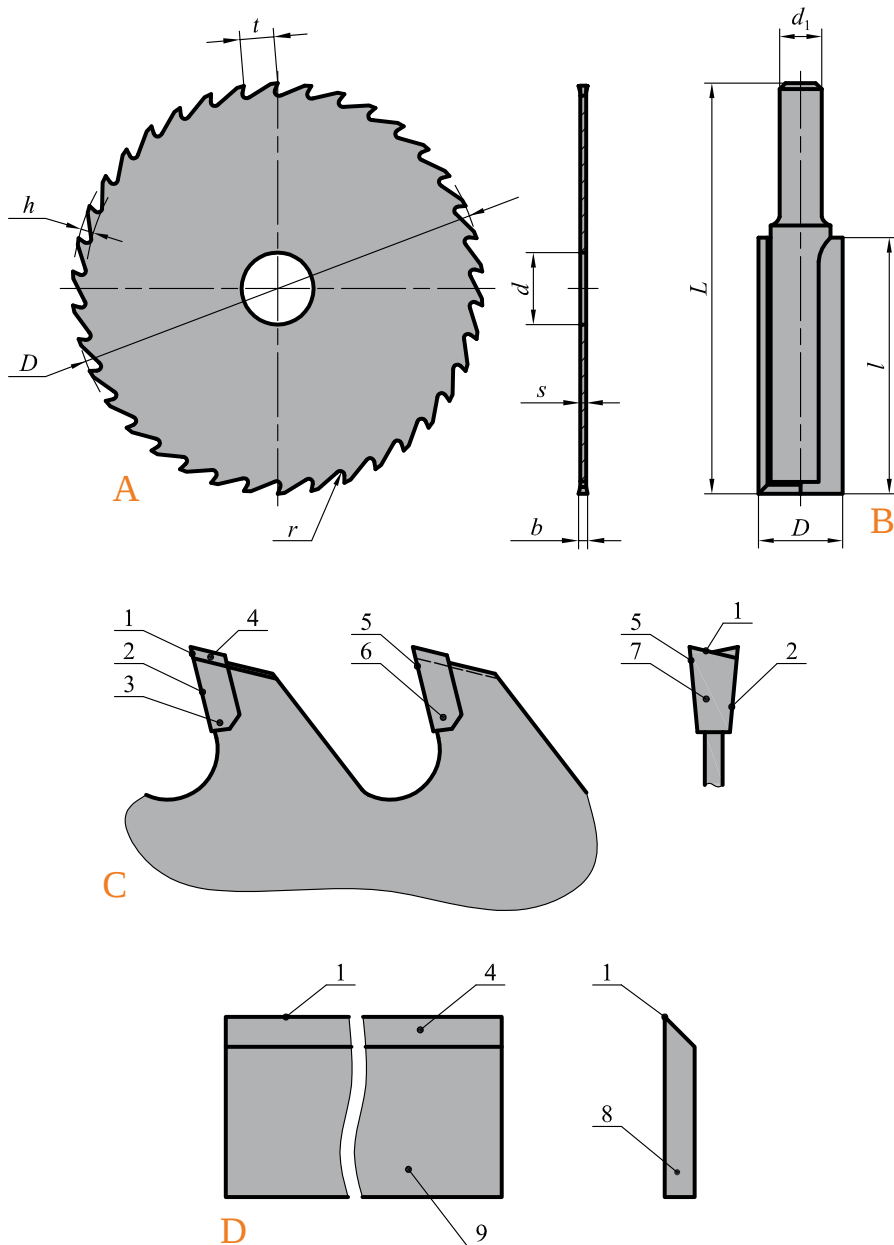
Griezējinstrumentu korpusu raksturo ar tā lineārajiem parametriem. Piemēram, zāģgripas (1.2.3. attēls A) korpusa galvenie parametri ir griešanas aploces diametrs D , biezums s un b (griešanas platums) un bāzēšanas urbuma diametrs d , bet kāta frēzei (1.2.3. attēls B) – griešanas aploces diametrs D , kāta diametrs d_1 un frēzes garums L . Korpusa parametri jāizvēlas atkarībā no apstrādājamā materiāla izmēriem un tā, lai nodrošinātu instrumenta izturību un griezējdaļas stabilitāti, kad uz instrumentu iedarbojas griešanas pretestība, inerces spēki un citas slodzes, kas rodas griešanas procesā. Viengabala instrumentiem (griezējdaļa izveidota korpusa perifērijas zonā) korpusa parametri nosaka iespējamo pārasināšanas reīžu skaitu un līdz ar to arī instrumenta ekspluatācijas laiku.

Lai nodrošinātu augstu griešanas procesa ražīgumu, vairākums kokapstrādes instrumentu tiek izveidoti ar vairākiem griežņiem (zāģi, abrazīvi u.c.), bet izmanto arī instrumentus ar vienu griezni (finieru lobīšanai, drašanai u.c.). Instrumenta griezējdaļas funkcija ir veikt koksnes dalīšanu un transportēt ārpus griešanas zonas nogrieztās skaidas. Atsevišķu griezējinstrumentu (urbju, gropju frēžu u.c.) griezējdaļa izpilda arī kalibrēšanas funkcijas, un tās izmērs nosaka izpildāmā darba parametru.

Ķīļveidīga griežņa, ko izmanto dažādu kokapstrādes instrumentu konstrukcijā (1.2.3. attēls C un D), svarīgākais elements ir galvenā griezējšķautne 1, kas iedarbojas uz koksni un veic tās dalīšanu. Slēgtās griešanas instrumentiem (zāģi u.c.) aktīva ir arī sānu griezējšķautne 5 un īsā palīgšķautne 2. Liela nozīme griešanā ir griežņa priekšējai virsmai (skaidvirsmai) 7, pa kuru no griešanas zonas tiek aizvadītas nogrieztās skaidas. Griežņa galvenā mugurvirsma 4 un palīgmugurvirsma (sānu virsma) 3 un 6 jāizveido tā, lai novērstu to berzi gar apstrādāto virsmu.

1.2.3. attēls

Griezējinstrumentu galvenie elementi un parametri



A – zāģripa; B – kāta frēze; C – zāģa zobi; D – frēznazis;

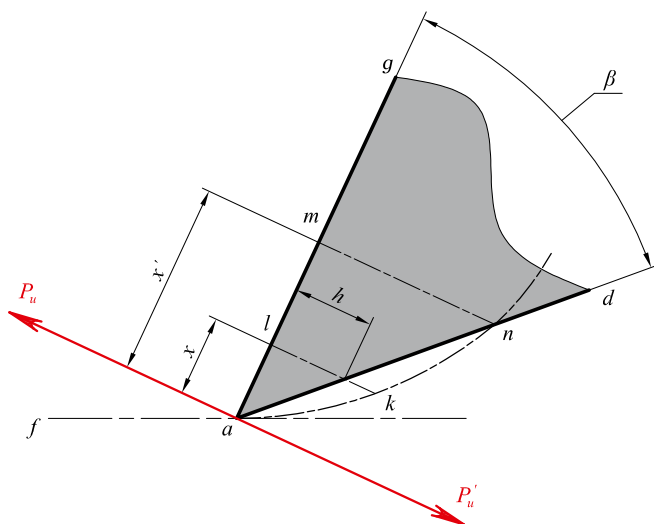
D – griešanas aploces diametrs; d – bāzēšanas urbuma diametrs; d_1 – bāzēšanas kāta diametrs;
 s – zāģripas plātnes biezums; b – griešanas platums; h – zoba augstums; t – zobu soļa garums;
 r – zobstarpas noapaļojuma rādiuss; L – frēzes garums; l – griezējdaļas garums; 1 – galvenā griezējšķautne;
 2 – īsā palīgšķautne; 3 un 6 – palīgmugurvirsma (sānu virsma); 4 – galvenā mugurvirsma;
 5 – sānu griezējšķautne; 7 – priekšējā virsma; 8 – gala virsma; 9 – balstvirsma.

1.2.3. Ideālais un reālais grieznis

Krustojoties zoba priekšējai un aizmugurējai plaknei, veidojas līnija $A-B$ (sk. 1.2.1. attēls) – griežņa griezējšķautne. Tas ir griežņa galvenais elements, kas pirmais saskaras ar koksni un sarauj saites starp koksnes šķiedrām – veic griešanu. Griežņa priekšējās un aizmugurējās plaknes krustojšanās līnijai, pamatojoties uz ģeometrijas definīcijām, ir tikai viena dimensija. Tas nozīmē, ka tai nav biezuma un platuma, bet ir tikai garums. Ievērojot, ka dabā neeksistē ķermeņi bez īpašībām un nav līniju bez biezuma un platuma, grieznis ir reāls fizisks ķermenis, kura griezējšķautnei ir noteikts platums. Līdz ar to reāla griežņa griezējšķautne, atšķirībā no iepriekš apskatītā elementārā griežņa modeļa, nav taisne, bet gan virsma. Apskatot griezni mikroskopā, var konstatēt, ka pat tikko rūpīgi uzasinātam griežnim asmens nav līnija, bet gan sarežģītas konfigurācijas virsma. Griežņa griezējšķautne nevar būt ģeometriskā taisne arī tādēļ, ka, saskaroties ar koksnes pretestību, griežņa virsotne nolūst un sadrūp, bet ilgākā griešanas procesā tā nodilst.

1.2.4. attēls

Griežņu virsotnes izturība pret griešanas pretestības spēka iedarbību



P_u – griežņa spiediena spēks;
 P'_u – koksnes reakcijas spēks;
 x un x' – attālums no griežņa virsotnes;
 h – attālumam x atbilstošā šķēluma augstums;
 β – griežņa asinājuma leņķis;
 $g-a-d$ – grieznis;
 $l-k$ un $m-n$ – griežņa šķēlumi;
 $a-f$ – griešanas trajektorija.

M. Deševojs pierādīja, kā griešanas spēka iedarbības rezultātā griežņa griezējšķautnes smaile tiek nolauzta. Grieznis, kas pārvietojas pa griešanas trajektoriju virzienā no punkta a uz punktu f , izdara uz nogriezto skaidu spiediena spēku P_u , kura vērsums ir perpendikulārs griežņa priekšējai virsmai $a-g$ (sk. 1.2.4. attēlu). Mehānikas likumi nosaka to, ka nogrieztā skaida uz griezni iedarbojas ar reakcijas spēku P'_u , kura modulis ir tāds pats kā spēkam P_u , bet vērsums pretējs. Spēks P'_u noteiktā attālumā ($x = al$) no griežņa virsotnes rada griežņa saliekumu, kas raksturojams ar augstumu h un platumu b . Šo saliekumu raksturo griežņa materiāla pieļaujamais spriegums liecē σ_l , N mm⁻², ko aprēķina, izmantojot šādu izteiksmi:

(1.2.6)

$$\sigma_l = \frac{M_l}{W_l} = \frac{P'_u \cdot x}{\frac{b \cdot h^2}{6}}, = \frac{P'_u \cdot x}{\frac{b \cdot x^2 \cdot \operatorname{tg}^2 \beta}{6}} = \frac{6 \cdot P'_u}{b \cdot x \cdot \operatorname{tg}^2 \beta}$$

M_l – lieces moments, N mm;
 W_l – pretestības moments liecē, mm³;
 P'_u – koksnes reakcijas spēks, N;
 x – attālums no griežņa virsotnes, mm;

b – attālumam x atbilstošā šķēluma platums, mm;
 h – attālumam x atbilstošā šķēluma augstums ($h = x \cdot \operatorname{tg} \beta$) mm;
 β – griežņa asinājuma leņķis, grādi.

Samazinoties attālumam x no griežņa virsotnes, pieļaujama spriegums liecē palielinās, griežņa virsotnē sasniedzot bezgalīgu vērtību:

(1.2.7)

$$\lim_{x \rightarrow 0} \sigma_l = \frac{6 \cdot P'_u}{b \cdot x \cdot \operatorname{tg}^2 \beta} = \infty$$

P'_u – koksnes reakcijas spēks, N;
 x – attālums no griežņa virsotnes, mm;
 b – attālumam x atbilstošā šķēluma platums, mm;
 β – griežņa asinājuma leņķis, grādi.

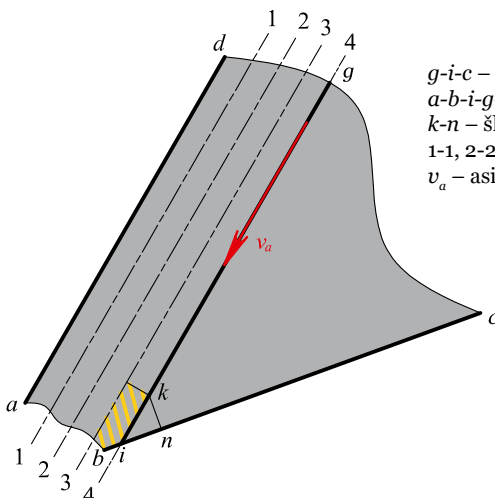
Pieliekot spēku P'_u punktā a (sk. 1.2.4. attēlu) un novērtējot augstumu h pa taisni $a-g$, 1.2.6. izteiksme norāda, ka to augstumu galapunkti atrodas uz parabolas. Tas nozīmē, ka griežņim jābūt norobežotam ar taisni no vienas puses un parabolu no otras puses, lai pretestība liecē visos šķēlumos būtu vienāda. Tomēr reāls grieznis ir norobežots ar taisnēm – $a-g$ un $a-d$. Taisnei $a-d$ un parabolai ir divi kopēji punkti: a un n . Šķēlumā $m-n$ griežņa izturība ir pietiekama, bet gadījumos, kad attālums x ir mazāks par x' , griežņa izturība ir nepietiekama. Tas norāda, ka griežņa virsotnes nolūšana ir nenovēršama.

Mazliet citādāk griežņa virsotnes nolūšanas procesu aplūko S. Voskresenskis. Spēks P'_u griešanas procesa laikā nav nemainīgs, bet palielinās no nulles līdz savai galīgajai vērtībai. Tādējādi griežņa virsotne nolūst nevis tikai vienu reizi, bet gan vairākas reizes. Sākotnēji, kad griešanas pretestības radītā reakcijas spēka vērtība ir bezgalīgi maza, arī elements, kas tiek nolauzts no griežņa griezējšķautnes, ir bezgalīgi mazs. Griešanas procesa vēlākajos posmos, kad griešanas pretestības spēks palielinās, no griežņa virsotnes atdalās nākamie elementi. Šāds process turpinās, līdz griešanas pretestības spēks sasniedz savu maksimālo vērtību, nolaužot pēdējo elementu no griežņa virsotnes.

Asmens virsmas lielums ir atkarīgs no griežņa asināšanas metodes, abrazīvā instrumenta graudainības un daudziem citiem faktoriem. Lai iegūtu ķīļveida formu, griezni nepieciešams uzasināt, noslīpējot no vienas plaknes instrumenta materiāla slāņus pa taisnēm 1-1, 2-2, 3-3 un 4-4 (1.2.5. attēls). Pieņemot, ka abrazīvā instrumenta pēdējais gājiens sakrīt ar taisni 4-4 un tas pārvietojas vektora v_a virzienā, ir jānoslīpē instrumenta daļa zonā $k-i$. Taču abrazīvā instrumenta spiediens cenšas atlauzt atlikušo noslīpējamo slāņa daļu kopā ar griežņa virsotni šķēlumā $k-n$. Ievērojot, ka taisnes $k-n$ garums ir mazāks, salīdzinot ar taisnes $k-i$ garumu, – griežņiem, kuru asinājuma leņķis ir 40 ... 45°, $kn \approx (0,6 \dots 0,7)ki$ – ātrāk ir sagaidāms griežņa virsotnes lūzums šķēlumā $k-n$, nevis atlikušā noslīpējamā slāņa nogriešana pa taisni $k-i$. Līdz ar to griežņa griezējšķautnes nolūšana veidojas jau asināšanas procesa laikā un turpinās griešanas procesa laikā. Lai paaugstinātu asināšanas kvalitāti, jāsamazina abrazīvā instrumenta spiediens uz griežņa elementiem, t.i., jāstrādā ar mazāk intensīvu slīpēšanas režīmu. Jo mazāka slīpēšanas intensitāte asināšanas procesa laikā, jo lielāka nozīme ir asmens nolūšanai griešanas pretestības rezultātā. Griežņa asmens nolūšanas process, izraisot nodilumu, veicina griežņa nolietošanos.

1.2.5. attēls

Griežņa asināšanas shēma



$g-i-c$ – griežņa kontūra;
 $a-b-i-g-d$ – noslīpējamais instrumentu materiāla slānis;
 $k-n$ – šķēlums, kurā notiek griežņa virsotnes nolūšana;
1-1, 2-2, 3-3 un 4-4 – griežņa asināšanas trajektorijas;
 v_a – asināšanas kustības virziens.

1.2.4. Griežņa nodilums

Griešanas procesa laikā sakarā ar griešanas spēka ietekmi uz griežņa priekšējo un aizmugurējo plakni grieznis nodilst. Reāla griežņa nodilums pa priekšējo virsmu rodas nogrieztās skaidas pārvietošanās rezultātā pa šo virsmu, bet nodilums pa griežņa aizmugures plakni – sakarā ar aizmugures plaknes berzi gar apstrādāto virsmu. Griešanas spēka ietekmē griežņa asmens noapaļojas (1.2.6. attēls).

Reāla griežņa nolietojumu var raksturot ar vairākiem parametriem: nodilums pa griežņa priekšējo virsmu x_d , nodilums pa griežņa aizmugures virsmu y_d , griežņa griezējšķautnes noapaļojuma rādiuss ρ , nodilušās zonas (fāzītes) platums pa griežņa mugurvirsma b_m , ko nosaka paralēli griešanas kustības virzienam (sk. 1.2.6. attēlu). Reāla griežņa nodilumu visizdevīgāk raksturot ar griezējšķautnes noapaļojuma rādiusu ρ , kas kvalitatīvi uzasinātiem griežņiem ir mazāks par 10 μm , bet neasiem – 100 μm un vairāk. No griežņa asuma pakāpes ir atkarīga gan griešanas pretestība, gan apstrādāto virsmu precizitāte un raupjums.

Mūsdienu augstražīgo koksnes griezējinstrumentu nodilums ir sarežģīts fizikāli ķīmiskais process, kurā atšķirīgās attiecībās ir savienoti **vairāki nodiluma veidi**:

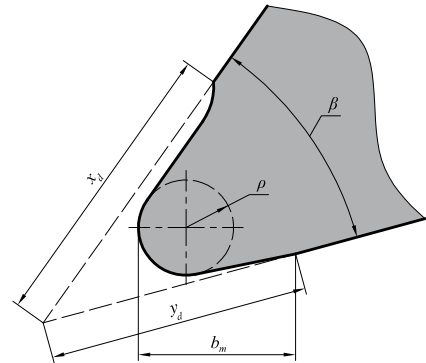
- mehāniskā disperģēšana** – griežņa elementu nodilums to spiediena un berzes spēku ietekmē, kuri darbojas uz griezni. Tās intensitāte lielā mērā ir atkarīga no berzes koeficienta lieluma starp griežņa virsmām un apstrādājamo koksni, kuru nosaka griežņa asināšanas kvalitāte. Daļēji mehāniskās disperģēšanas intensitāte ir izskaidrojama arī ar metāla nogurumu, kura cēlonis ir griešanas procesa cikliskais raksturs;
- termiskais nodilums** – griežņa darba virsmu intensīva sagraušana berzes siltuma un berzes spēku ietekmē. Augstu temperatūru ietekmes rezultātā griežņa virsējie slāņi kļūst plastiski un tiek noberzti. Griežņa virsējo slāņu nodilumizturība ir atkarīga no metāla ķīmiskā sastāva un temperatūras izturības. Tērauda griezējinstrumentu termisko nodilumizturību var paaugstināt, ja to sastāvā ir tādi leģējošie elementi kā hroms un volframs;
- oksidējošais nodilums** – metāla virsmas pakāpeniska sagraušana, kas saistīta ar skābekļa adsorbēšanu berzes virsmās un tā difūziju griežņa virsējos slāņos, metāla plastisko deformāciju un ķīmiski adsorbēto plēvju rašanos un atdalīšanos no berzes virsmām. Jo cietāks un mazāk plastisks ir griezējinstrumenta izgatavošanai izmantotais tērauds, jo mazāka ir tā oksidējošā nodiluma nozīme;
- elektroķīmiskā korozija** – griežņa nodilums elektriskās strāvas ietekmē, kas rodas koksnes griešanas procesā. Lai paaugstinātu koksnes griezējinstrumentu korozijizturību, instrumentu metālam pievieno leģējošos elementus, piemēram, hromu, silīciju, niķeli;
- elektriskā erozija** – metāla virsmas nodiluma process elektriskās dzirksteļizlādes ietekmē. Statiskā elektrība, kas rodas griežņa berzes rezultātā gar koksni, var izraisīt dzirksteļizlādes procesu un virsmu elektrokorozijas bojājumus. Lai samazinātu elektriskās erozijas ietekmi uz griežņa nodilumu, nepieciešams novērst elektrisko lādiņu uzkrāšanos, ko panāk, izsmidzinot griešanas zonā ūdens vai eļļas miglu, izmantojot elektrojonizāciju vai citus paņēmienus;
- abrazīvais nodilums** – virsmas intensīva sagraušana, ko izraisa slīdes berze starp griežņa aktīvajiem elementiem un koksnes sastāvā esošajām abrazīvajām daļiņām (sāļi, līmes, piesūcināšanas sastāvu kristāliskās daļiņas u.c.).

Griešanas procesa laikā griežņa nodiluma pakāpe arvien pieaug, līdz ar to palielinās arī nodiluma parametru vērtības (1.2.7. attēls). Parādītajām griežņa nodiluma parametra ρ izmaiņām atkarībā no griešanas trajektorijas garuma L analogisks raksturs ir arī tām liknēm, kas rāda citu nodiluma parametru izmaiņas griešanas procesa laikā. Var izšķirt **trīs nodiluma periodus**:

- sākotnējais piestrādes nodiluma periods**, kura laikā nodilst nelīdzenumi uz griežņa griezējšķautnes virsmas, kas palikuši pēc asināšanas (šī perioda garums, pamatojoties uz G. Sobeļeva un M. E. Sleņģa datiem, tērauda instrumentiem ir 300 ... 500 m, bet cietkausējuma instrumentiem – līdz 1000 m). Piestrādes nodilumam ļoti bieži ir avārijas jeb kritiskā nodiluma raksturs sakarā ar defektiem, kas radušies griežņa griezējšķautnes zonā;

1.2.6. attēls

Reāla griežņa mikroģeometrija



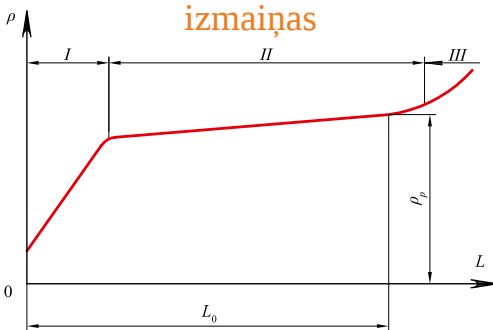
- x_d – nodilums pa griežņa priekšējo virsmu;
 y_d – nodilums pa griežņa aizmugures virsmu;
 ρ – griežņa griezējšķautnes noapaļojuma rādiuss;
 b_m – nodilums pa griežņa mugurvirsma griešanas kustības virzienā;
 β – griežņa asinājuma leņķis.

2. **monotonā nodiluma periods**, kam raksturīga pazemināta nodiluma pieauguma intensitāte, kas atkarīga gan no griežņa materiāla un griešanas režīma parametriem, gan no apstrādājamās koksnes īpašībām;

3. **kritiskā nodiluma periods**, kura laikā griešanas process kļūst neefektīvs, jo strauji palielinās griešanas pretestība un griezējinstrumenta temperatūra. Kritiskais nodilums ir saistīts ar griežņa atsevišķo elementu izlūzumiem un izdrupšanu, kas notiek gadījumos, kad slodzes, kas darbojas uz griežņa atsevišķiem elementiem, pārsniedz to izturību. It īpaši tad, kad griežņa aktīvās daļas ir trauslas vai pārāk mīkstas. Kritiskais nodilums izskaidrojams ar griežņa materiāla fizikāli mehānisko īpašību un tā leņķisko parametru neatbilstību darba apstākļiem, instrumentu materiāla mikro un makro defektiem un griežņa nekvalitatīvo sagatavošanu darbam. No ekonomiskajiem apsvērumiem nedrīkst pieļaut kritiskā nodiluma sākšanos, jo, strādājot ar stipri nolietotiem instrumentiem, neizbēgama ir tehniskā brāķa rašanās, griešanas jaudas straujš pieaugums, kā arī ir jāpatērē daudz darba instrumenta griešanas spēju atjaunošanai. Kritisko nodilumu var ievērojami samazināt, izvēloties konkrētā darba veikšanai piemērotus griezējinstrumentus un pareizi veicot griezējinstrumenta kopšanu un ekspluatāciju. Griežņu nodilumizturības paaugstināšanu panāk, izgatavojot tos no materiāliem, kuru cietība ir augstāka, piemēram, no cietsakausējumiem.

1.2.7. attēls

Griežņa nodiluma parametru izmaiņas



- I* – griežņa piestrādes nodiluma periods;
- II* – griežņa monotonā nodiluma periods;
- III* – griežņa kritiskā nodiluma periods;
- ρ – griežņa griezējšķautnes noapaļojuma rādiuss;
- ρ_p – pieļaujama griežņa griezējšķautnes noapaļojuma rādiuss;
- L – griešanas trajektorijas garums;
- L_0 – pieļaujama griešanas trajektorijas garums.

Ja zināmas griežņa nodiluma parametru pieļaujamās robežvērtības, ar šādu raksturlielni (sk. 1.2.7. attēlu) var noteikt maksimālo griešanas trajektorijas garumu L_0 un līdz ar to arī griežņa darba ilgumu starp divām asināšanas reizēm (starpasināšanas perioda ilgumu). Starpasināšanas perioda ilgums nedrīkst būt tik liels, ka iestājas griežņa kritiskā nodiluma periods.

Starpasināšanas perioda ilgums ir viens no svarīgākajiem griešanas režīma parametriem. Parasti par optimālo starpasināšanas perioda ilgumu uzskata tādu, kas nodrošina griezējinstrumenta maksimālo lietošanas laiku (darba resursu). Optimālo starpasināšanas perioda ilgumu precīzāk var definēt kā laika periodu, kas nodrošina maksimāla daudzuma produkcijas ražošanu griezējinstrumenta lietošanas laikā. Šeit jāņem vērā, ka instrumenta lietošanas ilgums ir atkarīgs no asināšanas rezerves lieluma, kas nosaka iespējamo pārsināšanas reižu skaitu, un no starpasināšanas perioda ilguma. Iespējamais pārsināšanas reižu skaits ir atkarīgs no instrumenta izmēra samazināša-

nās nodiluma rezultātā starpasināšanas perioda laikā un no noslēpējamā slāņa biezuma asināšanas laikā, kuru savukārt nosaka instrumenta nodiluma pakāpe un asināšanas paņēmieni. Optimālo starpasināšanas perioda ilgumu nosaka, risinot jautājumus par griešanas režīma optimizāciju.

Laik praktiski varētu ievērot optimālo starpasināšanas perioda ilgumu, nepieciešams novērtēt griežņa nodiluma parametru izmaiņas griešanas procesā. Griežņa nodiluma parametru noteikšana ir ļoti sarežģīta, jo to lielumi svārstās no dažām milimetra simtdaļām līdz dažām desmitdaļām. Visas metodes griežņa nodiluma parametru noteikšanai var sadalīt divās grupās: tiešā nodiluma parametru mērīšana un nodiluma parametru novērtēšana, izmantojot blakusrādītājus.

Tiešās griežņa nodiluma parametru mērīšanas metodes galvenokārt izmanto pētniecības darbā. Viena no tiešajām griežņa nodiluma mērīšanas metodēm ir optiskā griezējšķautnes platuma mērīšana (1.2.8. attēls). Apstarojot griezējšķautni ar gaismas staru kūli, daļa no tiem atstarojas, un ar okulārmikrometru var izmērīt atstarotās joslas platumu.

Ja pieņem, ka grieznis nodilst simetriski attiecībā pret asinājuma leņķa bisektrisi, griezējšķautnes noapaļojuma rādiusu ρ , μm , var aprēķināt, izmantojot šādu vienādojumu:

(1.2.8)

$$\rho = \frac{b_a}{2 \cos \frac{\beta}{2}}$$

b_a – atstarotās gaismas joslas platumu, μm ;
 β – griežņa asinājuma leņķis, grādi.

Griežņa mikroģeometrijas tiešai pētīšanai var izmantot metodes, kas pamatojas uz divdaļīga griežņa izmantošanu eksperimentālo darbu veikšanai. Šo paņēmieni var izmantot nažu nodiluma pētīšanai, lietojot divdaļīgo nazi, kura gala virsmas ir gludi apstrādātas un kuri ir mehāniski sastiprināti kopā. Pēc eksperimenta veikšanas nazi izjauc un mikroskopā, aplūkojot abas naža puses no gala, novērtē tā griezējšķautnes formu un nodiluma parametrus. Līdzīgus rezultātus var iegūt, izmantojot nospieduma metodi – griežņa griezējšķautni iespiež svina, silikona elastomēra vai cita mīksta materiāla plāksnītē, nodrošinot perpendikulu starp griežņa priekšējo virsmu un plāksnīti, un pēc tam iespiedumu pēta mikroskopā (1.2.9. attēls). Lai svina plāksnīte nedeformētos, iespiešanai izmanto plāksnīšu komplektu (divas vai trīs plāksnītes), bet nospieduma pētīšanai lieto tikai vienu no tām – vidējo plāksnīti.

Griežņa asuma pakāpi ļoti ātri var novērtēt, izmantojot elektrisko metodi – griežņa griezējšķautni novieto nelielā attālumā no elektroda, rada spriegumu starp griezni un elektrodu un izmēra spriegumu koronas izlādes uzliesmojuma brīdī, no kā var izdarīt secinājumus par griežņa asuma pakāpi. Eksperimentos ir noskaidrots, ka koronas izlādes spriegums ir atkarīgs no griežņa asuma pakāpes. Izmantojot tarēšanas grafiku, kas iegūts, pārbaudot etalongriežņus, kuru griezējšķautnes noapaļojuma rādiuss ir zināms, pēc izlādes sprieguma var noteikt pārbaudāmā griežņa nodiluma parametrus.

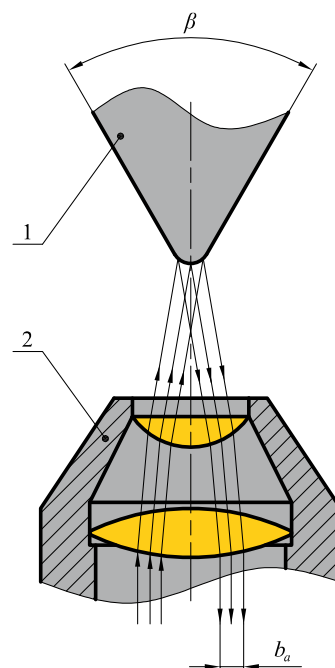
Griežņa nodilumu raksturojošo parametru pētījumos ir noskaidrots, ka atsevišķi parametri ir savstarpēji saistīti. Ja ir zināma viena nodiluma parametra vērtība, var aprēķināt arī pārējo parametru lielumus.

Tas ļauj griežņa nodiluma raksturošanai izmantot arī tādu parametru kā griežņa masas zudums. Aplūkojot reāla griežņa profilu (sk. 1.2.6. attēlu), var secināt, ka visvienkāršāk ir noteikt nodilušās zonas platumu pa griežņa mugurvirsmu b_m . Strādājot ar cietsakausējuma instrumentiem, optimālais starpasināšanas perioda ilgums ir tāds, lai fāzītes platumu pa griežņa mugurvirsmu nepārsniegtu 0,15 ... 0,2 mm. Griežņa nodilumu noteikšanai var izmantot arī etalongriežņus, kuru nodiluma parametri ir zināmi. Šajā nolūkā salīdzināšanu izdara, izmantojot lupu vai mikroskopu.

Ražošanas apstākļos griežņa nodiluma pakāpi parasti novērtē, izmantojot vairākus blakusrādītājus – visbiežāk apstrādātās koksnes virsmas raupjumu. Turklāt griežņa nodilumu var novērtēt arī pēc griešanas jaudas izmaiņām, trokšņu līmeņa, instrumenta vibrācijām, tā sasīšanas u.c. rādītājiem.

1.2.8. attēls

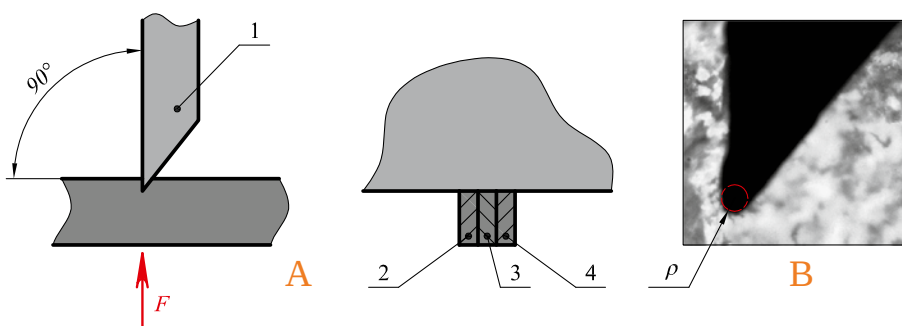
Griežņa griezējšķautnes optiskās mērīšanas shēma



- 1 – grieznis;
2 – okulārmikrometrs;
 β – griežņa asinājuma leņķis;
 b_a – atstarotās gaismas joslas platumš.

1.2.9. attēls

Griežņa nodiluma parametru noteikšana ar nospieduma metodi



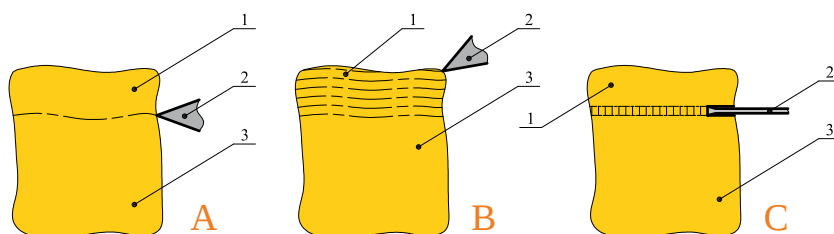
- A – nospieduma iegūšana, B – nodiluma parametra mērīšana mikroskopā;
1 – grieznis; 2, 3 un 4 – plāksnītes; F – plāksnītes uzspiešanas virziens;
 ρ – griežņa griezējšķautnes noapaļojuma rādiuss.

1.3. Koksnes griešanas process

Griešana ir tāds tehnoloģiskais process, kurā no apstrādājamā priekšmeta, lai iegūtu izstrādājumu ar iepriekš noteiktu formu, izmēriem un virsmas raupjumu, atdala kādu daļu. Lai atdalītu apstrādājamā priekšmeta atlikuma daļu, grieznis ir jāpārvieto attiecībā pret nekustīgi novietotu apstrādājamo materiālu, vai otrādi – pārvietojot apstrādājamo priekšmetu pret nekustīgi novietotu griezni. Ja griežņa griešanas spējas būtu pietiekamas, visu no apstrādājamā priekšmeta atdalāmo daļu varētu nogriezt ar vienu griežņa gājieni (1.3.1. attēls A) Tomēr griežņa griešanas spējas nav pietiekamas, lai visu materiāla daļu atdalītu vienlaicīgi, tādēļ griešanai jānotiek pakāpeniski, grieznim veicot nevis vienu, bet gan vairākus gājienu (1.3.1. attēls B un C). Tas nozīmē, ka griešanas procesā jānotiek divām kustībām – griežņa vai apstrādājamā priekšmeta daudzkārtējai (periodiskai) kustībai un apstrādājamā priekšmeta vai griežņa papildkustībai virzienā, kas nesakrīt ar periodiskās kustības trajektoriju.

1.3.1. attēls

Griešanas process



- A – atlikuma daļas atdalīšana ar bezskaidas griešanas paņēmieni;
B – atlikuma daļas atdalīšana, to sasmalcinot;
C – atlikuma daļas atdalīšana, sasmalcinot tikai daļu no tās;
1 – atlikuma daļa; 2 – grieznis (griezējinstrument); 3 – izstrādājums.

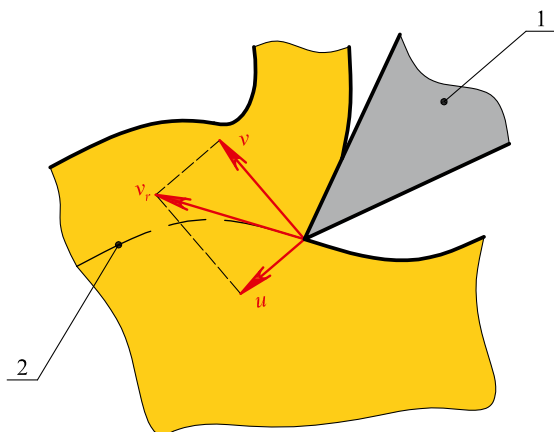
1.3.1. Griešanas un padeves kustības

Koksnes griešanas process ir iespējams tikai tad, ja sistēmā grieznis–koksne ir divas kustības:

1. **griešanas kustība** – absolūta griežņa vai apstrādājamā materiāla kustība, kas ir nepieciešama un pietiekama vienas skaidas nogriešanai;
2. **padeves kustība** – absolūta griežņa vai apstrādājamā materiāla kustība, kas nodrošina griešanas procesa nepārtrauktību (jaunu skaidu nogriešanu).

1.3.2. attēls

Griešanas kustību ātrumi



- 1 – grieznis;
2 – absolūtā griešanas trajektorija;
 v – griešanas ātruma vektors;
 u – padeves ātruma vektors;
 v_r – rezultējošā griešanas ātruma vektors.

Trajektorija, kādu griešanas kustības laikā veido kāds noteikts griežņa vai apstrādājamā priekšmeta punkts, ir griešanas kustības trajektorija, bet padeves trajektoriju veido padeves kustībā esošs grieznis vai apstrādājamais priekšmets. Savukārt griešanas un padeves kustības, kuras notiek vienlaikus, mijiedarbībā veidojas absolūtā griešanas trajektorija. Šo kustību raksturlielums ir ātrums (1.3.2. attēls).

Griešanas kustības ātrums ir griežņa vai apstrādājamā materiāla pārvietojums laika vienībā attiecībā pret griešanas trajektoriju. Šo parametru ir pieņemts apzīmēt ar simbolu v un tā mērvienība ir $m\ s^{-1}$.

Padeves ātrums ir griežņa vai apstrādājamā materiāla pārvietojums laika vienībā attiecībā pret padeves trajektoriju. Šo parametru ir pieņemts apzīmēt ar simbolu u , un tā mērvienība ir $m\ min^{-1}$.

Griežņa vai apstrādājamā materiāla relatīvais pārvietojums laika vienībā attiecībā pret absolūto griešanas trajektoriju ir rezultējošais griešanas ātrums, kuru apzīmē ar simbolu v_r un kura mērvienība ir $m\ s^{-1}$.

Kokapstrādes darbmašīnās izmantotie griešanas kustības ātrumi ir robežās 40 ... 120 $m\ s^{-1}$, bet padeves ātrumi – 6 ... 150 $m\ min^{-1}$. Tā kā attiecība starp griešanas kustības ātrumu un padeves ātrumu ir ļoti maza:

(1.3.1)

$$\frac{u}{v} = \frac{6 \dots 150}{(40 \dots 120) \cdot 60} = \frac{1}{48} \dots \frac{1}{400}$$

var pieņemt, ka griešanas kustības ātrums ir vienāds ar rezultējošo griešanas ātrumu.

Palielinot griešanas ātrumu, iespējams palielināt arī padeves ātrumu. Tā kā mūsdienu kokapstrādes darbmašīnās griešanas kustība ir periodiska, palielinoties griešanas ātrumam, palielinās arī griežņu skaits, kas vienlaikus veic griešanu, kā rezultātā padeve uz katru griezni paliek nemainīga, bet palielinās kopējais padeves ātrums. Tas nozīmē, ka griešanas ātruma palielināšana ietekmē darba ražīguma pieaugumu, jo darba ražīgums ir tieši proporcionāls padeves ātrumam. Šādi secinājumi pamatojas tikai uz griešanas kinemātiku, bet praktiski griešanas ātruma palielināšanu ierobežo darbmašīnu un griezējinstrumentu tehniskās iespējas.

Kokapstrādē griezējinstrumentiem ir jāpiespējam lieli griešanas ātrumi, kas vairākas reizes pārsniedz griešanas ātrumus, kādus izmanto metālapstrādē. Tehniski visvienkāršāk šādus griešanas ātrumus ir realizēt ar griežņiem, kas atrodas rotācijas kustībā. Tā ir periodiska kustība, kurā rotējošā ķermeņa katrs punkts, izņemot to, kas atrodas rotācijas ass centrā, ik pēc noteikta laika atgriežas vienā un tajā pašā pozīcijā.

Griešanas ātruma noteikšanai dažādās darbmašīnās izmanto atšķirīgas formulas, kas atkarīgas no konkrētās darbmašīnas griešanas mehānismu kinemātikas. Rotējošiem griezējinstrumentiem, piemēram, zāgripām, frēzēm un urbjiem, griešanas ātrumu v , $m\ s^{-1}$, aprēķina, izmantojot šādu vienādojumu:

(1.3.2)

$$v = \frac{\omega \cdot D}{2 \cdot 1000} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60 \cdot 1000}$$

ω – griezējinstrumenta rotācijas leņķiskais ātrums, s^{-1} ;
 D – griezējinstrumenta griešanas aploces diametrs, mm;
 n – griezējinstrumenta rotācijas frekvence, min^{-1} .

Savukārt virzes kustībā esoša griežņa (gateros, lentszāgmašīnās) griešanas ātrums v , $m\ s^{-1}$, ir vienāds ar šī griežņa kustības lineāro ātrumu, ko aprēķina kā attiecību starp veiktā ceļa garumu un laika ilgumu, kurā šis ceļa garums ir veikts:

(1.3.3)

$$v = \frac{L}{t}$$

L – griešanas trajektorijas garums, m;
 t – griešanas trajektorijas garumam L atbilstošais griešanas laiks, s.

Jāatzīmē, ka lentszāgmašīnās griežņi pārvietojas ne tikai virzes, bet arī rotācijas kustībā, līdz ar to šajā gadījumā griešanas ātruma noteikšanai ērtāk izmantot rotējošu griezējinstrumentu griešanas ātruma aprēķināšanas formulu (sk. 1.3.2. vienādojumu).

Padeves ātrumu u , m min⁻¹, vairākumā gadījumu nosaka apstrādājamā materiāla ievirzes ātrums (kā izņēmumu var minēt šķērszāģēšanas darbmašīnas vai programmvadības darbmašīnas ar kustīgu suportu, kurām padeves ātrums ir atkarīgs no suporta pārvietošanās ātruma), ko aprēķina līdzīgi virzes kustībā esoša griezējinstrumenta griešanas ātrumam:

(1.3.4)

$$v = \frac{L_u}{t_u}$$

L_u – apstrādājamā materiāla vai griezējinstrumenta ievirzes trajektorijas garums, m;
 t_u – apstrādājamā materiāla vai griezējinstrumenta ievirzes trajektorijas garumam L_u atbilstošais ievirzes laiks, min.

Gateriem, virpām un atsevišķām citām darbmašīnām padeves kustību parasti raksturo nevis ar šīs kustības ātrumu, bet gan ar ievirzes garumu uz vienu galvenās vārpstas vai apstrādājamā materiāla apgrieziena u_o , mm:

(1.3.5)

$$u_o = \frac{1000 \cdot u}{n}$$

u – padeves ātrums, m min⁻¹;
 n – griezējinstrumenta, piedziņas vārpstas vai apstrādājamā materiāla rotācijas frekvence, min⁻¹.

