

LATVIJAS LAUKSAIMNIECĪBAS UNIVERSITĀTE

**TEHNISKĀ FAKULTĀTE
SPĒKRATU INSTITŪTS**

Jānis Avotiņš

METĀLAPSTRĀDE

JELGAVA 2009

J. Avotiņš. Metālapstrāde. Jelgava: LLU, 2009.- 400 lpp.

Metālapstrāde satur divas daļas. Pirmajā daļā doti pamatjēdzieni par lējumu ražošanu, spiedienapstrādes tehnoloģiskajiem procesiem, metālu metināšanu un termisko griešanu. Otrajā daļā aplūkoti metālapstrādes griežot teorētiskie pamati, tehnoloģiskie procesi, darbmašīnas un griezējinstrumenti, kā arī mašīnbūves tehnoloģijas pamati.

Mācību līdzeklis paredzēts augstskolu inženierzinātņu specialitāšu studentiem. To var izmantot arī metālapstrādē strādājošie inženiertehniskie darbinieki, koledžu un profesionālo mācību iestāžu pasniedzēji.

ISBN 978-9984-849-23-2

© Jānis Avotiņš

© LLU Tehniskā fakultāte

IEVADS

Pagājuši desmit gadi kopš iepriekšējo mācību līdzekļu par metālapstrādi izdošanas. Tajā laikā dominēja Krievijas standarts GOST, bet pieejamā tehniskā literatūra bija izdota pagājušā gadsimta 60...90. gados. Pēc iestāšanās Eiropas Savienībā mums saistošs Eiropas standarts EN un Latvijas standarts LV. Lai nezaudētu saites ar lietoto agrāko gadu literatūru, jaunajā izdevumā vietām ir atstāti salīdzinājumi starp EN un GOST.

Tehniskā literatūra, kuru speciālisti izmanto šodien, ir galvenokārt angļu vai krievu valodā. Grūtības rada metālapstrādes procesos lietoto kinemātisko un dināmisko parametru apzīmējumu atšķirības. Pirmajā pielikumā doti apzīmējumu salīdzinājumi.

Pēdējie gadu desmiti izmainījuši metālapstrādes procesu vadību. Tā kļuvusi datorizēta, bet apstrādes procesu teorētiskie pamati saglabājušies. Tos vieglāk apgūt, pamatojoties uz rokas vadības darbmašīnām, jo tās pēc uzbūves un darbības ir ievērojami vienkāršākas.

Ienākot metālapstrādes procesos ciparvadībai, atsevišķi agrāk izplatītie apstrādes paņēmieni ir zaudējuši nozīmi. Jaunajā izdevumā tie gan ir saglabāti, novērtējot to vietu un nozīmi. Esmu pārliecināts, ka rokas vadības darbmašīnas saglabās nozīmi arodapmācībā un ceru, ka jaunais mācību līdzeklis palīdzēs iepazīt metālapstrādes procesus.

SATURS

Pirmā daļa. Metālu karstā apstrāde

1.nodaļa. Lējumu ražošana.	
1.0. Pamatjēdzieni par lējumu ražošanu.....	7.
1.1. Lējumu ražošana veidzemes veidnēs.....	8.
1.2. Jaunākie lējumu ražošanas veidi.....	17.
1.3. Sakausējumi un to liešanas īpašības.....	25.
2.nodaļa. Spiedienapstrādes procesi.	
2.0. Pamatjēdzieni par spiedienapstrādi.....	30.
2.1. Spiedienapstrādes teorētiskie pamati.....	31.
2.2. Tērauda sagatavju karsēšana spiedienapstrādei.....	38.
2.3. Spiedienapstrādes tehnoloģiskie procesi.....	43.
2.4. Kalumu ražošana.....	48.
2.5. Lokšņu štancēšana.....	59.
3.nodaļa. Metālu metināšana un termiskā griešana	
3.0. Metināšanas process.....	66.
3.1. Metinātie savienojumi.....	68.
3.2. Elektrometināšana.....	86.
3.3. Elektrometināšanas automatizācija.....	108.
3.4. Gāzmetināšana.....	119.
3.5. Kontaktmetināšana.....	127.
3.6. Dažādu materiālu metināšanas īpatnības.....	130.
3.7. Metālu termiskā griešana.....	136.
3.8. Metālu lodēšana.....	148.

Otrā daļa. Metālapstrāde griežot

1.nodaļa. Griešanas process un tā parametri.	
1.1. Apstrādes griežot pamatjēdzieni.....	155.
1.2. Griežņa ģeometriskie parametri.....	157.
1.3. Griešanas procesa parametri.....	161.
1.4. Griežējinstrumentu griežējdaļas materiāli	165.
1.5. Griežējinstrumentu griežējdaļas izvēles pamati	180.
2.nodaļa. Metālapstrādes griežot fizikālie pamati	
2.1. Skaidas atdalīšanas process.....	185.
2.2. Uzķepums apstrādē griežot.....	188.
2.3. Skaidas sarukums apstrādē griežot.....	191.
2.4. Uzkalde parādības apstrādē griežot.....	194.
2.5. Griešanas procesa siltums.....	196.
2.6. Griežējinstrumentu nodilums.....	198.
2.7. Griežējinstrumentu dzesēšana metālapstrādē	204.

2.8. Vibrācijas apstrādē griežot.....	206.
2.9. Apstrādātās virsmas kvalitāte un tās kritēriji.....	207.
3.nodaļa. Materiāla pretestība apstrādei un pieļaujamais griešanas ātrums	
3.1. Griešanas spēki un to noteikšana.....	215.
3.2. Pieļaujamais griešanas ātrums.....	222.
3.3. Griešanas režīma izvēle.....	226.
4.nodaļa. Metālgriešanas mašīnas.	
4.1. Metālgriešanas mašīnu klasifikācija un attīstība.. ..	229.
4.2. Metālgriešanas mašīnu piedziņa.....	241.
4.3. Tipiskie metālgriešanas mašīnu mehānismi.....	249.
4.4. Metālgriešanas mašīnu apkalpošana.....	255.
5.nodaļa. Virpošanas darbi.	
5.1. Virpas.....	261.
5.2. Virpošanas griezējinstrumenti un ierīces.....	265.
5.3 Virpošanas tehnoloģiskie procesi	272.
6.nodaļa. Urbumu apstrādes procesi.	
6.1. Urbjmašīnas.....	282.
6.2. Urbumu apstrādes griezējinstrumenti.....	284.
6.3. Urbjmašīnu ierīces.....	290.
6.5. Darbs ar urbjmašīnām.....	293.
7.nodaļa. Frēzēšanas process un darbi.	
7.1. Frēzmašīnas	301.
7.2. Frēzēšanas griezējinstrumenti.....	304.
7.3. Ierīces darbam ar frēzmašīnām.....	309.
7.4. Frēzēšanas procesa kinemātika un dinamika.....	311.
7.5. Frēzēšanas darbi.....	316.
8.nodaļa Ēvelēšana, tēšana un caurvilkšana.	
8.1. Ēvelēšanas, tēšanas un caurvilkšanas mašīnas.....	321.
8.2. Ēvelēšanas un tēšanas darbi.....	324.
8.3. Caurvilkšana.....	328.
9.nodaļa. Zobu iegriešana.	
9.1. Zobiegriešanas mašīnas un instrumenti.....	333.
9.2. Zobu iegriešanas procesi.....	336.
10.nodaļa. Abrazīvie instrumenti un slīpēšanas process.	
10.1. Abrazīvo instrumentu uzbūve.....	340.
10.2. Abrazīvo instrumentu izmantošana.....	349.
10.3. Slīpēšanas process un tā parametri.....	352.
10.4. Darbs ar slīpmašīnām.....	355.
10.5. Griezējinstrumentu asināšana.....	360.
11.nodaļa. Specifiskie apstrādes veidi.	
11.1. Virsmu apdares metodes.....	366.
11.2. Zobratu zobu apdare.....	370.
11.3. Bezskaidas apstrādes veidi.....	373.

11.4. Elektroķīmiski mehāniskās apstrādes metodes.....	376.
12.nodaļa. Mašīnbūves tehnoloģijas pamati.	
12.1. Tehnoloģiskais process.....	380.
12.2. Sagataves.....	384.
12.3. Sagatavju bāzēšana.....	386.
12.4. Apstrādes precizitāte.....	390.
12.5. Tehnoloģisko procesu izstrādāšana.....	394.
Literatūra.....	398.
Pielikumi:	
1.Griešanas procesa parametru apzīmējumi literatūrā.....	399.
2. Mašīnbūves materiālu indeksācija pēc apstrādājamības	400.

1.daļa. METĀLU KARSTĀ APSTRĀDE

1. nodaļa. LĒJUMU RAŽOŠANA

1.0. PAMATJĒDZIENI PAR LĒJUMU RAŽOŠANU

Lējumus ražo metāllietuvēs. Liešana (casting) ir vienkāršākais, ātrākais un lētākais sagatavju ražošanas veids. Tā ļauj izgatavot lējumus izmēros no 10 milimetriem līdz 20 metriem, ar masu no 300 gramiem līdz 300 tonnām un sienīņu biezumu no 0,5 līdz 500 mm.

Lējumus atlej no čuguna, tērauda un krāsaino metālu sakausējumiem. Tiem ir pietiekamas mehāniskās īpašības un salīdzinoši zemas ražošanas izmaksas. Lietas sagataves izmanto visās mašīnbūves nozarēs. Atsevišķās mašīnās lieto detaļu īpatsvars sasniedz 50...60 % no mašīnas masas, bet to ražošanas izmaksas tikai 20...25 % no kopējām izmaksām. Atlej metālgriešanas mašīnu statnes, iekšdedzes motoru blokus, galvas, pānesumkārbu, reduktoru, un gultņu korpusus, zobratu, ķēžratus, skriemeļus, atlokus, vākus u.c. detaļas.

Lējumu ražošanai ir nepieciešamas veidnes. Pēc to izmantošanas iespējām izšķir vienreizējās un pastāvīgās veidnes. Vienreiz lietojamās veidnes noder tikai viena lējuma atliešanai. Atbilstoši veidņu materiālam, veidošanas un piepildīšanas tehnoloģijai izšķir:

- * lējumu ražošanu veidzemes veidnēs;
- * lējumu ražošanu apvalkveidnēs;
- * lējumu ražošanu izkausējamo modeļu veidnēs;
- * lējumu ražošanu metālveidnēs jeb kokilēs;
- * spiedliešanu;
- * centrēšanas liešanu.

Pirmajos trijos gadījumos veidnes ir vienreizējas, bet pārējos – pastāvīgas.

Senākā un plašāk izplatītā ir lējumu ražošana veidzemes veidnēs. Tās gatavo no smilšu māla maisījuma, to saberot un sablīvējot veidkastēs. Lējumu ārējām virsmām atbilstošus dobumus veidnē nodrošina modeļi, bet urbumus un dobumus – serdeņi. Tie balstās ligzdās, ko izveido modeļa izciļņi – serdeņzīmes. Serdeņus izgatavo no serdeņzemes, kas atšķiras no veidzemes ar sastāvu un kvalitāti. Veidzemes veidņu sienīņu biezums pārsniedz 250 mm un tās uzskata par biežsienu veidnēm, pretstatā veidnēm, ko gatavo no kvarca smilts un ķīmiski cietējošām saistvielām. To sienīņu biezums nepārsniedz 10 mm.

Lējumu ražošana biežsienu veidnēs ir universāls process. Tas ir piemērots visiem ražošanas apstākļiem. Lējumu rūpnieciskajā ražošanā veidošanu veic ar mašīnām. Eksperimentālajās ražotnēs un remonta

vajadzībām, izgatavojot nelielu skaitu lējumu, veidošanu veic ar rokas instrumentiem.

Pastāvīgās veidnes gatavo galvenokārt no tērauda vai čuguna. Tās derīgas vairāku simtu vai pat tūkstošu lējumu ražošanai.

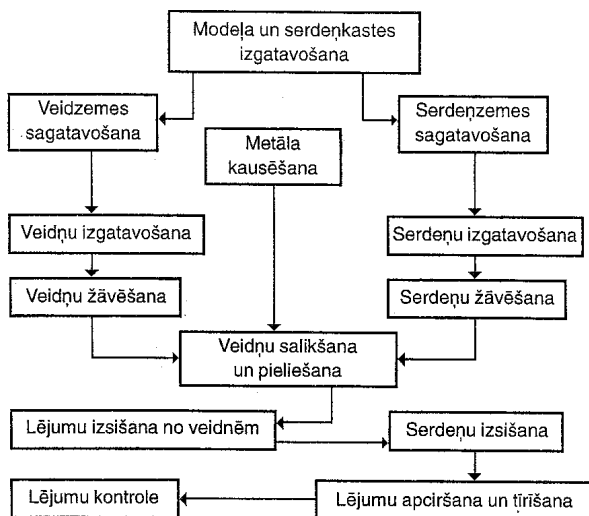
Lējuma ražošanas veida izvēli nosaka lejamais materiāls, lējuma izmēri, masa, konfigurācija, precizitāte, mehāniskās īpašības un ražošanas apjoms. Atsevišķu liešanas veidu īpatsvars ražošanā ir mainīgs. To nosaka tehnoloģiskās iespējas.

Metāla lietuvēs lējumu ražošanu vada metalurģi, kas pārzina visus ar to saistītos tehnoloģiskos procesus.

1.1. LĒJUMU RAŽOŠANA VEIDZEMES VEIDNĒS

1.1.1. Ražošanas sagatavošanas procesi

Lējumu ražošana aptver vairākus savstarpēji saistītus procesus. Starp tiem ievērojams ir sagatavošanās darbu īpatsvars. Sagatavošanās darbos ietilpst lējuma konstruktīvo izmēru un konfigurācijas noteikšana, veidošanas piederumu (modeļu un serdenķastu) projektēšana un izgatavošana, veidošanas materiālu (veidzemes un serdenķzemes) sastāva izvēle un sagatavošana, lejamā materiāla kausēšana un ķīmiskā sastāva nodrošināšana, veidņu izgatavošana un pieliešana, lējumu apdare utt. (1.1.att.).



1.1.att. Lējumu ražošanas procesu shēma.

Liešanas procesa tehnoloģiskās īpatnības izvirza noteiktas prasības lējumu konstruktīvajam izveidojumam. Lējuma parametrus izvēlas pamatojoties uz detaļas rasējumu un tehniskiem noteikumiem, ievērtējot lejamā materiāla liešanas īpatnības.

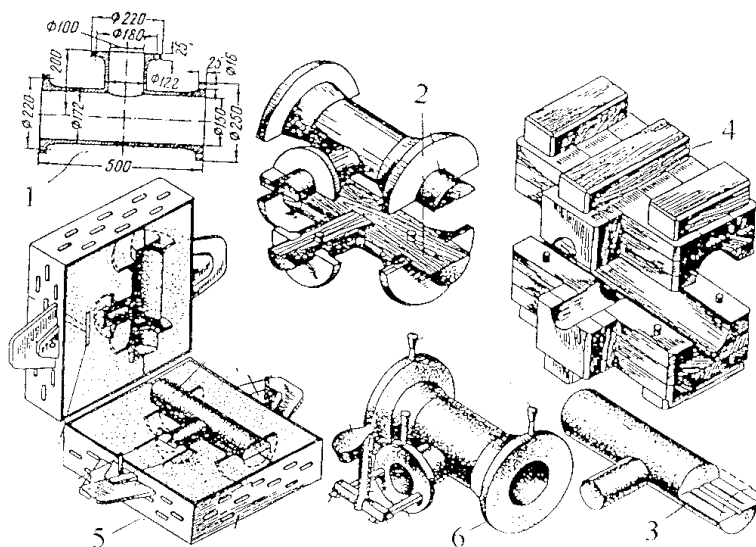
Materiāla struktūra un mehāniskās īpašības lējumiem nav viendabīgas. Lējumu apakšējās un sānu virsmas veidojas gludākas un blīvākas ar labākām mehāniskajām īpašībām. To augšdaļā koncentrējas gāzu pūslīši un sarukuma dobumi. Mehānisko īpašību neviendabība nav pieļaujama mašīnu elementiem (detaļām), kas pakļaujas mainīga rakstura slodzēm (zobrati, skrīmeļi un citi rotācijas tipa mašīnu elementi). Lai mazinātu tehnoloģisko īpatnību ietekmi uz lieto detaļu darba spējām, pirms rasējuma izstrādāšanas nosaka lējuma novietojumu veidnē. No tā ir atkarīga modeļa un veidnes dalījuma plaknes, veidošanas slīpumu un aso stūru noapaļojumu izvēle. Modeļa dalījuma plaknei ir jāsakrīt ar lējuma maksimālo šķēluma laukumu, lai pēc ievieidošanas ir iespējama modeļa izcelšana. Diska tipa lējumus (to diametrs pārsniedz garumu), veidnē ievieido plakaniski. Čaulu tipa lējumus, ja to garums pārsniedz diametru, veido horizontāli. Ja lējuma garums ir tuvs diametram, novietojums veidnē vertikāli vai horizontāli nav būtisks. Izvēli nosaka citi apsvērumi.

Veidošanas slīpumus paredz lējumu vertikālajām virsmām. To uzdevums ir atvieglot modeļa izcelšanu pēc ievieidošanas. Slīpuma lielumu nosaka lējumu ražošanas veids un modeļa materiāls. Nelielu sēriju ražošanā veidošanu biežāk veic ar koka modeļiem. Tiem veidošanas slīpumus paredz $2^0 \dots 3^0$ robežās. Veidošanā ar mašīnām lieto metāla modeļus (dažkārt arī plastmasas) un tiem veidošanas slīpumi ir samazināti - $0,5^0 \dots 1^0$.

Lai samazinātu termisko spriegumu koncentrācijas, kas var radīt plaisas, lējumiem asos stūrus noapaļo. Noapaļojuma rādiusu nosaka lējuma sienīņu biezums, (vidēji $1/3 \dots 1/5$ no stūri veidojošo sienīņu biezuma vidējās vērtības).

Lējuma izmēriem, kam paredzēta mehāniskā apstrāde, paredz uzlaides. To skaitliskās vērtības nosaka ražošanas tips (masu, sēriju vai individuālā ražošana), veidošanas paņēmiens (rokas vai veidošana ar mašīnām), lejamā materiāla īpašības, masa un izmēri. Lējuma izmērus nosaka, ārējiem detaļas izmēriem uzlaižu vērtības pieskaitot, bet iekšējiem - atskaitot. Nelielas rievīņas, pakāpes un urbumus, kas mazāki par 20 mm, atliešanai neparedz. Tos izgatavo lējumu apstrādē griežot.

Vispirms sagatavo modeļu, serdeņu un serdenķastu rasējumus (1.2.att.). Pēc tiem izgatavo modeļus un serdenķastes. Izplatīta ir veidošana ar dalītiem modeļiem divās veidkastēs. Arī serdenķastes izgatavo divdaļīgas. Modeļa un serdenķastu pusīšu precīzu salikšanu nodrošina ar tapām.



1.2.att. Lējums un veidošanas piederumi

- 1- lējuma rasējums; 2. - modelis; 3. - serdenis; 4 - serdeņkaste;
5. – veidne (atvērta); 6. – lējums ar ielietņu sistēmas elementiem.

Lejamā materiāla ķīmiskais sastāvs ietekmē sarukumu (lineāro izmēru un tilpuma samazināšanos). Izgatavojot modeļus un serdeņkastes sarukumu ievērtē, mērīšanai izmantojot īpašus modeļu lineālus ar palielinātām iedaļas vērtībām.

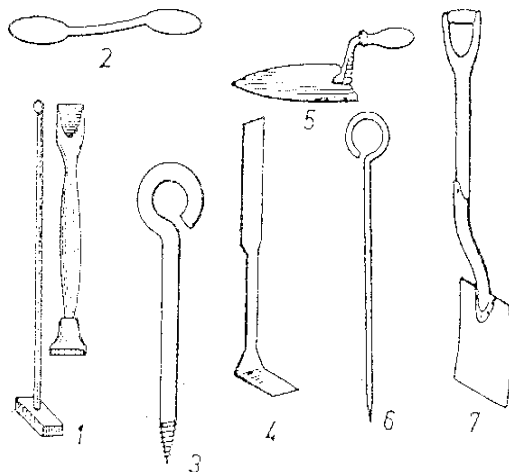
Veidošanai ir nepieciešami veidkastu komplekti. Tie sastāv no divām veidkastēm - apakšējās un augšējās. Veidkastu konstruktīvie izmēri ir standartizēti un tās izvēlas atbilstoši lējuma izmēriem un masai.

Lējumu ražošanas tehnoloģiskais process sastāv no pusveidņu ievieidošanas, serdeņu ievietošanas veidnē, veidņu salikšanas, pieliešanas, lējumu un serdeņu izsišanas, lējumu apdares un kontroles. Veidošanas process ar rokām būtiski neatšķiras no veidošanas ar mašīnām. Atšķirības pastāv lietotos tehniskajos līdzekļos.

1.1.2. Veidošanas iekārtas un instrumenti

Veidošanu ar rokām veic izgatavojot nelielu skaitu lējumu, visbiežāk gatavojot eksperimentālos paraugus vai lējumus mašīnu remontam. Rūpnieciskajā ražošanā lējumu ražošanā izmanto veidošanu ar mašīnām.

Veidošanā ar rokām veidņu piepildīšanai ar veidzemi lieto lāpstas, veidzemes noblietēšanai - rokas un pneimatiskās blietes, veidņu pielabošanai - gludināmās lāpstīņas, gāzu izvadkanālu sadurstīšanai - metāla iesmus, ielietņu blodas un barotājkanālu izgriešanai - lancetes un īpašas karotītes, bet modeļu izcelšanai no pusveidnēm - īpašus āķus (1.3.att.). Veidošana ar rokām ir smags un darbietilpīgs process



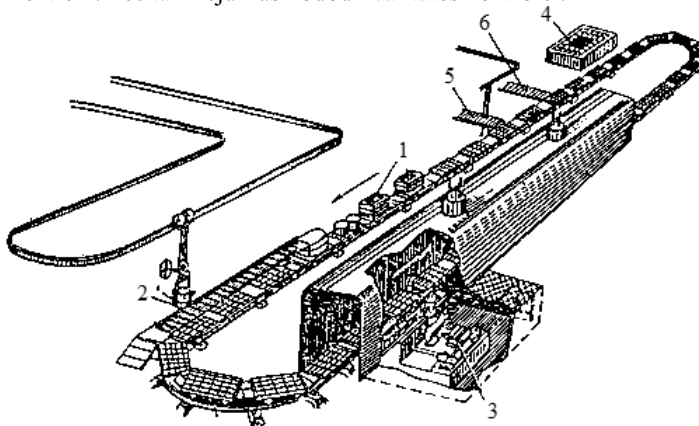
1.3.att. Rokas veidošanas instrumenti:

- 1 – rokas blietes; 2 – lancetes; 3 – āķis modeļu izcelšanai; 4 – lāpstīņa; 5 – gludīkla (ķelle); 6 – iesms; 7 – lāpsta.

Veidošanā ar mašīnām (mašīnveidošanā) darbība norit uz konveijera (1.4.att.). Konveijeram blakus tehnoloģiskā procesa secībā izvietoti vairāki ražošanas iecirkņi ar noteiktu funkcionālo nozīmi.

Veidošanas materiālu sagatavošanas iecirkņos no smilts, māla un dažādām piedevām sajauc atbilstošas kvalitātes veidzemi. Nepieciešamos komponentus uz sajaucējiem padod lentes transportieri. Frakciju proporcionalitāti nodrošina dozētājiekārtas. Sagatavoto veidzemi uz veidošanas iecirkņiem nogādā ar gliemeža tipa transportieriem. Veidnes ar veidzemi piepilda, izmantojot smilšu metējus. To noblietēšanai lieto veidzemes vibratorus un presētājiekārtas. Veidņu pacelšanai un pārvietošanai, kā arī modeļu izcelšanai izmanto celšanas ierīces. Metāla kausēšanas krānsis izvietotas konveijera galā. Veidnes ar izkausētu lejamu materiālu pielej nenoņemot no konveijera. Pirms pieliešanas tās noslogo ar atsvariem, lai šķidrā metāla spiediens nepaceltu augšējo pusveidni. Lējumu sacietēšana norit veidnēm virzoties pa konveijeru uz izsišanas iecirkni. Lējumus no veidnes atbrīvo sakratot ar vibratora tipa

iekārtām. Lietoto veidzemi atgriež veidzemes sagatavošanas iecirkņos, kur to sijā caur sietiem, atdalot sacietējušās frakcijas un mehāniskos piemaisījumus. Piejaucot svaigu maisījumu, atjauno lietotās veidzemes kvalitāti un to padod atkārtotai izmantošanai. Lējumus novirza uz apdares iecirkni, kur tos attīra no veidzemes piedegumiem un ielietņu sistēmas elementiem. Pēc tam lējumus nodod kvalitātes kontrolei.



1.4.att. Lējumu ražošanas konveijera darbības shēma:

1 - veidošana; 2 - veidņu pieliešana; 3 - lējuma sacietēšana; 4 - veidņu izsišana; 5 – veidzemes padošana no sagatavošanas iecirkņa; 6 - lējumu attīrīšana un kontrole.

1.1.3. Veidošanas materiāli

Veidzemes sastāvā ietilpst kvarca smilts, māls, dažas piedevas un 4...6 % ūdens. Tās komponentu procentuālo sastāvu nosaka lejamā materiāla īpašības. Veidzemei izvirza vairākas prasības: stiprību, plastiskumu, saspiežamību, gāzu caurlaidību un ugunsizturību.

Stiprība veidzemei ir nepieciešama, lai veidnes nesagrūtu no strūklas trieciena, šķidrā metāla spiediena un pārvietošanas pa konveijeru. Stiprību paaugstina, veidzemei palielinot māla un saistvielu (šķidrā stikla, cementa u.c.) saturu. Plastiskums veidzemei nodrošina veidojamību - spēju pieņemt modeļa formu. To paaugstina, palielinot mitruma saturu. Gāzu caurlaidība ir nepieciešama ūdens tvaiku caurplūdei, kas rodas šķidrājam metālam saskaroties ar mitro veidmateriālu. Ja gāzu caurplūde ir nepietiekama, lējuma virskārtā rodas poras. Gāzu caurlaidību uzlabo, palielinot smilts daudzumu un graudainību (rupjumu), bet samazinot mitruma saturu. Saspiežamība ir veidzemes spēja padoties lējuma sarukšanai atdziestot. To uzlabo ar speciālām piedevām, kā arī palielinot veidzemei smilts saturu. Ugunsizturība ir nepieciešama, lai veidzeme

nepiedegtu pie lējuma virsmām un nesakustu ar to. Lejot čuguna un tērauda lējumus, pretpiedegamību uzlabo veidzemei pievienojot akmeņogļu smalksni.

Veidzemi iedala pārklājuma, pildījuma un vispārējas nozīmes veidzēmē. Veidošanā ar rokām, izgatavojot atbildīgus lējumus, modeli vispirms apber ar pārklājuma veidzemi un to viegli pieblīvē. Par pārklājuma veidzemi izmanto tikai svaigi sagatavotu veidzemi. Pēc tam veidkasti piepilda ar pildījuma veidzemi. Tā ir attīrīta un izsijāta lietota veidzeme. Tās kvalitāte ir zemāka. Pielejot veidni tiešā saskarē ar izkausēto materiālu nonāk tikai pārklājuma veidzeme.

Veidošanā ar mašīnām lieto vienas kvalitātes vispārīgās nozīmes veidzemi. Tā sastāv no lietotas (90...95 %) un no (5...10 %) svaigas veidzemes.

Serdeņi ir pakļauti augstāku temperatūru ilgstošai iedarbībai un lielākām slodzēm, salīdzinot ar veidnēm. Tiem nepieciešama paaugstināta stiprība un gāzu caurlaidība. Serdeņus izgatavo no serdeņzemes. Tās kvalitāti paaugstina ar pašcietējošu komponentu piedevām.

Serdeņus izgatavo serdeņkastēs. Tās piepilda caur gala urbumiem ar serdeņzemi un sablīvē. Lai serdeņzeme nepieliptu kastes darba virsmām, tās pārklāj ar pretpielipšanas vielām. Serdeņu stiprību palielina, ievietojot pirms sablīvēšanas stieplu armatūru. Gāzu caurlaidību uzlabo, izveidojot ventilācijas kanālus. Serdeņus pirms ievietošanas veidnē žāvē 175...325 °C temperatūrā. Žāvēšanas ilgumu nosaka saistvielu sastāvs un serdeņa masa. Tā parasti ilgst 6...12 stundas.

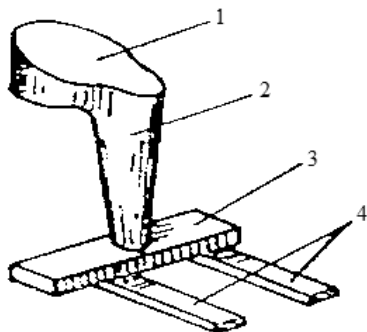
1.1.4. Ielietņu sistēmas elementi

Ielietnes sistēma ir kanālu kopums, kas nodrošina veidnes piepildīšanu, sārņu uztveršanu un lējumu sarūkuma kompensēšanu. Tā sastāv no ielietnes blodas, stāvkanāla, sārņu uztvērēja un viena vai vairākiem barotājkanāliem (1.5.att). Ielietņu sistēmai pieskaita arī pārplūdes kanālus.

Ielietnes blodas uzdevums ir samazināt metāla strūkļas triecieni pielejot veidni un daļēji aizturēt sārņus, lai tie nenonāktu veidnē. Stāvkanālam ir jānodrošina vienmērīga un ātra veidnes piepildīšanās. To veido vertikāli nedaudz konisku ar tievo galu uz leju.

Sārņu uztvērējs uztver to sārņu un nemetālisko piemaisījumu daļu, kas nonākuši stāvkanālā. To veido augšējā pusveidnē, izmantojot īpašus sārņu uztvērēja modeļus. Tiem ir trapecveida šķērsgriezums. Apakšējā pusveidnē zem sārņu uztvērēja ar lanceti izgriež spraugveida barotājkanālus. To skaits ir atkarīgs no lējuma izmēriem un konfigurācijas. Nelieliem lējumiem ir pietiekami ar vienu barotājkanālu. Lējuma augstākajos punktos ievieido pārplūdes kanālus. Tie nepieciešami

gaisa un gāzu izvadīšanai no veidnes pieliešanas brīdī (attēlā nav parādīti). To skaits var būt viens vai vairāki.



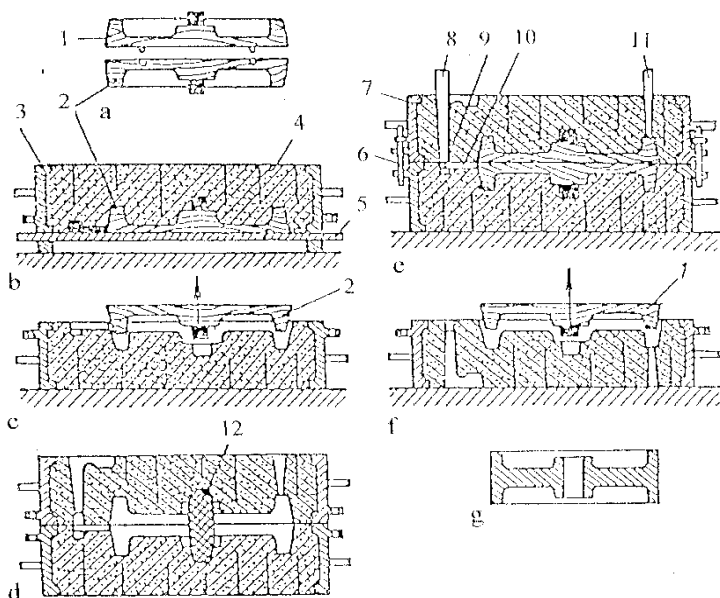
1.5. att. Ielietņu sistēmas sastāvdaļas:

1 - ielietnes bļoda; 2 - stāvkanāls; 3 - sārņu uztvērējs; 4 - barotājkanāli.

Ielietņu sistēmas elementu šķērsriezuma parametrus aprēķina. Stāvkanālus, sārņu uztvērējus un pārplūdes kanālus veido ar īpašiem modeļiem, bet ielietnes bļodu un barotājkanālus izgriež ar lanceti.

1.1.5. Veidošanas tehnoloģiskais process

Veidošanu veic noteiktā secībā (1.6.att.). Uz modeļplates novieto modeļpusi un veidkasti. To pieber ar veidzemi un noblietē. Ar īpašu līneālu nolīdzina ievaidotās pusveidnes virsmu un norauš lieko veidzemi. Ievaidoto pusveidni apgriež pa 180^0 ar apakšu uz augšu. Uz modeļa puses novieto otro modeļpusi, kā arī augšējo veidkasti. Pusveidņu saskares virsmu apbārsta ar sausu kvarca smilti, lai tālākajā veidošanas gaitā novērstu pusveidņu salipšanu. Augšējā veidkastē ievieto stāvkanāla un pārplūdes kanālu modeļus. Stāvkanāla modeļi novieto blakus lejamās detaļas modeļim, bet pārplūdes kanālu modeļus tā augstākos punktos. Veidkasti pieber ar veidzemi un noblietē. Ar lanceti (karotīti) augšējā veidnē izgriež ielietnes bļodu un ar metāla iesmu sadursta gāzu izvadkanālus. No pusveidnes izceļ stāvkanāla un pārplūdes kanālu modeļus un ar saspiešu gaisu aizpūš irdenās veidzemes paliekas. Augšējo pusveidni paceļ, no pusveidnēm izceļ modeļpusi, apakšējā pusveidnē izgriež pēc vajadzības vienu vai vairākus barotājkanālus. Nepieciešamības gadījumos ar lanceti pielabo pusveidņu dobumus, apakšējā pusveidnē ligzdās ievieto serdeņus un saliek veidni. Veidnes pirms pieliešanas noslogo ar atsvariem pēc tam pielej.



1.6. att. Veidošanas procesa shēma:

a - modelis; b...f - veidošanas operācijas; g - lējums; 1. – virsējā modelpuse; 2. - apakšējā modelpuse; 3. - apakšējā veidkaste; 4. - veidzeme; 5. - modelplate; 6.- veidkastu fiksācijas tapa; 7. - augšējā veidkaste; 8. - stāvkanāla modelis;- sārņu uztvērēja modelis; 10. - barotājkāna modelis; 11. - pārplūdes kanāla modelis; 12. - serdenis.

1.1.6. Metāla kausēšana un veidņu pieliešana

Metālu un to sakausējumu kausēšanu aprūstina augstā kušanas temperatūra un ķīmiskā aktivitāte. Metāllietuvēs kausēšanai izmanto dažāda tipa krāsnis.

Čugunu visbiežāk kausē vertikālās šahtveida krāsnīs – vagrankās. Tām ārpusē ir tērauda apvalks, bet iekšpusē izklāta ar šamota ķieģeļiem. Vagrankas augšdaļā ir lūka kurināmā, šihtas un kušņu iepildīšanai. Šihtu veido domnu pārstrādājama čuguns, čuguna un tērauda lūžņi. Par kurināmo izmanto sēru maz saturošu koks, bet par kušņiem - kaļķakmeni. Vagrankas darbojas diennaktī 8...16 stundas, to produktivitāte visbiežāk 3...8 t/h, bet atsevišķos gadījumos pat līdz 25 t/h.

Degšanai gaisu zem spiediena padod kompresori. Izkausēto čugunu pa lūciņu krāsns apakšdaļā izlaiž vispirms mazajos kausos. Tur čugunu iztur noteiktu laiku, lai uzpeldētu sārņi. Pēc tam to lej veidnēs. Šķidrā metāla strūklu raža uz ielietņes bļodu, bet ne uz stāvkanālu. Strūklai ir jābūt vienmērīgai un nepārtrauktai, lai novērstu sārņu iekļūšanu veidnē. Liešanu pārtrauc, kad lejamais materiāls parādās pārplūdes kanālos.

Tēraudu kausē martena un elektrokrašanās. Ja metāllietuve atrodas tērauda ražotņu tiešā tuvumā, tad lējumiem izmanto tēraudu, kas tikko iegūts mazajos konverteros.

Vara un alumīnija sakausējumus kausē galvenokārt liesmu krašanās, kausējamo šihu ievietojot grafitā vai šamota tīģeļos, ko nosedz ar vāku. Tīģeļi saglabā izkausētā sakausējuma ķīmisko sastāvu un stabilitāti, jo pasargā sakausējumu no apkārtējās vides, kurināmā un degšanas produktu iedarbības.

1.1.7. Lējumu apdare un kvalitātes kontrole

Pēc pilnīgas sacietēšanas un pietiekamas atdzišanas lējumus izsit no veidnēm. Individuālās ražošanas apstākļos to veic ar veseriem, rūpnieciskajā ražošanā ar vibrācijas tipa iekārtām. Vibrāciju ietekmē veidnes sagrūst. Serdeņus izsit ar vibroierīcēm vai augstspiediena ūdens strūklu. Ielietņu sistēmas elementus no čuguna lējumiem atsit ar veseri, no tērauda lējumiem atgriež ar gāzes degli, bet no krāsaino metālu lējumiem atzāģē ar lentzāģi.

Neliela izmēra lējumus no pielipušās un piedegušās veidzemes attīra rotējošos trumļos, kur tie beržas cits gar citu. Lielu lējumu tīrīšanai izmanto smilšu - ūdens strūklas metējus. Lējumu attīrīšanai lieto arī skrošu metējus, kas virsmas attīra ar čuguna skrošu strūklu. Lējumu galīgo apdari veic ar stacionārām vai pārvietojamām slīpēšanas ierīcēm.

Pēc lējumu attīrīšanas un apdares, tos pakļauj tehniskajai kontrolei. Lējumiem pārbauda galvenos izmērus, materiāla ķīmisko sastāvu, sarozi (deformēšanos), plaisas, porainību u.c. Lējumus brāķē, ja tas neatbilst tehniskajiem noteikumiem, vai tam ir kaut viens nelabojams defekts.

Atkarībā no defektu rakstura lējumu labošanai izmanto kādu no paņēmieniem: defektu vietas aizpilda ar pildvielu, piesātina ar īpašu sastāvu, aizmetina vai apstrādā termiski.

Dobumus mazāk atbildīgiem lējumiem aizpilda ar īpašiem hermetizējošiem sastāviem. Atbildīgiem lējumiem porainību likvidē, piesātinot poras ar koncentrētu hlorīda šķīdumu un pēc tam apstrādājot ar amonjaku. Lieliem lējumiem nepilnīgi pielietās vietas labo uzkausējot papildmateriālu. Lējumu termisko apstrādi veic, ja jāmaina materiāla struktūra, jālikvidē iekšējie spriegumi vai jāmaina to cietība.

1.2. JAUNĀKIE LĒJUMU RAŽOŠANAS VEIDI

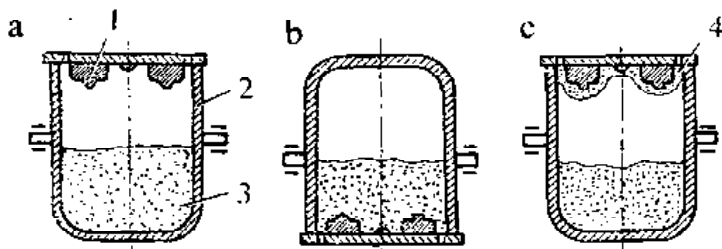
1.2.1. Lējumu ražošana apvalkveidnēs

Lējumu ražošana biežsienu veidnēs ir saistīta ar lieliem veidošanas materiālu patēriņiem un darbietilpību. Apvalkveidņu sieniņu biezums nepārsniedzi 8...10 mm. Tās gatavo no pulverbakelīta 4...6% un kvarca smilts maisījuma. Veidošanas process pamatojas uz pulverbakelīta īpašību, sakarstot līdz 160°C temperatūrai izkust un kļūst veidojamam, bet pārsniedzot šo temperatūru, sacietēt neatgriezeniski.

Apvalkveidne sastāv no divām pusveidnēm. Katru pusveidni veido atsevišķi, izmantojot pusautomātiskas iekārtas. Viena iekārta spēj izgatavot līdz 50 pusveidnēm stundā.

Modeļus apvalkveidņu ražošanai izgatavo tikai no metāla divdaļīgus. Katru modeļpusīti piestiprina ar skrūvēm pie atsevišķas modeļplates, kas arī izgatavota no tērauda. Apvalkveidņu izgatavošanas process sekojošs:

- Modeļplati ar tai piestiprināto modeļpusīti attīra no piedeguma un ar pulverizatoru apsmidzina ar pretpielipšanas šķidrumu.
- Modeļplati ar modeļpusīti elektrokrāsnīs sakarsē līdz $220...250^{\circ}\text{C}$ temperatūrai;
- Sakarsēto modeļplati ar pusmodeļi novieto uz apgāzamas tvertnes, kurā iepildīts pulverbakelīta un kvarca smilts maisījums (1.7.att.a);
- Tvertni apgāž par 180° un maisījums apber uzkaršēto modeļi un modeļplati (1.7.att. b);



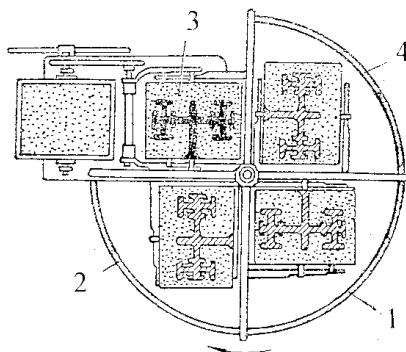
1.7.att Pusveidņu izgatavošanas process:

a – uzkaršētas modeļplates novietošana un tvertnes; b – apberšana ar pulverbakelīta un kvarca smilts maisījumu; c – tvertnes atgāšana sākumstāvoklī: 1 – metāla modelis ar modeļplati; 2 – tvertne; 3 – veidmateriāls; 4 – apkusušais veidmateriāls –pusveidne.

- Pulverbakelīta slānis, kam tieša saskare ar karsto modeļplati, kūst un sasaista kvarca smiltis. Lai iegūtu 6...8 mm biezu apkusušo slāni, jāiztur 12...20 sekundes;

- Tvertni atgāž sākuma stāvoklī, nesakusušais maisījums atkrīt tvertnē, bet sakusušī garoziņa paliek pie modeļplates(1.7.att.c);
- Modeļplati ar sakusušo garozu ievieto elektrokrāsnī, kur tā nepilnas minūtes laikā sakarst līdz $350...370^{\circ}\text{C}$ temperatūrai;
- Pulverbakelīts sacietē neatgriezeniski un kopā ar kvarca smilti izveido cietu karstumizturīgu pusveidni;
- Pusveidni atdala no modeļplates, novieto uz līdzenas virsmas un atdzesē.

Viss apvalkveidņu izgatavošanas process norit pusautomātiskās iekārtas 4 pozīcijās un to apkalpo viens operators (1.8.att)



1.8.att. Apvalkveidņu pusautomāta darbības shēma:

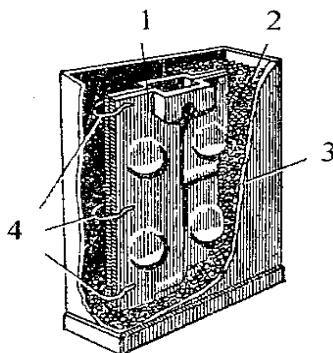
1. pozīcija – izgatavoto pusveidņu noņemšana no modeļplates, tās notīrīšana un apsmidzināšana; 2.pozīcija - modeļplates sakarsēšana līdz $220...250^{\circ}\text{C}$ temperatūrai; 3. pozīcija - modeļplates novietošana uz tvertnes un apbēršana ar maisījumu; 4. pozīcija - modeļplates ar apkusušo garoziņu sakarsēšana līdz $350...370^{\circ}\text{C}$ temperatūrai.

Analogi izgatavo otru pusveidni. Pusveidnes sakomplektē pa pāriem, ja ir nepieciešams ievieto serdeņus, saliek un salīmē, papildus sastiprinot ar skavām(1.9.att.). Serdeņus izgatavo no parastās serdenzemes vai no apvalkveidņu maisījuma. Pusveidņu precīzu salikšanu nodrošina īpaši izciļņi un iedobumi uz pusveidņu virsmām. Pirms pieliešanas apvalkveidnes ievieto vertikāli kastēs un apber ar sausām kvarca smiltīm vai čuguna skrotīm Pēc pieliešanas un lējuma sacietēšanas veidnes sasit.

Salīdzinot ar biežsienu veidzemes veidnēm, apvalkveidnes nodrošina:

- augstāku lējumu precizitāti un virsmu gludumu;
- samazinātas mehāniskās apstrādes uzlaides, kas dod lejamā materiāla ekonomiju un samazina apstrādes darbietilpību ;

- samazinātu defektu daudzumu un brāķi;
- samazinātu veidošanas materiālu patēriņu un to sagatavošanas darbietilpību.



1.9.att. Apvalkveidņu nostiprināšana kastēs;
1 – apvalkveidne; 2 – čuguna skrotis; 3 - kaste; 4 – skavas.

Apvalkveidnēs ražo čuguna, tērauda un krāsaino metālu sakausējumu lējumus sēriju un masu ražošanas apstākļos. To masa līdz 100 kg. Plašāku apvalkveidņu pielietojumu ierobežo salīdzinoši augstās pulverbakeļīta izmaksas un ierobežotā lējumu masa.

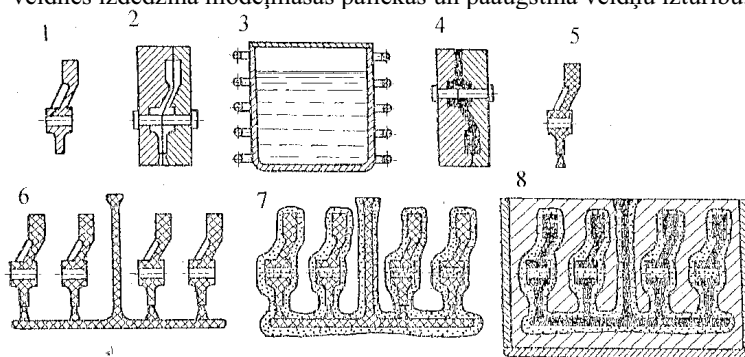
1.2.2. Lējumu ražošana izkausējamo modeļu veidnēs

Izkausējamo modeļu veidnēs ražo sarežģītas konfigurācijas lējumus ar neierobežotu urbumu skaitu jebkurā virzienā. Lējumu masa iespējama līdz 160 kg. Modeļus izgatavo no viegli kūstošiem materiāliem – stearīna, cerezīna un parafīna, bet veidnes - no puteklveidīgas mālzemes vai kvarca smilts par saistvielu izmantojot etilsilikātu. Veidnēm ir augsta termiskā un mehāniskā izturība.

Lējumu ražošana izkausējamo modeļu veidnēs aptver vairākus tehnoloģiskus procesus (1.10.att.).

- 1.Presformu izgatavošanu kūstošo modeļu presēšanai. Tās gatavo no tērauda vai krāsaino metālu sakausējumiem ar mehānisko apstrādi. Atsevišķos gadījumos neliela skaita lējumu ražošanai var izmantot presformas no plastmasas un ģipša.
- 2.Modeļu masas sagatavošanu un kausēšanu. Visbiežāk modeļu masu gatavo no parafīna un stearīna maisījuma ar attiecību 1 : 1. Masas kušanas temperatūra ir 80 °C un to kausē autoklāvos.
- 3.Modeļu izgatavošanu. Tos presē zem spiediena presformās. Atpresētos modeļus samontē sekcijās ar kopēju metālisku pamatni.

4. Veidņu izgatavošanu. Modeļu sekcijas īslaicīgi iegremdē etilsilikāta un kvarca smilts maisījumā, pēc tam 30...45 minūtes žāvē gaisā, periodiski papildus apputinot ar sausu kvarca smilti. Lai iegūtu veidnes ar 5...8 mm biezām sienām, iegremdēšanu, žāvēšanu un apputināšanu atkārto 3...5 reizes. Pēc pēdējās iegremdēšanas veidņu žāvēšanu turpina 5...6 stundas.
5. Pēc veidnes sienu sacietēšanas, metālisko pamatni nedaudz pasilda un izņem no modeļsekcijas. Pēc tam karstā ūdenī, ūdens tvaikos vai elektrokrāsnīs 90°C temperatūrā no veidnes izkausē modeļu masu.
6. Veidnes ievieto metāla kastēs, no ārpuses apber ar sausām kvarca smiltīm un sakarsē līdz $850...900^{\circ}\text{C}$ temperatūrai. Ar karsēšanu veidnēs izdedzina modeļmasas paliekas un paaugstina veidņu izturību.



1.10.att. Lējumu ražošanas izkausējamo modeļu veidnēs stadijas:

1 – atlejāmā detaļa; 2 – presforma modeļu presēšanai; 3 – modeļmasas kausēšana; 4 – ar modeļmasu piepildīta presforma; 5 – atpresētais modelis; 6 – sakomplektēta modeļsekcija; 7 – ar veidmateriālu pārklāta modeļsekcija; 8 – veidne pēc modeļu izkausēšanas un pieliešanas ar lejamo materiālu.

7. Veidnes neatdzēsē, bet pielej ar lejamo materiālu sakarsētas. Pēc lējuma sacietēšanas veidnes sasit, lējumus atdala no metāliskās pamatnes, apstrādā termiski, ja tas nepieciešams, un atfira no plāvas.