Padevi uz vienu griezējinstrumenta apgrieziena var aprēķināt arī jebkurai citai darbmašīnai, kurās griežņi pārvietojas rotācijas kustībā.

1.3.2. Skaidas parametri

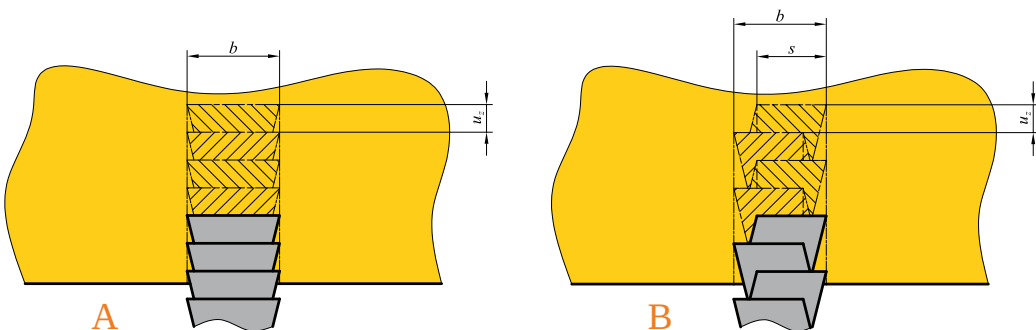
Grieznis, pārvietojoties pa griešanas trajektoriju, atdala no apstrādājamā materiāla skaidu, kurai ir trīs galvenie izmēri: garums l_{sk} , platums b_{sk} un biezums h_{sk} . Nozīmīgākie skaidas parametri ir tās platums un biezums, jo tie izmantojami, lai aprēķinātu griešanas un padeves spēku, kā arī griešanas un padeves jaudu un darbu.

Skaidas nominālais garums ir līdzvērtīgs griešanas trajektorijas garumam, tomēr sakarā ar skaidas deformāciju skaidas faktiskais garums, kas ir vienāds ar nogrieztā elementa garumu, parasti ir mazāks par griešanas trajektorijas garumu.

Skaidas nominālais platums ir attālums starp skaidas sānu virsmām, savukārt skaidas faktiskais platums var būt mazliet lielāks par nominālo skaidas platumu sakarā ar koksnes paplašināšanos sānu virzienā. Apstrādājot koksni ar ēvelēšanas, frēzēšanas un zāģēšanas paņēmieni, ja zāģa zobi ir placināti vai ar pielodētām cietsakausējuma plāksnītēm, nogrieztās skaidas platums ir vienāds ar griešanas vai iezāģējuma platumu b (sk. 1.2.1. attēlu; 1.3.3. attēlu A). Savukārt, zāģējot ar zāģiem, kuru zobi ir izlocīti, maksimālais skaidas platums ir vienāds ar zāģa plātnes biezumu s (1.3.3. attēls B).

1.3.3. attēls

Zāģa zobu sagatavošanas paņēmiena ietekme uz skaidas parametriem



A – zāģiem ar placinātiem zobiem vai pielodētām cietsakausējuma plāksnītēm; B – zāģiem ar izlocītiem zobiem;
 b – iezāģējuma platums; u_z – padeve uz zobu; s – zāģa plātnes biezums.

Skaidas biezums ir attālums starp divām secīgām griešanas trajektorijām, kas mērīts perpendikulāri griešanas trajektorijas pieskarei. Vispārīgā gadījumā, apstrādājot koksni ar ēvelēšanas, frēzēšanas un zāģēšanas paņēmieni, ja zāģa zobi ir placināti vai ar pielodētām cietsakausējuma plāksnītēm, skaidas biezums h_{sk} , mm, ir vienāds ar padeves uz zobu un leņķa starp griešanas virzienu un koksnes šķiedru virzienu vai leņķa starp rezultējošā griešanas ātruma un padeves virziena vektoru sinusa reizinājumu:

(1.3.6)

$$h_{sk} = u_z \cdot \sin\varphi$$

u_z – padeve uz zobu, mm;
 φ – leņķis starp griešanas virzienu un koksnes šķiedru virzienu, grādi.

Zāģējot ar zāģiem, kuru zobi ir izlocīti, skaidas šķērsgriezumam padeves virzienā nav vienāds platums (sk. 1.3.3. attēlu B). Tādēļ skaidas biezumu šajā gadījumā aprēķina kā attiecības starp atsevišķo skaidas laukumu summu un zāģa plātnes biezuma reizinājumu ar leņķa starp griešanas virzienu un koksnes šķiedru virzienu sinusu:

(1.3.7)

$$h_{sk} = \frac{s \cdot u_z + (b - s) \cdot u_z}{s} \cdot \sin\varphi = u_z \cdot \frac{b}{s} \cdot \sin\varphi$$

s – zāģa plātnes biezums, mm; b – iezāģējuma platums, mm;
 u_z – padeve uz zobu, mm; φ – leņķis starp griešanas virzienu un koksnes šķiedru virzienu, grādi.

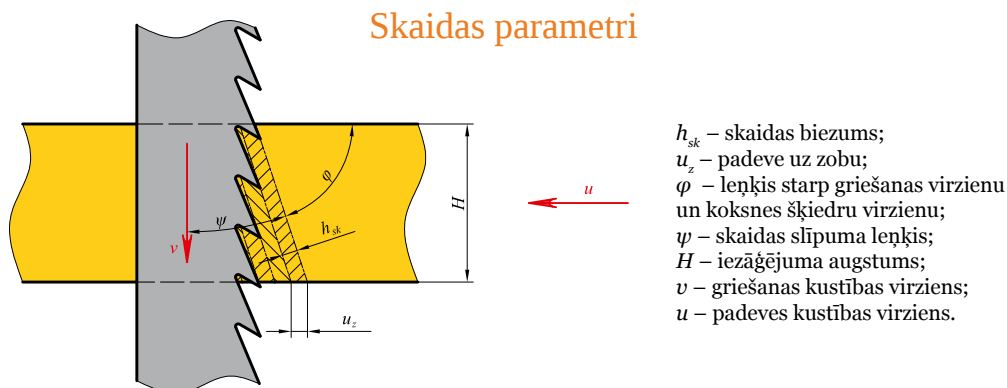
Padeves lielums uz vienu griezējinstrumenta zobu ir skaidas izmērs, kas mērīts padeves virzienā (1.3.4. attēls):

(1.3.8)

$$u_z = \frac{1000 \cdot u}{Z_{\text{minūte}}}$$

u – padeves ātrums, m min⁻¹;
 $Z_{\text{minūte}}$ – zobu skaits, kas piedalās griešanas procesā vienas minūtes laikā; min⁻¹.

1.3.4. attēls



Zāģējot gateros un lentzāģmašīnās ar konstantu padeves un griešanas ātrumu, zāģa zobi nogriež vienāda biezuma skaidas, kas vērstas slīpi rezultējošā griešanas ātruma vektora v_r virzienā, jo griešanas un padeves kustības mijiedarbības rezultātā griežņi vienlaikus pārvietojas gan griešanas ātruma vektora v virzienā, gan arī pretēji padeves virzienam u (sk. 1.3.4. attēlu). Līdz ar to starp zāģa zobu griešanas kustības virzienu un nogrieztajām skaidām izveidojas skaidas slīpuma leņķis ψ , grādi:

(1.3.9)

$$\psi = \arctg \frac{u}{60 \cdot v}$$

u – padeves ātrums, m min⁻¹;
 v – griešanas ātrums, m s⁻¹.

Ievērojot skaidu slīpuma leņķi, skaidas biezumu h_{sk} , mm, zāģējot gateros un lentzāģmašīnās, aprēķina, attiecīgi izmantojot šādas formulas:

1) zāģiem ar placinātiem zobiem:

(1.3.10)

$$h_{sk} = u_z \cdot \sin\varphi = u_z \cdot \sin(90^\circ - \psi)$$

2) zāģiem ar izlocītiem zobiem:

(1.3.11)

$$h_{sk} = u_z \cdot \frac{b}{s} \cdot \sin\varphi = u_z \cdot \frac{b}{s} \cdot \sin(90^\circ - \psi)$$

u_z – padeve uz zobu, mm;
 φ – leņķis starp griešanas virzienu un koksnes šķiedru virzienu, grādi;
 ψ – skaidas slīpuma leņķis, grādi;
 b – iezāģējuma platums, mm;
 s – zāģa plātnes biezums, mm.

Tomēr, pamatojoties uz to, ka rezultējošais griešanas ātrums ir aptuveni vienāds ar griešanas ātrumu un skaidas slīpuma leņķis ψ ir aptuveni 1° , skaidas slīpuma leņķa ietekmi var neņemt vērā un pieņemt, ka leņķis starp griešanas virzienu un šķiedru virzienu φ ir 90° . Tādējādi griešanas virziens gateros un lentzāģmašīnās ir orientēts šķērsām koksnes šķiedru virzienam, un skaidas biezums h_{sk} , mm, lietojot zāģus ar placinātiem zobiem, ir vienāds ar padevi uz zobu u_z (sk. 1.3.6. un 1.3.8. vienādojumu):

(1.3.12)

$$h_{sk} = u_z \cdot \sin 90^\circ = u_z \cdot 1 = u_z$$

bet, lietojot zāģus ar izlocītiem zobiem, skaidas biezums h_{sk} , mm ir šāds (sk. 1.3.7. vienādojumu):

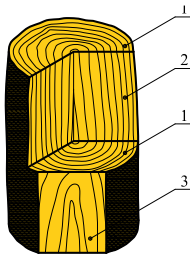
(1.3.13)

$$h_{sk} = u_z \cdot \frac{b}{s} \cdot \sin 90^\circ = u_z \cdot \frac{b}{s} \cdot 1 = u_z \cdot \frac{b}{s}$$

1.3.3. Galvenie griešanas veidi un skaidas veidošanās tajos

1.3.5. attēls

Galvenie koksnes griezumumi



- 1 – šķērsriezums;
 2 – radiālais griezum;
 3 – tangenciālais griezum.

Koksne ir neviendabīgs (anizotropisks) materiāls, jo tās griezumi nav savstarpēji vienādi. Neviendabīgā struktūra ir skaidri redzama trīs galvenajos koksnes griezumās – šķērsgriezumā, tangenciālajā griezumā un radiālajā griezumā (1.3.5. attēls). Aplūkojot koksnes uzbūvi šajos griezumās, var secināt, ka stumbrs sastāv no atsevišķiem, cita par citu lielākiem konusiem (paraboloīdiem), kas atrodas viens citam virsū. Katru gadu ir radies viens jauns konuss, kas apaudzis apkārt esošajiem, iepriekšējos gados izaugušajiem konusiem.

Konusi skaidri norobežojas viens no otra, jo katrs sastāv no irdeņas agrīnās un blīvākas vēlinās koksnes, turklāt vecāka konusa blīvākā vēlinā koksne robežojas ar jaunākā konusa irdeno agrīno koksni, kā rezultātā starp tām izveidojas izteikta robežvirsmas.

Šķeļot koksnes pieauguma konusus ar trīs galvenajiem koksnes griezumumiem, šķērsgriezumā iegūst koncentriskas aploces, bet radiālajā un tangenciālajā griezumā – gareniskas līnijas. Griezuma perifērijā tās abos gadījumos virzās aptuveni paralēli griezuma ārmalām, radiālā griezuma vidū saejot trijstūrī, bet tangenciālajā griezumā – parabolā.

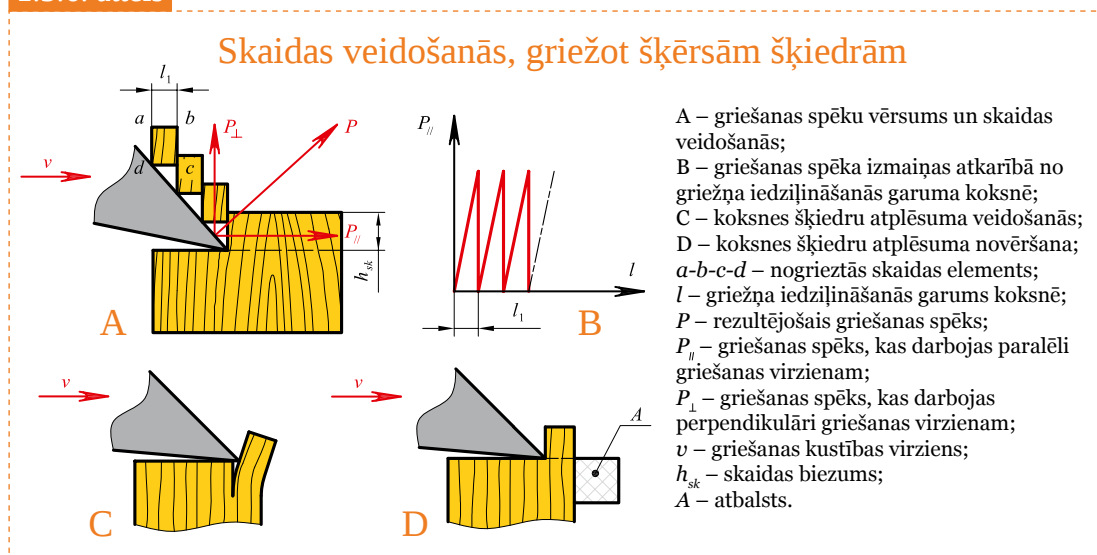
Koksnes kā anizotropiska materiāla griešanas procesa norise ir atkarīga no griešanas virziena, kādā grieznis iedziļinās koksni. Izšķir trīs galvenos griešanas veidus – griešana šķērsām šķiedrām (\perp), griešana šķiedru virzienā (\parallel) un griešana sāniski šķiedrām ($\#$). Bez šiem galvenajiem griešanas gadījumiem praksē sastopami arī griešanas starpgadījumi – griešana gareniski – šķērsām ($\parallel\perp$), gareniski – sāniski ($\parallel\#$), sāniski – šķērsām ($\#\perp$) un gareniski – sāniski – šķērsām šķiedrām ($\parallel\#\perp$). Griešanas veidu orientāciju attiecībā pret šķiedru virzienu nosaka leņķis starp griešanas virzienu

un šķiedru virzienu (φ) un leņķis starp griešanas plakni un šķiedru virzienu (φ_1), kuri var mainīties robežās no 0 līdz 90° .

Griežot šķērsām šķiedrām (\perp , $\varphi = 90^\circ$, $\varphi_1 = 90^\circ$) un griežnim iedziļinoties koksne, nogrieztā skaida izdara pret griežņa priekšējo virsmu stateniski vērstu spiediena spēku, kuru grieznis pārvar ar tādu pašu, tikai pretējā virzienā vērstu spēku P . Šo spēku var sadalīt divos komponentos P_{\parallel} un P_{\perp} (1.3.6. attēls A). Spēks P_{\parallel} pārvietodams griezni, vienlaikus ar griežņa priekšējo virsmu cenšas saspīest griežņa priekšā esošo koksni, bet spēks P_{\perp} cenšas saskaldīt koksni griešanas kustības virzienā vai arī pārbīdīt to perpendikulāri griešanas virzienam. Ievērojot, ka koksne šķērsām šķiedrām neskaldās, spēks P_{\perp} šajā gadījumā var darboties vienīgi tā, kā parādīts 1.3.6. attēlā A – nevis skaldē, bet gan bīdē. Jo dziļāk grieznis iedziļinās koksne, jo lielāks kļūst tā priekšējās virsmas spiediena spēks P . Palielinoties spēkam P , palielinās arī tā komponenti P_{\parallel} un P_{\perp} , bet, ievērojot, ka koksnes izturība spiedē ir daudz lielāka par izturību bīdē, spēks P_{\perp} graužošo lielumu sasniedz ātrāk nekā spēks P_{\parallel} un, griežnim iedziļinoties koksne noteiktā attālumā l_1 (1.3.6. attēls A), izraisa no apakšas nogrieztā skaidas elementa $a-b-c-d$ nobīdi pa griežņa priekšējo virsmu uz augšu. Šajā brīdī griešanas pretestība samazinās līdz 0 (1.3.6. attēls B). Turpinot savu kustību, grieznis pēc īsa mirkļa nobīda jaunu skaidas elementu, pēc tam vēl un vēl, un tā tas turpinās visu griežņa kustības laiku.

Skaidas veidošanās aina var nedaudz mainīties griešanas ceļa beigu posmā, kurā grieznis var atplēst no apstrādājamā materiāla pēdējās šķiedras, ja tās netiek atbalstītas (1.3.6. attēls C). Lai šādus atplēsumus novērstu, jālieto atbalsts A (1.3.6. attēls D).

1.3.6. attēls



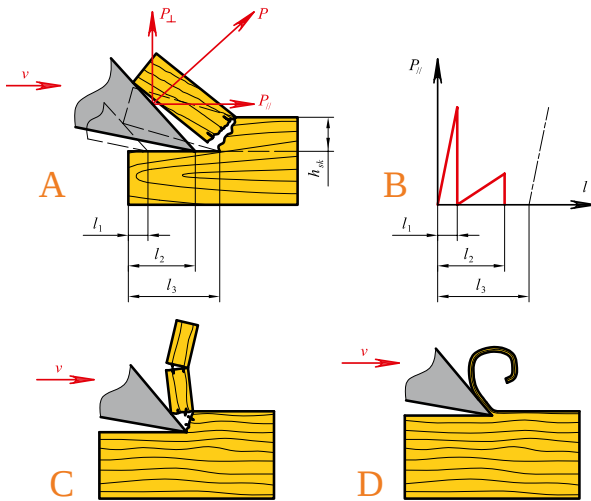
Griežot šķērsām šķiedrām, nogrieztā skaida sastāv no atsevišķiem savā starpā vāji saistītiem elementiem, tāpēc tā ir drupana un neliela spiediena iedarbības rezultātā sabrūk mazākās vienībās.

Griežot šķērsām šķiedrām, rodas vislielākā griešanas pretestība. Pamatojoties uz profesora I. Timē veikto eksperimentu datiem, griežot nebojātu koksni šķērsām šķiedrām, nepieciešams šāds īpatnējais griešanas spēks:

- 1) priedes koksnei – 20 ... 25 N mm⁻²;
- 2) bērza un ozola koksnei – 38 ... 50 N mm⁻².

Griežot gareniski šķiedrām (\parallel , $\varphi = 0^\circ$, $\varphi_1 = 0^\circ$), griešanas procesa sākotnējā posmā griešanas pretestība arī pieaug proporcionāli griežņa iedziļināšanās garumam koksne (1.3.7. attēls). Spēks P_{\perp} šajā gadījumā darbojas skaldē un sasniedz graužošo vērtību, griežnim iedziļinoties koksne līdz attālumam $l_1 = 1,25 \sqrt{h_{sk}}$, kad griežņa griežējšķautnes priekšā izveidojas plaisa, kuras garums ir aptuveni $l_2 = 5h_{sk}$. Griešanas pretestība šajā brīdī samazinās līdz 0 (1.3.7. attēls B), bet, griežnim pārvietojoties tālāk, pretestība sakarā ar atplēstās skaidas liekšanu atkal sāk palielināties. Plaisa, kas izveidojusies griežņa griežējšķautnes priekšā, griežnim pārvietojoties, palielinās, un, kad grieznis sasniedz iedziļināšanās garumu koksne l_2 tiek atlauzts skaidas elements ar garumu $l_3 = (6 \dots 12)h_{sk}$. Griežnim turpinot kustību, līdz lūzuma vietai l_3 tas pārvietojas, nesastopot koksnes pretestību (1.3.7. attēls B). Sakarā ar šķiedraino uzbūvi skaidas elementi netiek pilnīgi atrauti viens no otra, jo pašas virsējās koksnes šķiedras neļaujas pārrauties, bet tikai ieliecas (1.3.7. attēls C). Līdz ar to skaidas vairs nav tik drupana, kā griežot šķērsām šķiedrām. Ja skaidas ir ļoti plāna, tad sakarā ar palielo deformācijām tā sagriežas spirālē un tajā lūzumi neveidojas (1.3.7. attēls D).

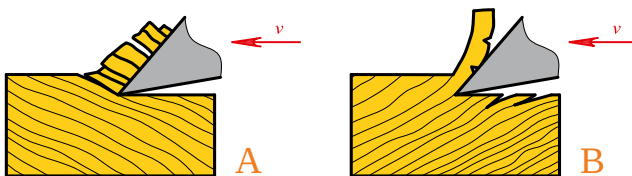
Skaidas veidošanās, griežot gareniski šķiedrām



A – griešanas spēku vērsums un skaidas veidošanās;
 B – griešanas spēka izmaiņas atkarībā no griežņa iedziļināšanās garuma koksnei;
 C – skaidas veidošanās, nogriežot biezu skaidu;
 D – skaidas veidošanās, nogriežot plānu skaidu;
 l – griežņa iedziļināšanās garums koksnei;
 P – rezultējošais griešanas spēks;
 P_{\parallel} – griešanas spēks, kas darbojas paralēli griešanas virzienam;
 P_{\perp} – griešanas spēks, kas darbojas perpendikulāri griešanas virzienam;
 v – griešanas kustības virziens;
 h_{sk} – skaidas biezums.

Iepriekš aplūkotā skaidas veidošanās, griežot gareniski šķiedrām, atbilst tikai tādiem gadījumiem, kad griežņa kustības virziens pilnīgi sakrīt ar koksnes šķiedru virzienu. Ja koksnes šķiedras attiecībā pret griežņa kustības virzienu ir orientētas slīpi, iespējami divi gadījumi – griešana šķiedru virzienā (1.3.8. attēls A) un griešana pretēji šķiedru virzienam (1.3.8. attēls B). Pirmajā gadījumā skaida veidojas no atsevišķiem savā starpā vāji saistītiem elementiem, kas cits no cita atdalās pa koksnes gadskārtām. Koksnes slāņu atdalīšanās, veidojoties skaidai, notiek tikai nogrieztajā skaidā, tādēļ griezuma virsma veidojas bez iepļēsumiem. Savukārt 1.3.8. attēlā B parādītajā gadījumā grieznis pārvietojas pretēji koksnes šķiedru virzienam, apstrādātajā virsmā radot iepļesumus, kas turklāt virzās nevis nogrieztās skaidas virzienā, bet gan apstrādātās virsmas virzienā. Noteiktos gadījumos, kad koksne ir ļoti viendabīga, šo trūkumu var novērst, apgriežot apstrādājamo koksnes sagatavi tā, lai grieznis pārvietotos koksnes šķiedru virzienā, bet, ja koksne ir zaraina vai ar izliektām šķiedrām, šāda apgriešana neko nelīdz. Tādos gadījumos griežņa priekšā novieto ar to reizē pārvietojošos atbalstu (rokas ēvelei – ēveles pēdas priekšējā daļa), kas, spiežot uz skaidu ar spēku Q , kas ir vienlīdzīgs spēkam P_{\perp} , un ielaužot skaidu, neļauj grieznim iepļēst apstrādāto virsmu (1.3.9. attēls A). Atbalstu no griežņa griezējšķautnes jānovieto tādā attālumā e , kas ir aptuveni vienlīdzīgs ar nogrieztās skaidas biezumu h_{sk} , vai arī nedaudz lielākā vai mazākā atkarībā no koksnes mitruma pakāpes.

Griešana gareniski attiecībā pret koksnes šķiedru virzienu, ja koksnes šķiedras attiecībā pret griežņa kustības virzienu ir orientētas slīpi



A – griešana šķiedru virzienā;
 B – griešana pretēji šķiedru virzienam.

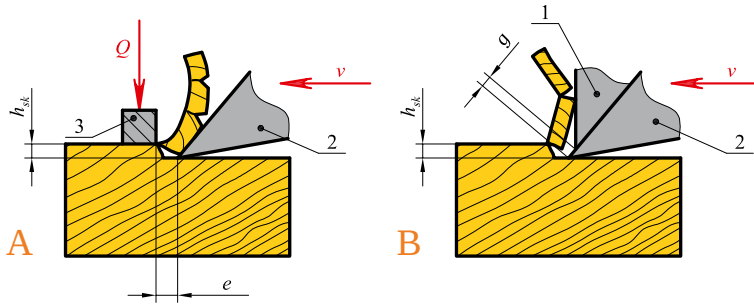
Otrs paņēmieni, kuru nereti lieto vienlaikus ar pirmo un kura uzdevums arī ir panākt skaidas ātrāku salaušanu, ir skaidas leņķa samazināšana vai arī skaidas laužēja lietošana. Ievērojot, ka skaidas leņķa samazināšana, proti, griešanas leņķa palielināšana, izraisa griešanas spēka palielināšanos, parasti lieto skaidas laužēju, jo tas darbojas tāpat, bet griešanas spēku palielina mazāk. Skaidas laužēju (1.3.9. attēls B) no griežņa griezējšķautnes jānovieto attālumā $g = 0,5 \dots 0,15$ mm. Jo mazāks ir attālumam g , jo apstrādātajai virsmai ir mazāks raupjums.

Griežot gareniski šķiedrām, rodas mazāka griešanas pretestība, salīdzinot ar griešanu šķērsām šķiedrām. Pamatojoties uz profesora I. Timē veikto eksperimentu datiem, griežot nebojātu koksni gareniski šķiedrām, nepieciešams šāds īpatnējais griešanas spēks:

- 1) priedes koksnei – 10 N mm^{-2} ;
- 2) bērza koksnei – 19 N mm^{-2} ;
- 3) ozola koksnei – 28 N mm^{-2} .

1.3.9. attēls

Skaidas elementa garuma samazināšanas iespējas, griežot gareniski šķiedrām



A – atbalsta izmantošana, B – skaidas laužēja izmantošana;
 Q – atbalsta spiediena spēks; e – attālums starp atbalstu un griežņa griezējšķautni;
 g – attālums starp skaidas laužēju un griežņa griezējšķautni; h_{sk} – skaidas biezums; v – griešanas virziens;
 1 – skaidas laužējs, 2 – grieznis; 3 – atbalsts.

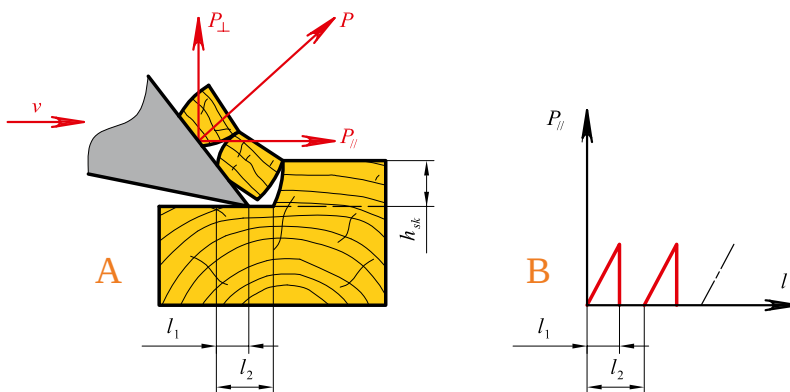
Griežot sāniski šķiedrām ($\#, \varphi = 90^\circ, \varphi_1 = 0^\circ$), spēks P_{\parallel} , darbojoties griežņa kustības virzienā, izdara pret skaidu spiedienu, bet spēks P_{\perp} , kas darbojas stateniski attiecībā pret griežņa kustības trajektoriju, virza skaidu gar griežņa priekšējo virsmu uz augšu, nošķeldams skaidas elementus no apstrādājamā materiāla. Spēks P_{\perp} šajā gadījumā darbojas daļēji skaldē un daļēji bīdē, līdz ar to skaidas elementi to apakšpusē ir noapaļoti (1.3.10. attēls A). Kad grieznis koksnē ir iedziļinājies līdz attālumam $l_1 = (2 \dots 3)h_{sk}$, spēks P_{\perp} sasniedz graujošo vērtību, un tiek atšķelts skaidas elements ar garumu $l_2 = (4 \dots 5)h_{sk}$. Griežnim turpinot kustību, līdz lūzuma vietai tas pārvietojas, nesastopot koksnes pretestību (1.3.10. attēls B). Sakarā ar to, ka koksnes šķiedras savstarpēji ir vāji saistītas, skaida nav izturīga un viegli sabirst elementos, bet apstrādātā virsma ir plūksnaina un nelīdzena. Lai to padarītu gludāku, griežņa griezējšķautnes priekšā jānovieto reizē ar to pārvietojams atbalsts (1.3.9. attēls). Viengabalainu skaidu, griežot sāniski šķiedrām, var iegūt tad, ja hidrotermiski apstrādātu koksni griež ar griezni, kam ir neliels griešanas leņķis ($\delta < 20^\circ$).

Griežot sāniski šķiedrām, rodas vismazākā griešanas pretestība, salīdzinot ar griešanu šķērsām un gareniski šķiedrām. Pamatojoties uz profesora I. Timē veikto eksperimentu datiem, griežot nebojātu koksni sāniski šķiedrām, nepieciešams šāds īpatnējais griešanas spēks:

- 1) priedes koksnei – 4,6 N mm⁻²;
- 2) bērza un ozola koksnei – 7,6 N mm⁻².

1.3.10. att.

Skaidas veidošanās, griežot sāniski šķiedrām



A – griešanas spēku vērsums un skaidas veidošanās;
 B – griešanas spēka izmaiņas atkarībā no griežņa iedziļināšanās garuma koksnē;
 l – griežņa iedziļināšanās garums koksnē; P_{\parallel} – griešanas spēks, kas darbojas paralēli griešanas virzienam;
 P – rezultējošais griešanas spēks; P_{\perp} – griešanas spēks, kas darbojas perpendikulāri griešanas virzienam;
 v – griešanas kustības virziens; h_{sk} – skaidas biezums.

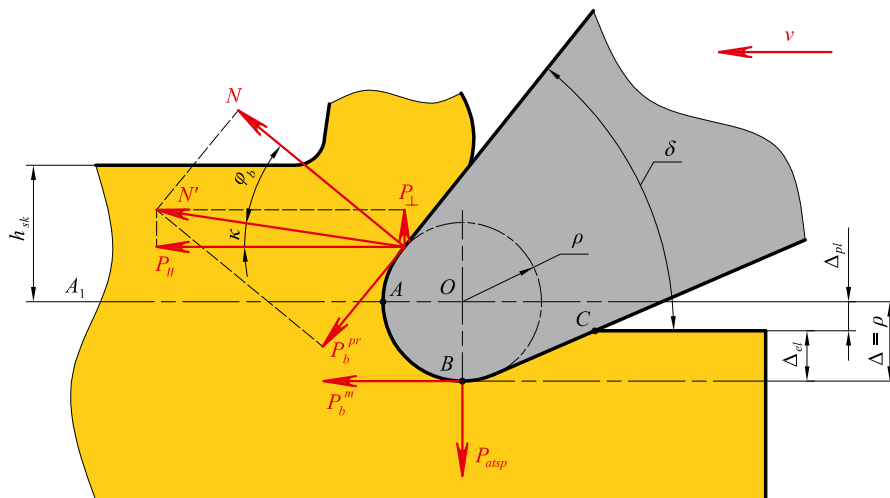
1.4. Koksnes un griežņa savstarpējā iedarbība

1.4.1. Griešanas procesa dinamika

Griešanas procesa laikā, grieznim mijiedarbojoties ar koksni, rodas noteikti spēki, jo koksne pretojās griežņa iedziļināšanai, bet grieznis koksnes radīto pretestību pārvar ar ārējo spēku, kas izraisa griežņa pārvietošanos attiecībā pret apstrādājamo objektu, – griešanas spēku (1.4.1. attēls). Griešanas spēks pēc savas absolūtās vērtības ir vienāds ar koksnes pretestību, bet vērsts pretējā virzienā.

1.4.1. attēls

Reāla griežņa un koksnes savstarpējā iedarbība



$A-A_1$ – dalījuma līnija; N – reakcijas spēks pa griežņa priekšējo virsmu;

P_b^{pr} – berzes spēks pa griežņa priekšējo virsmu;

N' – rezultējošais spēks, ar kuru grieznis pārvar koksnes pretestību skaidas veidošanās zonā;

$P_{||}$ – rezultējošā spēka komponents, kas skaidas veidošanās zonā darbojas paralēli griešanas virzienam;

P_{\perp} – rezultējošā spēka komponents, kas skaidas veidošanās zonā darbojas perpendikulāri griešanas virzienam;

P_{atsp} – atspiešanas spēks; P_b^m – berzes spēks pa griežņa mugurvirsmu; v – griešanas kustības virziens;

h_{sk} – skaidas biezums; ρ – griežņa griezējškaitnes noapaļojuma rādiuss; Δ – deformētā koksnes slāņa biezums;

Δ_{el} – koksnes elastīgās deformācijas zonas biezums; Δ_{pl} – koksnes plastiskās deformācijas zonas biezums;

δ – griešanas leņķis; φ_b – berzes leņķis; k – berzes papildleņķis.

Grieznim iedziļinoties koksnē vektora v virzienā (sk. 1.4.1. attēlu), pirmais kontaktā ar koksni nonāk griežņa asmens punkts A , kas atrodas griežņa asmens noapaļojuma aploces centra O līmenī. Šī kontakta rezultātā rodas liels koncentrēts spiediens griešanas virzienā ($350 \dots 600 \text{ N mm}^{-2}$), kas 20 un vairāk reizi pārsniedz koksnes pretestību spiedei un izraisa šķiedru saišu pārraušanu. Līdz ar to var uzskatīt, ka koksnes dalīšana notiek pa līniju $A-A_1$ – dalījuma līniju. Koksne, kas atrodas virs dalījuma līnijas, pārveidojas skaidā, bet koksnes daļa, kas atrodas zem dalījuma līnijas, tiek saspiesta ar griežņa asmens posmu $A-B$. Saspīestajā zonā zem dalījuma līnijas rodas koksnes elastīgās un plastiskās deformācijas:

(1.4.1)

$$\Delta = \rho = \Delta_{el} + \Delta_{pl}$$

Δ – deformētā koksnes slāņa biezums, μm ;

ρ – griežņa griezējškaitnes noapaļojuma rādiuss, μm ;

Δ_{el} – koksnes elastīgās deformācijas zonas biezums, μm ;

Δ_{pl} – koksnes plastiskās deformācijas zonas biezums, μm .

Grieznim pārvietojoties tālāk, saspīestās koksnes šķiedras elastīgo deformāciju ietekmē sāk pacelties uz augšu un izdara uz griežņa aizmugures plakni papildu spiedienu zonā no punkta B līdz punktam C . Kad elastīgo deformāciju apjoms ir izsmelts, koksnes šķiedras punktā C atraujas no griežņa aizmugures plaknes, un veidojas apstrādātā virsma, kas atrodas attālumā $\Delta_{pl} < \rho$ no dalījuma

līnijas A-A. Līdz ar to apstrādātajā virsmā koksne ir plastiski deformēta. Nosakot kopējo griešanas pretestību, var neņemt vērā koncentrēto spiedienu, kas darbojas punktā A, jo sakarā ar ļoti nelielu deformāciju laukumu šī spiediena izraisītais darbs ir tikai 1/600 ... 1/800 no kopējā darba, kas nepieciešams griešanas procesa veikšanai.

Skaidas veidošanas zonā grieznis koksnes pretestību pārvar ar spēku N , un, nogrieztajai skaidai pārvietojoties pa griežņa priekšējo virsmu, rodas arī berzes spēks:

(1.4.2)

$$P_b^{pr} = f_{pr} \cdot N = N \cdot \operatorname{tg} \varphi_b$$

P_b^{pr} – berzes spēks pa griežņa priekšējo virsmu, N;
 f_{pr} – berzes koeficients pa griežņa priekšējo virsmu (0,18 ... 0,30);
 N – reakcijas spēks pa griežņa priekšējo virsmu, N;
 φ_b – berzes leņķis (10 ... 17), grādi

Berzes leņķi φ_b , grādi, raksturo šāds vienādojums:

(1.4.3)

$$\varphi_b = \operatorname{arctg} f_{pr}$$

f_{pr} – berzes koeficients pa griežņa priekšējo virsmu (0,18 ... 0,30).

Saskaitot vektorus \bar{N} un \bar{P}_b^{pr} , iegūst rezultējošo spēku, ar kuru grieznis pārvar koksnes radīto pretestību skaidas veidošanās zonā:

(1.4.4)

$$\bar{N}' = \bar{N} + \bar{P}_b^{pr}$$

\bar{N}' – rezultējošā spēka, ar kuru grieznis pārvar koksnes pretestību skaidas veidošanās zonā, vektors;
 \bar{N} – reakcijas spēka pa griežņa priekšējo virsmu vektors;
 \bar{P}_b^{pr} – berzes spēka pa griežņa priekšējo virsmu vektors.

Koksnes griešanas teorijā plaši tiek izmantots paņēmieni, saskaņā ar kuru rezultējošo griešanas spēku sadala divos komponentos: viens komponents griešanas kustības v virzienā, bet otrs – perpendikulāri šīs kustības virzienam. Līdz ar to rezultējošo spēku, ar kuru grieznis pārvar koksnes pretestību skaidas veidošanās zonā, var sadalīt šādos komponentos:

(1.4.5)

$$\bar{N}' = \bar{P}_{||} + \bar{P}_{\perp}$$

\bar{N}' – rezultējošā spēka, ar kuru grieznis pārvar koksnes pretestību skaidas veidošanās zonā, vektors;
 $\bar{P}_{||}$ – rezultējošā spēka komponenta, kas skaidas veidošanās zonā darbojas paralēli griešanas virzienam, vektors;
 \bar{P}_{\perp} – rezultējošā spēka komponenta, kas skaidas veidošanās zonā darbojas perpendikulāri griešanas virzienam, vektors.

Aplūkojot reāla griežņa un koksnes savstarpējās iedarbības shēmu (sk. 1.4.1. attēlu), redzams, ka:

(1.4.6)

$$P_{\perp} = P_{||} \cdot \operatorname{tg} \kappa$$

un

(1.4.7)

$$\kappa = 90^{\circ} - \delta - \varphi_b$$

kā rezultātā:

(1.4.8)

$$P_{\perp} = P_{||} \cdot \operatorname{tg}(90^{\circ} - \delta - \varphi_b)$$

P_{\perp} – rezultējošā spēka komponents, kas skaidas veidošanās zonā darbojas perpendikulāri griešanas virzienam, N;
 $P_{||}$ – rezultējošā spēka komponents, kas skaidas veidošanās zonā darbojas paralēli griešanas virzienam, N;
 κ – berzes papildleņķis, grādi;
 δ – griešanas leņķis, grādi;
 φ_b – berzes leņķis, grādi.

Apstrādātās virsmas veidošanās zonā koksnes pretestību grieznis pārvar ar spēku P_{atstp} , bet berzes spēks starp deformēto koksnes slāni un griežņa mugurvirsmu P_b^m , N, aprēķināms, izmantojot šādu sakarību:

(1.4.9)

$$P_b^m = f_m \cdot P_{atstp}$$

f_m – berzes koeficients pa griežņa mugurvirsmu;
 P_{atstp} – atspiešanas spēks, N.

Berzes koeficientu pa griežņa mugurvirsmu f_m var aptuveni noteikt, izmantojot šādu formulu:

(1.4.10)

$$f_m = \frac{2}{\alpha_\rho^2}$$

α_ρ – koeficients, ar kuru novērtē griežņa asuma pakāpi (sk. 1.4.3. apakšnodaļu).

Sakarā ar to, ka spēka komponentu P_{atstp} un P_b^m virzieni sakrīt ar iepriekš izvēlētajiem diviem virzieniem (griešanas kustības virziens un perpendikulārs virziens šai kustībai), nav nepieciešamības tos saskaitīt un pārdalīt no jauna.

Nosakot griešanas procesa dinamiskos parametrus, vispirms aprēķina spēka P_b^m vērtību, bet pēc tam aprēķina atspiešanas spēku P_{atstp} , N, izmantojot šādu izteiksmi:

(1.4.11)

$$P_{atstp} = \frac{P_b^m}{f_m} = \frac{\alpha_\rho^2 \cdot P_b^m}{2}$$

P_b^m – berzes spēks pa griežņa mugurvirsmu, N;
 f_m – berzes koeficients pa griežņa mugurvirsmu;
 α_ρ – koeficients, ar kuru novērtē griežņa asuma pakāpi.

Tādējādi reāla griežņa un koksnes savstarpējo iedarbību var raksturot ar četriem spēka komponentiem – $P_{||}$, P_b^m , P_{\perp} , P_{atstp} (1.4.2. attēls). Saskaitot spēka komponentus, kas darbojas griešanas virzienā, iegūst griešanas spēku P_{gr} , N:

(1.4.12)

$$P_{gr} = P_{||} + P_b^m$$

$P_{||}$ – rezultējošā spēka komponents, kas skaidas veidošanas zonā darbojas paralēli griešanas virzienam, N;
 P_b^m – berzes spēks pa griežņa mugurvirsmu, N.

Savukārt, saskaitot spēka komponentus, kas darbojas perpendikulāri griešanas virzienam, iegūst radiālo spēku P_o , N:

(1.4.13)

$$P_o = P_{atstp} - P_{\perp} = \frac{\alpha_\rho^2 \cdot P_b^m}{2} - P_{||} \cdot \operatorname{tg}(90^\circ - \delta - \varphi_b)$$

P_{atstp} – atspiešanas spēks, N; P_{\perp} – rezultējošā spēka komponents, kas darbojas skaidas veidošanas zonā perpendikulāri griešanas virzienam, N; α_ρ – koeficients, ar kuru novērtē griežņa asumu;
 P_b^m – berzes spēks pa griežņa mugurvirsmu, N; $P_{||}$ – rezultējošā spēka komponents, kas darbojas skaidas veidošanas zonā paralēli griešanas virzienam, N; δ – griešanas leņķis, grādi; φ_b – berzes leņķis, grādi.

Vektoriāli summējot griešanas spēku un radiālo spēku, iegūst rezultējošo griešanas spēku:

(1.4.14)

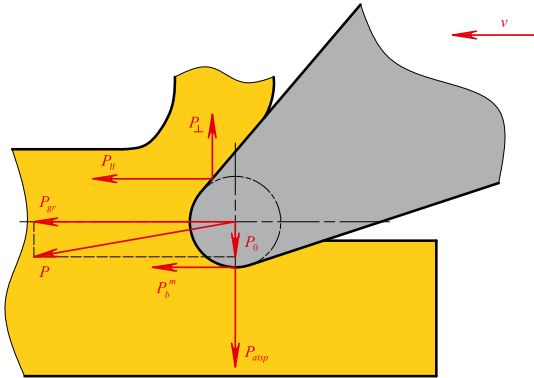
$$\bar{P} = \bar{P}_{gr} + \bar{P}_o$$

\bar{P} – rezultējošā griešanas spēka vektors;
 \bar{P}_{gr} – griešanas spēka vektors;
 \bar{P}_o – radiālā spēka vektors.

Praktiskajos aprēķinos rezultējošā griešanas spēka P vietā ērtāk izmantot šī spēka komponentus P_{gr} un P_o , jo lietderīgo darbu griešanas procesā veic tikai spēks P_{gr} , līdz ar to griešanas procesi jāorganizē tā, lai spēka P_o vērtība būtu pēc iespējas mazāka.

1.4.2. attēls

Griešanas spēka komponenti



- P – rezultējošais griešanas spēks;
- P^{gr} – griešanas spēks;
- P^{o} – radiālais spēks;
- P_{\parallel} – rezultējošā spēka komponents, kas darbojas skaidas veidošanas zonā paralēli griešanas virzienam;
- P_{\perp} – rezultējošā spēka komponents, kas darbojas skaidas veidošanas zonā perpendikulāri griešanas virzienam;
- P^{atsp} – atspiešanas spēks;
- P_b^{m} – berzes spēks pa griežņa mugurvirsmu;
- v – griešanas virziens.

1.4.2. Griešanas spēka komponentu noteikšana

Griešanas procesus var uzskatīt par koksnes deformēšanu slēgtā telpā – saspiežot skaidu, tā nevar izplūst uz sāniem. To savos eksperimentos ir pierādījis E. Ivanovskis, un uz šo teorētiski un eksperimentāli pierādīto faktu pamatojās A. Beršadskis, izstrādājot vispārējo griešanas likumu. Spēks P_{\parallel} , saspiežot koksnes slāni, kura biezums ir vienāds ar skaidas biezumu h_{sk} un kurš atrodas griežņa priekšējās virsmas priekšā (1.4.3. attēls), skaidas veidošanās zonā izraisa koksnes relatīvo deformāciju $\varepsilon = 0,3 \dots 0,45$. Koksni saspiežot slēgtā telpā, spiediens pie relatīvās deformācijas $\varepsilon = 0,1 \dots 0,6$ ir nemainīgs (1.4.4. attēls). Tādējādi var uzskatīt, ka skaidas veidošanās notiek pie konstanta koksnes spiediena uz griežņa priekšējo virsmu. Šo koksnes spiedienu grieznis pārvar ar spēku P_{\parallel} , N, kuru var aprēķināt, izmantojot šādu vienādojumu:

(1.4.15)

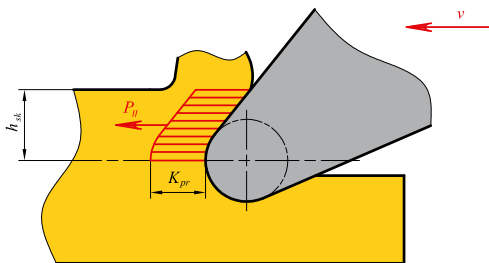
$$P_{\parallel} = K_{pr} \cdot h_{sk} \cdot b \cdot a_s$$

K_{pr} – spiediens uz griežņa priekšējo virsmu skaidas veidošanās zonā, N mm^{-2} ;
 h_{sk} – skaidas biezums; mm;

b – skaidas platums, mm;
 a_s – koeficients, ar kuru novērtē koksnes sugu (priedei – 1,0; apsei – 0,85; eglei – 0,95; bērzam – 1,3; ozolam – 1,5).

1.4.3. attēls

Spiediens uz griežņa priekšējo virsmu



- P_{\parallel} – rezultējošā spēka komponents, kas skaidas veidošanās zonā darbojas paralēli griešanas virzienam;
- K_{pr} – spiediens uz griežņa priekšējo virsmu skaidas veidošanās zonā;
- h_{sk} – skaidas biezums;
- v – griešanas virziens.

Berzes spēks starp griežņa mugurvirsmu un apstrādes virsmu P_b^{m} nav atkarīgs no nogrieztās skaidas biezuma, bet gan tikai no griežņa asuma, griešanas virziena attiecībā pret koksnes šķiedru virzienu, koksnes sugas un, protams, arī no deformētās zonas platuma (vispārējā gadījumā vienāds ar skaidas platumu b). Tādējādi berzes spēks pa griežņa mugurvirsmu P_b^{m} , N, aprēķināms, izmantojot šādu sakarību:

(1.4.16)

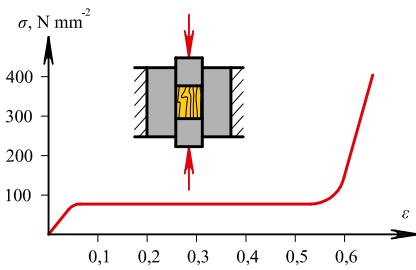
$$P_b^{\text{m}} = a_p \cdot p \cdot b \cdot a_s$$

a_p – koeficients, ar kuru novērtē griežņa asuma pakāpi;
 p – fiktīvais berzes spēks pa griežņa mugurvirsmu, kas ir atkarīgs no griešanas virziena, apstrādājot priedes koksni, N mm^{-1} ;
 b – griešanas platums, mm;
 a_s – koeficients, ar kuru novērtē koksnes sugu (priedei – 1,0; apsei – 0,85; eglei – 0,95; bērzam – 1,3; ozolam – 1,5).

1.4.

1.4.4. attēls

Koksnes saspiešanas raksturs slēgtā telpā



σ – koksnes saspiešanas spiediens;
 ε – koksnes relatīvā deformācija.

Ievērojot 1.4.15. un 1.4.16. sakarību, vienādības (1.4.12 un 1.4.13), ar kurām aprēķina griešanas spēku un radiālo spēku, var pārrakstīt šādi:

(1.4.17)

$$P_{gr} = K_{pr} \cdot h_{sk} \cdot b \cdot a_s + a_\rho \cdot p \cdot b \cdot a_s$$

(1.4.18)

$$P_o = \frac{a_\rho^3 \cdot p \cdot b \cdot a_s}{2} - K_{pr} \cdot h_{sk} \cdot b \cdot a_s \cdot \text{tg}(90^\circ - \delta - \varphi_b)$$

P_{gr} – griešanas spēks, N;
 K_{pr} – spiediens uz griežņa priekšējo virsmu skaidas veidošanās zonā, N mm⁻²;
 h_{sk} – skaidas biezums; mm;
 b – griešanas platums, mm;
 a_s – koeficients, ar kuru novērtē koksnes sugu;
 a_ρ – koeficients, ar kuru novērtē griežņa asuma pakāpi;

p – fiktīvais berzes spēks pa griežņa mugurvirsmu, kas ir atkarīgs no griešanas virziena, apstrādājot priedes koksni, N mm⁻¹;
 P_o – radiālais spēks, N;
 δ – griešanas leņķis, grādi;
 φ_b – berzes leņķis, grādi.

Lai aprēķinātu griešanas spēku un radiālo spēku, vispirms nepieciešams noteikt spiedienu uz griežņa priekšējo virsmu K_{pr} . Eksperimentu rezultāti norāda, ka spiediens uz griežņa priekšējo virsmu ir atkarīgs no koksnes sugas, griešanas virziena attiecībā pret koksnes šķiedru virzienu, griešanas leņķa un griešanas ātruma:

(1.4.19)

1. ja $v \geq 45 \text{ m s}^{-1}$: $K_{pr} = A \cdot \delta + \Gamma \cdot v - B$

A, Γ, B – koeficienti, kuru vērtības atkarīgas no griešanas virziena, apstrādājot priedes koksni (1.1. tabula);
 v – griešanas ātrums, m s⁻¹;
 δ – griešanas leņķis, grādi.

(1.4.20)

2. ja $v < 45 \text{ m s}^{-1}$: $K_{pr} = A \cdot \delta + \Gamma \cdot (90 - v) - B$

1.1. tabula

Koeficientu A, Γ, B, p vērtības atkarībā no griešanas virziena attiecībā pret koksnes šķiedrām, apstrādājot priedes koksni

Griešanas virziens attiecībā pret koksnes šķiedru virzienu	A	Γ	B	p
Šķērsām šķiedrām \perp ($\varphi = 90^\circ$; $\varphi_1 = 90^\circ$)	0,55	0,20	19,6	4,8
Šķiedru virzienā \parallel ($\varphi = 0^\circ$; $\varphi_1 = 0^\circ$)	0,20	0,07	5,4	1,6
Sāniski šķiedrām $\#$ ($\varphi = 90^\circ$; $\varphi_1 = 0^\circ$)	0,03	0,06	0,6	1,0

Praksē galvenie griešanas veidi – šķērsām, gareniski un sāniski šķiedrām – sastopami reti. Visbiežāk griešana ir realizēta starpgadījumos, no kuriem visizplatītākā ir griešana gareniski – šķērsām šķiedrām ($// \perp$). Griešanas starpgadījumiem koeficientu A , Γ , B , p vērtības nosaka, izmantojot lineāro interpolāciju, piemēram:

(1.4.21)

$$A_{//\perp} = A_{//} + (A_{\perp} - A_{//}) \frac{\varphi_{\text{vid}}}{90^\circ}$$

(1.4.22)

$$\Gamma_{//\perp} = \Gamma_{//} + (\Gamma_{\perp} - \Gamma_{//}) \frac{\varphi_{\text{vid}}}{90^\circ}$$

φ_{vid} – vidējais leņķis starp griešanas virzienu un koksnes šķiedru virzienu, grādi.

Koeficientu B un p vērtības griešanas starpgadījumiem aprēķina analogiski 1.4.21. un 1.4.22. formulā parādītajiem piemēriem.

1.4.3. Griežņa asuma pakāpes novērtēšana

Griežņa nodilums izraisa kopējās griešanas pretestības pieaugumu. Pamatojoties uz M. Deševoja un A. Beršadska datiem, griešanas pretestības pieaugums notiek tikai uz berzes spēka pa griežņa mugurvirsmu P_b^m rēķina, bet griešanas pretestība pa priekšējo virsmu P_f no griežņa asuma pakāpes ρ nav atkarīga. Šis griešanas spēka pieaugums jau ir ņemts vērā vienādojumos 1.4.17 un 1.4.18 ar koeficientu a_ρ .

Koeficienta a_ρ , ar kuru novērtē griežņa asuma pakāpi, vērtību var noteikt, izmantojot šādu formulu:

(1.4.23)

$$a_\rho = 1 + \frac{0,2 \cdot \Delta_\rho}{\rho_0}$$

Δ_ρ – griežņa griezējšķautnes noapaļojuma rādiusa pieaugums, μm ;
 ρ_0 – sākotnējais griežņa griezējšķautnes noapaļojuma rādiuss, μm .

Griežņa griezējšķautnes noapaļojuma rādiusa pieauguma Δ_ρ , μm , aprēķināšanai izmantojama šāda izteiksme:

(1.4.24)

$$\Delta_\rho = \zeta \cdot L$$

ζ – griežņa griezējšķautnes noapaļojuma rādiusa pieaugums attiecībā pret griešanas trajektorijas garuma vienu metru (atkarībā no griešanas veida, koksnes cietības un griežņa materiāla $\zeta = 0,0008 \dots 0,005$), μm ;
 L – kopējais griešanas trajektorijas garums, m.

Aptuveni aprēķiniem koeficienta a_ρ vērtību var izvēlēties atkarībā no griežņa darba ilguma pēc asināšanas T (1.2. tabula).

1.2. tabula

Koeficienta a_ρ , ar kuru novērtē griežņa asuma pakāpi, vērtības atkarībā no griežņa darba ilguma pēc asināšanas

Griežņa darba ilgums T , h	0	1	2	3	4	5
Koeficienta a_ρ vērtības	1,0	1,15	1,25	1,35	1,45	1,55

1.4.4. Griešanas spēks slēgtajiem griešanas veidiem

Slēgtajā griešanā, piemēram, zāģēšanā, gar apstrādājamo virsmu beržas arī griežņa sānu asmeni, kā rezultātā rodas fiktīvā berzes spēka pa griežņa mugurvirsmu pieaugums:

(1.4.25)

$$p_z = p + \Delta_p$$

p_z – fiktīvais berzes spēks pa griežņa mugurvirsmu slēgtajā griešanā, N mm⁻¹;
 p – fiktīvais berzes spēks pa griežņa mugurvirsmu, kas ir atkarīgs no griešanas virziena, apstrādājot priedes koksni, N mm⁻¹;
 Δ_p – fiktīvā berzes spēka pa griežņa mugurvirsmu slēgtajā griešanā pieaugums ($\Delta_p \approx 2,4$) N mm⁻¹.

Kopējā griešanas spēka pieaugumu izraisa arī nogrieztās skaidas berze gar apstrādājamo virsmu (zāģēšanas gadījumā gar iezāģējuma malām), ko novērtē ar spēku P_{berzes} . Šis spēks pēc savas vērtības nav konstants, jo tā lielums pieaug no 0 griežņa darba gājiena sākumā (zobstarpā nav skaidas) līdz maksimālajai vērtībai darba gājiena beigās (zobstarpā ir maksimāli aizpildīta ar skaidām) – izmaiņas notiek proporcionāli nogrieztās skaidas sānu laukumam ($h_{sk} \cdot H$):

(1.4.26)

$$P_{berzes}^{max} = \alpha_b \cdot h_{sk} \cdot H$$

P_{berzes}^{max} – nogrieztās skaidas maksimālais berzes spēks, N;
 α_b – berzes intensitātes koeficients gar iezāģējuma malām (izmantojot zāģus ar placinātiem zobiem vai pielodētām cietsakausējuma plāksnītēm, gateros un lentzāģmašīnās $\alpha_b = 0,2$, bet ripzāģmašīnās $\alpha_b = 0,6$, savukārt, izmantojot zāģus ar izlocītiem zobiem, šī koeficienta vērtības ir attiecīgi 0,25 un 0,75), N mm⁻²;
 h_{sk} – skaidas biezums, mm; H – iezāģējuma augstums, mm.

Līdz ar to griešanas un radiālo spēku slēgtajiem griešanas veidiem aprēķina, izmantojot šādus vienādojumus:

(1.4.27)

$$P_{gr} = K_{pr} \cdot h_{sk} \cdot b \cdot a_s + a_\rho \cdot p_z \cdot b \cdot a_s + \alpha_b \cdot h_{sk} \cdot H$$

(1.4.28)

$$P_o = \frac{\alpha_\rho^3 \cdot p_z \cdot b \cdot a_s}{2} - (K_{pr} \cdot h_{sk} \cdot b \cdot a_s + \alpha_b \cdot h_{sk} \cdot H) \cdot \text{tg}(90^\circ - \delta - \varphi_b)$$

P_{gr} – griešanas spēks, N;
 K_{pr} – spiedienu uz griežņa priekšējo virsmu skaidas veidošanās zonā, N mm⁻²;
 h_{sk} – skaidas biezums, mm;
 b – griešanas platums, mm;

a_s – koeficients, ar kuru novērtē koksnes sugu;
 a_ρ – koeficients, ar kuru novērtē griežņa asuma pakāpi;
 p_z – fiktīvais berzes spēks pa griežņa mugurvirsmu slēgtajā griešanā, N mm⁻¹;

α_b – berzes intensitātes koeficients gar iezāģējuma malām, N mm⁻²;
 H – iezāģējuma augstums, mm;
 P_o – radiālais spēks, N;
 δ – griešanas leņķis, grādi;
 φ_b – berzes leņķis, grādi.

1.4.5. Īpatnējais griešanas spēks un īpatnējais griešanas darbs

Koksnes griešanas teorijā koksnes pretestību griešanai atkarībā no dažādiem faktoriem raksturo ar īpatnējā griešanas spēka lielumu. Īpatnējais griešanas spēks K , N mm⁻², ir spēks, kas nepieciešams, lai nogrieztu skaidu, kuras šķērslaukums ir 1 mm²:

(1.4.29)

$$K = \frac{P_{gr}}{h_{sk} \cdot b}$$

P_{gr} – griešanas spēks, N;
 h_{sk} – skaidas biezums, mm;
 b – griešanas platums, mm.

Koksnes un griežņa savstarpējā iedarbība

Ievērojot 1.4.17. un 1.4.27. vienādojumu, īpatnējā griešanas spēka K , N mm^{-2} , noteikšanai izmantojamas šādas formulas:

1) atklātā griešanā:

(1.4.30)

$$K = K_{pr} \cdot a_s + \frac{a_p \cdot p \cdot a_s}{h_{sk}}$$

K_{pr} – spiediens uz griežņa priekšējo virsmu skaidas veidošanās zonā, N mm^{-2} ;
 a_s – koeficients, ar kuru novērtē koksnes sugu;
 a_p – koeficients, ar kuru novērtē griežņa asuma pakāpi;
 p – fiktīvais berzes spēks pa griežņa mugurvirsmu, kas ir atkarīgs no griešanas virziena, apstrādājot priedes koksni, N mm^{-1} ;

2) slēgtā griešanā:

(1.4.31)

$$K = K_{pr} \cdot a_s + \frac{a_p \cdot p_z \cdot a_s}{h_{sk}} + \alpha_b \cdot \frac{H}{b}$$

h_{sk} – skaidas biezums, mm;
 p_z – fiktīvais berzes spēks pa griežņa mugurvirsmu slēgtajā griešanā, N mm^{-1} ;
 α_b – berzes intensitātes koeficients gar iezāģējuma malām, N mm^{-2} ;
 H – iezāģējuma augstums, mm;
 b – griešanas platums, mm.

Koksnes griešanas procesā, veicot darbu, ar griezējinstrumentu sasmalcina daļu masīvās koksnes. Īpatnējais griešanas darbs (J cm^{-3}) ir darbs, kas nepieciešams 1 cm^3 koksnes sasmalcināšanai.

Var pārliecināties, ka pie izvēlētajām mērvienībām īpatnējā griešanas spēka un īpatnējā griešanas darba absolūtās vērtības ir vienādas:

$$1 \frac{\text{J}}{\text{cm}^3} = 1 \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{cm}^3} = 1 \frac{\text{N} \cdot 1000 \text{ mm}}{(10 \text{ mm})^3} = 1 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Griešanas teorijā abus šos lielumus apzīmē ar K , kaut gan tie ir fizikāli atšķirīgi griešanas procesa rādītāji ar atšķirīgām mērvienībām. Īpatnējo griešanas spēku izmanto griešanas spēka noteikšanai, bet īpatnējo griešanas darbu – griešanas jaudas noteikšanai.

Pamatojoties uz īpatnējā griešanas spēka un īpatnējā griešanas darba definīcijām, var sastādīt formulas griešanas spēka un jaudas noteikšanai:

1) faktiskais griešanas spēks vienas skaidas nogriešanai P_{gr}^f , N:

(1.4.32)

$$P_{gr}^f = K \cdot h_{sk} \cdot b$$

K – īpatnējais griešanas spēks, N mm^{-2} ;
 h_{sk} – skaidas biezums, mm;
 b – griešanas platums, mm.

2) vidējais griešanas spēks, kas darbojas uz griezējinstrumentu, P_{gr}^{vid} , N:

(1.4.33)

$$P_{gr}^{vid} = K \cdot h_{sk} \cdot b \cdot \frac{l_k}{t}$$

K – īpatnējais griešanas spēks, N mm^{-2} ;
 h_{sk} – skaidas biezums, mm; b – griešanas platums, mm;
 l_k – kontakta līnijas garums starp griezējinstrumentu un apstrādājamo materiālu, mm; t – zobu soļa garums, mm.

Attiecība $\frac{l_k}{t}$ (sk. 1.4.33. izteiksmi) dod griežņu (zobu) skaitu, kas vienlaicīgi piedalās griešanas procesā, jeb skaidu skaitu, kas vienlaicīgi tiek nogrieztas.

3) griešanas jauda N , kW:

(1.4.34)

$$N = \frac{K \cdot q_0}{1000}$$

K – īpatnējais griešanas darbs, J cm^{-3} ;
 q_0 – koksnes tilpums, kas tiek sasmalcināts vienas sekundes laikā, $\text{cm}^3 \text{ s}^{-1}$.

4) jaudu N , kW, var aprēķināt, izmantojot šādu vienādojumu:

(1.4.35)

$$N = \frac{K \cdot v}{1000}$$

P – spēks, N;
 v – griešanas ātrums, m s⁻¹.

Koksnes griešanas gadījumā šo vienādojumu nepieciešams pārrakstīt šādā formā, izmantojot griešanas spēka projekciju, kas darbojas griešanas virzienā (P_{gr}):

(1.4.36)

$$N = \frac{P_{gr} \cdot v}{1000} = \frac{K \cdot q_o}{1000}$$

kā rezultātā:

(1.4.37)

$$P_{gr} = \frac{K \cdot q_o}{v}$$

P_{gr} – griešanas spēks, N;
 v – griešanas ātrums, m s⁻¹;
 K – īpatnējais griešanas darbs (spēks), J cm⁻³ (N mm⁻²);
 q_o – koksnes tilpums, kas tiek sasmalcināts vienas sekundes laikā, cm³ s⁻¹.

1.4.6. Griešanas procesa dinamika mikroskaidas nogriešanas gadījumā

Griešanas spēka izmaiņu funkcija atkarībā no skaidas biezuma h_{sk} (1.4.5. attēls), kas ir sastādīta vairāku autoru iegūto eksperimentu datu apkopošanas rezultātā, norāda, ka griešanas spēka pieauguma intensitāte ir lielāka, ja skaidas biezums ir neliels, salīdzinot ar griešanas procesu, kurā veidojas skaida ar lielāku biezumu. Ja skaidas biezums ir lielāks par 0,1 mm, griešanas spēka izmaiņas raksturo funkcijas posms $A-B$ un griešanas spēks pieaug proporcionāli skaidas biezumam. Šo lineāro funkciju matemātiski var aprakstīt ar iepriekš iegūto 1.4.17. sakarību.

Ja skaidas biezums ir mazāks par 0,1 mm, griešanas spēks arī palielinās proporcionāli skaidas biezuma pieaugumam, bet pieauguma intensitāte ir atšķirīga. Koksnes griešanas teorijā skaidu, kuras biezums ir mazāks par 0,1 mm, pieņemts saukt par mikroskaidu. Aplūkojot funkcijas posmu $A'-A$, kas raksturo griešanas spēka izmaiņas mikroskaidas nogriešanas gadījumā, var sastādīt sakarību griešanas spēka noteikšanai, jo arī šeit ir jāapraksta lineāra funkcija:

(1.4.38)

$$P_{gr\mu} = K_{pr\mu} \cdot h_{sk} \cdot b \cdot a_s + P_{b\mu}^m$$

$P_{gr\mu}$ – griešanas spēks mikroskaidas nogriešanas gadījumā, N; b – griešanas platums, mm;
 $K_{pr\mu}$ – spiediens uz griežņa priekšējo virsmu mikroskaidas nogriešanas gadījumā, N mm⁻²; a_s – koeficients, ar kuru novērtē koksnes sugu;
 h_{sk} – skaidas biezums, mm; $P_{b\mu}^m$ – berzes spēks pa griežņa mugurvirsmu mikroskaidas nogriešanas gadījumā, N.

Berzes spēks pa griežņa mugurvirsmu mikroskaidas nogriešanas gadījumā $P_{b\mu}^m$, N, aprēķināms, izmantojot šādu formulu:

(1.4.39)

$$P_{b\mu}^m = (a_p - 0,8) \cdot p \cdot b \cdot a_s$$

a_p – koeficients, ar kuru novērtē griežņa asuma pakāpi; b – griešanas platums, mm;
 p – fiktīvais berzes spēks pa griežņa mugurvirsmu, kas ir atkarīgs no griešanas virziena, apstrādājot priedes koksni, N mm⁻²; a_s – koeficients, ar kuru novērtē koksnes sugu.

Tādējādi 1.4.38. formulu, kas paredzēta griešanas spēka aprēķināšanai mikroskaidas nogriešanas gadījumā $P_{gr\mu}$, N, var pārrakstīt šādi:

(1.4.40)

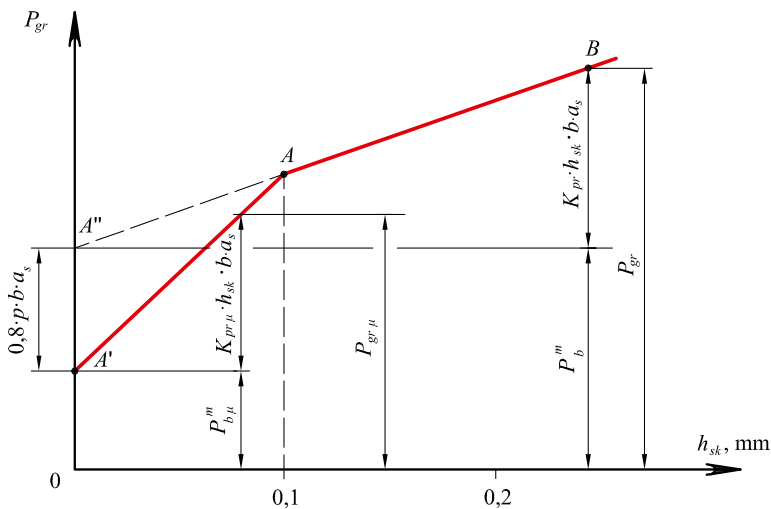
$$P_{gr\mu} = K_{pr\mu} \cdot h_{sk} \cdot b \cdot a_s + (a_p - 0,8) \cdot p \cdot b \cdot a_s$$

$K_{pr\mu}$ – spiediens uz griežņa priekšējo virsmu mikroskaidas nogriešanas gadījumā, N mm⁻²;
 h_{sk} – skaidas biezums, mm;
 b – griešanas platums, mm;
 a_s – koeficients, ar kuru novērtē koksnes sugu;

a_p – koeficients, ar kuru novērtē griežņa asuma pakāpi;
 p – fiktīvais berzes spēks pa griežņa mugurvirsmu, kas ir atkarīgs no griešanas virziena, apstrādājot priedes koksni, N mm⁻¹.

1.4.5. attēls

Griešanas spēka izmaiņas atkarībā no skaidas biezuma



$P_{gr\mu}$ un P_{gr} – griešanas spēks mikroskaidas nogriešanas gadījumā un nogriežot skaidu, kuras biezums ir lielāks par 0,1 mm;
 h_{sk} – skaidas biezums;
 $A'-A$ un $A-B$ – griešanas spēka izmaiņas mikroskaidas nogriešanas gadījumā un nogriežot skaidu, kuras biezums ir lielāks par 0,1 mm;
 p – fiktīvais berzes spēks pa griežņa mugurvirsmu, kas ir atkarīgs no griešanas virziena, apstrādājot priedes koksni;

b – griešanas platums;
 a_s – koeficients, ar kuru novērtē koksnes sugu;
 $P_{b\mu}^m$ un P_b^m – berzes spēks pa griežņa mugurvirsmu mikroskaidas nogriešanas gadījumā un nogriežot skaidu, kuras biezums ir lielāks par 0,1 mm;
 $K_{pr\mu}$ un K_{pr} – spiediens uz griežņa priekšējo virsmu mikroskaidas nogriešanas gadījumā un nogriežot skaidu, kuras biezums ir lielāks par 0,1 mm.

Punkts A (sk. 1.4.5. attēlu) pieder gan taisnei $A'-A$, gan arī taisnei $A-B$. Ievērojot, ka šajā punktā skaidas biezums $h_{sk} = 0,1$, spiedienu uz griežņa priekšējo virsmu mikroskaidas nogriešanas gadījumā, pamatojoties uz 1.4.17. un 1.4.40. formulu, var aprēķināt šādi:

(1.4.41)

$$P_{gr}(h_{sk} = 0,1) = P_{gr\mu}(h_{sk} = 0,1)$$

(1.4.42)

$$K_{pr} \cdot 0,1 \cdot b \cdot a_s + a_p \cdot p \cdot b \cdot a_s = K_{pr\mu} \cdot 0,1 \cdot b \cdot a_s + (a_p - 0,8) \cdot p \cdot b \cdot a_s$$

(1.4.43)

$$K_{pr} \cdot 0,1 = K_{pr\mu} \cdot 0,1 - 0,8 \cdot p$$

(1.4.44)

$$K_{pr\mu} = K_{pr} + 8 \cdot p$$

$P_{gr\mu}$ un P_{gr} – griešanas spēks mikroskaidas nogriešanas gadījumā un nogriežot skaidu, kuras biezums ir lielāks par 0,1 mm, N;
 $K_{pr\mu}$ un K_{pr} – spiediens uz griežņa priekšējo virsmu mikroskaidas nogriešanas gadījumā un nogriežot skaidu, kuras biezums ir lielāks par 0,1 mm, N mm⁻²;
 h_{sk} – skaidas biezums, mm;

b – griešanas platums, mm;
 a_s – koeficients, ar kuru novērtē koksnē sugu;
 a_p – koeficients, ar kuru novērtē griežņa asuma pakāpi;
 p – fiktīvais berzes spēks pa griežņa mugurvirsmu, kas ir atkarīgs no griešanas virziena, apstrādājot priedes koksni, N mm⁻¹.

Ievietojot 1.4.44. formulu 1.4.40. izteiksmē, iegūst vienādojumu griešanas spēka mikroskaidas nogriešanas gadījumā aprēķināšanai:

1) atklātā griešanā:

(1.4.45)

$$P_{pr\mu} = [(K_{pr} + 8 \cdot p) \cdot h_{sk} \cdot b + (a_p - 0,8) \cdot p \cdot b] \cdot a_s$$

2) slēgtā griešanā (sk. 1.4.4. apakšnodaļu):

(1.4.46)

$$P_{pr\mu} = [(K_{pr} + 8 \cdot p_z) \cdot h_{sk} \cdot b + (a_p - 0,8) \cdot p_z \cdot b] \cdot a_s + \alpha_b \cdot h_{sk} \cdot H$$

$P_{gr\mu}$ – griešanas spēks mikroskaidas nogriešanas gadījumā, N;
 K_{pr} – spiediens uz griežņa priekšējo virsmu, N mm⁻²;
 p – fiktīvais berzes spēks pa griežņa mugurvirsmu, kas ir atkarīgs no griešanas virziena, apstrādājot priedes koksni, N mm⁻¹;
 h_{sk} – skaidas biezums, mm;
 b – griešanas platums, mm;

a_p – koeficients, ar kuru novērtē griežņa asuma pakāpi;
 a_s – koeficients, ar kuru novērtē koksnē sugu;
 p_z – fiktīvais berzes spēks pa griežņa mugurvirsmu slēgtajā griešanā, N mm⁻¹;
 H – iezāģējuma augstums, mm.

Īpatnējo griešanas spēku mikroskaidas nogriešanas gadījumā K_{μ} , N mm⁻², aprēķina, izmantojot šādas sakarības:

1) atklātā griešanā:

(1.4.47)

$$K_{\mu} = \left[K_{pr} + 8 \cdot p + \frac{(a_p - 0,8) \cdot p}{h_{sk}} \right] \cdot a_s$$

2) slēgtā griešanā:

(1.4.48)

$$K_{\mu} = \left[K_{pr} + 8 \cdot p_z + \frac{(a_p - 0,8) \cdot p_z}{h_{sk}} \right] \cdot a_s + \alpha_b \cdot \frac{H}{b}$$

K_{pr} – spiediens uz griežņa priekšējo virsmu, N mm⁻²;
 p – fiktīvais berzes spēks pa griežņa mugurvirsmu, kas ir atkarīgs no griešanas virziena, apstrādājot priedes koksni, N mm⁻¹;
 h_{sk} – skaidas biezums, mm;
 a_s – koeficients, ar kuru novērtē koksnē sugu;
 p_z – fiktīvais berzes spēks pa griežņa mugurvirsmu slēgtajā griešanā, N mm⁻¹;

a_p – koeficients, ar kuru novērtē griežņa asuma pakāpi;
 α_b – berzes intensitātes koeficients gar iezāģējuma malām, N mm⁻²;
 H – iezāģējuma augstums, mm;
 b – griešanas platums, mm.

Griešanas spēku P_{gr} , N, radiālo spēku P_o , N, un griešanas jaudu N , kW, mikroskaidas nogriešanas gadījumā aprēķina, izmantojot 1.4.17., 1.4.18., 1.4.27., 1.4.28. un 1.4.32 ... 1.4.37. vienādojumu. Nosakot griešanas spēku P_{gr} un radiālo spēku P_o 1.4.17., 1.4.18., 1.4.27. un 1.4.28. vienādojumā a_p ir jāaizvieto ar $(a_p - 0,8)$, bet spiedienu uz griežņa priekšējo virsmu aprēķina, izmantojot 1.4.44. formulu.

1.4.7. Dažādu faktoru ietekme uz griešanas spēka vērtību

Koksnes suga ir galvenā apstrādājamo materiālu raksturojošā pazīme, jo tā nosaka visu īpašību kopumu, kas piemīt apstrādājama koksnei. Attiecībā uz griešanas procesiem nozīmīgākās noteiktas sugas koksnes īpašības ir tās blīvums un stiprības rādītāji, un griešanas pretestība ir cieši saistīta ar šiem faktoriem.

Palielinoties koksnes blīvumam, palielinās arī tās pretestība griešanai, jo griešanas procesā daļa koksnes tiek deformēta, bet, lai deformētu blīvāku koksni, nepieciešams lielāks griešanas spēks. Turklāt griešanas pretestības pieaugumam atkarībā no koksnes blīvuma izmaiņām ir aptuveni lineārs raksturs. Tomēr ir sastopami arī izņēmuma gadījumi, kuros, palielinoties koksnes blīvumam, griešanas pretestība samazinās, kas izskaidrojams ar atsevišķu sugu koksnes struktūras īpatnībām. Visciešākā korelācija ir konstatēta starp griešanas pretestības rādītājiem un koksnes fizikāli mehāniskajām īpašībām (it sevišķi stiprību spiedē šķiedru virzienā), bet arī šeit ir sastopami izņēmumi.

Praktiskajos aprēķinos, nosakot griešanas spēka vērtību, koksnes sugas ietekme tiek ņemta vērā, izmantojot korekcijas koeficientu metodi. Sākotnēji aprēķina griešanas spēka vērtību, kāda dotajos griešanas apstākļos ir tad, ja apstrādā priedes koksni, bet pēc tam šo vērtību izmaina atbilstoši konkrētās koksnes sugas radītajai griešanas pretestībai, lietojot koeficientus, ar kuriem novērtē koksnes sugu (sk. 1.4.15. vienādojumu).

Griešanas virziena attiecībā pret koksnes šķiedru virzienu, kuru raksturo ar leņķi φ , ietekme uz griešanas spēku ir saistīta ar skaidas veidošanās raksturu. Griešanas spēks šajā gadījumā tiek raksturots ar koeficientiem A, I, B, p , kuru vērtības ir eksperimentāli noteiktas trīs galvenajiem griešanas veidiem, apstrādājot priedes koksni (sk. 1.1. tabulu). Vismazākā griešanas pretestība ir tad, ja griešana notiek sāniski (#), bet vislielākā – ja griešana notiek šķērsām (L) attiecībā pret koksnes šķiedru virzienu. Griešanas pretestības attiecība starp trīs galvenajiem griešanas veidiem ir 1:2:4,5. Tas izskaidrojams ar to, ka, griežot sāniski un gareniski attiecībā pret koksnes šķiedrām, griežņa griežējšķautnes priekšā izveidojas plaisa, kas veicina koksnes šķiedru atraušānu, samazinot griešanas pretestību. Turpretī, griežot šķērsām šķiedrām, griežņa priekšā plaisa neveidojas, un visas koksnes šķiedras griežnim ir jāpārgriež pašam.

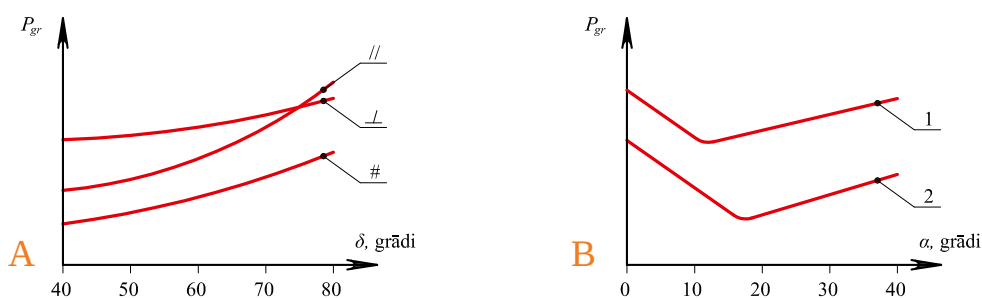
Palielinoties nogrieztās **skaidas biezumam** h_{sk} , palielinās spiediens uz griežņa priekšējo virsmu K_{pr} un griežņa sānu griežējšķautņu berze gar iezāgējuma malām P_{berzes} , bet berzes spēks pa griežņa mugurvirsmu P_b^m paliek nemainīgs. Līdz ar to griešanas spēka pieauguma intensitāte ir mazāka par skaidas biezuma pieaugumu, jo, ja skaidas biezums palielinās, piemēram, divas reizes, griešanas spēks palielinās mazāk nekā divas reizes. Tādēļ griešanas procesus ieteicams realizēt tā, lai tiktu nogriezta skaida, kurai ir pēc iespējas lielāks biezums, kādu pieļauj griežņa stiprība un prasības attiecībā pret apstrādātās virsmas raupjumu, jo, palielinoties skaidas biezumam, īpatnējā griešanas spēka (darba) vērtība samazinās.

Ja **griešanas leņķis** δ palielinās, griešanas spēks arī palielinās visos trīs galvenajos griešanas veidos, kā arī to starpgadījumos, kas izskaidrojams ar lielāku atdalāmās skaidas deformācijas pakāpi un to, ka, griežot sāniski un šķērsām šķiedrām, samazinās plaisas veidošanās iespējamība griežņa griežējšķautnes priekšā. Griešanas leņķis griešanas spēku visizteiktāk ietekmē tad, ja griešana notiek gareniski koksnes šķiedrām. Turklāt, ja griešanas leņķa vērtība ir 75 ... 80°, griešanas pretestība, griežot šķiedru virzienā, ir lielāka par griešanas pretestību, griežot šķērsām šķiedrām (1.4.6. attēls A).

Palielinot **griežņa mugurleņķi** α , samazinās kontakta laukums starp griežņa mugurvirsmu un apstrādāto virsmu, kā rezultātā samazinās berzes spēks un līdz ar to arī griešanas spēks. Tomēr, ja griežnim ir sevišķi liels mugurleņķis, samazinās griežņa stabilitāte, jo tas sāk vibrēt, un griešanas spēks palielinās. Optimālā mugurleņķa vērtība, apstrādājot mīkstu koksni, ir 16 ... 18°, bet, apstrādājot cietu koksni, – 10 ... 12° (sk. 1.4.6. attēls B). Optimālās mugurleņķa vērtības atšķirības ir izskaidrojamas ar to, ka cietas koksnes griešanas gadījumā rodas lielāka griešanas pretestība un mazāks elastīgās deformācijas joslas biezums apstrādātās virsmas veidošanās zonā. Ja griešana notiek šķērsām šķiedrām un ir lielāks koksnes mitrums, griežņa mugurleņķim jābūt lielākam, salīdzinot ar griešanu šķiedru virzienā un sausākas koksnes griešanu. Ievērojot, ka griešanas spēka palielināšanās izraisa neliela mugurleņķa vērtība un liela griešanas leņķa vērtība, griešanas spēka samazināšanas

1.4.6. attēls

Griežņa leņķisko parametru ietekme uz griešanas spēka vērtību



A – griešanas leņķa ietekme uz griešanas spēka vērtību; B – griežņa mugurleņķa ietekme uz griešanas spēka vērtību;
 P_{gr} – griešanas spēks; δ – griešanas leņķis; α – griežņa mugurleņķis;
 // – griežot gareniski šķiedrām; \perp – griežot šķērsām šķiedrām; # – griežot sāniski šķiedrām;
 1 – apstrādājot cietu koksni; 2 – apstrādājot mīkstu koksni.

nolūkā ir nepieciešams palielināt griežņa mugurleņķi, bet griešanas leņķi – samazināt. Tas izraisa nepieciešamību samazināt griežņa asinājuma leņķi β , kas nav pieļaujams, jo tādējādi samazināsies griežņa stabilitāte. Lai novērstu šādas pretrunas, var izmantot griežņus ar 0° mugurleņķi vai negatīvu mugurleņķi, ievērojot rekomendējamās griežņa mugurvirsmas fāzītes platuma b' vērtības (sk. 1.2.1. apakšodaļu). Šādi griežņa specifiskie konstruktīvie varianti ne tikai neizraisa griešanas spēka palielināšanos, bet arī uzlabo griežņa stabilitāti un nodilumizturību.

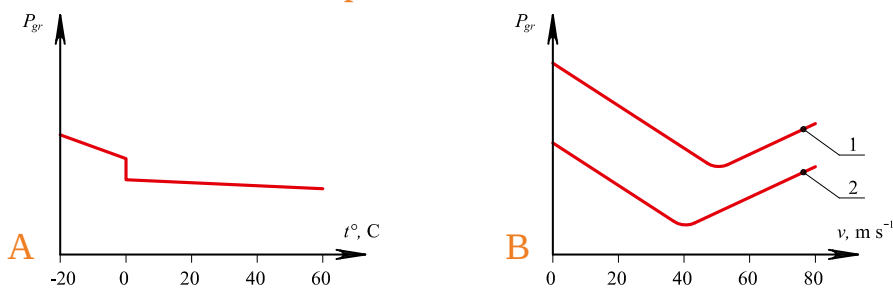
Koksnes mitruma ietekme uz griešanas spēka vērtību ir ļoti neviennozīmīga. Palielinoties koksnes mitrumam, pieaug koksnes elastība, bet koksnes stiprība samazinās. Eksperimentu rezultāti norāda, ka koksnes mitruma palielināšanās līdz 30% izraisa griešanas spēka samazināšanos, bet turpmākas koksnes mitruma palielināšanās rezultātā griešanas spēka vērtība paliek gandrīz nemainīga. Tas izskaidrojams ar to, ka samazinās koksnes stiprība un līdz ar to arī griešanas pretestība, kas samazina griešanas spēka vērtību, bet vienlaikus ir nepieciešams patērēt lielāku darbu nesaistītā ūdens izspiešanai no koksnes šūnām, kas savukārt griešanas spēku palielina.

Zāģēšanas gadījumā papildus jāņem vērā arī berze, kas, zāģa zobiem virzoties caur iezāģējumu, rodas starp zobu sānu griezējšķautnēm un iezāģējuma malām. Ja koksnes mitrums palielinās, rodas lielākas koksnes elastīgās deformācijas un griešanas procesā un iezāģējuma sānu virsmām veidojas vairāk koksnes plūksnu, kas rada papildu griešanas pretestību un līdz ar to palielina griešanas spēku. Lai samazinātu koksnes plūksnu radīto griešanas pretestību, mitras koksnes griešanai paredzētajiem zāģiem nepieciešams palielināt zobu paplatinājuma vai izlocījuma lielumu.

Koksnes temperatūras ietekme uz griešanas spēka vērtību arī ir neviennozīmīga. Ja koksnes temperatūra ir zemāka par 0°C , daļa koksnes šūnās esošā mitruma transformējas ledū, kas samazina berzes koeficientu starp griezni un koksni, bet vienlaikus ir nepieciešams arī pārvarēt papildu griešanas pretestību, ko rada ledus, kā rezultātā, pazeminoties koksnes temperatūrai, griešanas spēks palielinās (1.4.7. attēls A).

1.4.7. attēls

Koksnes temperatūras un griešanas ātruma ietekme uz griešanas spēka vērtību:



A – koksnes temperatūras ietekme uz griešanas spēka vērtību;
 B – griešanas ātruma ietekme uz griešanas spēka vērtību; P_{gr} – griešanas spēks; t° – koksnes temperatūra;
 v – griešanas ātrums; 1 – zāģēšanas gadījumā; 2 – frēzēšanas gadījumā.

Ja koksnes temperatūra ir augstāka par 0° C, paaugstinoties koksnes temperatūrai, griešanas spēks samazinās, bet, salīdzinot ar negatīvo temperatūru diapazonu, tas notiek ar ievērojami mazāku intensitāti.

Palielinoties **iezāģējuma augstumam**, pieaug gan griežņu, gan arī skaidu, kas atrodas zāģa zobstarpās, berze gar iezāģējuma malām, kas izraisa griešanas spēka palielināšanos.

Griešanas ātruma ietekme uz griešanas spēka vērtību nav viennozīmīga – griešanas ātrumam palielinoties no 0 līdz 40 ... 50 m s⁻¹, griešanas pretestība samazinās, bet pēc tam atkal palielinās (sk. 1.4.7. attēlu B). Tas izskaidrojams ar to, ka pie griešanas ātruma, kas ir mazāks par 40 ... 50 m s⁻¹, koksnes šķiedras netiek pārgrieztas, bet gan izrautas. Savukārt, ja griešanas ātrums ir lielāks par šo optimālo vērtību, palielinās griezējinstrumenta vibrācijas, kas palielina griešanas spēku. Nosakot griešanas spēka vērtību, atšķirīgā griešanas spēka izmaiņu tendence atkarībā no griešanas ātruma tiek ņemta vērā, aprēķinot spiedienu uz griežņa priekšējo virsmu (sk. 1.4.19. un 1.4.20. izteiksmi).