Lējumu ražošana izkausējamo modeļu veidnēs nodrošina sagatavēm ļoti augstu precizitāti un virsmas gludumu. Augstās precizitātes pamatā ir veidņu izgatavošanas tehnoloģiskās īpatnības:

- Augstā modeļu precizitāte;
- Veidnes ir monolītas, nedalītas. Lējumiem nav defektu, kas raksturīgi divdaļīgajām veidnēm nobīdoties vienai pret otru;
- Izkausēto metālu ielej karstā veidnē, kas samazina atdzišanas ātrumu, termiskos spriegumus un deformācijas.

Izkausējamo modeļu veidnes piemērotas lielu sēriju ražošanas apstākļos. Tās ekonomiski izdevīgas, izgatavojot tikai sarežģītas konfigurācijas lējumus. Veidošanas process ir darbietilpīgs un dārgs.

1.2.3. Lējumu ražošana metālveidnēs

Metālveidnes jeb kokiles ir pastāvīgās veidnes. Tās ļauj ražot lējumus no vairākiem simtiem līdz dažiem tūkstošiem. Lējumiem, salīdzinot ar veidzemes veidnēm lietajiem, ir augstāka precizitāte un virsmu kvalitāte. Veidnes izgatavo no tērauda vai modificētā čuguna. To augstā mehāniskā stiprība, labā siltuma vadītspēja un mazais lineārās izplešanās koeficients nodrošina atkārtotu veidņu izmantošanu, bet rada arī vairākas tehnoloģiskas grūtības, kas ierobežo to plašāku pielietojumu. Piemēram, veidņu blīvums nenodrošina gāzu caurlaidību, tādēļ lējumus iespējami gāzu pūslīšu ieslēgumi. Veidņu labā siltuma vadītspēja paātrina atdzišanu un lējumu smalkgraudainas struktūras veidošanos, bet palielina termiskos spriegumus un deformācijas. Ražojot lējumus no čuguna veicina to balināšanos.

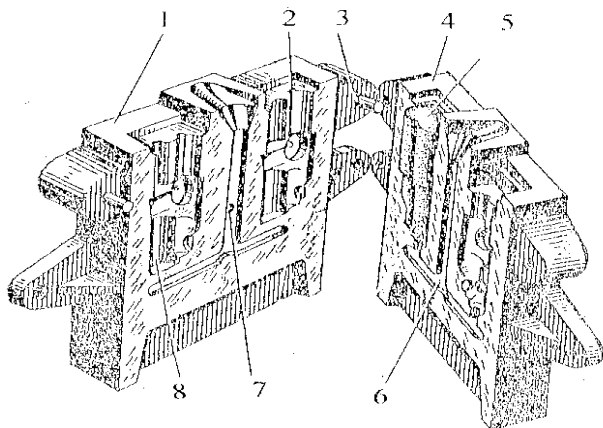
Lai nodrošinātu kvalitatīvu lējumu ražošanu:

- Metālveidnēm nodrošina optimālu temperatūras režīmu; ja tā par zemu, veidnes uzkaršē, bet, ja par augstu - atdzesē;
- veidņu dalījuma plaknēs gaisa un gāzu izvadīšanai izveido rievīgas;
- veidņu darbvirsmas pārklāj ar ugunsizturīgu segumu;
- veidnes no lējumiem atbrīvo nekavējotī pēc sacietēšanas, negaidot pilnīgu atdzišanu. Lējumu izstumšanai, veidņu korpusā izveidoti īpaši urbumi ar tapām.

Lējumu ražošanā biežāk lieto divdaļīgas metālveidnes (1.11.att.). Dobumus un urbumus iegūst, izmantojot serdeņus. Tie var būt no tērauda vai serdeņzemes. Metāla serdeņi derīgi atkārtotai lietošanai, bet serdeņzemes serdeņi - tikai vienai reizei.

Lējumu ražošanas tehnoloģiskais process sekojošs:

- Veidņu uzkaršēšana līdz 200...300⁰ C temperatūrai (uzsākot liešanu);
- Veidņu darbvirsmu pārklāšanas ar ugunsizturīgu segumu, visbiežāk izkvēpinot ar acetilēna liesmu;
- Veidņu salikšana, tai skaitā serdeņu ievietošana;
- Veidņu pieliešana;
- Veidņu atvēršana un lējuma izņemšana;
- Veidņu atdzesēšana ar ūdens vai gausa strūklu (atkārtotā liešanā, kad veidne pārkarusi);
- Veidņu izkvēpināšanas utt.



1.11.att.Metālveidņu uzbūve:

1 un 4 –kokiles divdaļīgs korpuss; 2 – gāzu izvades rievīgas sadurplaknē; 3 – korpusa daļu fiksācijas tapas; 5 – serdenzemes serdenis; 6 – ielietņu sistēmas kanāli; 7 – urbumi lējuma izstumšanai; 8 – kokiles dobums.

Salīdzinot ar veidzemes veidnēm, lējumu ražošanai metālveidnēs ir nepieciešamas mazākas ražošanas platības. Tās nodrošina: augstāku lējumu precizitāti un virsmu gludumu, samazinātas mehāniskās apstrādes uzlaides, labākas mehāniskās un ekspluatācijas īpašības, trīs līdz četras reizes augstāku produktivitāti.

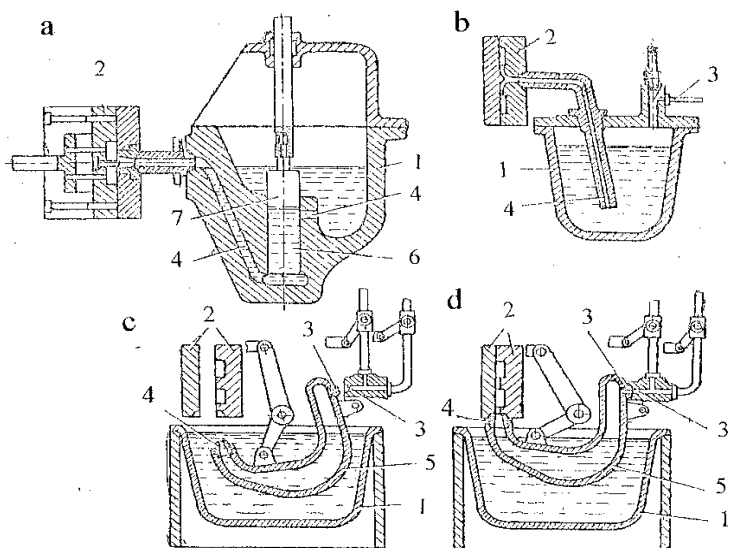
Metālveidnēs ražo čuguna, tērauda un krāsaino metālu sakausējumu lējumus. Veidņu izgatavošana ir darbietilpīga un dārga. Tās piemērotas tikai lielu sēriju ražošanas apstākļiem.

1.2.4. Spiedliešana

Spiedliešana (liešana zem spiediena) ir lējumu ražošana metālveidnēs, kad lejamo materiālu ievada veidnē zem spiediena. Spiedliešana ir izplatīta masu un lielsēriju ražošanā. Ar to izgatavo plānsienu lējumus no krāsaino metālu sakausējumiem. Lējumiem ir augsta izmēru precizitāte un virsmu gludums. Mehāniskā apstrāde ir nepieciešama tikai salāgojuma virsmām. Spiedliešana ļauj atliet vītnes un urbumus diametrā sākot no viena milimetra.

Spiedliešanas veidnes pēc uzbūves ir ievērojami sarežģītākas par parastajām metālveidnēm (kokilēm). Tās izgatavo no leģētā tērauda ar augstu precizitāti. Spiedliešanā izmanto arī serdeņus. Tos gatavo tikai no

tērauda. Veidņu atvēršanu un aizvēršanu veic ar hidrauliskiem vai pneimatiskiem mehānismiem.



1.12.att.Spiedliešanas mašīnu tipi;

- a – virzuļmašīna ar karsto saspiešanas kameru;
- b – kompresormašīna ar nekustīgu saspiešanas kameru;
- c - kompresormašīna ar kustīgu saspiešanas kameru pirms veidnes piepildīšanas; d – tā pati mašīna darba stāvoklī; 1 – šķidrā materiāla vanna; 2 – spiedliešanas veidnes; 3 – augstspiediena gaisa pievads; 4 – lejamā materiāla padeves kanāls; 5 – saspiešanas kamera; 6 – darba cilindrs; 7 – virzulis.

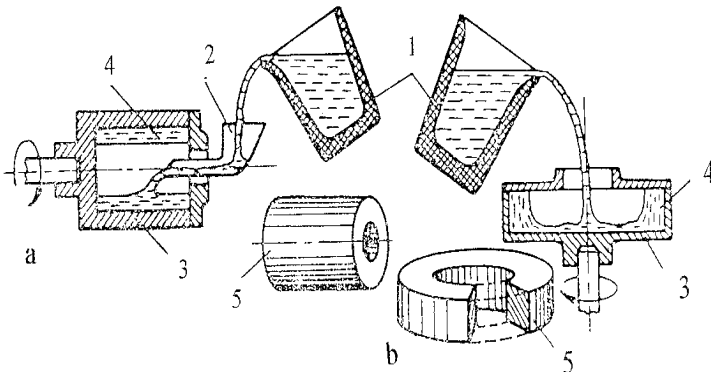
Spiedliešanā lieto četru tipu spiedliešanas mašīnas: virzuļu mašīnas ar karstu un aukstu saspiešanas kameru, un kompresora mašīnas ar kustīgu vai nekustīgu saspiešanas kameru (1.12.att.). Virzuļmašīnas ar karsto saspiešanas kameru izmanto lējumu ražošanai no sakausējumiem ar salīdzinoši zemu līdz 450°C kušanas temperatūru (alva, cinks, svins). Virzuļmašīnas ar aukstu saspiešanas kameru lieto, lejot sakausējumus ar augstāku kušanas temperatūru, piemēram - bronzas.

Kompresormašīnas lieto lējumu ražošanai no vieglajiem sakausējumiem (alumīnija). Izplatītākas ir kompresormašīnas ar kustīgu saspiešanas kameru. Spiedliešana ļauj ražot lējumus ar masu līdz 50 kg.

1.2.5. Centrbēdzes liešana

Centrbēdzes liešanā izkausēto materiālu ielej rotējošā veidnē. Centrbēdzes spēku ietekmē tas vienmērīgi sadalās un aizpilda visus veidnes dobumus. Liešanas veids piemērots rotācijas tipa lējumu ražošanai no čuguna, tērauda un krāsaino metālu sakausējumiem. Šādā veidā atlej lielgabalu stobrus, gliemežratu vainagus u.c. To masa līdz 3000 kg.

Centrbēdzes liešana pieļauj arī vairāku slāņu lējumu ražošanu, piemēram, čuguna - bronzas, vai tērauda - čuguna u.c. A to iespējams atliet arī nesimetriskas detaļas.



1.13.att. Centrbēdzes liešanas mašīnas:

a - mašīna ar horizontālu rotācijas asi; b - mašīna ar vertikālu rotācijas asi; 1 - lejamais kauss; 2 - tekne; 3 - veidne; 4 - sārņu un nemetālisko ieslēgumu kārts; 5 - lējums.

Izšķir divu tipu centrālās liešanas mašīnas. Mašīnas ar horizontālu rotācijas ass novietojumu, lieto neliela diametra garu lējumu ražošanai, bet ar vertikālu rotācijas ass novietojumu, liela diametra, bet neliela augstuma lējumu ražošanai. (1.13.att.). Noteicošais parametrs centrālās liešanas mašīnām ir veidnes rotācijas ātrums. To izvēlas atkarībā no sakausējuma tipa un lējuma gabarīta izmēriem. Veidnes rotācijas ātrums var būt robežās no 250 līdz 1500 min⁻¹ un to aprēķina:

$$n = \frac{5520}{\sqrt{d_0 \cdot \gamma}}, \text{min.}^{-1}$$

kur γ - materiāla blīvums, g/cm³;

d_0 - lējuma dobuma iekšējais diametrs, mm.

Centrbēdzes liešanai ir dažas priekšrocības:

- nav nepieciešami serdēņi un ielietņu sistēmas elementi, kas samazina darbietilpību un lejamā materiālu patēriņu;

- lējumi ir relatīvi blīvāki ar labākām mehāniskajām īpašībām;
- var iegūt plānsienu lējumus arī no lejamajiem materiāliem ar vājāku šķidrplūstamību;
- salīdzinoši augsta produktivitāte.

Centrbēdzes liešana nenodrošina precīzus centrālo urbumu izmērus un virsmu gludumu. Tā nav piemērota, ražojot lējumus no sakausējumiem ar tieksmi uz ķīmisko neviendabību, ko rada sakausējumu komponentu īpatnējās masas atšķirības.

1.3. SAKAUSĒJUMI UN TO LIEŠANAS ĪPATNĪBAS

1.3.1. Metālu liešanas īpašības

Lējumu ražošanai izmanto dažādu metālu sakausējumus. Aptuveni 70...75 % lējumu izgatavo no pelēkā čuguna, 18...20 % no tērauda, 3...5 % no kaļamā čuguna un 3...5 % no krāsaino metālu sakausējumiem. Lētākie ir pelēkā čuguna lējumi. Pieņemot vienas tonnas pelēkā čuguna lējumu ražošanas izdevumus par 1 vienību, tad tonnas kaļamā čuguna lējumu ražošanas izmaksas ir 1,3; tērauda - 1,6; bet krāsaino metālu sakausējumu ražošanas izmaksas - 3...6 vienības. Lējumu ražošanas izmaksas nosaka ne tikai materiāla cena, bet arī liešanas tehnoloģisko procesu sarežģītība un īpatnības.

Lejamajiem sakausējumiem, neskaitot mehāniskās īpašībās, ir jāatbilst prasībām, kas nepieciešamas liešanas procesam. Tiem jābūt ar labu šķidrplūstamību, nelielu sarukumu, ar samazinātu tieksmi uz gāzu absorbciju un uz ķīmisko neviendabību – likvāciju. Lejamajiem materiāliem vēlams arī zemāka kušanas temperatūra.

Šķidrplūstamība ir lejamā materiāla spēja aizpildīt veidnes šaurākās spraugas un dobumus. Ja tā ir vāja, veidne aizpildās nepilnīgi un rodas brāķis. Šķidrplūstamību ietekmē:

- sakausējuma ķīmiskais sastāvs un temperatūra veidnes pieliešanas brīdī. Paaugstinot temperatūru, šķidrplūstamība parasti uzlabojas;
- veidņu materiāls, ielietņu sistēmas izveidojums un izmēri.

Labā šķidrplūstamība ir silumīniem (alumīnija - silīcija sakausējumi), alvas bronzai, pelēkajam čugunam, vājāka oglekļa un leģētajam tēraudam un bezalvas bronzai. Palielinot čugunā un tēraudā silīcija un fosfora saturu, šķidrplūstamība uzlabojas, bet pieaugot sēra saturam - pavājinās.

Sarukums ir sakausējuma īpašība lējumam sacietējot samazināt tilpumu un lineāros izmērus. To uzdod procentos. Lineāro sarukumu nosaka, izmantojot sakarību:

$$E_{lin.} = \frac{l_v - l_0}{l_0} \cdot 100\%$$

kur l_v - veidnes izmēri mm;

l_0 - lējuma izmēri mm.

Sarukumu ietekmē sakausējuma ķīmiskais sastāvs, temperatūra veidnes pieliešanas brīdī un lējuma konfigurācija. Pelēkā čuguna sarukums samazinās, palielinot oglekļa un silīcija saturu, bet palielinās, pieaugot sēra un mangāna saturam.

Lējumu ražošanai piemēroti ir sakausējumi ar mazu sarukumu. Palielināts sarukums lējumos rada nosēšanās - sarukuma dobumus. To novēršanai paredz masīvus barotājus, kas kompensē materiāla iztrūkumu. Sarukums lējumos rada divu veidu iekšējos spriegumus.- mehāniskos un termiskos. Mehāniskie spriegumi rodas no veidņu un serdeņu pretestības sarukumam. Termisko spriegumu pamatā ir lējumu nevienmērīga atdzišana, kas rodas no sienīņu nevienāda biezuma. Mehāniskie spriegumi rada karstās plaisas. Tās veidojas augstākās temperatūrās, kad materiāla stiprība ir relatīvi zema. Piemēram, tērauda lējumos karstās plaisas rodas 1250...1450 °C temperatūrā. Karstās plaisas novērš, palielinot veidošanas materiālu saspiežamību, kā arī izdarot konstruktīvas izmaiņas lējumu konfigurācijā.

Termiskie spriegumi rada aukstās plaisas. Tie palielinās, ja lējumam ir lielāka sienīņu biezuma starpība. Aukstās plaisas novērš ar konstruktīviem pasākumiem, izvairoties no straujām lējuma sienīņu šķērsgriezuma maiņām, kā arī palielinot noapaļojuma rādītājus stūros.

Lējumu lineārā sarukuma vidējās vērtības:

Pelēkajam čugunam - 1,1 ... 1,3 %,

Kaļamajam čugunam - 1,4 ... 1,8 %,

Mazoglekļa tēraudam - 2,0 ... 2,4 %,

Alvas bronzām - 1,2 ... 1,4 %,

Bezalvas bronzām - 2,2 ... 2,4 %,

Alumīnija sakausējumiem - 0,9 ... 1,3 %.

Gāzu absorbcija ir sakausējumu tieksme šķidrā stāvoklī šķīdināt apkārtējās vides gāzes: skābekli, slāpekli un ūdeņradi. Paaugstinot izkausētā materiāla temperatūru, gāzu šķīdība palielinās. Sakausējumos gāzes var atrasties brīvā veidā, cietos šķīdumos un ķīmiskos savienojumos. Veidņu pieliešanas brīdī praktiski jebkurš no sakausējumiem satur izšķīdinātas gāzes. Lējumiem atdziestot, gāzu šķīdība samazinās un tās cenšas no lējuma izdalīties. Ja veidnēm un serdeņiem gāzu caurlaidība ir nepietiekama, lējumā rodas poras. Gāzu šķīšanas samazināšanai pastāv vairāki paņēmieni. Viens no tiem ir šķidrā sakausējuma pakļaušana vakuuma iedarbībai utt.

Sevišķi liela gāzu absorbēšanas tieksme ir alumīnija sakausējumiem. Tos ražojot lējumus kausē zem kušņiem vai rafinē ar sāļiem.

Likvācija ir sakausējumu tieksme veicināt ķīmisko neviendabību. Tā ir nevēlama parādība, kas pavājina lējumu mehāniskās īpašības. Tieksmes uz ķīmisko neviendabību piemīt praktiski visiem sakausējumiem. Izšķir

dendrītu veida, zonālo un īpatnējās masas likvāciju. Dendrītveida likvācija ir ķīmiskā neviendabība atsevišķu graudu robežās. To sauc arī par iekškristālisko likvāciju. Zonālā likvācija rodas no lējuma atsevišķo daļu nevienmērīgas atdzišanas. Īpatnējā svāra likvācija piemīt sakausējumiem, kuru komponentēm ir lielāka īpatnējā svāra starpība, piemēram, svina bronzaī un vara - alumīnija sakausējumiem.

Kušanas temperatūra bez būtības ir fizikāla īpašība, bet lējumu ražošanā to pamatoti uzskata par liešanas īpašību. Augstāka lejamā materiāla kušanas temperatūra apgrūtināta sakausējumu kausēšanu un izvirza paaugstinātas prasības veidņu materiāliem.

1.3.2. Pelēkā čuguna lējumu ražošana

Lējumu mehāniskās īpašības nav atkarīgas no čuguna ķīmiskā sastāva, bet no tā metāliskā pamata, grafitā ieslēgumu formas un daudzuma. Ieslēgumu formu un izmērus ietekmē kristalizācijas centru daudzums, čuguna atdzišanās ātrums un grafitizāciju veicinošo piemaisījumu daudzums.

Pelēkā čugunā lējumos oglekļa saturs nepārsniedz 4 %. Labākās mehāniskās īpašības piemīt čuguniem ar oglekļa saturu 2,8...3,0 %. Silīcijs kopā ar oglekli sekmē grafitizācijas procesu, pazemina kušanas temperatūru un ir vēlams piemaisījums. Tā saturs čugunā ir 0,5...4,5 % robežās.

Mangāns veicina cementīta stabilitāti, bet līdz 1 % ir vēlams, jo pavājina sēra kaitīgo ietekmi, palielina čuguna stiprību un uzlabo šķidrplūstamību. Sērs ir kaitīgs piemaisījums jeb kurā daudzumā, jo veicina čuguna balināšanos un pavājina šķidrplūstamību.

Fosfora ietekme uz pelēkā čuguna īpašībām būtiski atšķiras no tā ietekmes uz tēraudu. Tas pazemina čuguna kušanas temperatūru, samazina sarukumu un uzlabo šķidrplūstamību. Ūdeņradis ir nevēlams piemaisījums, jo veicina čuguna balināšanos.

Pelēkā čuguna lējumus ražo no domnu lejamā čuguna lietņiem, čuguna un tērauda lūžņiem. Lai iegūtu noteikta ķīmiska sastāva čuguna lējumus, šīhtu sastāda noteiktās proporcijās no lietņu čuguna, tērauda un čuguna lūžņiem. Kausēšanas laikā daļa ķīmisko elementu izdeg. Silīcija daudzums samazinās par 10...15 %, mangāna - par 17...22 %, dzelzs - par 0,4...1,5 %. Tos papildina šīhtai piedodot ferro sakausējumus - ferrosilīciju un ferromangānu. Čuguna kausēšanai ir nepieciešami kušņi - kaļķakmens. Tas savienojoties ar dzelzs oksīdiem veido sārnus, kas ir viegli un uzpeld virs čuguna.

Čugunam piemīt labas liešanas īpašības, tādēļ īpaši pasākumi veidņu izgatavošanā nav nepieciešami. Pielejot veidnes šķidrā čuguna

temperatūrai ir jābūt: biezsienu lējumu ražošanā - 1220 °C, plānsienu lējumu ražošanā - 1350 ...1400 °C.

1.3.3. Kaļamā čuguna lējumu ražošana

Daudzi automobiļu, traktoru un lauksaimniecības mašīnu elementi ir konstruktīvi sarežģīti, bet ar neliela biezuma sienām. Eksploatācijā tie pakļauti salīdzinoši lielām mainīga rakstura slodzēm. Plānsienu tērauda lējumu ražošana ir sarežģīta un dārga. Arī ar spiedienapstrādi to izgatavošana nav tehnoloģiski iespējama. Šādos gadījumos tērauda lējumus aizstāj ar kaļamā čuguna lējumiem. Tiem ir mazs oglekļa saturs un tie raksturojas ar salīdzinoši labām mehāniskajām īpašībām.

Nelielus sarežģītas konfigurācijas lējumus, izmantojot čuguna labās liešanas īpašības, atļauj. Plāno sienīgu dēļ lējumi strauji atdziest, ogleklis nepaspēj grafitizēties un rodas baltais čuguns. Lējumi ir cieti, trausli un nav praktiski apstrādājami. Pakļaujot baltā čuguna lējumus termiskajai apstrādei - atkvēlināšanai, struktūrā esošais cementīts sadalās. Veidojas salīdzinoši plastiska dzelzs pamatne ar pārsli veida grafiņa ieslēgumiem. Pēc mehāniskajām īpašībām kaļamais čuguns ieņem starpstāvokli starp pelēko čugunu un tēraudu. Tas ir pietiekoši izturīgs, plastisks un labi apstrādājams.

Kaļamā čuguna lējumu ražošanā veidņu izgatavošanas īpatnības nosaka palielinātais sarukums un pavājinātā šķidrplūstamība. Īpašas prasības tiek izvirzītas ielietņu sistēmas elementiem. Piemēram, veidnēs nepieciešami papildus sānu barotāji utt.

1.3.4. Tērauda lējumu ražošana

Augstā tērauda lējumu mehāniskā stiprība, salīdzinot ar čuguna lējumiem, dod tiem vairākas priekšrocības. Mašīnbūvē tērauda lējumi ir izplatīti. Tos ražo no konstrukciju, instrumentu un speciālajiem tēraudiem. Tēraudu lējumu ražošanai kausē martenkrāsnīs, loka vai augstfrekvences elektrokāsnīs.

Veidņu izgatavošanas īpatnības nosaka tērauda palielinātais sarukums un salīdzinoši augstāka kušanas temperatūra. Mehānisko spriegumu samazināšanai lējumos, ko rada tērauda palielinātais sarukums, izvirza papildus prasības veidzemei un serdenzemei. Tai nepieciešams uzlabot saspiēzamību. Serdenus dažkārt veido ar iekšējiem dobumiem.

Tērauda lējumu palielinātais sarukums rada poras un sarukuma dobumus. To rašanos novērš apkārt lējumiem izveidojot masīvus barotājus. To masa bieži pārsniedz lējumu masu. Barotāji sacietē lēnāk un pievada šķidrumu cietējošām lējuma daļām kompensējot iztrūkumu.

Sarukuma dobumi veidojas pašos barotājos. Īpašos gadījumos veido pat papildus apsildāmus barotājus.

Ielietņu sistēmas tērauda lējumu ražošanā ir ievērojami sarežģītākas. Tās veido tā, lai šķidrās tērauda ieplūstu veidnē no apakšpusēs.

Nepieciešamie papildus pasākumi palielina veidošanas darbietilpību un tērauda lējumu ražošanas izmaksas.

Ražojot biezsienas lējumus, šķidrā tērauda temperatūrai ieliešanas brīdī ir jābūt par 100 °C, bet plānsienas lējumiem – par 150...200 °C augstākai par kušanas temperatūru. Veidzemes piedegšanu lējumiem novērš pārklājot veidņu virsmas ar speciālām krāsvielām.

Tērauda lējumiem veidojas rupjgraudaina struktūra ar pavājinātām mehāniskajām īpašībām. Struktūru uzlabo, lējumus pakļaujot atkvēlināšanai vai normalizācijai 800...900 °C temperatūrā. Legētā tērauda lējumus pēc atkvēlināšanas vai normalizācijas dažkārt pat pakļauj rūdīšanai.

1.3.5. Krāsaino metālu sakausējumu lējumu ražošana

Vara sakausējumu lējumus ražo no tehniskā vara un sakausējumu - bronzas un misiņa lūžņiem. Lūžņus vispirms pārkausē un atlej lietņus. Lai lējumiem piedotu nepieciešamo ķīmisko sastāvu, pievieno ligatūras - sakausējumus ar palielinātu atsevišķo ķīmisko elementu saturu.

Vara sakausējumiem ir tieksme uz oksidēšanos, tādēļ lieto dezoksidētājus – fosforvaru (sastāv no 90 % vara un 10 % fosfora). Par kušņiem izmanto vārāmo sāli, ģipsi, bārija hlorīdu, boraku u.c. Kausēšanu veic liesmu un elektriskajās loka vai indukcijas krāsnīs. Lai samazinātu oksidēšanos, krāsnī šiltu iekrauj ļoti blīvi. Virs šiltas uzber kokogles. Misiņu kausē zem kušņiem.

Vara sakausējumiem ir salīdzinoši liels sarukums, bet bronzai piemīt arī tieksme uz ķīmisko neviendabību - likvāciju.

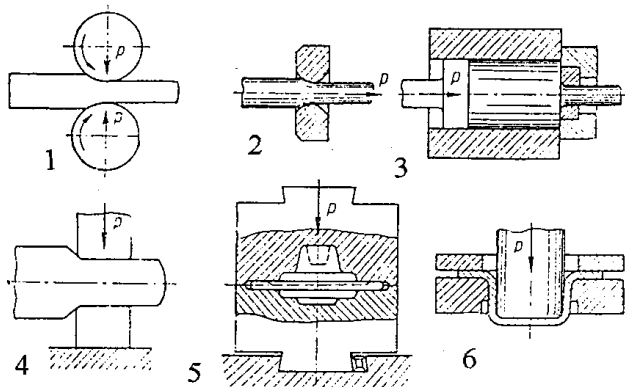
Alumīnija sakausējumu lējumus ražo no alumīnija lietņiem un lūžņiem, pievienojot ligatūru. Šiltu kausē tīģeļos liesmu vai elektriskajās krāsnīs. Šķidrās alumīnijas saskarē ar krāsnu atmosfēru un apkārtējo gaisu piesātinās ar ūdeņradi un skābekli. Piesātināšanos ar gāzēm novērš, kausēšanu veicot zem kušņiem. Pēc izkausēšanas alumīnija sakausējumus rafinē ar hloru un citus ķīmiskos elementus saturošiem sāļiem. Kušņu sastāvu nosaka alumīnija sakausējuma ķīmiskais sastāvs. Lai iegūtu blīvus un smalkgraudainus lējumus, lieto īpašus modifikatorus. Viskvalitatīvākos lējumus no alumīnija sakausējumiem iegūst lejojot zem spiediena.

2. nodaļa. SPIEDIENAPSTRĀDES PROCESI

2.0. PAMATJĒDZIENI PAR SPIEDIENAPSTRĀDI

Blakus lēmumiem spiedienapstrāde (plastic working) ir sagatavju ražošanas veids. Tā sagatavēm piedod ne tikai formu un izmērus, bet izmaina materiāla struktūru un uzlabo mehāniskās īpašības. Mašīnbūvē atbilstīgo mašīnu elementu sagataves izgatavo ar kādu no spiedienapstrādes veidiem. Spiedienapstrādes procesiem ir pietiekami augsta precizitāte un produktivitāte. Tai izvirzīts uzdevums, ražot sagataves ar samazinātām uzlaidēm vai pat izstrādājumus (detaļas), kam nav nepieciešama tālāka apstrāde. Atsevišķi spiedienapstrādes procesi nodrošina precizitāti 0,02 mm robežās. Galvenie spiedienapstrādes veidi (2.1.att.):

- Velmēšana (rolling);
- Vilkšana (drawing);
- Presēšana (extrusion);
- Kalšana (forging);
- Tilpumštancēšana (die forging);
- Lokšņu štancēšana (stamping).



2.1. att. Spiedienapstrādes procesu shēmas:

- 1 - velmēšana; 2 - vilkšana; 3 - presēšana; 4 - kalšana;
5 - tilpumštancēšana; 6 - lokšņu štancēšana

Ar spiedienapstrādi izgatavo:

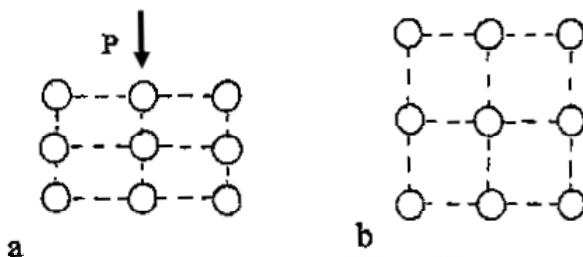
- * Vienkāršos profilus: apaļo, kvadrātu, sešstūri, pusapli, u.c.,
- * Veidprofilus, kas iedalās vispārējās nozīmes (L, U, T, Z u.c.) un speciālas nozīmes;
- * Loksnes, sloksnes un lentas;

- * Bezšuvju un metinātās caurules;
- * Stieples un auksti vilktos profilus;
- * Kalumus;
- * Lokšņu štancējumus;
- * Sastiprināšanas elementus, ko lieto bez tālākas apstrāde: skrūves, uzgriežņus, paplāksnes, kniedes, šķelttapas, naglas u.c.

2.1. SPIEDIENAPSTRĀDES TEORĒTISKIE PAMATI

2.1.1. Plastiskās deformācijas fizikālā būtība

Dabā absolūti cietu materiālu nav. Iedarbojoties ārējiem spēkiem tie deformējas (maina formu un izmērus). Izšķir elastīgās un plastiskās deformācijas. Elastīgajās deformācijās izmainās tikai attālumi starp atomiem kristaliskajā režģī, bet nemainās to savstarpējais novietojums (2.2.att.). Ārējo spēku darbībai izbeidzoties, ķermenis atgūst sākotnējo formu un izmērus.



2.2.att. Elastīgo deformāciju shēma:

a – atomu savstarpējais stāvoklis zem slodzes; b - atomu savstarpējais stāvoklis slodzes pārtraucot.

Plastiskajās deformācijās atsevišķas atomu grupas tiek pārvietotas attiecībā pret citām (2.3.att.). Spiedienapstrādes pamatā sagatavju plastiska deformēšana. Nodrošināt tīras plastiskās deformācijas nav iespējams. Iedarbojoties ārējiem spēkiem, pirmās parādās elastīgās deformācijas. Spēkiem pārsniedzot materiāla elastības robežstiprību, elastīgās deformācijas pāriet plastiskajās.

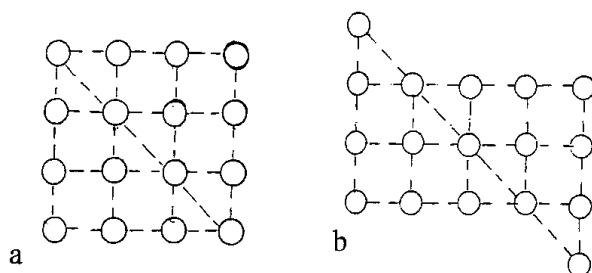
Ārējo spēku darbība ķermenī rada spriegumus. Vienmērīga sadalījuma gadījumā tos var izteikt:

$$S = \frac{P}{F},$$

kur: S - spriegums, MPa;

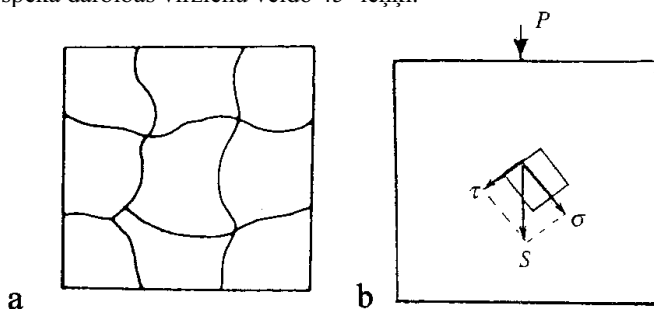
P - ārējais spēks, N;

F - šķēsgriezuma laukums, mm².



2.3.att. Plastisko deformāciju shēma:
a – pirms deformācijas; b – pēc deformācijas.

Reālo metālu un to sakausējumu uzbūve ir polikristāliska. Tie sastāv no daudziem atsevišķiem graudiem jeb kristālītiem. Ārējo spēku radītie spriegumi uz atsevišķiem graudiem darbojas leņķī. Sadalot spriegumu darbības virziena vektoru komponentēs, rodas normālie un tangenciālie spriegumi (2.4.att.). Komponente, kas darbojas perpendikulāri grauda virsmai, ir normālais spriegums σ , bet komponente, kas darbojas grauda virsmas plaknē - tangenciālais spriegums τ . Plastisko deformāciju nodrošina tieši tangenciālie spriegumi. Tie ir maksimāli plaknēs, kas ar ārējā spēka darbības virzienu veido 45° leņķi.

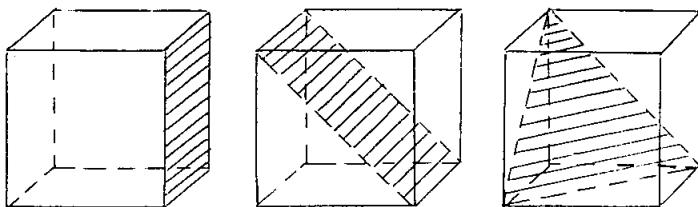


2.4. att. Spriegumu darbība polikristālos:
a – polikristāla uzbūves shēma; b - spriegumu darbības virzieni.

2.1.2. Plastisko deformāciju norise

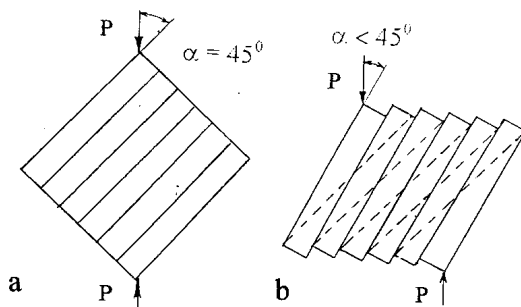
Attālumi starp atomiem visos virzienos kristāliskajā režģī nav vienādi. Nav vienādas arī fizikāli mehāniskās īpašības. Mehānisko īpašību atšķirības kristāliskā režģa dažādos virzienos sauc par anizotropiju. Atsevišķa grauda jeb monokristāla mehāniskās īpašības ir anizotropas.

Kristālisku materiālu plastiskajā deformācijā vienu atomu grupu pārvietošanos attiecībā pret citām sauc par **slīdēšanu**. Tā norit pa plaknēm, kas vairāk piesātinātas ar atomiem. Šādas plaknes ir pieņemts saukt par bīdes plaknēm. Aplūkojot kuba tipa kristālisko režģi, galveno bīdes plakņu virzieni ir trīs. (2.5.att.). Blakus galvenajām bīdes plaknēm pastāv daudzas citas. Bīdes plakņu daudzums ietekmē materiāla plastiskumu – jo vairāk ir bīdes plakņu, jo materiāls plastiskāks.



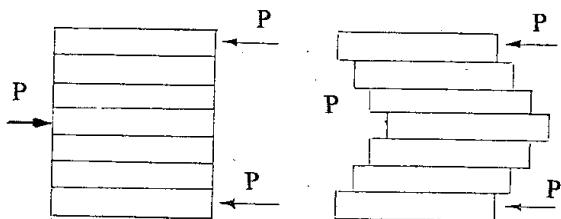
2.5.att. Galveno bīdes plakņu virzieni kuba tipa režģī.

Piepile, kas nepieciešama, lai iesāktos slīdēšana, ir mazāka, ja tangenciālo spriegumu darbības virziens sakrīt vai ir ļoti tuvs bīdes plakņu virzienam. Viena grauda robežas sakrāšana ir nodrošināta, jo vienmēr atradīsies kāda no bīdes plaknēm, kas sakrītīs ar maksimālo tangenciālo spriegumu darbības virzienu.



2.6.att. Bīdes plakņu pagriešanās slīdēšanā:
a – pirms deformēšanas; b – pēc deformēšanas

Slīdēšana, kas sākusies kādā no plaknēm, neturpinās ilgstoši. Slīdēšanas procesā dotā bīdes plakne pagriežas un tangenciālie spriegumi samazinās (2.6.att.). Slīdēšana sākas citās bīdes plaknēs, kas nonākušas izdevīgākā stāvoklī pret maksimālo tangenciālo spriegumu darbības virzienu. Šādā veidā slīdēšanai no vienām bīdes plaknēm pārejot uz citām, plastiskā deformācija aptver visu graudu.



2.7. Dubultošanās plastiskajā deformācijā.

Graudā izveidojoties sarežģītam sprieguma stāvoklim, vienlaikus slīdēšanai, ir novērojama parādība, kad viena grauda daļa ieņem simetrisku stāvokli attiecībā pret otru (2.7.att.). Šādu parādību sauc par dubultošanos.

2.1.3. Poli kristālu plastiskā deformācija

Poli kristālos graudu orientācija pret spēka darbības virzienu ir atšķirīga. Iedarbojoties ārējiem spēkiem, slīdēšana vispirms iesākas graudos, kam bīdes plaknes ar spēka darbības virzienu veido 45° leņķi. Slīdēšanas gaitā graudi izmaina formu un pagriežas attiecībā pret blakus esošajiem graudiem, kuros slīdēšana nav sākusies. Graudu formas maiņas un pagriešanās rada papildus spriegumus blakus esošajos graudos. Spriegumu summēšanās veicina slīdēšanu blakus graudos. Ja spriegumstāvoklis ir sarežģīts, poli kristālos, salīdzinot ar monokristāliem, biežāk novērojama dubultošanās.

Pieaugot deformācijas pakāpei, slīdēšana pirmajās bīdes plaknēs izbeidzas, bet turpinās citās. Slīdēšanai pārejot no vienām bīdes plaknēm uz citām, deformējamais materiāls izmaina savu formu un izmērus (2.8.att.).

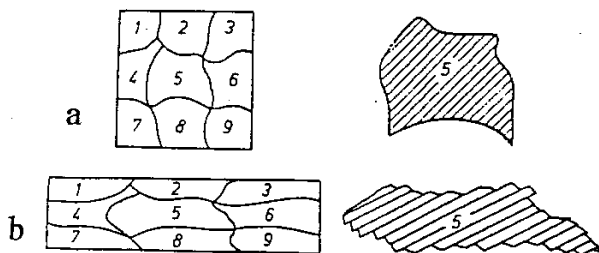
Polikristālu plastiskās deformācijas pamatā:

pirmkārt - slīdēšana un dubultošanās atsevišķos graudos;

otrkārt - graudu pagriešanās un savstarpējo stāvokļu maiņa.

Galveno nozīmi poli kristālu plastiskajās deformācijās piešķir slīdēšanas un dubultošanās procesiem. Graudu savstarpējā stāvokļa maiņa dažkārt var veicināt graudu savstarpējo saišu saraušanu un materiāla plaisāšanu.

Plastiskajās deformācijās pie pietiekami augstas deformācijas pakāpes graudi izstiepjas un iegūst noteikta virziena orientāciju. Deformētie graudi materiālam piedod šķiedrainu struktūru, tā saucamo deformācijas tekstūru. To var novērot apskatot atbilstoši sagatavotus paraugus zem mikroskopa.



2.8.att. Graudu orientācija plastiskajā deformācijā:
a - struktūra pirms deformēšanas; b - pēc deformēšanas.

Katrs atsevišķs grauds (monokristāls) pēc mehāniskajām īpašībām ir anizotrops, bet poli kristāli pirms plastiskas deformēšanas – izotropi. Anizotropijas parādību izjauc graudu dažādā orientācija. Materiālu mehāniskās īpašības visos virzienos praktiski ir vienādas. Plastiskajā deformācijā graudi izstiepas un iegūstot noteikta virziena orientāciju, nodrošinot mehānisko īpašību vektorialitāti. Ar plastisko deformāciju nodrošina materiālam mehānisko īpašību anizotropiju. Stiprības palielināšanās virzienu nosaka graudu orientācijas virziens.

2.1.4. Pastiprināšanās jeb uzkalde plastiskajā deformācijā

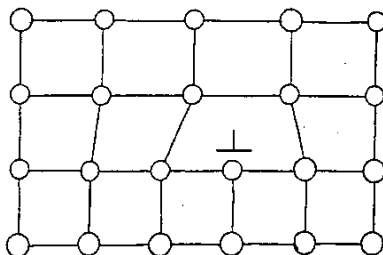
Spiedienapstrādē, palielinot deformācijas pakāpi, pieaug materiāla cietība, stiprība, elastība un elektriskā pretestība, bet samazinās plastiskums, triecienizturība un siltuma vadītspēja. Fizikāli mehānisko īpašību maiņu plastiskās deformācijas ietekmē sauc par pastiprināšanos jeb uzkaldi. Materiāla uzkaldināšanās palielina pretestību tālākai deformācijai.

Uzkaldes pamatā ir vairākas parādības:

1. Reālajos materiālos atomi kristāliskā režģa mezglu punktos dažkārt var iztrūkt vai arī būt pārākumā. Šādas novirzes no pareizas kristāliskā režģa uzbūves ir sastopamas bieži un tās ir pieņemts saukt par dislokācijām (2.9.att.).

Nelielais dislokāciju skaits ļauj pārvietot atsevišķas atomu grupas jaunā stāvoklī ar daudz mazāku enerģijas daudzumu un veicina slīdēšanu. Turpretī liels dislokāciju skaits slīdēšanu traucē un palielina pretestību deformēšanai. Spiedienapstrādē palielinot deformācijas pakāpi, dislokāciju skaits pieaug un pretestība tālākai deformācijai palielinās.

2. Spiedienapstrādes procesā graudi sasmalcinās, palielinās pāreju skaits starp atsevišķiem graudiem un rodas lielāka varbūtība bīdes plakņu nesakrišanai.



2.9.att. Dislokāciju būtība.

3. Graudu smalcināšana rada šķembas jeb sīkgraudus, kas bloķē slīdēšanu (rada papildus pārejas starp bīdes plaknēm).

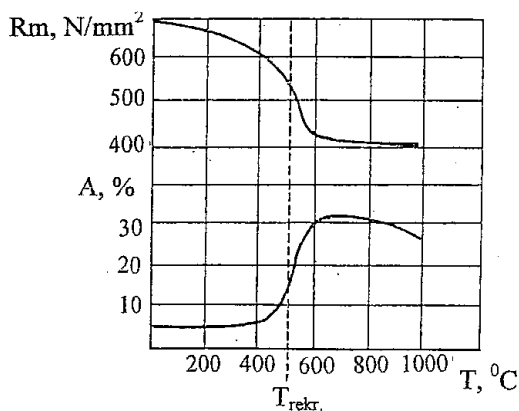
4. Atsevišķām leģētā tērauda markām uz graudu robežām nosēžas cietas karbīdu daļiņas, kas līdzīgi sīkgraudiem traucē slīdēšanu.

2.1.5. Atgriešanās un rekristalizācija

Pie pietiekami augstas deformācijas pakāpes, materiāla plastiskums samazinās līdz nullei un sagatavju tālāka spiedienapstrāde kļūst neiespējama. Plastiskumu atjauno sagataves pakļaujot termiskai apstrādei. Karsējot zemās temperatūrās, materiāla iepriekšējo mehānisko īpašību atjaunošanās ir lēna un neliela. Izmaiņu pamatā ir iekšējo spriegumu samazināšanās (2.10.att.). Uzkalde samazinās nedaudz, vidēji - 20...30 %. Struktūras izmaiņas deformētajā materiāla nav novērojamas un šādu parādību sauc par atgriešanos jeb atpūtu.

Temperatūrai karsēšanā sasniedzot noteiktu robežvērtību, norit strauja mehānisko īpašību maiņa. To rada jaunu kristalizācijas centru rašanās un nedeformētu graudu veidošanās deformēto vietā. Vienlaicīgi izzūd kristāliskā režģa kropļojumi (dislokācijas) un uzkaldes ietekme. Šādu parādību sauc par rekristalizāciju. Temperatūru, kurā rodas jauni kristalizācijas centri, sauc par rekristalizācijas temperatūru, bet termiskās apstrādes operāciju, kurai pakļauj uzkaldinātas sagataves, - par rekristalizācijas atkvēlināšanu.

Rekristalizācijas temperatūras T_r nosaka galvenokārt materiāla kušanas temperatūra T_k . Vidēji $T_r = 0,4 T_k$. Piemēram, tēraudam rekristalizācija sākas pie 600 °C temperatūras, bet alumīnijam pie 260 °C.



2.10. att. Mehānisko īpašību izmaiņas raksturs uzkalcinātu sagatavju karsēšanā.

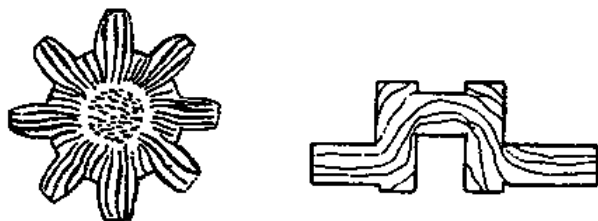
2.1.6. Pamatjēdzieni par auksto un karsto spiedienapstrādi

Spiedienapstrādi iedala aukstajā un karstajā. Auksto spiedienapstrādi veic temperatūrās, kas zemākas par rekristalizācijas temperatūrām un sagataves apstrādes procesā uzkalcinās. Karsto spiedienapstrādi veic temperatūrās, kas augstākas par rekristalizācijas temperatūrām. Rekristalizācija norit apstrādes procesā un sagataves neuzkalcinās.

Rekristalizācijas ātrums ir atkarīgs no temperatūras. Ja spiedienapstrādes temperatūras tikai nedaudz pārsniedz rekristalizācijas temperatūru, tad tā norit gausi un sagataves iegūst daļēju uzkaldi. Paaugstinot spiedienapstrādes temperatūru, rekristalizācijas ātrums palielinās un uzkaldes ietekme izzūd straujāk. Pārmērīgi augstas spiedienapstrādes temperatūras nav vēlamas, jo veicina graudu augšanu un mehānisko īpašību pavājināšanos. Tērauda sagatavju karstai spiedienapstrādei piemērotākās ir temperatūras, kas par 300 $^{\circ}\text{C}$ pārsniedz rekristalizācijas temperatūru.

Karstajā spiedienapstrādē (rekristalizācijas ietekmē) deformētos graudus aizstāj jauni nenoteiktas orientācijas graudi ar tiem raksturīgo mehānisko īpašību izotropiju. Neskatoties uz to pēc karstās spiedienapstrādes saglabājas zināma materiāla šķiedrainība un mehānisko īpašību vektoralitāte. Tam pamatā, ka metāli un to sakausējumi satur piemaisījumus: sēra, fosfora, slāpekļa u.c. ķīmisko elementu savienojumus. To mehāniskās īpašības ir vājas. Kristalizācijas procesā piemaisījumi novietojas uz materiāla graudu robežām. Plastiskajā deformācijā tie vienlaicīgi ar graudiem izstiepjas un iegūst noteiktu

orientāciju. Piemaisījumi noteikta virziena orientāciju (šķiedrainību) saglabā arī pēc rekristalizācijas, sagatavēm nodrošinot noteiktu mehānisko īpašību vektoralitāti.