Griežņa asums, ko raksturo ar griezējšķautnes noapaļojuma rādiusu ρ , griešanas spēku ietekmē atkarībā no deformētā koksnes slāņa biezuma. Ja griežņa griezējšķautnes noapaļojuma rādiuss ir lielāks, koksnes deformētā slāņa biezums zem dalījuma līnijas A-A₁ (sk. 1.4.1. attēlu) palielinās, jo tas ir vienāds ar ρ . Lai deformētu lielāku koksnes slāņa biezumu, nepieciešams lielāks griešanas darbs, kas izraisa griešanas spēka palielināšanos.

1.5. Virsmas raupjums

1.5.1. Koksnes virsmas raupjuma parametri un to noteikšana

Apstrādātās koksnes virsmas raupjumu raksturo ar vairākiem parametriem – Rm_{\max} , Rm , R_z un R_a . Parametru Rm_{\max} izmanto zāģētu virsmu raupjuma raksturošanai:

- 1) ar gateri zāģētām detaļu virsmām $Rm_{\max} = 500 \dots 1600 \mu\text{m}$;
- 2) ar lentzāģmašīnu zāģētām detaļu virsmām $Rm_{\max} = 320 \dots 1200 \mu\text{m}$;
- 3) ar ripzāģmašīnu zāģētām detaļu virsmām $Rm_{\max} = 60 \dots 1200 \mu\text{m}$.

Virsmas raupjuma parametrs Rm_{\max} , μm , raksturo virsmas maksimālo nelīdzenumu augstumu vidējo aritmētisko vērtību, kuru aprēķina, izmantojot šādu sakarību:

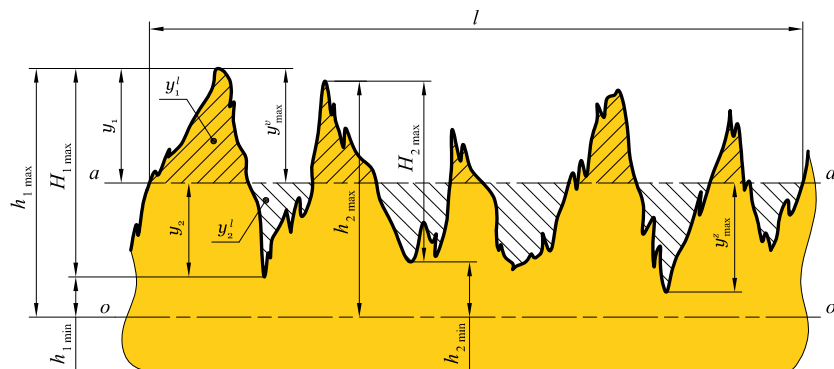
(1.5.1)

$$Rm_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n H_{i \max}$$

$H_{i \max}$ – attālums starp maksimālo virsmas nelīdzenumu augstāko un zemāko punktu (1.5.1. attēls), μm ;
 n – mērījumu skaits ($n \geq 5$)

1.5.1. attēls

Virsmas raupjums



$H_{i \max}$ – maksimālais virsmas nelīdzenumu augstums; $h_{i \max}$ un $h_{i \min}$ – maksimālais un minimālais virsmas nelīdzenumu attālums no bāzes līnijas o-o; a-a – virsmas profila nelīdzenumu vidējā augstuma taisne; y_{\max}^v un y_{\max}^z – attālums no virsmas profila nelīdzenumu vidējā augstuma taisnes līdz profila nelīdzenumu augstākajam un zemākajam punktam; l – mērīšanas diapazona garums; y_i^v – virsmas nelīdzenumu laukums; y_i – virsmas nelīdzenumu laukuma augstums.

Virsmas raupjuma parametrs R_m , μm , raksturo virsmas profila maksimālo nelīdzenumu augstumu:

(1.5.2)

$$R_m = y_{\max}^v + y_{\max}^z$$

y_{\max}^v – attālums no virsmas profila nelīdzenumu vidējā augstuma taisnes līdz profila nelīdzenumu augstākajam punktam (sk. 1.5.1. attēlu), μm ;
 y_{\max}^z – attālums no virsmas profila nelīdzenumu vidējā augstuma taisnes līdz profila nelīdzenumu zemākajam punktam (sk. 1.5.1. attēlu), μm .

Virsmas raupjuma parametra R_z , μm , vērtības izmanto frēzētu un ēvelētu virsmu raksturošanai, un tās var būt robežās no 16 līdz 200 μm . Šo rādītāju nosaka kā vidējo attālumu starp virsmas profila nelīdzenumu pieciem augstākajiem un pieciem zemākajiem punktiem:

(1.5.3)

$$R_z = \frac{1}{5} \left(\sum_{i=1}^5 h_{i \max} - \sum_{i=1}^5 h_{i \min} \right)$$

$h_{i \max}$ – maksimālais virsmas nelīdzenumu attālums no bāzes līnijas o-o (sk. 1.5.1. attēlu), μm ;
 $h_{i \min}$ – minimālais virsmas nelīdzenumu attālums no bāzes līnijas o-o (sk. 1.5.1. attēlu), μm .

Virsmas raupjuma parametrs R_a , μm , raksturo virsmas profila nelīdzenumu novirzes no līnijas a-a (sk. 1.5.1. attēlu) vidējo aritmētisko vērtību, kuru aprēķina, izmantojot šādu izteiksmi:

(1.5.4)

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |y(x)| dx$$

vai aptuveni, izmantojot šādu formulu:

(1.5.5)

$$R_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|$$

l – mērīšanas diapazona garums, μm ;
 y_i – virsmas nelīdzenumu laukuma augstums (sk. 1.5.1. attēlu), μm .
 n – mērījumu skaits.

Apstrādātās virsmas raupjuma noteikšanai izmanto šādus paņēmienus:

1. **elektroniskās virsmas raupjuma mērīšanas iekārtas**, kas vienlaikus mēra vairākus virsmas raupjumu raksturojošos parametrus;
2. **pulkstentīpa indikatoru**, kam pievienots speciāls uzgalis un kas novietots uz stikla vairoga. Šo paņēmieni izmanto tikai tad, ja virsmas raupjums pārsniedz 200 μm , līdz ar to tas ir izmantojams zāģētu virsmu raupjuma noteikšanai;
3. **apstrādātās virsmas salīdzināšana ar virsmas raupjuma etaloniem**, kuru virsmas raupjuma parametri ir zināmi. Katrai koksnes sugas un apstrādes veida kombinācijai ir jāizgatavo atsevišķs virsmas raupjuma etalons;
4. **frēzētu virsmu raupjumu iespējams aprēķināt**. Frēzēšanas procesā sakarā ar to, ka frēzes griežņi ar apstrādājamo materiālu saskaras periodiski, uz apstrādātās virsmas veidojas viļņaina faktūra – kinemātiskie vilniši (1.5.2. attēls). Attālums starp vilnišu virsotnēm atbilst distancei, kas mērīta starp frēznaža saskares punktu ar apstrādājamo materiālu un punktu, kurā ar koksni saskaras nākamais frēznazis. Virsmas raupjumu ietekmē arī vilniša dziļums, kas raksturo frēznaža iedziļināšanos apstrādājamā materiāla virsmā. Jo lielāks ir kinemātiskā vilniša garums un dziļums, jo tas ir labāk saskatāms un virsma ir raupjāka, savukārt, ja vilniša garums un dziļums ir mazāks, frēzētā virsma ir gludāka. Frēzētu virsmu raupjumu R_z , μm , aprēķina, izmantojot šādu formulu:

(1.5.6)

$$R_z = 1000 \cdot h_v$$

h_v – kinemātiskā vilniša dziļums, mm.

Kinemātiskā vilniņa dziļumu h_v , mm, raksturo šāds vienādojums:

(1.5.7)

$$h_v = \frac{l_v^2}{4 \cdot D}$$

l_v – kinemātiskā vilniņa garums, mm;
 D – frēzes griešanas aploces diametrs, mm.

Kinemātiskā vilniņa garumu l_v , mm, aprēķina, izmantojot šādu izteiksmi:

(1.5.8)

$$l_v = \frac{1000 \cdot u}{n \cdot z}$$

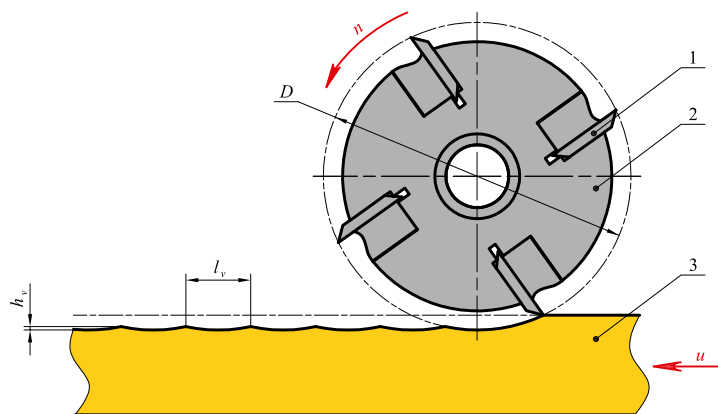
u – padeves ātrums, m min⁻¹;
 n – griezējinstrumenta rotācijas frekvence, min⁻¹;
 z – frēznažu skaits.

Jāatzīmē, ka 1.5.8. izteiksmi kinemātiskā vilniņa garuma aprēķināšanai var izmantot tikai tad, ja visi frēznaži piedalās frēzētās virsmas veidošanā un katram no tiem ir viena un tā pati griešanas aploce. Pretējā gadījumā apstrādāto virsmu veido viens, no griešanas aploces centra uz āru visvairāk izvirzītais grieznis, un kinemātiskā vilniņa garumu aprēķina, 1.5.8. izteiksmē apzīmējumu z novērtējot ar 1, kaut arī frēzē ir iestatīti vairāki frēznaži.

Alternatīva kinemātiskā vilniņa garuma aprēķināšanai ir tieša tā izmērīšana uz apstrādātās virsmas. Šajā gadījumā jāizmēra vairāku, piemēram, desmit, vilniņu garums un to kopgarums jāizdala ar mērīto vilniņu skaitu.

1.5.2. attēls

Kinemātiskie vilniši



1 – frēznazis; 2 – frēze; 3 – apstrādājamais materiāls;
 h_v – kinemātiskā vilniņa dziļums; l_v – kinemātiskā vilniņa garums;
 D – frēzes griešanas aploces diametrs; n – rotācijas virziens; u – padeves virziens.

1.5.2. Dažādu faktoru ietekme uz apstrādātās koksnes virsmas raupjumu

Koksnes suga – apstrādājot koksni, kuras blīvums ir lielāks, virsmas raupjums ir mazāks, jo koksnes struktūra ir stabilāka un mazāk deformējas, saskaroties ar griežņa radīto spiedienu. Ja apstrādā porainu koksni, virsmas raupjums ir lielāks.

Nogrieztās skaidas biezums h_{sk} ir būtiskākais faktors, kas ietekmē apstrādātās koksnes virsmas raupjumu:

- 1) ja nogrieztās skaidas biezums ir lielāks, tās nogriešanai nepieciešams lielāks griešanas spēks, bet tas sagrauj koksnes virsmu, palielinot tās raupjumu;
- 2) griežot sāniski un gareniski attiecībā pret koksnes šķiedru virzienu, griežņa griezējšķautnes priekšā veidojas plaša, kas padziļinās tik ilgi, kamēr rezultējošā spēka komponents, kas darbojas

skaidas veidošanas zonā perpendikulāri griešanas virzienam P_1 , sasniedz kritisko vērtību un atdalās skaidas elements (sk. 1.3.3. apakšnodaļu). Ja skaidas biežums ir lielāks, kritiskā spēka P_1 vērtība ir lielāka, un līdz ar to lielāks ir arī plaisas garums, kā rezultātā apstrādātās koksnes virsma ir raupjāka.

Koksnes mitruma ietekme uz apstrādātās koksnes virsmas raupjumu ir neviennozīmīga. Apstrādājot mitrāku koksnī, koksnes pretestība ir mazāka, kā rezultātā ir nepieciešams mazāks griešanas spēks un virsmas raupjums nedaudz samazinās. Tomēr, ja koksnes mitrums palielinās, rodas lielākas elastīgās deformācijas un griešanas procesā veidojas vairāk koksnes plūksnu, kas palielina apstrādātās virsmas raupjumu.

Griežņa asums – ja griežņa griezējšķautnes noapaļojuma rādiuss palielinās, griešanas procesa laikā nepieciešams attīstīt lielāku griešanas spēku, lai grieznis pārvarētu koksnes pretestību un deformētu zem dalījuma līnijas $A-A_1$ (sk. 1.4.1. attēlu) esošo koksnes slāni, bet līdz ar to apstrādātā virsma tiek aizvien vairāk sagrauta. Turklāt visām koksnes šķiedrām elastīgās un plastiskās īpašības nav vienādas, tādēļ apstrādātās virsmas veidošanās zonā katra koksnes šķiedra pēc griežņa slodzes iedarbības atbeigšanas atgriežas atšķirīgā attālumā no dalījuma līnijas, palielinot virsmas raupjumu. Vismazāko apstrādātās koksnes virsmas raupjumu var iegūt tikai tad, ja griešanai izmanto asus griežņus, sākoties to monotonajai nodiluma fāzei.

Optimālā **griešanas ātruma** diapazonā ($40 \dots 50 \text{ m s}^{-1}$) šis faktors apstrādātās koksnes virsmas raupjumu būtiski neietekmē. Ja griešanas ātrums samazinās, virsmas raupjums palielinās, jo palielinās griešanas spēks (1.4.7. attēls B), kas sagrauj koksnes virsmu. Atsevišķos gadījumos, palielinot griešanas ātrumu, piemēram, koksnes zāģēšanā ar griešanas ātrumu $80 \dots 100 \text{ m s}^{-1}$, novērojama neliela virsmas raupjuma palielināšanās, jo palielinās griezējinstrumenta vibrācijas.

Griešanas leņķis ietekmē skaidas veidošanos un visizteiksmīgāk izpaužas, griežot gareniski un sāniski attiecībā pret koksnes šķiedrām. Ja griešanas leņķis ir mazāks, rezultējošais spēks N' ar kuru grieznis pārvar koksnes pretestību skaidas veidošanās zonā (sk. 1.4.1. attēls), veicina nogrieztās skaidas pacelšanu un plaisas rašanos griežņa griezējšķautnes priekšā, palielinot apstrādātās virsmas raupjumu. Turpretī, ja griešanas leņķis ir lielāks, rezultējošais spēks N' , ar kuru grieznis pārvar koksnes pretestību skaidas veidošanās zonā, ir vairāk vērstas pret apstrādājamo materiālu un nogriezto skaidu piespiež pie tā, kā rezultātā plaisas rašanās griežņa griezējšķautnes priekšā ir ierobežota. Tādējādi apstrādātās koksnes virsmas raupjums ir mazāks, kaut arī lielāka griešanas leņķa vērtība vienlaikus palielina griešanas spēku.

Ja **iezāģējuma augstums** ir lielāks (virs 100 mm), koksnes virsmas raupjums ir mazāks, kas izskaidrojams ar to, ka koksnes plūksnas veido atbalstu zāģa plātnei un samazina griezējinstrumenta vibrācijas.

Zāģa zobu sagatavošanas paņēmieni – izveidojot zāģa zobus placinātus vai ar cietsakausējuma plāksnītēm, apstrādātās koksnes virsmas raupjums ir mazāks, salīdzinot ar zāģiem, kuru zobi ir izlocīti, jo pēdējā gadījumā iezāģējuma malās veidojas divreiz lielāki nelīdzenumi, jo malas apstrādā katrs otrais zāģa zob (sk. 1.3.3. attēlu).

1.6. Alternatīvie koksnes dalīšanas paņēmieni

Tradicionālie koksnes griešanas paņēmieni pamatojas uz to, ka enerģijas nesēja funkciju nodrošina ar cietu, nedeformējamu griezējinstrumentu, kura pamatelements ir ķīļveidīgs grieznis. Šādam griešanas paņēmiem ir vairākas priekšrocības – salīdzinoši augsts darba ražīgums un neliels enerģijas patēriņš, iespējams iegūt detaļas ar nepieciešamo precizitāti un virsmas raupjumu. Tomēr šādam koksnes dalīšanas paņēmiem ir arī trūkumi, kas galvenokārt saistīti ar griežņa nolietošanos un to, ka daļa koksnes tiek sasmalcināta skaidās. Viens no koksnes griešanas procesu attīstības uzdevumiem ir pilnveidot koksnes dalīšanas paņēmienus, samazinot vai novēršot to trūkumus. Šajā nolūkā tradicionālos koksnes griešanas paņēmienus var aizstāt ar alternatīviem enerģijas nesējiem.

Lāzers (gaismas pastiprināšana, izmantojot inducēto starojumu) izstaro koherentu gaismas staru, ko ir iespējams precīzi fokusēt un panākt ļoti augstu enerģijas koncentrācijas pakāpi. Tādējādi ar lāzera staru ir iespējams sakarsēt cietus ķermeņus līdz temperatūrai, kas pārsniedz vairākus tūkstošus grādu, kā rezultātā var panākt to dalīšanas procesu.

Lāzera stars iedarbojas uz koksnī ar enerģētisko spiedienu un sakarsē to, kā rezultātā lāzera stara iedarbības zonā esošā koksnē pārveidojas sakarsētās gāzēs. Šīm gāzēm ir liela kinētiskā enerģija,

un, tām izplešoties, notiek koksnes, kas atrodas tiešā lāzera stara iedarbības zonas tuvumā, sadedzināšana. Tā ir nevēlama lāzera izmantošanas parādība, kuras intensitātes samazināšanas nolūkā lāzera staru ieteicams virzīt caur inertas gāzes vidi.

Lāzera izmantošanas galvenā priekšrocība ir tā, ka iespējams iegūt šauru (0,1 ... 0,4 mm vai pat līdzvērtīgu lāzera izstarotās gaismas viļņa garumam) griezuma līniju, kā arī var panākt sarežģītas perimetra formas detaļu iegūšanu un šādam griezējinstrumentam nav nolietojamās efekta.

Tomēr griešanas procesam ar lāzera staru ir arī trūkumi. Pamatojoties uz E. Ivanovska datiem, darbs, kas nepieciešams 1 cm³ koksnes sadedzināšanai (pārvēršanai gāzveida agregātstāvoklī) ir ievērojami lielāks, salīdzinot ar darbu, kas nepieciešams 1 cm³ koksnes sasmalcināšanai ar ķīļveidīgu griezni, kā rezultātā koksnes griešanai ar lāzera ir mazāks ražīgums. Turklāt lāzera iekārtu tehnoloģiskās īpatnības nosaka to, ka griešana ar lāzera staru nav universāls koksnes dalīšanas paņēmieni, jo ar to nav iespējams, piemēram, veidot profilētas virsmas kā profilfrēzēšanā. Apstrādāto virsmu raupjums, koksnī griežot ar lāzera staru, ir atkarīgs no griezuma dziļuma jeb apstrādājamā materiāla biezuma un griezuma līnijas orientācijas attiecībā pret koksnes šķiedru virzienu. Ja apstrādājamā materiāla biezums ir lielāks par 2 ... 5 mm, griezuma līnija veidojas ar atšķirīgu platumu – apstrādājamā materiāla virsmā, kas kontaktā ar lāzera staru nonāk vispirms, griezuma līnijas platums ir lielāks, salīdzinot ar apstrādājamā materiāla pretējās puses griezuma līnijas platumu.

Koksnes griešana ar lāzera staru ir galvenā alternatīva ķīļveidīgā griežņa izmantošanai, tomēr tā lietošana ir attaisnojama tikai specifiskos gadījumos, piemēram, sarežģītas formas detaļu izgriešanai no plāniem materiāliem vai gravēšanai.

Hidrauliskajā koksnes griešanā, izmantojot ūdens strūklu, kurā ūdens pārvietojas ar ātrumu, kas ir lielāks par 1000 m s⁻¹, iespējams sasniegt lielu ūdens kinētisko enerģiju, kuras iedarbības rezultātā notiek koksnes šķiedru sagraušana. Masīvās koksnes dalīšanai ūdens strūklu var izmantot tad, ja ūdens spiediens ir lielāks par koksnes cietību – 20 ... 30 MPa. Tomēr ūdens strūklas izmantošana koksnes griešanai ir efektīvāka tad, ja ūdens spiediens ir aptuveni 350 MPa, bet sprauslas, caur kuru izplūst ūdens, diametrs ir līdz 0,25 mm. Apstrādāto virsmu raupjums, koksnī griežot ar ūdens strūklu, ir aptuveni līdzvērtīgs tam, kas tiek iegūts, koksnī griežot ar ķīļveidīgu griezni, bet griešanas procesa ražīgums ir 50 ... 100 reizes mazāks, salīdzinot ar tradicionālajiem griešanas paņēmieniem.

Koksnes dalīšanai var izmantot arī **sakarsētu stiepli**, kuras griešanas process ir līdzīgs griešanai ar lāzera staru, bet enerģijas koncentrācijas pakāpe šajā gadījumā ir ievērojami mazāka. Šī griešanas paņēmiena galvenais trūkums ir tas, ka materiāli, no kuriem var izgatavot stiepli, nenodrošina pietiekamu stieples stabilitāti pēc tās sakarsēšanas, kā rezultātā samazinās apstrādes precizitāte.

Iepriekš aplūkoti alternatīvie koksnes dalīšanas paņēmieni norāda, ka pašreizējais zinātnes un tehnikas attīstības līmenis nenodrošina iespēju aizstāt tradicionālos griešanas paņēmienus, kuri pamatojas uz ķīļveida griežņa izmantošanu, ar jauniem koksnes dalīšanas veidiem. Līdz ar to griešanas procesa pilnveidošana notiek citos virzienos:

- 1) optimizējot griezējinstrumentu konstrukciju un griešanas režīmus;
- 2) uzlabojot griezējinstrumentu materiālu nodilumizturību;
- 3) samazinot koksnes apjomu, kas griešanas procesa laikā tiek sasmalcināts.

2. GRIEŠANAS REŽĪMU PARAMETRU APRĒĶINI KOKAPSTRĀDES DARBMAŠĪNĀS

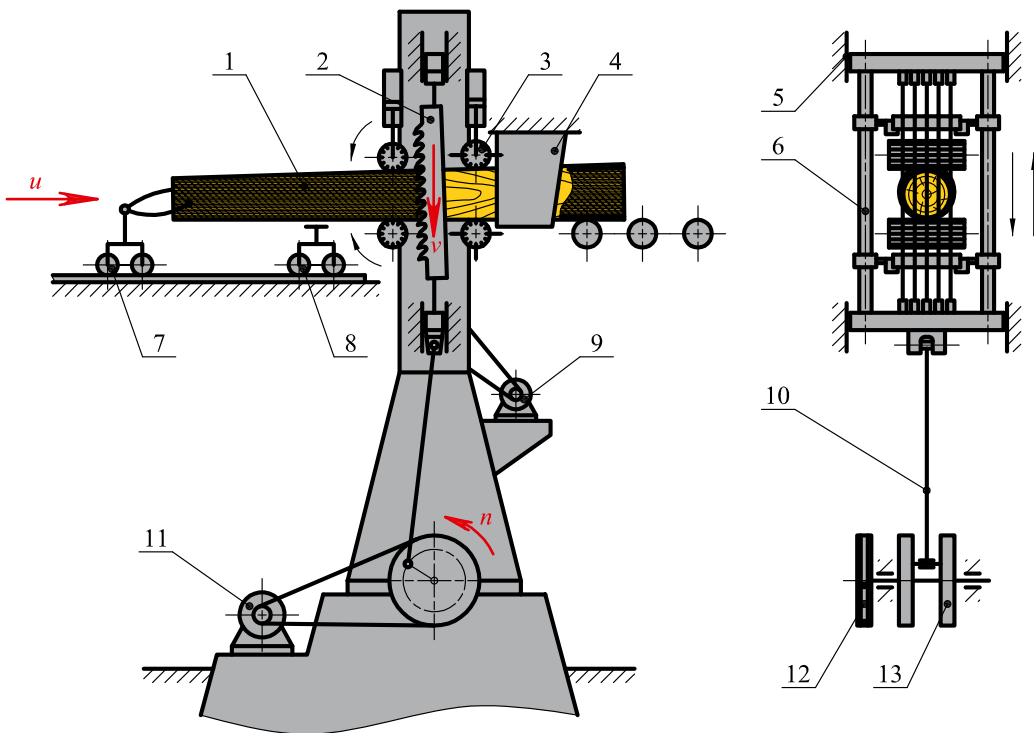
2.1. Griešanas process gateros

2.1.1. Griešanas procesa raksturojums

Gateris (2.1.1. attēls) ir kokapstrādes darbmašīna, ko lieto zāģbaļķu vai brusu garenzāģēšanai. Gatera darbīgā daļa ir zāģu ietvars, kurā nostiprināti gaterzāģi un kura ar kloķa un klanā mehānisma starpniecību iegūst turp-atpakaļ kustību no galvenās vārpstas. Galvenās vārpstas viena apgrieziena laikā zāģu ietvars kopā ar tajā nostiprinātajiem zāģiem izdara darba gājienu, kura laikā notiek zāģēšana, un brīvgājienu.

2.1.1. attēls

Divstāvu gateris



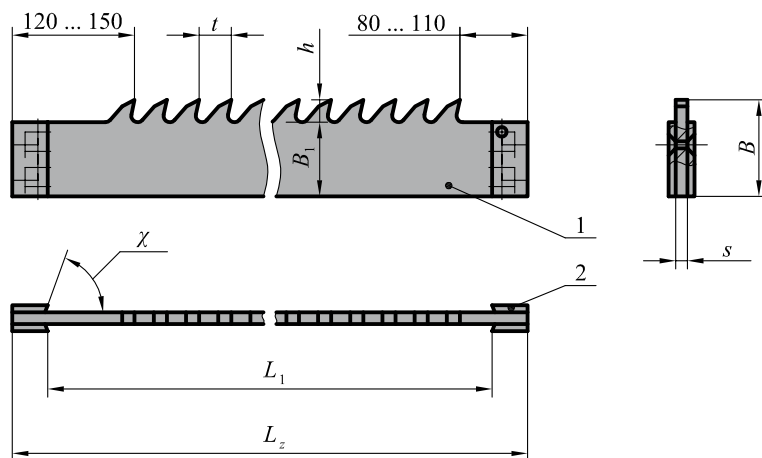
- 1 – sazāģējamais materiāls; 2 – gaterzāģis; 3 – padeves veltnis; 4 – vadplāksne;
 5 – vadotnes; 6 – zāģu ietvars; 7 – spīļu ratiņi; 8 – paligratiņi; 9 – padeves mehānisma elektromotors;
 10 – klanis; 11 – griešanas mehānisma elektromotors;
 12 – galvenās vārpstas skriemeļis; 13 – spararats; v – griešanas kustības virziens;
 u – padeves kustības virziens; n – skriemeļa rotācijas virziens.

Gateru galvenais trūkums ir neizdevīga griešanas procesa kinemātika – darba gājiens mainās ar brīvgājienu, kā arī sakarā ar zāģu ietvara turp–atpakaļ kustību rodas lieli inerces spēki, kas izraisa gan gatera, gan kokzāģētavas ēkas vibrācijas. Inerces spēku lielums ir atkarīgs no zāģu ietvara masas, tā kustības ātruma un gājiena garuma, līdz ar to vispārīgas nozīmes gateru galvenās vārpstas rotācijas frekvence nepārsniedz 360 ... 400 min⁻¹, bet zāģu ietvara gājiena garums – 600 ... 700 mm, kas ierobežo griešanas ātrumu un zāģēšanas ražīgumu.

Gaterzāģu, kuru galvenie parametri ir parādīti 2.1.2. attēlā, platums visbiežāk ir 180 mm, bet zāģa plātnes garuma, biezuma un zobu soļa garuma izmēri ir doti 2.1. tabulā.

2.1.2. attēls

Gaterzāģu galvenie parametri



- 1 – zāģa plātne; 2 – līste, kas paredzēta zāģa nostiprināšanai zāģu ietvarā; L_2 – zāģa plātnes garums;
 L_1 – zāģa plātnes garums starp līstēm; B – zāģa plātnes platums;
 B_1 – zāģa plātnes platums, neieskaitot zobu augstumu; h – zoba augstums; s – zāģa plātnes biezums;
 t – zobu soļa garums; χ – zāģa nostiprināšanas līstes slīpuma leņķis (60 ... 70°).

2.1. tabula

Gaterzāģu izmēri

Zāģa plātnes garums L_2 , mm	Zāģa plātnes garums starp līstēm L_1 , mm	Zāģa plātnes biezums s , mm	Zobu soļa garums t , mm
1250	1190	2,0; 2,2	22; 26; 32
1400	1340	2,0; 2,2	22; 26; 32
1500	1440	2,2; 2,5	26; 32
1600	1540	2,2; 2,5	26; 32; 40
1750	1690	2,5	26; 32; 40
1950	1890	2,5; 3,2	32; 40

Gaterzāģu zobus (2.1.3. attēls) visbiežāk izveido ar lauztu muguru, un to mugurleņķis $\alpha = 28 \dots 30^\circ$, asinājuma leņķis $\beta = 40 \dots 52^\circ$, bet priekšējais leņķis $\gamma = 10 \dots 20^\circ$. Gaterzāģiem zobu mugurleņķis ir lielāks, salīdzinot ar citu zāģu zobiem. Ja mugurleņķis ir mazāks par 28° , iezāģējuma palikušās skaidas zāģu brīvgājiena sākumā iespīezas starp zoba mugurvirsmu un iezāģējuma pamatu un atspiež sazāģējamo materiālu.

Gaterzāģu zobu lineāros parametrus atkarībā no zobu soļa garuma t , mm, raksturo šādas izteiksmes:

1) zoba augstums
 h , mm:

(2.1.1)

$$h = \frac{11}{16} \cdot t$$

2) zoba muguras
garums l , mm:

(2.1.2)

$$l = \frac{7}{16} \cdot t$$

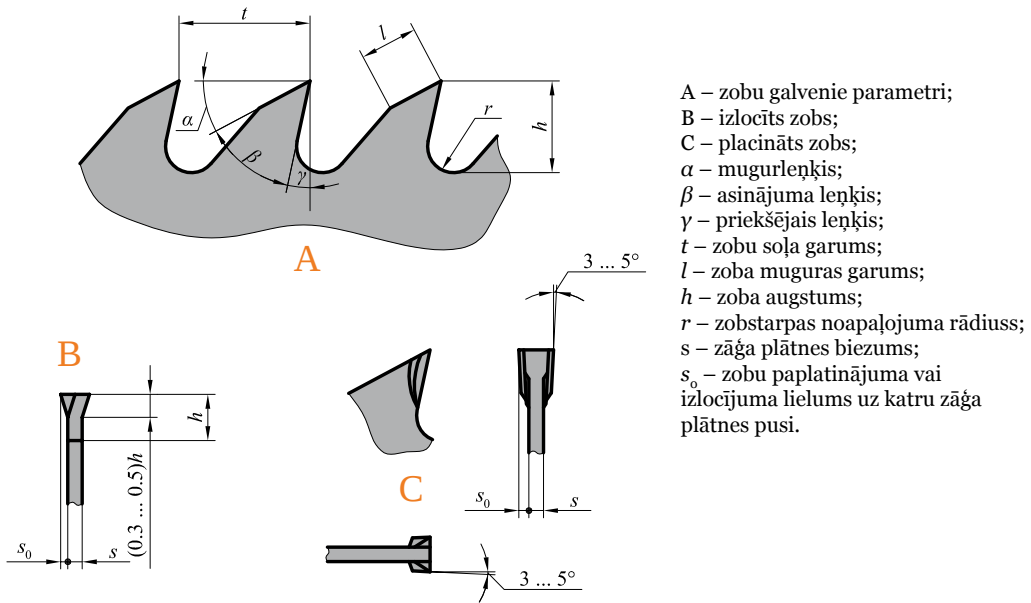
3) zobstarpas noapaļojuma
rādiuss r , mm:

(2.1.3)

$$r = \frac{3}{16} \cdot t$$

2.1.3. attēls

Gaterzāgu zobu leņķiskie un lineārie parametri



- A – zobu galvenie parametri;
 B – izlocīts zobs;
 C – placināts zobs;
 α – mugurleņķis;
 β – asinājuma leņķis;
 γ – priekšējais leņķis;
 t – zobu soļa garums;
 l – zoba muguras garums;
 h – zoba augstums;
 r – zobstarpas noapaļojuma rādiuss;
 s – zāga plātnes biezums;
 s_0 – zobu paplatinājuma vai izlocījuma lielums uz katru zāga plātnes pusi.

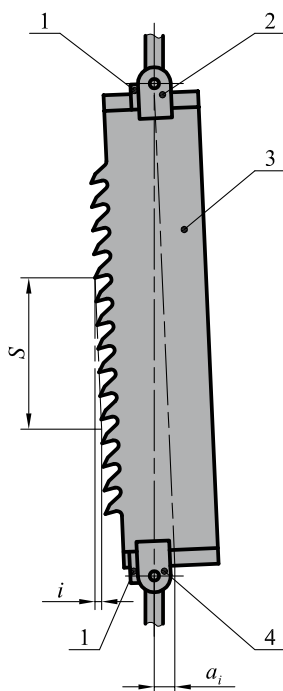
Gaterzāgus zāgu ietvarā nostiprina slīpi, kā rezultātā izveidojas pārkare i (2.1.4. attēls), kuru nosaka zāgu ietvara gājiena garumā S . Lineāro pārkari i , mm, aprēķina, izmantojot šādu sakarību:

(2.1.4)

$$i = \frac{\Delta}{2} + (1 \dots 3) \quad \Delta - \text{padeves lielums uz gatera galvenās vārpstas vienu apgriezianu, mm.}$$

2.1.4. attēls

Gaterzāga nostiprināšana ar pārkari



- 1 – atturis;
 2 – augšējā iekare;
 3 – gaterzāga plātne;
 4 – apakšējā iekare;
 S – zāgu ietvara gājiena garums;
 i – lineārā pārkare;
 a_i – iekaru nobīde.

Gateros zāģi pārvietojas virzes kustībā, bet, ievērojot, ka zāģu ietvara pārvietošana tiek realizēta ar rotējošu vārpstu un ka darba gājiens mijas ar brīvģājienu, vidējā griešanas ātruma v_{vid} , m s⁻¹, aprēķināšanai var izmantot šādu formulu:

(2.1.5)

$$v_{\text{vid}} = \frac{2 \cdot S \cdot n}{60 \cdot 1000}$$

S – zāģu ietvara gājiņa garums, mm;
 n – gatera galvenās vārpstas rotācijas frekvence, min⁻¹.

Padeves ātrumu u , m min⁻¹, gateros raksturo šāda sakarība:

(2.1.6)

$$u = \frac{\Delta \cdot n}{1000}$$

Δ – padeves lielums uz gatera galvenās vārpstas vienu apgrieziena, mm;
 n – gatera galvenās vārpstas rotācijas frekvence, min⁻¹.

Tomēr, ievērojot, ka griešanas process gateros ir periodisks, padeves režīmu izsaka ar padeves lielumu uz gatera galvenās vārpstas vienu apgrieziena Δ , mm, kuru aprēķina, izmantojot šādu izteiksmi:

(2.1.7)

$$\Delta = \frac{1000 \cdot u}{n}$$

u – padeves ātrums, m min⁻¹;
 n – gatera galvenās vārpstas rotācijas frekvence, min⁻¹.

Padevi uz zobu u_z , mm, aprēķina, izmantojot šādu vienādojumu:

(2.1.8)

$$u_z = \Delta \cdot \frac{t}{S}$$

Δ – padeves lielums uz gatera galvenās vārpstas vienu apgrieziena, mm;
 t – zobu soļa garums, mm;
 S – zāģu ietvara gājiņa garums, mm.

Skaidas biežumu h_{sk} , mm, pamatojoties uz to, ka leņķis starp griešanas virzienu un koksnes šķiedru virzienu $\varphi = 90^\circ$, zāģiem ar placinātiem un izlocītiem zobiem aprēķina, izmantojot 1.3.12. un 1.3.13. vienādojumu.

Iezāģējuma platuma b , mm, aprēķināšanai izmantojama šāda formula:

(2.1.9)

$$b = s + 2 \cdot s_0$$

s – zāģa plātnes biežums, mm;
 s_0 – zobu izlocījuma vai paplatinājuma lielums uz katru zāģa plātnes pusi, mm.

Optimālais zobu izlocījuma vai paplatinājuma lielums ir atkarīgs no zāģēšanas apstākļiem. Zāģējot skujiķu koksni, kuras mitrums ir līdz 25 ... 30 %, $s_0 = 0,6 \dots 0,7$ mm. Ja koksnes mitrums ir lielāks par 25 ... 30 %, tad, zāģēšanu veicot vasarā, $s_0 = 0,75 \dots 0,9$ mm, bet, zāģēšanu veicot ziemā, $s_0 = 0,65 \dots 0,8$ mm. Zāģējot cieto lapkoku koksni, $s_0 = 0,45 \dots 0,6$ mm.

Zāģējot ar gateriem, griešanas spēks P_{gr} ir vērsts griešanas ātruma vektora v virzienā, bet radītais griešanas spēks P_o – tam perpendikulāri (2.1.5. attēls A). Ievērojot, ka gateros griešanas process ir periodisks, koksnes zāģēšana un līdz ar to arī faktiskā griešanas spēka veidošanās notiek tikai darba gājiņa laikā, kura ilgums ir puse no laika, kas nepieciešams, lai gatera galvenā vārpsta veiktu vienu apgrieziena ap savu asi (2.1.5. attēls B).

Faktisko griešanas spēku P_{gr}^f , N, var aprēķināt, izmantojot šādu vienādojumu:

(2.1.10)

$$P_{gr}^f = \frac{K \cdot b \cdot \sum H \cdot u}{30 \cdot v_{\text{vid}}} = \frac{K \cdot b \cdot \sum H \cdot \Delta}{S}$$

K – īpatnējais griešanas spēks, N mm⁻²;
 b – iezāģējuma platums, mm;
 $\sum H$ – iezāģējuma augstumu summa, mm;
 u – padeves ātrums, m min⁻¹;
 v_{vid} – vidējais griešanas ātrums, m s⁻¹;
 Δ – padeves lielums uz gatera galvenās vārpstas vienu apgrieziena, mm;
 S – zāģu ietvara gājiņa garums, mm.

Attiecinot faktisko griešanas spēku pret pilnu gatera galvenās vārpstas vienu apgriezību, iegūst vidējo griešanas spēku P_{gr}^{vid} , N, (sk. 2.1.5. attēlu B), kas, darbojoties nepārtraukti, izdara tādu pašu darbu kā faktiskais griešanas spēks:

(2.1.11)

$$P_{gr}^{vid} = \frac{P_{gr}^f}{2} = \frac{K \cdot b \cdot \sum H \cdot u}{60 \cdot v_{vid}} = \frac{K \cdot b \cdot \sum H \cdot \Delta}{2 \cdot S}$$

P_{gr}^f – faktiskais griešanas spēks, N;

K – īpatnējais griešanas spēks, N mm⁻²;

b – iezāģējuma platums, mm;

$\sum H$ – iezāģējuma augstumu summa, mm;

u – padeves ātrums, m min⁻¹;

v_{vid} – vidējais griešanas ātrums, m s⁻¹;

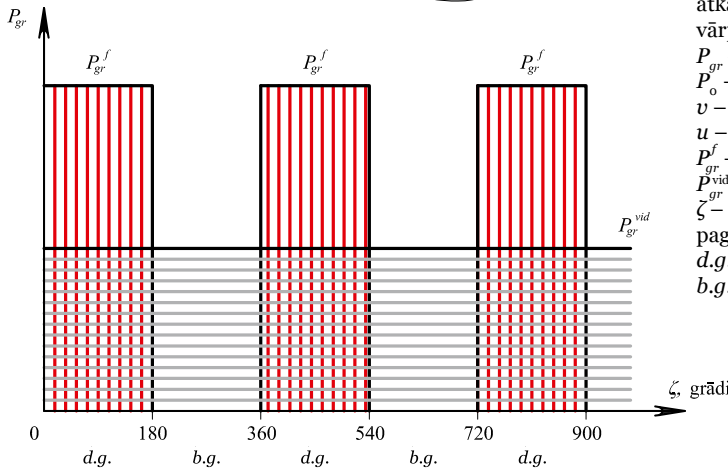
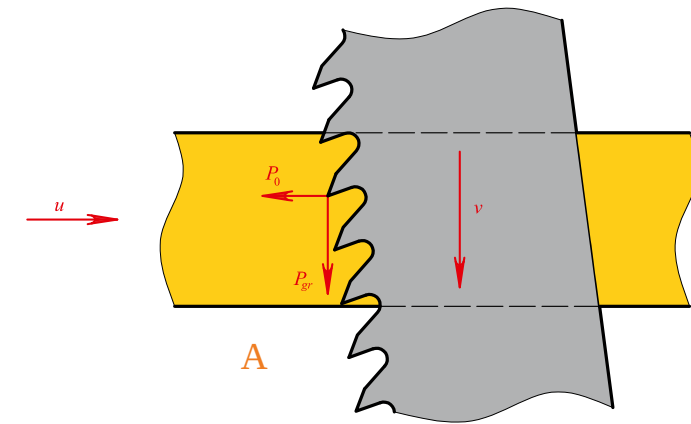
Δ – padeves lielums uz gatera galvenās

vārpstas vienu apgriezību, mm;

S – zāģu ietvara gājiena garums, mm.

2.1.5. attēls

Griešanas procesa dinamika, zāģējot gateros



A – griešanas spēku vērsumi;
 B – griešanas spēka izmaiņas atkarībā no gatera galvenās vārpstas pagriezienu leņķa;
 P_{gr} – griešanas spēks;
 P_0 – radiālais griešanas spēks;
 v – griešanas kustības virziens;
 u – padeves kustības virziens;
 P_{gr}^f – faktiskais griešanas spēks;
 P_{gr}^{vid} – vidējais griešanas spēks;
 ζ – gatera galvenās vārpstas pagriezienu leņķis;
 $d.g.$ – darba gājiens;
 $b.g.$ – brīvgājiens.

Aprēķinot griešanas spēku, nosaka iezāģējuma augstumu summu $\sum H$, mm, jo zāģēšana notiek ar vairākiem zāģiem:

(2.1.12)

$$\sum H = H_{vid} \cdot z_z$$

H_{vid} – vidējais iezāģējuma augstums, mm;

z_z – zāģu skaits, kas nostiprināti zāģu ietvarā.

Radiālo griešanas spēku P_o , N, kas vērsts pretēji apstrādājamā materiāla uzvirzei griezējinstrumentam, aprēķina, izmantojot šādu vienādojumu:

(2.1.13)

$$P_o = P_{gr} \cdot a_o$$

P_{gr} – griešanas spēks, N;
 a_o – koeficients, ar kuru novērtē griežņa atspiešanu un kurš ir atkarīgs no griežņa nodiluma (zāģiem, kuru zobi ir asi, $a_o = 0,5 \dots 0,6$, bet zāģiem, kuru zobi ir neasi, $a_o = 0,8 \dots 1,0$).

Īpatnējo griešanas spēku (darbu) K , N mm⁻² (J cm⁻³) nosaka, izmantojot šādu vienādojumu:

(2.1.14)

$$K = \left(37 + \frac{7,2 \cdot a_p}{h_{sk}} \right) \cdot a_s + a_b \cdot \frac{H}{b}$$

a_p – koeficients, ar kuru novērtē griežņa asuma pakāpi (sk. 1.2. tabulu);
 h_{sk} – skaidas biezums, mm;
 a_s – koeficients, ar kuru novērtē koksnes sugu (priedei – 1,0; apsei – 0,85; eglei – 0,95; bērzam – 1,3; ozolam – 1,5);

a_b – berzes intensitātes koeficients gar iezāģējuma malām (izmantojot zāģus ar placinātiem zobiem, $a_b = 0,2$, bet, izmantojot zāģus ar izlocītiem zobiem, $a_b = 0,25$), N mm⁻²;
 H – iezāģējuma augstums (maksimālais H_{max} vai vidējais H_{vid}), mm;
 b – iezāģējuma platumu, mm.

Gateros griešana notiek tikai pusi no darba laika, tādēļ griešanas jaudu N , kW, nosaka, izmantojot vidējo griešanas spēku:

(2.1.15)

$$N = \frac{P_{gr}^{vid} \cdot v_{vid}}{1000} = \frac{K \cdot b \cdot \sum H \cdot u}{60 \cdot 1000} = \frac{K \cdot b \cdot \sum H \cdot \Delta \cdot n}{60 \cdot 1000 \cdot 1000}$$

P_{gr}^{vid} – vidējais griešanas spēks, N;
 v_{vid} – vidējais griešanas ātrums, m s⁻¹;
 K – īpatnējais griešanas darbs, J cm⁻³;
 b – iezāģējuma platumu, mm;

$\sum H$ – iezāģējuma augstumu summa, mm;
 u – padeves ātrums, m min⁻¹;
 Δ – padeves lielums uz gatera galvenās vārpstas vienu apgriezieni, mm;
 n – gatera galvenās vārpstas rotācijas frekvence, min⁻¹.

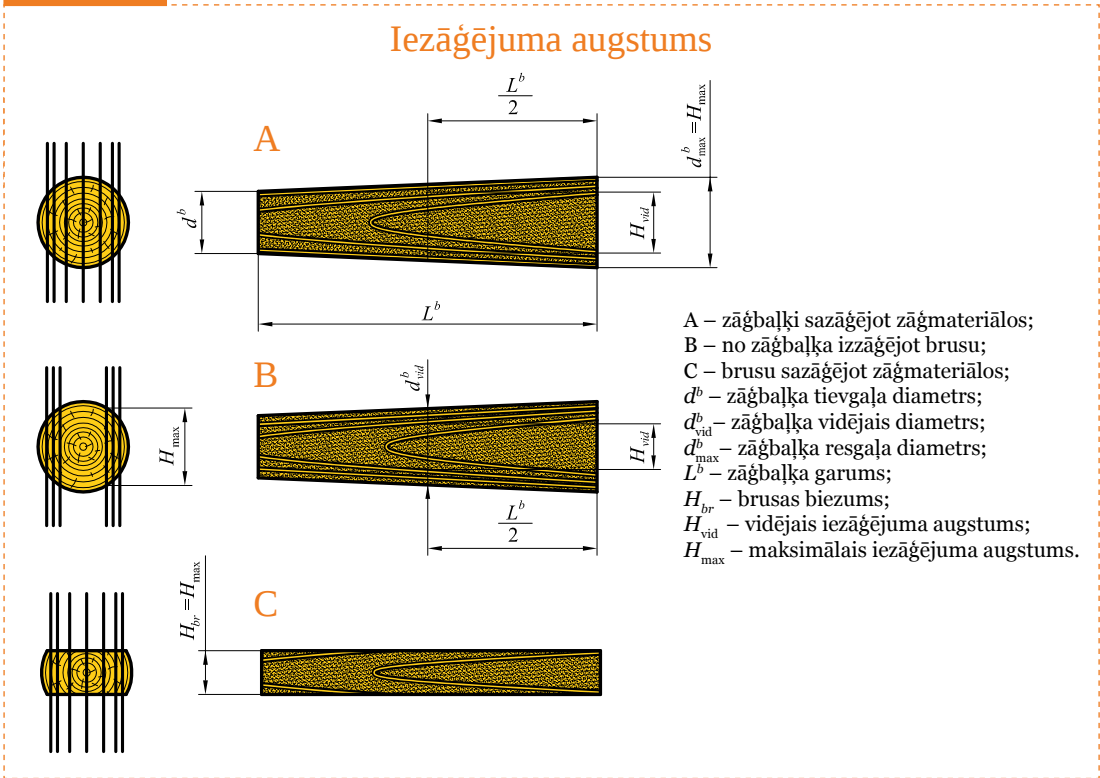
Griešanas jauda, kas aprēķināta, izmantojot 2.1.15. formulu, ir divas reizes mazāka par faktisko griešanas jaudu, kas tiek attīstīta darba gājiena laikā. Līdz ar to gatera griešanas mehānisma elektromotora jauda, kuru izvēlas, pamatojoties uz griešanas jaudu, arī ir divas reizes mazāka par nepieciešamo. Tas iespējams tādēļ, ka uz gatera galvenās vārpstas ir uzstādīti spararati (sk. 2.1.1. attēlu), kas akumulē brīvģājiena laikā neizmantoto enerģiju un emitē to darba gājiena laikā.

Lai aprēķinātu griešanas spēku un griešanas jaudu, ir svarīgi noteikt iezāģējuma augstumu, kas var būt maksimālais vai vidējais un kas ir atšķirīgs atkarībā no apstrādājamā materiāla formas. Sa- zāģējot brusas, maksimālais iezāģējuma augstums ir vienāds ar brusas biezumu, savukārt, sazāģē- jot zāģbaļķus, maksimālais iezāģējuma augstums H_{max} , mm, ir vienāds ar zāģbaļķa resgaļa diametru (sk. 2.1.6. attēlu).

(2.1.16)

$$H_{max} = d_{max}^b = (d^b + r_l \cdot L^b) \cdot 10$$

d_{max}^b – zāģbaļķa resgaļa diametrs, cm; r_l – raukums uz vienu zāģbaļķa garuma metru (vidēji $r_l = 1$), cm m⁻¹;
 d^b – zāģbaļķa tievgaļa diametrs, cm; L^b – zāģbaļķa garums, m.



Izšķir arī vidējo iezāģējuma augstumu H_{vid} , mm, (sk. 2.1.6. attēlu), kas, sazāģējot zāģbaļķus, ir aprēķināms, izmantojot šādu izteiksmi:

(2.1.17)

$$H_{vid} = \alpha_H \cdot \left(d^b + r_l \cdot \frac{L^b}{2} \right) \cdot 10$$

α_H – koeficients, ar kuru novērtē to, ka malējo iezāģējumu augstums ir mazāks par vidējo zāģbaļķa diametru (ja no zāģbaļķa izzāģē vienu brusu, kuras biezums ir 0,6 ... 0,75 no zāģbaļķa diametra, tad $\alpha_H = 0,55 \dots 0,65$ mm, bet, ja zāģbaļķi sazāģē zāģmateriālos vai izzāģē divas brusas, $\alpha_H = 0,75 \dots 0,8$ mm

d^b – zāģbaļķa tievgaļa diametrs, cm;
 r_l – raukums uz vienu zāģbaļķa garuma metru (vidēji $r_l = 1$), cm m⁻¹;
 L^b – zāģbaļķa garums, m.

Savukārt, sazāģējot brusu dēļos, vidējais iezāģējuma augstums H_{vid} , mm, ir aprēķināms, izmantojot šādu vienādojumu:

(2.1.18)

$$H_{vid} = 0,95 \cdot H_{br} \quad H_{br} \text{ – brusas biezums, mm.}$$

2.1.2. Pieļaujamā padeves lieluma uz gatera galvenās vārpstas vienu apgrieziena noteikšana

Nosakot pieļaujamo padeves lielumu uz gatera galvenās vārpstas vienu apgrieziena, jāievēro pieci ierobežojumi – pieļaujama apstrādātās koksnes virsmas raupjums, slodze, kas darbojas uz katru zāģa zobu, pieļaujama zobstarpas noslogojums, zāģa plātnes stabilitāte un gatera griešanas mehānisma piedziņas motora jauda.

1. Zobu soļa garums nosaka padevi uz zobu un skaidas biezumu, no kuriem ir atkarīgs zāģēto virsmu raupjums. **Atkarībā no nepieciešamā virsmas raupjuma** nosaka pieļaujamo padevi uz zobu [u_z] (2.2. tabula) un aprēķina pieļaujamo padeves lielumu uz gatera galvenās vārpstas vienu apgrieziena Δ , mm:

(2.1.19)

$$\Delta \leq [u_z] \cdot \frac{S}{t}$$

$[u_z]$ – pieļaujamā padeve uz zobu, mm;
 S – zāģu ietvara gājiena garums, mm;
 t – zobu soļa garums, mm.

2.2. tabula

Pieļaujamā padeve uz zobu, zāģējot ar gateriem

Maksimālais nelīdzenumu augstums uz zāģmateriālu virsmas Rm_{max} , μm	Pieļaujamā padeve uz zobu $[u_z]$, mm	
	zāģiem ar placinātiem zobiem	zāģiem ar izlocītiem zobiem
320 ... 500	0,2 ... 0,55	0,15 ... 0,35
500 ... 800	0,55 ... 1,0	0,35 ... 0,7
800 ... 1200	1,0 ... 1,8	0,7 ... 1,2
1200 ... 1600	1,8 ... 2,4	1,2 ... 1,6

2. Atkarībā no slodzes, kas darbojas uz katru zobu, pieļaujamo padevi uz zobu $[u_z]$, mm, raksturo šāda izteiksme:

(2.1.20)

$$[u_z] \leq \frac{S^2}{c_1}$$

s – zāģa plātnes biezums, mm;
 c_1 – eksperimentālais koeficients (ja zāģa zobi ir placināti, zāģējot priedes koksni, koeficienta c_1 vērtība ir 3, bērza koksni – 4, ozola koksni – 6, bet, ja zāģa zobi ir izlocīti, tad koeficienta c_1 vērtība ir attiecīgi 4, 6 un 9).

Līdz ar to pieļaujamo padeves lielumu uz gatera galvenās vārpstas vienu apgriezību Δ , mm, atkarībā no slodzes, kas darbojas uz katru zāģa zobu, aprēķina, izmantojot šādu sakarību:

(2.1.21)

$$\Delta \leq [u_z] \cdot \frac{S}{t} = \frac{s^2 \cdot S}{c_1 \cdot t}$$

$[u_z]$ – pieļaujamā padeve uz zobu, mm;
 S – zāģu ietvara gājiena garums, mm;
 t – zobu soļa garums, mm; s – zāģa plātnes biezums, mm;
 c_1 – eksperimentālais koeficients (sk. 2.1.20. izteiksmi).

3. Zāģskaidas, kas rodas zāģēšanas procesā, uzkrājas gaterzāģu zobstarpās. Zāģu normālai funkcionēšanai padeves lielums ir jāsaskaņo ar pieļaujamo zobstarpas noslogojumu, ko raksturo zobstarpas aizpildīšanas koeficients Θ , kas ir attiecība starp nogrieztās skaidas laukumu un zāģa zobstarpas laukumu:

(2.1.22)

$$\Theta = \frac{[u_z] \cdot H_{max}}{F_{zs}}$$

$[u_z]$ – padeve uz zobu, mm;
 H_{max} – maksimālais iezāģējuma augstums, mm;
 F_{zs} – zāģa zobstarpas laukums, mm^2 .

Zāģa zobstarpas laukumu F_{zs} , mm^2 , standartprofila gaterzāģiem aprēķina, izmantojot šādu formulu:

(2.1.23)

$$F_{zs} = 0,42 \cdot t^2$$

t – zobu soļa garums, mm.

Atkarībā no zobstarpas aizpildīšanas nosacījuma pieļaujamo padevi uz zobu $[u_z]$, mm, raksturo šāda izteiksme:

(2.1.24)

$$[u_z] \leq \frac{F_{zs} \cdot [\Theta]}{H_{max}} = \frac{0,42 \cdot t^2 \cdot [\Theta]}{H_{max}}$$

$[\Theta]$ – pieļaujama zāģa zobstarpas aizpildīšanas koeficients (izmantojot zāģus ar placinātiem zobiem, $[\Theta] = 1,2 \dots 1,7$, bet, izmantojot zāģus ar izlocītiem zobiem, $[\Theta] = 1,4 \dots 1,9$);

F_{zs} – zāģa zobstarpas laukums, mm^2 ;
 H_{max} – maksimālais iezāģējuma augstums, mm;
 t – zobu soļa garums, mm.

Pieļaujamo padeves lielumu uz gatera galvenās vārpstas vienu apgriezību Δ , mm, atkarībā no zobstarpas noslogojuma nosacījuma aprēķina, izmantojot šādu sakarību:

(2.1.25)

$$\Delta \leq [u_z] \cdot \frac{S}{t} = \frac{0,42 \cdot t \cdot [\Theta] \cdot S}{H_{\max}}$$

$[u_z]$ – pieļaujamā padeve uz zobu, mm;
 S – zāģu ietvara gājiņa garums, mm;
 t – zobu soļa garums, mm;

$[\Theta]$ – pieļaujamais zobstarpas aizpildīšanas koeficients (sk. 2.1.24. izteiksmi);
 H_{\max} – maksimālais iezāģējuma augstums, mm.

4. Darba laikā uz gaterzāģiem darbojas spēki, kas vērsti gan vertikālā, gan horizontālā, gan sānu virzienā. Šo spēku ietekmē gaterzāģa plātne nedrīkst zaudēt savu **stabilitāti**, ko panāk, ja faktiskā griešanas spēka, kas darbojas uz vienu zāģi, P_{gr1}^f , N, vērtība nepārsniedz kritiskā griešanas spēka vērtību:

(2.1.26)

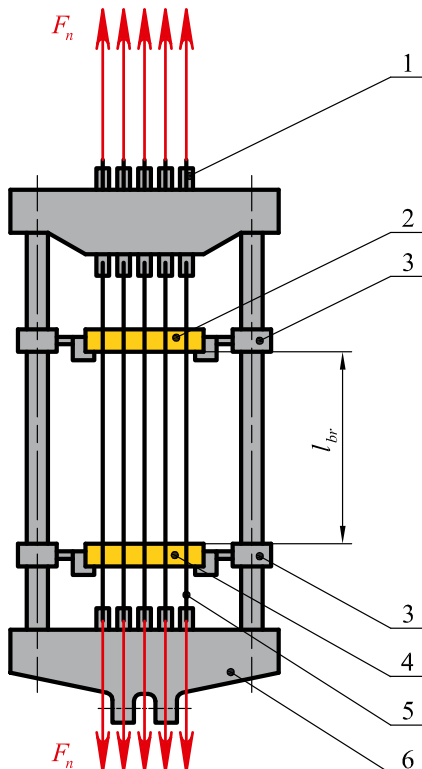
$$P_{gr1}^f \leq \frac{P_{gr}^{kr}}{k_d}$$

P_{gr}^{kr} – kritiskais griešanas spēks, kas darbojas uz visvairāk noslogoto zāģi, N;
 k_d – drošības koeficients ($k_d = 2,0 \dots 2,2$).

Gaterzāģu stabilitāte ir atkarīga no to nostiepšanas spēka F_n , zāģa parametriem (garuma, biezuma un platuma), kā arī no zāģa plātnes brīvā garuma l_{br} , jeb attāluma starp augšējo un apakšējo starpliku rindām (2.1.7. attēls).

2.1.7. attēls

Gaterzāģu nostiprināšana zāģu ietvarā



- 1 – zāģu nostiepšanas ierīces;
- 2 – augšējās starplikas;
- 3 – starpliku un zāģu saspiešanas skrūves;
- 4 – apakšējās starplikas;
- 5 – gaterzāģis;
- 6 – zāģu ietvars;
- F_n – zāģa plātnes nostiepšanas spēka vektori;
- l_{br} – zāģa plātnes brīvais garums.

Kritisko griešanas spēku P_{gr}^{kr} , N, aprēķina, izmantojot šādu formulu:

(2.1.27)

$$P_{gr}^{kr} = \frac{\pi^2 \cdot F_n}{l_{br}} \cdot \left(\frac{B_1}{12} + \frac{G \cdot I_v}{F_n \cdot B_1} \right)$$

F_n – zāģa plātnes nostiepšanas spēks, N;
 l_{br} – zāģa plātnes brīvais garums, mm;
 B_1 – zāģa plātnes platums, neieskaitot zobu augstumu, mm;
 G – bīdes modulis ($G = 80\ 000$); N mm⁻²;
 I_v – vērpes inerces moments, mm⁴.

Zāģa plātnes nostiepšanas spēku F_n , N, aprēķina, izmantojot šādu izteiksmi:

(2.1.28)

$$F_n = \sigma_{st} \cdot s \cdot B_1$$

σ_{st} – zāģa plātnes stiepes spriegums ($\sigma_{st} = 80 \dots 120$) N mm⁻²;
 s – zāģa plātnes biezums, mm;
 B_1 – zāģa plātnes platums, neieskaitot zobu augstumu, mm.

Zāģa plātnes brīvais garums l_{br} , mm, ir atkarīgs no zāģu ietvara gājiena garuma un iezāģējuma augstuma:

(2.1.29)

$$l_{br} = S + H_{\max} + (150 \dots 200)$$

S – zāģu ietvara gājiena garums, mm;
 H_{\max} – maksimālais iezāģējuma augstums, mm.

Zāģa plātnes platumu, neieskaitot zobu augstumu, B_1 mm, (sk. 2.1.2. attēlu) aprēķina, izmantojot šādu formulu:

(2.1.30)

$$B_1 = B - h$$

B – zāģa plātnes platums, mm;
 h – zāģa zobu augstums, mm.

Vērpes inerces momentu I_v mm⁴, nosaka, izmantojot šādu vienādojumu:

(2.1.31)

$$I_v = \frac{B_1 \cdot s^3}{3}$$

B_1 – zāģa plātnes platums, neieskaitot zobu augstumu, mm;
 s – zāģa plātnes biezums, mm.

Faktisko griešanas spēku, kas darbojas uz vienu zāģi, P_{gr1}^f , N, var aprēķināt, izmantojot šādu vienādojumu:

(2.1.32)

$$P_{gr1}^f = \frac{K \cdot b \cdot H_{\max} \cdot u}{30 \cdot v_{\text{vid}}} = \frac{K \cdot b \cdot H_{\max} \cdot \Delta}{S}$$

K – īpatnējais griešanas spēks, N mm⁻²;
 b – iezāģējuma platums, mm;
 H_{\max} – maksimālais iezāģējuma augstums, mm;
 u – padeves ātrums, m min⁻¹;
 v_{vid} – vidējais griešanas ātrums, m s⁻¹;
 Δ – padeves lielums uz gatera galvenās vārpstas vienu apgriezieni, mm;
 S – zāģu ietvara gājiena garums, mm.

Nosakot īpatnējā griešanas spēka (sk. 2.1.14. vienādojumu) vērtību ievietošanai 2.1.32. vienādojumā, jāievēro maksimālais iezāģējuma augstums ($H = H_{\max}$).

Pieļaujamo padeves lielumu uz gatera galvenās vārpstas vienu apgriezību atkarībā no zāga plātnes stabilitātes nosacījuma aprēķina, izmantojot šādu sakarību:

(2.1.33)

$$\frac{K \cdot b \cdot H_{\max} \cdot \Delta}{S} \leq \frac{P_{gr}^{kr}}{k_d}$$

K – īpatnējais griešanas spēks, N mm⁻²;
 b – iezāģējuma platums, mm;
 H_{\max} – maksimālais iezāģējuma augstums, mm;
 Δ – padeves lielums uz gatera galvenās vārpstas vienu apgriezību, mm;

S – zāģu ietvara gājiņa garums, mm;
 P_{gr}^{kr} – kritiskais griešanas spēks, kas darbojas uz visvairāk noslogoto zāģi, N;
 k_d – drošības koeficients ($k_d = 2,0 \dots 2,2$).

Lai atrisinātu 2.1.33. nevienādību attiecībā pret nezināmo Δ , nepieciešams izteikt īpatnējo griešanas spēku kā funkciju no padeves lieluma uz vienu gatera galvenās vārpstas apgriezību. Piemēram, ja izmanto zāģus ar placinātiem zobiem, skaidas biezums $h_{sk} = u_z = \Delta \cdot \frac{t}{S}$ (sk. 1.3.12. un 2.1.8. vienādojumu), tad īpatnējais griešanas spēks K , N mm⁻², pamatojoties uz 2.1.14. vienādojumu, pie maksimālā iezāģējuma augstuma ir šāds:

(2.1.34)

$$K = \left(37 + \frac{7,2 \cdot a_\rho \cdot S}{\Delta \cdot t} \right) \cdot a_s + a_b \cdot \frac{H_{\max}}{b}$$

Ievietojot īpatnējā griešanas spēka K vērtību, kas aprēķināta, izmantojot 2.1.34. izteiksmi, 2.1.33. nevienādībā, var noteikt nezināmo padeves lielumu uz vienu gatera galvenās vārpstas apgriezību Δ vērtību atkarībā no zāga plātnes stabilitātes nosacījuma.

5. **Griešanas procesa jauda** N , kW, (sk. 2.1.15. formulu) nedrīkst pārsniegt darbmašīnas attīstīto lietderīgo jaudu:

(2.1.35)

$$N \leq N_{dz} \cdot \eta$$

N_{dz} – gatera griešanas mehānisma piedziņas motora jauda, kW;
 η – gatera griešanas mehānisma piedziņas lietderības koeficients, kura vērtība ir atkarīga no berzes apstākļiem gatera pārnēsotā ($\eta = 0,6 \dots 0,85$).

Pieļaujamo padeves lielumu uz gatera galvenās vārpstas vienu apgriezību atkarībā no griešanas mehānisma piedziņas jaudas aprēķina, izmantojot šādu sakarību:

(2.1.36)

$$\frac{K \cdot b \cdot \sum H \cdot \Delta \cdot n}{60 \cdot 1000 \cdot 1000} \leq N_{dz} \cdot \eta$$

K – īpatnējais griešanas darbs (noteikts pie vidējā iezāģējuma augstuma, sk. 2.1.14. vienādojumu), J cm⁻³;
 b – iezāģējuma platums, mm;
 $\sum H$ – iezāģējuma augstumu summa, mm;

Δ – padeves lielums uz gatera galvenās vārpstas vienu apgriezību, mm;
 n – gatera galvenās vārpstas rotācijas frekvence, min⁻¹;

N_{dz} – gatera griešanas mehānisma piedziņas motora jauda, kW;
 η – gatera griešanas mehānisma piedziņas lietderības koeficients.

2.1.36. nevienādību atrisina analogiski 2.1.33. nevienādībai, izsakot īpatnējo griešanas darbu K kā funkciju no padeves lieluma uz gatera galvenās vārpstas vienu apgriezību Δ .

Savstarpēji salīdzinot pieļaujamās Δ vērtības, kuras iegūtas, atrisinot 2.1.19., 2.1.21., 2.1.25., 2.1.33. un 2.1.36. izteiksmi, nosaka maksimāli pieļaujamo padeves lielumu uz gatera galvenās vārpstas vienu apgriezību – izvēlas mazāko no aprēķinātajām Δ vērtībām.

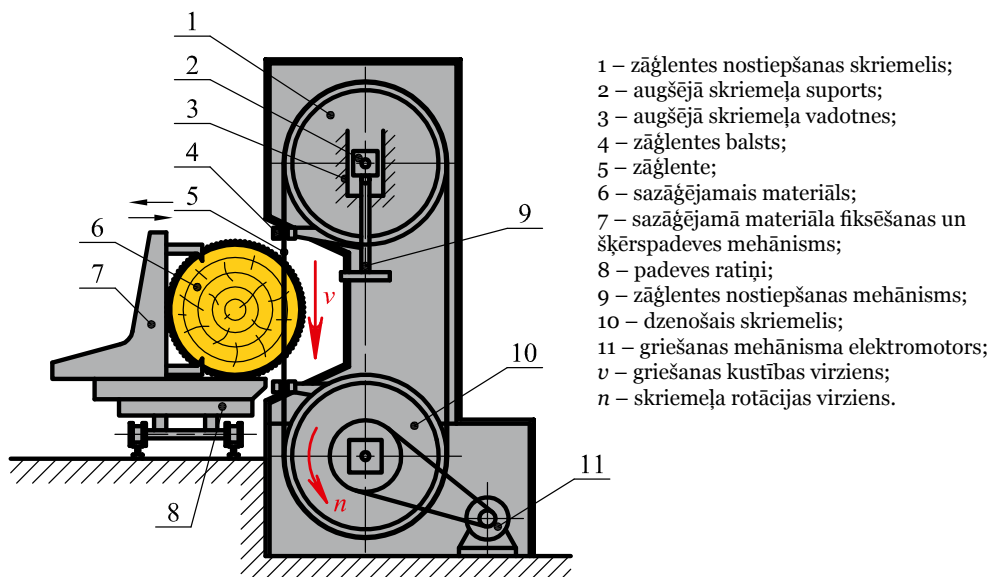
2.2. Griešanas process lentzāgmašīnās

2.2.1. Griešanas procesa raksturojums

Kokzāģēšanas rūpniecībā lentzāgmašīnas (2.2.1. attēls) galvenokārt lieto zāģbaļķu un brusu sazāģēšanai zāģmateriālos, kā arī brusu, biezu dēļu un nomaļu sazāģēšanai plānākos sortimentos, pēdējā gadījumā izmantojot dališanas lentzāgmašīnas. Savukārt mēbeļrūpniecībā izmanto galdnieku lentzāgmašīnas, kurās ekspluatē šauras zāģlentes, jo šīs darbmašīnas galvenokārt paredzētas līklīnijas formas detaļu izzāģēšanai.

2.2.1. attēls

Vertikālā baļķu un brusu sazāģēšanas lentzāgmašīna

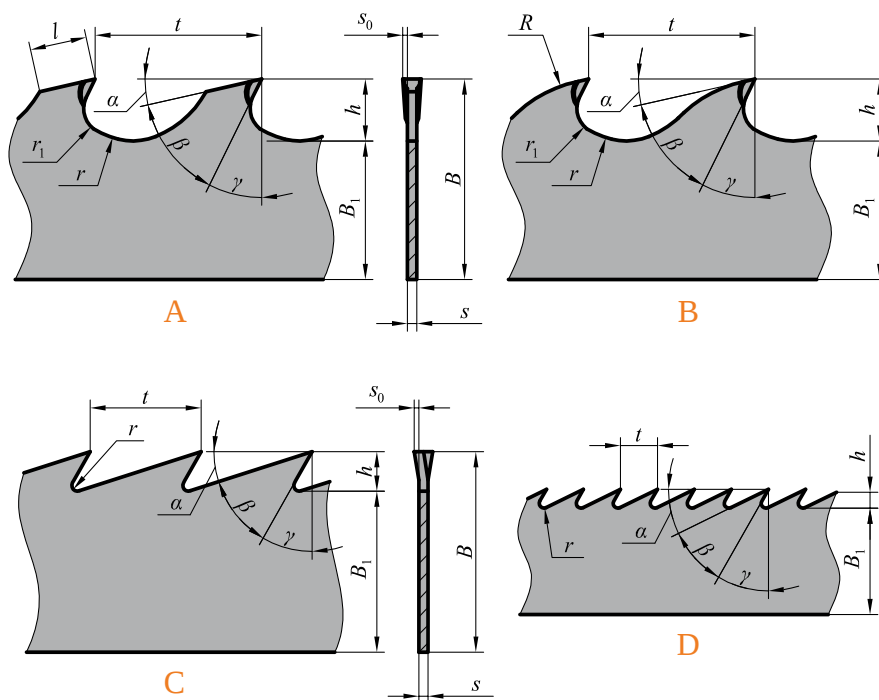


Lentzāgmašīnās griešanas procesu realizē, lietojot slēgtas kontūras griezējinstrumentu – zāģlenti, kurai vienā malā (atsevišķos gadījumos arī abās malās) ir izveidoti zobi. Zāģēšanas procesa veikšanai zāģlente tiek uzlikta un nostiepta uz lentzāgmašīnas skriemeļiem, no kuriem viens ir piedzīts, bet otrs izpilda zāģlentes nostiepšanas funkciju.

Salīdzinot ar pārējām zāģēšanas darbmašīnām, griešanas procesa kinemātika lentzāgmašīnās ir visizdevīgākā, jo gan griezējinstrumenti, gan sazāģējamais materiāls griešanas zonā pārvietojas nepārtraukti taisnā virzienā ar lielu ātrumu. Būtiska lentzāgmašīnu priekšrocība ir tā, ka sazāģējamo materiālu izmēri praktiski nav ierobežoti ar konstruktīviem parametriem, kā tas ir, strādājot ar gateriem un ripzāgmašīnām. Vienādu iezāģējumu augstumu gadījumā zāģlentes ir plānākas, salīdzinot ar pārējiem zāģiem, kā rezultātā rodas koksnes un izmantotās jaudas ekonomija. Tomēr jāņem vērā, ka sakarā ar nelielo biežumu zāģlentes ir nestabilākas un tām ir ļoti nelabvēlīgi darba apstākļi – spriegumi, kas rodas sakarā ar zāģlentes apliekšanos ap skriemeļiem, var izraisīt plaisu veidošanos tās zobstarpās.

Baļķu sazāģēšanas lentzāgmašīnās lieto zāģlentes, kuru garums ir 10 ... 15 m, platums – līdz 230 vai 280 mm, biezums – 1,4 ... 2,0 mm, bet zobu soļa garums – 35, 50 vai 60 mm (2.2.2. attēls A un B). Zobu profilu raksturo palielināts zobu solis un zobstarpas laukums, jo iezāģējuma augstums ir liels un nogrieztās skaidas izvietojumam ir nepieciešama pietiekama telpa. Zobu stabilitātes nodrošināšanai zobu augstums h ir aptuveni trešdaļa no zobu soļa garuma t . Baļķu un brusu sazāģēšanas zāģlensu zobi var būt izveidoti ar lauztu muguru (2.2.2. attēls A) vai ar lokveida mugurvirsma (2.2.2. attēls B), kuras liekuma rādiuss R ir vidēji 0,6 t . Zobu priekšējais leņķis γ ir aptuveni 25° (ļoti cietas un blīvas koksnes zāģēšanas gadījumā 15 ... 20°, bet mīkstas un irdenas koksnes zāģēšanas gadījumā priekšējo leņķi var palielināt līdz 30°). Zobu asinājuma leņķis β ir aptuveni 45 ... 50°. Ja nepieciešams zāģēt cietu koksni, asinājuma leņķim β jābūt vismaz 52 ... 55° lielam, bet, zāģējot mīkstu koksni, to var samazināt pat līdz 35 ... 40°.

Zāģlensu veidi, galvenie parametri un zobu profili



A un B – balķu un brusu sazāģēšanas lentrāģmašīnas zāģlentes; C – dalīšanas lentrāģmašīnas zāģlente;
 D – galdnieku lentrāģmašīnas zāģlente; α – zoba mugurleņķis; β – zoba asinājuma leņķis;
 γ – zoba priekšējais leņķis; t – zobu soļa garums; h – zoba augstums; l – zoba muguras garums;
 R – zoba muguras liekuma rādiuss; r un r_1 – zobstarpas noapaļojuma rādiuss; B – zāģlentes platums;
 B_1 – zāģa plātnes platums, neieskaitot zobu augstumu; s – zāģa plātnes biezums;
 s_0 – zobu paplatinājuma vai izlocījuma lielums.

Koksnes zāģēšanai dalīšanas lentrāģmašīnās izmanto zāģlentes, kuru garums ir 7 ... 9 metri, platums – 85 ... 175 mm, biezums – 1,0 ... 1,4 mm, bet zobu soļa garums ir 20, 30 vai 50 mm (sk. 2.2.2. attēls C). Zobu augstums ir robežās no $\frac{1}{3}$ līdz $\frac{1}{4}$ no zobu soļa garuma.

Galdnieku lentrāģmašīnās izmanto šauras zāģlentes (sk. 2.2.2. attēlu D), kuru platums ir 10 ... 60 mm, biezums – 0,6 ... 0,9 mm, bet zobu soļa garums ir 6 ... 12 mm. Zobu augstums šīm zāģlentēm ir puse no zobu soļa garuma.

Optimālais zobu paplatinājuma vai izlocījuma lielums s_0 ir atkarīgs no zāģēšanas apstākļiem – ja koksnes mitrums ir lielāks, zobu paplatinājuma vai izlocījuma lielumam jābūt lielākam. Ieteicamie zobu paplatinājuma vai izlocījuma lielumi ir parādīti 2.3. tabulā.

2.3. tabula

Zāģlensu zobu paplatinājuma vai izlocījuma lielumi

Zāģlensu veids	Zobu paplatinājums vai izlocījums s_0 , mm			
	zāģējot skuju koku koksni		zāģējot lapkoku koksni	
	ja koksnes mitrums ir līdz 30% un ja koksne ir sasalusi	ja koksnes mitrums ir lielāks par 30%	ja koksnes mitrums ir līdz 30% un ja koksne ir sasalusi	ja koksnes mitrums ir lielāks par 30%
Balķu un brusu sazāģēšanas lentrāģmašīnu zāģlentes	0,5 ... 0,7	0,6 ... 0,8	0,4 ... 0,55	0,5 ... 0,6
Dalīšanas lentrāģmašīnu zāģlentes	0,4 ... 0,5	0,45 ... 0,55	0,3 ... 0,4	0,4 ... 0,5
Galdnieku lentrāģmašīnu zāģlentes	0,35 ... 0,4	0,4 ... 0,5	0,2 ... 0,35	0,3 ... 0,4

Griešanas zonā zāģlente pārvietojas virzes kustībā, bet, apliecoties ap skriemeļiem, – rotācijas kustībā. Pamatojoties uz to, ka visos zāģlentes kontūras punktos tās kustības ātrums ir vienāds, griešanas ātrums v , m s⁻¹, lentzāgmašīnās, neievērojot zāģlentes izslīdēšanu uz skriemeļiem, ir vienāds ar skriemeļu ārējās aplozes kustības lineāro ātrumu:

(2.2.1)

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60 \cdot 1000}$$

D – lentzāgmašīnas skriemeļa diametrs, mm;
 n – lentzāgmašīnas skriemeļa rotācijas frekvence, min⁻¹.

Padevi uz zobu u_z , mm, aprēķina, izmantojot šādu vienādojumu:

(2.2.2)

$$u_z = \frac{u \cdot t}{60 \cdot v} = \frac{1000 \cdot u \cdot t}{\pi \cdot D \cdot n}$$

u – padeves ātrums, m min⁻¹; t – zobu soļa garums, mm;
 v – griešanas ātrums, m s⁻¹;
 D – lentzāgmašīnas skriemeļa diametrs, mm;
 n – lentzāgmašīnas skriemeļa rotācijas frekvence, min⁻¹.

Skaidas biezumu h_{sk} , mm, lentzāgmašīnās, pamatojoties uz to, ka leņķis starp griešanas virzienu un koksnes šķiedru virzienu $\varphi = 90^\circ$, aprēķina analogiski gateriem, izmantojot 1.3.12. un 1.3.13. vienādojumu.

Zāģējot ar lentzāgmašīnu, griešanas spēka P_{gr} un radiālā griešanas spēka P_o vektori ir vērsti tāpat kā gateriem (sk. 2.1.5. attēlu A). Griešanas spēku P_{gr} , N, aprēķina, izmantojot šādu formulu:

(2.2.3)

$$P_{gr} = K \cdot b \cdot u_z \cdot z_l = \frac{K \cdot b \cdot H \cdot u}{60 \cdot v}$$

K – īpatnējais griešanas spēks, N mm⁻²;
 b – iezāģējuma platums (sk. 2.1.9. formulu), mm;
 u_z – padeve uz zobu, mm;
 z_l – zobu skaits, kas vienlaicīgi atrodas iezāģējumā;
 H – iezāģējuma augstums, mm;
 u – padeves ātrums, m min⁻¹;
 v – griešanas ātrums, m s⁻¹.

Zobu skaitu, kas vienlaicīgi atrodas iezāģējumā, z_l raksturo iezāģējuma augstuma un zobu soļa garuma attiecība:

(2.2.4)

$$z_l = \frac{H}{t}$$

H – iezāģējuma augstums, mm;
 t – zobu soļa garums, mm.

Radiālo griešanas spēku P_o , N, kas vērsts pretēji apstrādājamā materiāla uzvirzei griezējinstrumentam, aprēķina, izmantojot šādu vienādojumu:

(2.2.5)

$$P_o = P_{gr} \cdot a_o$$

P_{gr} – griešanas spēks, N;
 a_o – koeficients, ar kuru novērtē griežņa atspiešanu un kurš ir atkarīgs no griežņa nodiluma (2.4. tabula).

2.4. tabula

Koeficienta a_o vērtības atkarībā no griežņa darba ilguma pēc asināšanas

Griežņa darba ilgums T , h	0	1	2	3	4
Koeficienta a_o vērtības	0,15	0,25	0,35	0,40	0,45

Īpatnējo griešanas spēku (darbu) K , N mm^{-2} (J cm^{-3}), zāģējot ar lentzāģmašīnām, mikroskaidas un skaidas, kuras biezums ir lielāks par 0,1 mm, nogriešanas gadījumā aprēķina atšķirīgi:

1) ja skaidas biezums ir mazāks par 0,1 mm:

(2.2.6)

$$K = \left(0,55 \cdot \delta + 0,2 \cdot v + 38 + \frac{7,2 \cdot (a_\rho - 0,8)}{h_{sk}} \right) \cdot a_s + \alpha_b \cdot \frac{H}{b}$$

2) ja skaidas biezums ir lielāks par 0,1 mm:

(2.2.7)

$$K = \left(0,55 \cdot \delta + 0,2 \cdot v - 19,6 + \frac{7,2 \cdot a_\rho}{h_{sk}} \right) \cdot a_s + \alpha_b \cdot \frac{H}{b}$$

δ – griešanas leņķis, grādi;
 v – griešanas ātrums (ja $v < 45 \text{ m s}^{-1}$, šajos vienādojumos v ir jāaizvieto ar $90 - v$), m s^{-1} ;
 a_ρ – koeficients, ar kuru novērtē griežņa asuma pakāpi (sk. 1.2. tabulu);
 h_{sk} – skaidas biezums, mm;

a_s – koeficients, ar kuru novērtē koksnes sugu (priedei – 1,0; apsei – 0,85; eglei – 0,95; bērzam – 1,3; ozolam – 1,5);
 α_b – berzes intensitātes koeficients gar iezāģējuma malām (izmantojot zāģus ar placinātiem zobiem, $\alpha_b = 0,2$, bet, izmantojot zāģus ar izlocītiem zobiem, $\alpha_b = 0,25$), N mm^{-2} ;
 H – iezāģējuma augstums, mm;
 b – iezāģējuma platums, mm.

Lentzāģmašīnās griešanas jaudu N , kW, aprēķina, izmantojot šādu vienādojumu:

(2.2.8)

$$N = \frac{K \cdot b \cdot H \cdot u}{60 \cdot 1000}$$

K – īpatnējais griešanas darbs, J cm^{-3} ;
 b – iezāģējuma platums, mm;
 H – iezāģējuma augstums, mm;
 u – padeves ātrums, m min^{-1} .

2.2.2. Pieļaujamā padeves ātruma noteikšana

Nosakot pieļaujamo padeves ātrumu, jāievēro pieci ierobežojumi – pieļaujama apstrādātās koksnes virsmas raupjums, slodze, kas darbojas uz katru zāģa zobu, pieļaujama zobstarpas noslogojums, zāģa plātnes stabilitāte un lentzāģmašīnas griešanas mehānisma piedziņas motora jauda.

1. **Atkarībā no nepieciešamā zāģētās virsmas raupjuma** nosaka pieļaujamo padevi uz zobu $[u_z]$, mm, kura vērtības ir parādītas 2.5. tabulā, un aprēķina pieļaujamo padeves ātrumu u , m min^{-1} :

(2.2.9)

$$u \leq \frac{[u_z] \cdot \pi \cdot D \cdot n}{1000 \cdot t}$$

$[u_z]$ – pieļaujamā padeve uz zobu, mm;
 D – lentzāģmašīnas skriemeļa diametrs, mm;
 n – lentzāģmašīnas skriemeļa rotācijas frekvence, min^{-1} ;
 t – zobu soļa garums, mm.

2.5. tabula

Pieļaujamā padeve uz zobu, zāģējot ar lentzāģmašīnām

Maksimālais nelīdzenumu augstums uz zāģmateriālu virsmas Rm_{max} , μm	Pieļaujamā padeve uz zobu $[u_z]$, mm	
	zāģiem ar placinātiem zobiem	zāģiem ar izlocītiem zobiem
100 ... 200	0,15 ... 0,3	0,1 ... 0,25
200 ... 320	0,3 ... 0,6	0,25 ... 0,4
320 ... 500	0,6 ... 1,0	0,4 ... 0,6
500 ... 800	1,0 ... 1,5	0,6 ... 1,0
800 ... 1200	1,5 ... 2,0	1,0 ... 1,4

2. Atkarībā no slodzes, kas darbojas uz katru zobu, pieļaujamo padevi uz zobu $[u_z]$, mm, nosaka, izmantojot 2.1.20. izteiksmi, bet pieļaujamo padeves ātrumu u , m min^{-1} , lietojot šādu formulu:

(2.2.10)

$$u \leq \frac{[u_z] \cdot \pi \cdot D \cdot n}{1000 \cdot t} = \frac{s^2 \cdot \pi \cdot D \cdot n}{1000 \cdot c_1 \cdot t}$$

$[u_z]$ – pieļaujamā padeve uz zobu, mm;
 D – lentzāģmašīnas skriemeļa diametrs, mm;
 n – lentzāģmašīnas skriemeļa rotācijas frekvence, min^{-1} ;
 t – zobu soļa garums, mm;
 s – zāģa plātnes biezums, mm;

c_1 – eksperimentālais koeficients (ja zāģa zobi ir placināti, tad, zāģējot priedes koksni, koeficienta c_1 vērtība ir 3, bērza koksni – 4, ozola koksni – 6, bet, ja zāģa zobi ir izlocīti, koeficienta c_1 vērtība ir attiecīgi 4, 6 un 9).

3. Atkarībā no zāģlentes zobstarpas noslogojuma pieļaujamo padeves ātrumu u , m min^{-1} aprēķina, izmantojot šādu sakarību:

(2.2.11)

$$u \leq \frac{t \cdot \pi \cdot D \cdot n}{1000 \cdot m \cdot H_{max}}$$

t – zobu soļa garums, mm;
 D – lentzāģmašīnas skriemeļa diametrs, mm;
 n – lentzāģmašīnas skriemeļa rotācijas frekvence, min^{-1} ;
 H_{max} – maksimālais iezāģējuma augstums, mm;

m – koeficients, ar kuru novērtē zāģlentes zobstarpas laukumu un skaidas saspiešanas apstākļus tajā (balķu un brusu sazāģēšanas zāģlentēm $m = 5$, bet dalīšanas zāģlentēm $m = 6$).

4. Atkarībā no zāģlentes stabilitātes pieļaujamo padeves ātrumu u , m min^{-1} , aprēķina, izmantojot šādu formulu:

(2.2.12)

$$u = c_2 \cdot \sqrt{\frac{s^3 \cdot B_1}{H_{max}}}$$

c_2 – eksperimentālais koeficients (zāģējot skujkoku un mīksto lapkoku koksni, $c_2 = 25$, bet, zāģējot cieto lapkoku koksni, $c_2 = 12$);
 s – zāģa plātnes biezums, mm;

B_1 – zāģa plātnes platums, neieskaitot zobu augstumu (sk. 2.2.2. att., 2.1.30. formulu), mm;
 H_{max} – maksimālais iezāģējuma augstums, mm.

5. Griešanas režīms ir jānodrošina tāds, lai griešanas jauda nepārsniegtu lentzāģmašīnas attīstīto lietderīgo jaudu (sk. 2.1.35. izteiksmi).