2.11.att. Šķiedru virziens sagataves sēdinot un stiepjot

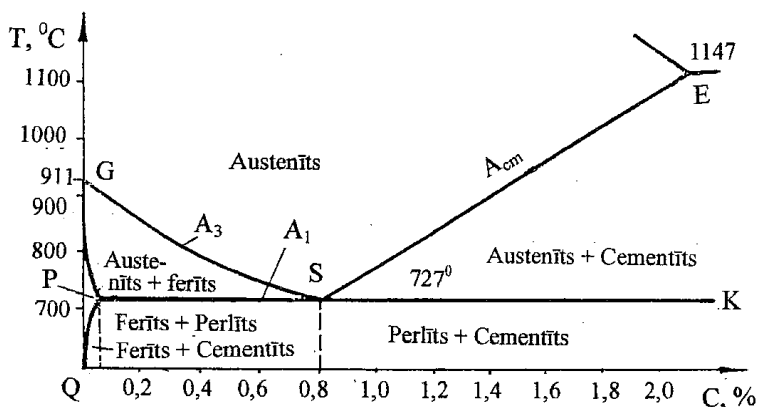
Izgatavojot atbilstīgu detaļu kalumus, materiāla plūšanu virza tā, lai šķiedru virziens sakrīt ar maksimālo slodžu virzienu. Piemēram, zobratu sagatavēm ir nepieciešams radiāls šķiedru virziens un to nodrošina kalšanas operācija – sēdināšana. Izgatavojot vārpstu tipa detaļu sagataves, kurām ir vajadzīgs aksiāls šķiedru virziens, izmanto kalšanas operāciju – stiepšanu (2.11.att.).

2.2. TĒRAUDA SAGATAVJU KARSĒŠANA SPIEDIENAPSTRĀDEI

2.2.1. Karsēšanas uzdevums

Spiedienapstrādei ir piemēroti tikai plastiski materiāli. No tehniskajiem metāliem visplastiskākie ir svins, alva un alumīnijs, kā arī tehniski tīra dzelzs. To sagatavju spiedienapstrādi veic bez sakarsēšanas. Tērauda aukstā spiedienapstrāde ir apgrūtināta, tādēļ sagataves pirms apstrādes sakarsē līdz temperatūrai, kad materiāla plastiskums ir visaugstākais. Čuguns nekļūst plastisks pat līdz kušanas temperatūrai un tā spiedienapstrāde nav iespējama.

Karsējot un atdzesējot sagataves noteiktās temperatūrās novērojamas tērauda struktūras un mehānisko īpašību: cietības, elastības plastiskuma izmaiņas. Temperatūras, kad novērojamas struktūras izmaiņas, sauc par kritiskajām temperatūrām jeb par kritiskajiem punktiem. Tērauda sagatavju spiedienapstrādei ir nozīmīgi divi kritiskie punkti - augšējais A_3 , kas dzelzs – oglekļa sakausējumu stāvokļa diagrammā atbilst līnijai GSE un apakšējais A_1 , kas atbilst līnijai PSK. Kritiskā punkta A_3 temperatūras ir atkarīgas no oglekļa satura tēraudā, bet punkta A_1 temperatūras neatkarīgi no oglekļa satura ir 727°C (2.12.att.).



2.12. att. Kritiskās temperatūras tērauda sagatavju karsēšanā.

Struktūras izmaiņas oglekļa tēraudam norit temperatūru diapazonā, ko ietver līnijas PSK un GSE. Zem līnijas PSK atkarībā no oglekļa satura struktūra sastāv no ferīta - perlīta vai perlīta - cementīta. Abos gadījumos struktūras nav viendabīgas un tēraudam ir salīdzinoši zems plastiskums. Virs līnijas PSK struktūrā parādās plastiskais austenīts un tērauda plastiskums uzlabojas. Virs līnijas GSE struktūra sastāv tikai no austenīta. Struktūra ir viendabīga ar ļoti augstu plastiskumu. Spiedienapstrādei tērauda sagataves karsē līdz temperatūrām, kas augstākas par kritisko temperatūru A₃ (virs GSE).

2.2.2. Nevēlamās parādības tērauda sagatavju karsēšanā

Sagatavju plaisāšana. Karsējot sagataves, siltumu vispirms saņem to virskārta. Uz iekšieni siltums pārvietojas ar zināmu ātrumu un starp dažādiem sagataves šķēlumiem rodas temperatūru difference. Temperatūru difference rada t.s. termiskos spriegumus. Atsevišķos gadījumos tie pārsniedz materiāla stiprības robežu un sagatavē rodas plaisas. Termiskie spriegumi ir īpaši bīstami augsta oglekļa satura un leģētā tērauda sagatavēm ar lielu šķēsgriezumu.

Oksidēšanās un atogļošānās. Augstās temperatūrās uz sagataves virskārtas skābekļa mijiedarbībā ar dzelzi veidojas dzelzs oksīdi, kurus sauc par plāvu. Karsēšanas procesā novērojama nepārtraukta skābekļa difūzija no sagatavju virskārtas uz iekšieni un plāvas kārtiņas biezums palielinās. Tā kā spiedienapstrādē sagataves karsē ilgstoši un atkārtoti, tad materiāla zudumi ir ievērojami. Spiedienapstrādē par normālu pieņem

materiāla nodegumu līdz 2%. Uzskata, ka karsēšanas krāsnīs sadeg pat līdz 5% no saražotā tērauda.

Oksidēšanās intensitāti ietekmē krāsns degšanas produktu sastāvs, temperatūra, karsēšanas ilgums, tērauda marka, sagataves izmēri un konfigurācija. Liesmu krāsnīs kurināmā sadegšanai gaisu pievada pārākumā, tādēļ oksidēšanās ir intensīva. Augstākās temperatūrās galvenais oksidētājs ir kurināmā sadegšanai pievadītais gaisa skābeklis, bet zemākās temperatūrās - ūdens tvaiki. Kā oksidētāji darbojas arī CO_2 , SO_2 , bet nepilnīgā sadegšanā arī CO . Ja oksidēšanās ātrumu $900\text{ }^{\circ}\text{C}$ temperatūrā pieņem par 1 vienību, tad $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ tas ir 2 vienības, $1200\text{ }^{\circ}\text{C}$ - 5, bet $1300\text{ }^{\circ}\text{C}$ temperatūrā - 7 vienības.

Mazoglekļa tērauda sagataves nodeg intensīvāk nekā ar augstu oglekļa saturu. Vairākām leģētā tērauda markām uz sagataves virskārtas veidojas blīvas oksīdu kārtiņas, kas aizsargā tās no tālākas oksidēšanās.

Vienlaicīgi ar oksidēšanos karsēšanas procesā novērojama arī tērauda sagatavju virskārtas atogļošanās jeb dekarbonizācija, process, kad sagataves virskārtā izdeg ogleklis. Atogļotā slāņa dziļums pārsniedz 2 mm un ir nepieciešams sagatavēm palielināt apstrādes uzlaides. Virskārtas atogļošanās pavājina sagatavju kvalitāti un nav pieļaujama mainīga rakstura slodzēs strādājošu detaļu sagatavēm, piemēram, atspērēm.

Pārkarsēšana un pārdedzināšana. Tērauda sagatavju ilgstošā karsēšanā novērojama graudu augšana. Tā ir sevišķi intensīva, karsēšanas temperatūrām pārsniedzot $1200\ldots 1300\text{ }^{\circ}\text{C}$ robežu. Palielinoties graudu izmēriem, saites starp tiem pavājinās un sagataves zaudē plastiskumu. Šādu parādību sauc par sagatavju pārkarsēšanu. Pārkarsētu tērauda sagatavju struktūru labo, pakļaujot tās intensīvai spiedienapstrādei, kurā graudi tiek sasmalcināti, vai arī veicot termisko apstrādi - normalizāciju.

Karsējot sagataves temperatūrās, kas tuvas tērauda kušanas temperatūrai, novērojama ne tikai sagatavju virskārtas oksidēšanās, bet oksidēšanās visā tilpumā pa graudu robežām. Saites starp graudiem sairst un sagataves sadrūp. Šādu parādību, kad izzūd saites starp graudiem, sauc par sagatavju pārdedzināšanu. Pārdedzinātas tērauda sagataves nav labojamas un ir absolūts brāķis.

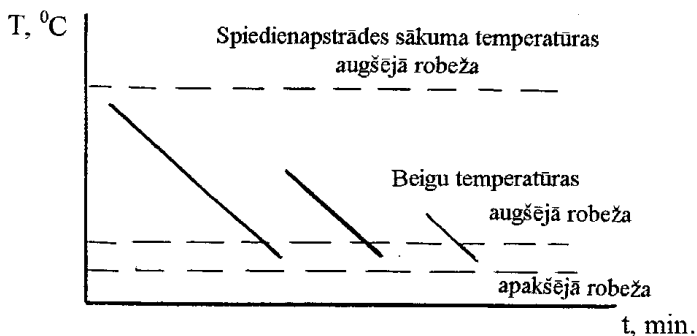
2.2.3. Spiedienapstrādes temperatūru intervāls

Spiedienapstrādi nav iespējams veikt konstantā temperatūrā, jo apstrādes procesā sagataves atdziest. Spiedienapstrādi veic noteiktās temperatūru robežās. Temperatūras intervālu ierobežo spiedienapstrādes sākuma un spiedienapstrādes beigu temperatūras. Sākuma temperatūrai ir tikai viena - augšējā robeža. Spiedienapstrādi var uzsākt jebkurā temperatūrā, kas ietilpst intervālā, bet sagataves nedrīkst sakarsēt augstāk

par spiedienapstrādes sākuma temperatūru. Pārsniedzot to pastiprinās graudu augšana (notiek pārkarsēšana) un samazinās sagataves plastiskums. Ja temperatūrās ir pārāk augstas ir iespējama arī sagatavju pārdedzināšana.

Spiedienapstrādes beigu temperatūrai ir divas robežas: augšējā un apakšējā. Apstrādi nedrīkst pārtraukt, ja temperatūra nav pazeminājusies zem beigu temperatūras augšējās robežas. Apstrādi pārtrauc, kad temperatūra sasniegusi beigu temperatūras apakšējo robežu (2.13.att.).

Ja spiedienapstrādi pārtrauc pirms temperatūra sasniegusi beigu temperatūras augšējo robežu, turpināsies graudu augšana un sagatave iegūs rupjgraudainu struktūru ar pavājinātu stiprību. Ja spiedienapstrādi turpinās zem beigu temperatūras apakšējās robežas, netiks nodrošināts rekristalizācijas process. Sagatave saglabās daļēju uzkaldi, iegūstot jauktu struktūru ar pavājinātām mehāniskajām īpašībām.



2.13.att. Spiedienapstrādes temperatūru robežas.

Spiedienapstrādes temperatūru intervālu nosaka materiāla ķīmiskais sastāvs. To visos gadījumos uzdod ar trim skaitļiem. Pirmais skaitlis atbilst spiedienapstrādes sākuma temperatūrai, bet pēdējie divi norāda beigu temperatūras augšējo un apakšējo robežu. Piemēram, tēraudam ar oglekļa saturu 0,45 % spiedienapstrādes temperatūru intervāls ir robežās no 1200 $^{\circ}\text{C}$ līdz 850...760 $^{\circ}\text{C}$.

2.2.4. Sagatavju karsēšanas ilgums

Siltuma pārvietošanās no sagataves virskārtas uz iekšējiem slāņiem norit ar noteiktu ātrumu. Tādēļ temperatūras visos sagataves šķēļumos nav vienādas. Par temperatūras izplatības mērvienību ir pieņemts tās vadītspējas koeficients, kas ir tieši proporcionāls siltuma vadītspējai, bet pretēji proporcionāls siltuma ietilpībai un materiāla blīvumam. Pieaugot oglekļa saturam, tērauda temperatūras vadītspēja samazinās. Vājāka tā ir

lēģētajam tēraudam. Temperatūras vadītspēju ietekmē arī pati temperatūra. Tā ir vāja līdz 900 °C temperatūrai, bet īpaši līdz 200⁰ C, kad tērauds ir maz plastisks. Sagatavju karsēšanu zemās temperatūrās veic lēni, bet augstākās temperatūrās to paātrina.

Sagatavju karsēšanas ilgumu nenosaka tikai materiāla temperatūras vadītspēja. To ietekmē arī sagataves izmēri, konfigurācija, novietošanas krāsnī paņēmieni un krāsns darba temperatūras. Orientējošu sagatavju karsēšanas ilgumu izvēlas no rokasgrāmatām vai arī aprēķina.

Parastajās kameru krāsnīs starpība starp krāsns un sagatavei nepieciešamo temperatūru parasti nepārsniedz 50⁰ C. To termiskais lietderības koeficients ir zems (ap 20%) un rodas ievērojami materiālu zudumi no sagatavju virskārtas oksidēšanās.

Sagatavju karsēšanas paņēmieni, kad krāsns temperatūra pārsniedz sagatavei nepieciešamo temperatūru par 300⁰ C un vairāk, uzskata par ātrkarsēšanu. Tā ievērojami uzlabo siltuma atdevi un karsēšanas ilgums samazinās 3...4 reizes. Samazinās arī materiāla nodegums, tiek kavēta sagatavju virskārtas atogļošanās un graudu augšana.

Ātrkarsēšanā ir nepieciešama ļoti precīza karsēšanas ilguma izturēšana. To piemērota sagatavēm līdz 100 mm diametrā un to lieto sēriju un masu ražošanas apstākļos, kad saskaņota tehnoloģiskā procesa norise.

2.2.5. Karsēšanas krāsnis un ietaises

Sagatavju karsēšanu spiedienapstrādei veic liesmu krāsnīs un elektrokarsēšanas ietaisēs. Izplatītākās ir liesmu krāsnis. Tās iedala:

1. Pēc kurināmā veida - krāsnis ar cieto, šķidro vai gāzveida kurināmo. Plašāk lieto krāsnis ar šķidro un gāzveida kurināmo.

2. Pēc temperatūras sadalījuma - kameru un metodiskajās krāsnīs. Kameru krāsnīs temperatūra visā telpā ir vienāda, bet metodiskajās krāsnīs tā sagatavju pārvietošanas virzienā palielinās. Kameru krāsnīs sākotnēji sagataves saņem mazāku siltuma daudzumu, bet beigu daļa pastiprinātu, kas nodrošina labvēlīgāko karsēšanas režīmu.

3. Pēc gaisa priekšsildīšanas - rekuperatīvās un reģeneratīvās krāsnīs. Pirmajās gaisa un dūmgāzu plūsmas virziens ir nepārtraukts un nemainīgs, bet otrajās - periodiski mainīgs.

4. Pēc mehānizācijas pakāpes izšķir bīdītāju, karuseļa un konveijera tipa krāsnis.

Progresīva ir sagatavju karsēšana elektroietaisēs. Izšķir indukcijas un kontakta karsēšanas metodes. Kontakta karsēšanai pakļauj sagataves ar diametriem 18...70 mm, pievadot augsta stipruma strāvu ar zemu spriegumu (6...15 V). Sagataves sakarst pamatojoties uz augsto omisko pretestību.

Induktīvo karsēšanu tievām sagatavēm (15...100 mm) veic ar 500...800 Hz augstfrekvences strāvu, bet resnākām sagatavēm ($d > 150$ mm) karsēšanai izmanto 50 Hz frekvences strāvas. Liela garuma sagatavju karsēšanā kontaktmetode, salīdzinot ar induktīvo, ir ekonomiskāka.

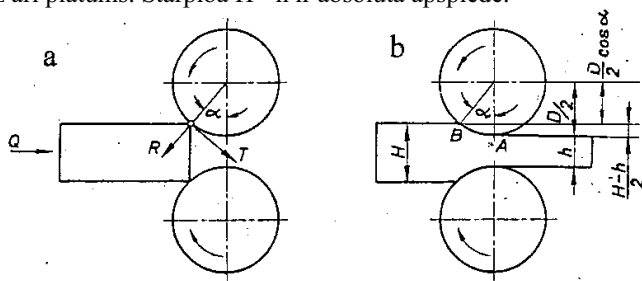
Sagatavju nodeguma samazināšanai karsēšanas procesā izmanto vairākus paņēmienus:

1. Karsēšanu veic sāļu šķīduma vannās, kas satur 75% hlorbāriju un 25% hlornātriju;
2. Sagataves pirms karsēšanas pārklāj ar šķidrā stikla un litija oksīda maisījuma aizsargkārtiņu;
3. Sagataves karsē mufelkrāsnīs īpašā aizsargvidē;
4. Karsējot liesmu krāsnīs, rada nepilnīgus sadegšanas produktus. Paņēmiens ir izplatīts, jo nav nepieciešami papildus līdzekļi, bet tam ir salīdzinoši zema efektivitāte.

2.3. SPIEDIENAPSTRĀDES TEHNOLOĢISKIE PROCESI

2.3.1. Velmēšanas process un tā galvenie parametri

Velmēšanā sagatavi deformē spraugā starp diviem rotējošiem veltņiem - velmjiem (2.14.att.). Vienlaikus tie virza sagatavi uz priekšu. Velmēšanā samazinās sagataves biezums, bet palielinās garums un nedaudz arī platums. Starpība $H - h$ ir absolūtā apspiede.



2.14. att. Velmēšanas procesa shēma:
a - sagatavi satverot; b - velmēšanas procesā.

Velmēšanas procesu precīzāk raksturo relatīvā apspiede. To nosaka procentos:

$$E = \frac{H - h}{H} \cdot 100, \%$$

kur: E - relatīvā apspiede, %;

H - sagataves biezums pirms velmjiem, mm;
h - sagataves biezums pēc velmjiem, mm.

Sagataves garuma l attiecību pēc velmēšanas pret garumu pirms velmēšanas l_0 , sauc par izstiepuma koeficientu μ . Tā vidējās vērtības velmēšanā - 1,1...1,6; bet atsevišķos gadījumos var sasniegt - 2.

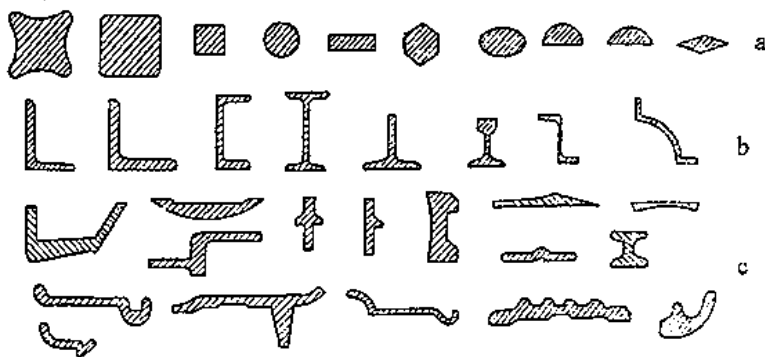
$$\mu = \frac{l}{l_0}$$

Velmēšanā nepieciešamo šķēsgriezumu iegūst pakāpeniski, virzot sagataves cauri vairākiem virknē novietotiem velmju stāviem. Sagataves kustības ātrums izejot no velmjiem V_2 , ir ievērojami lielāks nekā ātrums ieejot velmjos V_1 , tādēļ ir nepieciešama velmju rotācijas ātrumu precīza saskaņošana.

Tērauda velmēšanu veic sagataves sakarsējot līdz temperatūrai, kas atbilst karstai spiedienapstrādei. Velmēšanā nodrošina augstu deformācijas pakāpi un velmējumi iegūst smalkgraudainu struktūru ar labām mehāniskajām īpašībām.

2.3.2. Velmējumu sortiments

Velmējumus ražo no lietņiem. Tos iegūst ar nepārtraukto tērauda izliešanas metodi. Lietņu šķēsgriezuma izmēri visbiežāk ir 120×120 mm.



2.15.att. Profilvermējumi:

a - šķirņu velmējumi; b – vispārējās nozīmes veidprofili; c
- speciālie profili.

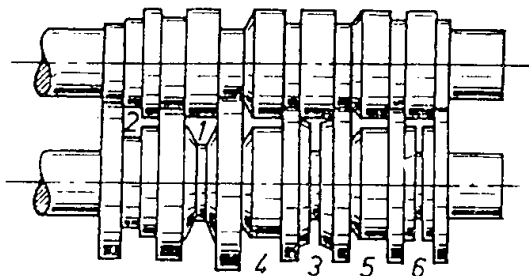
Izšķir piecus velmētās produkcijas pamata veidus: šķirņu, lokšņu, cauruļu, speciālos un periodiskos velmējumus (2.15.att.). Šķirņu velmējumi iedalās: vienkāršos profilos - aplis, kvadrāts, sešstūris, sloksnes utt. un veidprofilos. Veidprofili savukārt iedalās vispārējās

nozīmes - leņķveida, U- veida, T- veida Z - veida, sliežu utt., kā arī speciālas nozīmes profilos. Speciālos profilus lieto lauksaimniecības mašīnu, autobūvību, vagonu būvē un citur.

Lokšņu velmējumi iedalās biezo lokšņu ($s = 4...60$ mm) un plāno lokšņu (biezums līdz 3,75 mm) velmējumos. Velmētās caurules iedalās bezšuvju un metinātajās caurulēs. Pēc nozīmes caurules iedalās: vispārējās nozīmes, katlu, tvaika, gāzu, zemes dzīļu urbšanas u.c. Pie speciālajiem pieder velmējumi, kas paredzēti noteiktas produkcijas ražošanai, piemēram, zobratu vainagi, lodīšu gultņu gredzeni, riteņu diski u.c. Periodisko velmējumu šķēsgriezums garenvirzienā ir mainīgs un tos izmanto mašīnbūvē viena veida sagatavēm (piemēram, vārpstām, svirām u.c.).

2.3.3. Velmēšanas iekārtas un instrumenti

Velamēšanu veic īpašos stāvos, to pamata instrumenti ir velmji. Izšķir gludos velmjus - lokšņu un lentu velmēšanai un veidrievu velmjus - šķirņu un citu veidprofilu velmēšanai. Par veidrievām sauc izvirojumus velmju cilindriskajās virsmās. Velmju pāra divas veidrievas veido t.s. kalibru (2.16.att.). Velmēšanā, lai iegūtu sarežģīta profila velmējumus, sagataves pakāpeniski pēc kārtas laiž cauri vairākiem kalibriem. Piemēram, velmējot U profila sijas, kalibru skaits sasniedz 9...13, velmējot stiepli sagataves - 15...19. Kalibrus izvieto viena velmēšanas stāva vairākos velmjos, vai pat vairākos velmēšanas stāvos.



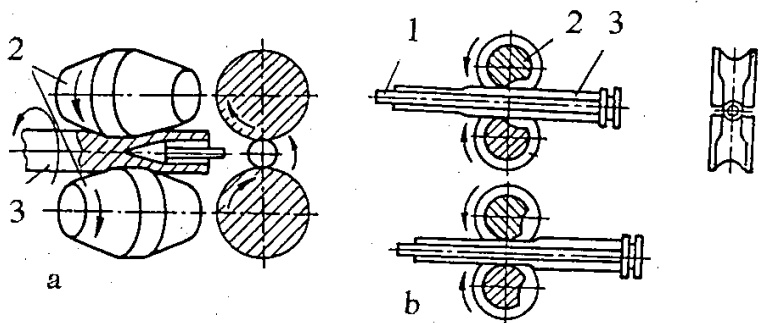
2.16. att. Velmju kalibri T-veida profilu velmēšanai

2.3.4. Metināto un bezšuvju cauruļu ražošana

Metinātās caurules ražo no karsti velmētām tērauda sloksnēm. Process sastāv no sloksnes salocīšanas uz speciāliem velmēšanas stāviem, šuves sadursametināšanas, savstarpēji saspiežot sakarsētās sloksņu malas, caurules kalibrēšanas un taisnošanas. Liela izmēra caurules metina ar

automātiskām elektrometināšanas iekārtām aizsarggāzēs vai zem kušņiem.

Bezšuvju cauruļu ražošanā izšķir divas stadijas. Pirmajā stadijā ietilpst dobu čaulu ražošana no cilindriskiem velmējumiem vai lietņiem, bet otrajā -cauruļu velmēšana no čaulām. Dobās čaulas ražo uz caurspiešanas stāviem (2.17.att.a). Velmjiem rotējot, sagatavi ieviek starp tiem, bet tās vidū iespiež caurspiedni, kas izveido dobumu. Liela izmēra caurulēm čaulas izgatavo, izmantojot centrālās liešanu.



2.17. att. Bezšuvju cauruļu izgatavošana:
a - čaulu velmēšana; b - cauruļu velmēšana; 1 -
caurspiednis; 2 - velmji; 3 - sagatave.

No čaulām velmē caurules, izmantojot velmjus ar mainīgu kalibra šķērssgriezumu. Čaulu, kas uzvilka caurspiednim, padod velmjos brīdī, kad kalibram ir maksimālais šķērssgriezums (2.17.att.b). Velmjiem rotējot, samazinās kalibra šķērssgriezums, un sagatave tiek izstiepta. Periodiski virzot sagatavi uz priekšu, čaulas sienas biezums samazinās, bet palielinās tās garums. Pēc velmēšanas, lai nodrošinātu izmēru precizitāti, caurules kalibrē īpašos kalibrēšanas velmju stāvos.

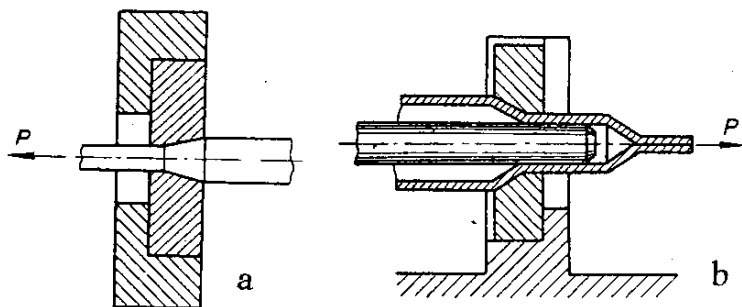
2.3.5. Vilkšanas process un produkcija

Vilkšana ir spiedienapstrādes process, kad sagatavi izvelk caur kalibrētu urbumu – aci. Tās diametrs ir mazāks par sagataves diametru (2.18.att.). Vilkšana ir stieplu ražošanas pamata process. Par sagatavēm stieplu izgatavošanai izmanto velmējumus. Minimālais diametrs, ko iegūst velmēšanā, ir 5 mm. Tālāku diametra samazināšanu nodrošina vilkšana. Samazinoties stieples diametram, tās garums palielinās.

Attiecību starp stieples garumu pēc vilkšanas l un sagataves garumu pirms vilkšanas l_0 , sauc par vilkšanas koeficientu μ . ($\mu = l/l_0$).

Nepieciešamo diametru stieplei iegūst vairākos pārgājienos, sagatavi izvelkot caur vairākām acīm. Katrā jaunā pārgājienā vilkšanas acs diametrs samazinās. Pirmajos un pēdējos vilkšanas pārgājienos $\mu = 1,15 \dots 1,25$, bet starppārgājienos - $1,3 \dots 1,45$.

Vilkšanas acis izgatavo no augstvērtīga tērauda vai cietskausējumiem, bet ļoti maza diametra stieplu ražošanai - no dimanta.



2.18.att. Vilkšanasprocess:
a - stieplu vilkšana; b - cauruļu vilkšana

Vilkšana ir aukstās spiedienapstrādes veids. Tās procesā sagataves uzkalzinās un zaudē plastiskumu. Pēc vairākiem pārgājieniem, tās pakļauj rekristalizācijas atkvēlināšanai. Pēc atkvēlināšanas stieplu sagataves atbrīvo no plāvas un, lai samazinātu berzi, pārklāj ar plānu vara kārtiņu. Vilkšanu turpina līdz sasniegts vajadzīgais diametrs. Minimālais stieples diametrs, ko sasniedz caurvilkšanā, ir 0,02 mm.

Ar vilkšanu izgatavo ne tikai stieples, bet arī plānsienu caurules un auksti vilktos profilus līdz pat 100 mm diametrā.

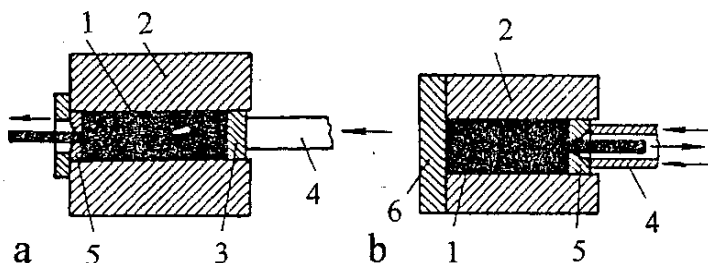
Vilkšana nodrošina augstu precizitāti, līdz 0,005 mm, un augstu virsmu gludumu. Vilkto produkciju ražo no tērauda, alumīnija, vara, misiņa un citiem plastiskiem materiāliem.

2.3.6.Presēšanas process

Presēšana ir spiedienapstrādes process, kurā materiāla masu izspiež no noslēgta cilindra caur matricas urbumu. Matricas urbuma šķērsriezuma laukums ir vairākkārt mazāks par cilindra šķērsriezuma laukumu. Izšķir tiešās un apgrieztās darbības presēšanas procesus (2.19.att.). Tiešajā presēšanā pārvietojas puansons, kas materiāla masu bīda cauri matricai. Materiāla plūšanas virziens sakrīt ar puansona kustības virzienu. Lai pārbīdītu visu presējamā materiāla masu un

pārvarētu berzi gar cilindra sienām, tiešajā presēšanā ir nepieciešami lielāki presēšanas spēki un jaudas.

Apgrieztajā presēšanā cilindrs ir noslēgts. Uz materiāla masu spiedienu izdara bīdītājs, kura dobumā ir nostiprināta matrica. No cilindra izspiestais materiāls pārvietojas pretēji bīdītāja kustības virzienam. Apgrieztajā presēšanā netiek pārvietota visa materiāla masa, bet tikai tā daļa, kas plūst caur matricu. Neskatoties uz apgrieztās presēšanas priekšrocībām, plašāk izplatīta ir tiešā presēšana. Tās iekārtām ir vienkāršāka uzbūve.



2.19.att. Presēšanas paņēmieni:

a - tiešā presēšana; b - apgrieztā presēšana; 1 - presējamais materiāls; 2 - cilindrs; 3 - puansons; 4 - bīdītājs; 5 - matrica; 6 - balsts

Ar presēšanu izgatavo sarežģītas konfigurācijas profilus, kuru ražošana velmējot nav tehniski iespējama. Presēšana piemērota arī bezšuvju cauruļu ražošanai. Presējot izstrādājumus no tērauda, materiālu sakarsē līdz spiedienapstrādes temperatūrai, bet krāsaino metālu sakausējumus biežāk presē aukstā veidā. Presēšanu veic ar lielas jaudas hidrauliskajām spiednēm.

2.4. KALUMU RAŽOŠANA

2.4.1. Kalumu ražošanas veidi

Kalumi ir izplatīts sagatavju veids mašīnbūvē. Pastāv divi to ražošanas paņēmieni: brīvā kalšana un tilpumštancēšana

Brīvajā kalšanā sagataves materiāla plūšanu ierobežo instrumentu darbvirsmas tikai no augšas un apakšas. Materiāls plūst mazākās pretestības virzienā. Izšķir kalšanu ar rokas veseriem un kalšanu ar mašīnveseriem. Ar rokām izgatavo tikai nelielus kalumus, visbiežāk mākslas priekšmetus, kā arī sagataves mašīnu remonta vajadzībām. Rūpnieciskajā ražošanā lieto tikai kalšanu ar mašīnveseriem. Pēc darbības

principa izšķir pneimatiskos, hidrauliskos, tvaika un atsperu kalšanas mašīnveserus.

Tilpumštancēšanā materiāla plūšanu ierobežo štances veidbūmi. Štancētiem kalumiem, salīdzinot ar brīvo kalšanu, ir ievērojami augstāka precizitāte un virsmu gludums. To profils un izmēri atbilst detaļas profilam un tālākā apstrāde ir nepieciešama tikai salāgojumu virsmām. Tas samazina mehāniskās apstrādes darbietilpību.

Tilpumštancēšana ir ekonomiski pamatota masu un sēriju ražošanas apstākļos, lai gan štanču izgatavošana ir dārga un darbietilpīga. Arī kalumu masa tilpumštancēšanā ir ierobežota (līdz 200 kg).

Kalšana un štancēšana kalumiem piedod ne tikai vajadzīgo formu, bet maina materiāla struktūru un uzlabo mehāniskās īpašības. Tādēļ slogotākos mašīnu elementus izgatavo no kaltām sagatavēm.

Kalšanas tehnoloģiskais process sastāv no sagatavju izvēles un sagatavošanas, sagatavju sakarsēšanas, kalšanas un kalumu apdares. Par sagatavēm kalumu izgatavošanai visbiežāk izmanto dažāda profila velmējumus. Sagatavošanas darbos ietilpst velmējumu taisnošana, saciršana vajadzīgā garumā un kontrole. Sagataves izmērus nosaka kaluma forma, izmēri un kalšanas operācija.

2.4.2. Iekārtas kalšanai ar rokas rīkiem

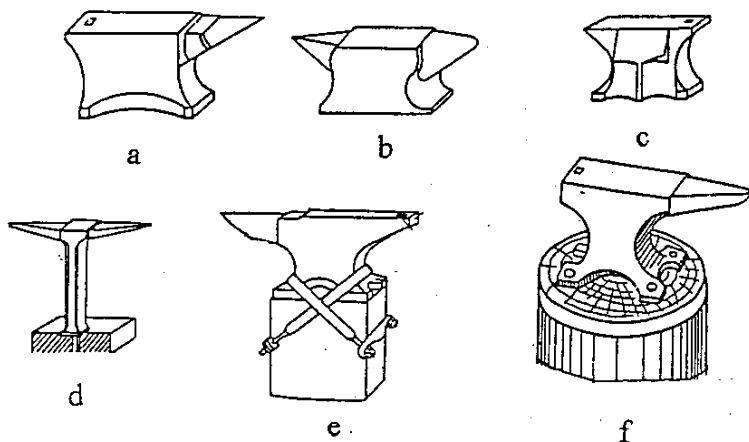
Pamata iekārtas, ko kalēji lieto kalvēs kaļot ar rokas rīkiem (instrumentiem), ir kalēja lakta, ēze, mašīnveseris un ūdens tvertne.

Izšķir vienraga, divragu, bezragu un kājas laktas (2.20.att.). Biežāk lieto vienraga laktas. Divragu un bezragu laktas lieto speciāliem darbiem, bet kājlaktas - sīku kalumu un skārda izstrādājumu izgatavošanai.

Kalēju laktas izgatavo no tērauda. To masa no 50 līdz 300 kg. Biežāk lieto laktas, kuru masa 80...100 kg. Laktas virsma ir norūdīta un noslīpēta. Uz tās balsta kaļamo sagatavi. Laktas ragu izmanto liekšanai un gredzenu stiepšanai. Urbums laktas galā noder caurumu izsišanai kalumos un palīgdarbarīku iestiprināšanai. Laktas taisno galu lieto kalumu saliekšanai leņķi un pakāpju veidošanai kalumos.

Laktas novieto uz smaga koka, visbiežāk ozola, bluķa un piestiprina ar skavām. Bluķi varbūt apaļi vai četrstūrīni, tā augšējo malu apjož ar tērauda stīpām. Laktas darba virsmas augstumam no zemes ir jābūt 600...700 mm, lai kalēja nolaistas rokas pirksti skārtos laktas virsmai.

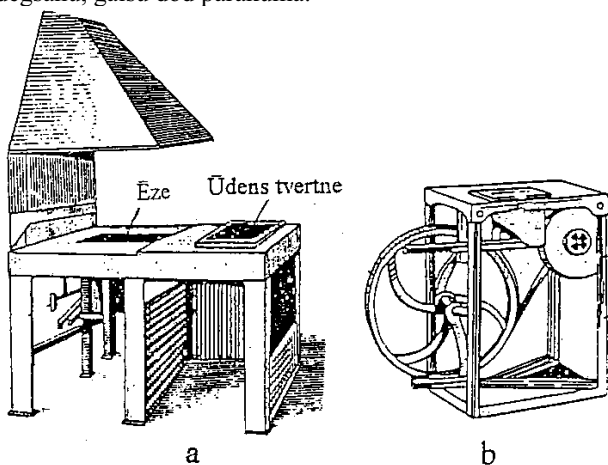
Sagatavju karsēšanai izmanto kalēju ēzes. Izšķir stacionārās un pārvietojamās ēzes (2.21.att.). Stacionārās ēzes var būt ķieģeļa mūra vai metinātās no lokšņu un profiltēraudiem. Ēzes galvenā sastāvdaļa ir ēzes ligzda, to izgatavo no čuguna. Caur to tiek pievadīts gaiss pavardam un regulēta degšanas intensitāte.



2.20.att. Kalēja laktas:

a - vienraga; b - divragu; c - bezragu; d - kājlakta; e - laktas nostiprināšana ar skavām; f - nostiprināšana ar tapām.

Ēzēs izmanto cieto kurināmo - kokogles vai akmeņogles (antracītu). Kokogles nesatur sēru, bet ātrāk izdeg. Akmeņoglēm ir lielāka siltumspēja, bet tās bagātas ar sēru. Kalēju ēzēm ir piemērotas liesas rupjas granulācijas akmeņogles. Tās mazāk satur darvu un labāk deg. Kurināmā sadegšanai gaisu padod ventilators (agrāk arī ar plēšām). Lai veicinātu degšanu, gaisu dod pārākumā.



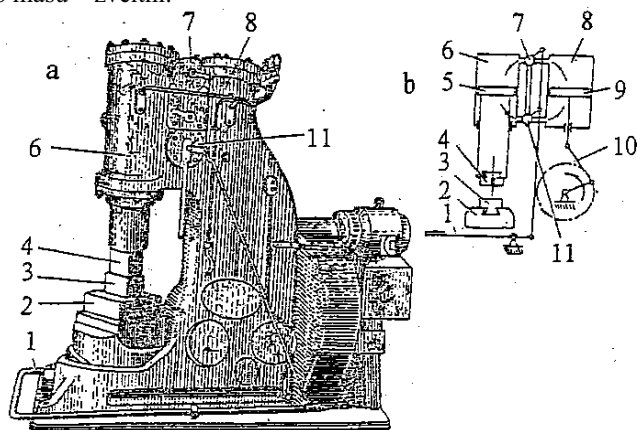
2.21. att. Kalēju ēzes:

a - stacionārā; b - pārvietojamā.

Kalšana ar rokas darba rīkiem ir smags un mazproduktīvs darbs. Kalšanas atvieglošanai kalvēs lieto mehāniskos veserus, bet tie neaizstāj roku darbu.

Dubultās darbības mašīnveserim ir darba un kompresijas cilindri (2.22.att.). Kompresijas cilindra virzuli darbina kloķa-klaņa mehānisms.

Abus cilindrus augšpusē un apakšpusē savieno kanāli, kurus noslēdz vārsti. Kompresijas virzulim pārvietojoties uz augšu un leju, saspieštais gaiss caur kanāliem pārmaiņus ieplūst darba cilindra augšpusē vai apakšpusē, attiecīgi pārvietojot darba virzuli, kas caur kātu savienots ar krītošo masu – zveltņi.



2.22.att. Pneimatiskā mašīnvesera uzbūve:

a – kopskats; b – darbības shēma; 1 – vadības svira; 2 – palakta; 3 – kaļamā sagatave; 4 – zveltņis; 5 – darba virzulis; 6 – darba cilindrs; 7 – augšējais vārsts; 8 – kompresijas cilindrs; 9 – kompresijas virzulis; 10 – kloķa-klaņa mehānisms; 11 – apakšējais vārsts.

Ar vadības sviru nodrošina;

- Nepārtrauktus vienu otram sekojošus zveltņa sitienus;
- Stiprākus vai vājākus atsevišķus uzsitienus;
- Notur zveltņi pēc vajadzības paceltā vai nolaistā stāvoklī.

Pneimatiskos veserus izgatavo ar zveltņa masu no 75 līdz 1000 kg.

Ūdens tvertne kalvē ir nepieciešama kalēja darbarīku atdzesēšanai un rūdīšanas darbiem. Tvertnes izgatavo cilindriskas vai taisnstūrveida no lokšņu materiāla, visbiežāk no tērauda. To augstums 600...700 mm, tilpums - 40...50 litri.

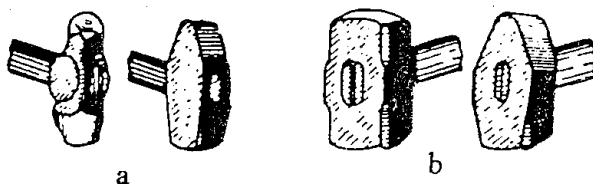
2.4.3. Kalēja darbarīki (instrumenti)

Kalēja darbarīkus iedala:

1. Kalumu apstrādei;
2. Kalumu satveršanai;
3. Kalumu mērīšanai;
4. Ēzes apkalpošanai un citiem darbiem.

Galvenie kaluma apstrādes rīki ir rokas un uzsitējveseri (2.23.att.). Tos lieto visās kalšanas operācijās. Rokas veseris (āmurs) ir kalēja pamata darbarīks. Ar to kal šķīkus izstrādājumus un norāda uzsitējam vietu, kur uzsist ar uzsitējveseri. Izšķir divu veidu rokas veserus: ar kvadrātveida pietu un šķērsenisku šauro galu, vai ar apaļu pietu un noapaļotu galviņu. Rokas vesera masa no 0,5 kg (sīkiem kalumiem) līdz 2 kg - lielākiem kalumiem.

Rokas veseru kātus izgatavo no sīksta un sausa koka - bērza, kļavas vai ābeles. Kātus cieši iestiprina veserī, galu aizķīlējot ar koka vai metāla ķīli. Piemērotākais kāta garums ir 300...350 mm. Tā šķērsgriezuma forma ir ovāla. Kāts šķērsgriezums palielinās virzienā no vesera.

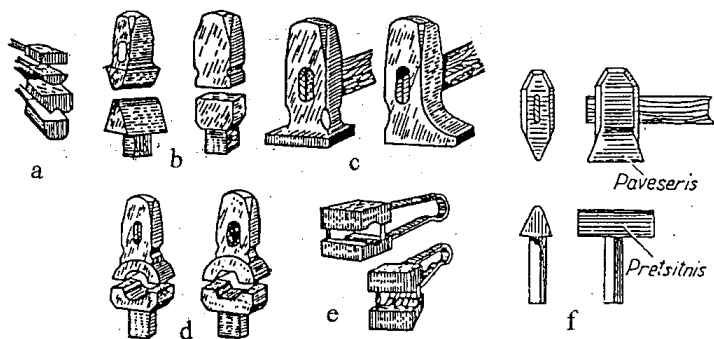


2.23.att. Kalēja veseri:
a - rokas veseri; b – uzsitēja veseri.

Uzsitējveseris ir uzsitēja (kalēja palīgs) darbarīks. Tā masa ir 10...12 kg, bet kāta garums 600...700 mm. Ar uzsitējveseri pa kalumu izdara spēcīgus sitienus. Kātu tāpat kā kalēja veserim gatavo no sīksta koka (ozola, oša, kļavas) ovālu, to cieši nostiprinot un noķīlējot veserī.

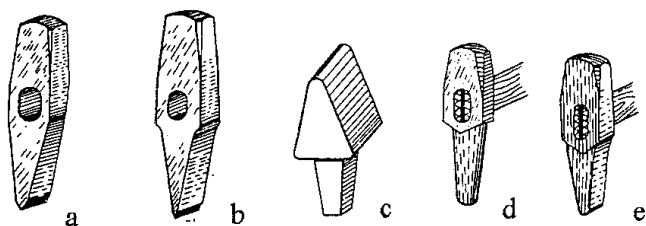
Bez pamata darbarīkiem, kalējs lieto palīgdarbarīkus: kliedekļus, paveserus, gludveserus, veidveserus (2.24.att.), caursitņus, cirtņus (2.25.att.) u.c.

Kliedekļus lieto sagatavju stiepšanas paātrināšanai. To izveidojums var būt atšķirīgs. Stiepjot ar kliedekli, ar uzsitējveseri nesit tieši sagatavei, bet pa kliedekli. Paveserus lieto stiepšanai un placināšanai, kā arī viena veida iedobumu veidošanai kalumos. Gludveserus lieto kalumu virsmas nogludināšanai pēc apstrādes ar kliedekļiem un paveseriem, kuri kalumos atstāj rievas un iedobumus. Ar veidveseriem kalumiem piedod vajadzīgo šķērsgriezuma formu.



2.24.att. Stiepšanas un placināšanas palīgdarbarīki:
a - kliedekļi; b - paveseri; c - gludveseri; d - veidveseri;
e - atsperu veidveseri; f - rievojumu paveseri.

Caursitņus lieto caurumu un iedobumu veidošanai kalumos. Tie var būt cilindriski vai taisnstūra veida. Cirtņus lieto kalumu aizciršanai un nociršanai. Lai palīgdarbarīku lietošana būtu ērtāka, tos izgatavo ar centrālu urbumu, kurā nostiprina koka kātu.

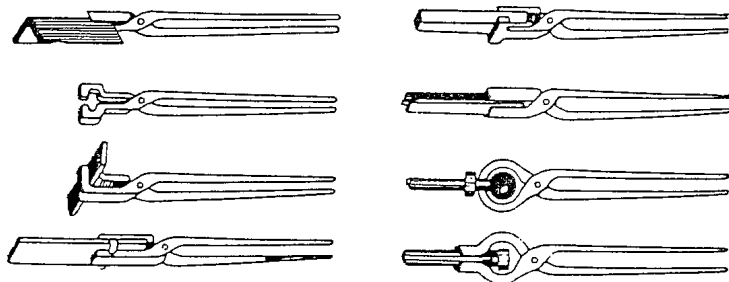


2.25.att. Cirtņi un caursitņi:
a - aukstai ciršanai; b - karstai ciršanai, c - pacirtnis;
d - apaļais caursitnis; e - taisnstūra caursitnis.

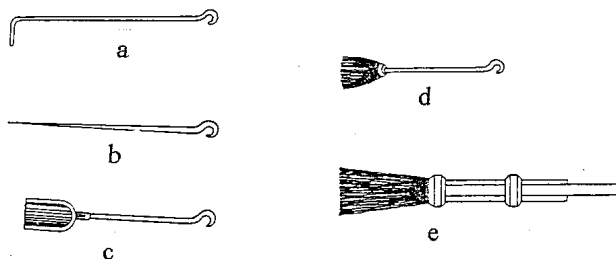
Sagatavju satveršanai, noturēšanai vajadzīgā stāvoklī un grozīšanai kaļot, lieto lūkšas (2.26.att.). Tās gatavo no apaļa vai plakana profila tērauda ar oglekļa saturu 0,3...0,4 %. Lūkšu kāta garums parasti ir 400...700 mm, žokļu garums - 75...150 mm. Žokļu izveidojums ir atkarīgs no sagatavju konfigurācijas un darba rakstura.

Kalumus kalējs mēra ar lineāliem, taustiem, šabloniem utt.

Ēzes apkalpošanai kalējs izmanto biguli ogļu pieraušanai ēzē, iesmu izdedžu atraušanai, lāpstīņu ogļu piebēršanai, otu ūdens uzšlakstīšanai pavardam un slotiņu ēzes sakopšanai (2.27.att.).



2.26. att. Kalēja lūkšas.



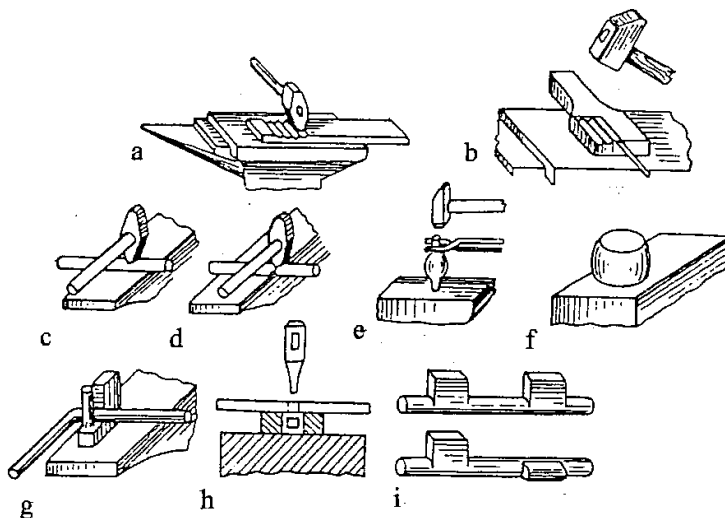
2.27. att. Ēzes apkalpošanas rīki:
a - bigulis; b - iesms; c - lāpstīņa; d - ota; e - slotiņa.

2.4.4. Kalšanas operācijas

Pēc sakarsēšanas sagataves ar uzsitienu pa laktu atbrīvo no plāvas. Kalšanas operācijas izvēlas atbilstoši kaluma formai un prasībām. Izšķir sekojošas kalšanas operācijas (2.28.att.):

1. Sēdināšana ir operācija, kurā, samazinot sagataves garumu, palielina šķērsriezuma laukumu. Lai sēdināšanā sagatave neizliektos, tās garums nedrīkst pārsniegt diametru ne vairāk kā 2,5 reizes. Sēdināšana kalumam nodrošina radiālu šķiedru virzienu. To izvēlas izgatavojot zobratu, atloku, disku u.c. detaļu kalumus. Iespējama arī sagataves vietēja sēdināšana, kad šķērsriezumu palielina tikai kaluma daļai.
2. Stiepšana ir operācija, kurā palielina sagataves garumu, samazinot šķērsriezuma laukumu. Sagatavi stiep ar atkārtotiem uzsitieniem vai uzspiedieniem, vienlaicīgi to grozot un virzot uz priekšu. Stiepšanas paātrināšanai lieto kliedekļus un paveserus. Sagataves šķērsriezuma laukuma attiecību pret kaluma šķērsriezuma laukumu sauc par nokalumu. Lai kalumi iegūtu

pietiekamu šķiedrainība, nokalumam ir jābūt pietiekamam. Izgatavojot kalumus no lietņiem, nokalumam jābūt lielākam par trīs, bet izgatavojot kalumus no velmējumiem - ne mazākam par 1,3...1,5. Stiepjot izgatavo vārpstu tipa detaļu kalumus. Pastāv arī vietējā stiepšana, kad samazina šķērsriezuma laukumu tikai sagataves daļai.