Pieļaujamo padeves ātrumu u , m min⁻¹, atkarībā no lentzāģmašīnas griešanas mehānisma piezīņas jaudas nosacījuma aprēķina, izmantojot šādu izteiksmi:

(2.2.13)

$$\frac{K \cdot b \cdot H \cdot u}{60 \cdot 1000} \leq N_{dz} \cdot \eta$$

K – īpatnējais griešanas darbs, J cm⁻³;

b – iezāģējuma platums, mm;

H – iezāģējuma augstums, mm;

u – padeves ātrums, m min⁻¹;

N_{dz} – lentzāģmašīnas griešanas mehānisma piezīņas motora jauda, kW;

η – lentzāģmašīnas griešanas mehānisma piezīņas lietderības koeficients.

Lentzāģmašīnās ar griešanas mehānisma piezīņas lietderības koeficientu η novērtē arī skrieņu aerodinamisko pretestību – ja dzenošais skriemelis ir izveidots ar spieķiem, $\eta = 0,7$ bet, ja bez spieķiem, $\eta = 0,8$.

2.2.13. nevienādību atrisina analogiski 2.1.33. nevienādībai. Lai īpatnējo griešanas darbu K varētu izteikt kā funkciju no padeves ātruma u , vispirms jāizsaka skaidas biežums h_{sk} (sk. 1.3.12. un 1.3.13. vienādojumu) kā funkcija no padeves ātruma. Piemēram, izmantojot zāģus ar izlocītiem zobiem, skaidas biežums h_{sk} (sk. 1.3.13. un 2.2.2. vienādojumu):

(2.2.14)

$$h_{sk} = u_z \cdot \frac{b}{s} = \frac{1000 \cdot u \cdot t \cdot b}{\pi \cdot D \cdot n \cdot s}$$

Ievietojot 2.2.14. izteiksmi 2.2.6. vai 2.2.7. formulā, var aprēķināt pieļaujamo padeves ātrumu atkarībā no griešanas jaudas nosacījuma. Jāatzīmē, ka, iepriekš nezinot padeves ātruma vērtību, nav iespējams aprēķināt skaidas biežumu, kā rezultātā nav arī zināms, vai īpatnējā griešanas darba aprēķināšanai ir jāizmanto 2.2.6. vai 2.2.7. formula. Šajā nolūkā skaidas biežuma vērtība, kas izteikta kā funkcija no padeves ātruma, jāievieto vienā no dotajām īpatnējā griešanas darba aprēķināšanas formulām, un pēc padeves ātruma atkarībā no griešanas mehānisma piezīņas jaudas noteikšanas jāpārbauda skaidas biežuma vērtība. Ja, piemēram, padeves ātrums aprēķināts, izmantojot īpatnējā griešanas darba formulu, kas raksturo griešanas apstākļus mikroskaidas nogriešanas gadījumā, bet faktiskais skaidas biežums izrādās lielāks par 0,1 mm, padeves ātrums atkarībā no griešanas mehānisma piezīņas jaudas nosacījuma ir jāpārreķina, izmantojot īpatnējā griešanas darba formulu, kas raksturo griešanas apstākļus, nogriežot skaidu, kuras biežums ir lielāks par 0,1 mm.

Maksimāli pieļaujamo padeves ātruma vērtību, zāģējot ar lentzāģmašīnu, nosaka, savstarpēji salīdzinot rezultātus, kas iegūti, atrisinot 2.2.9., 2.2.10., 2.2.11., 2.2.12. un 2.2.13. izteiksmi. Pieļaujamā padeves ātruma vērtība ir mazākā no tām.

2.3. Griešanas process ripzāģmašīnās

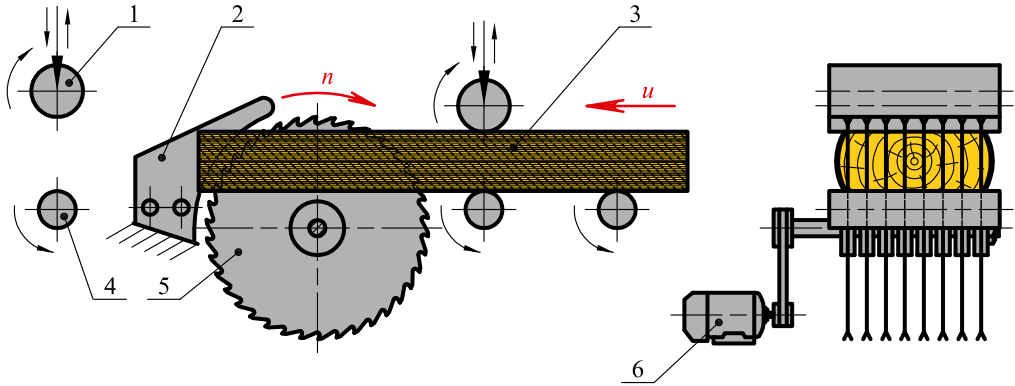
2.3.1. Griešanas procesa raksturojums

Ripzāģmašīnas (2.3.1. attēls) ir darbmāšīnas, kurās koksnes zāģēšanai lieto zāģripas. Zāģripas ir disķveida daudzgriežņu instrumenti, kuriem perifērijā ir izveidoti zobi. Tās izmanto dažādu materiālu – apaļo kokmateriālu, zāģmateriālu, līmētas koksnes un plātņu materiālu – zāģēšanai gan garenvirzienā, gan arī šķērsvirzienā.

Kokzāģēšanā visplašāk lieto plakanās zāģripas (2.3.2. attēls A) ar pielodētām cietskausējuma plāksnītēm vai bez tām. Zāģripu griešanas aploces diametrs ir robežās no 125 līdz 2000 mm, bet bāzēšanas urbuma diametrs parasti ir 30, 32, 40, 50 vai 80 mm, savukārt zāģripas plātnes biežums ir 1,2 līdz 6,5 mm.

2.3.1. attēls

Garenzāģēšanas ripzāģmašīna

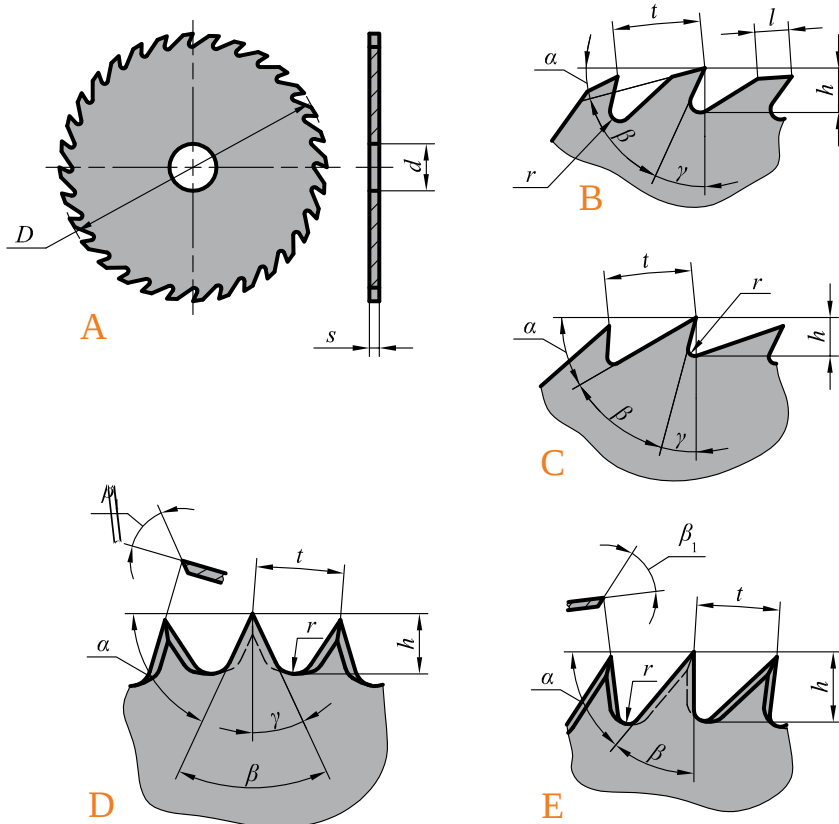


1 – augšējais padeves veltnis; 2 – šķēlējnazis; 3 – sazāģējamais materiāls; 4 – apakšējais padeves veltnis; 5 – zāģripa; 6 – griešanas mehānisma elektromotors; n – rotācijas virziens; u – padeves kustības virziens.

Garenzāģēšanas zāģripām ir pozitīvs zobu priekšējais leņķis γ . Zāģripām, kuru diametrs ir lielāks par 200 mm, zobus izveido ar lauztu muguru (2.3.2. attēls B), bet mazāka diametra zāģripām – arī ar trīsstūrveida zobu profilu (2.3.2. attēls C). Zobu leņķiskie parametri ir šādi: priekšējais leņķis $\gamma = 20 \dots 35^\circ$, asinājuma leņķis $\beta = 20 \dots 35^\circ$. Garenzāģēšanas zāģripām zobu skaits parasti ir 20, 24, 30, 36, 42, 48, 60, 72 u.c.

2.3.2. attēls

Plakanās zāģripas



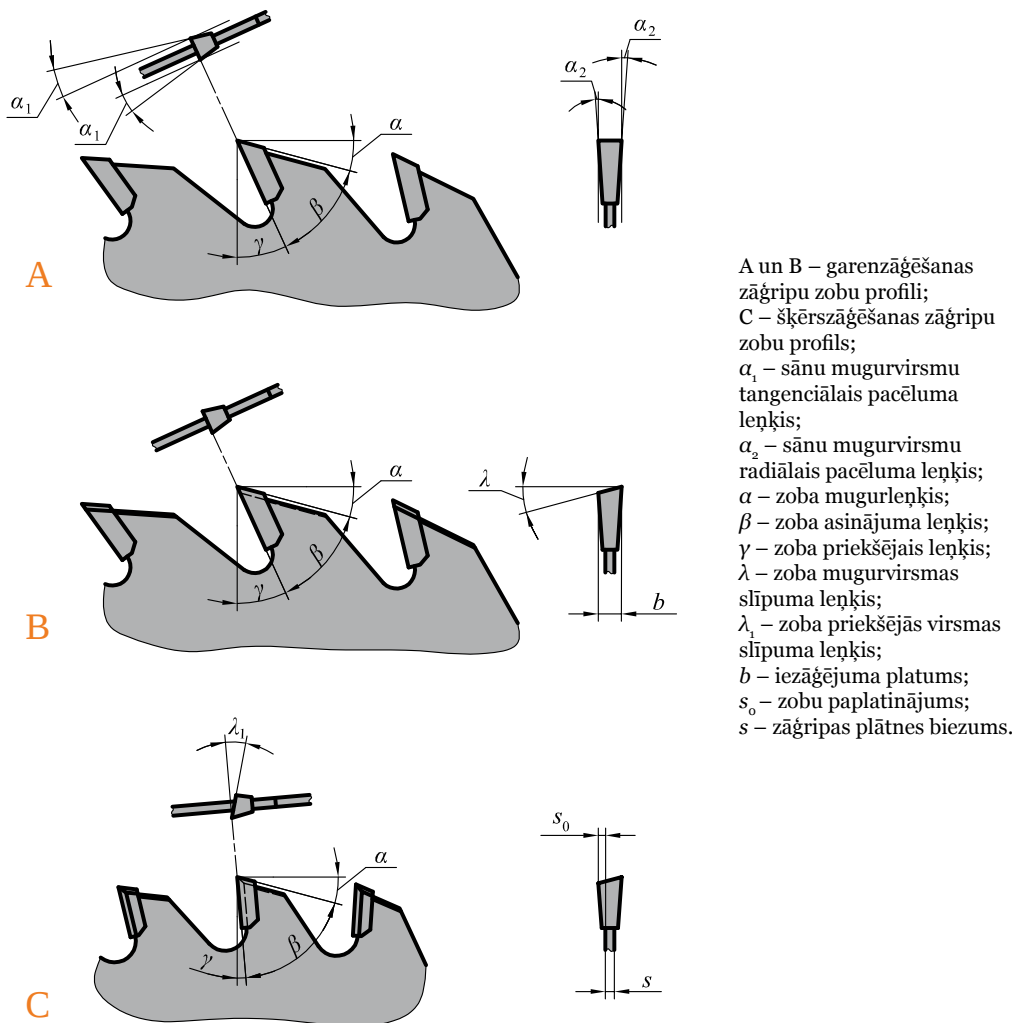
A – zāģripas galvenie parametri; B un C – garenzāģēšanas zāģripu zobu profili; D un E – šķērszāģēšanas zāģripu zobu profili; D – griešanas aploces diametrs; d – bāzēšanas urbuma diametrs; s – zāģripas plātnes biezums; α – zoba mugurleņķis; β – zoba asinājuma leņķis; γ – zoba priekšējais leņķis; β_1 – zoba sānu griezējšķautņņu asinājuma leņķis; l – zoba muguras garums; r – zobstarpas noapaļojuma rādiuss; t – zobu soļa garums; h – zoba augstums.

Šķērszāģēšanas zāgripām zobi ir izveidoti ar 0° vai negatīvu zobu priekšējo leņķi γ un zobu sānu griezējšķautņu asinājumu leņķi $\beta_1 = 45 \dots 52^\circ$ (2.3.2. attēls D un E). Šādas speciālas prasības šķērszāģēšanai paredzēto zāgripu zobiem ir izvirzītas tādēļ, ka koksnes šķiedras pārgriež zobu sānu griezējšķautnes, un ir nepieciešams radīt atbalstu pārgriežamajām šķiedrām. Ja šķērszāģēšanu veic ar garenzāģēšanai paredzētajām zāgripām, kuru zobu priekšējais leņķis ir pozitīvs, koksnes šķiedras netiek pārgrieztas, bet gan izrautas, kā rezultātā palielinās zāģēto virsmu raupjums. Zāgripas ar negatīvu priekšējo leņķi (2.3.2. attēls D) lieto šķērszāģēšanas ripzāģmašīnās ar zāgripas augšējo novietojumu attiecībā pret sazāģējamo materiālu ($\gamma = -25^\circ, \beta = 50^\circ$). Savukārt zāgripas ar 0° priekšējo leņķi (2.3.2. attēls E) lieto ripzāģmašīnās ar zāgripas centra apakšējo novietojumu attiecībā pret apstrādājamo materiālu ($\gamma = 0^\circ, \beta = 40^\circ$). Šķērszāģēšanas zāgripu zobu skaits parasti ir 54, 60, 72, 90, 120, 145 u.c.

Zāgripām ar cietsakausējuma plāksnītēm zobi netiek izlocīti vai placināti, jo nepieciešamā platumā iezāģējumu iegūst, zāģa korpusam pielodējot cietsakausējuma plāksnītes, kuras ir platākas par zāgripas plātnes biezumu. Zāgripas ar plakanām cietsakausējuma plāksnītēm (bez priekšējās virsmas un mugurvirsmas slīpuma, 2.3.3. attēls A), kā arī ar mugurvirsmu divpusēji slīpu asinājumu (priekšējā virsma nav uzasināta slīpi, 2.3.3. attēls B) izmanto masīvas koksnes garenzāģēšanai. Šī tipa zāgripas var būt izveidotas arī ar visu zobu mugurvirsmu vienaspusējo slīpumu uz labo vai kreiso pusi, kas nodrošina precīzas iezāģējuma malas šķautnes iegūšanu no vienas puses (ieteicams lietot apzāģēšanai, kā arī tapu izzāģēšanai). Zāgripas ar zobu priekšējo virsmu un mugurvirsmu divpusēji slīpu asinājumu (2.3.3. attēls C) izmanto masīvas un līmētas koksnes šķērszāģēšanai, kā arī plātņu materiālu sazāģēšanai.

2.3.3. attēls

Plakano zāgripu ar pielodētām cietsakausējuma plāksnītēm zobu profili



Zāgripu, kurām pielodētas cietsakausējuma plāksnītes, zobu leņķiskie parametri jāizvēlas atkarībā no sazāģējamā materiāla un zāģēšanas veida (2.6. tabula).

2.6. tabula

Zāgripu, kurām pielodētas cietsakausējuma plāksnītes, zobu leņķiskie parametri				
Apstrādājamo materiāls	Zāģēšanas veids	Zobu leņķiskie parametri, grādi		
		priekšējais leņķis γ	asinājuma leņķis β	mugurleņķis α
Miksta koksne	Garenzāģēšana	25 ... 30	40 ... 45	20
	Šķērszāģēšana	5 ... 10	65 ... 70	15
Cieta koksne	Garenzāģēšana	20 ... 25	55 ... 50	15
	Šķērszāģēšana	0 ... 5	75 ... 70	15
Līmēta masīvā koksne un saplākšņi	Garenzāģēšana	15 ... 20	65 ... 60	10
	Šķērszāģēšana	0 ... 10	75 ... 65	15

Zāgripu zobu paplatinājuma vai izlocījuma lielumi s_0 ir doti 2.7. tabulā. Ja koksnes mitrums ir līdz 25 ... 30 %, izvēlas mazāku zobu izlocījuma vai paplatinājuma lielumu, bet, ja koksnes mitrums ir lielāks par 25 ... 30 %, – zobu izlocījumam vai paplatinājumam jābūt lielākam.

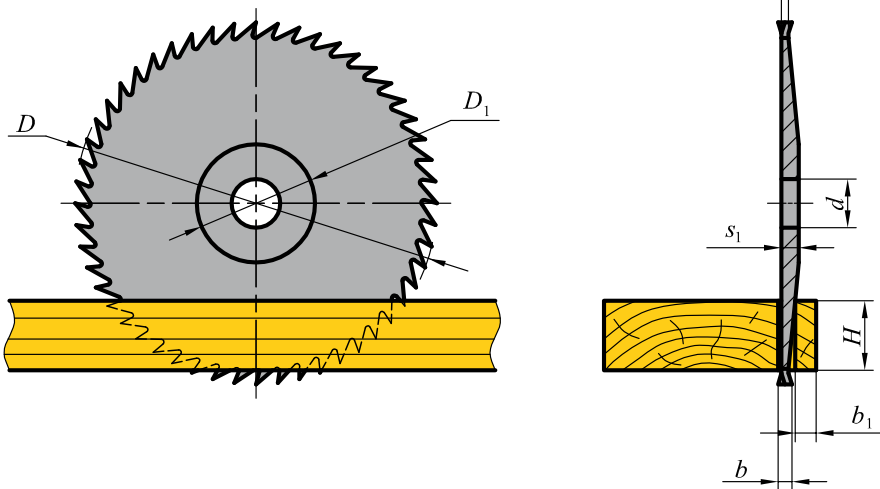
2.7. tabula

Zāgripu zobu paplatinājuma vai izlocījuma lielumi			
Zāģēšanas veids	Zāgripas griešanas aploces diametrs, mm	Zobu paplatinājuma vai izlocījuma lielums uz katru zāģa plātnes pusi s_0 , mm	
		Zāģējot skujkoku un mīksto lapkoku koksni	Zāģējot cieto lapkoku koksni
Garenzāģēšana	125 ... 350	0,35 ... 0,55	0,25 ... 0,45
	350 ... 500	0,55 ... 0,65	0,45 ... 0,55
	500 ... 700	0,65 ... 0,75	0,55 ... 0,65
	700 ... 1000	0,75 ... 0,95	0,65 ... 0,8
	1000 ... 1250	0,95 ... 1,1	0,8 ... 1,0
	1250 ... 1500	1,1 ... 1,4	1,0 ... 1,3
Šķērszāģēšana	125 ... 500	0,2 ... 0,4	
	500 ... 1000	0,4 ... 0,6	
	1000 ... 1600	0,6 ... 0,9	

Bez plakanajām zāgripām kokapstrādē lieto arī koniskās zāgripas (2.3.4. att.), kuras paredzētas tikai garenzāģēšanai un kurām perifērijas daļa ir plānāka nekā vidusdaļa. Tas ļauj taupīt koksni un enerģiju, jo veidojas neliela platuma (1,6 ... 2 mm) iezāģējums, kas ir vidēji divas reizes mazāks, salīdzinot ar iezāģējuma platumu, kas veidojas, lietojot tāda paša diametra plakanās zāgripas. Zāģējot ar koniskajām zāgripām, atzāģētā materiāla daļa ar konusu tiek atliekta, lai zāgripa neiesprūstu iezāģējumā. Koniskās zāgripas var lietot, ja iezāģējuma augstums ir līdz 160 mm, bet atdalāmās daļas biezums – līdz 15 mm. Sakarā ar to, ka šo zāgripu biezums pie zobotās malas ir salīdzinoši mazs, zobi spēj uzņemt tikai nelielu slodzi, kas izraisa nepieciešamību zāģus izgatavot ar lielu zobu skaitu (parasti 100).

2.3.4. attēls

Koniskā zāgripa



D – griešanas aploces diametrs; D_1 – zāgripas vidusdaļas diametrs; d – bāzēšanas urbuma diametrs; b – iezāģējuma platums; b_1 – atdalāmās materiāla daļas biezums; s – zāgripas plātnes biezums tās perifērijā; s_1 – zāgripas plātnes biezums tās vidusdaļā; H – iezāģējuma augstums.

Ripzāģmašīnās griešanas kustību realizē ar zāgripas rotāciju, tādēļ griešanas ātrumu v , m s^{-1} , ripzāģmašīnās aprēķina, izmantojot šādu vienādojumu:

(2.3.1)

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60 \cdot 1000}$$

D – zāgripas griešanas aploces diametrs, mm;
 n – zāgripas rotācijas frekvence, min^{-1} .

Optimālais griešanas ātrums ripzāģmašīnām ir 40 ... 60 m s^{-1} .

Padevi uz zobu u_z , mm, aprēķina, izmantojot šādu sakarību:

(2.3.2)

$$u_z = \frac{1000 \cdot u}{n \cdot z}$$

u – padeves ātrums, m min^{-1} ;
 n – zāgripas rotācijas frekvence, min^{-1} ;
 z – zāgripas zobu skaits.

Nogrieztās skaidas biezums, zāģējot garenzāģēšanas ripzāģmašīnās, ir mainīgs parametrs, un tā izmaiņas notiek griešanas aploces rādiusa virzienā – no minimālās vērtības $h_{sk\ min}$ zāģa zobam sākot iedziļināties koksni, līdz maksimālajai vērtībai $h_{sk\ max}$, zāģa zobam izejot no griešanas zonas (2.3.5. attēls). Tas izskaidrojams ar to, ka griešanas virziens ir orientēts gareniski – šķērsām attiecībā pret koksnes šķiedru virzienu, jo, zāģa zobam izejot caur griešanas zonu, palielinās leņķis starp griešanas virzienu un koksnes šķiedru virzienu φ . Tādēļ parasti aprēķina skaidas biezuma h_{sk} , mm, vidējo vērtību, izmantojot šādas izteiksmes:

1) zāgripām ar placinātiem zobiem vai pielodētām cietsakausējuma plāksnītēm:

(2.3.3)

$$h_{sk} = u_z \cdot \sin\varphi_{vid}$$

2) zāgripām ar izlocītiem zobiem:

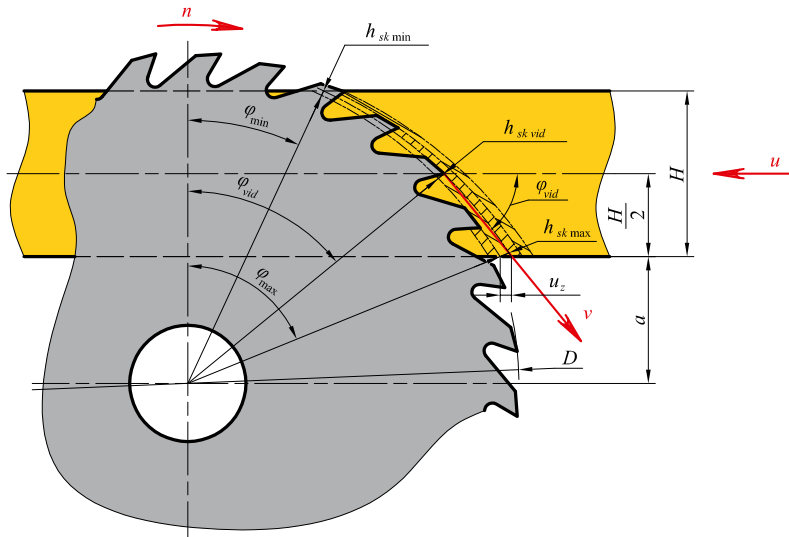
(2.3.4)

$$h_{sk} = u_z \cdot \frac{b}{s} \cdot \sin\varphi_{vid}$$

u_z – padeve uz zobu, mm;
 φ_{vid} – vidējais leņķis starp griešanas virzienu un koksnes šķiedru virzienu, grādi;
 b – iezāģējuma platums (sk. 2.1.9. formulu), mm;
 s – zāģa plātnes biezums, mm.

2.3.5. attēls

Skaidas parametri, zāģējot garenzāģēšanas ripzāģmašīnās



$h_{sk\ min}$, $h_{sk\ vid}$ un $h_{sk\ max}$ – minimālais, vidējais un maksimālais skaidas biezums; u_z – padeve uz zobu;
 φ_{min} , φ_{vid} un φ_{max} – minimālais, vidējais un maksimālais leņķis starp griešanas virzienu un koksnes šķiedru virzienu; H – iezāģējuma augstums; v – griešanas kustības virziens; u – padeves kustības virziens;
 n – rotācijas virziens; a – attālums no zāģripas centra līdz sazāģējamam materiālam;
 D – griešanas aploces diametrs.

Vidējo leņķi starp griešanas virzienu un koksnes šķiedru virzienu φ_{vid} , grādi, aprēķina, izmantojot šādu sakarību:

(2.3.5)

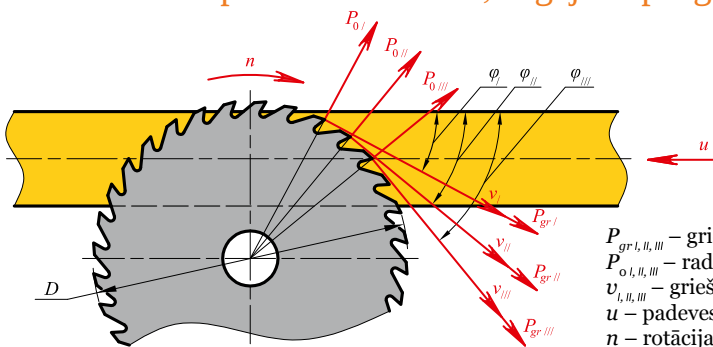
$$\varphi_{vid} = \arccos \frac{2 \cdot a + H}{D}$$

a – attālums no zāģripas centra līdz sazāģējamam materiālam, mm;
 H – iezāģējuma augstums, mm;
 D – zāģripas griešanas aploces diametrs, mm.

Zāģējot ar ripzāģmašīnām, griešanas spēka P_{gr} un radiālā griešanas spēka P_o vektoru savstarpējais vērsums ir analogisks gateriem un lentzāģmašīnām, bet griešanas spēku vērsums attiecībā pret koksnes šķiedru virzienu ir atšķirīgs (2.3.6. attēls). Tā kā griešanas kustība ir realizēta ar zāģripas rotāciju, nepārtraukti mainās leņķis starp griešanas virzienu un koksnes šķiedru virzienu φ , kā rezultātā mainās arī griešanas spēku vērsumi. Turklāt katram no iezāģējumā vienlaicīgi esošajiem zāģa zobiem griešanas spēki ir vērsti atšķirīgos virzienos, savstarpējam leņķim starp griešanas spēka P_{gr} un radiālā griešanas spēka P_o vektoriem paliekot nemainīgam.

2.3.6. attēls

Griešanas procesa dinamika, zāģējot ripzāģmašīnās



$P_{gr\ I, II, III}$ – griešanas spēka vektori;
 $P_{o\ I, II, III}$ – radiālā griešanas spēka vektori;
 $v_{I, II, III}$ – griešanas ātruma vektori;
 u – padeves ātruma vektors;
 n – rotācijas virziens;
 D – griešanas aploces diametrs;
 $\varphi_{I, II, III}$ – leņķi starp griešanas virzienu un koksnes šķiedru virzienu.

Griešanas spēku P_{gr} , N, aprēķina, izmantojot šādu formulu:

(2.3.6)

$$P_{gr} = \frac{K \cdot b \cdot H \cdot u}{60 \cdot v}$$

K – īpatnējais griešanas spēks, N mm⁻²;
 b – iezāģējuma platums, mm;
 H – iezāģējuma augstums, mm;
 u – padeves ātrums, m min⁻¹;
 v – griešanas ātrums, m s⁻¹.

Radiālo griešanas spēku P_0 , N, aprēķina, izmantojot 2.1.13. vienādojumu. Koeficienta a_0 ar kuru novērtē griežņa atspiešanu un kurš ir atkarīgs no griežņa nodiluma, vērtības, zāģējot ripzāģmašīnās, ir parādītas 2.8. tabulā.

2.8. tabula

Koeficienta a_0 , ar kuru novērtē griežņa atspiešanu un kurš ir atkarīgs no griežņa nodiluma, vērtības

Zāģēšanas veids	Padeve uz zobu u_z , mm	0,1	0,2	0,3	0,5	0,8	1,0
Garenzāģēšana	Griežņa asums	Koeficienta a_0 vērtības					
	Ass	1,0	0,7	0,5	0,25	0,1	0,05
	Vidējs	0,7	0,5	0,3	0,05	-0,05	-0,1
	Neass	0,4	0,2	0,05	-0,05	-0,15	-0,2
Šķērszāģēšana	Zoba priekšējais leņķis γ , grādi	Koeficienta a_0 vērtības					
	0	0,36					
	0 ... -20	0,4					
	-20 ... -35	0,5					

Īpatnējo griešanas spēku (darbu) K , N mm⁻² (J cm⁻³), zāģējot ar garenzāģēšanas ripzāģmašīnām, mikroskaidas un skaidas, kuras biezums ir lielāks par 0,1 mm, nogriešanas gadījumā aprēķina atšķirīgi:

1) ja skaidas biezums ir mazāks par 0,1 mm:

(2.3.7)

$$K = \left[K_{pr} + \left(8 + \frac{a_p - 0,8}{h_{sk}} \right) \cdot (4,0 + 0,036 \cdot \varphi_{vid}) \right] \cdot a_s + a_b \cdot \frac{H}{b}$$

2) ja skaidas biezums ir lielāks par 0,1 mm:

(2.3.8)

$$K = \left[K_{pr} + \frac{(4,0 + 0,036 \cdot \varphi_{vid}) \cdot a_p}{h_{sk}} \right] \cdot a_s + a_b \cdot \frac{H}{b}$$

K_{pr} – spiediens uz griežņa priekšējo virsmu skaidas veidošanās zonā, N mm⁻²;
 a_p – koeficients, ar kuru novērtē griežņa asuma pakāpi (sk. 1.2. tabulu);
 h_{sk} – skaidas biezums, mm;
 φ_{vid} – vidējais leņķis starp griešanas virzienu un koksnes šķiedru virzienu, grādi;

a_s – koeficients, ar kuru novērtē koksnes sugu (priedei – 1,0; apsei – 0,85; eglei – 0,95; bērzam – 1,3; ozolam – 1,5);
 a_b – berzes intensitātes koeficients gar iezāģējuma malām (izmantojot zāģripas ar placinātiem zobiem vai pielodētām cietskausējuma plāksnītēm, $a_b = 0,6$ bet, izmantojot zāģripas ar izlocītiem zobiem, $a_b = 0,75$ N mm⁻²);
 H – iezāģējuma augstums, mm;
 b – iezāģējuma platums, mm.

Spiedienu uz griežņa priekšējo virsmu skaidas veidošanās zonā K_{pr} , N mm⁻² aprēķina, izmantojot šādu vienādojumu:

(2.3.9)

$$K_{pr} = (0,20 + 0,0039 \cdot \varphi_{vid}) \cdot \delta + (0,07 + 0,0014 \cdot \varphi_{vid}) \cdot v - 5,4 - 0,158 \cdot \varphi_{vid}$$

φ_{vid} – vidējais leņķis starp griešanas virzienu un koksnes šķiedru virzienu, grādi;

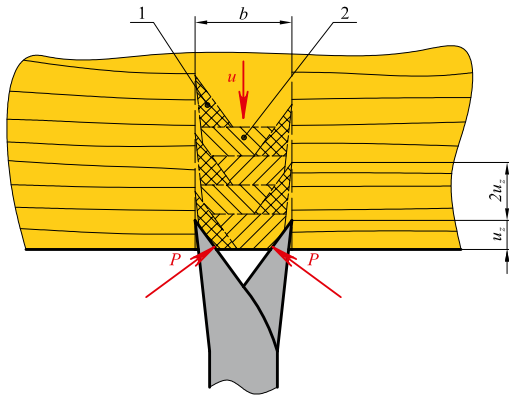
δ – griešanas leņķis, grādi;

v – griešanas ātrums (ja $v < 45$ šajā vienādojumā v jāaizvieto ar $90 - v$), m s⁻¹.

Zāģējot ar šķērszāģēšanas zāgripām, kuru zobi ir izlocīti, un zāģa zobiem iedzilīnīties koksnē, sākotnēji nenotiek skaidas nogriešana, bet zāģa zobi ar spēku P deformē koksni (2.3.7. attēls). Zāģa zobiem turpinot iedzilīnīties koksnē un sasniedzot dziļumu, kas vienāds ar padevi uz zobu u_z , paralēli šķiedru virzienam tiek pārbīdīts koksnes elements, kas atrodas starp zāģa zobu iegriezumiem – pārmaiņus vienā un otrā iezāģējuma malā. Līdz ar to skaidas elementi tiek nevis nogriezti, bet gan nobīdīti koksnes šķiedru virzienā.

2.3.7. attēls

Skaidas parametri, zāģējot šķērszāģēšanas ripzāgmašīnās



u_z – padeve uz zobu;

b – iezāģējuma platums;

u – padeves kustības virziens;

P – zāģa zoba spiediena spēks;

1 – deformētā koksnes daļa;

2 – skaidas elements.

Īpatnējo griešanas spēku (darbu) K , N mm⁻² (J cm⁻³), zāģējot ar šķērszāģēšanas ripzāgmašīnām, aprēķina atšķirīgi atkarībā no iezāģējuma platuma:

1) ja iezāģējuma platums ir mazāks par 3,5 mm:

(2.3.10)

$$K = \left[60,8 - 13,7 \cdot b + (0,41 - 0,0059 \cdot \gamma) \cdot \beta_1 + \frac{0,98 \cdot a_\rho}{u_z} \right] \cdot a_s$$

2) jebkuram iezāģējuma platumam:

(2.3.11)

$$K = 65 \cdot u_z^{-0,15} \cdot b^{-0,5} \cdot a_\rho \cdot a_s \cdot a_w \cdot a_{\gamma\beta_1}$$

b – iezāģējuma platums, mm;

γ – zoba priekšējais leņķis, grādi;

β_1 – zoba sānu griezējšķautņu asinājuma leņķis, grādi;

a_ρ – koeficients, ar kuru novērtē griežņa asuma pakāpi (sk. 1.2. tabulu);

u_z – padeve uz zobu, mm;

a_s – koeficients, ar kuru novērtē koksnes sugu (priedei –

1,0; apsei – 0,85; eglei – 0,95; bērzam – 1,3; ozolam – 1,5);

a_w – koeficients, ar kuru novērtē koksnes mitrumu (2.9. tabula);

$a_{\gamma\beta_1}$ – koeficients, ar kuru novērtē zoba priekšējā leņķa γ un sānu griezējšķautņu asinājuma leņķa β_1 vērtību (2.10. tabula).

2.9. tabula

Koeficienta a_w , ar kuru novērtē koksnies mitrumu, vērtības

Koksnies mitrums W , %	8 ... 12	18 ... 22	25 ... 30	50 ... 70	Lielāks par 70 %	Sasalusi koksnies, kuras mitrums ir lielāks par 30%
Koeficienta a_w , vērtības	1,0	1,07	1,08	1,13	1,19	1,5

2.10. tabula

Koeficienta $a_{\gamma\beta_1}$, ar kuru novērtē zoba priekšējā leņķa un sānu griezējšķautņu asinājuma leņķa vērtību, lielumi

Zoba sānu griezējšķautņu asinājuma leņķis β_1 , grādi	Zoba priekšējais leņķis γ , grādi			
	10	-5	-20	-35
	Koeficienta $a_{\gamma\beta_1}$ lielumi			
80	0,8	1,2	1,3	1,7
70	0,7	0,9	1,0	1,2
65	0,65	0,75	0,85	1,0
60	0,62	0,72	0,82	0,9
40	0,6	0,7	0,8	0,85

Ripzāgmašīnas griešanas jaudu N , kW, aprēķina, izmantojot šādu izteiksmi:

(2.3.12)

$$N = \frac{K \cdot b \cdot H \cdot z_z \cdot u}{60 \cdot 1000}$$

K – īpatnējais griešanas darbs, $J \text{ cm}^3$;
 b – iezāģējuma platums, mm;
 H – iezāģējuma augstums, mm;
 z_z – zāģripu skaits, kas nostiprinātas uz darba vārpstas;
 u – padeves ātrums, m min^{-1} .

2.3.2. Pieļaujamā padeves ātruma noteikšana garenzāģēšanas ripzāgmašīnām

Nosakot pieļaujamo padeves ātrumu, jāievēro pieci ierobežojumi – pieļaujamo apstrādātās koksnies virsmas raupjums, slodze, kas darbojas uz katru zāģa zobu, pieļaujamo zobstarpas noslojums, zāģripas plātnes stabilitāte un ripzāgmašīnas griešanas mehānisma piedziņas motora jauda.

1. Atkarībā no nepieciešamā zāģētās virsmas raupjuma nosaka pieļaujamo padevi uz zobu $[u_z]$, mm (2.11. tabula) un aprēķina pieļaujamo padeves ātrumu u , m min^{-1} :

(2.3.13)

$$u \leq \frac{[u_z] \cdot z \cdot n}{1000}$$

$[u_z]$ – pieļaujamā padeve uz zobu, mm;
 z – zāģripas zobu skaits;
 n – zāģripas rotācijas frekvence, min^{-1} .

2.11. tabula

Pieļaujamā padeve uz zobu, zāģējot ar garenzāģēšanas ripzāgmašīnām

Maksimālais nelīdzenumu augstums uz zāģmateriālu virsmas Rm_{max} , μm	Pieļaujamā padeve uz zobu $[u_z]$, mm	
	zāģiem ar placinātiem zobiem	zāģiem ar izlocītiem zobiem
100 ... 200	0,2 ... 0,3	0,15 ... 0,2
200 ... 320	0,3 ... 0,5	0,2 ... 0,35
320 ... 500	0,4 ... 0,65	0,35 ... 0,45
500 ... 800	0,65 ... 0,95	0,45 ... 0,65
800 ... 1200	0,95 ... 1,2	0,65 ... 0,8

Ja vidējais leņķis starp griešanas virzienu un koksnes šķiedru virzienu ir līdz $50 \dots 60^\circ$, var izvēlēties lielāku padeves uz zobu vērtību, bet, ja šis leņķis ir lielāks par $50 \dots 60^\circ$, pieļaujamā padeve uz zobu jāizvēlas mazāka. Zāģējot ar asiem zāģiem, pieļaujamā padeve uz zobu var būt lielāka, bet, ja zāģa griežņi ir neasi, pieļaujamai padevei uz zobu jābūt mazākai. Zāģējot ar evēlzāģiem, var panākt, ka virsmas raupjums $Rm_{max} = 100 \mu\text{m}$, ja padeve uz zobu ir līdz $0,3 \text{ mm}$, $Rm_{max} = 63 \mu\text{m}$, ja padeve uz zobu ir līdz $0,15 \text{ mm}$, un $Rm_{max} = 40 \mu\text{m}$, ja padeve uz zobu ir mazāka par $0,1 \text{ mm}$.

2. Atkarībā no slodzes, kas darbojas uz katru zobu, pieļaujamo padevi uz zobu $[u_z]$, mm nosaka, izmantojot 2.1.20. izteiksmi, bet pieļaujamo padeves ātrumu u , m min^{-1} , lietojot šādu sakarību:

(2.3.14)

$$u \leq \frac{[u_z] \cdot z \cdot n}{1000} = \frac{s^2 \cdot z \cdot n}{1000 \cdot c_1}$$

$[u_z]$ – pieļaujamā padeve uz zobu, mm;
 z – zāģripas zobu skaits;
 n – zāģripas rotācijas frekvence, min^{-1} ;
 s – zāģripas plātnes biezums, mm;

c_1 – eksperimentālais koeficients (ja zāģa zobi ir placināti vai ar cietsakausējuma plāksnītēm, zāģējot priedes koksni, koeficienta c_1 vērtība ir 3, bērza koksni – 4, ozola koksni – 6, bet, ja zāģa zobi ir izlocīti, koeficienta c_1 vērtība ir attiecīgi 4, 6 un 9).

3. Atkarībā no zāģripas zobu zobstarparas noslogojuma nosacījuma padevi uz zobu u_z , mm, aprēķina, izmantojot šādu formulu:

(2.3.15)

$$u_z \leq \frac{[\Theta] \cdot F_{zs}}{H_{max}}$$

$[\Theta]$ – pieļaujama zobstarparas aizpildīšanas koeficients (izmantojot zāģus ar placinātiem zobiem vai ar cietsakausējuma plāksnītēm, $[\Theta] = 0,3 \dots 0,4$, bet, izmantojot zāģus ar izlocītiem zobiem, $[\Theta] = 0,4 \dots 0,5$);
 F_{zs} – zobstarparas laukums, mm^2 ;
 H_{max} – maksimālais iezāģējuma augstums, mm.

Zobstarparas laukumu F_{zs} , mm^2 standartprofila garenzāģēšanas zāģripām aprēķina, izmantojot šādu vienādojumu:

(2.3.16)

$$F_{zs} = 0,25 \cdot t^2 \quad t - \text{zobu soļa garums, mm.}$$

Zāģripas zobu soļa garumu t , mm, var aprēķināt, izmantojot šādu izteiksmi:

(2.3.17)

$$t = D \cdot \sin \frac{180^\circ}{z} \quad D - \text{zāģripas griešanas aploces diametrs, mm};$$

$$z - \text{zāģripas zobu skaits.}$$

Pieļaujamo padeves ātrumu u , m min^{-1} , atkarībā no zobstarpas noslogojuma nosacījuma aprēķina, izmantojot šādu sakarību:

(2.3.18)

$$u \leq \frac{[u_z] \cdot z \cdot n}{1000} = \frac{[\Theta] \cdot F_{zs} \cdot z \cdot n}{1000 \cdot H_{\max}}$$

$[u_z]$ – pieļaujamā padeve uz zobu, mm ; $[\Theta]$ – pieļaujamais zobstarpas aizpildīšanas koeficients (sk. 2.3.15. formulu);
 z – zāģripas zobu skaits; F_{zs} – zobstarpas laukums, mm^2 ;
 n – zāģripas rotācijas frekvence, min^{-1} ; H_{\max} – maksimālais iezāģējuma augstums, mm .

4. Atkarībā no zāģripas stabilitātes pieļaujamo padeves ātrumu u , m min^{-1} , aprēķina, izmantojot šādas formulas:

plakanajām zāģripām:

(2.3.19)

$$u \leq c \cdot \frac{s \cdot \sqrt{s}}{\sqrt[3]{H_{\max}^2} \cdot D}$$

c – eksperimentālais koeficients (zāģējot skujkoku koksni, koeficienta c vērtība ir 1900, bērza koksni – 1400, bet ozola koksni – 900);
 s – zāģripas plātnes biezums, mm ;

koniskajām zāģripām:

(2.3.20)

$$u \leq \frac{50000 \cdot s}{b_1^2 \cdot H_{\max}}$$

H_{\max} – maksimālais iezāģējuma augstums, mm ;
 D – zāģripas griešanas aploces diametrs, mm ;
 b_1 – atdalāmās materiāla daļas biezums (sk. 2.3.4. attēlu), mm .

5. Griešanas režīmam ir jābūt tādām, lai griešanas jauda nepārsniegtu ripzāģmašīnas attīstīto lietderīgo jaudu (sk. 2.1.35. izteiksmi). Pieļaujamo padeves ātrumu u , m min^{-1} , atkarībā no ripzāģmašīnas griešanas mehānisma piedziņas jaudas nosacījuma aprēķina, izmantojot šādu izteiksmi:

(2.3.21)

$$\frac{K \cdot b \cdot H \cdot z_z \cdot u}{60 \cdot 1000} \leq N_{dz} \cdot \eta$$

K – īpatnējais griešanas darbs, J cm^{-3} ; u – padeves ātrums, m min^{-1} ;
 b – iezāģējuma platums, mm ; N_{dz} – ripzāģmašīnas griešanas mehānisma piedziņas motora jauda, kW ;
 H – iezāģējuma augstums, mm ; η – ripzāģmašīnas griešanas mehānisma piedziņas lietderības koeficients.
 z_z – zāģripu skaits, kas nostiprinātas uz darba vārpstas;

2.3.21. nevienādību atrisina analogiski 2.2.13. nevienādībai. Lai īpatnējo griešanas darbu K varētu izteikt kā funkciju no padeves ātruma u , vispirms jāizsaka skaidas biezums h_{sk} (sk. 2.3.3. un 2.3.4. izteiksmi) kā funkcija no padeves ātruma un jāievieto 2.3.7. vai 2.3.8. formulā. Piemēram, izmantojot zāģripas ar izlocītiem zobiem, skaidas biezums h_{sk} (sk. 2.3.4. un 2.3.2. sakarību):

(2.3.22)

$$h_{sk} = u_z \cdot \frac{b}{s} \cdot \sin \varphi_{\text{vid}} = \frac{1000 \cdot u \cdot b}{n \cdot z \cdot s} \cdot \sin \varphi_{\text{vid}}$$

Pieļaujamo padeves ātrumu, zāģējot ar garenzāģēšanas ripzāģmašīnām, nosaka, salīdzinot rezultātus, kas iegūti, atrisinot 2.3.13., 2.3.14., 2.3.18., 2.3.19. vai 2.3.20. un 2.3.21. sakarību. Pieļaujamā padeves ātruma vērtība ir mazākā no tām.

2.3.3. Pieļaujamā padeves ātruma noteikšana šķērszāģēšanas ripzāģmašīnām

Nosakot pieļaujamo padeves ātrumu šķērszāģēšanas ripzāģmašīnām, jāievēro trīs ierobežojumi – pieļaujamo apstrādātās koksnes virsmas raupjums, zāgripas plātnes stabilitāte un ripzāģmašīnas griešanas mehānisma piedziņas motora jauda.

1. **Atkarībā no nepieciešamā zāģētās virsmas raupjuma** nosaka pieļaujamo padevi uz zobu $[u_z]$, mm (2.12. tabula) un aprēķina pieļaujamo padeves ātrumu u , m min^{-1} , izmantojot 2.3.13. formulu.

2.12. tabula

Pieļaujamā padeve uz zobu, zāģējot ar šķērszāģēšanas ripzāģmašīnām

Maksimālais nelīdzenumu augstums uz zāģmateriālu virsmas Rm_{\max} , μm	200 ... 320	320 ... 500	500 ... 800	800 ... 1200
Pieļaujamā padeve uz zobu $[u_z]$, mm	līdz 0,05	0,05 ... 0,1	0,1 ... 0,2	0,2 ... 0,5

2. **Atkarībā no zāgripas stabilitātes** pieļaujamo padeves ātrumu u , m min^{-1} aprēķina, izmantojot 2.3.19. formulu. Nosakot pieļaujamo padeves ātrumu, jāievēro, ka koeficienta c vērtība šķērszāģēšanas zāgripām, zāģējot skujkoku koksni, ir 500, bērza koksni – 370, bet ozola koksni – 250.

3. Pieļaujamo padeves ātrumu u , m min^{-1} , **atkarībā no ripzāģmašīnas griešanas mehānisma piedziņas jaudas** nosacījuma aprēķina, izmantojot 2.3.21. izteiksmi.

Lai atrisinātu 2.3.21. nevienādību šķērszāģēšanas gadījumā, jāizsaka padeve uz zobu u_z kā funkcija no padeves ātruma u (sk. 2.3.2. sakarību) un jāievieto šis lielums 2.3.10. vai 2.3.11. vienādojumā.

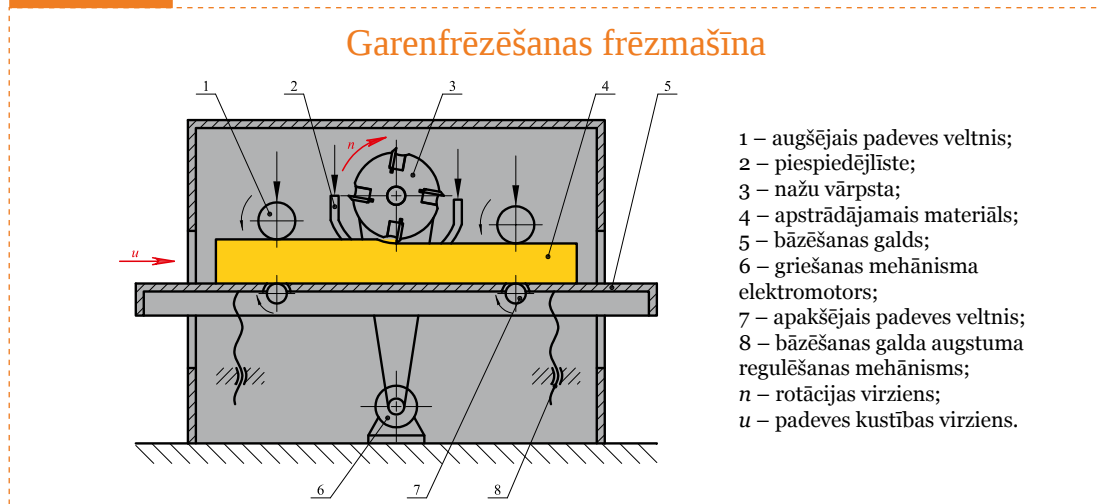
Pieļaujamo padeves ātrumu, zāģējot ar šķērszāģēšanas ripzāģmašīnām, nosaka, salīdzinot rezultātus, kas iegūti, atrisinot 2.3.13., 2.3.19. un 2.3.21. izteiksmi, ievērojot 2.3.3. apakšnodaļā dotos nosacījumus. Pieļaujamo padeves ātruma vērtība ir mazākā no tām.

2.4. Griešanas process frēzmašīnās

2.4.1. Griešanas procesa raksturojums

Frēzmašīnas (2.4.1. attēls) ir kokapstrādes darbmašīnas, kas paredzēta virsmu apstrādei ar frēzēšanas paņēmieniem, nogriežot noteikta biezuma koksnes slāni un iegūstot plakanas vai profilētas virsmas. Tās ir vienas no visizplatītākajām kokapstrādes darbmašīnām ar plašu izmantošanas spektru. Apstrādājot detaļas ar frēzmašīnām, var iegūt nepieciešamo izstrādājumu profilu un izmērus, visdažādākās rievas un izciļņus, liektu konfigurāciju, kā arī iestrādāt dažādus dobumus, tapas un to ligzdas.

2.4.1. attēls



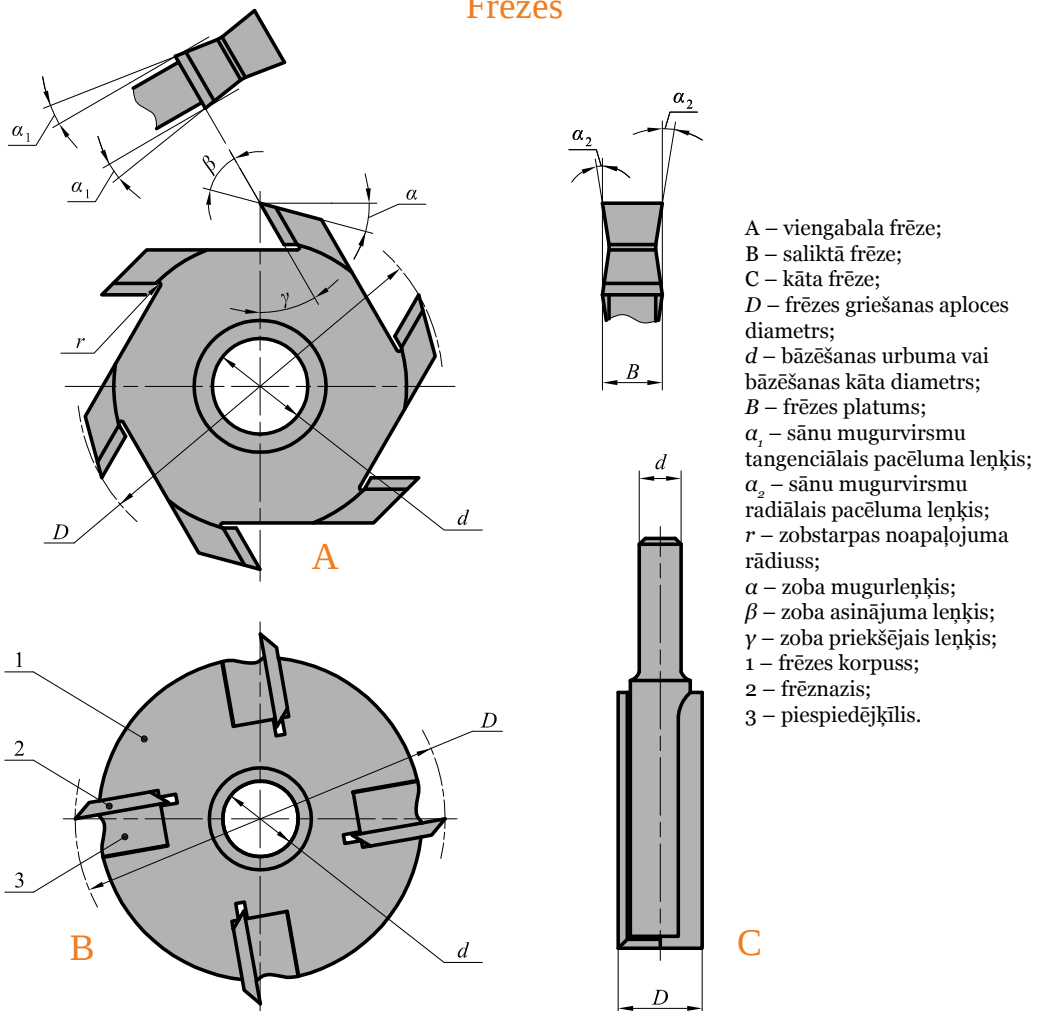
Frēzēšanas procesu realizē ar frēzēm vai nažu vārpstām (2.4.2. attēls) – viengriežņa vai daudzgriežņu rotējošiem griezējinstrumentiem, kuriem griežņi ir izvietoti rotācijas vai gala virsmā (vai arī abās virsmās). Atkarībā no iestatīšanas paņēmiena kokapstrādes darbmašīnā frēzes var būt uz vārpstas nostiprināmas (korpusa vidū izveidots bāzēšanas urbums) vai kāta frēzes (neliela diametra frēzes, ko iestata patronā ar cilindrisku vai vītņotu kātu). Atkarībā no konstrukcijas izšķir viengabala frēzes, frēzes ar pielodētām ātrgriezjtērauda vai cietsakausējuma plāksnītēm, saliktās frēzes (ar mehāniski nostiprinātiem griežņiem) un kombinētās frēzes, kuras iegūst, apvienojot iepriekš minētās frēzes.

Frēžu galvenie parametri ir šādi (2.4.2. attēls):

- 1) griešanas aploces diametrs D , ko veido frēzes zoba profila punkts, kas no frēzes centra uz āru ir izvērsts visvairāk (parasti 80 ... 200 mm, diska frēzēm līdz 360 mm, kāta frēzēm – 4 ... 25 mm);
- 2) frēzes platums B (parasti līdz 130 mm frēzēm, ko izmanto universālajās frēzmašīnās, un līdz 310 mm frēzēm, ko izmanto četrpusīgajās garenfrēzmašīnās; taisnošanas un biezumapstrādes frēzmašīnās izmanto līdz 1 200 mm garas saliktās frēzes – nažu vārpstas);
- 3) bāzēšanas urbuma diametrs d kas atbilst frēzmašīnas darba vārpstas diametram (22 ... 60 mm), vai kāta diametrs kāta frēzēm (4 ... 16 mm);
- 4) zobstarpas noapaļojuma rādiuss r (parasti 4 ... 6 mm);
- 5) zoba leņķiskie parametri: priekšējais leņķis γ (γ apstrādājot mīkstu koksni, – 25 ... 40°, cietu koksni – 20 ... 28, bet līmētu koksni – 15 ... 22°) un mugurleņķis α (attieciņi 15 ... 20°, 12 ... 17° un 10 ... 15°);
- 6) zoba palīgmugurvirsmu tangenciālais ($\alpha_1 = 2 ... 4^\circ$) un radiālais ($\alpha_2 = 1 ... 3^\circ$) pacēluma leņķis;
- 7) frēzes zobu skaits z (parasti 2 ... 6).

2.4.2. attēls

Frēzes



Frēzmašīnās griešanas kustību realizē ar griezējīnstrumenta – frēzes – rotāciju, bet padevi – ar virzes kustību perpendikulāri frēzes rotācijas asij.

Griešanas ātrumu frēzmašīnās aprēķina, izmantojot šādu formulu:

(2.4.1)

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60 \cdot 1000}$$

D – frēzes griešanas aploces diametrs, mm;
 n – frēzes rotācijas frekvence, min⁻¹.

Griešanas ātrums frēzmašīnās ir no 10 ... 15 m s⁻¹, izmantojot neliela diametra kāta frēzes, un līdz 70 m s⁻¹, izmantojot uz vārpstas nostiprināmas frēzes.

Padevi uz zobu u_z , mm, frēzmašīnās aprēķina, izmantojot šādu sakarību:

(2.4.2)

$$u_z = \frac{1000 \cdot u}{n \cdot z}$$

u – padeves ātrums, m min⁻¹;
 n – frēzes rotācijas frekvence, min⁻¹.
 z – frēzes zobu skaits.

Atkarībā no padeves kustības virziena attiecībā pret koksnes šķiedru virzienu izšķir garenfrēzēšanu un šķērsfrēzēšanu. Abos šajos gadījumos griešana notiek gareniski – šķērsām koksnes šķiedrām, līdz ar to nogrieztās skaidas biezums frēzmašīnās ir mainīgs parametrs, un tā izmaiņas notiek griešanas aploces rādiusa virzienā – no minimālās vērtības $h_{sk \min} = 0$, līdz maksimālajai vērtībai $h_{sk \max}$, mm, ko var aprēķināt, izmantojot šādu vienādojumu (2.4.3. attēls):

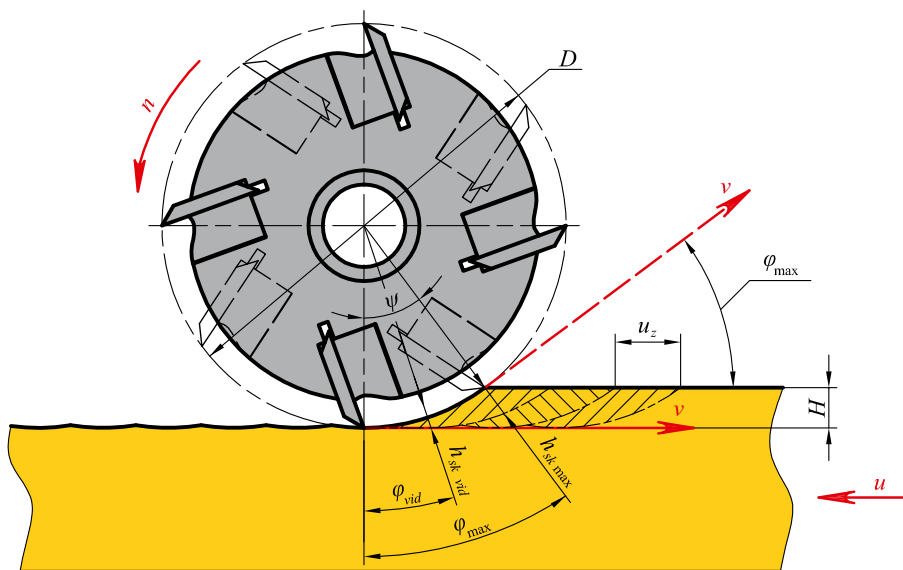
(2.4.3)

$$h_{sk \max} = u_z \cdot \sin \varphi_{\max}$$

u_z – padeve uz zobu, mm;
 φ_{\max} – maksimālais leņķis starp griešanas virzienu un koksnes šķiedru virzienu, grādi.

2.4.3. attēls

Skaidas parametri frēzmašīnās



$h_{sk \text{ vid}}$ un $h_{sk \text{ max}}$ – vidējais un maksimālais skaidas biezums; u_z – padeve uz zobu;
 φ_{vid} un φ_{max} – vidējais un maksimālais leņķis starp griešanas virzienu un koksnes šķiedru virzienu;
 ψ – kontakta leņķis starp frēzi un apstrādājamo detaļu; H – nofrēzējamā koksnes slāņa biezums;
 v – griešanas ātruma vektors; u – padeves ātruma vektors; n – rotācijas virziens;
 D – frēzes griešanas aploces diametrs.

Maksimālais lenķis starp griešanas virzienu un koksnes šķiedru virzienu φ_{\max} grādi, ir vienāds ar kontakta lenķi starp frēzi un apstrādājamo detaļu ψ , grādi:

(2.4.4)

$$\varphi_{\max} = \psi = \arccos \left(1 - \frac{2 \cdot H}{D} \right)$$

H – nofrēzējamā koksnes slāņa biezums, mm;
 D – frēzes griešanas aploces diametrs, mm.

Parasti lieto skaidas biezuma h_{sk} , mm, vidējo vērtību, ko nosaka, izmantojot šādu izteiksmi:

(2.4.5)

$$h_{sk} = u_z \cdot \sin \varphi_{\text{vid}}$$

u_z – padeve uz zobu, mm;
 φ_{vid} – vidējais lenķis starp griešanas virzienu un koksnes šķiedru virzienu, grādi.

Vidējo lenķi starp griešanas virzienu un koksnes šķiedru virzienu φ_{vid} , grādi, aprēķina, izmantojot šādas formulas:

1) garenfrēzēšanā:

(2.4.6)

$$\varphi_{\text{vid}} = \arcsin \sqrt{\frac{H}{D}}$$

2) šķērsfrēzēšanā:

(2.4.7)

$$\varphi_{\text{vid}} = 90^\circ - \arcsin \sqrt{\frac{H}{D}}$$

H – nofrēzējamā koksnes slāņa biezums, mm; D – frēzes griešanas aploces diametrs, mm.

Frēzēšanas procesā sakarā ar to, ka frēzes griežņi ar apstrādājamo materiālu saskaras periodiski, uz apstrādātās virsmas veidojas viļņaina faktūra – kinemātiskie vilniši. Attālums starp vilnišu virsotnēm l_v atbilst distancei, kas mērīta starp frēznaža saskares punktu ar apstrādājamo materiālu un izejas punktu no apstrādātās detaļas virsmas. Turklāt virsmas raupjumu ietekmē arī vilniša dziļums h_v , kas raksturo frēznaža iedziļināšanos apstrādājamā materiāla virsmā. Jo lielāks ir kinemātiskā vilniša garums un dziļums, jo tas ir labāk saskatāms un virsma ir raupjāka, savukārt, ja vilniša garums un dziļums ir mazāks, frēzētās virsmas raupjums ir mazāks.

Kinemātiskā vilniša garums l_v , mm, ir vienāds ar padevi uz zobu:

(2.4.8)

$$l_v = u_z = \frac{1000 \cdot u}{n \cdot z}$$

u_z – padeve uz zobu, mm;
 u – padeves ātrums, m min⁻¹;
 n – frēzes rotācijas frekvence, min⁻¹;
 z – frēzes zobu skaits.

Kinemātiskā vilniša dziļumu h_v , mm, raksturo šāds vienādojums:

(2.4.9)

$$h_v = \frac{l_v^2}{4 \cdot D}$$

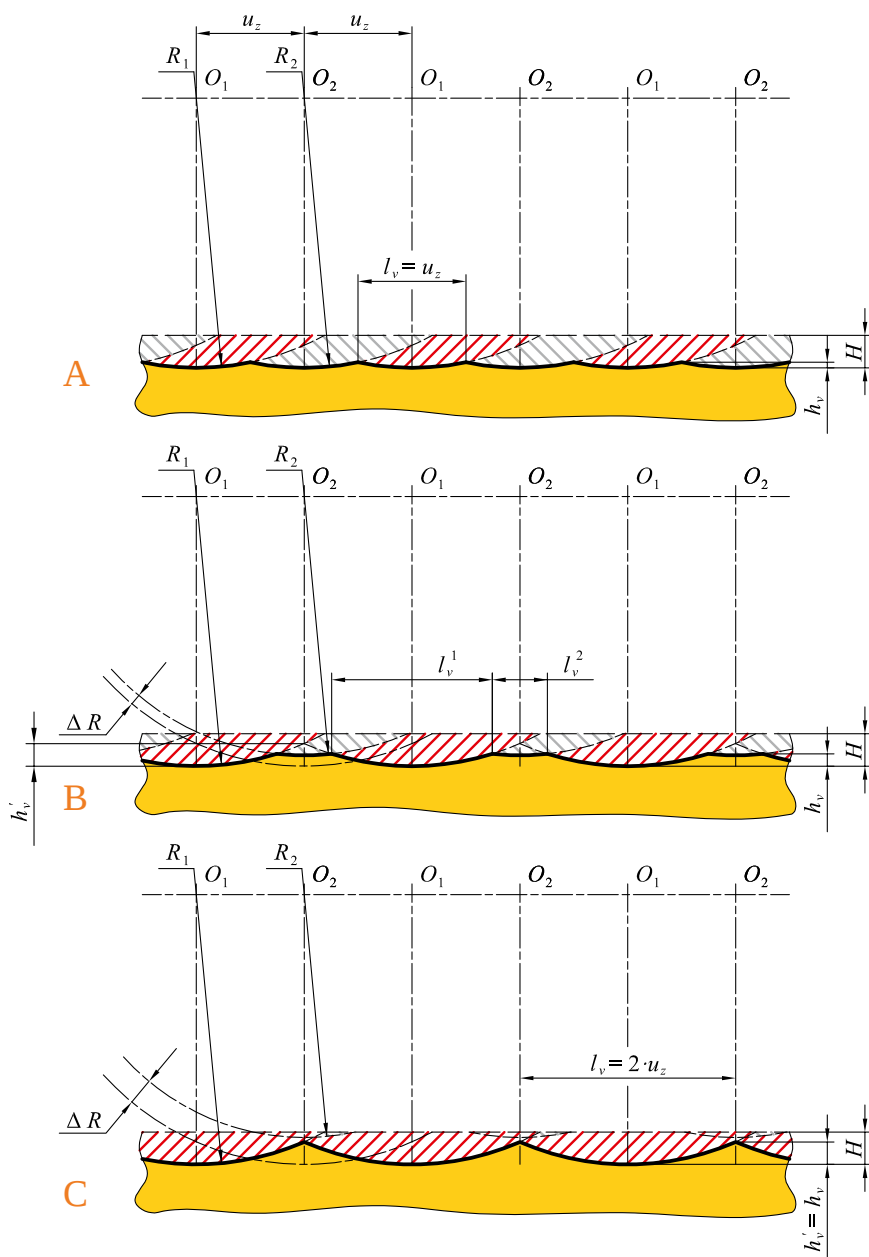
l_v – kinemātiskā vilniša garums, mm;
 D – frēzes griešanas aploces diametrs, mm.

Jāatzīmē, ka 2.4.8. izteiksmi kinemātiskā vilniša garuma aprēķināšanai var izmantot tikai tad, ja visi frēznaži piedalās frēzētās virsmas veidošanā un katram no tiem ir viena un tā pati griešanas aploce (2.4.4. attēls A).

Atevisšķo frēznažu deviācija no kopējās griešanas aploces raksturīgā saliktajām frēzēm, kurās griežņus nostiprina mehāniski. Ja, piemēram, frēzei, kurai ir divi frēznaži, atsevišķo frēznažu griešanas aploces rādus starpība ΔR ir mazāka par kinemātiskā vilniša dziļumu h_v , kas rodas, ja apstrādāto virsmu veido viens grieznis, no frēzes rotācijas centra uz āru visvairāk izvīrītais grieznis R_1 veic lielāko daļu griešanas darba (sk. 2.4.4. attēlu B), bet grieznis R_2 nogriež skaidu, kuras šķērslaukums ir salīdzinoši mazāks. Līdz ar to apstrādātā virsma ir raupjāka, jo kinemātiskā vilniša dziļums šajā gadījumā ir lielāks. Savukārt, ja $\Delta R > h_v$ apstrādāto virsmu veido tikai viens grieznis R_1 , bet

2.4.4. attēls

Frēznažu iestatīšanas precizitātes ietekme uz virsmas veidošanos



A – $\Delta R = 0$; B – $\Delta R > h'_v$; C – $\Delta R > h'_v$; ΔR – atsevišķo frēznažu griešanas aploces rādiusu starpība; R_1 un R_2 – atsevišķo frēznažu griešanas aploces rādiusi; O_1 un O_2 – atsevišķo frēznažu griešanas aploces centri; l_v – kinemātiskā vilnīša garums; h_v – kinemātiskā vilnīša dziļums; h'_v – kinemātiskā vilnīša dziļums, kas rodas, ja apstrādāto virsmu veido viens frēznazis; u_z – padeve uz zobu; H – nofrēzējamā koksnes slāņa biezums.

grieznis R_2 vispār nepedalās virsmas veidošanā. Tādējādi kinemātiskā vilnīša garums ir vienāds ar divkārtu padevi uz zobu. Ja apstrādāto virsmu veido tikai viens grieznis, aprēķinot kinemātiskā vilnīša garumu, 2.4.8. izteiksmē apzīmējumu z jānovērtē ar 1, kaut arī frēzē ir iestatīti vairāki frēznaži.

Frēzmašīnās griešanas process ir realizēts ar griezējinstrumenta rotāciju, kā rezultātā griešanas zonā nepārtraukti mainās leņķis starp griešanas virzienu un koksnes šķiedru virzienu φ , un mainās arī griešanas spēku vērsumi – $P_{gr\parallel}$, $P_{o\parallel}$ un $P_{gr\perp}$, $P_{o\perp}$ (2.4.5. attēls A). Turklāt mainās arī to vērtības: faktiskais griešanas spēks P_{gr}^f , kas nepieciešams, lai nogrieztu vienu skaidu, palielinās no 0 līdz maksimālajai vērtībai proporcionāli skaidas biezumam (2.4.5. attēls). Garenfrēzēšanā frēzes grieznim, sākot skaidas nogriešanu, griešanas ātruma vektors v ir vērsts paralēli koksnes šķiedru virzienam (sk. 2.4.3. attēlu), un skaidas biezums šajā brīdī ir 0, tādēļ faktiskais griešanas spēks vēl neattīstās. Grieznim turpinot kustību pa griešanas zonas trajektoriju, palielinās frēzes pagrieziens

leņķis ψ , kā rezultātā izmainās arī griešanas ātruma vektora vērsums (v_{gr}) un palielinās leņķis starp griešanas virzienu un koksnes šķiedru virzienu (φ_{gr}). Skaidas biezums šajā brīdī ir palielinājies līdz noteiktai vērtībai, tādēļ attīstās arī faktiskais griešanas spēks $P_{gr,III}^f$. Frēzes pagrieziena leņķim palielinoties vēl vairāk, griešanas ātruma un faktiskā griešanas spēka vektors atkal ir vērsti atšķirīgos virzienos – $v_{gr,III}$ un $P_{gr,III}^f$. Pēc skaidas nogriešanas faktiskais griešanas spēks samazinās līdz 0 un atkal sāk palielināties tikai tad, kad griešanu sāk nākamais frēzes zobs, frēzei pagriežoties par zobu soļa garumam atbilstošu leņķi. Faktiskā griešanas spēka P_{gr}^f , N, aprēķināšanai izmantojama šāda formula:

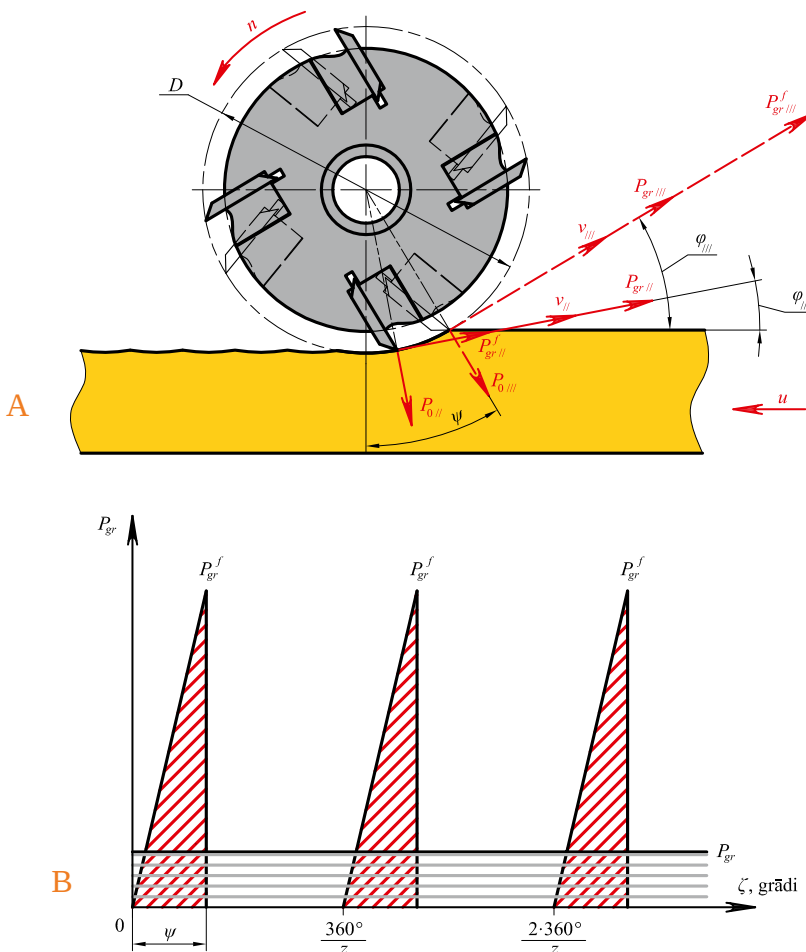
(2.4.10)

$$P_{gr}^f = K \cdot b \cdot h_{sk \max}$$

K – īpatnējais griešanas spēks, N mm⁻²;
 b – frēzēšanas platums, mm;
 $h_{sk \max}$ – maksimālais skaidas biezums, mm.

2.4.5. attēls

Griešanas procesa dinamika frēzmašīnās



A – griešanas spēku vērsumi; B – griešanas spēka izmaiņas atkarībā no frēzes pagrieziena leņķa;
 P_{gr}^f un $P_{gr,II,III}^f$ – faktiskais griešanas spēks un faktiskā griešanas spēka vektori;
 P_{gr} un $P_{gr,II,III}$ – griešanas spēks un griešanas spēka vektori; $P_{0,II,III}$ – radiālā griešanas spēka vektori;
 $v_{II,III}$ – griešanas ātruma vektori; u – padeves ātruma vektors; n – rotācijas virziens;
 D – frēzes griešanas aplozes diametrs; $\varphi_{II,III}$ – leņķi starp griešanas virzienu un koksnes šķiedru virzienu;
 ψ – kontakta leņķis starp frēzi un apstrādājamo detaļu; z – frēzes zobu skaits; ζ – frēzes pagrieziena leņķis.

Attiecinot faktisko griešanas spēku pret pilnu frēzes vienu apgrieziena, iegūst griešanas spēku P_{gr} (sk. 2.4.5. attēlu B), kas, griešanas procesa laikā darbojoties nepārtraukti, izdara tādu pašu darbu kā faktiskais griešanas spēks. Griešanas spēku P_{gr} , N, frēzmašīnās aprēķina, izmantojot šādu formulu:

(2.4.11)

$$P_{gr} = \frac{K \cdot b \cdot H \cdot u}{60 \cdot v}$$

K – īpatnējais griešanas spēks, $N \text{ mm}^{-2}$;
 b – frēzēšanas platums, mm ;
 H – nofrēzējamā koksnes slāņa biezums, mm ;
 u – padeves ātrums, m min^{-1} ;
 v – griešanas ātrums, m s^{-1} .

Griešanas spēku P_{gr} , N , var arī aprēķināt, pamatojoties uz spēku epīru laukumu vienādības nosacījumu (sk. 2.4.5. attēlu B):

(2.4.12)

$$P_{gr} \cdot \frac{360^\circ}{Z} = P_{gr}^f \cdot \frac{\psi}{2}$$

(2.4.13)

$$P_{gr} = \frac{P_{gr}^f \cdot \psi \cdot Z}{2 \cdot 360^\circ}$$

P_{gr}^f – faktiskais griešanas spēks, N ;
 ψ – kontakta leņķis starp frēzi un apstrādājamo detaļu, grādi;
 Z – frēzes zobu skaits.

Frēzmašīnās īpatnējo griešanas spēku (darbu) K , $N \text{ mm}^{-2}$ ($J \text{ cm}^{-3}$), mikroskaidas un skaidas, kuras biezums ir lielāks par $0,1 \text{ mm}$, nogriešanas gadījumā aprēķina atšķirīgi:

1) ja skaidas biezums ir mazāks par $0,1 \text{ mm}$:

(2.4.14)

$$K = \left[K_{pr} + \left(8 + \frac{a_\rho - 0,8}{h_{sk \text{ vid}}} \right) \cdot (1,6 + 0,036 \cdot \varphi_{\text{vid}}) \right] \cdot a_s$$

2) ja skaidas biezums ir lielāks par $0,1 \text{ mm}$:

(2.4.15)

$$K = \left[K_{pr} + \frac{(1,6 + 0,036 \cdot \varphi_{\text{vid}}) \cdot a_\rho}{h_{sk \text{ vid}}} \right] \cdot a_s$$

K_{pr} – spiediens uz griežņa priekšējo virsmu skaidas veidošanās zonā, $N \text{ mm}^{-2}$;
 φ_{vid} – vidējais leņķis starp griešanas virzienu un koksnes šķiedru virzienu, grādi;

a_ρ – koeficients, ar kuru novērtē griežņa asuma pakāpi (sk. 1.2. tabulu);
 $h_{sk \text{ vid}}$ – vidējais skaidas biezums, mm ;
 a_s – koeficients, ar kuru novērtē koksnes sugu (priedei – $1,0$; apsei – $0,85$; eglei – $0,95$; bērzam – $1,3$; ozolam – $1,5$).

Spiedienu uz griežņa priekšējo virsmu skaidas veidošanās zonā K_{pr} , $N \text{ mm}^{-2}$, aprēķina, izmantojot 2.3.9. vienādojumu.

Ievērojot, ka griešana frēzmašīnās ir periodiska, griešanas jaudas noteikšana pamatojas uz griešanas spēku P_{gr} , kas griešanas procesa laikā darbojas nepārtraukti, jo, lietojot masīvu nažu vārpstu vai frēzi, var akumulēt enerģiju, kas netiek izmantota laikā, kad frēzes zobi neveic griešanu. Griešanas jaudu N , kW , atklātā frēzēšanas gadījumā nosaka, izmantojot šādu sakarību:

(2.4.16)

$$N = \frac{K \cdot b \cdot H \cdot u}{60 \cdot 1000}$$

K – īpatnējais griešanas darbs, $J \text{ cm}^{-3}$;
 b – frēzēšanas platums, mm ;
 H – nofrēzējamā koksnes slāņa biezums, mm ;
 u – padeves ātrums, m min^{-1} .

Pusslēgtā un slēgtā frēzēšanā zoba viena vai abas sānu griezējšķautnes beržas gar apstrādājamo materiālu, izraisot fiktīvā berzes spēka (pa griežņa mugurvirsmu) pieaugumu. Berzes spēka un līdz ar to arī griešanas jaudas pieaugums ir atkarīgs no frēzes zoba sānu mugurvirsmu radiālā pacēluma leņķa lieluma (sk. 2.4.2. attēlu). Ja radiālais pacēluma leņķis ir 3° vai lielāks, papildu berzes spēku var neievērot.

Kopējā griešanas spēka un jaudas pieaugumu izraisa arī sānu griezējšķautņu radītais spēks skaidas nogriešanai no virsmām, kuras tie veido. Eksperimentāli ir noskaidrots, ka šī spēka lielums nepārsniedz 0,5 ... 1,0 % no spēka, kas darbojas uz galveno griezējšķautni, tādēļ to var neņemt vērā.

Kopējo griešanas jaudu N_k , kW, pusslēgtajā un slēgtajā frēzēšanā aprēķina, izmantojot šādas izteiksmes:

1) pusslēgtajā frēzēšanā:

(2.4.17)

$$N_k = N \cdot (1 + K_b)$$

2) slēgtajā frēzēšanā:

(2.4.18)

$$N_k = N \cdot (1 + 2 \cdot K_b)$$

N – griešanas jauda atklātā frēzēšanā (sk. 2.4.16. sakarību), kW;
 K_b – koeficients, ar kuru novērtē griešanas jaudas pieaugumu sakarā ar sānu griezējšķautņu berzi gar apstrādājamo virsmu (ja frēzes zoba sānu mugurvirsmas ir izveidotas bez radiālā pacēluma leņķa, $K_b = 0,06$, bet, ja radiālais pacēluma leņķis ir 1 ... 2°, $K_b = 0,03$... 0,01).

Lai noteiktu griešanas jaudu profilfrēzēšanā, apstrādājamās detaļas profilu sadala vairākās vienkāršās konfigurācijās, piemēram, taisnstūra posmos. Katram no izdalītajiem posmiem nosaka frēzēšanas platumu b_i , mm, un nofrēzējamā koksnes slāņa biezumu H_i , mm, un atbilstoši šiem rādītājiem aprēķina griešanas jaudu N_i , kW, izmantojot 2.4.16. sakarību. Ja kāds no atsevišķi izdalītajiem posmiem tiek apstrādāts pusslēgtā vai slēgtā frēzēšanā, jānovērtē arī griešanas jaudas pieaugums sakarā ar sānu griezējšķautņu berzi (sk. 2.4.17. un 2.4.18. izteiksmi). Kopējo griešanas jaudu profilfrēzēšanā N , kW, aprēķina, izmantojot šādu formulu:

(2.4.19)

$$N = \sum N_i$$

N_i – griešanas jauda atsevišķi izdalītajos profila posmos, kW.

Ja apstrādājamo profilu nav iespējams sadalīt atsevišķos vienkāršās konfigurācijas posmos, vispirms nosaka nofrēzējamā koksnes slāņa šķērsriezuma laukumu, bet pēc tam – vidējo nofrēzējamā koksnes slāņa biezumu H_{vid} , mm:

(2.4.20)

$$H_{vid} = \frac{F_{šk}}{b}$$

$F_{šk}$ – nofrēzējamā koksnes slāņa šķērsriezuma laukums, mm²;
 b – frēzēšanas platums, mm.

Griešanas jaudu šajā gadījumā aprēķina, izmantojot 2.4.16. sakarību un pieņemot, ka $H = H_{vid}$.

2.4.2. Pieļaujamā padeves ātruma noteikšana

Nosakot pieļaujamo padeves ātrumu, jāievēro divi ierobežojumi – pieļaujama apstrādātās koksnes virsmas raupjums un frēzmašīnas griešanas mehānisma piedziņas motora jauda.

1. Pieļaujamo padeves ātrumu **atkarībā no virsmas raupjuma** aprēķina, pamatojoties uz diviem nosacījumiem:

1.1. **atkarībā no kinemātisko vilnīšu dziļuma** nosacījuma pieļaujamo padeves ātrumu u , m min⁻¹, aprēķina, izmantojot šādu sakarību:

(2.4.21)

$$u \leq \frac{n}{1000} \cdot \sqrt{4 \cdot D \cdot \frac{[Rm]}{1000}}$$

n – frēzes rotācijas frekvence, min⁻¹;
 D – frēzes griešanas aplozes diametrs, mm;
 $[Rm]$ – pieļaujama virsmas profila nelīdzenumu augstums (masīvas koksnes garenfrēzēšanā $[Rm] = 16$... 250), μm.

1.2. atkarībā no virsmu sagraušanas nosacījuma nosaka pieļaujamo padevi uz zobu $[u_z]$, mm, (2.13. tabula) un aprēķina pieļaujamo padeves ātrumu u , m min⁻¹:

(2.4.22)

$$u \leq \frac{[u_z] \cdot z \cdot n}{1000}$$

$[u_z]$ – pieļaujamā padeve uz zobu, mm;
 z – frēzes zobu skaits;
 n – frēzes rotācijas frekvence, min⁻¹.

2.13. tabula

Pieļaujamā padeve uz zobu garenfrēzēšanā

Pieļaujamais virsmas profila nelīdzenumu augstums $[Rm]$, μm	Līdz 32	32 ... 60	60 ... 100	100 ... 200	200 ... 320
Pieļaujamā padeve uz zobu $[u_z]$, mm	0,1 ... 0,4	0,4 ... 1,0	1,0 ... 1,5	1,5 ... 2,0	2,0 ... 2,5

Šķērsfrēzēšanā pieļaujamā padeve uz zobu $[u_z] = 0,3 \dots 0,7$ mm. Ja šķērsfrēzēšanā padeve uz zobu palielinās, grieznim izejot no griešanas zonas, rodas lielāki šķiedru atplēsumi. Ja šķiedru atplēsumu dziļums ir pieļaujams līdz 1 mm, padeve uz zobu nedrīkst pārsniegt 0,5 mm.

2. Griešanas režīmam jābūt tādā, lai griešanas jauda nepārsniegtu frēzmašīnas attīstīto lietderīgo jaudu (sk. 2.1.35. izteiksmi). Pieļaujamo padeves ātrumu u , m min⁻¹, atkarībā no frēzmašīnas griešanas mehānisma piedziņas jaudas nosacījuma aprēķina, izmantojot šādu izteiksmi:

(2.4.23)

$$\frac{K \cdot b \cdot H \cdot u}{60 \cdot 1000} \leq N_{dz} \cdot \eta$$

K – īpatnējais griešanas darbs, J cm⁻³;
 b – frēzēšanas platums, mm;
 u – padeves ātrums, m min⁻¹;

H – nofrēzējamā koksnes slāņa biezums, mm;
 N_{dz} – frēzmašīnas griešanas mehānisma piedziņas motora jauda, kW;
 η – frēzmašīnas griešanas mehānisma piedziņas lietderības koeficients.