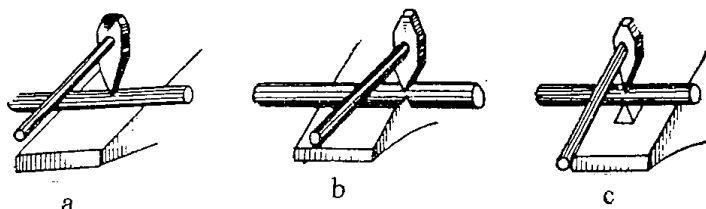


2.28.att. Kalšanas operācijas:

a - stiepšana; b - placināšana; c - aizciršana; d - ciršana; e - vietēja sēdināšana; g - liekšana; f - sēdināšana; g - liekšana; h - caurumošana; i - savēršana.

3. Placināšana ir stiepšanas paveids. Tās uzdevums ir palielināt sagataves platumu, samazinot augstumu. Placināšanā bieži izmanto paveserus.
4. Ciršana ir operācija, kurā atdala daļu sagataves, vai arī aizcērt sagatavi, lai atvieglotu pludināšanu, kaļot sarežģītas konfigurācijas kalumus. Ciršanu var veikt no vienas puses vai no abām pusēm, lietojot pacirtņus (2.29.att.).
5. Liekšana ir operācija, kurā sagatavei piedod izliektu formu. Liekšanā izmanto laktas taisno galu, kalēja skrūvspīles vai īpašas dakšas.
6. Caurumošana ir operācija, kurā kalumā izveido caurumus vai iedobumus. To veic ar caursitņiem, izmantojot laktas urbumu vai īpašus paliktņus.

7. Savērpšana ir operācija, lai pagrieztu sagataves vienu daļu attiecībā pret otru. To veic ar īpašām dakšām un spīlēm.



2.29.att. Ciršanas paņēmieni:

- a - aizciršana; b - abpusēja ciršana grozot sagatavi; c - abpusēja ciršana ar pacirtni.

8. Kalējmetināšana ir spiedienmetināšanas paveids, kas piemērots tikai mazoglekļa ($C = 0,15...0,25\%$) tērauda detaļu savienošanai. Metināšanā ir nepieciešami kušņi - kvarca smilts un boraka maisījums. Sakarsēšanas temperatūra līdz $1350...1450^{\circ}C$. Process ir ar zemu produktivitāti un mūsdienās to praktiski vairs nelieto.

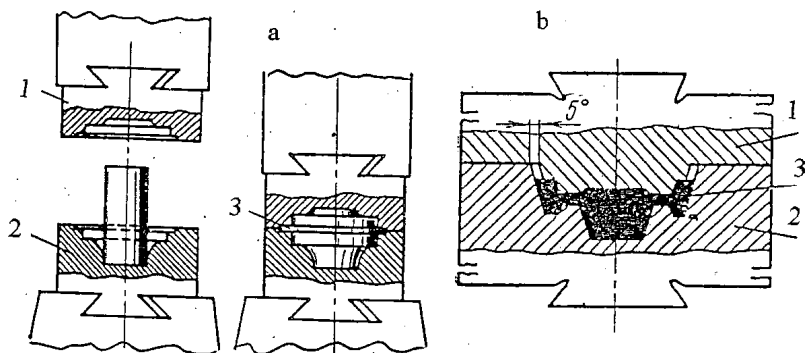
2.4.5. Tilpumštancēšana

Tilpumštancēšanu veic ar štancēšanas veseriem, kalšanas - štancēšanas kļoķa spiedēm un horizontālajām kalšanas mašīnām. Ar tām izgatavo kļoķvārpstu, sadales vārpstu, kļoķu, kardānu krusteņus, zobratu, sviru un citu detaļu sagataves.

Vienkāršākas pēc uzbūves ir veseru štances. Tās sastāv no divām daļām. Izšķir slēgtās un vaļējās veseru štances (2.30.att.). Štancējot vaļējās veseru štancēs, apkārt kalumiem dalījuma plaknē veidojas apmale. Sprauga dalījuma plaknē ir šaura, kas rada lielu pretestību materiāla plūšanai. Vispirms materiāls aizpilda štances veiddobumus, bet pēc tam liekā materiāla masa izplūst spraugā. Apmalu apjoms sasniedz līdz 20 % no kaluma masas. Štancēšanai vaļējās štancēs ir nepieciešamas palielinātas jaudas.

Ražojot kalumus slēgtajās štancēs apmales neveidojas. Liekajai sagataves materiāla masai nav kur izplūst, tādēļ ir nepieciešama ļoti precīza sagataves masa.

Kalumu izgatavošanai vaļējās veseru štancēs izmanto gabalsagataves (katram kalumam atsevišķa sagatave). Vienkāršākus kalumus ražo arī no grupveida sagatavēm (kopēja sagatave vairākiem kalumiem). Slēgtajās štancēs izmanto tikai gabalsagataves.



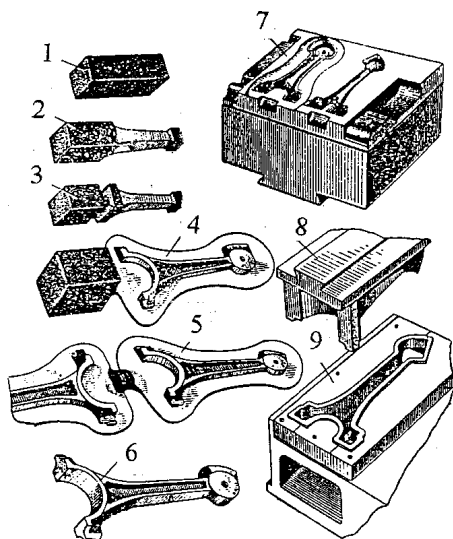
2.30.att. Veseru štances:
a - vaļējā; b - slēgtā; 1 - štances augšdaļa; 2 - štances
apakšdaļa; 3 – kalums.

Īpaši sarežģītas konfigurācijas kalumus arī vairāku dobumu štancēs (2.31.att.) Kalšanas procesā sagatavi pakāpeniski pārvieto no viena veiddobuma uz citu. Lielu kalumu izgatavošanai vairāku dobumu štancēs izmanto gabalsagataves, bet mazākiem sapārotās sagataves. Vispirms arī kalumu no viena sagataves gala, pēc tam no otra. Kalšanu beidzot, kalumus atdala vienu no otra. Pārotas sagataves atvieglo tās satveršanu un pārvietošanu no viena štances dobuma uz citu.

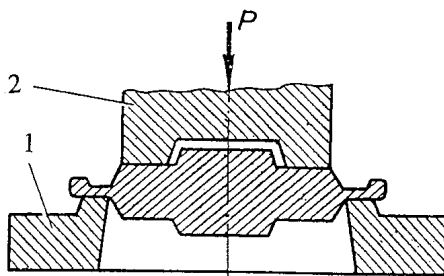
Ar horizontālajām kalšanas mašīnām izgatavo nelielus kalumus no grupveida sagatavēm.

2.4.6. Kalumu apdare

Kalumu apdarē ietilpst: apmaļu atgriešana, kalumu taisnošana, kaldināšana un plāvas atdalīšana. Apmāles atgriež ar īpašām štancēm. Nelieliem kalumiem tās atgriež aukstā, bet lieliem – karstā stāvoklī nekavējotī pēc izštancēšanas, neļaujot kalumiem atdzist. Apmāļu atgriešanas štance sastāv no matricas un puansona (2.32.att.). Matricas dobums atbilst kaluma ārējai kontūrai. Griezuma virsma veidojas gluda un tai nav vajadzīga papildus apstrāde. Īpašs apmaļu veids ir t.s. tiltiņi. Tie veidojas štancēšanas procesā vietās, kur kalumos paredzēti urbumi. Tiltiņu izcīršanai izmanto atbilstošas štances, kas pēc uzbūves ir līdzīgas apmaļu atgriešanas štancēm.



2.31. att. Kalumu izgatavošana vairāku dobumu štancē:
1 - sagatave; 2...5 - štancēšanas pārgājieni; 6 - kalums;
7 - štance; 8 - atmaļu atciršanas štances puansons; 9 -
atmaļu atciršanas štances matrica



2.32.att. Apmāļu atciršanas štances shēma:
1 - matrica; 2 - puansons.

Atdalot apmales kalumi dažkārt izliecas. Tos taisno, izmantojot īpašas taisnošanas štances. Mazākus kalumus taisno aukstā, bet lielākus - karstā veidā. Kalumu precizitāti paaugstina kaldinot īpašās kloķa - kļāņa spiednēs (aukstā vai karstā veidā). Plāvu no kalumiem atdala: kodinot ar sālsskābi, vai kalumus ievietojot rotējošos trumuļos, kur tie savstarpēji beržoties atbrīvojas no tās.

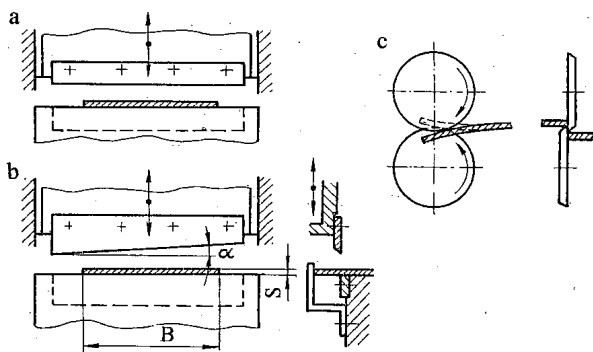
2.5. LOKŠŅU ŠTANCĒŠANA

2.5.1. Lokšņu štancēšanas operācijas

Lokšņu štancēšana ir izstrādājumu izgatavošana no loksņēm, lentām, vai sloksnēm. Štancēšanai ir piemēroti plastiski materiāli. Izstrādājumus štancē no mazoglekļa tērauda, vara un alumīnija sakausējumiem, kā arī no nemetāliskiem materiāliem. Tērauda loksnes līdz 8...10 mm biezas štancē aukstā veidā, bet biezākas, sakarsējot līdz spiedienapstrādes temperatūrai. Krāsainos metālu loksnes parasti štancē tikai aukstā veidā.

Lokšņu štancēšanas operācijas iedala - atdalīšanas un formas maiņas operācijās. Atdalīšanas operācijās vienu sagataves daļu atdala no otras.

Izšķir trīs atdalīšanas operācijas: griešanu, izciršanu (izgriešanu) un caurciršanu jeb caurumu izgriešanu. Griešana ir operācija, kurā vienu sagataves daļu atdala no otras pa nenoslēgtu kontūru. Piemēram, lokšņu sagriešana sloksnēs. Griešanai izmanto grieznis ar paralēliem vai slīpiem asmeņiem, kā arī diska grieznis (2.33.att.).



2.33.att. Lokšņu sadalīšanas grieznis:

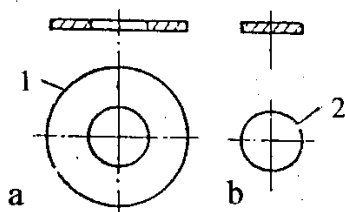
a – ar paralēliem asmeņiem; b – ar slīpu asmeni; c – ar diska grieznēm.

Izciršana ir operācija, kurā atdala daļu sagataves pa noslēgtu kontūru un izgrieztais elements ir izstrādājums. Caurciršana (caurumu izgriešana) ir operācija, kurā atdala daļu sagataves pa noslēgtu kontūru, bet izgrieztā daļa ir atgriezums. Izciršanas un caurciršanas procesi pēc būtības neatšķiras. Starpība pamatojas, kura atdalīšanas operācija ražojamam nodrošina ārējo vai iekšējo kontūru (2.34.att.).

Izciršanas un caurciršanas štaņču puansonus un matricas izgatavo ar asām griezējšķautnēm un to kontūras atbilst izgatavojamā izstrādājuma kontūrām. Lai samazinātu berzi un nodilumu, starp puansonu un matricu

paredz spraugu. Tās izmērus izvēlas 5...18 % robežās no štancējamā materiāla biezuma. Projektējot izciršanas operācijas, matricu izmērus pieņem vienādus ar izstrādājuma izmēru, bet spraugas veido samazinot puansonu izmērus. Projektējot caurciršanas operācijas, ar izstrādājuma izmēriem vienādus izvēlas puansonu izmērus, bet spraugas veido palielinot matricu izmērus.

Formas maiņas operācijās sagataves nesagrauj, bet pārvieto to atsevišķās daļas attiecībā pret citām. Formas maiņas operācijas ir: liekšana, izvilkšana, apspiešana, atlokošana un veidošana.



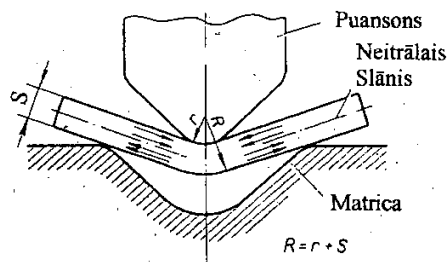
2.34.att. Atdalīšanas pa noslēgtu kontūru operācijas:

a – izstrādājums; b – atgriezums; 1 – izciršana; b – caurciršana.

Liekšana ir operācija, kurā pārveido sagataves ass līniju. Liekšanas procesā materiālu kārtas ieliekuma pusē tiek spiestas, bet izliekuma pusē stieptas. Materiāla vidējā kārtā, kas netiek ne spiesta, ne stiepta ir neitrālā kārtā. Materiāla biezums liekšanas vietā nedaudz samazinās. Tā kā plastiskās deformācijas pavada elastīgās, tad liektās detaļas nedaudz atliecas. Projektējot liekšanas štances, elastīgo deformāciju lielumu aprēķina un ievērtē izgatavojot puansonus un matricas (2.35.att.).

Izvilkšana ir operācija, kurā plakanu sagatavi (to iegūst izcērtot) pārveido telpiskā izstrādājumā. Izšķir izvilkšanu, nesamazinot izstrādājuma sienīņu biezumu, un izvilkšanu ar sienīņu biezuma samazināšanu. Ja ir nepieciešams dziļš izvilkums, to iegūst veicot vairākus vilkšanas pārgājienus. Katram pārgājenam ir nepieciešama atsevišķa izvilkšanas štanca. Izvilkšanas puansonu un matricu šķautnes ir noapaļotas atšķirībā no izciršanas štancēm. Tām palielinātas arī spraugas starp puansonu un matricu.

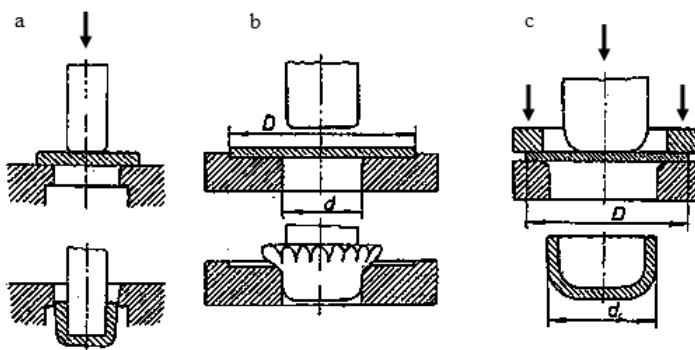
Izvilkšanas procesu raksturo izvilkšanas koeficients $K_{izv.}$. To nosaka sagataves diametra D un matricas diametra d attiecība (3.36.att.b). Izvilkšanas koeficienta vērtības parasti ir robežās - 1,5...2. Palielinot izvilkšanas koeficienta lielumu virs 2, ir iespējama izstrādājuma augšgala sakrokošanās. Krokošanās iespējas novērš cieši piespiežot sagataves apmales matricai (3.36.att.c).



2.35.att. Liekšanas procesa shēma.

Apspiešana ir operācija, kurā samazina izvilkta detaļas vai caurules gala diametru (2.37.att.a).

Atlokošana jeb atloku veidošana ir operācija, kurā plakanai sagatavei, atlokot urbuma malas, izveido kakliņu (2.37.att.b).



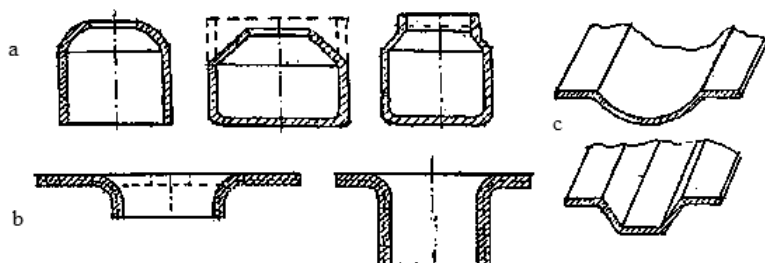
2.36.att. Izvilkšanas process:

- a – izvilkšana, ja izvilkšanas koeficients neliels; b – izvilkšana ar izstrādājuma augšgala krokošanos; c – izvilkšana ar sagataves apmales piespiešanu.

Veidošana ir operācija, kurā sagatavi vietēji deformējot un nemainot materiāla biezumu, maina tā formu. Īpašs veidošanas process ir stiprības ribu izveidošana lokšņu veida izstrādājumos. (2.37.att. c).

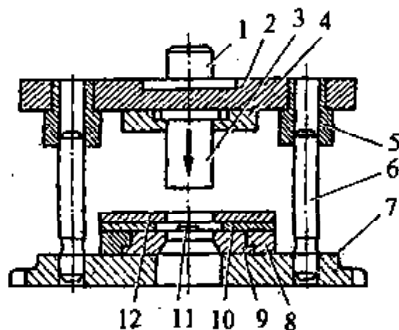
2.5.2. Lokšņu štancēšanas štances

Izšķir vienkāršas darbības un vairāku operāciju štances. Ar vienkāršas darbības štancēm veic tikai vienu operāciju (2.38.att.).



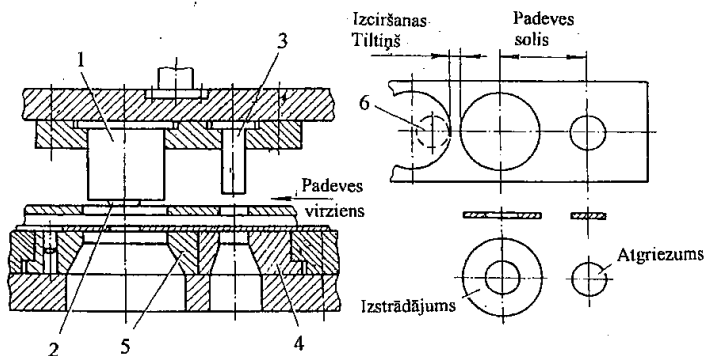
2.37.att. formas maiņas operācijas:
a – apspiešana; b – atlokošana; c – veidošana.

Štance sastāv no diviem pamata mezgliem - augšējās un apakšējās plates. Visi darba elementi ir piestiprināti vienai vai otrai platei. Augšējai platei apakšpusē ar īpašu turētāju ir piestiprināts puansons, bet virspusē uzgalis, ar kuru to pievieno spiednes slīdnim. Apakšējai platei no virspuses ir piestiprināta matrica un novilcējs. Novilcējs ir nepieciešams, lai puansonu atbrīvotu no izstrācētā izstrādājuma. Štances apakšējo plati piestiprina spiednes galdam.



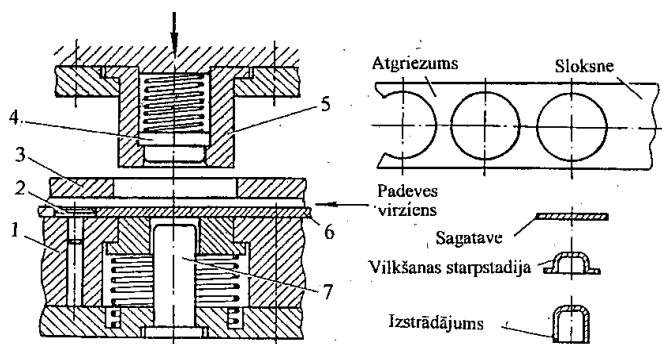
2.38.att. Vienkāršas darbības izcīršanas štance:
1 – uzgalis; 2 – augšējā plate; 3 – puansons; 4 – puansona turētājs; 5 – vadčaula; 6 – vadkolona; 7 – apakšējā plate; 8 – matricas turētājs; 9 – matrica; 10 – vadplāksne; 12 – izstrādājuma novilcējs.

Vairāku operāciju štances iedalās pakāpeniskas un apvienotas darbības štancēs. Pakāpeniskas darbības štance vienā slīdņa gājienā veic divas operācijas, bet katru operāciju savam štancējumam (izstrādājumam) (2.39.att.). Apvienotas darbības štances vienā slīdņa gājienā tāpat veic divas operācijas, bet vienam un tam pašam izstrādājumam (2.40.att.).



2.39.att. Pakāpeniskas darbības štance:

- 1 - izciršanas puansons; 2 - uztvērējs; 3 - caurciršanas puansons;
4 - caurciršanas matrica; 5 - izciršanas matrica; 6 - atdure.



2.40.att. Apvienotas darbības izvilkšanas štance:

- 1 - izciršanas matrica; 2 - atdure; 3 - noņēmējs; 4 - izspiedējs; 5 - izciršanas puansons un izvilkšanas matrica; 6 - skārda sloksne; 7 - izvilkšanas puansons.

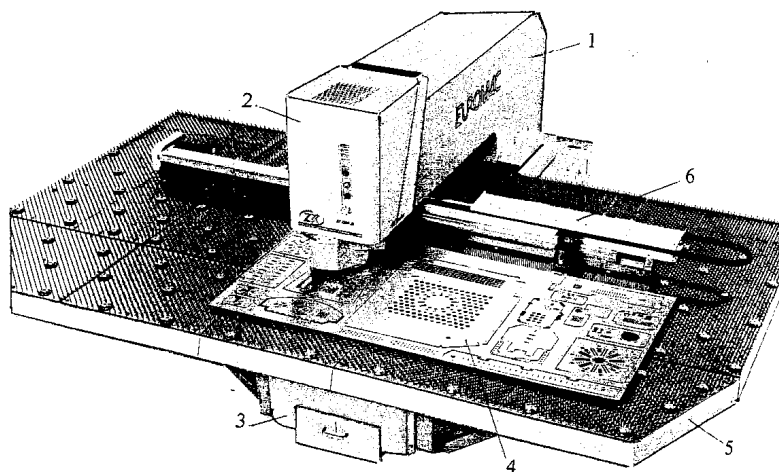
1.3.Štancēšanas procesu automatizācija

Štanču izgatavošana ir darbietilpīga un dārga. Tā ekonomiski pamatota, izgatavojot lielas (vairākus tūkstošus) štancēto detaļu partijas. Štancēšanā ar vienkāršajām presēm ir liels roku darba īpatsvars, jo apgrūtināta lokšņu un sloksņu padeves automatizācija. Minimālas izmaiņas štancēto detaļu izmēros vai konfigurācijā ir saistītas ar atbilstošu puansonu un matricu izgatavošanu un štances pārbūvi. Štancēšanas procesu automatizāciju atrisina izciršanas - caurciršanas (punch press)

preses. To ātrdarbību un precizitāti nodrošina CNC vadības hidrauliskā piedziņa, kas nodrošina precīzu lokšņu pārvietošanu pa koordinātu asīm.

Koordinātu preses paredzētas detaļu izciršanai no liela izmēra loksņēm. To gabarīti var būt no 100×1000 mm līdz 2500×10000 mm, bet lokšņu biezums - no 0,5 līdz 6mm. Atsevišķas preses pieļauj lokšņu biezumu līdz 10 mm. Pozicionēšanas precizitāte darbā ar koordinātu presēm $\pm 0,1$ mm. Sitienu skaits, ja solis 20 mm, $= 300; \text{min}^{-1}$, ja solis līdz 1mm, $- 780 \text{ min}^{-1}$. Preses piedziņas jauda - 7,5 kW.

Izšķir divu tipu koordinātu izciršanas preses: ar puansonu un matriču revolvergalvām un preses ar instrumentu aptverēm. Instrumenti aptverēs var būt izvietoti lineāri vai aplī. Revolvergalvu koordinātu preses sastāv no masīvas lietas statnes, nekustīga galda, lokšņu pozicionēšanas iekārtas, puansonu un matriču revolvergalvām un ciparvadības sistēmas (2.41.att.).



2.41.att. Koordinātu izciršanas preses kopskats:

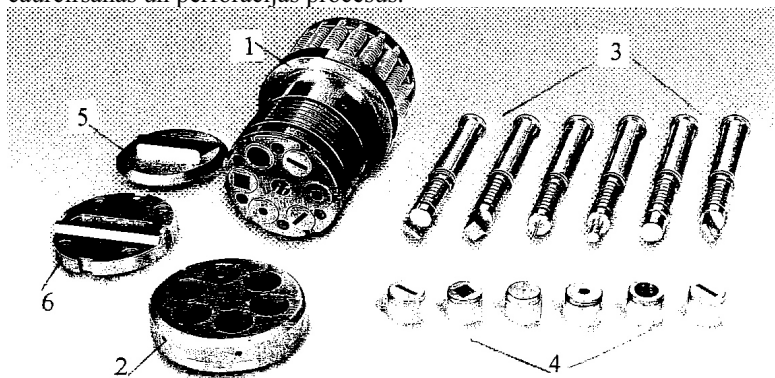
- 1 – statne, 2 - augšējā konsole ar puansonu bloku; 3 – apakšējā konsole (matriču bloks nav redzams); 4 – materiāla loksne; 5 – galds; 6 – pozicionēšanas iekārta.

Puansonu revolvergalva iebūvēta statnes augšējā konsolē, bet matriču galva – apakšējā. Atbilstoši programmai abas revolvergalvas pagriežas sinhroni ap vertikālo asi. Revolvergalvās izveidotas ligzdas (parasti sešas) instrumentu bloku nostiprināšanai. Katrs no instrumentu blokiem ietilpst vairāki instrumenti. To skaitu blokā ietekmē puansonu un matriču izmēri. Ja instrumentu diametri d līdz 31,7 mm, tad blokā ietilpst četri instrumenti; ja d nepārsniedz 24 mm, tad – seši, bet, ja instrumentu diametri nepārsniedz 8mm, tad blokā – desmit instrumenti.

Instrumentu blokus komplektē pēc vajadzības ar atbilstošiem puansonu un matricu pāriem (2.42.att.). Multitool sistēmas ļauj izmantot daudzus (visbiežāk līdz 40) dažāda diametra un profila instrumentu pārus. Instrumentu bloku pagriešanās precizitāte $\pm 0,01^0$.

Štancējamo loksnī novieto uz koordinātu preses galda. To satver pozicionēšanas iekārtas satvērēji, kas to pārbīda pa galda virsmu koordinātu asu X un Y virzienos. Lai pārbīdē nebojātos lokšņu virsmas, galda virsma veidota kā gumijas suka (plānu lokšņu apstrādē), vai ar ligzdās ievietotām lodītēm (smagu lokšņu apstrādē).

Ciparvadības sistēma nodrošina: puansonu un matricu revolvergalvu, instrumentu bloku pagriešanu darba pozīcijā, lokšņu pārbīdīšanu pa X un Y koordinātu asīm, puansona gājiena garuma ierobežošanu, urbumu caurciršanas un perforācijas procesus.



2.42.att.Multitool tipa instrumentu bloks:

1 - puansonu bloks; 2 - matricu bloks; 3 – caurciršanas puansonu komplekts; 4 – caurciršanas matricu komplekts; 5 – perforācijas puansons; 6 - perforācijas matrica.

Ar CNC koordinātu izciršanas presēm veic dažāda diametra urbumu caurciršanu un izstrādājumu izciršanu. Izciršanas pamatā perforācijas princips. Papildus urbumu caurciršanai un izstrādājumu izciršanai ar koordinātu presēm var veikt arī citas štancēšanas operācijas: veidošanu, rievu ievelmēšanu, kaldināšanu, gravēšanu utt.

CNC programmas koordinātu presēm izstrādā ar datoriem un tās satur: racionālu detaļu izvietojumu uz loksnes; urbumu un rievu izciršana secību; puansonu gājienu ierobežojošos garumus; izstrādājumu izgriešanas (perforācijas) secību.

3. nodaļa. METĀLU METINĀŠANA UN TERMISKĀ GRIEŠANA

3.0. METINĀŠANAS PROCESS

Metināšana (welding) ir tehnoloģisks process neizjaucamu konstruktīvo savienojumu veidošanai. Metina metālus un to sakausējumus, kā arī nemetāliskos materiālus. Metināšanas procesi ir nozīmīgi mašīnbūvei.

Metināto savienojumu veidošanās pamatā ir atomu pievilkšanās spēku darbība. Lai tos ierosinātu, savienojamos elementus ir nepieciešams tuvināt attālumā, kas nepārsniedz kristāliskā režģa parametru. Tuvināšanu ierobežo:

- * savienojamo elementu virsmu raupjums;
- * oksīdu plēvītes uz materiāla virsmām;
- * absorbēto gāzu pūslīši;
- * mehāniska rakstura netīrumi u.c.

Atbilstoši metodēm, kas nodrošina, lai sāktos atomu pievilkšanās spēku darbība,etināšanu iedala: termiskajā, termiski mehāniskajā un mehāniskajā etināšanā (3.1.tabula). Pastāv vairāk nekā 100 dažādu etināšanas veidu, paveidu un paņēmienu.

Plašāk lieto termisko etināšanu. Tai pieder elektroloka, plazmas, lāzerstaru, termīta, kā arī agrāk lietotā autogēnā jeb gāzmetināšana. No termiskās etināšanas veidiem nozīmīgākā un plaši lietotā ir metālu un to sakausējumu kausēšana ar elektriskā loka radīto siltumu.

Pirmais patents elektriskajā loka etināšanā ar nekūstošu ogles elektrodu tika izdots 1885. gadā Lielbritānijā, lai gan etināšana bija pazīstama jau ievērojami agrāk. Nekūstošo elektrodu 1888.gadā nomainīja kūstoša metāla stieple, bet 1907.gadā (pēc citām ziņām jau 1900.g.) stieple ieguva speciālu pārklājumu. Var uzskatīt, ka elektrometināšana radās un attīstījās 20 gs. sākumā. Process ieguva nosaukumu - rokas elektrometināšana. Tagadējais tās starptautiskais apzīmējums ir MMA (manual, metal, arc – roka, metāls, loks) un piešķirtais procesa kods - 111.

Rokas elektrometināšanā etinātājs veic trīs pamatdarbības:

- elektrodu atbilstoši kušanas ātrumam tušina šuvei;
- pārvieto elektrisko loku šuves garenvirzienā;
- metinot biezus materiālus ar elektroda galu veic šķērskustības.

Rokas loka etināšana nenodrošina viendabīgu etināto savienojumu. Tai augsta darbietilpība un zema produktivitāte. Šuves kvalitāti nosaka etinātāja spējas noturēt stabilu loka garumu un vienmērīgu kustību ātrumu.

Metināšanas procesu mehanizācija un automatizācija iesākās 20. gs. vidū. Pārklātie elektrodi, kas nodrošināja procesa stabilitāti un savienojuma kvalitāti rokas elektrometināšanā, mehanizētai padevei nebija piemēroti. Tos nomainīja, kā metināšanas pirmsākumos, ar kailu stiepli, loka stabilizēšanai un šuves aizsardzībai paredzot citus līdzekļus. Pusautomātiskajā metināšanā stiepli vienmērīgi padod rullīšu mehānisms, bet loku šuves garenvirzienā pārvieto metinātājs. Automātiskajā metināšanā mehanizēta arī loka pārvietošana, bet tā piemērota galvenokārt garām taisnvirziena šuvēm.

3.1. tabula

Metināšanas veidu un paņēmieni klasifikācija

Enerģijas veids	Procesa īss raksturojums	Metināšanas veids
Termiskā	Savienojuma veidošanās pamatā ir sametināmo elementu malu apkausēšana, piedevu materiāla izkausēšana, izkausēto materiālu sajaukšanās un sacietēšana	Elektroloka Elektrosārņu Elektronstaru Plazmas Jonu staru Lāzera staru Indukcijas Gāzmetināšana Termītmetināšana Kausēšanas
Termomehāniskā	Savienojuma veidošanās pamatā ir starpatomu pievilkšanās spēku darbības ierosināšana spiediena ietekmē, ko atvieglo sakarsēšana	Kontakta metināšana Difūzijas Indukcijas spiedienmetināšana Gāzes spiedienmetināšana Termokompresijas Elektroloka spiedienmetināšana Elektrosārņu spiedienmetināšana Termīta spiedienmetināšana Kalējmetināšana
Mehāniskā	Savienojuma veidošanās pamatā ir starpatomu pievilšanās spēku darbība plastiskās deformācijas ietekmē.	Aukstā metināšana Metināšana ar sprādzienu Metināšana ar ultraskaņu Metināšana ar berzi Magnētisko impulsu

Mehanizējot stieples padevi un apberot šuves zonu ar īpašiem kušņiem, kas elektro lokā kūst un pārvēršas sārņos, radās metināšana zem kušņiem (SAW -submerged arc welding, procesa kods - 121).

Ap 1953. gadu radās automātiskā un pusautomātiskā metināšana aizsarggāzēs. Tā iedalās: MIG/MAG un TIG procesos. Saīsinātos procesa nosaukumus lieto Eiropā.

MIG procesā (Metal Inert Gas), elektriskais loks deg inerto, bet MAG procesā (Metal Active Gas) - aktīvo gāzu plūsmā. MIG procesa kods – 131; MAG procesa kods, lietojot monolītās stieples, – 135, bet lietojot stieples ar pulverveida pildījumu - 136.

MIG/MAG procesu pilnais nosaukums – loka metināšana ar kūstošu elektrodu gāzu plūsmā (Gas Metal ARC Welding, saīsināti - GMAW). Saīsinājumu GMAW procesa apzīmēšanai lieto galvenokārt ASV.

TIG (procesa kods - 141) pilnais nosaukums – loka metināšana ar nekūstošu elektrodu inerto gāzu plūsmā (Gas Tungsten Arc Welding), saīsināti – GTAW. Apzīmējumu lieto ASV. Eiropā lieto saīsinājumu TIG, izņemot Vāciju, kas lieto saīsinājumu WIG.

MMA, SAW, MIG/MAG un TIG ir metināšanas procesi, kas izmanto elektriskā loka radīto siltumu, bet dominējošie no tiem ir metināšana aizsarggāzēs.

Gāzmetināšanas (Gas welding) saīsinātais apzīmējums – OAW un pieņemtais procesa kods - 311.

3.1. METINĀTIE SAVIENOJUMI

3.1.1. Metināto savienojumu veidi

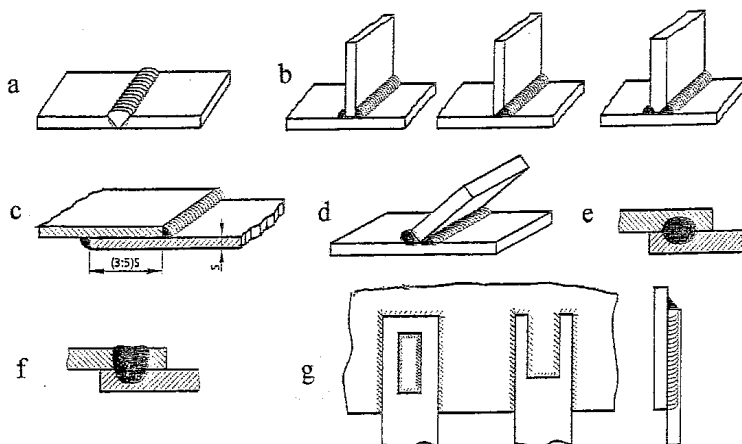
Metināto savienojumu konstruktīvie elementi ir standartizēti. Izšķir vairākus metināto savienojumu veidus: sadursavienojumus, pārlaidsavienojumus, T - veida leņķa savienojumus u.c. (3.1.att.).

Sadursavienojumos divus sametināmos elementus novieto vienā plaknē. Tie piemēroti plašam materiālu biezuma diapazonam. Savienojumiem ir vienmērīgs slodžu sadalījums un vairākas citas priekšrocības. Sadursavienojumi metinātās konstrukcijās ir izplatīti.

Pārlaidsavienojumos sametināmos elementus novieto paralēli un tie pārsedz viens otru. Savienojamiem elementiem atvieglota malu sagatavošana un salikšana, bet salīdzinot ar sadursavienojumiem pavājināta stiprība dināmiskajās slodzēs.

T – veida savienojumos divus elementus novieto vienu pret otru taisnā leņķī. Savienojumi izplatīti telpisku konstrukciju izgatavošanā. Tos veido noslīpinot sametināmo elementu malas, vai arī bez īpašas malu sagatavošanas. Šuves savienojumā izvieto no vienas vai abām pusēm.

Leņķa savienojumos divus sametināmos elementus novieto viens pret otru leņķī, visbiežāk 90° leņķī.



3.1. att. Savienojumu veidi:

a – sadursavienojumi; b – T – veida savienojumi; c – pārlaidsavienojumi; d – leņķa savienojumi; e – punktsavienojumi; f – elektrokniežu savienojumi; g – izgriezuma savienojumi.

Punktsavienojumi ir savienojumi, ko veido atsevišķos punktos. Tie izplatīti kontaktmetināšanā, sametinot plānus lokšņu materiālus.

Elektrokniežu savienojumi ir savienojumi, kad augšējo sametināmo elementu caururbj un metināšanu veic urbumā, saskausējot abus elementus. Elektrokniežu savienojumus paredz, kad nav iespējams šuves izvietot virs konstrukcijas virsmas. Elektrokniedēšana ir nosacīts termins, kam ar kniedēšanu klasiskajā izpratnē nav sakara.

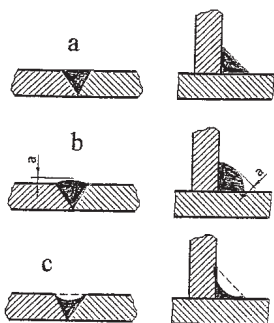
Izgriezuma savienojumi ir savienojumi, kas veidoti, lai vietēji pagarinātu šuvi un palielinātu metinātā savienojuma stiprību.

3.1.2. Metināto šuvju veidi

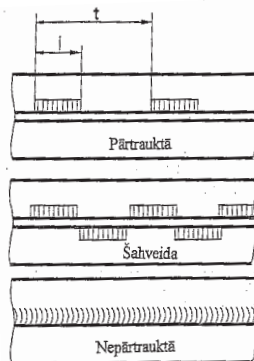
Pēc novietojuma metinātajā savienojumā šuves iedala: saduršuvēs un kakta šuvēs. Pēc ārējās redzamās virsmas šuves var būt normālas, izliektas vai ieliektas (3.2.att.).

Saduršuves ir šuves, kas metinātas sadursavienojumos. Tās biežāk veido normālas vai izliektas, retāk - ieliektas. Metinātie savienojumi ar izliektām saduršuvēm labāk uzņem statiskās slodzes. Saduršuves var būt viļņusējas, divpusējas, V veida u.c.

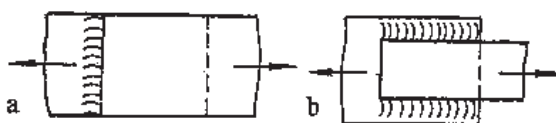
Kakta šuves ir šuves, kas veidojas T veida, leņķa un pārlaidsavienojumos. Tās ir piemērotas savienojumiem bez sametināmo elementu malu iepriekšējas noslīpināšanas vai arī atsevišķos gadījumos veicot malu slīpināšanu. Atšķirībā no saduršuvēm kakta šuves var būt arī ieliktas. Ieliktām šuvēm nav strauju pāreju uz pamatmateriālu un tās labi pretojas dināriskajām slodzēm. Pārlaidsavienojumos kakta šuves izvieto savienojuma elementu galos vai arī uz sānu virsmām (3.4.att.).



3.2.att. Metināto šuvju formas:
a – normāla; b – izliekta; c –
ieliekta



3.3.att. Pārtrauktās, šahveida un
nepārtrauktās šuves:
t – šuves solis; l – šuves garums.



3.4.att. Kakta šuvju izvietošana:
a – sametināmo elementu galos; b – sānos.

Metinātos savienojumos šuves var būt nepārtrauktas vai pārtrauktas (metinātas ar pārtraukumiem, 3.3.att.). Pārtrauktās šuves paredz gadījumos, kad metinātam savienojumam ir pietiekama stiprības rezerve un nav nepieciešams tās blīvums. Pārtrauktajām šuvēm garumu parasti izvēlas 50...150 mm robežās ar aptuveni 1,5...2,5 reizes lielāku soli.

Šahveida šuves ir pārtraukto šuvju paveids, kad šuves izvietotas no vienas un otras puses ar pārtraukumiem.

Atbilstoši novietojumam telpā šuves iedala apakšējās, horizontālajās, vertikālajās un virsgalvas šuvēs. Apakšējo horizontālo

šuvju metināšana īpašas grūtības nerada. Metināšanas procesa sarežģītība pieaug, metinot horizontālās šuves vertikālajās plaknēs. Īpaši apgrūtināta ir vertikālu un virsgalvas šuvju metināšana. Šuvju apzīmējumi atbilstoši sametināšanas grūtības pakāpei ir noteikti ar Eiropas standartu EN (3.2.tabula). Viegļāk sametināmās šuves apzīmē ar latīņu alfabēta pirmajiem burtiem PA, PB, bet metināšanas grūtības pakāpei pieaugot, apzīmējumos lieto tālākos alfabēta burtus PC, PD, PE utt.

3.2.tabula

Metināto šuvju iedalījums un apzīmējumi pēc novietojuma telpā

Lokšņu· savienojumu· saduršuves	Lokšņu· savienojumu· kakta·šuves	Cauruļu· savienojumu· saduršuves	Cauruļu· savienojumu· kakta·šuves
 PA	 PA	 PA	 PA
 PC	 PB	 PC	 PB
 PG, PF	 PG, PF	 PG, PF	 PG, PF
 PE	 PD	 H – LO45	 PD

3.1.3. Savienojamo elementu malu sagatavošana

Metinātās konstrukcijas biežāk izgatavo no loksnēm un velmētiem profiliem. Materiālu sagarināšanu pēc uzdotajiem izmēriem veic ar mehāniskiem vai termiskiem griešanas paņēmieniem. Galvenie termiskie griešanas veidi ir griešana ar plazmu, griešana ar lāzera staru un skābekļa acetilēna liesmu. Pēc sagarināšanas ar mehāniskiem paņēmieniem dažkārt

ir nepieciešama metināmo elementu malu sagatavošana. Sagatavošanas darbos ietilpst elementu malu taisnošana un noslīpināšana.

Malu slīpināšanu veic atbilstoši darba rasējuma prasībām. Noslīpinājuma parametrus nosaka sametināmo elementu biezums, metināšanas un šuves veids. Tērauda konstrukciju metināšanai aizsarggāzēs malu sagatavošanu nosaka standarts EN 9692.

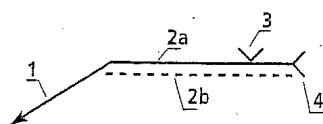
Pēc malu ap griešanas un noslīpināšanas, lai nodrošinātu savienojamo virsmu paralelītāti, ir nepieciešama metināmo elementu iztaisnošana. To veic ar hidrauliskajām vai pneimatiskajām iekārtām.

Metināmās malas notīra no korozijas, eļļas, krāsas un cita veida netīrumiem, kas var pazemināt elektriskā loka degšanas stabilitāti.

Metināmo elementu salikšanas precizitāti nosaka konstrukcijas uzdevums un metināšanas veids. Pieļaujamās novirzes dotas rasējumos vai tehniskajos noteikumos. Salikšanas precizitāti pārbauda ar mērlīnēm, šabloniem un spraugu mēriem.

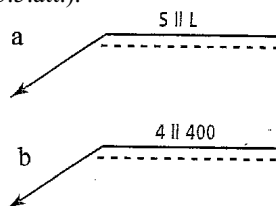
3.1.4. Metināto šuvju apzīmējumi tehnoloģiskajos dokumentos

Eiropas standarts EN 2254 nosaka, ka konstruktoru dokumentos metinātos savienojumus attēlo atbilstoši tehnisko rasējumu noformēšanas vispārējiem noteikumiem. Šuves veidu un izmērus uzdod ar pieņemtajiem simboliskiem apzīmējumiem, norādot tikai nepieciešamo, nepārslogojot rasējumus ar piezīmēm un papildus datiem (3.5.att.).



3.5.att. Metināmo šuvju apzīmējums rasējumos:

1 – bultas līnija; 2a – nepārtrauktā bāzess līnija; 2b – bāzes svītrlīnija; 3 – šuves veids; 4 – dakša.



3.6.att. Izmēru izlikšana saduršuvēm:

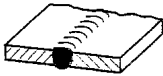
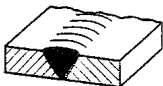
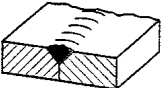
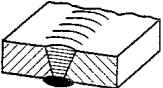
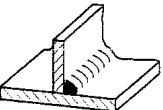
a – šuves parametru simboli; b – izmēri; s – elementu biezums; l – šuves garums.

Šuvju veidus apzīmē ar simboliem. Tie ārēji ir līdzīgi metināmām šuvēm (3.3.tabula). Simbolam nav jānorāda metināšanas veids.

Papildus simboli raksturo šuves formu vai pašu šuvi (3.4.tabula). To lietošanas piemēri ir doti 3.5.tabulā. Ja ar papildus simbolu netiek norādīta šuves virsma vai pati šuve, tad to var veidot pēc brīvas izvēles.

3.3.tabula

Metināto šuvju veidi un to pamatsimboli

Nr. p.k.	Šuves nosaukums un raksturojums	Attēls	Simbols
1.	II – šuve sadursavienojums bez malu noslīpinājuma		
2.	V - šuve- sadursavienojums ar metināmo malu daļēju noslīpinājumu		
3.	Y - - sadursavienojums ar metināmo malu daļēju noslīpinājumu		
4.	Sadursavienojums ar papildmetinājumu no šuves pretējās puses		
5.	Kakta šuve		

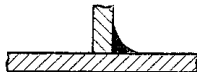
3.4.tabula

Papildus simboli

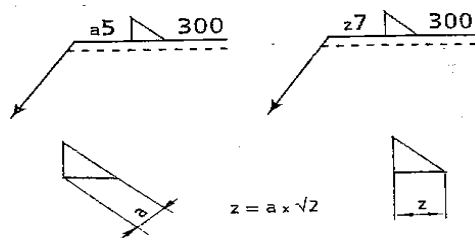
Šuves virsmas forma	Simbols
Plakana (apstrādāta)	
Izliekta (pastiprināta)	
Ieliekta (pavājināta)	
Ar slaidu pāreju uz metināmo elementu	
Ar paliekušu paliktņi	
Ar pagaidu paliktņi	

3.5.tabula

Metināto savienojumu papildus simbolu lietošanas piemēri

Šuves veids	Attēls	Simbols
Plakana V veida šuve bez papildus apstrādes pēc metināšanas		
Plakana V veida šuve ar apstrādi pēc metināšanas		
Y veida šuve ar pamatnes aizmetināšanu no otras pusi		
Ieliekta (pavājināta) kakta šuve		
Ieliekta kakta šuve ar slaidu pāreju un savienotajiem elementiem		

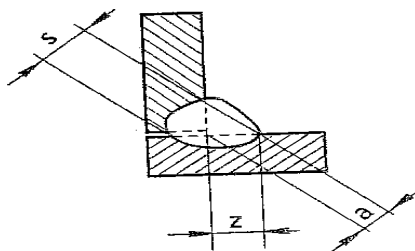
Simbolam pievieno šuves izmērus raksturojošo skaitli. Pamata izmēru nosaka kāds no šuves šķēsgriezuma izmēriem. Pamata izmēru raksta pirms simbola, bet garuma izmērus aiz simbola. Ja aiz simbola nav uzrādīts šuves garums, tad tas ir vienāds ar metināmā elementa garumu. Mazāk svarīgus izmērus uzdod tikai tad, ja tie ir nepieciešami.



3.7.att.Kakta šuvju izmēru uzdošana rasējumos

Kakta šuvju izmēru norādei paredzēti divi varianti (3.7.att.). Tos atšķir pirms izmēra dots burti. Ar burtu **a** raksturo šuves biezumu, bet

ar burtu z – šuves katetes lielumu. Kaktu šuvēm ar dziļu caurkausēšanu uzrāda divus izmērus: šuves biezumu a un caurkausēšanas dziļumu s , piemēram, s 8; a 6 (3.8.att).



3.8.att.kakta šuvju ar dziļu caurkausēšanu izmēru uzdošana rasējumos

3.1.5. Metināto savienojumu veidošanās pamati

Metinātais savienojums veidojas: izkūstot piedevu materiālam, apkūstot sametināmo elementu malām, izkusušajai masai sajaucoties un sacietējot. Savienojuma cietēšanā šķidrā sakausējumā vispirms rodas kristalizācijas centri un ap tiem pazeminoties temperatūrai veidojas jauni graudi. Kristalizācijas centru daudzumu nosaka galvenokārt šuves atdzišanas ātrums. Pie straujākas šuves atdzišanas, rodas liels centru skaits un veidojas smalkgraudaina savienojuma struktūra. Metināto savienojumu veidošanās pamatos ir līdzīga lietņu cietēšanai. Metināšanas procesu pamatoti uzskata par metalurģisku procesu ar vairākām īpatnībām:

- *šuves ķīmiskais sastāvs atšķiras no pamata un no piedevu materiāla sastāva; savienojuma ķīmiskā neviendabība veicina elektroķīmisko koroziju;
- *šuves tilpums salīdzinot ar visas metinātās konstrukcijas masu ir neliels, šuve strauji dziest un rodas lieli termiskie spriegumi;
- *piedevu materiāla pilieni pārvietojoties uz šuvi ir pakļauti ārējās vides ietekmei;
- *šuves ātrā atdzišana pārtrauc ķīmisko reakciju norisi, kas norit lietņu lēnā un vienmērīgā atdzišanā;
- *dažos no metināšanas procesiem šuves pārklāj sārņi, kas mehāniski un ķīmiski ietekmē kristalizācijas procesu;
- *metināšanā ar elektrisko loku ķīmisko reakciju norisi ietekmē strāvas plūsma.