2.4.23. nevienādību atrisina analogiski 2.2.13. nevienādībai. Lai īpatnējo griešanas darbu K varētu izteikt kā funkciju no padeves ātruma u , vispirms jāizsaka skaidas biezums h_{sk} (sk. 2.4.5. izteiksmi) kā funkcija no padeves ātruma un jāievieto 2.4.14. vai 2.4.15. formulā. Piemēram, skaidas biezums h_{sk} (sk. 2.4.5., 2.4.2. un 2.4.6. formulu):

(2.4.24)

$$h_{sk} = u_z \cdot \sin \varphi_{vid} = \frac{1000 \cdot u}{n \cdot z} \cdot \sqrt{\frac{H}{D}}$$

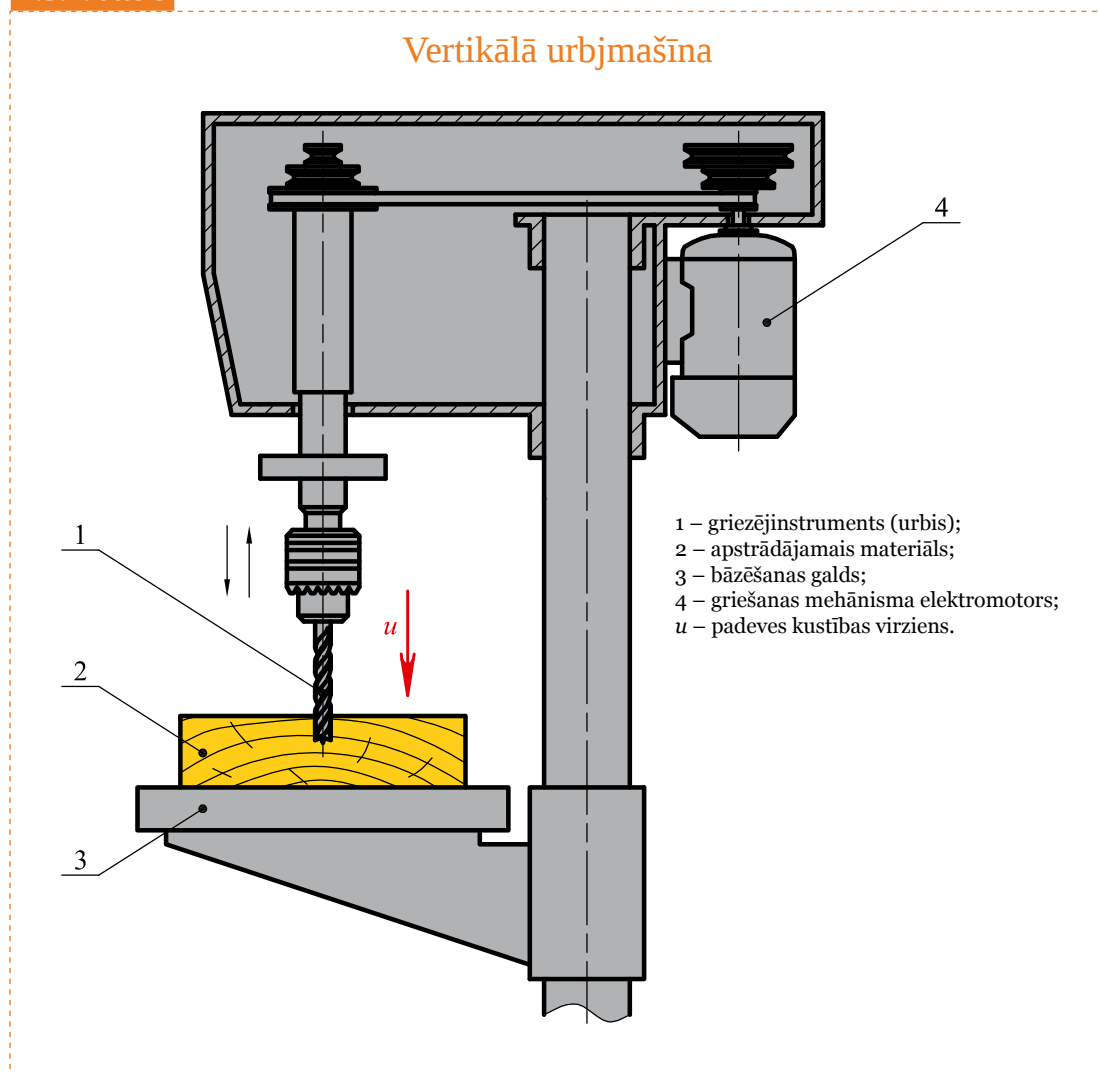
Pieļaujamo padeves ātrumu frēzmašīnām nosaka, salīdzinot rezultātus, kas iegūti, atrisinot 2.4.21., 2.4.22. un 2.4.23. sakarību. Pieļaujamā padeves ātruma vērtība ir mazākā no tām.

2.5. Griešanas process urbja mašīnās

2.5.1. Griešanas procesa raksturojums

Urbjmašīnas (2.5.1. attēls) ir kokapstrādes darbmašīnas, ko izmanto caurejošu vai necaurejošu cilindrisko urbumu iegūšanai. Atkarībā no padeves kustības virziena izšķir vertikālās un horizontālās urbjmašīnas, kā arī tās var būt kombinētas (horizontāli vertikālas) vai universālas (darba vārpstu var iestatīt gan vertikāli, gan horizontāli). Atkarībā no darba vārpstu skaita izšķir vienvārpstas un daudzvārpstu urbjmašīnas. Urbjmašīnas var būt ar rokas vai mehānizētu padevi, ko realizē ar urbja uzvirzi apstrādājamai sagatavei vai ar sagataves uzvirzi urbim.

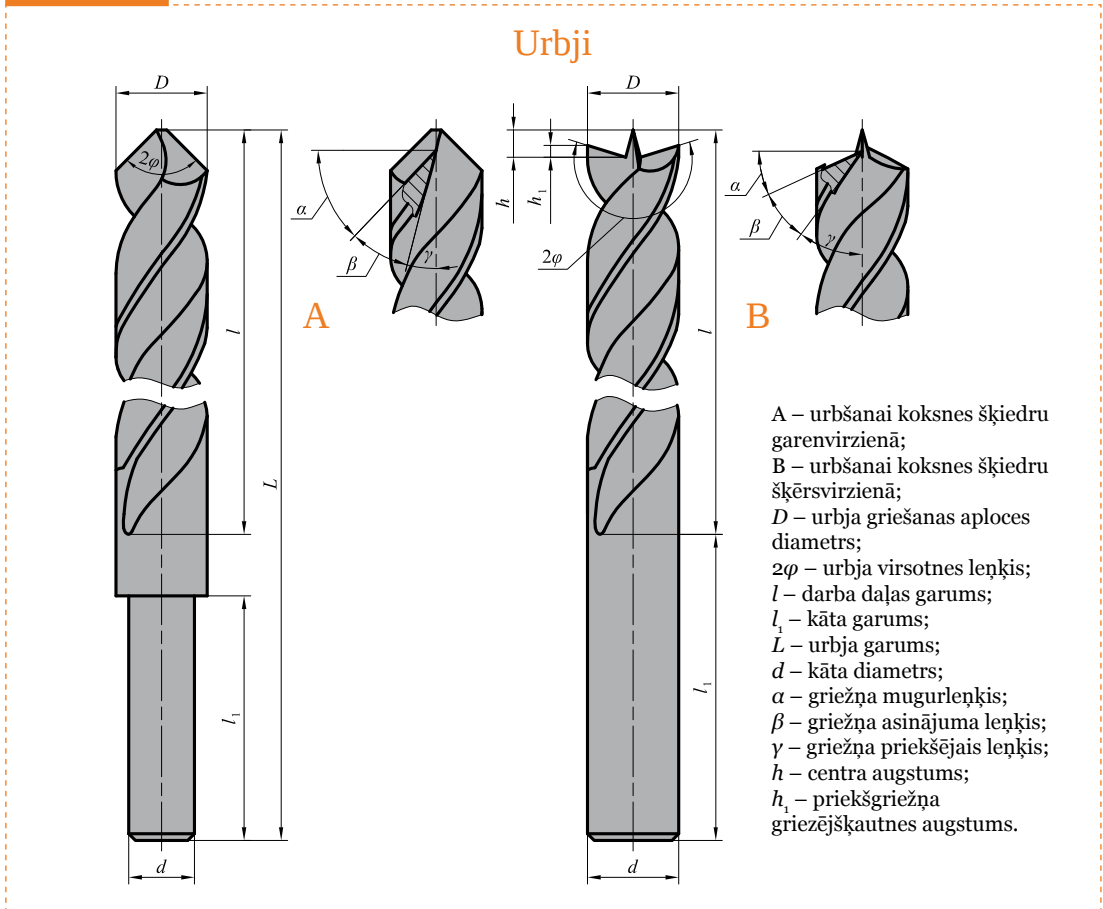
2.5.1. attēls



Urbšanas procesa realizēšanai izmanto urbjus – stienveida griezējinstrumentus ar cilindrisku vai vītņveida virsmu un galā izveidotiem griežņiem. Urbja izmērus izvēlas atkarībā no urbuma izmēriem, bet tipu – atkarībā no uršanas apstākļiem, uršanas virziena attiecībā pret koksnes šķiedru virzienu, nepieciešamās precizitātes, apstrādātās virsmas raupjuma un ražīguma, kā arī urbuma dziļuma. Mūsdienās plaši lieto spirālurbjus un urbjus ar cietsakausējuma plāksnītēm, kuras var būt pielodētas pie urbja korpusa vai piestiprinātas mehāniski.

Koksnes uršanai šķiedru virzienā lieto dažādas konstrukcijas urbjus ar griezējdaļas konisko asinājumu (2.5.2. attēls A), kuru virsotnes leņķis $2\varphi = 60 \dots 90$ (120)°. Ja urbja virsotnes leņķis ir mazāks, samazinās padeves pretestība, kas darbojas urbja ass virzienā, bet griešanas pretestība palielinās.

2.5.2. attēls



Koksnes urbšanai šķērsām šķiedrām lieto urbjus, kuru griezējdaļas vidū izveidots centrs, bet perifērijas daļā – priekšgriežņi (sk. 2.5.2. attēlu B). Šādiem urbjiem galvenās griezējšķautnes novietotas perpendikulāri urbja garenasij vai slīpi virzienā no urbja perifērijas uz centru (attiecīgi virsotnes leņķis $2\varphi = 180^\circ$ vai lielāks).

Atkarībā no urbja konstrukcijas un apstrādājamā materiāla urbja galvenās griezējšķautnes asinājuma leņķis $\beta = 20 \dots 45^\circ$, bet mugurleņķis $\alpha = 15 \dots 30^\circ$.

Veicot urbšanu, griešanas kustību realizē ar griezējinstrumenta – urbja – rotāciju, bet padevi – ar virzes kustību paralēli urbja rotācijas asij.

Griešanas ātrums urbjmašīnās ir atkarīgs no urbja diametra un mainās griezējšķautnes garuma virzienā no perifērijas uz centru, kur tā vērtība ir 0. Līdz ar to urbjmašīnās aprēķina vidējo griešanas ātrumu v_{vid} , m s⁻¹:

(2.5.1)

$$v_{\text{vid}} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{2 \cdot 60 \cdot 1000}$$

D – urbja griešanas aploces diametrs, mm;
 n – urbja rotācijas frekvence, min⁻¹.

Padeves ātrums nosaka padevi uz vienu urbja apgriezieni u_0 , mm, un padevi uz zobu u_z , mm:

(2.5.2)

$$u_0 = \frac{1000 \cdot u}{n}$$

(2.5.3)

$$u_0 = \frac{1000 \cdot u}{n \cdot z} = \frac{u_0}{z}$$

u – padeves ātrums, m min⁻¹;
 n – urbja rotācijas frekvence, min⁻¹;
 z – urbja griežņu skaits (parasti $z = 1 \dots 3$).

Urbjot mīkstu koksni, $u_z = 0,7 \dots 2,2$ mm, bet, urbjot cietu koksni, $u_z = 0,1 \dots 0,5$ mm.

Skaidas biezumu h_{sk} , mm, (2.5.3. attēls) urbjmašīnās aprēķina, izmantojot šādu izteiksmi:

(2.5.4)

$$h_{sk} = u_z \cdot \sin\varphi$$

u_z – padeve uz zobu, mm;
 φ – urbja virsotnes pusleņķis, grādi.

Savukārt skaidas platumu b , mm, aprēķina, izmantojot šādu formulu:

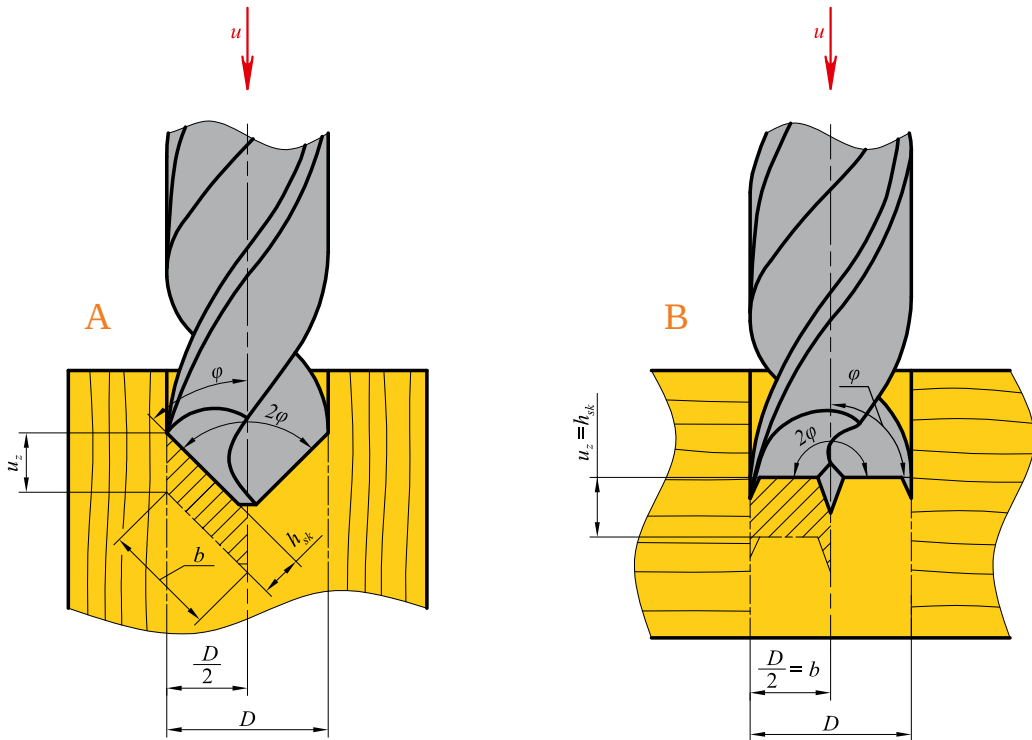
(2.5.5)

$$b = \frac{D}{2 \cdot \sin\varphi}$$

D – urbja griešanas aploces diametrs, mm;
 φ – urbja virsotnes pusleņķis, grādi.

2.5.3. attēls

Skaidas parametri urbja mašīnās



A – urbjojot koksnes šķiedru garenvirzienā; B – urbjojot koksnes šķiedru šķērsvirzienā; h_{sk} – skaidas biezums;
 b – skaidas platumu; u_z – padeve uz zobu; 2φ – urbja virsotnes leņķis; φ – urbja virsotnes pusleņķis;
 u – padeves ātruma vektors; D – urbja griešanas aploces diametrs.

Griešanas spēku P_{gr} , N, urbja mašīnās aprēķina, izmantojot šādu vienādojumu:

(2.5.6)

$$P_{gr} = K \cdot \frac{D}{2} \cdot u_z \cdot z = \frac{K \cdot \pi \cdot D^2 \cdot u}{4 \cdot 60 \cdot v_{vid}}$$

K – īpatnējais griešanas spēks, N mm⁻²; z – urbja griežņu skaits;
 D – urbja griešanas aploces diametrs, mm; u – padeves ātrums, m min⁻¹;
 u_z – padeve uz zobu, mm; v_{vid} – vidējais griešanas ātrums, m s⁻¹.

Spēku, kas darbojas urbja ass virzienā, (padeves pretestību) S , N, (2.5.4. attēls) nosaka, izmantojot šādu sakarību:

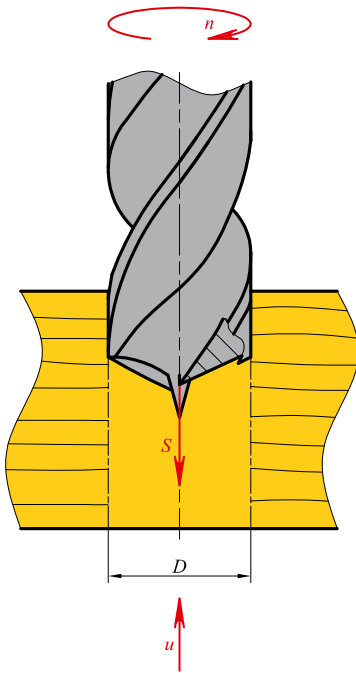
(2.5.7)

$$S = (0,25 + 0,07 \cdot D) \cdot P_{gr}$$

D – urbja griešanas aploces diametrs, mm;
 P_{gr} – griešanas spēks, N.

2.5.4. attēls

Griešanas dinamika urbja mašīnās



S – spēka, kas darbojas urbja ass virzienā, (padeves pretestības) vektors;
 u – padeves ātruma vektors;
 n – urbja rotācijas virziens;
 D – urbja griešanas aploces diametrs.

Urbja mašīnās īpatnējo griešanas spēku (darbu) K , N mm⁻² (J cm⁻³), aprēķina atšķirīgi atkarībā no urbja griešanas aploces diametra D :

1) ja $D = 5$ mm:

(2.5.8)

$$K = \left(153 + \frac{61,2 \cdot a_\rho}{u_z} \right) \cdot a_s^u \cdot a_k^u$$

2) ja $D = 10$ mm:

(2.5.9)

$$K = \left(41,2 + \frac{16,5 \cdot a_\rho}{u_z} \right) \cdot a_s^u \cdot a_k^u$$

3) ja $D = 15$ mm:

(2.5.10)

$$K = \left(19,6 + \frac{7,8 \cdot a_\rho}{u_z} \right) \cdot a_s^u \cdot a_k^u$$

4) ja $D = 20$ mm:

(2.5.11)

$$K = \left(13,7 + \frac{5,5 \cdot a_\rho}{u_z} \right) \cdot a_s^u \cdot a_k^u$$

5) ja $D = 25$ mm:

(2.5.12)

$$K = \left(9,8 + \frac{3,9 \cdot a_\rho}{u_z} \right) \cdot a_s^u \cdot a_k^u$$

a_ρ – koeficients, ar kuru novērtē griežņa asuma pakāpi (sk. 1.2. tabulu);
 u_z – padeve uz zobu, mm;
 a_s^u – koeficients, ar kuru novērtē koksnes sugas ietekmi urbšanā (priedei – 1,0; bērzam – 1,7; ozolam – 2,4);
 a_k^u – koeficients, ar kuru novērtē urbja konstrukciju (urbjiem ar centru un priekšgriežņiem $a_k^u = 1,0$, bet koniskajiem urbjiem $a_k^u = 1,5$).

Griešanas jaudu N , kW, aprēķina, izmantojot šādu vienādojumu:

(2.5.13)

$$N = \frac{K \cdot \pi \cdot D^2 \cdot u}{4 \cdot 60 \cdot 1000}$$

K – īpatnējais griešanas darbs, J cm⁻³;
 D – urbja griešanas aploces diametrs, mm;
 u – padeves ātrums, m min⁻¹.

2.5.2. Pieļaujamā padeves ātruma noteikšana

Urbšanas režīmu nosaka, ievērojot nosacījumu, ka griešanas jauda nedrīkst pārsniegt darbmašīnas attīstīto lietderīgo jaudu (sk. 2.1.35. izteiksmi). Pieļaujamo padeves ātrumu u , m min⁻¹, atkarībā no urbjmašīnas griešanas mehānisma piedziņas jaudas nosacījuma aprēķina, izmantojot šādu sakarību:

(2.5.14)

$$\frac{K \cdot \pi \cdot D^2 \cdot u}{4 \cdot 60 \cdot 1000} \leq N_{dz} \cdot \eta$$

K – īpatnējais griešanas darbs, J cm⁻³;
 D – urbjmašīnas aploces diametrs, mm;
 u – padeves ātrums, m min⁻¹;
 N_{dz} – urbjmašīnas griešanas mehānisma piedziņas motora jauda, kW;
 η – urbjmašīnas griešanas mehānisma piedziņas lietderības koeficients.

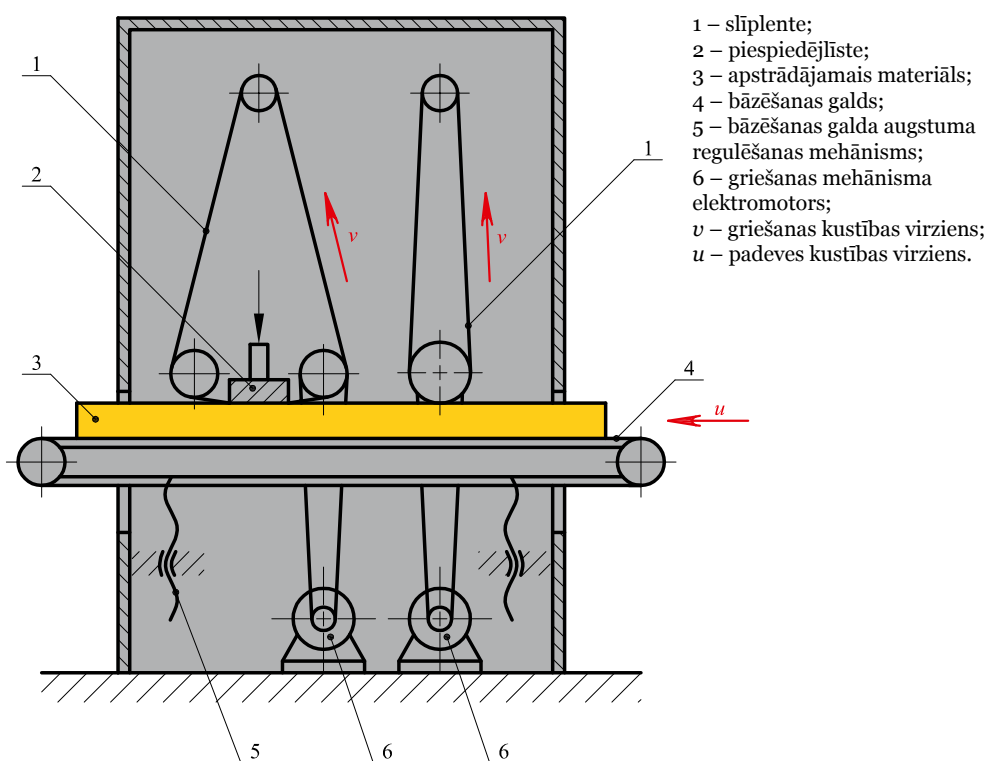
2.5.14. nevienādību atrisina analogiski 2.2.13. nevienādībai, izsakot īpatnējo griešanas darbu kā funkciju no padeves ātruma: ievērojot 2.5.3. izteiksmi, ar kuru nosaka padevi uz zobu u_z .

2.6. Griešanas process slīpmašīnās

Slīpmašīnas (2.6.1. attēls) ir kokapstrādes darbmašīnas, ko izmanto koksnes virsmu slīpēšanai. Visizplatītākās ir lentes slīpmašīnas, kurās slēgtas kontūras slīplente uzlikta uz diviem (vai trīs) skriemeļiem. Šaurlentes slīpmašīnas, kurās slīplentes platums ir mazāks par apstrādājamās virsmas platumu, izmanto vairogveida un brusveida detaļu plakano virsmu slīpēšanai, un slīpēšanas procesa realizācijai ir nepieciešama arī šķērspadeve. Platlentes slīpmašīnās slīplentes platums ir lielāks par apstrādājamās virsmas platumu virzienā, kas ir perpendikulārs padeves virzienam, un tās izmanto plakano detaļu kalibrēšanai un slīpēšanai. Izšķir arī veltņu un diska slīpmašīnas, kuras tāpat ir piemērotas plakano virsmu slīpēšanai, savukārt garenprofilu slīpēšanai izmanto slotiņu vārpstas vai profilēta diska slīpmašīnas.

2.6.1. attēls

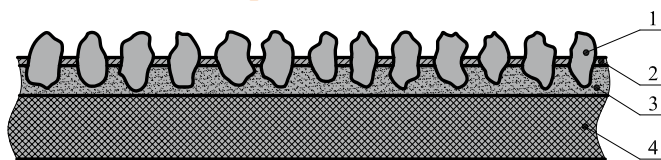
Platlentes slīpmašīna



Griešanas procesu slīpmašīnās realizē, lietojot slīplentes (2.6.2. attēls), kas sastāv no viena slāņa abrazīvo graudu, kuri ar saistvielu piestiprināti pie papīra vai auduma pamatnes, un kam var būt atšķirīga forma, piemēram, slēgtas kontūras lente vai disks. Ja abrazīvie graudi kļūst neasi, slīplente jāmaina pret jaunu.

2.6.2. attēls

Slīplentes shēma



1 – abrazīvais grauds; 2 – aizsargslānis; 3 – saistvielas slānis; 4 – pamatne.

Slīplentes galvenais parametrs ir tās graudainība, kas raksturo abrazīvo graudu izmēru. Abrazīvā instrumenta graudainību galvenokārt nosaka, izmantojot divas klasifikācijas metodes (2.14. tabula):

1) metriskā sistēma – graudainības numurs raksturo abrazīvo graudu minimālo izmēru mikrometros;

2) atbilstoši FEPA (*Federation of European Producers of Abrasives*) normatīviem – graudainības numurs raksturo sieta, caur kuru ir izsijāta abrazīvo graudu frakcija, dobumu skaitu vienā kvadrātcollā.

2.14. tabula

Slīplēņu graudu izmēri

FEPA standarts		Metriskā sistēma GOST 3647-80	
Graudainības numurs	Graudu izmērs, μm	Graudainības numurs	Graudu izmērs, μm
P 1200	14,3 ... 16,3	M20	14 ... 20
P 1000	17,3 ... 19,3		
P 800	20,8 ... 22,8	M28	20 ... 28
P 600	24,8 ... 26,8		
P 500	28,7 ... 31,7	M40	28 ... 40
P 400	33,5 ... 36,5		
P 360	39,0 ... 42,0	4	40 ... 50
P 320	44,7 ... 47,7		
P 280	50,2 ... 54,2	5	50 ... 63
P 240	56,5 ... 60,5		
P 220	61 ... 75	6	63 ... 80
P 180	75 ... 91		
P 150	91 ... 112	8	80 ... 100
P 120	112 ... 144	10	100 ... 125
P 100	144 ... 180	12	125 ... 160
		16	160 ... 200
P 80	180 ... 235	20	200 ... 250
		25	250 ... 315
P 60	235 ... 302	32	315 ... 400
P 50	302 ... 380	40	400 ... 500
P 40	380 ... 482	50	500 ... 630
P 36	482 ... 590	63	630 ... 800
P 30	590 ... 703	80	800 ... 1000
P 24	703 ... 882	100	1000 ... 1250
P 20	882 ... 1162	125	1250 ... 1600
P 16	1162 ... 1570	160	1600 ... 2000
P 12	1570 ... 2000		

Slīplentes graudainība nosaka apstrādāto virsmu raupjumu. Slīpēto virsmu maksimālo nelīdzenumu augstumu Rm , μm , aprēķina, izmantojot šādu formulu:

(2.6.1)

$$Rm = \frac{10^2 \cdot d_i \cdot a_{sl}}{\rho_k}$$

d_i – abrazīvo graudu vidējais izmērs, μm ;
 a_{sl} – koeficients, ar kuru novērtē slīplentes asuma ietekmi uz apstrādāto virsmu raupjumu (asām slīplentēm $a_{sl} = 1,2$, vidēji asām $a_{sl} = 1,0$, bet neasām slīplentēm $a_{sl} = 0,8$).
 ρ_k – koksnes blīvums, kg m^{-3} .

2.6.1. formulu var izmantot arī slīplentes graudainības noteikšanai, ja ir zināms nepieciešamais slīpēto virsmu raupjums. Šajā nolūkā no 2.6.1. formulas ir jāizsaka d_i .

Griešanas ātrumu slīpmašīnās nosaka atkarībā no griešanas mehānisma konstrukcijas. Lentēs un veltņu slīpmašīnām griešanas ātrumu aprēķina, izmantojot 2.2.1. vienādojumu, bet diska slīpmašīnām – 2.5.1. sakarību, kur apzīmējums D ir slīplentes veltņu vai diska diametrs, mm , bet apzīmējums n – slīplentes veltņu vai diska rotācijas frekvence, min^{-1} .

Savukārt padeves kustību raksturo slīplentes piespiedējelementa pārvietošana pret apstrādājamo detaļu vai apstrādājamās detaļas virzes kustība attiecībā pret slīplenti. Pieļaujamo padeves ātrumu u , m min^{-1} , slīpmašīnām ar nepārtraukto padeves kustību nosaka, izmantojot šādu izteiksmi:

(2.6.2)

$$u \leq \frac{60 \cdot l_k}{1000 \cdot t_k}$$

l_k – kontaktvirsmas garums, mm ;
 t_k – nepieciešamais kontakta ilgums starp slīplenti un apstrādājamo detaļu, s .

Kontaktvirsmas garumu l_k nosaka slīplentes kustības virzienā. Lai slīplentes poras netiktu pārpildītas ar noslīpētās koksnes putekļiem un tādējādi tā nezaudētu griešanas spējas, kontaktvirsmas garums, ja slīplentes graudainības numurs ir P 50, P 80 vai P 120, nedrīkst pārsniegt attiecīgi 125, 100 vai 65 mm .

Nepieciešamo kontakta ilgumu starp slīplenti un apstrādājamo detaļu t_k , s , aprēķina, izmantojot šādu sakarību:

(2.6.3)

$$t_k = \frac{h_{sl}}{1000 \cdot A_{sl} \cdot v}$$

h_{sl} – noslīpējamā koksnes slāņa biezums, mm ;
 A_{sl} – slīplentes īpatnējais ražīgums, $\text{cm}^3 \text{cm}^{-2} \text{cm}^{-1}$;
 v – griešanas ātrums, m s^{-1} .

Noslīpējamā koksnes slāņa biezumu h_{sl} , mm , (2.6.3. attēls) aprēķina, izmantojot šādu izteiksmi:

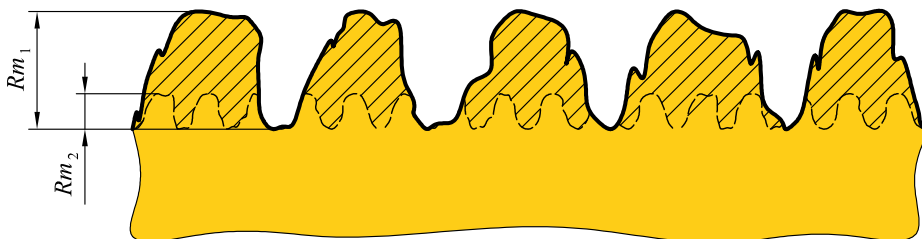
(2.6.4)

$$h_{sl} = \frac{2}{3} \cdot (Rm_1 - Rm_2) \cdot 10^{-3}$$

Rm_1 – virsmas raupjums pirms slīpēšanas, μm ;
 Rm_2 – virsmas raupjums pēc slīpēšanas, μm .

2.6.3. attēls

Noslīpējamā koksnes slāņa biezuma noteikšana



Rm_1 – virsmas raupjums pirms slīpēšanas; Rm_2 – virsmas raupjums pēc slīpēšanas.

Slīplentes īpatnējo ražīgumu A_{sl} , $\text{cm}^3 \text{cm}^{-2} \text{cm}^{-1}$, kas ir koksnes tilpums, ko noslīpē no apstrādājamās virsmas, kuras laukums ir 1 cm^2 , slīplentei pārvietojoties par 1 cm , aprēķina, izmantojot šādu formulu:

(2.6.5)

$$A_{sl} = 1,12 \cdot \frac{q}{\rho_k} \cdot \sqrt{\frac{d_i}{10^3}} \cdot a_z \cdot a_l \cdot a_\rho^{sl}$$

q – slīpēšanas spiediens (spiediens, ar kādu slīplenti piespiež pie apstrādājamās virsmas, 2.15. tabula), MPa;

d_i – abrazīvo graudu vidējais izmērs, μm ;

ρ_k – koksnes blīvums, kg m^{-3} ;

a_z – koeficients, ar kuru novērtē abrazīvo graudu materiālu (elektrokorundam $a_z = 1,0$, kramam $a_z = 1,3$, stiklam $a_z = 0,4$);

a_l – koeficients, ar kuru novērtē abrazīvo graudu uzklāšanas paņēmienu (ja izmantots gravitācijas uzklāšanas paņēmiens, $a_l = 1,0$, bet, ja abrazīvie graudi uz slīplentes pamatnes uzklāti elektrostatiskajā laukā, $a_l = 1,2$);

a_ρ^{sl} – koeficients, ar kuru novērtē slīplentes asuma ietekmi uz slīplentes ražīgumu (asām slīplentēm $a_\rho^{sl} = 1,33$, vidēji asām $a_\rho^{sl} = 1,0$, bet neasām slīplentēm $a_\rho^{sl} = 0,7$).

2.15. tabula

Slīpēšanas spiediens

Slīplentes graudainība	P 30 ... P 50	P 60 ... P 150
Slīpmašīnas veids	Slīpēšanas spiediens q , MPa	
Lentes slīpmašīnas:		
1) ar lielu kontaktvirsmu (ar garo kontaktpiespiedēju un nekustīgu galdu)	0,0015 ... 0,004	0,001 ... 0,0025
2) ar mazu kontaktvirsmu (ar īsu kontaktpiespiedēju)	0,005 ... 0,02	0,002 ... 0,005
3) ar piespiedējveltni	0,05 ... 0,25	0,02 ... 0,05
Veltņu slīpmašīnas	0,05 ... 0,25	0,02 ... 0,05
Cilindriskās slīpmašīnas	0,005 ... 0,05	–

Slīpēšanas ilgumu t_o , s, vienas detaļas apstrādei pozīciju tipa slīpmašīnās, piemēram, lentes slīpmašīnās ar īso kontaktpiespiedēju, aprēķina, izmantojot šādu vienādojumu:

(2.6.6)

$$t_o = t_k \cdot \frac{L \cdot B}{l_k \cdot b_k}$$

t_k – nepieciešamais kontakta ilgums starp slīplenti un apstrādājamo detaļu, s;

L – apstrādājamās detaļas garums, mm;

B – apstrādājamās detaļas platums, mm;

l_k – kontaktvirsmas garums, mm;

b_k – kontaktvirsmas platums (šaurlentes slīpmašīnās b_k ir vienāds ar slīplentes platumu, bet platlentes un veltņu slīpmašīnās – ar apstrādājamās detaļas platumu), mm.

Slīplentes lietošanas ilgumu t_l , min, aprēķina, izmantojot šādu formulu:

(2.6.7)

$$t_l = \frac{S_{sl} \cdot L_l}{60 \cdot v \cdot l_k}$$

S_{sl} – slīplentes griešanas trajektorijas garums līdz pieļaujamam nodilumam (kamēr slīplentes īpatnējais ražīgums samazinās par 50%), m;

L_l – slīplentes garums tās kustības virzienā, mm;

v – griešanas ātrums, m s^{-1} ;

l_k – kontaktvirsmas garums, mm.

Slīplentes griešanas trajektorijas garumu līdz pieļaujamam nodilumam S_{sl} , m, aprēķina, izmantojot šādu vienādojumu:

(2.6.8)

$$S_{sl} = 8 \cdot 10^3 \cdot \left(\frac{0,001}{q}\right)^{1,15} \cdot \left(\frac{d_i}{140}\right)^{1,44} \cdot \left(\frac{v}{10}\right)^{0,31} \cdot a_s^{sl} \cdot a_p$$

q – slīpēšanas spiediens, MPa;
 d_i – abrazīvo graudu vidējais izmērs, μm ;
 v – griešanas ātrums, m s^{-1} ;
 a_p – koeficients, ar kuru novērtē slīplentes pamatnes materiālu (slīppapīriem $a_p = 1,0$, bet slīpaudekliem $a_p = 3,0$);

a_s^{sl} – koeficients, ar kuru novērtē koksnes sugas ietekmi (ja skujkoku koksni apstrādā ar slīplentēm, kuru graudainība ir P 24 ... P 80, $a_s^{sl} = 0,55$, bet, ja slīplentes graudainības numurs ir lielāks par P 100, $a_s^{sl} = 0,35$; apstrādājot lapkoku koksni, $a_s^{sl} = 1,0$).

Griešanas spēku P_{gr} , N, slīpmašīnās (2.6.4. attēls) aprēķina kā berzes spēku starp slīplenti un apstrādājamās koksnes virsmu:

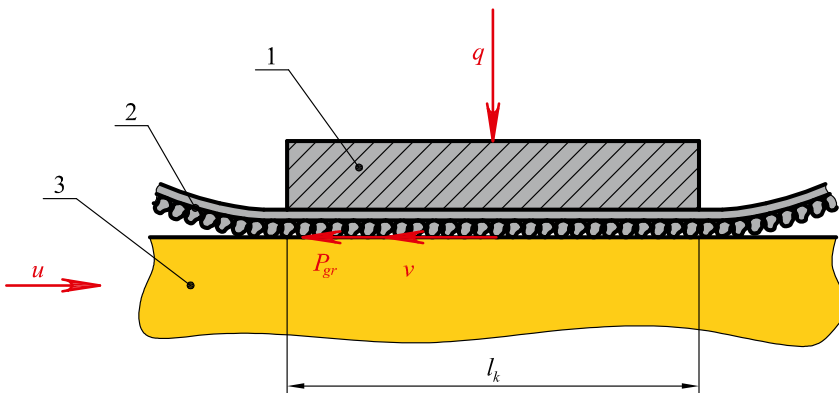
(2.6.9)

$$P_{gr} = K_{sl} \cdot q \cdot F$$

K_{sl} – koeficients, kas raksturo berzi starp slīplenti un apstrādājamās koksnes virsmu;
 q – slīpēšanas spiediens, MPa;
 F – kontakta laukums, mm^2 .

2.6.4. attēls

Griešanas dinamika slīpmašīnās



1 – piespiedējliete; 2 – slīplente; 3 – apstrādājamais materiāls; P_{gr} – griešanas spēks;
 q – slīpēšanas spiediena spēks; v – griešanas kustības virziens; u – padeves kustības virziens;
 l_k – kontaktvirsmas garums.

Koeficientu, kas raksturo berzi starp slīplenti un apstrādājamās koksnes virsmu, K_{sl} , aprēķina, izmantojot šādu sakarību:

(2.6.10)

$$K_{sl} = \left(0,425 + 0,19 \cdot \sqrt{\frac{d_i}{10^3}}\right) \cdot a_s^p \cdot a_p^{sl}$$

d_i – abrazīvo graudu vidējais izmērs, μm ;
 a_s^p – koeficients, ar kuru novērtē koksnes sugas ietekmi (bērzam – 1,0; priedei – 0,95, ozolam – 0,85);
 a_p^{sl} – koeficients, ar kuru novērtē slīplentes asuma ietekmi uz slīplentes ražīgumu (asām slīplentēm $a_p^{sl} = 1,33$, vidēji asām $a_p^{sl} = 1,0$, bet neasām slīplentēm $a_p^{sl} = 0,7$).

Kontakta laukumu F, mm^2 , aprēķina, izmantojot šādu izteiksmi:

(2.6.11)

$$F = l_k \cdot b_k$$

l_k – kontaktvirsmas garums, mm;
 b_k – kontaktvirsmas platums, mm.

Ievērojot, ka veltņu un lentes slīpmašīnām ar piespiedējveltni kontaktvirsmas garumam teoretiski nav dimensijas, slīpēšanas spiedienu raksturo attiecībā pret slīpēšanas platumu. Līdz ar to griešanas spēku šajā gadījumā aprēķina, izmantojot šādu formulu:

(2.6.12)

$$P_{gr} = K_{sl} \cdot q_1 \cdot b_k$$

K_{sl} – koeficients, kas raksturo berzi starp slīplenti un apstrādājamās koksnes virsmu;
 q_1 – slīpēšanas spiediens, kas attiecināts pret slīpēšanas platumu ($q_1 = 0,3 \dots 3,0$), N mm^{-2} ;
 b_k – kontaktvirsmas platums, mm.

Griešanas jaudu raksturo 1.4.35. sakarība. Līdz ar to griešanas jaudu aprēķina, izmantojot šādus vienādojumus:

1) slīpmašīnām ar plaknes piespiedēju, ievērojot papildu berzes spēku starp piespiedēju un slīplentes mugurvirsmu:

(2.6.13)

$$N = \frac{(K_{sl} + f) \cdot q \cdot F \cdot v}{1000}$$

2) slīpmašīnām ar piespiedējveltni:

(2.6.14)

$$N = \frac{K_{sl} \cdot q_1 \cdot b_k \cdot v}{1000}$$

K_{sl} – koeficients, kas raksturo berzi starp slīplenti un apstrādājamās koksnes virsmu;
 f – koeficients, ar kuru novērtē berzi starp piespiedēju un slīplentes mugurvirsmu ($f = 0,36$);
 q – slīpēšanas spiediens, MPa ;

F – kontakta laukums, mm^2 ;
 v – griešanas ātrums, m s^{-1} ;
 q_1 – slīpēšanas spiediens attiecībā pret slīpēšanas platumu ($q_1 = 0,3 \dots 3,0$), N mm^{-2} ;
 b_k – kontaktvirsmas platums, mm.

LITERATŪRA

1. Cīrulis, J., Svarāns, J., Tuherms, H. (1968) *Kokzāģēšanas tehnoloģija un ekonomika*. – Rīga: Liesma. – 274 lpp.
2. Ettelt, B., Gittel, H.J. (2004) *Sägen. Fräsen. Hobeln. Bohren. Die Spannung von Holz und ihre Werkzeuge*. – Leinfelden-Echterdingen: DRW-Verlag. – 296 s.
3. Gronlund, A. (1986) *Träbearbetning*. – Stockholm: Liber Tryck AB. – 494 s.
4. Kozuliņš, V., Tuherms, H. (1992) *Zāģmateriālu ražošana*. – Rīga: Zvaigzne. – 304 lpp.
5. Sleņģis, M.E. (1998) *Kokzāģēšanas instrumenti, to sagatavošana darbam. Praktiski padomi*. – Rīga: LAK Amatniecības literatūras apgāds. – 120 lpp.
6. Svarāns, J., Miķītis, Ē., Kaņepājs, J. (1950) *Koksnes zāģējamās mašīnas un zāģi*. – Rīga: Latvijas Valsts izdevniecība. – 494 lpp.
7. Tuherms, H. (1979) *Koksnes griešanas teorijas pamati*. – Jelgava: LLA. – 29 lpp.
8. Tuherms, H. (1984) *Koksnes griešanas režīmu parametru aprēķini*. – Jelgava: LLA. – 44 lpp.
9. Tuherms, H. (1985) *Kokapstrādes instrumenti*. – Rīga: Zvaigzne. – 246 lpp.
10. Амалицкий В.В. (1985) *Станки и инструменты лесопильного и деревообрабатывающего производства*. – Москва: Лесная промышленность. – 287 с.
11. Бершадский А.Л., Цветкова Н.И. (1975) *Резание древесины*. – Минск: Вышэйшая школа. – 304 с.
12. Глебов И.Т. (2010) *Резание древесины*. – Екатеринбург: издательство Лань. – 256 с. Pieejams: <http://www.wood.ru/ru/dorez.html>.
13. Ивановский Е.Г. (1974) *Резание древесины*. – Москва: Лесная промышленность. – 204 с.
14. Кох П. (1969) *Процессы механической обработки древесины (Перевод с английского)*. – Москва: Лесная промышленность. – 328 с.
15. Грубе, А.Э. (1971) *Дереворежущие инструменты*. – Москва: Лесная промышленность. – 344 с.
16. Кряжев, Н.А. (1979) *Фрезерование древесины*. – Москва: Лесная промышленность. – 200 с.
17. Любченко, В.И. (1986) *Резание древесины и древесных материалов*. – Москва: Лесная промышленность. – 296 с.
18. Санев, В.И. (1980) *Обработка древесины круглыми пилами*. – Москва: Лесная промышленность. – 232 с.
19. Periodika:
 - *Baltijas Koks un Baltic Timber Journal*: ISSN 1407-6667 un ISSN 1392-1355.
 - *Holz-Zentralblatt*: www.holz-zentralblatt.com.
 - *Timber Trade Journal*: ISSN 1740-701X, www.ttjonline.com.