Labākas mehāniskās īpašības piemīt ķīmiski viendabīgiem materiāliem. Tērauda metināšanā metinātā savienojuma ķīmiskais sastāvs nav viendabīgs. Šuves mehāniskās īpašības nevēlami ietekmē skābeklis,

slāpekļis un ūdeņradis, kas šuvē nokļūst no apkārtējās vides, kā arī sērs un fosfors, kurus satur elektrodu segums.

Skābeklis šuvē veido dzelzs oksīdus: FeO , Fe_2O_3 un Fe_3O_4 , kas samazina šuves stiprību, triecienizturību un plastiskumu. Viskaitīgākais no tiem ir FeO , kas šķīst dzelzī. Tā kušanas temperatūra ir ievērojami zemāka nekā dzelzij. Šuvei sacietējot FeO izvietojas pa graudu robežām. Metināšanas procesā izdeg silīcijs, mangāns un ogleklis. Samazinoties to daudzumam, pazeminās metinātā savienojuma kvalitāte.

Oksīdu daudzums šuvē palielinās, metinot ar garu loku un paaugstinātu strāvas stiprumu. Šuves oksidēšanos veicina arī aprūsējušais stieples izmantošana par piedevu materiālu gāzmetināšanā un elektrometināšanas elektrodu izgatavošanā. Nepiemērota metināšanas režīma izvēle skābekļa saturu šuvē palielina pat desmitkārtīgi.

Slāpekļis augstās temperatūrās pāriet atomārā stāvoklī, viegli šķīst un veido dzelzs nitrītus. Tie šuves stiprību daļēji paaugstina, bet samazina plastiskumu un triecienizturību. Šāda mehānisko īpašību maiņa nav pieļaujama metinātiem savienojumiem, kas pakļauti trieciena slodzēm.

Ūdeņradis šuvē rada poras un sīkas plaisas. Tā daudzumu šuvē ietekmē temperatūra. Augstākās temperatūrās ūdeņraža saturs šuvē palielinās. Par ūdeņraža avotu var būt arī mitrums, ko satur metināšanā lietotie materiāli, piemēram, mitrs elektrodu segums.

Sērs ar dzelzi veido savienojumu FeS , kas šuvei cietējot novietojas pa graudu robežām un pastiprina savienojuma trauslumu. Sēra kaitīgo ietekmi samazina ar mangāna piedevu. Mangāns ar sēru veido savienojumu MnS , kas uzpeld virs šuves kā sārņi. Fosfors ar dzelzi veido fosfītu Fe_3P , kas veicina metināto savienojumu aukstlūstamību.

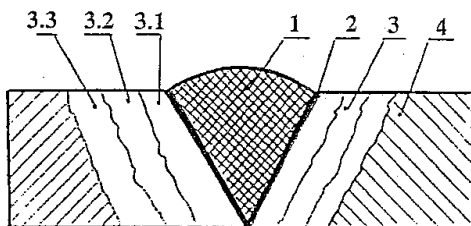
Kaitīgo elementu ietekmi uz šuves kvalitāti mazina, izvēloties piemērotus piedevu materiālus un ievērojot optimālu metināšanas režīmu.

3.1.6. Metināto savienojumu struktūra un mehāniskās īpašības

Metināšanas procesā līdz augstām temperatūrām sakarst ne tikai šuve, bet arī tai piegulošās savienojamo elementu malas un tās ir pakļautas zināmām struktūras izmaiņām. Aplūkojot metināto savienojumu šķērsgriezumā, var izšķirt vairākas zonas (3.9.att.): izkausētā materiāla zonu jeb šuvi, sakušanas zonu, termiskās iedarbības zonu un pamatmateriālu bez struktūras izmaiņām.

Metinātās šuves ķīmiskais sastāvs atšķiras no pamatmateriāla un no piedevu materiāla. Tās struktūru un mehāniskās īpašības nosaka siltuma daudzums un koncentrācija metināšanas procesā, kā arī atdzišanas ātrums. Metināšana ar elektrisko loku nodrošina augsta siltuma koncentrāciju un strauju šuves atdzišanu. Šādos apstākļos šuvē veidojas smalkgraudaina struktūra ar labām mehāniskajām īpašībām. Pieļaujot novirzes no optimālā režīma, šuves struktūra ir rupjgraudaināka ar

pavājinātām mehāniskajām īpašībām. Gāzmetināšana nodrošina zemāku siltuma koncentrāciju, šuves atdziest lēnāk un rodas rupjgraudaina struktūra ar vājākām mehāniskajām īpašībām.



3.9.att. Metinātā savienojuma struktūra šķēsgriezumā:

1 – šuve; 2 – sakušanas zona; 3 – termiskās iedarbības zonā; 3.1 pārkarstētā materiāla apakšzona; 3.2 – normalizētā materiāla apakšzona; 3.3 nepilnīgas normalizācijas apakšzona; 4 – pamatmateriāls bez struktūras izmaiņām.

Sakušanas zona veidojas starp šuvi un neizkusušo pamatmateriālu. Te novērojama pāreja no lietā materiāla (lējuma) struktūras uz pārdedzinātā materiāla struktūru ar vājām mehāniskajām īpašībām. Sakušanas zona ir neliela un saskatāma, aplūkojot šuvi zem mikroskopa.

Termiskās iedarbības zonai izšķir trīs apakšzonās. Apakšzonā 3.1, kas saskaras ar sakušanas zonu, temperatūra ir sasniegusi 1100...1450 °C. Te novērojama pārkarstētā materiāla struktūra ar pavājinātām mehāniskajām īpašībām. Apakšzonā 3.2 temperatūra sasniegusi 880...1100 °C, kas atbilst normalizācijas temperatūrām. Te veidojas normalizēta smalkgraudaina struktūra ar labām mehāniskajām īpašībām. Apakšzonā 3.3 temperatūra sasniegusi tikai 700...880 °C, kas nenodrošina pilnīgu normalizācijas procesu. Te sastopama jaukta struktūra, kurā starp normalizētiem graudiem sastopami nepilnīgi normalizēti graudi, ar pavājinātām mehāniskām īpašībām.

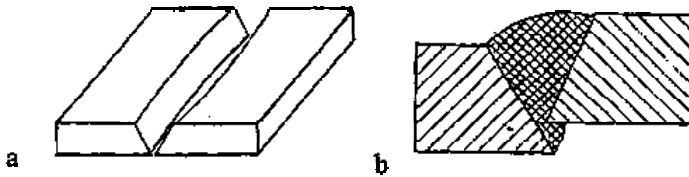
Pamatmateriālā, kas nav sakarsēts augstāk par 700 °C temperatūru, saglabājas velmētā materiāla struktūra ar atbilstošām mehāniskajām īpašībām.

Metinot paaugstināta oglekļa satura tērauda konstrukcijas, materiālam ir tieksme rūdīties. Termiskās ietekmes zonā ir sastopami rūdīti vai daļēji rūdīti iecirkņi, kas metinātos savienojumus padara trauslus.

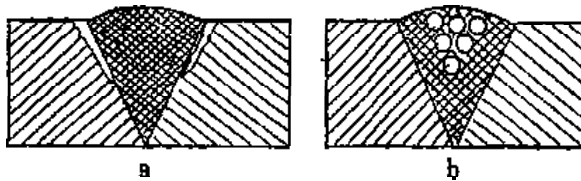
Struktūras un mehānisko īpašību nevienmērība ir pamatā, ka metinātie savienojumi plaisā biežāk sakušanas vai termiskās iedarbības zonā, bet ne šuvē.

3.1.7. Metināto savienojumu defekti

Šuvju defekti pavājina metināto savienojumu stiprību un bojā ārējo izskatu. Tos iedala ārējos un iekšējos. Pie ārējiem defektiem pieder šuves formas un izmēru neatbilstība. To pamatā ir sametināmo elementu malu sagatavošanas un salikšanas kļūdas. Pie sagatavošanas kļūdām pieder neatbilstošs malu slīpums un sametināmo malu negludums. Pie salikšanas kļūdām pieskaita nevienāda platuma spraugas starp sametināmiem elementiem ieturēšanu, sametināmo elementu savstarpēju novirzi un novietojumu (3.10.att.). Izmēru novirzes rada šuvju nepilnīga aizmetināšana, izplūdumi un izdegumi. Ārējos defektus nosaka, apskatot un izmērot šuves. Iekšējos defektus nosaka ar vairākiem speciāliem paņēmieniem.



3.10. att. Sagatavošanas un salikšanas kļūdas:
a –spraugas nevienmērība; b – metināmo elementu novirze.



3.11. att. Metināto savienojumu metalurģiskie defekti:
a - plaisas; b - poras.

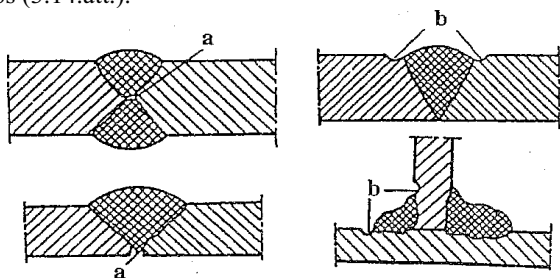
Metināto savienojumu iekšējos defektus iedala:

- metalurģiskajos - plaisas, poras un ķīmiskā neviendabība (3.11.att.);
- tehnoloģiskajos - nesakusumi, iedegumi, sārpņu ieslēgumi (3.12.att.);
- šuves garenvirziena un šķērsvirziena deformācijās (3.13.att.);
- nepietiekamas mehāniskās īpašības.

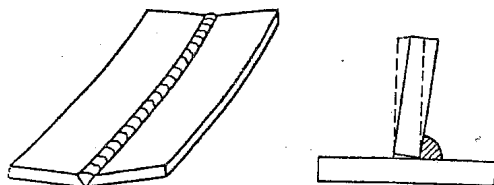
3.1.8. Metināto savienojumu samešanās (saroze)

Metināšanas procesā līdz augstām temperatūrām sakarst ne tikai šuve, bet arī tai pieguļošās sametināmo elementu malas. Sakarstot, to tilpums un lineārie izmēri palielinās. Izplešanās nesacietējušās šuves virzienā nav traucēta, bet tā samazina faktisko šuves šķērsgriezuma

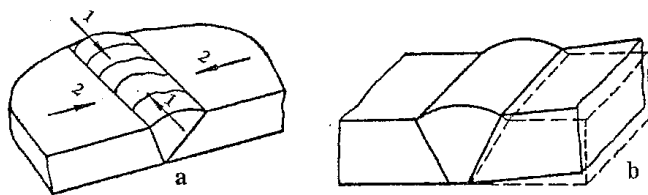
laukumu un tilpumu. Pēc sametināšanas šuve sacietē un savienojums atdziestot saraujas (sarūk). Sarukšanu traucē sacietējušī šuve. Pretošanās sarukumam rada termiskos spriegumus, kas veicina metinātā savienojuma deformēšanos (3.14.att.).



3.12.att. Tehnoloģiskie defekti:
a - nesakusumi; b- iedegumi.



3.13.att. Deformācijas.



3.14. att. Metināto savienojumu spriegumi un deformācijas:
a - spriegumu darbības virzieni; b – šuves deformēšanās šķērsvirzienā

Metinot biežus lokšņu elementus, šuvēs rodas galvenokārt deformācijas šķērsvirzienā, bet metinot plānākus, deformācijas novērojamas arī garensvirzienā. Ja metināšanas procesā savienojamos elementus cieši iespīlē, deformācijas tiek aizkavētas. Termiskie spriegumi metinātos savienojumos var radīt plaisas. Tie ir īpaši bīstami, metinot maz plastiskus materiālus - čugunu un augsta oglekļa satura tēraudu.

Termisko spriegumu lielumu ietekmē pievadītā siltuma daudzums un šuves šķērsgriezuma laukums. Palielinot pievadītā siltuma daudzumu un šuves šķērsgriezuma laukumu, termiskie spriegumi palielinās.

3.1.9. Spriegumu un deformāciju samazināšanas pasākumi

Pasākumus, kuru mērķis ir metinātos savienojumos samazināt spriegumus un deformācijas, iedala konstruktīvajos un tehnoloģiskajos.

Konstruktīvie pasākumi aptver vairākus virzienus:

- * metināto konstrukciju izgatavošanu no materiāliem, kas nodrošina plastiskus savienojumus (šuves);
- * konstrukciju izgatavošanu no lieliem elementiem ar mazāku šuvju skaitu;
- * biežāk paredzot saduršuves, kas mazāk pakļaujas spriegumu koncentrācijām;
- * liela šķērsriezuma īsu šuvju aizstāšanu ar tievām garākām šuvēm;
- * šuvju simetrisku izvietojumu, izvairoties no šuvju krustojumiem un metināšanas stūros.

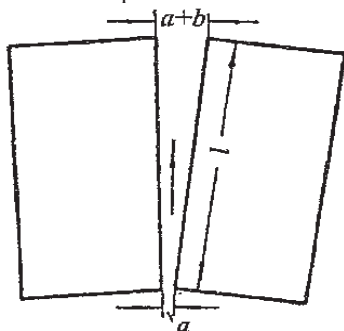


3.15. att. Metināmo elementu salikšana ar novirzēm.

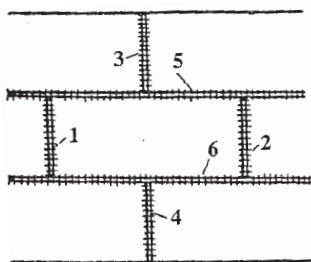
Tehnoloģiskie pasākumi paredz:

- metināmo elementu salikšanu metināšanai ar novirzi, kas pretēja deformāciju virzieniem (3.15.att.);
- sametināmo elementu galu atvēršanu attālumā, kas vienāds ar deformāciju lielumu. Paredzamo deformāciju nosaka pēc īpašas metodikas. Piemēram, $b = k \times l$, kur k – koeficients, kas atkarīgs no metināšanas veida. Elektrometināšanā $k = 0,02$, gāzmetināšanā – $k = 0,05$, a – atstarpe starp sametināmiem elementiem, l – loksnes garums (3.16.att.).
- Optimālas metināšanas tehnoloģijas izvēle. Deformācijas samazina straujāka siltuma koncentrācija metināšanas zonā. Visintensīvāk siltumu koncentrē automātiskā un pusautomātiskā metināšana aizsarggāzēs, tad rokas elektrometināšana, bet vislētāk gāzmetināšana.
- Īša nozīmeir šuvju sametināšanas secībai. To izvēlas, lai pirmās sametinātās šuves mazāk pretotos sarukumam, kas rodas metinot nākamās šuves (3.17.att.). Lietderīgi pirmās sametināt šķērsvirzienun pēc tam garenvirziena šuves.
- Garas šuves metina atsevišķos posmos, periodiski mainot metināšanas virzienu (3.18.att.).
- Liela šķērsriezuma šuves metina vairākās kārtās, pārmaiņus no vienas un otras puses (3.19.att.).

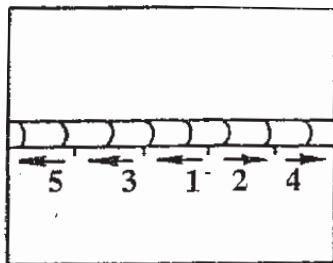
- Sametināmo elementu ciešu nostiprināšanu ierobežo deformācijas. Paņēmiens ir piemērots tikai plastisku materiālu (mazoglekļa tēraudu u.c.) metināšanā, bet nav īpaši drošs. Deformācijas bieži parādās pēc iespīlējuma noņemšanas. Trauslu materiālu metināšanā ciešā elementu nostiprināšana rada plaisas.



1.16. att. Lokšņu sametināšana, atvīrzt galus.

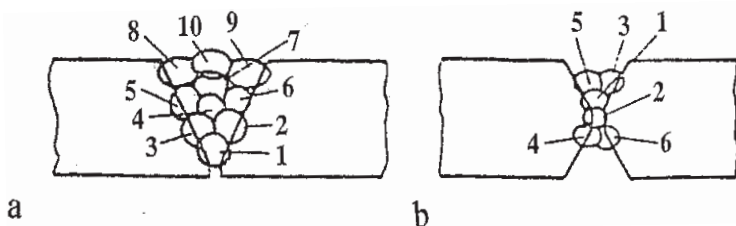


3.17. Lokšņu sametināšanas secība: pareiza – 1-2-3-4-5-6; nepareiza – 1-2-5-6-3-4



3.18. att. Šuvju metināšana posmos.

- Īpaša nozīme ir optimālai metināšanas režīma izvēlei. Palielinot strāvas stiprumu elektriskā loka metināšanā, vai degļa jaudu gāzmetināšanā, deformācijas palielinās. Palielinot metināšanas ātrumu deformācijas samazinās.
- Pie tehnoloģiska rakstura pasākumiem pieder arī metināto savienojumu kaldināšana. (Kaldināšana - metināmā savienojuma viegla deformēšana ar kalēja vesi). To veic nekavējoši pēc sametināšanas, lai savienojums nepaspētu atdzist un neiegūtu uzkaldi. Kaldināšana ne tikai samazina spriegumus un deformācijas, bet uzlabo šuves struktūru un mehāniskās īpašības.



3.19. att. Liela šķērsriezuma šuvju metināšanas secība:
a – V veida šuve; b – X veida šuve

3.1.10. Metināto savienojumu termiskā apstrāde

Termiskā apstrāde uzlabo metināto savienojumu struktūru un mehāniskās īpašības, bet tās lietošana ir ierobežota. To iespējams piemērot tikai neliela izmēra detaļām.

Maza oglekļa satura tērauda konstrukciju metināšanā, nodrošinot optimālu režīmu, savienojuma struktūra veidojas smalkgraudaina ar labām mehāniskajām īpašībām un termiskā pēcapstrāde nav nepieciešama. Izgatavojot atbildīgas tērauda konstrukcijas, lai atbrīvotos no termiskajiem spriegumiem, ir lietderīgi metinātos savienojumus pakļaut atkvēlināšanai. Atkvēlināšanas process ir sarežģīts un darbietilpīgs, to parasti aizstāj ar augstas 600...650 °C temperatūras atlaidināšanu, kas nodrošina pilnīgu atbrīvošanos no termiskajiem spriegumiem.

Metinot detaļas no tērauda ar augstu oglekļa saturu, straujā atdzišana veicina šuves rūdīšanos, tādēļ obligāta ir savienojumu atlaidināšana 400...600 °C temperatūrā.

Pēc vairāku leģēto tēraudu metināšanas ir nepieciešama šuvju rūdīšana, kas nodrošina viendabīgu savienojuma struktūru un uzlabo mehāniskās īpašības. Nerūsošo tēraudu metināšanā savienojuma rūdīšana atjauno austenīta struktūru ar antikorozijs īpašībām.

3.1.11. Tērauda metināmība

Rūpniecībā un celtniecībā lieto dažādas nelegēto un leģētos tēraudu markas. Tās atšķiras ar ķīmisko sastāvu un fizikāli mehāniskajām īpašībām. Ne visas tērauda markas vienādos metināšanas tehnoloģiskos apstākļos nodrošina kvalitatīvus savienojumus. Tērauda īpašību, noteiktos tehnoloģiskos apstākļos nodrošināt kvalitatīvu savienojumu, sauc par metināmību. Tā raksturo tehnoloģiskā procesa sarežģītību. Metinot konstrukcijas no materiāliem ar vāju metināmību, sastopamas vairākas nevēlamas parādības: savienojumu plaisāšana, norūdīšanās, deformēšanās

u.c. Lai novērstu nevēlamās parādības ir nepieciešami vairāki papildpasākumi, kas apgrūtina metināšanas procesu un palielina darbietilpību. Papildus pasākumos ietilpst sametināmo elementu iepriekšēja karsēšana, šuvju termiskā pēcapstrāde, speciālu elektrodu izvēle u.c.

Tēraudu metināmību nosaka ķīmiskais sastāvs, bet īpaši oglekļa saturs. Mazoglekļa tēraudi ar oglekļa saturu līdz 0,25% metinās labi ar jebkuru no metināšanas paņēmieniem un papildus pasākumi nav nepieciešami. Oglekļa saturam pieaugot, metināmība pavājinās.

Silīcija saturs oglekļa konstrukciju tēraudos parasti nepārsniedz 0,30...0,38 % un kā labs dezoksidētājs metināmību ietekmē labvēlīgi. Silīcija saturam pārsniedzot 0,6%, tērauda metināmība pavājinās. Mangāns metināšanas procesā vājina sēra kaitīgo ietekmi, veidojot savienojumu MnS, kas uzpeld virs šuves un pievienojas sārpiem. Tā daudzums tēraudā līdz 1,6% ir vēlams. Ja mangāna saturs ir lielāks, metinātiem savienojumiem ir tieksme rūdīties un plaisāt.

Leģējošie elementi - hroms, molibdēns, vanādijs summāri līdz 1% metināšanas procesu būtiski nepasliktina, bet to daudzumam pieaugot, metināmība pavājinās. Niķelis paaugstina šuves stiprību un plastiskumu, būtiski nepavājinot metināmību, bet titāns jebkurā daudzumā metināmību tikai uzlabo.

Sērs un fosfors ir kaitīgi piemaisījumi, kas jeb kurā daudzumā tērauda metināmību pasliktina.

Dažādu tērauda marku metināmības raksturošanai un salīdzināšanai, lieto t.s. oglekļa ekvivalentu, kas ievērtē visu ķīmisko elementu summāro ietekmi. Oglekļa ekvivalentā ikviena ķīmiskā elementa ietekme izteikta caur oglekli un summējot ekvivalentus nosaka kopējo ietekmi. Piemēram:

$$C_{ekv} = C + \frac{Mn}{20} + \frac{Ni}{15} + \frac{Cr + Mo + V}{10}$$

Atkarībā no metināmības, tēraudus iedala:

- * Ar labu metināmību, ja $C_{ekv} < 0,25$;
- * Ar apmierinošu metināmību, ja $C_{ekv} = 0,25...0,35$;
- * Ar ierobežotu metināmību, ja $C_{ekv} = 0,35...0,45$;
- * Ar vāju metināmību, ja $C_{ekv} > 0,45$.

Metināto konstrukciju izgatavošanai nav piemērotas tērauda markas, kam oglekļa ekvivalents $C_{ekv} > 0,45$.

3.1.12. Metināšanas procesa un produkcijas kontrole

Izšķir iepriekšējo, kontroli darba procesā un produkcijas kontroli. Starp iepriekšējo un kontroli darba procesā nav viennozīmīgi izteiktas robežas. Tās daļēji viena otru pārsedz.

Iepriekšējā un darba procesa kontrolē pārbauda:

* Metināmo konstrukcijas elementu kvalitāti. Metināmajiem materiāliem ir jāatbilst sertifikātā uzrādītajām prasībām. Ja materiālu partijai sertifikāts nav pievienots, tad veic to pārbaudi, nosakot ķīmisko sastāvu un mehāniskās īpašības. Ja arī pārbaudes nav pieejamas, tad metināmo materiālu salīdzina ar zināmiem paraugiem, izmantojot dzirksteļu metodi. Ārējā apskatē pārbauda konstrukcijas elementu virsmas kvalitāti, nosakot vai nav plaisas, korozijas plankumi u.c. virsmas bojājumi.

* Metināšanas materiālu kvalitāti. Arī stieplei, elektrodiem, kušņiem un gāzēm tāpat kā metināmajiem konstrukciju elementiem ir jābūt sertificētiem, kas garantē to piemērotību dotajam uzdevumam. Uz metināšanas stieples nedrīkst būt rūsas, eļļas traipi vai cita veida netīrumi. Kušņiem ir jābūt viendabīgiem ar noteiktu granulāciju un mitrumu pieļaujamās robežās. Elektrodi nedrīkst būt mitri ar bojātu segumu.

* Metināmo elementu malu sagatavošanu (malu slīpumu) parasti pārbauda iepriekšējā kontrolē, bet salikšanu – darba procesā. Salikšana ir viens no atbildīgākajiem procesiem. Ja saliekot starp metināmiem elementiem veidojas palielinātas spraugas, vai elementu malu slīpums ir nevienāds, izmainās šuves šķēsgriezuma laukums, kas palielina termiskos spriegumus un deformācijas. Sēriju ražošanā salikšanas precizitāti nodrošina īpašas ierīces - konduktori, bet individuālajā ražošanā to izmantošana ir ierobežota. Elementu salikšanas precizitāti nodrošina ar mērierīcēm metināšanas vietas atzīmējot ar krītu. Metināšanas procesā galvenokārt seko šuvju izvietojumam un izmēriem.

* Metināšanas iekārtu tehniskā stāvokļa pārbaude. Elektroiekārtām ik dienas pirms darba pārbauda kontaktu un saņemējuma drošību, darba laikā - trokšņu līmeni un silšanu. Darba laikā strāvas avotu ārējā temperatūra nedrīkst pārsniegt pieļaujamo robežu, ja tā nav īpaši noteikta, tad 70 °C. Gāzes iekārtām pārbauda reduktoru darbību, šļūtenu kvalitāti un savienojumu blīvumu. Īpaši sekojot, lai uz baloniem, reduktoriem un šļūtenēm nenokļūtu eļļas traipi. Visām metināšanas iekārtām ir jāveic periodiskās tehniskās apkopes, atbilstoši firmu iekārtu izgatavotāju prasībām.

* Darba procesā ir nepieciešama metināšanas režīma stabilitātes un parametru atbilstības pārbaudes. Priekšrocības ir jaunākajām metināšanas iekārtām ar ciparu indikāciju. Tās ļauj precīzāk ieregulēt nepieciešamos parametrus. Modernās metināšanas iekārtas ir apgādātas ar ierīcēm, kas pieraksta režīmus, kādā veikts metināšanas process.

Produkcijas kontrolē metinātos savienojumus pārbauda atbilstoši standartam un tehniskajiem noteikumiem. Pastāv vairāki metināto savienojumu kontroles paņēmieni:

1. Metināto konstrukciju ārējā apskate un izmēru kontrole. Tā ir noteikta ar standartu LVS EN 970 un ir obligāta konstrukciju pārbaudes sastāvdaļa. To veic neatkarīgi no citiem produkcijas pārbaudes

veidiem. Ārējā apskate ļauj atklāt šuves ārējos defektus: iedeguma rievās, metāla izplūdumus, nepilnīgus metinājumus, sārņu ieslēgumus, šuves platumu un augstuma nevienmērību u.c.

2. Šuvju blīvuma pneimatiskā un hidrauliskā pārbaude. Pārbaudei pakļauj traukus un tvertnes, kas paredzētas šķidrumu uzglabāšanai (ūdens, degvielas, eļļas u.c.), kā arī cauruļvadus, gāzu balonus un tvaika katlus. Hidrauliskajās pārbaudēs tvertnes piepilda ar ūdeni un rada spiedienu, kas 1,5...2 reizes pārsniedz darba spiedienus un iztur 5...10 minūtes, pārlicinoties vai šuves netek, vai nav sūces un nosvīdumu. Pneimatiskajās pārbaudēs tvertnē ievada gaisu vai gāzi. Nelielus traukus iegremdē ūdenī, bet liela izmēra traukiem šuves noziež ar ziepju šķīdumu. Gaisa pūslīšu parādīšanās norāda defekta vietu. Šuvju blīvumu pārbauda arī ar petroleju. Tai ir spēja iesūkties vissīkākajās porās un plaisās. Pārbaudāmās šuves vienu pusi noziež ar krītu, bet no otras puses samitrina ar petroleju. Ja šuve ir neblīva, petroleja izsūcoties cauri uz krīta rada dzeltenīgus traipus.
3. Šuvju caurskatīšana ar speciālām iekārtām (LVS EN 1435) dod iespēju atklāt iekšējos defektus: plaisas, poras, sārņu ieslēgumus. Šuvju caurskatīšanu izmanto īpaši atbildīgu metināto savienojumu kontrolei. Pārbaudes ar ultraskaņas metodi pamatā ir augstfrekvences (virs 20 kHz) svārstību spēja iespieties metālos un to sakausējumos un atstaroties no poru, plaisu un citu defektu virsmām. Atstarotās svārstības uztver īpaša aparātūra, kas tās pārvērš elektriskos impulsos. Metodes būtisks trūkums, ka ir apgrūtināta defektu atšifrēšana. Pārbaudes ar Rentgena metodi pamatā ir neredzami elektromagnētiskie viļņi, kas izspiežas cauri metāliem un iedarbojas uz foto filmām, tāpat kā gaismas stari. Uz foto filmas krītošā starojuma intensitāte mainās atkarībā no materiāla blīvuma. Defektu vietās blīvums ir mazāks un defekti atklājas melnu plankumu un līniju veidā.
4. Metināto savienojumu mehānisko pārbaužu veidu nosaka slodzes raksturs, kādam pakļauts savienojums ekspluatācijā. Pastāv statiskās, dināmiskās un vibrāciju izturības pārbaudes. No mehāniskajām izplatītākās ir pārbaudes uz stiepi (LVS EN 876), lieci (LVS EN 910) un triecienizturību (LVS EN 875). Mehānisko pārbaužu paraugus izgatavo atbilstoši standarta prasībām.
5. Metalogrāfiskās analīzes (LVS EN 1321) atklāj pamatmateriāla, šuves, sakušanas un termiskās ietekmes zonas makroskopisko un mikroskopisko struktūru. Makrostruktūrā redzami šuves zonas defekti: poras, plaisas, nesakusumi un sārņu ieslēgumi. Mikrostruktūra parāda graudu formu un lielumu, struktūras elementus; ferītu, perlītu, martensītu u.c. Mikrostruktūras analīzes atklāj materiāla pārkarsēšanas un pārdedzināšanas zonas. Metināšanā pielaiž sertificētus metinātājus ar atbilstošu kvalifikāciju. Latvijas profesiju katalogs nosaka sekojošas metinātāju kategorijas:

721201 - metinātājs
721202 – gāzes metinātājs
721203 – loka metinātājs

Kategorija neatspoguļo metinātāja spējas un darba saturu. Kategorija loka metinātājs ietver vienlaicīgi kā rokas elektrometināšanu (MMA), tā arī pusautomātisko metināšanu aizsarggāzēs ar kūstošu elektrodu (MIG/MAG) un nekūstošu elektrodu (TIG). Nosakot metinātāja darba uzdevumu, ir nepieciešama tā spēju pārbaude darba vietā, vai nosūtot pārbaudei uz specializētajām sertifikācijas firmām. Atbilstoši Eiropas metināšanas federācijas (EWF) prasībām, metinātāji kārto kvalifikācijas eksāmenu vairākos līmeņos:

- | | |
|--------------------------------|-----------|
| 1. MMA metinātājs - | 8 līmeņi; |
| 2. MIG/MAG un TIG metinātāji - | 6 līmeņi; |
| 3. OAW gāzes metinātājs- | 4 līmeņi. |

Katram līmenim ir paredzēti atbilstoši kontroles paraugi un darba devējs ir tiesisks pārliecināties par metinātāja darba spējām. Neatkarīga atestējoša organizācija atbild par pārbažu rezultātiem.

Atsevišķas pārbaudes pastāv metinātājiem, kas veic paaugstinātas bīstamības objektu metināšanu: augstspiediena tvertnes, celtnu konstrukcijas u.c.

3.2. ELEKTROMETINĀŠANA

3.2.1. Elektrometināšanas pamatjēdzieni

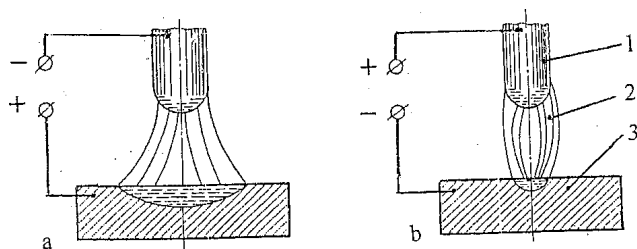
Metināšana ar elektroloku ir izplatīts metināšanas veids. Tā piemērota dažādu tērauda marku un vairāku krāsaino metālu sakausējumu metināšanai mašīnbūvē, celtniecībā un remontdarbos.

Elektroloks ir nepārtraukta elektriskā izlādēšanās jonizētu gāzu vidē. To pavada ievērojama siltuma daudzuma izdalīšanās un gaismas starojums. Loks deg starp elektrodu un sametināmo elementu (3.20.att.). Loku baro ar līdzstrāvu vai maiņstrāvu. Ja lieto līdzstrāvu un mīnus spaiļi - katods pievienots elektrodam, bet plus spaiļi - sametināmajam elementam (detaļai), tad tādu slēgumu uzskata par metināšanu ar tiešās polaritātes līdzstrāvu. Pievienojot mīnus spaiļi - katodu detaļai, bet plus spaiļi - anodu elektrodam, tad tādā gadījumā ir metināšana ar apgrieztās polaritātes līdzstrāvu. Par elektrodu izmanto nekūstošus ogles vai volframa stienīšus un piedevmateriālu, vai arī metināmajam materiālam atbilstošu stiepli – kūstošu elektrodu. Biežāk elektrometināšanu veic ar kūstošiem metāla elektrodiem.

Elektroloku var ierosināt ar vienu no diviem paņēmieniem:

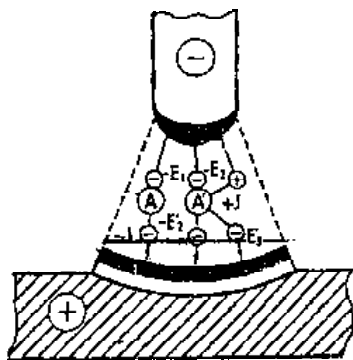
- sakarsējot elektroda virsmu līdz temperatūrai, kad elektronu kinētiskā enerģija pārsniedz darbu, kas nepieciešams to atrašanās viaditāja virsmas;

- radot starp anodu un katodu augstu potenciāla starpību. Lai elektroni atrautos no elektroda virsmas, potenciālu starpībai ir jābūt augstākai par 1000 V. Tas ir bīstami darba drošības apsvērumu dēļ. Praksē šo paņēmieni lieto reti.



3.20.att. Metināšana ar līdzstrāvu - slēguma shēma:
a – ar tiešo polaritāti; b – ar apgriezto polaritāti; 1 - elektrods; 2 - elektroloks; 3 – sametināmais elements.

Normālā temperatūrā un spiedienā gaiss elektrisko strāvu nevada. Gaiss kļūst par vadītāju, ja satur jonus un elektronus. Jonizācijas process elektriskajā lokā norit elektroniem, kas atrāvušies no sakarsētā katoda, lielā ātrumā pārvietojoties uz anodu un saskaldot jonus un elektronus ceļā sastaptās gaisa molekulas (3.21.att.). Radušies joni un elektroni pārvietojoties tālāk saskaldā citas gaisa molekulas. Spraugā starp katodu un anodu izveidojas jonizēta vide, kas nodrošina stabili elektroloka degšanu.



3.21.att. Gaisa spraugas jonizācijas shēma:
 E_1, E_2 – elektroni; $+J, -J$ – joni; A – gāzu atomi.

Elektrolokā notiekošo procesu un parādību turpmākā analīze atbilst rokas elektrometināšanai ar tiešās polaritātes līdzstrāvu un kūstošu elektrodu, uzsvērot būtiskās atšķirības citos metināšanas procesos.

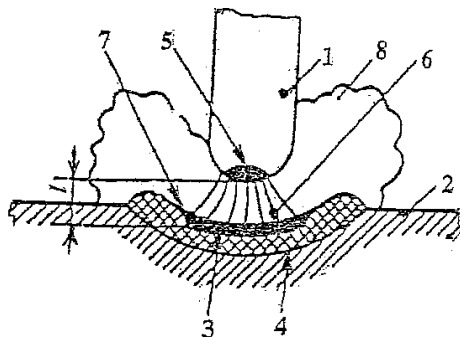
3.2.2. Elektroloka elektriskie un termiskie parametri

Elektrolokā izšķir katoda joslu jeb katoda plankumu, loka stabu un anoda joslu (3.22.att.). Katoda josla ir elektronu emisijas avots ar augstu strāvas blīvumu un temperatūru, kas sasniedz 2200...3000 °C. Sprieguma kritums katoda joslā - $U_k = 10...16$ V. Temperatūru loka stabā nosaka strāvas blīvums. Loka vidējā daļā tā sasniedz 5000...6000 °C. Loku apņem liesma. Sprieguma kritumu U_l loka stabā ietekmē loka garums (attālums starp katodu un anodu). Tas vidēji ir 2,3...2,8 V/mm. Loka garumu nosaka elektroda diametrs, vidēji tas 2...4 mm. Tā aptuvenās vērtības aprēķina:

$$l_l = \frac{d+2}{2},$$

kur: l_l - loka garums, mm;
 d - elektroda diametrs.

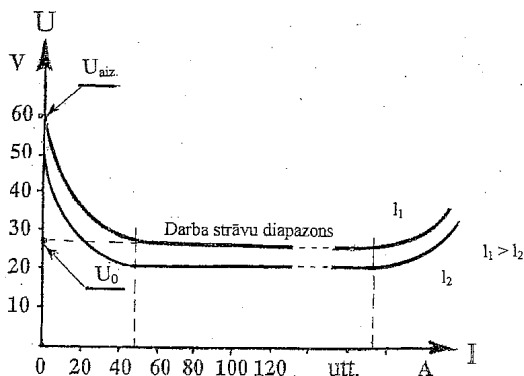
Anoda joslā elektroni triecas pret sametināmo materiālu, tādēļ temperatūra augstāka par katoda joslas temperatūru. Tā sasniedz 2600...3800 °C. Turpretī sprieguma kritums anoda joslā ir mazāks nekā katodjoslā, vidēji $U_a = 6...8$ V



3.22.att. Metināšanas elektroloka uzbūve:

1 - elektrod; 2 - metināmais elements; 3 - krāteris; 4 - šuve;
 5 - katodjosla; 6 - loka stabs; 7 - anodjosla; 8 - liesma; l_l - loka garums.

Kopējais sprieguma kritums, kas nepieciešams elektroloka barošanai, ir vienāds ar katoda, loka staba un anoda spriegumu kritumu summu ($U = U_k + U_l + U_a$). Elektriskajā lokā sakarības starp spriegumu un strāvas stiprumu raksturo statiskās raksturlīknes (3.23.att.).



3.23. att. Metināšanas elektroloka statistiskā raksturlīkne:

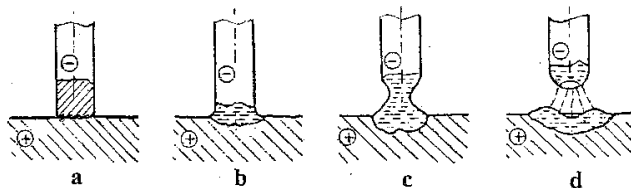
U_{aid} – loka aizdedzes spriegums; U_0 – darba spriegums noteiktam loka garumam; l_1 un l_2 – loka garums.

Loka spriegumu teorētiski ietekmē vairāki apstākļi: strāvas stiprums, apkārtējās vides temperatūra un spiediens, elektroda pretestība un metināšanas veids. Konkrētā gadījumā apkārtējā vide, metināšanas veids un elektroda pretestība ir nemainīga, bet strāvas stiprums ievērojami pārsniedz 40 A, tādēļ loka spriegums praktiski ir atkarīgs tikai no loka garuma. Rokas elektrometināšanā loka barošanai nepieciešamais spriegums iekļaujas 20...40 V robežās.

3.2.3. Metāla pilienu veidošanās un pārnese

Visbiežāk elektroloku ierosina ar īslaicīgu elektroda uzstieni metināmajam elementam. Saskares virsmu raupjuma dēļ kontakta virsmas laukums ir mazs, tādēļ liels ir strāvas blīvums. Izdalās ievērojams siltuma daudzums un elektroda gals kūst. Atvirzot elektrodu 2...4 mm attālumā no metināmā elementa virsmas, aizdegās loks. Temperatūra lokā tuvojas metināmā materiāla iztvaikošanas temperatūrai. Virsmas spraiguma spēku ietekmē elektroda galā veidojas metāla piliens (3.24.att). Atkarībā no elektriskā loka parametriem (strāvas stipruma, sprieguma, loka garuma), sastopami trīs atšķirīgi metāla pārnese veidi: ar loka īsslēgumu, pilienvaida un strūklveida.

Pārnese ar loka īsslēgumu izkausētā metāla pilieni koncentrējas elektroda galā un pieņem bumbiervaida formu. Veidojas kakliņš, kurā pieaug strāvas blīvums un paaugstinās temperatūra. Piliens izstiepjas un pieskaras metināšanas vannai. Uz īsu mirkli rodas īsslēgums. Pilienam atraujoties no elektroda gala, kakliņš pārtrūkst un elektriskais loks atjaunojas. Vienā sekundē rodas 20...50 pilieni. Šādu metāla pārnese veidu sauc par metināšanu ar īso loku (short arc).



3.24. att. Pilienu veidošanās:

a - īssavienojums; b - elektroda gala apkuššana;
c - pilienu un kakliņa veidošanās; d - loka aizdegšanās.

Mainot loka degšanas parametrus (pagarinot loku) panāk, ka īsslēgums neveidojas. Izkausētais elektrods pārvietojas uz šuvi kā atsevišķi pilieni. To veidošanās norit nevienmērīgi un tie ir nevienādi pēc lieluma. Pilienu veida pāreja novērojama rokas loka metināšanā.

Metināšana aizsargāzēs nodrošina kūstošā elektroda pārnēsi uz šuvi ar ļoti sīkiem metāla pilieniem, vai praktiski ar nepārtrauktu strūklu. Loks ir ļoti stabils, bez īsslēgumiem un šādu procesu sauc par metināšanu ar izkliedētu loku (spray arc).

Pēdējā laikā ir izplatīta loka metināšana ar pulsējošu loku (pulsed arc). Loka siltuma jauda salīdzinoši ir maza, paņēmiens piemērots plānu lokšņu metināšanai, bet procesa nodrošināšanai ir vajadzīgi speciāli metināšanas strāvas avoti.

3.2.4. Spēki, kas ietekmē metāla pilienu pārnēsi

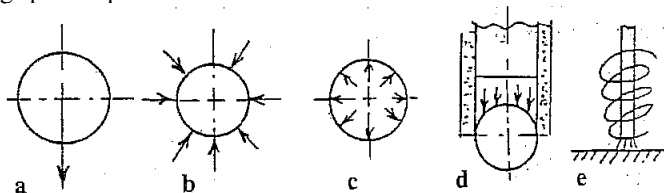
Metināšanas procesā elektrods gals kūst un veidojas metāla pilieni. Tie pārvietojas uz šuvi un veido metināto savienojumu. Metinot horizontālās šuves, pilienu pāreju var pamatot kā gravitācijas spēku darbību. Metinot virs galvas šuves gravitācijas spēki darbojas pretī pilienu pārvietošanās virzienam. Virs galvas šuvju metināšana ir iespējama, kas pierāda arī citu spēku līdzdalību pilienu pārvietošanā (3.25.att.).

Uz metāla pilieniem iedarbojas virsmas spraiguma spēki. Tie pilieniem piedod lodes formu - ķermeni ar mazāko virsmas laukumu. Virsmas spraiguma spēki pilienus nevirza, bet tos satur pārejas brīdī un samazina metāla zudumus izšļakstoties.

Uz pilienu darbojas iekšējo gāzu spiediens. Metāli un to sakausējumi satur izšķīdušas gāzes. Temperatūrai pieaugot, gāzes izplešas un cenšas no pilieniem izrauties. Iekšējo gāzu spiediens pilienus sagrauj un veicina materiāla zudumus izšļakstoties.

Atsevišķa tipa elektrodiem seguma kušana, salīdzinot ar metālisko serdeni, nedaudz aizkavējas. Elektroda galā izveidojas seguma gredzens. Kūstot un sadegot seguma komponentēm, rodas gāzes: CO , CO_2 , H_2 u.c.

Gāzēm izplūstot no gredzena, rodas gāzu pūsmas spēks, kas neatkarīgi no šuves stāvokļa telpā, pilienus virza uz priekšu. Gāzu pūsmas spēks ir nozīmīgs piliena pārvietošanā.



3.25.att. Spēki elektrolokā:

a - gravitācijas spēks; b - virsmas spraiguma spēks; c - iekšējo gāzu spiediens; d - gāzu pūsmas spēks; e – elektromagnētiskie spēki.

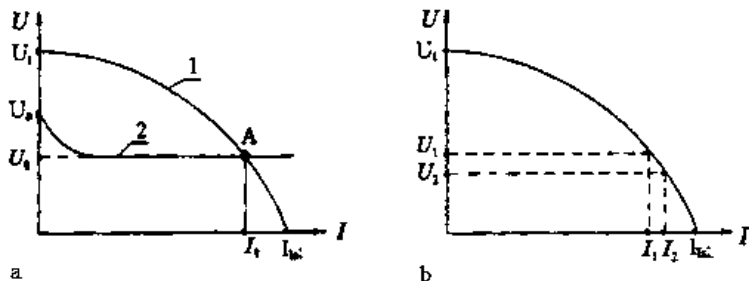
Uz metāla pilienu darbojas elektromagnētiskie spēki. Strāvas plūsma ap vadītāju rada magnētisko lauku, kas koncentrējas un spiež uz vadītāju. Uz elektrodu spiediens nav jūtams, bet uz šķidrajiem metāla pilieniem ir pietiekams. Īpaši lielu spiedienu elektromagnētiskie spēki rada pilienam kakliņa sašaurinājumā, kur veidojas augstākais strāvas blīvums. Metinot ar līdzstrāvu, elektromagnētisko spēku darbība vērsta virzienā, ka bīda pilienus uz priekšu neatkarīgi no šuves stāvokļa telpā. Pilienu pārejā no elektroda gala uz šuvi elektromagnētiskajiem spēkiem ir galvenā nozīme.

3.2.5.Strāvas avotu ārējās raksturlielnes

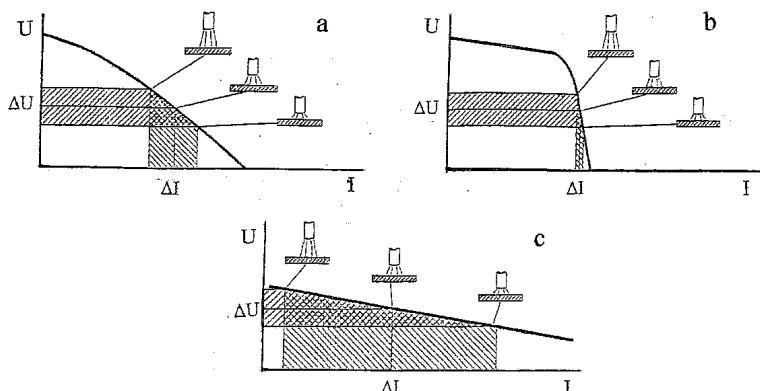
Strāvas avotus novērtē pēc t.s. ārējām raksturlielēm. Tās parāda sakarības starp strāvas stiprumu un spriegumu uz strāvas avota spailēm. Elektrotehnika izšķir vairākus strāvas avotu raksturlielņu tipus: cietas, augošas, daļēji krītošas un krītošas. Piemēram, strāvas avotus ar cietām ārējām raksturlielēm izmanto elektrisko motoru, sadzīves tehnikas un apgaismes ķermeņu darbināšanai. Tie nodrošina nemainīgu spriegumu neatkarīgi no patērētās strāvas daudzuma.

Metināšanā strāvas avoti ar cietu raksturlielni nav piemēroti, jo elektrolokam praktiski nav pretestības. Lietojot tos metināšanā, strāvas stiprums nepārtraukti pieaugtu un izdegtu drošinātāji. Metināšanai piemēroti strāvas avoti ar strauji krītošām ārējām raksturlielēm.

Elektrometināšanas postenis pēc savas būtības ir noslēgta enerģētiskā sistēma. Tā nosacīti sastāv no neatkarīga enerģijas avota (transformatora vai ģeneratora), kas ar kabeļiem savienots ar strāvas patērētāju – elektroloku. Sistēmas stabils darba punkts, kad spriegums uz strāvas avota spailēm ir vienāds ar spriegumu elektrolokā (3.26.att.a) Samazinoties elektroloka strāvas stiprumam no I_0 uz I_1 , spriegums pieaug no U_0 uz U_1 (3.26.att b).



3.26.att. Enerģētiskā sistēmas – strāvas avots – elektro loka parametri:
a -sistēmas līdzsvara punkts - A; b – loka garuma ietekme uz spriegumu un strāvas stiprumu; U_a – loka aizdedzes spriegums; U_0 – darba spriegums; U_t – tukšgaitas spriegums; I_0 – darba strāvas stiprums; I_{sl} – īsslēguma strāvas stiprums; 1 – strāvas avota raksturlīkne; 2 – elektroloka raksturlīkne.



3.27.att. Metināšanas strāvas avotu ārējo raksturlīkņu tipi:
a – ar vienādi mainīgiem parametriem; b – ar mainīgu spriegumu; c – ar mainīgu strāvas stiprumu; ΔU – sprieguma svārstības; ΔI – strāvas stipruma svārstības.

Metināšanā loka garuma svārstības vienlaicīgi ietekmē strāvas stiprumu un loka spriegumu. Atkarībā no tā, cik intensīvi svārstības ietekmē vienu un otru parametru, izšķir trīs metināšanas strāvas avotu ārējo raksturlīkņu tipus (3.27.att.).

- mainoties loka garumam, proporcionāli mainās spriegums un strāvas stiprums - strāvas avoti piemēroti MMA procesam;
- mainoties loka garumam, ievērojami izmainās spriegums, bet strāvas stiprums minimāli - strāvas avoti piemēroti TIG procesam;

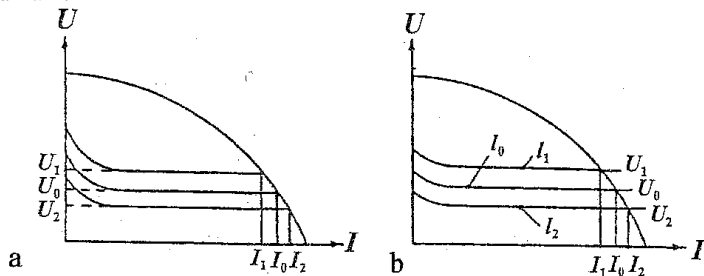
- mainoties loka garumam, minimāli izmainās spriegums, bet ievērojami - strāvas stiprums, strāvas avoti piemēroti MIG/MAG procesam, loka garuma svārstības nepārtrauc loka degšanu un nerada īsslēgumus.

3.2.6. Elektroloka stabilizācija un metināšanas parametru regulēšana

Metināšanas strāvas avoti ar strauji krītošām ārējām raksturlīknēm stabizē elektroloku. Pašregulēšanās process sekojošs - samazinoties elektroloka strāvas stiprumam no I_0 uz I_1 , spriegums uz strāvas avota spailēm pieaug no U_0 uz U_1 . Rodas pozitīva spriegumu difference $\Delta U = U_1 - U_0$, kas atjauno elektrolokam iepriekšējo strāvas stiprumu (3.28.att.a). Gadījumos, ja strāvas stiprums elektrolokā palielinās no I_0 uz I_2 , tad spriegums samazinās no U_0 uz U_2 . Difference - $\Delta U = U_2 - U_0$ ir negatīva ($U_0 > U_2$), kas atjauno iepriekšējo strāvas stiprumu I_0 .

Mainoties loka garumam vienlaicīgi izmainās loka spriegums un strāvas stiprumu (3.28.att.b). Loka garumam l_0 atbilst loka spriegums U_0 un strāvas stiprums I_0 . Izmainot loka garumu no l_0 uz l_1 , loka spriegums palielināsies no U_0 uz U_1 , bet strāvas stiprums samazināsies no I_0 uz I_1 . Pretējas izmaiņas notiek samazinoties loka garumam.

Rokas loka metināšanā loka garuma svārstības ir neizbēgamas. Tās ietekmē metinātāja iemaņas. Rokas loka metināšanai piemēroti strāvas avoti, kas vienādi ietekmē loka spriegumu un strāvas stiprumu. Sprieguma kritums uz strāvas avota spailēm ir proporcionāls strāvas stiprumam.



3.28.att. Metināšanas parametru stabilizācija:

a – strāvas stipruma stabilizācija; b – loka garuma ietekme un loka parametriem.

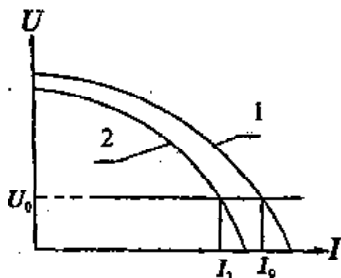
Strāvas stiprumu metināšanā izvēlas atbilstoši elektroda diametram. Izvēloties tievākus elektrodus, strāvas stiprumu samazina. To nodrošina, izmainot strāvas avota ārējo raksturlīkni (3.29.att).

Metināšanas process izvirza vairākas papildu prasības strāvas avotiem:

- strāvas parametru svārstībām jābūt minimālām, lai neietekmētu metināto savienojumu kvalitāti;

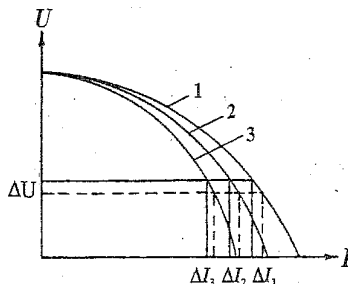
- Īsslēguma gadījumos ir jāierobežo strāvas pieaugums.

Strāvas stipruma svārstības samazinās avotiem ar straujāk krītošām ārējām raksturlīknēm (3.30.att.). Piemēram, pirmā strāvas avota ārējā raksturlīkne ir slaidāka un strāvas svārstības ΔI ir lielākas nekā otrajam, bet it īpaši trešajam strāvas avotam. Strāvas avotiem ar straujāk krītošām ārējām raksturlīknēm ir samazinātas arī īsslēguma strāvas.



3.29.att. Strāvas stipruma regulēšana parametru maiņa:

- 1 – raksturlīkne, kam atbilst strāva I_0 ;
- 2 – raksturlīkne, kam atbilst strāva I_1 .



3.30.att. Strāvas avota ietekme uz strāvas svārstību lielumu un īsslēguma strāvām

3.2.7. Metināšanas strāvas avoti

Elektroloka metināšanā lieto maiņstrāvas un līdzstrāvas avotus. Agrākajos gados rokas loka metināšanā biežāk lietoja maiņstrāvu. Par strāvas avotiem izmantoja metināšanas transformatorus. Tiem ir augstāks lietderības koeficients - 0,83...0,85, salīdzinot ar līdzstrāvas iekārtām (0,50...0,54). Maiņstrāvas iekārtas ir lētākas un tās piemērotas alumīnija sakausējumu un tērauda konstrukciju metināšanai, kas biežāki par 2 mm.

Metināšanas transformatori var būt vienfāzu un trīsfāzu ar normālu vai palielinātu izkliedi. Pēc uzdevuma tos iedala: universālajos, rokas elektrometināšanas, automātiskās metināšanas un speciālajos (vairāku loku, elektrosārņu, mazgabarīta u.c.) Atkarībā no sprieguma tos iedala ar normālu vai paaugstinātu tukšgaitas spriegumu.

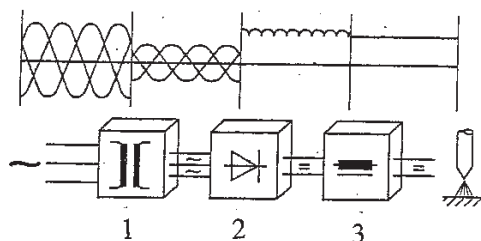
Līdzstrāvas iekārtas nodrošina stabilāku metināšanas režīmu un kvalitatīvāku savienojumu. Ar to var metināt plānākus izstrādājumus, kā arī metināt jebkurā telpas stāvoklī.

Līdzstrāvas avotus iedala ģeneratoros un taisngriežu iekārtās. Rokas elektrometināšanā agrākajos gados lietoja metināšanas ģeneratorus ar individuālu enerģijas avotu (parasti ar iekšdedzes motoru). Tie bija piemēroti darbam celtniecības objektos un remonta darbos. Līdzstrāvas metināšanas agregāti, kuros vienā korpusā iebūvēti maiņstrāvas elektromotors un līdzstrāvas ģenerators, ir strāvas pārveidotāji.

Taisngriežu iekārtas sastāv no trim funkcionālajiem blokiem (3.31.att.):

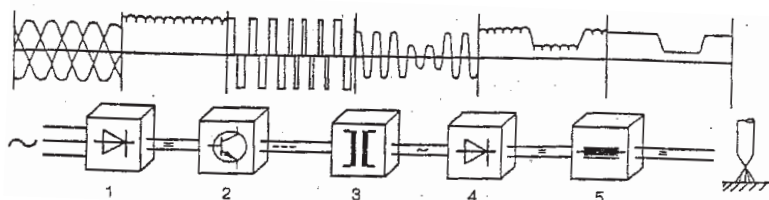
- trīsfāzu spriegumu pazeminoša transformatorā, kas vienlaicīgi nodrošina nepieciešamo raksturlielni un regulē strāvas stiprumu;
- taisngriežu bloka, kas maiņstrāvu pārveido līdzstrāvā;
- droseles, kas iztaisnoto līdzstrāvu izlīdzina.

Taisngriežu iekārtām ir plašs strāvas regulēšanas diapazons, labs dinamiskums, augsts lietderības koeficients, droša ekspluatācija, kluss darbs, bet tie jūtīgi pret pārslodzēm, īsslēgumiem un elektrotīkla svārstībām. Tiem nepieciešama papildus dzesēšana. Taisngriežu iekārtas parasti lieto automātiskajā un pusautomātiskajā metināšanā.



3.31.att. Taisngriežu principiālā shēma:

1 – spriegumu pazeminošais transformators; 2 – taisngriežu bloks; 3 – drosele.



3.32.att. Invertora principiālā shēma:

1 – pusvadītāju bloks; 2 – frekvenču pārveidotājs; 3 – spriegumu pazeminošais transformators; 4 – taisngriežu bloks; 5 – drosele.

Pēdējos gados loka metināšanā ieviešas invertori. Salīdzinot ar tradicionāliem elektroloka barošanas avotiem – transformatoriem un ģeneratoriem, tiem ir vairākas priekšrocības:

1. var mainīt un iegūt jebkuru no trim raksturlielņiem, un iekārta ir piemērota visiem elektroloka metināšanas veidiem;
2. ērta parametru regulēšana metināšanas procesā;

3. iekārtai neliela masa un izmēri;
4. augsts lietderības un jaudas koeficients.

Invertora darbības princips - blokā 1 trīsfāzu maiņstrāvu ar rūpniecisko frekvenci 50 Hz pusvadītāju blokā pārveido līdzstrāvā (3.32.att.); iegūto līdzstrāvu blokā 2 pārveido (invertē) augstfrekvences maiņstrāvā ar frekvenci 20 kHz un augstāk; vienlaicīgi ieregulē nepieciešamos parametrus. Atgriezeniskā saite nodrošina parametru saglabāšanu metināšanas procesā.

Trešajā blokā transformators veido metināšanai nepieciešamo spriegumu, bet blokā 4 maiņstrāvu atkārtoti pārvērš līdzstrāvā un caur filtru, kas izlīdzina svārstības (5.bloks), pievada elektrolokam. Pateicoties augstajām frekvencēm transformatora masa un izmēri ir nelieli.

Salīdzinot ar taisngriežu iekārtām, invertori satur divus papildus blokus - pirmo un otro. To cenas, salīdzinot ar tradicionālajiem barošanas avotiem, ir augstākas, bet tie piemēroti MMA, MIG/MAG un TIG metināšanas posteņu apkalpošanai. Invertori samazinātās masas dēļ ir ērti lietošanai celtniecības montāžas un remonta darbos.

3.2.8.Jaunāko metināšanas strāvas avotu īpatnības

Metināšanas strāvas avotus marķē ar nosacītiem apzīmējumiem. Agrākajos gados izgatavotajiem avotiem marķējumā uzrādītais skaitlis atbilda nominālajam strāvas stiprumam, bet īsslēguma strāvas tie pieļāva aptuveni 1,5 reizes lielākas. Piemēram, transformatoram TC -500 darba strāvas tika pieļautas līdz 500 A, bet īsslēguma strāvas sasniedza 750 A.

Jaunākajiem metināšanas strāvas avotiem marķējumā uzrādītais skaitlis atbilst maksimāli pieļaujamai īsslēguma strāvai. Piemēram, PRESTO 250, īsslēguma strāvas ir 250 ampēru. Agrāko izlaidumu iekārtu noslodze (darba cikla attiecība pret kopējo laiku) tika noteikta 65% apmērā. Jaunākajiem loka barošanas avotiem pieļaujamās strāvas uzrāda pie 35; 60 un 100 % noslodzes. Izvēloties metināšanas režīmu ir nepieciešams prognozēt iekārtas noslodzi.

Jaunākie loka barošanas avoti paredzēti pieslēgšanai elektrotīklam ar nominālo spriegumu 400 V. Iekārtas pieļauj tīkla strāvas svārstības $\pm 10\%$. Pie mums elektrisko tīklu nominālais spriegums ir 380 V un ir pietiekams šo avotu pieslēgšanai ($400\text{ V} - 10\% \text{ no } 400 = 360\text{ V}$).

Metināšanas strāvas avotu tukšgaitas spriegumam ir jānodrošina loka aizdedzināšana (tam ir jābūt pēc iespējas lielākam, bet to ierobežo drošības apsvērumi). Agrāko izlaiduma gadu maiņstrāvas iekārtām tukšgaitas sprieguma robežas tika noteiktas 65...75 V robežās, bet līdzstrāvai – 90 V. Jaunajiem invertora tipa barošanas avotiem tukšgaitas spriegums paaugstināts līdz 105 V.

Strāvas avotos ir iebūvētas vairākas papildierīces, kas atvieglo metinātāja darbu. Piemēram:

- termoreleji, kas atslēdz barošanas ķēdi pārslodzēs;
- loka aizdedzināšanas brīdī uz 5...10 s palielina par 30 % ieregulētās strāvas stiprumu, kas atvieglo loka aizdedzināšanu;
- elektroda pielipšanas gadījumos, lai atvieglotu tā atraušanu no metināmā elementa, strāvas padevi pēc 1...2 s pārtrauc, bet pēc 2...4 s atjauno un strāvas avots ir gatavs loka aizdedzināšanai.
- tieša dūmgāzu atsūkšana no elektroloka caur metināšanas degli.

3.2.9. Rokas elektrometināšanas stieples

Rokas elektrometināšanu (MMA process) veic ar kūstošiem metāla elektrodiem. Tērauda konstrukciju metināšanai tos izgatavo no īpašas sertificētas stieples. Standarts paredz metināšanas stiepli diametrus no 0,3 līdz 12 mm, bet rokas loka metināšanā plašāk lieto 2,0; 2,5; 3,2 (pēc GOST 3,0); 4,0; 5,0 un 6,0 mm stieples. Tās ražo no nelegētā un legētā tērauda ar daudzveidīgu ķīmisko sastāvu.

Vairākas stiepli markas pieder nelegētajam mazoglekļa tēraudam. Pēc ķīmiskā sastāva tās var būt ar normālu vai paaugstinātu mangāna saturu. Tās piemērotas mazāk atbildīgu metināto konstrukciju izgatavošanai.

Lielāks daudzums metināšanas stiepli marku pieder mazlegētam tēraudam, bet vislielākais skaits - augsti legētam tēraudam. Pilna informācija par stiepli ķīmisko sastāvu ir dota katalogos.

Jebkura no metināšanas stieplēm raksturojas ar minimālu oglekļa saturu ($C = 0,08...0,12\%$). Tas ir nepieciešams, lai nodrošinātu metinātiem savienojumiem plastiskumu un triecienizturību, bet šuvju stiprību uzlabo ar legējošo elementu piedevām.

Biežāk lieto elektrodus ar mazlegētā tērauda stieplēm. Augsti legētā tērauda stiepli lietošana ir ierobežota. Tās paredzētas konkrētu materiālu metināšanai ar atbilstošu ķīmisko sastāvu un fizikāli mehāniskajām īpašībām.

Standarts paredz arī īpašas stieples, kas paredzētas cietu nodilumizturīgu virsmu uzkausēšanai. Tām ir paaugstināts oglekļa un dažu citu legējošo elementu saturs.

Stieples piegādā rituļos. To masu līdz 100 kg. Ritulim pievienots sertifikāts, kura ir norādīts stieples diametrs, materiāla marka un ķīmiskais sastāvs.

Izgatavojot rokas elektrometināšanas elektrodus, stiepli iztaiso, attīra no konservācijas, sacērt noteiktā garumā un uzklāj ar segumu. Metināšanas stieples izmanto arī par piedevu materiālu gāzmetināšanā.

3.2.10. Elektrodu pārklājumi

Rokas elektrometināšanas elektrodus pārklāj ar īpašu segumu (pārklājumu). Pārklājumam ir komplicēts sastāvs ar vairākām funkcijām. Pēc funkcionālās nozīmes segumā ietilpstošās vielas iedala:

- * jonizētājās jeb stabilizētājās;
- * gāzi veidotājās;
- * sārņus veidotājās;
- * dezoksidētājās;
- * leģētājās un
- * saistvielās.

Viens no metināto savienojumu kvalitātes garantiem ir elektro loka stabilitāte. To nodrošina ar jonizējošo vielu piedevām segumam. Par jonizētājiem segumam pievieno kālija un kalcija savienojumus. Elektriskajā lokā tie kūst, iztvaiko sadaloties jonos un elektronos. Kālija savienojumi - potašs, kālija salpetris ir labāki jonizētāji, bet biežāk lieto kalcija savienojumu - krītu, kas ir ievērojami lētāks.

Šķidro metāla pilienu aizsargāšanai no apkārtējās vides kaitīgās ietekmes pārejas brīdī, segumam piedod gāzi veidojošas vielas. Tās ir organiskas izcelsmes vielas, piemēram: koka milti, kokvilnas un papīra smalksne, celuloze u.c. Lokā tās sadeg, rada kuplus dūmus, kas aptver metāla pilienus un pasargā no saskares ar apkārtējo gaisu.

Šķidrā metāla aizsargāšanai šuvē, elektrodu pārklājumam pievieno sārņus veidotājus: mangāna rūdu, marmoru, laukšpatu, magnēzītu, magnetītu ilmenītu, kaļķakmeni, mālzemi, dolomītu, kvarca smiltis u.c. Elektriskajā lokā vielas kūst un veido sārņus, kas pārklāj cietējošo šuvi. Sārņi šuvi aizsarga ne tikai no apkārtējās vides ietekmes, bet arī no straujas atdzišanas. Lai nerastos sārņu ieslēgumi, tiem ir jābūt vieglākiem par izkausēto materiālu un jāuzpeld virs tā. Pēc šuves sacietēšanas tiem viegli jāatdalās no metinātā savienojuma.

Neskatoties uz gāzu un sārņu aizsardzību, šuvē nokļūst ievērojams oksīdu daudzums. Oksīdu satura samazināšanai, segumam pievieno reducējošas vielas (dezoksidētājus): ferromanganu, ferrosilīciju, ferrotitānu, ferrohromu u.c. Tie ar skābekli reaģē straujāk nekā dzelzs, neļaujot veidoties dzelzs oksīdiem.

Mehānisko īpašību uzlabošanai, segumam pievieno leģējošos elementus: hromu, mangānu, molibdēnu, titānu, niķeli u.c. Šuvi daļēji leģē arī dezoksidētāji.

Saistvielu uzdevums - sasaistīt seguma komponentes un piedot tām stiprību. Par saistvielām lieto šķidro stiklu, fenola sveķus u.c. vielas.

Rokas elektrometināšanas elektrodiem izvirza vairākas prasības:

- * viegli jāaizdedzina un jāuztur stabils loks;
- * segumam ir serdenim ir jākūst vienmērīgi un vienlaicīgi;
- * jāveido sārņi, kas vienmērīgi pārklāj šuvi un viegli atdalās pēc sacietēšanas;

*jānodrošina šuvei noteiktas mehāniskās īpašības vai ķīmiskais sastāvs;

*jānodrošina minimāli materiāla zudumi nodegot un izšļakstoties;

*segumam jābūt mehāniski izturīgam;

*elektrodu lietošana nedrīkst būt toksiska - kaitīga metinātāja veselībai;

*elektrodu izgatavošanai jābūt vienkāršai un ekonomiski pamatotai;

Izvirzītās prasības nodrošina noteikta ķīmiskā sastāva elektroda serdenis - stieple kombinācijā ar segumā ietilpstošajām komponentēm.

Atsevišķiem elektrodu tipiem izvirza papildprasības: nodrošināt šuvei paaugstinātu cietību un nodilumizturību, paaugstinātu korozijas izturību, paaugstinātu karstumizturību, iespēju metināt jebkurā šuves stāvoklī telpā u.c.

3.2.11. Elektrodu pārklājuma (seguma) tipi

Elektrodu pārklājuma (seguma) sastāvā ietilpst vairākas ķīmiski aktīvas vielas un to savienojumi. Mijiedarbībā ar šķidro šuves metālu tie veido sārņus. Atkarībā no sārņu ķīmiskā sastāva un reakcijas uz nesacietējošo šuvi, izšķir vairākus elektrodu pārklājuma (seguma) tipus:

* Rūdas skābo - apzīmējums - A;

* Bāzisko - B;

* Celulozes jeb organisko - C;

* Rutila - R;

* Jaukto – apzīmējums sastāv no atbilstošo burtu kombinācijas (3.6.tabula).

Rūdas skābais segums satur galvenokārt dzelzs un mangāna oksīdus, kas veicina palielinātu oksīdu un ūdeņraža saturu šuvē. Tie pavājinā šuves stiprību. Segums nenovērš šķidrā metāla pilienu izšļakstīšanos un metināšanas procesā rodas ievērojami elektrodu masas zudumi. Segums neveicina poru rašanos un veidojas hermētiski blīvas šuves. Lietojot rūdas skābā pārklājuma elektrodus, metināšanu veic ar tiešās un apgrieztās polaritātes līdzstrāvu vai maiņstrāvu.

Bāziskā elektrodu segumā ietilpst fluora kalcija un kalcija karbonāti (marmors, krīts u.c.). Elektrodi ar bāzisko segumu ir piemēroti liela šķēsgriezuma šuvju metināšanai. Šuvēm samazināta tieksme plaisāt. Tās ir plastiskas un triecienizturīgas. Ar bāziskā seguma elektrodiem metina, izmantojot apgrieztās polaritātes līdzstrāvu.

Organiskais segums satur lielu daudzumu organisko vielu, kas nodrošina labu gāzu aizsardzību, bet nerada virs šuves sārņus. Elektrodi piemērot liela gabarīta konstrukciju metināšanai un celtniecības montāžas darbiem. Segums nenovērš izkausētā metāla pilienu izšļakstīšanos, kas rada ievērojamus elektrodu masas zudumus. Segums ir higroskopisks.

Uzglabājot mitrās telpās tas uzsūc mitrumu. Pirms metināšanas elektrodus ar organisko segumu ir nepieciešams izkarsēt.

3.6.tabula

Seguma tipu apzīmējumi

Simbols	Seguma tips
A	Rūdas skābais segums
C	Celulozes (organiskais) segums
R	Titāna rūdas - Rutila segums
RR	Titāna rūdas - Rutila biežais segums
RC	Rutla - celulozes segums
RA	Rutla - rūdas skābais segums
RB	Rutla - bāziskais segums
B	Bāziskais segums
Piezīme. Rutla biežam segumam attiecība $D/d > 1,6$	

Rutla seguma pamatā titāna rūdas - rutils. Segums nodrošina blīvas šuves, mazus šķidrā metāla zudumus izšļakstoties, labi stabilizē loku, ļauj metināt virsgalvas šuves arī ar maiņstrāvu. Ar rutla seguma elektrodiem aizvieto rūdas skābos elektrodus.

No jauktajiem elektrodu seguma tipiem izplatīti ir rutla - celulozes (RC), rutla - skābie (RA) un rutla - bāziskie (RB). Jauktā seguma elektrodi apvieno atsevišķo segumu tipu priekšrocības.

3.2.12. Elektrodu klasifikācija

Metināšanas elektrodus klasificē pēc vairākām pazīmēm. Atbilstoši uzdevumam Eiropas standarts EN 499 elektrodus iedala:

- Neleģēto un mazleģēto konstrukciju tēraudu metināšanai;
- Normalizēto smalkgraudaino konstrukcijas tēraudu metināšanai;
- Spiedienizturīgo katlu un cauruļu tērauda metināšanai;
- Austenītklases nerūsošo un karstumizturīgo tēraudu metināšanai
- Cietu nodilumizturīgu virsmu uzkausēšanai.

Analogi iedalījums ar nelielām atšķirībām pastāvēja agrāk lietotajā standartā GOST:

- Oglekļa un mazleģēto konstrukcijas tēraudu metināšanai ar stiprību stiepē līdz 600 Mpa;
- Leģēto konstrukcijas tēraudu metināšanai ar stiprību stiepē lielāku par 600 MPa.
- Leģēto karstumizturīgo tēraudu metināšanai;
- Augsti leģēto tēraudu metināšanai;
- Virsmu uzkausēšanai ar speciālām fizikāli mehāniskajām īpašībām.

Viens no parametriem elektrodu izvēlē ir tā tips. Elektrodus tipos iedala pēc šuves mehāniskajām īpašībām. Pastāv būtiskas atšķirības kritērijos, kas nosaka elektrodu iedalījumu tipos. Eiropas standarts EN par kritēriju pieņem minimālo tecēšanas robežstiprību N/mm^2 (3.7.tabula), turpretī Vācijas standarts DIN un Krievijas standarts GOST - stiepes robežstiprību N/mm^2 .

3.7.tabula

Šuves mehānisko īpašību kodi

Koda skaitlis	Minimālā tecēšanas robežstiprība, N/mm^2	Stiepes robežstiprība N/mm^2	Minimālais relatīvais pagarinājums %
35	355	400...570	22
38	380	470...600	20
42	420	500...640	20
46	460	530...680	20
50	500	560...720	18

3.8.tabula

Šuves novietojuma telpā kodi

Koda skaitlis	Šuves novietojums telpā
1	Metināšanai jeb kurā telpas stāvoklī
2	Metināšanai visos telpas stāvokļos, izņemot vertikālās šuves no augšas uz leju
3	Metināšanai visos citos telpas stāvokļos, izņemot vertikālās uz leju un virsgalvas kakta šuves
4	Metināšanai visos citos telpas stāvokļos, izņemot vertikālās uz leju un visa veida virsgalvas šuves
5	Tikai horizontālo grīdas šuvju metināšanai

Marķēšanā elektrodu tipu norāda koda skaitlis, kura vērtība praktiski ir desmit reizes mazāka par attiecīgā kritērija (stiepes vai tecēšanas robežstiprības) vidējo vērtību. Piemēram, Eiropas standartā EN koda skaitlim 42 atbilst minimālā tecēšanas robežstiprība $420 N/mm^2$, bet Vācijas standartā DIN - koda skaitlis - 51, kas norāda vidējo stiepes stiprību robežās $530...680 N/mm^2$. Krievijas standartā GOST elektroda tipa koda skaitlis 50 norāda, ka stiprība stiepē nav zemāka par 500 MPa.

Nelegēto un mazlegēto tēraudu metināšanai Eiropas standarts EN paredz elektrodu tipus ar koda skaitļiem: 35; 38; 42; 46; 50, bet GOST - 38; 42; 46; 50; 55 un 60. Katram elektrodu tipam atbilst vairākas elektrodu markas. Tās tuvāk raksturo ķīmisko sastāvu un metināšanas režīmu, kā arī šuves veidošanās īpatnības.

3.9.tabula

**Šuves novietojuma telpā un metināšanas virziena
apzīmējumi elektrodu sertifikātos (prečzīmēs)**

Apzīmējums	Metināšanas pozīcijas
	Metināšanai jebkurā telpas stāvoklī
	Metināšanai visos telpas stāvokļos, bet ierobežoti vertikālās šuves no augšas uz leju.
	Metināšanai visos citos telpas stāvokļos, izņemot vertikālās šuves no augšas uz leju.
	Metināšanai visos citos telpas stāvokļos, izņemot vertikālās no augšas uz leju un visa veida virsgalvas šuves.
	Apakšējo kakta un saduršuvju metināšanai.
	Tikai apakšējo saduršuvju metināšanai.
	Vertikālo šuvju no augšas uz leju metināšanai.
	Vertikālo šuvju no lejas uz augšu metināšanai.

Elektrodu iedalījums pēc pārklājuma (seguma) biezuma Eiropas standarta EN atšķiras no iedalījuma citos standartos. GOST elektrodus iedala atkarībā no attiecības D/d : plānseguma - $D/d < 1,20$, vidēji bieža - $D/d = 1,20 \dots 1,45$, bieža - $D/d = 1,45 \dots 1,80$ un sevišķi bieža seguma - $D/d > 1,80$. Eiropas standarts EN un Vācijas DIN biezo segumu paredz tikai elektrodziem ar Rutila segumu un tos apzīmē - RR.

Pēc šuves novietojuma telpā un metināšanas virziena Eiropas standarts EN elektrodus iedala piecās, (3.8 tabula), vācu DIN - astoņās, bet GOST - četrās grupās. Šuves novietojumu telpā un iespējamo

metināšanas virzienu elektrodu sertifikātos (prečzīmēs) norāda ar piktogrammām(3.9.tabula).

Atsevišķiem elektrodiem izvirza papildprasības - nodrošināt noteiktu šuves ķīmisko sastāvu (3.10.tabulu) noteiktu šuves triecienizturību zemās temperatūrās (3.11.tabula), kā arī reglamentē pieļaujamo ūdeņraža koncentrāciju šuvē (3.12.tabula).

3.10.tabula

Šuvei nodrošinātais ķīmiskais sastāvs

Komponenta simbols	Ķīmiskais sastāvs %		
	Mn	Mo	Ni
Bez simbola	2,0		-
Mo	1,4	0,3 ... 0,6	-
Mn Mo	>1,4 līdz 2,0	0,3 ... 0,6	-
1 Ni	1,4	-	0,6 ... 1,2
2 Ni	1,4	-	1,8 ... 2,6
3 Ni	1,4	-	2,6 ... 3,8
Mn 1 Ni	>1,4 līdz 2,0	-	0,6 ... 1,2
1 Ni Mo	1,4	0,3 ... 0,6	0,6 ... 1,2
Z	Jebkurš cits sastāvs		
Ja Mn <0,2; Ni <0,3; Cr <0,2; V < 0,08; Nb < 0,05; Cu < 0,3 %, tos neuzrāda			

Atkarībā no strāvas veida un polaritātes izšķir: elektrodus metināšanai ar maiņstrāvu un metināšanai ar līdzstrāvas tiešo vai apgriezto polaritāti. Ja strāvas izvēle nav būtiska, tad priekšrocības ir pirmajam piktogrammās norādītajām strāvas veidam (3.13.tabula). Elektrodu sertifikātos norāda arī uz nepieciešamību pēc paaugstināta aizdedzes sprieguma. Bieži aizdedzes spriegums nav nepieciešams lielāks par 45 voltiem un to īpaši nenorāda.

3.11.tabula

Triecienizturības temperatūru kodi

Koda skaitlis	Temperatūra, kurā triecienizturība nav zemāka par 47 J
Z	Nereglamentē
A	+20
0	0
2	-20
3	-30
4	-40
5	-50
6	-60

3.12.tabula

Pielaujamais ūdeņraža saturs šuvē

Simbols	Maksimāli pielaujamais ūdeņraža saturs ml uz 100 gramiem šuves masas
H 5	5
H 10	10
H 15	15

Elektrodu pārklājumii satur dzelzs savienojumus. Metināšanas procesā iedarbojoties reducētājiem mangānam, silīcijam un alumīnijam, kas piesaista dzelzs oksīdos esošo skābekli, atbrīvojas dzelzs. Tā pāriet uzšuvi, paaugstinot pārnēstā metāla daudzumu. Elektrodu marķējumos uzrāda, cik % no elektroda masas pāriet šuvē.

3.2.13. Elektrodu marķēšana

Oglekļa un mazlēģēto konstrukciju tēraudu rokas elektrometināšanas elektrodus marķē atbilstoši Eiropas standartam EN 499. Marķējums satur burtu un ciparu virkni - kodus. Katram no tiem ir sava nozīme. Pārklāto elektrodu vispārējais apzīmējums ir burts E, kas norāda, ka tie ir rokas elektrometināšanas elektrodī. Marķējumā aiz burta seko: garantētā šuves tecēšanas robežstiprība (3.7.tabula); minimālā temperatūra, pie kuras triecienizturība nav zemāka par 47 J (3.11.tabula); nosacītais šuves ķīmiskais sastāvs, kas gan netiek prasīts visiem elektrodiem, (3.10.tabula); seguma tips (3.6.tabula); strāvas veids (3.13.tabula); no elektroda uz šuvi pārnēstā metāla daudzums (tabula nav dota); pielaujamais šuves novietojuma telpā (3.8.tabula) un maksimāli pielaujamais ūdeņraža saturs šuvē – mililitros uz 100 gramiem izkausētā metāla daudzuma (3.12.tabula).

Elektrodu marķēšanas pēc Eiropas standarta EN 499 piemērs:

E 46 6 1 Ni B 1 2 H5

kur: E – rokas elektrometināšanas elektrods;
 46 – šuves minimālās tecēšanas robežstiprības kods;
 6 - temperatūras kods, kurā trieciena enerģija nav mazāka par 47 J;
 1 Ni - simbols, kas norāda, ka vidējais niķeļa saturs ap 1 %;
 B - elektroda seguma tips - bāziskais;
 1 - strāvas veida un polaritātes kods;
 2 - iespējamo šuves novietojumu telpā kods;
 H5 – maksimāli iespējamais ūdeņraža saturs, ml 100 gramos izkausētā metāla..

3.13. tabula.

Strāvas veida un polaritātes apzīmējumi

Apzīmējums	Strāvas veids un polaritāte
	Tikai līdzstrāva, elektrodu pievienojot plus spailei.
	Tikai līdzstrāva, elektrodu pievienojot mīnus spailei.
	Tikai līdzstrāva, elektrodu pievienojot plus vai mīnus spailei.
	Tikai maiņstrāva.
	Priekšrocības līdzstrāvai, elektrodu pievienojot plus spailei. Izmantojama arī maiņstrāva.
	Priekšrocības līdzstrāvai, elektrodu pievienojot mīnus spailei. Izmantojama arī maiņstrāva.
	Priekšrocības līdzstrāvai, elektrodu pievienojot plus vai mīnus spailei. Izmantojama arī maiņstrāva.
	Priekšrocības maiņstrāvai, izmantojama arī līdzstrāva, elektrodu pievienojot plus spailei.
	Priekšrocības maiņstrāvai, izmantojama arī līdzstrāva, elektrodu pievienojot mīnus spailei.
	Elektrodu aizdedzes spriegums, volts.

Elektrodu marķēšana pēc Vācijas standarta DIN 1913.

E 51 4 3 B(R) 10,

kur: E - rokas elektrometināšanas elektrods;

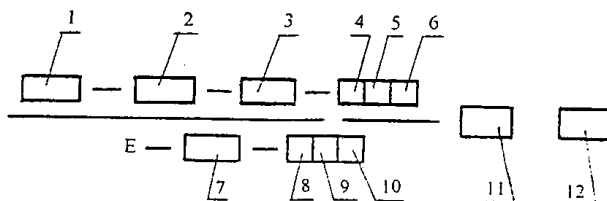
51 – nodrošinātās šuves stiprības stiepē kods;

4 - temperatūras, kurā trieciena enerģija nav mazāka par 28 J, kods;

B(R)- elektrodu seguma tips (jauktais bāziskais + rutila);

10 - kods, kas vienlaicīgi nosaka strāvas veidu, polaritāti, aizdedzes spriegumu un pieļaujamo šuves novietojumu telpā.

Elektrodu marķējuma pēc Krievijas standarta GOST 9466 - 75 struktūra:



- kur - E - elektroda tips;
 2 - elektroda marka;
 3 - elektroda diametrs, mm;
 4 - elektroda uzdevums;
 5 - elektroda seguma biezuma apzīmējums;
 6 - elektroda grupas Nr. pēc kaitīgo piemaisījumu satura;
 7 - indeksu grupa, kas raksturo izkausētā metāla īpašības;
 8 - elektrodu seguma tipa nosacītais apzīmējums;
 9 - pieļaujamā šuves novietojuma telpā kods;
 10 - strāvas veida, polaritātes un aizdedzes sprieguma kods;
 11 - valsts standarta numurs, kas nosaka elektrodu marķēšanu;
 12 - valsts standarta numurs, kas nosaka elektrodu iedalījumu tipos.

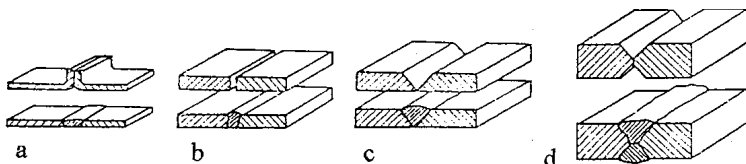
Elektrodu markas pēc Krievijas standarta GOST 9466 – 75 piemērs:

Э46А - УОНИИ - 13 - 45 3:0 - УД2
 E 43 2(5) - Б 10 ГOST 9466 ; ГOST 9467

- kur: Э46А - elektroda tips (šuves stiprība stiepē ne mazāka par 460 МПа ar paaugstinātu plastiskumu);
 УОНИИ -13-45 - elektroda marka;
 3,0 - elektroda diametrs, mm;
 У - elektroda uzdevums (oglekļa konstrukciju tēraudu metināšanai);
 Д - elektrodu seguma biezums (biežais segums);
 2 - elektrodu grupa pēc kaitīgo piemaisījumu sēra un fosfora satura;
 43 - minimālā šuves stiprība stiepē (430 МПа);
 2 - kods, kas raksturo šuves plastiskumu ($\delta > 22\%$);
 (5) - šuves triecienizturības kods (tā - 40 °C temperatūrā > 47 J);
 Б - bāziskais seguma tips;
 1 - pieļaujamā šuves novietojuma telpā kods (jebkurā telpas stāvoklī);
 0 - strāvas veida, polaritātes un aizdedzes sprieguma kods (līdzstrāva, elektrodam pievienojot plus spaili, ar normālu līdz 45 V aizdedzes spriegumu).

3.2.14. Elektrometināšanas tehnoloģija

Metināto savienojumu konstruktīvie elementi ir standartizēti. Sametināmo elementu malu apstrādi veic atbilstoši materiāla biezumam un metināšanas paņēmienam. Sametinot 1...3 mm biezas loksnes, malas atloka 3...5 mm augstumā, saliek bez spraugas un sametina (3.33.att.). Trīs līdz astoņus milimetrus biezas loksnes metina sadursavienojumos, atstājot starp tām 1...3 mm platu spraugu. Biezākām par 8 mm loksņēm malas noslīpina V vai X veidā un saliek ieturot 3...5 mm spraugu.



3.33.att. Sametināmo malu sagatavošana:

a- malas atlokot; b - bez malu apstrādes; c - noslīpinot V veidā; d - noslīpinot X veidā

Elektrodus metināšanai izvēlas pēc tipa. Mazoglekļa tēraudu metināšanai (šuves stiprībā stiepē 320...500 MPa) lieto elektrodus E 35, E 38, E 42 (pēc Eiropas standarta EN 499), vidēja oglekļa satura tēraudu metināšanai (stiprība stiepē nepārsniedz 500...600 MPa) - elektrodus E 46, E 50.

Elektroda diametru d nosaka sametināmā materiāla biezums un īpašības, orientējoši $d = 0,5$ no s (s - metināmā materiāla biezums, mm). Eiropas standarts paredz elektrodu diametrus: 2,0; 2,5; 3,2; 4,0; 5,0 u.c. Strāvas stiprumu ieregulē atbilstoši elektroda diametram, orientējoši:

$$I = k \times d, \text{ A}$$

kur: k - strāvas blīvums ampēros uz katru elektroda diametra mm.

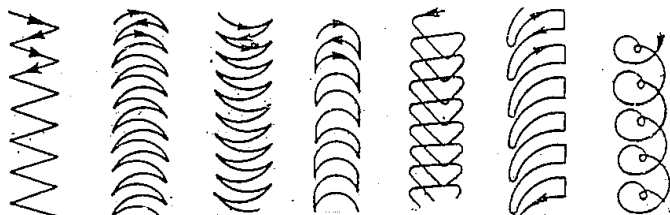
Metinot mazoglekļa tēraudu - $k = 40...50$ A/mm; metinot vidēja oglekļa satura tēraudu - $k = 30...40$ A/mm, metinot čugunu - $k = 20$ A/mm.

Optimālais metināšanas režīms dots elektrodiem pievienotajos sertifikātos, kuros ar nosacītiem apzīmējumiem norādīts: seguma tips, strāvas veids, strāvas stiprums, polaritāte, aizdedzes spriegums, pieļaujamais šuves novietojums telpā u.c. informācija.

Elektroloku ierosina ar elektroda gala uzsītienu pa vienu no sametināmiem elementiem. Pēc tam to atvirza 2...5 mm attālumā no elementu virsmas. Metināšanas gaitā metinātājs veic trīs kustības:

*atbilstoši elektroda kušanas ātrumam, to tuvina šuvei, saglabājot nemainīgu loka garumu;

- *pārvieta elektrodu šuves garenvirzienā;
- *ar elektroda galu veido šķērskustības. To raksturs ir atkarīgs no metinātāja iemaņām (3.34.att.). Plānas loksnes metina bez šķērskustībām.



3.34.att. Biežāk izmantotās elektroda gala šķērskustības (piemēri).

Šuves telpā varbūt apakšējās horizontālās, vertikālās un virs galvas. Izdevīgākās metināšanai ir apakšējās šuves. Vertikālās šuves biežāk metina no apakšas uz augšu. Virs galvas šuves, lai atvieglotu pilienu pārņemšanu, metina ar īsu loku. Biežus materiālus metina vairākās kārtās. V veida šuves metina vairākās kārtās no vienas puses, pēc tam sametina pamatni no otras puses. Deformāciju samazināšanai X veida šuves metina pārmaiņus no vienas un otras puses. Garas vienlaidu šuves metina atsevišķos posmos.

3.3. ELEKTROMETINĀŠANAS AUTOMATIZĀCIJA

3.3.1.Metināšanas aizsarggāzēs process

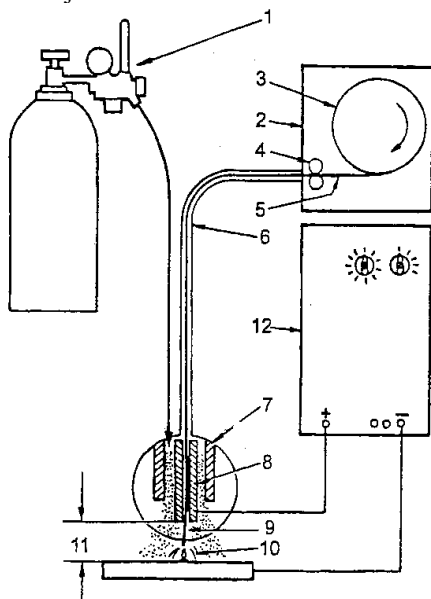
Metināšana aizsarggāzēs ir viens no rokas elektrometināšanas automatizācijas virzieniem. To veic ar kūstošiem metāla elektrodiem (MIG/MAG procesi) vai arī ar nekūstošu volframa elektrodu (TIG process).

MIG/MAG metināšanā elektriskais loks deg starp metāla stiepli un sametināmiem elementiem (3.35.att.). Stieple uztīta uz spoles un ievietota kasetē. Padeves mehānisma rullīši stiepli virza cauri lokanai degļa šļūtenei un ievada metināšanas deglī. Padeves ātrums ir vienmērīgs un saskaņots ar stieples kušanas ātrumu, kas nodrošina elektriskā loka stabilitāti.

Elektrisko enerģiju lokam no strāvas avota pievada pa atsevišķu kabeli, kas iemontēts degļa šļūtenē. Stabīlu kontaktu strāvas pievadam ar stiepli nodrošina īpašs kontakts (uzgalis).

Aizsarggāzu primārais uzdevums ir novērst apkārtējās vides tiešu saskari ar metināšanas stiepli kušanas zonā, elektrisko loku un izkausēto metālu šuvē. Gāzi degļa sprauslai padod no baloniem pa atsevišķu

elastīgu cauruli. Metināšanas procesu un savienojumu veidošanos ietekmē vairāku gāzu mijiedarbība.



3.35.att. MIG/MAG metināšanas shēma:

1. – reduktors; 2. – stieples padeves mehānisms; 3. – stieples kasete;
4. – padeves rullīši; 5. – stieple; 6. – šļūtene; 7. – deglis; 8. – kontakts;
9. – aizsarggāze; 10. – elektriskais loks; 11. – attālums starp sprauslu un detaļu; 12. – strāvas avots.

Pusautomātiskajā metināšanā aizsarggāzēs izmanto speciālus šļūteņu pusautomātus, bet automātiskajā - universālos automātus.

Par strāvas avotiem MIG/MAG metināšanā izmanto invertorus un taisngriežu iekārtas ar lēzeni krītošu, vai pat cietu raksturlīkni. Tiem ir salīdzinoši zems tukšgaitas spriegums. Neatkarīgi no strāvas stipruma svārstībām un stieples kušanas ātruma izmaiņām, kas rodas mainoties loka garumam, strāvas avoti ar lēzeni krītošām raksturlīknēm nodrošina metināšanas procesam stabilitāti.

Salīdzinot ar rokas elektrometināšanu (MMA), MIG/MAG procesiem ir vairākas būtiskas priekšrocības:

1. iespējas metināt visus konstrukcijas materiālus;
2. iespējas metināt ļoti plānus lokšņu materiālus, (sākot no 0,5 mm);
3. iespēja metināt jebkuros telpas stāvokļos;
4. nav nepieciešama šuvju attīrīšana no sārnēm;
5. augsta produktivitāte;
6. iespēja mehanizēt un kontrolēt metināšanas procesu.

3.3.2. Metināšanas aizsarggāzēs stieples

Metināšanā aizsarggāzēs lieto divu veidu stieples: monolītās un stieples ar pulvera pildījumu. Monolītās stieples jeb vienkārši stieples automātiskajai un pusautomātiskajaietināšanai aizsarggāzēs izgatavo diametrā no 0,6 līdz 2,4 mm ar daudzveidīgu ķīmisko sastāvu.

Tērauda stieplu virsmas parasti pārklāj ar plānu vara kārtiņu, kas pasargā tās no korozijas, atvieglo strāvas pievadīšanu un samazina berzi padeves procesā. Pēdējos gadosetināšanai aizsarggāzēs ieviešas stieples bez vara pārklājumiem (Eco Mig). Tās nerada varu saturošus dūmus un neveido šuvē vara daļiņu ieslēgumus. Stieplietināšanai piegādā īpašās kasetēs. Stieples masa kasetē var būt 5 vai 15 kg.

Stieples klasificē un marķē pēc standarta LVS EN 440. Apzīmējums satur vairākus stiepli raksturojošus parametrus. Piemēram:

EN 440 G 42 4 M G2Si1

kur EN 440 – Eiropas standarta Nr.

G - monolītā stiepleetināšanai aizsarggāzēs;

42 - šuvei garantētā tecēšanas robežstiprība, 420 kg/mm²;

4 - šuvei nodrošinātā stigrība 47 J pie –40⁰ C;

M - piemērotais aizsarggāzu maisījums pēc LV EN 439;

G2 - mangāna saturs stieplē 0,9...1,3 %;

Si1 - silīcija saturs 0,5...0,8 %.

Stieples ar pulverveida pildījumu izgatavo no lentes. Ražošanas procesā lentu virza caur rullīšu mehānismu, vispirms lentu izliec pusaplī, piepilda ar pulvera masu un pēc tam saspiež cauruļveidīgu. Stieples pildījums daļēji izpilda funkcijas, kas analogas elektrodu pārklājumam (segumam), kādus lieto MMAetināšanā. Pēc ķīmiskā sastāva izšķir: rutila, bāzisko un metāla pulvera pildījumus (3.14.tabula).

3.14.tabula

Pulvera pildījuma stieplu tipi

Apzīmējums	Raksturojums	Aizsarggāze
R	Rutila sārņi, kas lēni kristalizējas	Nepieciešama
P	Rutila sārņi, kas ātri kristalizējas	Nepieciešama
B	Bāziski	Nepieciešama
M	Metāla pulveris	Nepieciešama
V	Rutila vai bāziskais (fluorīdi)	Nav nepieciešama
W	Bāziskais (fluorīda) ar lēnu kristalizāciju	Nav nepieciešama
Y	Bāziskais (fluorīda) ar ātru kristalizāciju	Nav nepieciešama
Z	Pārējie tipi	

Metāla pulvera pildījuma stieplēm nav sārnus veidojošu elementu, bet tās paaugstina metināšanas procesa produktivitāti. Loka degšana ir stabila un elektroda masas zudumi izšķakstoties nelieli. Metināšanā ar pulvera pildījuma stieplēm ir nepieciešami īpaši aizsarggāzu maisījumi (3.15.tabula). Tās biežāk lieto automatiskajā metināšanā.

Pievienojot pildījumam elementus, kas pilnībā aizsargā šuvi no apkārtējās vides ietekmes, iegūst pašaizsargājošās stieples. Aizsargāzu plūsma tām nav nepieciešama. Tās piemērotas metināšanai caurvējā un to izmantošana ir lietderīga celtniecības montāžas darbos, jo nav nepieciešami gāzu baloni. Metināšanai telpās pašaizsargājošās stieples uzskata par toksiskām. Plašāku to lietošanu ierobežo salīdzinoši augstās cenas, kas pārsniedz aizsargāzu izmaksas. Tās ir 4...5 reizes dārgākas par monolītajām stieplēm.

Pulverpildījuma stieples marķē pēc EN 758. Piemēram:

EN 758 T 46 3 1Ni B M 4 H5

- kur T – stieple ar pulverpildījumu;
 46 – šuves garantētā tecēšanas robežstiprība 460 kg/mm²;
 3 - šuves stigrība 47 J pie -40⁰ C;
 1Ni – ķīmiskais sastāvs (atšifrējums pēc LVS EN 499 (3.10.tabula);
 B - pildījuma tips (3.14.tabula);
 M - lietojamā aizsarggāze (3.15.tabula);
 4 - metinātās šuves stāvoklis telpā (pēc LVS EN 499 4.(3.9.tabula);
 H5 – ūdeņraža daudzums šuvē.

3.15.tabula

Aizsarggāzu maisījumi metināšanā ar pulvera pildījuma stieplēm

Simbols	Aizsarggāze
M	M2, gāzu maisījums pēc LVS EN 439
C	C1, ogļskābā gāze pēc LVS EN 439
N	Aizsarggāze nav nepieciešama

3.3.3. Gāzu raksturojums

Atsevišķu gāzu ietekmi uz metināšanas procesu un savienojumu veidošanos nosaka to fizikālās un ķīmiskās īpašības. Pēc ķīmiskās dabas aizsarggāzes iedala inertajās un aktīvajās gāzēs. Pie inertajām pieder argons un hēlijs, pie aktīvajām ogļskābā gāze un tās maisījumi.

Argons (Ar) ir viena atoma gāze bez krāsas un smaržas, aptuveni 1,4 reizes smagāks par gaisu. To iegūst no gaisa, kur tā daudzums ir ap 1 %. Argona ieguves procesā gaisu sašķidrina un ļauj iztvaikot. Vispirms pie -183 °C temperatūras atdalās skābeklis, pie -186 °C – argons un pie -196

⁰C – slāpeklis. Pēc atdalīšanas no gaisa argonu attīra no piemaisījumiem (skābekļa, slāpekļa un ūdens).

Hēlijs (He) līdzīgi argonam ir viena atoma gāze bez krāsas un smaržas. Tā ir otra vieglākā aiz ūdeņraža gāze, septiņas reizes vieglāka par gaisu, 10 reizu vieglāka par argonu. Hēliju iegūst sašķidrinot dabas gāzes un atdalot no tām piemaisījumus. Nevēlami piemaisījumi hēlijam, tāpat kā argonam, ir slāpeklis, skābeklis un ūdens. Firma AGA piegādā patērētājiem argonu un hēliju ar 99,99 % tīrību, kas atbilst kvalitātei - S.

Ūdeņradis (H_2) ir visizplatītākais elements dabā. Tas ietilpst ūdens, daudzu minerālu, naftas, akmeņogļu, dabas gāzu un visu dzīvo un nedzīvo organisko vielu sastāvā. Ūdeņradis ir pati vieglākā gāze. Tā ir 14,5 reizes vieglāka par gaisu, bez krāsas un smaržas. Labi šķīst metālos, bet vāji - ūdenī.

Slāpeklis (N_2) ir bezkrāsaina gāze bez smaržas, ar stabilu divu atomu molekulu. Tā īpatsvars atmosfēras gaisā ap 78 %. Ietilpst visu olbaltumvielu sastāvos.

Skābeklis (O_2), ir bezkrāsaina gāze bez smaržas, ķīmiski aktīvs, nedaudz smagāks par gaisu, ir izplatīts elements dabā. Sastopams neorganiskos un organiskos savienojumos.

Ogļskābā gāze (CO_2) ir triju atomu gāze bez krāsas ar vieglu smaržu, 1,5 reizes smagāka par gaisu. To iegūst galvenokārt reaģējot sērskābei ar krītu. Ogļskābā gāze var atrasties gāzveida, šķidrā vai cietā stāvoklī (sausais ledus), Metināšanā izmanto šķidro ogļskābi, kas iepildīta balonos. Standarta balonā, kura tilpums 40 l, iepilda 25 kg šķidrās ogļskābes. Tā aizņem 67,5 % no balona tilpuma un iztvaikojot dod 12,67 m³ gāzes. Ogļskābās gāzes galvenie piemaisījumi ir gaiss un ūdens. Tīru CO_2 metināšanā praktiski vairs neizmanto, jo tā šuvei nenodrošina augstu kvalitāti, bet metināšanas process raksturīgs ar palielinātu stieples patēriņu.

Saspiesto gāzu balonus izgatavo no oglekļa vai leģētā tērauda cauruļu veida sagatavēm, bet to ventiļus - no misiņa vai no nerūsošā tērauda. Ventiļu vītnes, lai novērstu neatbilstošu padeves šļūteņu pievienošanu, izgatavo ar atšķirīgiem parametriem. Balonu tilpums var būt 20, 40 vai 50 l. Katrai gāzei noteikts savs balonu krāsojums (3.16.tabula).

3.16.tabula

Saspiesto gāzu balonu krāsojums

Argons	Tumši zaļš
Slāpeklis	Melns
Ogļskābā gāze	Pelēks
Hēlijs	Brūns

Gāzi balonos iepilda līdz noteiktam spiedienam parasti 20⁰ temperatūrā. Mainoties apkārtējās vides temperatūrai, izmainās spiediens balonā (3.17.tabula). Argona, hēlija, skābekļa un slāpekļa daudzumu balonā aprēķina, sareizinot balona tilpumu litros ar tās spiedienu baros (spiediena vienība). Spiedienu nosaka pēc balonam pievienotā manometra.

3.3.4. Gāzu ietekme uz metināšanas procesu

Tīras gāzes metināšanā lieto ļoti reti, biežāk izmanto gāzu maisījumus. Gāzu fizikālajām īpašībām un to sastāviem ir tieša ietekme uz metināšanas procesa elektriskajiem un termiskajiem parametriem.

Inertās gāzes - argons un hēlijs ar šķidro materiālu šuvē ķīmiski nereaģē, bet tās ietekmē metināšanas procesa norisi. Argona zemā jonizācijas enerģija nodrošina elektriskā loka stabilitāti, bet tā plūsma labi aizsargā loku (gāze ir smagāka par gaisu). Metinot ar maiņstrāvu vai apgrieztās polaritātes līdzstrāvu alumīniju, argons veicina oksīdu plēvītes, kas veidojas virs šuves, sagraušānu. Turpretī hēlijam piemīt augsta jonizācijas enerģija, kas sekmē loka aizdedzināšanu. Metinot hēlija plūsmā 1,5...2 reizes palielinās loka spriegums, izdalās lielāks siltuma daudzums un uzlabojas metināmo elementu caurkausēšanas spējas. Metināšanā, lietojot argona un hēlija maisījumus, vienlaicīgi uzlabojas loka aizdedzināšana un stabilitāte. Argona un hēlija maisījumi pastiprina arī siltuma izdalīšanos. Metinot alumīniju un tā sakausējumus 40 % Ar + 60 % He maisījumā, veidojas ļoti blīvas šuves.

Aktīvajām gāzēm metināšanā ir tieša ietekme uz metalurģiskajiem procesiem. Nelieli to piemaisījumi veicina loka aizdedzināšanu un stabilitāti, sekmē šķidro metāla pilienu pārneses procesus, samazina izšļakstīšanos, veicina šuves veidošanos, palielina šuves caurkausēšanas dziļumu un metināšanas ātrumu. Gāzes sastāvu izvēlas atbilstoši metināmo materiālu jūtīgumam pret piemaisījumiem.

3.17.tabula

Spiediena izmaiņas gāzu balonos temperatūras ietekmē

Temperatūra °C	Ar, O ₂ , N ₂ , He, bari	C ₂ H ₂ , bari	CO ₂ , bari
-20	121	6	15
-10	128	8	24
0	135	10	32
+10	143	13	45
+20	150	20	55
+30	137	23	70
+40	165	26	-

Inertām gāzēm, pievienojot aktīvās gāzes CO_2 , NO vai O_2 , stabilizējas elektriskais loks un uzlabojas siltuma atdeve šuvei. Gāzu siltuma parametri (vadītspēja) uzlabo šuves ģeometrisku formu un ietekmē metināšanas ātrumu. Alumīnija MIG un TIG procesos metināšanas ātrums palielina aizsarggāzei pievienotais hēlijs. Metinot nerūsošo tēraudu (TIG process), metināšanas ātrums pieaug, aizsarggāzei pievienojot ūdeņradi.

Argona un ogļskābās gāzes maisījumus - AGA MIX 2 un AGA MIX 20, izmanto MIG/MAG metināšanā. Tie uzlabo loka stabilitāti un šuves veidošanos, īpaši metinot plānus materiālus. Lai gan AGA MIX 20 maisījums ir dārgāks par CO_2 , metinot ar AGA MIX20 pusotras reizes pieaug metināšanas ātrums. Tā izmantošana ir ekonomiski pamatota.

Oksidējošo gāzu – skābekļa O_2 un ogļskābās gāzes CO_2 piedevas veicina dažu ķīmisko elementu izdegšanu, bet uzlabo šķidrā sakausējuma plūstamību. 2...3 % skābekļa piemaisījums argonam (AGA MIX O_2) izmaina šķidrā metāla pārnese procesu (no pilieni pārnese uz strūklveida), samazina iedegumu veidošanos šuvē un paaugstina produktivitāti. Reducējošās gāzes ūdeņraža H_2 piedeva piesaista skābekli un nodrošina šuves dezoksidēšanu.

Mazoglekļa tērauda konstrukciju metināšanā no aizsarggāzēm visbiežāk lieto MISION 18 (3.18.tabula). Tā ir universālākā no MISION tipa gāzēm. Automātiskajā metināšanā, lietojot robottehniku, izmanto MISION 8, bet ar oksīdiem pārklātu (netīru) šuvju metināšanā – MISION Ultra ($CO_2 = 25\%$).

3.18.tabula

Aizsarggāzu klasifikācija pēc ķīmiskā sastāva atbilstoši EN 439

Metināmais materiāls	Aizsarggāze	Sastāvs, %				Apzīmējums pēc EN 439
		Ar	O_2	CO_2	He	
Oglekļa un mazlēģētais tērauds	MISION 8	92		8		EN 439-SM21
	MISION 18	82		18		EN 439-SM21
	MISION 25	75		25		EN 439-SM21
	FOGON 8	92		8		EN 439-SM21
	FOGON -20	80		20		EN 439-SM21
	CO_2	-		100		EN 439-C1
Nerūsošais tērauds	MISION 2	98		2		EN 439-SM12
	MISION 2 He	89			2	EN 439-S51
	FOGON 2	98		2		EN 439-M12
	TIXON 2	98	2			EN 439-M13
	ROBINON	69	1		30	EN 439-M13
Alumīnijs un tā sakausējumi	MISION	100				EN 439-S11
	Argon	100				EN 439-S11

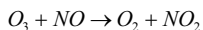
Metināšanas process rada vides piesārņojumus un metinātājiem toksiskus darba apstākļus. Pamata piesārņojums ir putekļi, dūmi un toksiskās vielas. Viena no kaitīgākām toksiskajām vielām ir ozons O_3 .

Dabā ozons rodas zibens ietekmē, betetināšanā to rada elektriskais loks. Vislielākā ozona emisija ir novērojama 15 cm attālumā no elektriskā loka.

Nelielos daudzumos ozons darbojas kā dezinficējošs līdzeklis, bet palielinātās devās tas ir toksisks un kairinošs. Ozons metinātājam var radīt elpošanas ceļu iekaisumus, sausuma sajūtu mutē, acu asarošanu, biežas un nepārejošas galvassāpes, sāpes krūtīs un sirds rajonā, pastāvīgu nogurumu. Tas veicina saslimšanu ar saaukstēšanās slimībām.

Izšķir divu veidu ozona piesārņojuma novēršanas metodes – pasīvo un aktīvo. Par pasīvo metodi uzskata ventilāciju. Tā piesārņojumu neiznīcina, bet pārvieto no metināšanas vietas uz citu zonu.

Aktīvās metodes pamatā ir AGA SIA radītās MISON tipa aizsarggāzes (3.19.tabula). To izmantošana metināšanā samazina ozona līmeni līdz pieļaujamai robežai. Ozona samazināšanu panāk, aizsarggāzēm pievienojot NO (slāpekļa oksīdu), kas piesaista ozona lieko atomu un pārvērš to mazāk toksiskā savienojumā NO_2 .



Blakus Eiropas standarta EN 439 apzīmējumiem, firmas - gāzu ražotājas lieto atšķirīgus apzīmējumus. Piemēram, aizsarggāzes FOGON 20; AGA MIX 20 u.c.

3.19.tabula

MISON tipa aizsarggāzes ar slāpekļa oksīda NO piejaukumu

MISON 25	$Ar + 25\%CO_2 + 0,03\%NO$	MISON 8	$Ar + CO_2 + 0,03\%NO$
MISON 18	$Ar + 18\%CO_2 + 0,03\%NO$	MISON Ar	$Ar + 0,03\%NO$

3.3.5.TIG process

TIG metināšanā elektriskais loks deg starp nekūstošu elektrodu un sametināmiem elementiem. Nekūstošais elektrods iestiprināts metināšanas deglī. Piedevu materiālu – stiepli ievada loka zonā no sāniem ar roku vai ar speciāla padeves mehānisma palīdzību. Elektrisko enerģiju no strāvas avota lokam pievada pa atsevišķu kabeli un degļa šļūtenē pievieno nekūstošajam elektrodam.

TIG metināšanā lieto volframa elektrodus ar nelielām citu elementu piedevām, kas paaugstina to ilgzinātību, (piemēram, pievieno toriju un lantānu). Elektrodi, kas satur lantānu, pieļauj pazeminātus metināšanas režīmus, bet ir mazāk toksiski par elektrodiem ar torija piedevu.

Elektriskajā lokā volframa elektrodi nekūst, bet nedaudz iztvaiko. To patēriņš vidēji 0,5 g uz 1m sametinātās šuves. Volframa elektrodus marķē atbilstoši ķīmiskajam sastāvam iekrāsojot (3.20.tabula).

3.20.tabula

Volframa elektrodu marķēšana

Nr p. k.	Ķīmiskais sastāvs	Marķējuma krāsa	Apzīmējums	
			AWS	EN
1.	Volframs bez piemaisījuma	zaļš	EWP	WP
2.	Volframs + 1% torija	dzeltens	EWTh-1	
3.	Volframs + 2% torija	sarkans	EWTh-2	WT 20
4.	Volframs + 1 vai 2% slāņotā torija	zils	EWTh-3	
5.	Volframs + 0,25...0,5% cirkonija dioks.	brūns	EWZr	WZ 3
6.	Volframs + 0,7...1% cirkonija dioksīds	balts		WZ 8
7.	Volframs + 0,9...1,2% lantāna dioksīds	melns		WL 10
8.	Volframs + 1,8...2.2 cērija dioksīds	pelēks		WL 20

Metināšanas procesi aizsarggāzēs nepārtraukti attīstās. To veicina invertora tipa strāvas avotu un pulsējošā loka ieviešana. Procesu optimizāciju nodrošina, apvienojot netradicionālus metināšanas parametrus ar īpašiem gāzu maisījumiem. Piemēram, metināšanā ieviešas argona un CO₂ aizsarggāzu maisījumu padeve, ar palielinātu plūsmu līdz 20 l/min (parasti līdz 12 l/min). Procesu intensifikācijas pamatā - palielināti stieples padeves ātrumi pie relatīvi zema loka sprieguma, kā arī palielināts sprauslas attālums no šuves. Metināšana norit ar izkliedētu loku.

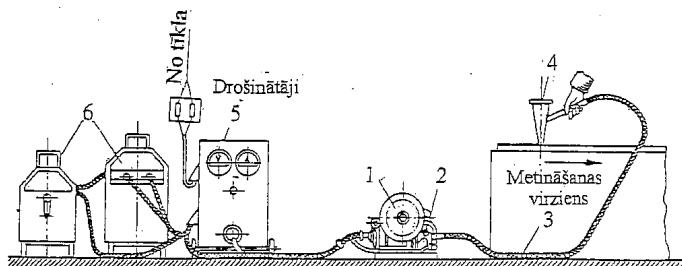
3.3.6. Automātiskā un pusautomātiskā metināšana zem kušņiem

Atšķirīgs no metināšanas aizsarggāzēs elektroloka metināšanas automatizācijas virzieniem ir pusautomātiskā un automātiskajā metināšana zem kušņiem (SAW process). Šajā procesā kausēšanas zonu apber no īpašas tvertnes ar kušņiem un elektriskais loks deg izolēti no apkārtējās vides. Kušņi elektrolokā izkūst un pārklāj šuvi. Mijiedarbībā ar izkausēto metālu uz šuves veidojas sārņu kārtā. Kušņu pārpalikumus metināšanas gaitā atsūc un atgriež tvertnē. Pusautomātiskajā metināšanā zem kušņiem tāpat kā metināšanā aizsarggāzēs mehānizēta tikai elektroda stieples padeve, bet elektroloka pārvietošanu šuves garenvirzienā veic metinātājs. (3.36.att.).

Elektroda stiepli no kasetes ievada padeves mehānisms lokanā vadā, kas to virza uz elektrodu turētāju un šuves zonu. Lokano vadu izmanto arī

strāvas pievadīšanai. Ar pusautomātisko metināšanu metina visu veidu savienojumus ar taisnām, līklīniju vai gredzenveida šuvēm.

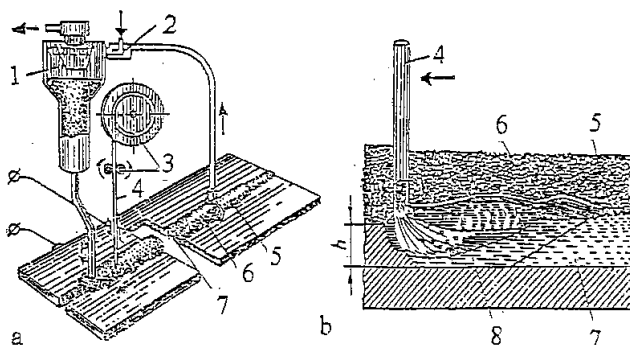
Automātiskajā metināšanā mehānizētas abas padeves (3.37.att.). Automātiskajai metināšanai ir augstāks elektroloka siltuma izmantošanas koeficients (90...95%) un 5...10 reizes augstāka produktivitāte.



3.36.att. Pusautomātiskās metināšanas shēma:

- 1 - elektrodu stieples kasete; 2 - padeves mehānisms; 3 - lokanaiss vads; 4 - kušņu tvertne; 5 - elektrosadale; 6 - strāvas avots.

Izšķir divu tipu automātiskās metināšanas iekārtas - ar kūstošu metāla stieples elektrodu un ar nekūstošu elektrodu. Loka barošanai izmanto taisngriežu iekārtas vai līdzstrāvas ģeneratorus. Automātiskajā metināšanā biežāk veido sadursavienojumus ar taisnām šuvēm.



3.37.att. Automātiskā metināšana zem kušņiem:

- a - metināšanas shēma; b - kausēšanas shēma; 1 - kušņu tvertne; 2 - kušņu atsūcējs; 3 - stieples kasete un padeves mehānisms; 4 - elektrodu; 5 - sārnis; 6 - kušņi; 7 - sacietējuši šuve; 8 - nesacietējuši šuves daļa.

3.3.7. Elektrometināšanas kušņi

Kušņu uzdevums ir analogs elektrodu pārklājuma (seguma) uzdevumam. Tie stabilizē elektroloku, nodrošina šuvei noteiktas mehāniskās īpašības vai arī ķīmisko sastāvu, novērš poru un plaisu rašanos, rada sārņus, kas viegli atdalās no šuves.

Pēc izgatavošanas tehnoloģijas, kušņus iedala kausētajos un keramiskajos, pēc sārņu rakstura - bāziskos un skābos, bet pēc ķīmiskā sastāva - ar lielu, vidēju vai mazu silīcija un mangāna saturu.

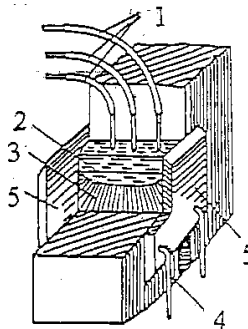
Kausētos kušņus iegūst, sakausējot atbilstošu šihu liesmu vai elektrokrāsnīs. Pēc tam tos granulē. Maza oglekļa satura tērauda konstrukcijas metina, kombinējot augsta mangāna satura stiepli ar kušņiem, kas nesatur mangānu; ar vidēja satura mangāna stiepli un kušņiem ar nelielām mangāna piedevām; vai arī ar zema mangāna satura stiepli un augsta mangāna satura (45...48%) kušņiem. Pēdējo no paņēmieniem lieto visplašāk.

Keramisko kušņu izgatavošanas tehnoloģija ir analoga elektrodu seguma sastāva sagatavošanai. Pēc komponentu sajaukšanas, masu pārvērš 1...3 mm lielās granulās, kuras izžāvē un izkarsē. Keramisko kušņu priekšrocība, ka tie pieļauj šuves leģēšanu ar jebkuriem ķīmiskiem elementiem.

3.3.8. Metināšana elektrosārņos

Atšķirībā no iepriekšējiem procesiem metināšana elektrosārņos norit bez elektriskā loka. Sametināmos elementus un piedevmateriālu kausē siltums, kas rodas strāvai plūstot caur augstas elektropretestības kušņiem. Kušņiem izkūstot veidojas sārņi. Siltuma daudzumu, kas rodas metināšanas procesā, nosaka Džaula - Lenca likums:

$$Q = 0,24 \times I^2 \times R \times t$$



3.38.att. Metināšanas elektrosārņos shēma:

1 - elektrodi; 2 - šķidrie sārņi; 3 - sametinātā šuve;
4 - metināmā detaļa; 5 - kristalizators.

Produktīvāka ar augstāku šuves kvalitāti un zemākām izmaksām ir metināšana elektrosārnos, izmantojot trīsfāzu strāvu (3.38.att.). Tā vienā pārgājienā ļauj sametināt elementus ar lielāku biezumu. Metināšanai elektrosārnos piemērotākas ir sadursšuves. To biezums sasniedz 150...450 mm.

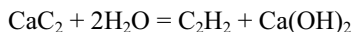
3.4. GĀZMETINĀŠANA

3.4.1. Gāzmetināšanas materiāli

Gāzmetināšanā (OAW process) sametināmos elementus kausē ar gāzes liesmu, kas rodas sadedzinot deggāzi skābeklī. Biežāk par deggāzi lieto acetilēnu. Tā sadegšana nodrošina augstāku liesmas temperatūru.

Normālos apstākļos acetilēns C_2H_2 ir gāze, nedaudz vieglāka par gaisu (1 m^3 masa - 1,09 kg), Zemās temperatūrās (pie $-81\text{ }^{\circ}\text{C}$) tā sašķīdinās. Ķīmiski tīram acetilēnam nav garšas un krāsas. Metināšanā lieto tehnisko acetilēnu, kas satur piemaisījumus: amonjaku, sērūdeņradi u.c. Tie piedod acetilēnam raksturīgo smaržu un padara toksisku (kaitīgu dzīvīem organismiem). Lai novērstu polimerizāciju vai arī iespējamo sadalīšanos, acetilēna ražošanā temperatūra nedrīkst pārsniegt $60\text{ }^{\circ}\text{C}$, bet spiediens 1 baru. Acetilēns ilgstošā saskarē ar sudrabu vai varu, rada eksplozīvus savienojumus. Acetilēna ražošanas, uzglabāšanas un transportēšanas aparātūras izgatavošanai nedrīkst izmantot tīru varu un vara sakausējumus, kuros vara saturs pārsniedz 70 %, kā arī sudrabu. Acetilēns ļoti labi šķīst acetona. Pie normāla spiediena un temperatūras vienā tilpumā acetona izšķīst 25 tilpumi acetilēna. Palielinot spiedienu, acetilēna šķīdība acetona ievērojami pieaug. Šo īpašību izmanto, uzglabājot un pārvadājot acetilēnu balonos. Tos piepilda ar porainu masu (aktīvo ogli) un acetona izšķīdinātais acetilēns aizpilda aktīvās ogles poras, samazinot sprādziena bīstamību.

Tehnisko acetilēnu iegūst no kalcija karbīda - CaC_2 un ūdens H_2O :



Savienojoties ar ūdeni, karbīds strauji sadalās un izdala acetilēnu. Atlikumā paliek veldzētie kaļķi. Reakcijā izdalās arī siltums. Teorētiski 1 kg ķīmiski tīra kalcija karbīda dod 344,4 litri acetilēna, praktiski no viena kg karbīda iegūst ap 230...280 l acetilēna, jo tehniskais kalcija karbīds satur daudz piemaisījumu.

Kalcija karbīdu ražo, sakausējot neveldzētus kaļķus un koksu elektrokrāsnīs $1800\text{...}1900\text{ }^{\circ}\text{C}$ temperatūrā. Iegūto karbīdu sasmalcina un šķiro pēc graudu lieluma. Standarts paredz četru lielumu granulāciju: 2...8 mm, 8...15 mm, 15...25mm un 25...80 mm. Kalcija karbīda sadalīšanas ātrumu nosaka granulācija. Lai novērstu karbīda smalksnes pārāk strauju

sadalīšanos, to pirms lietošanas sajauc ar mazutu. Kalcija karbīdu uzglabā un transportē hermētiski noslēgtās tērauda skārda mucās. Tās atver ar misiņa laužni un veseri vai speciālu nazi. Mucas atvērt ar cirtni nav pieļaujams, jo var izraisīt sprādzienu.

Gāzmetināšanā acetilēna aizstāšanai izmanto citas deggāzes: metānu, propāna - butāna maisījumu, naftas gāzi, koksa gāzi, petrolejas un benzīna tvaikus. To liesmas temperatūras ir zemākas, tādēļ piemērotas tikai pie zemākām temperatūrām kūstošu materiālu - misiņa, alumīnija u. c. metināšanai un tērauda griešanai ar skābekli. Griešanā tēraudu neizkausē, bet sakarsē līdz tā uzliesmošanas temperatūrai skābeklī.

Gāzmetināšanā un gāzgriešanā lieto tehnisko skābekli. Skābekli iegūst:

- Ķīmiski no reaktīviem, kuri savienojoties izdala skābekli;
- Elektrolīzējot ūdeni;
- No atmosfēras gaisa.

Izplatītākais un ekonomiski izdevīgākais ir paņēmiens skābekļa iegūšanai no gaisa. Tā pamatā ir gaisa sastāvā esošo skābekļa un slāpekļa atšķirīgās sašķidrināšanās temperatūras. Vispirms gaisu ar kompresoriem vairākkārt saspiež, atdzesē un tas sašķidrinās. Pēc tam ļaujot tam iztvaikot atdala skābekli no slāpekļa. Pie normālā spiediena 20 °C temperatūrā viena m³ skābekļa masa ir 1,33 kg.

Skābekļa maisījums noteiktās attiecībās ar deggāzēm un saskarē ar eļļām kļūst sprādziena bīstams.

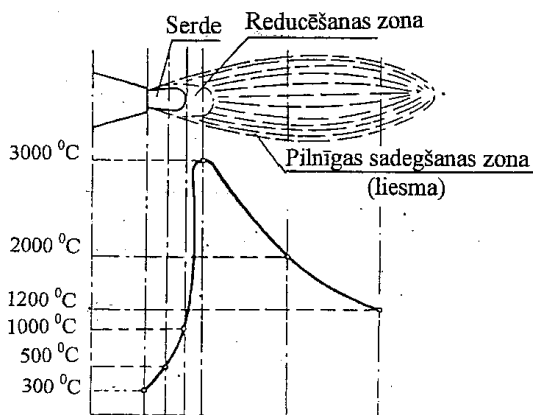
3.4.2. Gāzmetināšanas liesma

Liesmas ārējais izskats, temperatūra un ietekme uz izkausēto materiālu ir atkarīga no degmaisījuma sastāva. Mainot skābekļa un acetilēna attiecību degmaisījumā, iegūst triju veidu liesmas:

- normālu jeb reducējošu,
- oksidējošu,
- karbonizējošu.

Lai iegūtu normālu liesmu, uz vienu acetilēna tilpuma vienību teorētiski ir nepieciešama viena skābekļa tilpuma vienība. Praktiski skābekli padod nelielā pārkumā, aptuveni 1,1...1,2 vienības uz vienu tilpuma vienību acetilēna. Normālai liesmai izšķir trīs zonas: apžilbinoši baltu serdi, tumšāku pēc izskata reducēšanas zonu un pilnīgās sadegšanas zonu jeb liesmu (3.39.att.).

Liesmas serde ir apžilbinoši balta, cilindriska vai nedaudz koniska ar noapaļotu galu. Serdē acetilēns sadalās ogleklī un ūdeņradī. Ogleklis sakarst līdz baltkvēlei un spīd. Jo lielāka ir degļa jauda un degmaisījuma izplūšanas ātrums, jo lielāki ir serdes izmēri. Tās temperatūra ir salīdzinoši zema, aptuveni 500 °C. Ar liesmas serdi materiāla kausēšana nav pieļaujama.



3.39.att. Normālas liesmas uzbūve

Reducēšanas zona ir tumšāka līdz 20 mm gara. Tās garumu nosaka degļa jauda. Reducēšanas zonā ogleklis sadeg skābeklī un veidojas tvana gāze CO. Divu līdz četru mm attālumā no serdes gala ir visaugstākā liesmas temperatūra un tā sasniedz 3000...3200 °C. Ar liesmas reducēšanas zonu veic metināmā materiāla kausēšanu.

Pilnīgās sadegšanas zonā jeb liesmā oglekļa oksīds CO un ūdeņradis sadeg, izmantojot atmosfēras skābekli. Rodas ogļskābā gāze CO₂ un ūdens tvaiki, bet pāri paliek slāpekļis. Arī liesma nav piemērota materiāla kausēšanai, jo tā veicina oksidēšanos.

Dodot uz vienu tilpuma vienību acetilēna, 1,2...1,5 tilpuma vienības skābekļa, rodas oksidējoša liesma. Tai raksturīga īsa un smailla serde, īsāka reducēšanas zona ar zilganu nokrāsu, bet, salīdzinot ar normālo liesmu, nedaudz augstāka temperatūra.

Dodot uz vienu tilpuma vienību acetilēna, 0,8...0,9 tilpuma vienības skābekļa, rodas karbonizējoša liesma. Tai ir pagarināti serdes un pilnīgās sadegšanas zonas izmēri. Serdes forma ir nenoteikta un izplūdusi. Tās galā izveidojas zaļgans oreols, kas norāda uz acetilēna pārpalikumu. Reducēšanas zona ir gaiša un dažkārt nav pat saskatāma. Liesma ir iesarkani dzeltena. Pie ievērojama acetilēna pārākuma, liesma kūp. Karbonizējošās liesmas temperatūra, salīdzinot ar normālo liesmu, ir zemāka.

Liesmas veida izvēli nosaka sametināmais materiāls. Normālu liesmu lieto metinot maza un vidēja oglekļa satura tēraudu, bronzu un alumīniju. Lai paaugstinātu oglekļa saturu šuvē, čugunu un augsta oglekļa satura tēraudu, metina ar karbonizējošu liesmu. Metinot misiņu, vai lodējot čugunu ar misiņu, lieto oksidējošu liesmu.

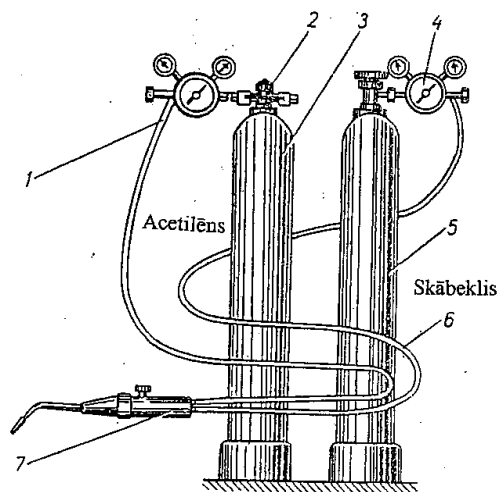
3.4.3. Gāzmetināšanas iekārtas

Gāzmetināšanas postenis sastāv no acetilēna ģeneratora vai acetilēna balona ar reduktoru, skābekļa balona ar reduktoru, šļūtenēm un degļu komplekta (3.40.att.). Acetilēna ģeneratori ir aparāti, kuros no kalcija karbīda, iedarbojoties ar ūdeni, iegūst acetilēnu.

Ģeneratorus klasificē pēc vairākiem parametriem:

- pēc kalcija karbīda saskares veida ar ūdeni;
- pēc acetilēna spiediena;
- pēc ražības.

Acetilēna ģeneratoriem pierīko ūdensslēgus. To uzdevums novērst eksplozīvā maisījuma un atpakaļ sitiena liesmas iekļūšanu ģeneratoros. Par atpakaļ sitienu uzskata degmaisījuma uzliesmošanu degļa kanālos un liesmas izplatīšanos pretēji acetilēna plūsmas virzienam. Atpakaļ sitieni rodas, kad strauji samazinās skābekļa spiediens, pārkarst vai aizsērē deglis. Pēc konstrukcijas izšķir atklātā un slēgtā tipa ūdensslēgus.



3.40.att. Gāzmetināšanas postenis:

- 1 - acetilēna reduktors; 2 - acetilēna ventīlis; 3 - acetilēna balons;
4 - skābekļa reduktors; 5 - skābekļa balons; 6 - šļūtenes; 7 - deglis.

Acetilēna ģeneratoru darbība ir ar paaugstinātu sprādziena bīstamību. To sagatavošana metināšanai darbietilpīga. Pēdējos gados ģeneratoru izmantošana ir samazinājusies un nav nepieciešama to darbības analīze.

Acetilēna piegādei balonos ir vairākas priekšrocības: metināšanas posteņa mobilitāte, tīrāka vide, vienkārša metināšanas posteņa

sagatavošanas darbam un acetilēna padeves stabilitāte utt. Acetilēna balonu izmēri atbilst skābekļa balonu izmēriem, bet tos uzpilda līdz 16 baru (1,6 MPa) spiedienam un tā daudzums uzpildītā balonā ir 6 kg. Acetilēna daudzumu balonā vadoties pēc spiediena noteikt nav iespējams, jo tā šķīdība acetona ir atkarīga no temperatūras. Precīzu patērēto daudzumu nosaka balonu nosverot pirms un pēc metināšanas.

Lai atšķirtu no citu gāzu baloniem, acetilēna balonus krāso tumši sarkanā krāsā. Ir iespējams, ka sastopami acetilēna baloni, kas krāsoti pēc GOST baltā krāsā ar sarkanu uzrakstu - Acetilēns. Lai pievienojot nesajauktu šļūtenes, acetilēna uzgalim ir uzgriezta kreisā vītne, bet ventiļi izgatavoti no tērauda.

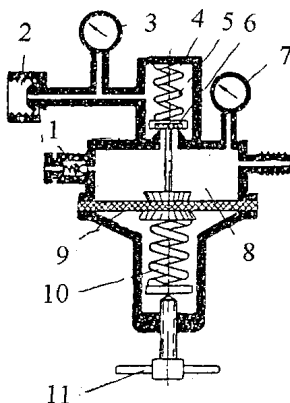
Skābekļa balonu tilpums 40 litri un tos uzpilda līdz 150 baru (15 MPa) spiedienam. Uzpildītā balonā ietilpst 6000 l skābekļa. Balonu noslēdz ventilis, kas izgatavots no misiņa. Tā uzdevums ir nepieļaut gāzes noplūdi, regulēt izplūdi un nodrošināt drošu reduktora pievienošanu. Pirms reduktora pievienošanas balonam, nedaudz atver ventili un izpūš iespējamus netīrumus. Ja ventilim konstatē bojājumus, vai uz tā redzami eļļas traipi, balons nav derīgs gāzes izmantošanai. Nav pieļaujama 100 % skābekļa izmantošana, balonā ir jāsauglabā spiediens 0,5...1 bara robežās. Skābekļa balonus krāso pelēkus (pēc GOST zilā krāsā).

Gāzu reduktoru uzdevums ir pazemināt gāzes spiedienu atbilstošu darba spiedienam, nodrošināt nemainīgu gāzes padevi un, pārtraucot gāzes patēriņu, noslēgt caurplūdi. Reduktorus klasificē pēc vairākām pazīmēm: pēc gāzes veida - gaisa, skābekļa un acetilēna; pēc konstrukcijas - sviru un atsperu; pēc regulēšanas pakāpju skaita - vienpakāpes un divpakāpju.

Acetilēna un skābekļa baloniem pievieno galvenokārt apgrieztas darbības atsperu reduktorus (3.41.att.). Tiem ir divas kameras - augstspiediena un zemspiediena. Augstspiediena kamera savienota tieši ar skābekļa balonu. Kanālu, kas savieno abas kameras, noslēdz redukcijas vārsts un to piespiež slēgatspere. Zemspiediena kamera noslēgta ar elastīgu membrānu. Tās viena puse savienota ar vārstu, bet otra puse ar spiedatsperi un spiediena regulēšanas skrūvi. Abām kamerām pievienoti manometri, kas parāda gāzes spiedienu - viens no tiem gāzes balonā, otrs - šļūtenē. Kad gāzes padeve nav nepieciešama (reduktors nedarbojas), spiedatspere ir atbrīvota un slēgatspere piespiež vārstu līdzdai. Gāze zemspiediena kamerā neieplūst.

Lai gāze ieplūstu zemspiediena kamerā, spiedatsperi ar regulēšanas skrūvi nospriego. Tā spiež uz membrānu un paceļ vārstu. Gāze no balona ieplūst zemspiediena kamerā, izplešas un tās spiediens samazinās. Patērējot gāzi, spiediens zemspiediena kamerā samazinās, spiedatspere izstiepjas un membrāna paver vārstu. Gāzes ieplūde zemspiediena kamerā atjaunojas. Gāzes patēriņam samazinoties, spiediens zemspiediena kamerā pieaug un membrāna piever redukcijas vārstu, samazinot gāzes

caurplūdi. Pārtraucot gāzes patēriņu, vārsts noslēdz gāze plūsmu no augstspiediena uz zemspiediena kameru. Ar skrūves palīdzību ieregulē nepieciešamo darba spiedienu.



3.41.att. Skābekļa reduktora uzbūves shēma:

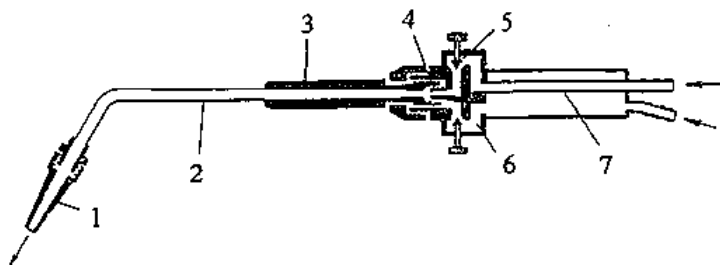
1 - drošības vārsts; 2 - uzmavas uzgrieznis; 3 - augstspiediena manometrs; 4 - augstspiediena kamera; 5 - slēgatspere; 6 - redukcijas vārsts; 7 - zemspiediena manometrs; 8 - zemspiediena kamera; 9 - membrāna; 10 - spiedatspere; 11 - spiediena regulēšanas skrūve.

Reduktoru balonam pievieno ar uzmavas uzgriežņa palīdzību. Skābekļa reduktora uzgriežņiem ir labā 3/4 collu cauruļvītne, bet deggāzu reduktoriem - kreisā.

Lai novērstu traucējumus reduktoru darbībā, skābekļa ventilis jāatver lēni un vienmērīgi.

Gāzu pievadīšanai deglim izmanto vulkanizētas gumijas šļūtenes, deggāzei ar divām, skābeklim ar trim kokvilnas vai linu auduma kārtām. To iekšējais diametrs 9,5 mm. Šļūtenēm ir jābūt lokanām, lai netraucētu metinātāja kustības, un mehāniski izturīgām. Minimāli pieļaujamais šļūtenu garums ir 5 m. Ja to garumu ir nepieciešams pagarināt, savienošanai izmanto speciālus tērauda uzgaļus. Šļūtenu galus nostiprina ar skavām. Šļūtenes ir nepieciešams regulāri pārbaudīt ar palielinātu spiedienu - skābekļa šļūtenes ar 20 baru (2,0 MPa), acetilēna šļūtenes - ar 5 baru (0,5 MPa) spiedienu. Pirms degļa pievienošanas, šļūtenes izpūš ar attiecīgo gāzi. Lai šļūtenes nesajauktu vietām pievienojot deglim, acetilēna uzgalim ir kreisā vītne.

Metināšanas deglis ir galvenais gāzmetinātāja darbarīks. Tā uzdevums ir nodrošināt nepieciešamo degmaissījuma sastāvu un augstas temperatūras liesmu. Izšķir inžektora un bezinžektora tipa degļus. Biežāk lieto inžektora tipa degļus (3 42.att.).



3.42. att. Inžektora tipa degļa uzbūves shēma:

- 1 - degļa uzgalis; 2 - degmaisiņuma padeves caurule;
- 3 – sajaukšanās kamera; 4 - inžektors; 5 - skābekļa ventilis;
- 6 - acetilēna kamera; 7 -skābekļa pievads.

Skābekli pa pievadcauruli caur ventili zem spiediena padod degļa uz inžektoru. No inžektora skābeklis izplūst ar lielu ātrumu un acetilēna kamerā rada retinājumu. Retinājums ietekmē acetilēns ieplūst sajaukšanas kamerā, kur sajaucas ar skābekli. Rodas degmaisiņums, kas aizplūst pa cauruli uz degļa uzgali. Acetilēna ieplūdi kanālā regulē ar ventili. Normālai inžektortipa degļa darbībai ir nepieciešams 3...5 bari (0,3...0,4 MPa), skābekļa spiediens un – 0,1...0,2 bari (0,01...0,02 MPa) acetilēna spiediens. Bezinžektortipa degļiem ir nepieciešams vienāds skābekļa un acetilēna spiediens. Gāzu attiecību degmaisiņumā regulē ar ventīļiem.

Degļa jaudu nosaka metināmā materiāla biezums un īpašības. To nodrošina ar maināmiem degļa uzgaļiem. Uzgaļa urbuma diametrs nosaka gāzu maisījuma caurplūdi, bet neietekmē liesmas temperatūru.

Aizdedzinot degli, pirmo atver skābekļa pēc tam nedaudz arī acetilēna ventili. Pēc aizdedzināšanas noregulē liesmu. Pārtraucot darbu, pirmo aizver acetilēna, un tikai pēc tam skābekļa ventili. Atpakaļsitienu gadījumos, kas rodas pārkarstot vai aizsērējot deglim, nekavējoši noslēdz acetilēna padevi un ar caurplūstošo skābekļa strūklu atdzēsē degli.

3.4.4. Gāzmetināšanas tehnoloģija

Ar gāzmetināšanu savieno plānus, (līdz 2 mm) lokšņu materiālus. Izplatītākie ir sadursavienojumi. Leņķa, T - veida un pārlaidsavienojumus izvēlas reti. Metinot 0,5...1,0 mm biezas loksnes, veido atloku šuves. Lokšņu malas uzloka 1...2 mm platumā, saliek bez spraugas un sametina bez piedevmateriāla. Metinot biezākas loksnes starp tām ietur nelielas spraugas (0,5...2,0 mm). Savienojamo lokšņu malas pirms metināšanas 10...20 mm platumā attīra no korozijas, eļļas traipiem u.c. veida netīrumiem, nodedzinot ar gāzes liesmu.

Degļa jauda izvēlas pēc sametināmo elementu biezuma un materiāla fizikālajām īpašībām. Tai ir jābūt lielākai: metinot biežākus materiālus; ar

augstāku kušanas temperatūru; labāka siltuma vadītspēju un lielāku ietilpību. Maza oglekļa satura tērauda metināšanai nepieciešamā degļa jauda norādīta rokasgrāmatās, bet citu materiālu metināšanai to aprēķina:

$$P = A \cdot s,$$

kur: P - acetilena patēriņš l/h,

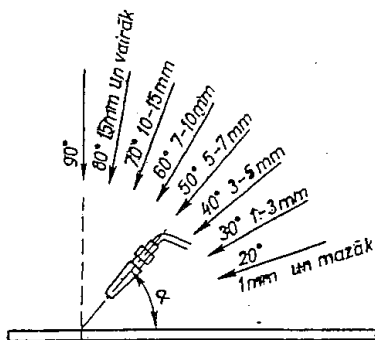
A - koeficients, kas raksturo sametināmo materiālu. Tā vērtības nosaka materiāla fizikālie parametri;

s - sametināmo elementu biezums, mm.

Degļa jauda ietekmē ne tikai metināšanas produktivitāti, bet arī savienojumu kvalitāti.

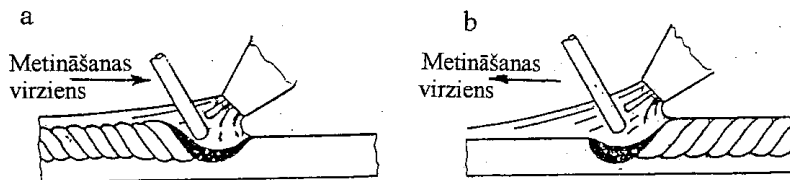
Metināšanas zonā pievadītā siltuma daudzumu ietekmē degļa slīpuma leņķis. Metinot biezas loksnes ar labu siltuma vadītspēju, degļa slīpuma leņķi ietver $60^{\circ} \dots 90^{\circ}$, metinot plānus - $20^{\circ} \dots 45^{\circ}$ (3.43.att.).

Gāzmetināšanā izšķir divus degļa pārvietošanas paņēmienus - labo un kreiso. Metinot ar labo paņēmieni, liesma vērsta pretēji degļa pārvietošanas virzienam. Deglis atrodas pirms piedevu materiāla. Metināšanas process norit virzienā no kreisās uz labo pusi (3.44.att.). Ar labo metināšanas paņēmieni šuve labāk aizsargāta no apkārtējās vides skābekļa un slāpekļa iedarbības, lēnāk dziest un tās mehāniskās īpašības labākas. Šuves izskats nedaudz sliktāks, jo liesma traucē procesa pārredzamību.



3.43.att. Degļa slīpuma leņķa izvēle

Kreisajā metināšanas paņēmienā liesma vērsta degļa pārvietošanas virzienā un vairāk karsē nesametināto šuves zonu. Deglis atrodas aiz piedevu materiāla un metināšanas process norit virzienā no labās uz kreiso pusi. Prakse pierādījusi, ka metinot loksnes biezumā līdz 4 mm, ražīgāks ir kreisais metināšanas paņmiens, jo liesma veic šuves zonas priekškarsēšanu.



3.44.att. Gāzmetināšanas paņēmieni:

a - labais; b - kreisais.

Metinot loksnes biezākas par 5 mm un krāsainos metālus, parasti lieto labo metināšanas paņēmieni.

Piedevu materiāla diametru izvēlas pēc metināmā materiāla biezuma un metināšanas virziena. Kreisajam metināšanas paņēmienam lieto nedaudz resnākas stieples, orientējoši:

$$d = \frac{s}{2} + 2,$$

Labajam metināšanas paņēmienam stieples diametru izvēlas:

$$d = \frac{s}{2} + 1$$

Metinot degli notur tā, lai kausējamā vieta atrastos liesmas reducēšanas zonā, 2...6 mm no liesmas serdes. Piedevu materiāla stieples galam jāatrodas vai nu liesmas reducēšanas zonā, vai iegremdētā izkausētajā šuvē.

3.5. KONTAKTMETINĀŠANA

3.5.1. Kontaktmetināšanas procesa būtība

Kontaktmetināšana ir neizjaukamu savienojumu veidošanas process, kam pamatā ir sametināmo elementu vietēja sakarsēšana ar elektrisko strāvu un to cieša saspiešana. Elektriskajai strāvai plūstot caur sametināmiem elementiem izdalās siltums. Kopējo siltuma daudzumu nosaka Džoula - Lenca likums:

$$Q = 0,24 I^2 R.t,$$

kur: Q - siltuma daudzums, J,
I - strāvas stiprums, A,
R - summārā pretestība, Ω ,
t - strāvas plūšanas ilgums, s.

Summārā pretestība sastāv no pretestības savienojamo elementu saskares virsmās un pretestības strāvas pievadu kontaktos. Virsmu negluduma dēļ lielāka pretestība pastāv starp sametināmo elementu

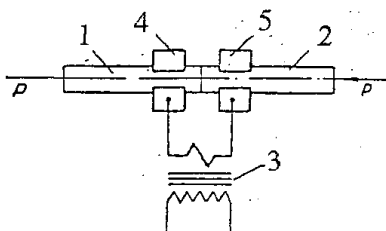
saskares virsmām. Saskares virsmās izdalās liels siltuma daudzums, tās sakarst un kļūst plastiskas. Virsmas savstarpēji cieši saspiežot iedarbojas molekulārie spēki un veidojas savienojums.

Kontakmetināšana ir augstāzīgs metināmo elementu savienošanas process. Process piemērots galvenokārt sēriju un masu ražošanas apstākļiem. Tam ir nepieciešamas speciālas iekārtas. Kontakta metināšanu iedala - sadurmetināšanā, punktmetināšanā un rullīšmetināšanā.

3.5.2. Sadurmetināšana

Sadurmetināšana iedalās metināšanā ar spiedienu un metināšanā ar apkausēšanu. Atkarībā no tehnoloģiskā procesa īpatnībām tai varbūt vairāki paveidi.

Sadurmetināšanā ar spiedienu metināmās detaļas cieši iespīlē metināšanas mašīnas žokļos, kam pievadīta liela stipruma elektriskā strāva, un cieši saspiež (3.45.att.). Negluduma dēļ savienojamo elementu saskarvirmās ir liela pretestība un izdalās ievērojams siltuma daudzums. Detaļas virsmas sakarst un kļūst plastiskas. Pēc tam strāvas plūsmu izslēdz. Spiediena un molekulāro spēku ietekmē virsmas sametinās. Sadurmetināšana ar spiedienu ir piemērota neliela šķērsriezuma detaļām ($d < 20 \text{ mm}$).



3.45.att. Sadurmetināšanas shēma:

- 1, 2 – sametināmie elementi; 3 - transformators;
4, 5 - metināšanas mašīnas žokļi un vienlaicīgi strāvas pievadī.

Sadurmetināšanā ar apkausēšanu metināmos elementus pirms strāvas ieslēgšanas savstarpēji tuvina līdz vieglai saskarei. Ieslēdzot strāvu, sākas intensīva kontaktvirsmu apkausēšana. Apkausētās virsmas piespiež vienu otrai ar nelielu spēku, izkusušais materiāls aizpilda spraugu un tam sacietējot notiek virsmu savienošanās. Apkausēšanas paņēmieni lieto, ja saskarvirmas nav gludas. Apkausēšanai lieto strāvas ar blīvumu 20 A/mm^2 un spriegumu $12 \dots 15 \text{ V}$. Detaļu saspiešanas spiediens ir $15 \dots 50 \text{ MPa}$ robežās.

Sadurmetināšanai ar apkaušēšanu ir vairākas priekšrocības: virsmas nav speciāli jāsagatavo, var sametināt savstarpēji dažādas tērauda markas, detaļas var būt atšķirīga konfigurācija.

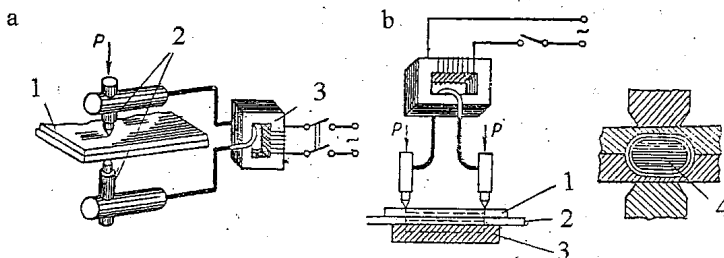
3.5.3. Punktmetināšana

Punktmetināšanā savienojamās loksnēs saspiež starp vara elektrodiem. Pa tiem plūst strāva. Vara elektrodiem piemīt laba strāvas un siltuma vadītspēja. Lielākā pretestība rodas sametināmo elementu saskarē, kur izdalās lielākais siltuma daudzums. Kontakta vietā materiāls sakarst, kļūst plastisks vai pat nedaudz apkūst un spiediena ietekmē sametinās. Strāvas padeve ir īslaicīga.

Atkarībā no elektrodu novietojuma izšķir vienaspusēju un divpusēju punktmetināšanu. (3.46.att.).

Izšķir cietu un mīkstu punktmetināšanas režīmu. Mīkstajā režīmā notiek vienmērīgāka karsēšana, nepieciešama mazāka metināšanas jauda, bet process ir ilgstošāks. Process piemērots mazoglekļa tērauda konstrukciju metināšanai. Mīkstajā režīmā strāvas blīvums ir nepieciešams 80 ... 100 A/mm², spiediens - 15...40 MPa, bet caurplūdes ilgums - 0,5...3 sekundes.

Cietajam metināšanas režīmam ir augstāka produktivitāte, jo strāvas blīvums ir palielināts līdz 160...400 A/mm², spiediens 40...120 MPa, bet strāvas caurplūdes ilgums samazināts līdz 0,1...1 sekundēm. Cieto punktmetināšanas režīmu izmanto, metinot nerūsošo tēraudu, alumīniju un vara sakausējumus, kā arī plānu tērauda lokšņu elementus.



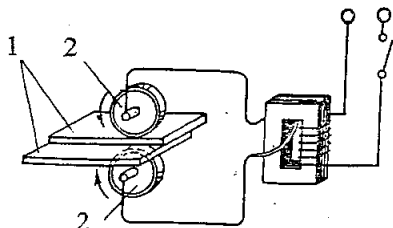
3.46.att. Punktmetināšanas procesa shēma:

a - divpusējā punktmetināšana; b - vienaspusējā punktmetināšana;
1 - metināmās loksnēs; 2 - elektrodi; 3 - transformators; 4 - šuves shēma.

3.5.4. Rullīšmetināšana

Rullīšmetināšanā (metināšana ar rullīti) metināmās loksnēs saspiež starp veltnīšiem. Strāvai plūstot caur tiem, kontakta vietā izveidojas

sametināts punkts. Veltņiņiem rotējot, metināmās loksnes pārvietojas un sametinātie punkti pārklāj cits citu un veidojas nepārtraukta šuve (3.47.att.).



3.47.att. Rullīšmetināšanas shēma:
1 - metināmās loksnes; 2 - rullīši.

Rullīšmetināšanu var veikt, strāvai plūstot nepārtraukti vai impulsu veidā. Ar nepārtrauktu strāvu metina īsas šuves, savienojot plānas (līdz 1 mm) mazoglekļa tērauda loksnes. Impulsu veida strāva nodrošina stabili metināšanas procesu un samazinātu termiskās ietekmes zonu. Ar impulsu veida strāvu metina nerūsošo tēraudu, alumīniju, varu un tā sakausējumus. Metināmo lokšņu biezums var būt līdz 3 mm.

3.6.DAŽĀDU MATERIĀLU METINĀŠANAS ĪPATNĪBAS

3.6.1. Nelegēto tēraudu metināšana

Nelegētie mazoglekļa tēraudi metinās labi bez grūtībām ar jebkuru no metināšanas veidiem un paņēmieniem. Oglekļa saturam pārsniedzot 0,27...0,30 %, metināmība pavājinās un metināšanas procesā iespējama:

- * oglekļa izdegšana, kas veicina šuves porainību;
- * metinātā savienojuma pārkarsēšana, kam pamatā pavājinātā siltuma vadītspēja un pazeminātā kušanas temperatūra;
- * šuves un termiskās iedarbības zonas daļēja rūdīšanās un plaisāšana.

Vidēja oglekļa satura tērauda konstrukciju metināšanā savienojumu kvalitātes nodrošināšanai - izvēlas mazāka diametra elektrodus ar atbilstošu pārklājumu, samazina par 10...15 % strāvas stiprumu un nodrošina stabili metināšanas režīmu. Šuves aizpildīšanu veic vairākās kārtās, ieturot lielāku pauzi starp atsevišķām kārtām.

Vidēja oglekļa satura tērauda konstrukciju gāzmetināšanā samazina degļa jaudu līdz 75 l/h uz katru savienojamo elementu biezuma mm. Liesmu ieregulē normālu vai nedaudz karbonizējošu. Lieto kreiso metināšanas paņēmieni. Par piedevu materiālu lieto stiepli ar oglekļa saturu 0,25 %.

No tērauda ar augstu oglekļa saturu izgatavo galvenokārt instrumentus. To metināšana nepieciešama reti. Pirms metināšanas

savienojamos elementus sakarsē, metināšanas gaitā veicot papildus karsēšanu. Metina vairākās izteikti tievās kārtās un nelielos iecirkņos. Nemetina caurvējā un pie apkārtējās vides temperatūras, kas zemāka par $+ 5^{\circ}\text{C}$. Pēc sametināšanas instrumentus atlaidina.

3.6.2. Legēto tēraudu metināšana

Legēto tēraudu metināšanu apgrūtina:

- * vājākā siltuma vadītspēja un termisko spriegumu pastiprināšanās;
- * marku un ķīmiskā sastāva daudzveidība;
- * atsevišķu legējošo elementu (hroma, mangāna u.c.) izdegšana;
- * grūti kustošu oksīdu veidošanās;
- * karbīdu rašanās uz graudu robežām, kas pavājinā šuves stiprību;
- * zemie rūdišanās kritiskie ātrumi, kas metinātam savienojumam atdzīstot gaisā, veicina termiskās iedarbības zonas rūdišanos.

Lai samazinātu nevēlamo parādību ietekmi, legēto tēraudu metināšanā īpaši precīzi ietur optimālu metināšanas režīmu, izvēlas īpaša pārklājuma elektrodus, nepieļauj šuves pārkarsēšanu, veic savienojamo elementu iepriekšēju karsēšanu un metinātā savienojuma termisko pēcapstrādi.

Mazlegēto konstrukciju tēraudu metināmību pamatā nosaka oglekļa saturs. Ja tas nepārsniedz 0,2 %, tērauds metinās labi, ja oglekļa saturs 0,2...0,33 % - apmierinoši, bet ja tā saturs 0,33...0,40 % - ierobežoti. Ja oglekļa saturs legētajos tēraudos pārsniedz 0,40 %, metināmība ir vāja neatkarīgi no legējošo elementu satura. Tādā gadījumā ir nepieciešama sametināmo elementu iepriekšēja karsēšana un savienojuma atkvēlināšana.

Nerūsošie hroma tēraudi satur hromu 12...14 % un oglekli - 0,1...0,4 %. Ja oglekļa saturs ir līdz 0,2 %, tie metinās apmierinoši. Hroma izdegšanu novērš, lietojot speciālus elektrodus, kas šuvi papildus legē ar hromu. Hroma tēraudu metinātie savienojumi ir trausli. To plastiskumu atjauno atkvēlinot 760°C temperatūrā. Hroma tēraudu, kas satur vairāk par 17 % hroma, metina iepriekš sakarsējot šuves zonu līdz 200°C temperatūrai.

Hromniķeļa nerūsošie tēraudi metinās labi ar jebkuru no metināšanas veidiem un paņēmieniem. Tiem $500\text{...}800^{\circ}\text{C}$ temperatūrā uz austenīta graudu robežām izveidojas hroma karbīds, kas pazemina korozijas izturību. Korozijas izturību atjauno metinātos savienojumus atkvēlinot $850\text{...}900^{\circ}\text{C}$ temperatūrā vai arī rūdot ūdenī.

Metinot mangāna tēraudu ar oglekļa saturu 0,8...1,3 % un mangānu saturu 12...14 %, ir iespējama austenīta daļēja pārvēršanās martensītā, kas samazina savienojuma plastiskumu un veicina plaisāšanu. To novērš metinot mangāna tēraudu ar palielinātu ātrumu un termiskās iedarbības zonu papildus dzesējot ar ūdeni.

Precīza informācija par legēto tēraudu metināšanu, elektrodu un režīma izvēli atrodama rokasgrāmatās.

3.6.3. Čuguna metināšana

Čuguna metināšana ir nepieciešama, aizmetinot plaisas un lūzumus lējumos. Metināšanu apgrūtina šuves balināšanās un plaisāšana, čuguna marku un īpašību daudzveidība. Pastāvošos čuguna metināšanas paņēmienus pēc iepriekšējas karsēšanas iedala:

- * čuguna karstajā metināšanā, kad sakarsē visu sametināmo izstrādājumu;
- * čuguna puskarstajā metināšanā, kad sakarsē tikai metināšanas zonu;
- * čuguna aukstajā metināšanā, kad iepriekšēju karsēšanu neveic.

Čuguna karstās metināšanas tehnoloģiskais process ietver sametināmās plaisas malu apstrādi, metināmā elementa sakarsēšanu, sametināšanu un izstrādājuma lēnu atdzesēšanu. Sagatavošanās procesā plaisas galos izurbj urbumus, plīsuma malas ar slīpripu izslīpē 75° slīpumā, bet atsevišķus defektus izcērt ar cirtni. Metināmo elementu kameru krāsnīs lēni un vienmērīgi sakarsē līdz 600...650 °C temperatūrai. Gāzmetināšanā liesmu ieregulē karbonizējošu, par kušņiem lieto boraku, vai arī boraka (50%), sodas (22%), potaša (22%) maisījumu. Piedevu materiālam izmanto 5...16 mm resnus čuguna stienišus ar paaugstinātu līdz 3,5 % oglekļa un silīcija saturu. Čuguna karsto elektrometināšanu veic ar ogles vai čuguna elektrodiem. Strāvas blīvumu izvēlas 20 A uz katru elektroda diametra milimetru. Pēc sametināšanas izstrādājumu ievieto krāsnī un kopā ar to lēni atdzesē. Čuguna karstā metināšana nodrošina kvalitatīvu savienojumu, bet tā ir sarežģīta un darbietilpīga. Tās pielietojums ir ierobežots.

Čuguna puskarstā metināšana piemērota tikai vienkāršas konfigurācijas izstrādājumiem ar nelieliem šuves izmēriem. Pirms metināšanas sakarsē šuves zonu vai arī dažkārt visu detaļu līdz 350...500 °C temperatūrai. Puskarstā metināšana nenodrošina labus rezultātus un to lieto reti.

Čuguna aukstajā metināšanā veidojas cieta un trausla termiskās iedarbības zona, kura bieži veidojas plaisas. Neskatoties uz to auksto metināšanu lieto bieži. Tai nav nepieciešama iepriekšēja sagatavošanās. Auksto metināšanu veic:

- * ar zema oglekļa satura tērauda elektrodiem ar speciālu pārklājumu;
- * ar elektrodiem uz niķeļa bāzes, tai skaitā ar monētu metāla elektrodiem;
- * ar speciāliem tērauda un čuguna elektrodiem.

Pirms čuguna metināšanas ar zema oglekļa satura tērauda elektrodiem, gar plaisas malām šahveidā izurbj urbumus, urbumos iegriež

vītnes, kurās saskrūvē tapskrūves. Vispirms apmetina tapskrūvju galus, pēc tam pakāpeniski visu plaisu. Metina lēni ar lieliem pārtraukumiem, ļaujot šuvei pilnīgi atdzist. Elektroodus izvēlas ne resnākus par 4 mm diametrā. Tapskrūves nodrošina termisko spriegumu pakāpenisku pāreju no šuves uz detaļu.

Čuguna metināšanu ar elektrodiem uz niķeļa bāzes lieto gadījumos, kad šuvei nepieciešama paaugstināta stiprība un plastiskums, jo niķelis šķīdina lielu daudzumu oglekļa un padara šuvi plastisku. Monētu metāla elektroodus lieto, labojot defektus nozīmīgos lējumos, kas atklājas pēc mehāniskās apstrādes. Monētu metāls monels satur 70 % niķeļa un 28 % vara, un nodrošina zemas cietības viegli apstrādājamu šuvi.

Čuguna aukstā metināšana ar mazoglekļa tērauda vai čuguna elektrodiem ar speciālo grafitā - ferrosilīcija pārklājumu, šuves balināšanos nenovērš, bet to lieto plaši, jo metināšanas process ir mazāk darbietilpīgs.

Agrākajos gados čuguna elektrometināšanu ieteica veikt tikai ar līdzstrāvu. Tagad ir radīti elektrodi, kas pieļauj metināšanu arī ar maiņstrāvu.

3.6.4. Alumīnija metināšana

Alumīnija metināšanu apgrūtina:

- * Grūti kūstošā alumīnija oksīda Al_2O_3 veidošanās. Alumīnijs kūst 600 $^{\circ}\text{C}$ temperatūrā, vārās pie 1600 $^{\circ}\text{C}$ temperatūras, bet alumīnija oksīda kušanas temperatūra ir 2050 $^{\circ}\text{C}$. Oksīds Al_2O_3 pārklāj izkausētā alumīnija pilienus un traucē to savienošanos. Alumīniju metina, lietojot aktīvus kušņus vai elektroodus ar aktīvu pārklājumu, kas ķīmiski izšķīdina oksīdus. Aktīvo pārklājumu veido no hlora un fluora sāļu maisījuma (NaCl , KCl , LiF u.c.).
- * Metināšanu apgrūtina alumīnija labā siltuma vadītspēja un lielais kušanas siltums, kādēļ nepieciešama palielināta siltuma jauda.
- * Alumīnijs izkūstot nemaina krāsu, kas apgrūtina metināšanas procesa novērošanu un vadīšanu.

Alumīnija elektrometināšanu veic ar paaugstinātas jaudas apgrieztās polaritātes līdzstrāvu un aktīvu pārklājumu (seguma) alumīnija elektrodiem. Produktīva ir alumīnija automātiskā metināšana ar alumīnija stieples elektrodiem zem aktīviem kušņiem. Visplašāk ir izplatīta alumīnija un tā sakausējumu metināšana aizsarggāzēs argona vidē. Atsevišķos gadījumos par aizsarggāzi izmanto hēliju vai arī hēlija argona maisījumus.

Alumīnija metināšana aizsarggāzēs nodrošina augstāko šuves kvalitāti. Loknes biezumā no 0,5 līdz 7 mm, metina ar nekūstošiem volframa elektrodiem un piedevu materiālu - alumīnija stiepli (TIG process), biezāku par 7 mm lokšņu metināšana ir produktīvāka ar

kūstošiem alumīnija elektrodiem (MIG process). Īpaši labus rezultātus dod MIG process ar pulsējošu loku, bet tai ir nepieciešamas speciāli strāvas avoti.

Izkausētam alumīnijam ir tieksme šķīdināt gāzes. Šuvei sacietējot gāzu šķīdība samazinās un veidojas poras. Poras rada udeņradis, kas rodas alumīnijam absorbējot mitrumu. Porainību samazina šuves zonu iepriekš sakarsējot līdz 400 °C temperatūrai, kas samazina atdzišanas ātrumu un veicina udeņraža izvadīšanu no šuves.

Alumīnija gāzmetināšana ir mazāk produktīva, bet to lieto pietiekami plaši, izmantojot aktīvos kušņus. Kušņu sastāvā 30 % kālija hlorīds, 30 % nātrija hlorīds, 30 % sērskābais nātrijs, 10 % boraks. Gāzmetināšana nodrošina salīdzinoši labus rezultātus, ja metināšanas režīms ir optimāls. Alumīnija metināšanā īpaša nozīme ir gāzes liesmas jaudai. Liesma ar pārāk lielu jaudu traucē metinātājam kontrolēt alumīnija kušanu un sametināmajā materiālā var rasties caurumi (caurkūsumi) Tos pēc tam ir grūti labot.

Alumīnija sakausējumus lietderīgāk metināt ar kreiso metināšanas paņēmieni, ieregulējot reducējošu (normālu) vai vāji karbonizējošu gāzes liesmu.

Visos alumīnija metināšanas gadījumos lieto aktīvos kušņus, bet lai neveicinātu savienojumu koroziju, šuvi pēc sametināšanas ar tērauda suku attīra no sārņiem un apmazgā ar karstu ūdeni.

Apmierinoši alumīnijs un tā sakausējumi metinās ar kontakta metināšanas paņēmieniem, ir tikai nepieciešams paaugstināt strāvas jaudu, lai palielinātu siltuma izdalīšanos.

Alumīnija - magnija un alumīnija - cinka sakausējumus metina tāpat kā tīru alumīniju. Apgrūtināta ir duralumīnija (Al + Cu) metināšana, jo termiskās iedarbības zonā ir novērojama oksidēšanās pa graudu robežām, kas pavājina savienojuma stiprību.

3.6.5.Vara un tā sakausējumu metināšana

Vara metināmību ietekmē piemaisījumi: skābeklis, slāpeklis, bismuts un svins (O₂, N₂, Bi un Pb). Skābeklis ar varu veido oksīdu Cu₂O, kas kopā ar tīro varu veido viegli kūstošu eitektiku. Tā novietojas pa graudu robežām un veicina šuves karstlūstamību, kā arī padara metināto savienojumu trauslu jau parastajās temperatūrās. Izkausētajam varam piemīt tieksme šķīdināt gāzes. Šuvei atdziestot gāzu šķīdība samazinās un metinātā savienojumā veidojas poras.

Vara un to sakausējumu metināšanu apgrūtināta augsta siltuma vadītspēja (sešas reizes labākā nekā dzelzij) un labā šķidrplūstamība, kā arī tieksme oksidēties sakarsētā, bet it īpaši šķidrā stāvoklī.

Vara gāzmetināšanu veic ar paaugstinātas jaudas gāzes liesmu, lietojot kušņus: boraku, borskābi vai bora anhidrītu. Metinot loksnes, kas

biezākas par 5 mm, nepieciešama šuves zonas iepriekšēja sakarsēšana. Par piedevu materiālu izmanto vara stieples ar alvas, cinka vai pat sudraba piedevām, kas uzlabo šķidrplūstamību, un ar silīcija un fosfora piedevām, kas veic šuves dezoksidēšanu. Pēc šuves sametināšanas ir nepieciešama ātra šuves atdzesēšana ūdenī un tās kalcināšana vai novalcēšana, lai sasmalcinātu struktūrā izveidojušos rupjos graudus un samazinātu trauslumu.

Vara elektrometināšanu veic ar nekūstošiem ogles vai kūstošiem metāla elektrodiem. Lietojot ogles elektrodus, par piedevu materiālu izmanto alvas vai silīcija bronzas stienīšus un boraku saturošus kušņus. Metina ar garu loku un tiešās polaritātes līdzstrāvu. Metāla elektrodus izgatavo no vara stieples ar speciālu segumu. Metināšanā ar metāla elektrodiem, izmanto īsu loku un apgrieztās polaritātes līdzstrāvu, strāvas blīvumu izvēloties 50...60 A/mm. Vara rokas elektrometināšana nav plaši izplatīta, jo šuves mehāniskās un fizikālās īpašības ir vājākas par pamata materiāla īpašībām.

Vara automātisko un pusautomātisko metināšanu zem kušņiem veic ar ogles elektrodu. Kušņi pēc ķīmiskā sastāva līdzīgi tērauda metināšanas kušņiem. Par piedevu materiālu lieto misiņa sloksnes. Misiņa sastāvā esošais cinks dezoksidē šuvi. Metinot varu ar kūstošiem elektrodiem, izmanto keramiskos kušņus

Produktīva ir varu metināšana aizsarggāzes - argona, slāpekļa, vai to maisījuma plūsmā, izmantojot nekūstošos volframa elektrodus (TIG process) vai kūstošos vara sakausējumu elektrodus (MIG process). Izplatītāka ir metināšana ar volframa elektrodiem un tiešās polaritātes līdzstrāvu par piedevu materiālu izmantojot silīciju, alvu un mangānu saturošas vara stieples. Pirms metināšanas vēlama pamata materiāla iepriekšēja sakarsēšana līdz 550 °C temperatūrai.

Vara - cinka sakausējumu - misiņu (cinka saturs līdz 38 %) metināšanu apgrūtina cinka iztvaikošana, kas veicina šuves porainību un pavājina stiprību. Cinka tvaiki ir indīgi, tādēļ metināšanas procesā nepieciešami individuālie aizsarglīdzekļi (respiratori). Misiņu metina tāpat kā varu, veicot papildpasākumus, kas samazina cinka iztvaikošanu. Gāzmetināšanā ieregulē oksidējošu liesmu, kas rada virs šuves cinka oksīdu aizsargkārtiņu. Metina ar lielu ātrumu, cenšoties nesagraut oksīdu aizsargkārtiņu. Pēc jaunāka paņēmiena misiņu metina, lietojot boraka tvaikus saturošus gāzveida kušņus. Tos padod kopā ar acetilēnu. Boraka anhidrīts savienojas ar cinka oksīdu un veido blīvu sārņu kārtu, kas pilnīgi novērš cinka iztvaikošanu. Misiņa rokas elektrometināšana ir apgrūtināta, bet to sekmīgi veic ar kontakmetināšanas paņēmieniem.

No vara sakausējumiem - bronzām izgatavo lējumus. To metināšana ir ierobežota un nepieciešama defektu labošanā lējumos un remonta vajadzībām.

3.7. METĀLU TERMISKĀ GRIEŠANA

3.7.1. Termiskās griešanas veidi

Mašīnbūvē izmanto dažāda biezuma plakanas sagataves, kuru sānu virsmas veido līklīniju kontūras. Šādos gadījumos sagataves izgriež no liela izmēra loksne, izmantojot termiskos griešanas paņēmienus. Termiskā griešana piemērota arī citu velmēto izstrādājumu: sloksņu, cauruļu, universālo un speciālos profilu sagarināšanai. Griešanā izmanto speciālas iekārtas ar automatizētu ciparu (CNC) vadību. Tās nodrošina augstu sagatavju precizitāti un produktivitāti.

Pastāvošos termiskās griešanas veidus iedala divās pamata grupās – griešanā ar materiāla izkausēšanu un griešanā ar materiāla oksidēšanu griezumā vietā. Griešanā ar kausēšanu materiālu griezumā vietā sakarsē līdz kušanai un šķidro metālu izpūš no griezumā vietas. Griešanā ar oksidēšanu materiālu griezumā vietā neizkausē, bet sakarsē līdz temperatūrai, kurā tas sadeg skābeklī. No griezumā vietas izpūš nevis šķidru metālu, bet tā oksīdus. Griešanai ar oksidēšanu ir piemēroti tikai materiāli, kuru oksidēšanās temperatūra skābeklī ir zemāka par kušanas temperatūru.

Termiskās griešanas veidi ar izkausēšanu:

- Griešana ar elektrisko loku, izmantojot kūstošus elektrodus;
- Griešana ar elektrisko loku, izmantojot nekūstošus elektrodus;
- Griešana ar plazmu;
- Griešana ar lāzera staru.

Termiskās griešanas veidi ar oksidēšanu:

- Griešana ar skābekļa strūklu;
- Griešana zem kušņiem;
- Griešana ar loka - skābekļa strūklu.

Termisko griešanu lieto arī virsmu apstrādē. Ar to izgriež defektus, tērauda, čuguna, krāsaino metālu liela gabarīta lējumus un metinātos savienojumus. Virsmu nogriešanu veic ar tiem pašiem tehniskos līdzekļiem kā griešanu. Izplatīta ir virsmu griešana ar skābekļa – loka griešanas paņēmieni.

Termiskā griešana piemērota arī griešanai zem ūdens. Tā iespējama pateicoties gāzu slānim, kas izveidojas apkārt karsēšanas liesmai vai elektriskajam lokam, un atdala griezumā vietu un karsēšanas avotu no ūdens. Visbiežāk to veic ar skābekļa – loka griešanas paņēmieni, izmantojot gan kūstošos gan nekūstošos elektrodus.

Mašīnbūvē lokšņu un cauruļu sagarināšanai lieto griešanu, kam pamatā ir abrazīva graudus saturošas augstspiediena ūdens strūkļas iedarbība. Griešanas process nepieder termiskai griešanai. To veic parastajās temperatūrās. Griezuma virsmas netiek pakļautas augstām

temperatūrām un mehāniskām deformācijām. Virsmās nerodas iekšējie spriegumi un neveidojas mikroplaisas.

Griešanā izmanto iekārtas, kas rada tievu ļoti augsta spiediena 379 MPa (3790 bari) ūdens strūklu. Caur otru sprauslu strūklā ievada abrazīvo pulveri (parasti silīcija smiltis). Abrazīvās augstspiediena ūdens strūklas ietekmē materiālā rodas griezums, kura platums nepārsniedz 0,8...1,8 mm. Iekārtas raksturojošie tehniskie dati: piedziņas jauda - 45 kW; ūdens padeves sprauslas diametrs - 0,33 mm; abrazīva padeves sprauslas diametrs - 1,3 mm; maksimālais ūdens patēriņš - 4,69 l/h; abrazīva pulvera patēriņš - 200 ml/min; griezējstrūklas maksimālais diametrs - 0,4 mm.

3.7.2. Metālu griešana ar elektrisko loku

Griešanā ar elektroloku materiālu neizdedzina, bet griezuma vietā izkausē. Ar elektroloku griež tēraudu, čugunu un krāsaino metālu sakausējumus. Griešanas produktivitāti paaugstina, izkausēto materiālu izpūšot ar gaisa vai gāzes strūklu. Griezuma virsma salīdzinoši ir nelīdzena, tādēļ paņēmienu visbiežāk lieto metāllūžņu sagarināšanā.

Griešanu ar elektroloku veic ar kūstošiem metāla elektrodiem, izmantojot parastos rokas elektriskās metināšanas elektrodus vai arī izmantojot īpašus tikai griešanai paredzētus elektrodus. Tie pārklāti ar vāji kūstošu segumu, kas strāvas avotus pasargā no īsslēgumiem. Metālus griežot ar parastajiem elektrodiem, strāvas stiprumu palielina par 50...60 %. Griezuma vietu parasti pārklāj sārņi. Griešanā izmanto līdzstrāvu vai maiņstrāvu. Griešana ar metināšanas elektrodiem ir ierobežota un ekonomiski neizdevīga.

Griežot ar nekūstošiem elektrodiem parasti izmanto grafiņa (ogles) vai volframa elektrodus. To diametru parasti izvēlas 12...25 mm robežās un ar tiem iespējams griezt līdz 100 mm biezas tērauda loksnes. Lietojot grafiņa elektrodus, griezuma vieta piesātinās ar oglekli, kas apgrūtina sagatavju tālāko apstrādi ar griezējinstrumentiem.

Griešanas ātrumu palielina, izmantojot elektroloka – gaisa griešanu, izkausēto materiālu no griezuma vietas izpūšot ar saspiestu gaisu vai arī ar skābekļa strūklu. Griešanai ar gaisa vai skābekļa padevi ir izstrādāti īpaši griezējdegļi, kas ievērojami paaugstina procesa produktivitāti.

3.7.3. Metālu griešana ar plazmu

Dabā ir sastopami trīs vielas agregātstāvokļi: ciets, šķidrums un gāzveida. Pāreju no viena stāvokļa citā nosaka pievadītais enerģijas daudzums. Karsējot gāzes temperatūrās, kas pārsniedz 8000...10000 °C, to molekulas sadalās jonos un elektronos. Rodas jauns ceturtais vielas

agregātvoklis - plazma. Normālos apstākļos gāzes vāji vada elektrisko strāvu, bet, sadaloties jonos un elektronos, kļūst par strāvas vadītājiem.

Par plazmu veidojošām vidēm izmanto vairākas tehniskās gāzes. Par tām var būt inertās gāzes - argons, slāpeklis, ūdeņradis, un aktīvās gāzes - skābeklis vai attīrīts gaiss. Labākas siltuma nesējas ir vairāku (divu un trīs) atomu gāzes. Argons ir viena atoma gāze, tādēļ tīrs tas ir mazāk piemērots plazmas radīšanai. Tam piejauc citas gāzes. Ūdeņraža 15...20 % piejaukums argonam ievērojami paaugstina plazmas siltuma jaudu un palielina griešanas produktivitāti. Argona un ūdeņraža maisījumus biežāk lieto vieglo metālu (alumīnija, magnija un to sakausējumi) griešanā. Konstruksiju tērauda griešanā plazmas veidošanai izmanto attīrītu gaisu, kas bagātināts līdz 50 % ar skābekli. Bagātināta gaisa izmantošana ļauj griešanas ātrumus palielināt par 20...30 %. Griežot augsti leģēto tēraudu par plazmu veidojošo gāzi lieto gaisu, kas bagātināts ne tikai ar skābekli, bet arī ar slāpekli. Varu un tā sakausējumu griešanā par gāzi izmanto slāpekļa un ūdeņraža maisījumus.

Enerģiju, kas ir nepieciešama gāzes pārvēršanai plazmā, nodrošina elektriskais loks. Virzot elektriskajā lokā caur nelielu urbumu un zem spiediena gāzes plūsmu, rodas blīvs loka stabs ar ļoti augstu temperatūru. Metālu griešana ar plazmu pamatojas uz vietēju materiāla izkausēšanu ar ļoti tievu augstas temperatūras gāzes strūklu. Izkausēšanai seko šķidrā metāla izpūšana no griešanas zonas.

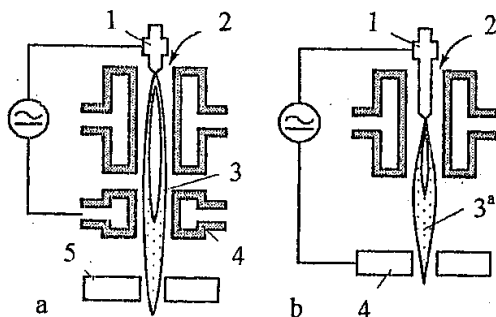
Plazmas griešanas iekārtas sastāv no loka barošanas avota ar kabeļiem, gāzu baloniem ar šļūtenēm un griezējdegļa (plazmotrona). Iekārtu papildina mehānismi, kas griezējdegli pārvieto pa sagriežamo materiālu.

Nozīmīgākā iekārtas sastāvdaļa ir griezējdegļis jeb plazmotrons – ierīce, kas rada plazmu. Pastāv vairākas plazmotrona konstrukcijas. Pamatos to veido divi savstarpēji elektriski izolēti bloki - elektroda bloks un sprauslas bloks. Tie veido kopēju kameru, kurā padodot gāzi ierosinās elektriskais loks. Bloki sevī ietver mezglus, kas nodrošina plazmas veidošanai nepieciešamo gāzu padevi, elektriskās strāvas pieslēgumu, elektrodu stiprinājumu un plazmotrona dzesēšanas sistēmu.

Pēc plazmu veidojošo gāzu padeves kamerā paņemiena, izšķir plazmotronus ar aksiālu un ar virpuļveida padevi (3.48.att.). Plazmotronos ar aksiālu gāzes padevi plūsmu virza paralēli elektrodam (katodam). Otrā gadījumā gāzi padod pa tangenciāliem urbumiem, kas tās plūsmu savirpuļo. Plazmotronus ar aksiālo gāzes padevi galvenokārt izmanto plazmas griežos ar rokas vadību, bet automatizētajās griešanas iekārtās lieto plazmotronus ar virpuļveida gāzes padevi.

Plazmas radīšanai izmanto kā inertās gāzes (argonu, slāpekli, ūdeņradi), tā arī aktīvas gāzes (gaiss, skābeklis). Lietojot inertās gāzes, elektrodus izgatavo no volframa, kas leģēts ar lantānu. Izmantojot plazmas veidošanai aktīvās gāzes, kas rada izteikti oksidējošu vidi,

elektrodus gatavo no vara, kas leģēts ar cirkoniju. Vara elektrodu kalpošanas ilgums, salīdzinot ar volframu, ir ievērojami īsāks (2...4 h).



3.48.att.Gāzu padeves veidi plazmotronā:

a – ar aksiālo padevi; b – ar virpuļveida padevi; 1 – sprausla; 2 – katoda stiprinājuma bloks; 3 – volframa katods; 4 – gāzes padeves kanāls; 5 – katoda dzesēšanas kanāls; 6 – vara katods; 7 – katoda ieliktnis.

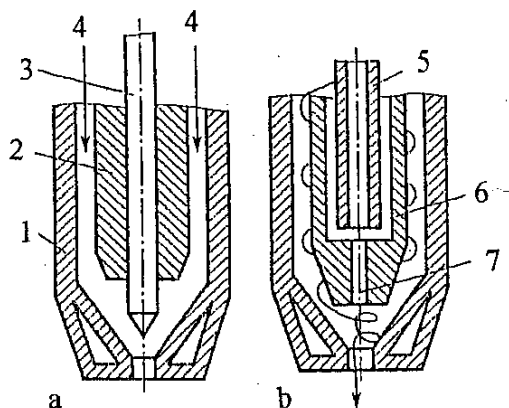
Gāzes padeves veids ietekmē arī elektroda (katoda) izveidojumu. Pie aksiālās gāzes padeves volframa elektrodu galus asina $20...30^{\circ}$ leņķī, bet pie virpuļveida padeves vara elektrodu galus veido plakanus.

Automatizētās plazmas griešanas iekārtās darbojas intensīvākā režīmā un plazmotroniem ir nepieciešama pastiprināta dzesēšana. Jaunākajās iekārtās degļa dzesēšanai iebūvētas autonomas dzesēšanas sistēmas, kurās cirkulē noslēgts ūdens daudzums un to atdzesē radiatoros.

Nozīmīgs plazmotronu elements ir sprauslas. Tās izgatavo no vara. Sprauslas kanālu forma un izmēri nosaka plazmas strūkļas parametrus. Samazinot sprauslas diametru un palielinot garumu, pieaug plazmas jauda un griešanas produktivitāte. Neskatoties uz intensīvo dzesēšanu sprauslas noliektas strauji un to darba mūžs nepārsniedz 8 stundas.

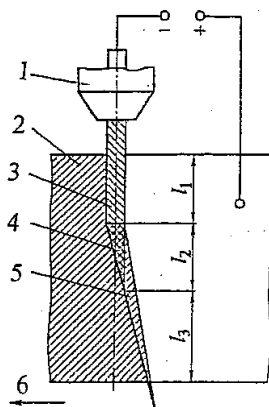
Elektriskais loks, kas rada plazmu, var būt analogs tiešās vai netiešās darbības metināšanas lokam. Radot elektrisko loku starp elektrodu un griezamo materiālu, veidojas tiešās darbības loks, ko sauc par plazmas loku. Turpretī, ja elektrisko loku rada starp diviem elektrodziem, tad tas ir neatkarīgais loks un to uzskata par plazmas strūkļu (3.49.att.).

Metālu griešanā plašāk lieto plazmas loku, jo tam ir augstāks lietderības koeficients. Plazmas loka siltuma izmantošana sasniedz 70...80 %, kas par 10...30 % pārsniedz siltuma izmantošanu griešanā ar plazmas strūkļu. Plazmas strūkļu dažkārt lieto nemetālisko materiālu un plānu metāla lokšņu griešanā.



3.49.att. Plazmotrona slēguma shēmas:

a – ar neatkarīgu loku; b – ar tiešās darbības loku; 1 – katods;
2 – plazmu veidojošā gāze; 3 – plazmas strūkļa; 3^a plazmas
loks; 4 – anods; 5 – griežamais materiāls.



3.50.att. Plazmas griešanas ar tiešo loku shēma:

1 – plazmotrons; 2 – materiāls; 3 – loka stabs; 4 – anoda
plankums; 5 – liesma; 6 – griešanas virziens; l_1 ; l_2 ; l_3 –
atbilstoši garumi

Griešanā ar tiešās darbības plazmas loku griezumā izšķir trīs zonas: loka stabu, anoda plankumu un liesmu (3.50.att.). Katra no zonām atšķiras ar griezamā materiāla karsēšanas intensitāti. Viszemākā efektivitāte ir liesmai.

Atsevišķo zonu garumu ietekmē griešanas režīms, bet galvenā nozīme ir griešanas ātrumam. Izvēloties optimālu griešanas režīmu, var iegūt griezumam ar paralēlām malām.

3.21.tabula

Maza oglekļa saturs tērauda griešanas režīmi ar plazmu

Materiāla biezums, mm	Strāvas stiprums, A	Sprauslas diametrs, mm	Gaisa patēriņš, m ³ /h	Griešanas ātrums, m/h
10	200	3,0	6,0	120
10	300	3,0	6,0	190
20	200	3,0	6,0	50
20	300	3,0	6,0	94
30	300	3,0	6,0	54
30	400	3,0	6,0	90
50	400	4,0	8,0	29
70	400	4,0	8,0	15
100	400	4,0	8,0	5
130	450	4,0	8,0	2

Griežot ar plazmu izmanto invertora tipa līdzstrāvas avotus ar strauji krītošu raksturlielumu un paaugstinātu tukšgaitas spriegumu. Strāvas avoti ar 180 V tukšgaitas spriegumu ļauj griezt līdz 80 mm biezus alumīnija sakausējumus, vai līdz 60 mm biezus tērauda un vara sakausējumus.

Plazmas griešanu raksturo vairāki parametri: sprauslas diametrs, strāvas stiprums, loka spriegums, griešanas ātrums un gāzu patēriņš. Katru no parametriem nosaka konkrētie darba apstākļi. Vidēji, sprauslas diametrs 3...4 mm, strāvas stiprums 200...400 A, loka spriegums 120...200 V, griešanas ātrums 0,5...5 m/min, gāzu patēriņš 40...100 l/min (3.21.tabula).

3.7.4. Griešana ar lāzera staru

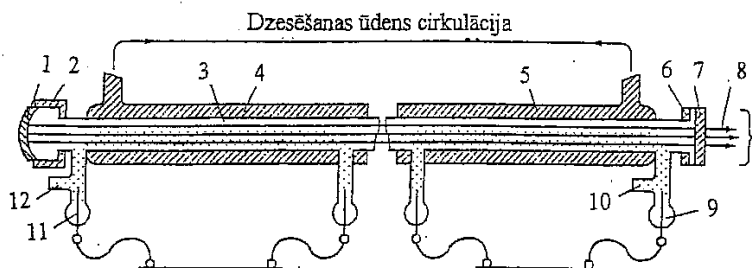
Materiālu termiskā griešanā ar lāzera staru, salīdzinot ar citiem griešanas veidiem, ir unikāls tehnoloģisks process. Tā ļauj sašaurināt griezumam spraugu un līdz minimumam samazina termiskās iedarbības zonu.

Lāzera stars pēc būtības ir inducēta viena garuma elektromagnētisko viļņu starojuma plūsma. Par izstarojuma avotiem izmanto optiskos kvantu ģeneratorus. Atkarībā no vides, kurā ir ierosina izstarošanu, izšķir gāzu, šķidruma un cietķermeņu optiskos kvantu ģeneratorus. Plašāku pielietojumu tehnikā ir ieguvuši gāzu un cietu ķermeņu ģeneratori. Tie nodrošina lielāku izstarojuma jaudu, lāzera stara parametru stabilitāti un griešanas procesa produktivitāti.

Gāzu optiskie kvantu ģeneratori pēc gāzes padeves iedalās; garenplūsmas un šķērsplūsmas ģeneratoros.

Gāzes garenplūsmas optiskā kvantu ģeneratora uzbūves shēma dota 3.51.attēlā. Hermētiski noslēgtā stikla caurulē (rezonatorā) zem 1,3...2,7 kPa spiediena cirkulē ogļskābās gāzes, slāpekļa un hēlija maisījums. Caurulē iemontēti elektrodi, kas pieslēgti līdzstrāvas avotam, kura spriegums ir 10...20 kV. Elektriskās izlādes ietekmē ogļskābās gāzes molekulās ierosinās elektronu pāreja no augstāka līmeņa orbitām uz zemāku līmeni. Atbrīvotā enerģija rada vidēja diapazona infrasarkanā starojumu ar viļņu garumu 10,6 μm (mkm). Slāpekļa piejaukums veicina abu gāzu CO_2 un N_2 molekulās enerģijas rezonansi, kas starojuma jaudu palielina aptuveni 4 reizes. Hēlija piedeva nodrošina vienmērīgu siltuma sadali, jo ir gāze ar labu siltuma vadītspēju, un stabilizē kvantu ģeneratoru darbību.

Rezonatora korpusa (caurules) vienā galā ir iemontēts sfērisks metālisks spogulis, kas inducēto starojumu pārveido gaismas starā. Rezonatora korpusa otrā galā ir iemontēts ierobežotas caurlaidības spogulis. Daļa no gaismas stara šķērso ierobežotas caurlaidības spoguļi, bet daļa atstarojas rezonatorā un stabilizē enerģijas ģenerāciju. Rezonatora pārkarsēšanu novērš ar ūdens cirkulāciju dzesēšanas apvalkā. Optiskā kvantu ģeneratora jauda sasniedz vairākus kilovatus, bet lietderības koeficients ir salīdzinoši zems - 10...20 %.



3.51.att. CO_2 garenplūsmas optiskā kvantu ģeneratora shēma:

- 1 – sfēriskais spogulis; 2 un 6 spoguļu nostiprināšanas korpusi; 3 – rezonators; 4 un 5 – dzesēšanas sistēmas apvalks; 7 – ierobežotas caurlaidības spogulis; 8 – gaismas staru kūlis; 9 un 11 – elektrodi; 10 – gāzu izvades kanāls; 12 – gāzu ievades kanāls

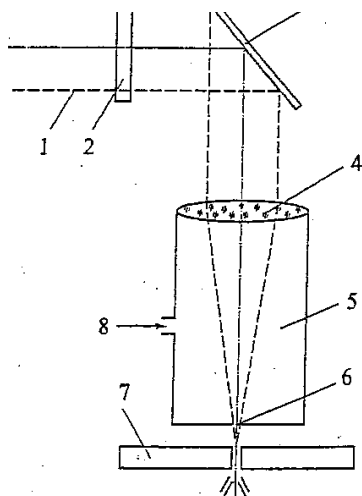
CO_2 gāzes optisko kvantu ģeneratoru galvenais trūkums ir nelielās izejošās jaudas. Vienu metru garš rezonators attīsta vidēji tikai 40...80 W izejošo jaudu (atsevišķos gadījumos līdz 200 W). Jaudu palielina, gāzes

garenplūsmas optiskos kvantu ģeneratorus apvienojot sekcijās, kur vairākus rezonatorus saslēdz virknē.

Pēdējos gados ieviešas gāzu šķērsplūsmas kvantu ģeneratori. To izmēri salīdzinoši ir mazāki, bet izejas jaudas lielākas - līdz 10 kW.

Metālu termiskajā griešanā plašāku pielietojumu ir ieguvuši cietķermeņu optiskie kvantu ģeneratori, kuros starojumu nodrošina gaismas plūsma caur rubīna monokristāliem. To starojumam ir mazāks viļņu garums (1,06 mkm), kas nodrošina augstāku stara fokusēšanu nekā CO₂ gāzes ģeneratori un ļauj samazināt griezuma spraugas platumu. Cietķermeņu kvantu ģeneratoriem ir mazāki izmēri. Tie izdevīgi uzstādīšanai uz termiskās griešanas mašīnu kustošajām daļām. Optiskie kvantu ģeneratori ir tikai starojuma avoti. Metāla griešanai ir nepieciešams fokusēts lāzera stars un to veido griezējdegļis.

Lāzera staram piemīt īpašības, kas ir jebkuram optiskam starojumam. Krītot uz plakanu spoguļu virsmām, lāzera stars atstarojas leņķī, kas vienāds ar krišanas leņķi. Ejot cauri lēcām vai atstarojoties no ieliektu spoguļu virsmām, gaisma plūsma fokusējas, radot uz apstrādājamajām virsmām ļoti blīvas enerģijas plūsmas.



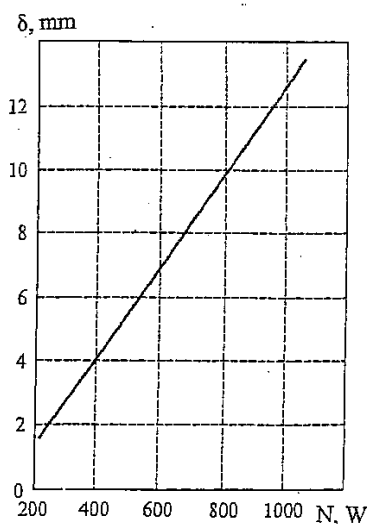
3.52.att.Lāzera griezējdegļa shēma:

1 - gaismas staru kūlis; 2 - lēca; 3 - spogulis; 4 - fokusējošā lēca; 5 - korpus; 6 - izplūdes urbums; 7 - griežamais materiāls; 8 - gāzes padeve

Optiskās sistēmas ļauj fokusēt staru, kura diametrs ir tikai 0,15...0,5 mm robežās. Enerģijas blīvums plūsmā sasniedz $10^9 \dots 10^{10} \text{ W/m}^2$, kas par vienu pakāpi ir augstāks nekā plazmas vai skābekļa griešanā. Šādā enerģijas blīvumā izkūst un pat iztvaiko grūti kūstošie metāli.

Termiskai griešanai ar lāzera staru pakļaujas visi metāli un to sakausējumi. Procesa produktivitāti un griezuma kvalitāti nosaka vairāki parametri: ģeneratora jauda, lāzera stara diametrs, viļņu garums, darba gāzes sastāvs, griežamā materiāla biezums un fizikālās īpašības utt. Lielākā ietekme ir lāzera stara jaudai (3.53.att.). To izvēlas ne tikai pēc loksnes biezuma, bet arī pēc griežamā materiāla fizikālajām īpašībām (3.22.un 3.23. tabulas).

Par darba gāzēm (griezējgāzēm) izmanto skābekli, slāpekli vai gaisu. Vidēja biezuma (5...7 mm) lokšņu griešanā, par darba gāzi lieto skābekli. To padod zem spiediena 2...5 bari un tā patēriņš ir 1...5 m³/h. Zemākās spiediena un patēriņa robežvērtības piemērotas plānākiem materiāliem, lielākās– biezākiem. Plānāku (līdz 4 mm biezu) un biezāku (virs 8 mm) lokšņu griešanā par darba gāzi izmanto slāpekli.



3.53.att.Sakarības starp materiāla biezumu un lāzera jaudu.

3.22.tabula

Lāzera jaudas izvēle pēc griežamā materiāla

Lāzera jauda kW	Mazoglekļa konstrukciju tērauda lokšņu biezums, mm	Alumīnija un tā sakausējuma lokšņu biezums, mm
0,5	3...6	2...3
1,0	5...8	3...5
4,9	8...20	6...10

3.7.5. Griešana ar skābekli

Griešanā ar skābekli materiālu griezuma vietā neizkausē, bet sakarsē līdz temperatūrai, kurā tas sadeg skābeklī. Ar skābekli var griezt tikai tādus materiālus, kuru uzliesmošanas temperatūra skābeklī ir zemāka par kušanas temperatūru, bet oksīdi kūst temperatūrā, kas zemāka par uzliesmošanas temperatūru. Griežamajiem materiāliem ir vēlams pēc iespējas mazāka siltuma vadītspēja, lai tas neaizplūstu no griešanas zonas, un zemāka ietilpība.

Griešanai labi piemēroti ir mazoglekļa tēraudi. To kušanas temperatūra ir 1535 °C, bet uzliesmošanas temperatūra skābeklī – 1300 °C. Pieaugot oglekļa saturam, tērauda griešana kļūst apgrūtināta. Pārsniedzot oglekļa saturam 1 % robežu, kušanas un uzliesmošanas temperatūras izlīdzinās (kļūst vienādas) un tērauda griešana ar skābekli nav iespējama.

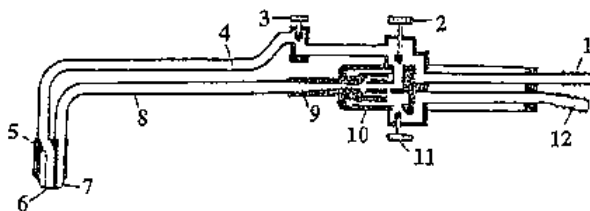
3.23.tabula

Alumīnija griešanas režīmi ar lāzera staru

Griežamais materiāls	Materiāla biezums, mm	Ģenerators jauda, kW	Darba gāze	Griešanas ātrums, m/min	Griezuma spraugas platums, mm
Alumīnijs un tā sakausējumi	1,5	4,9	Slāpeklis	479	0,3
	3,0	4,9	Slāpeklis	241	0,5
	4,0	4,0	Slāpeklis	162	0,5
	5,0	3,0	Skābeklis	90	1,0
	6,0	3,0	Slāpeklis	83	0,5
	8,0	3,0	Skābeklis	42	1,0
	8,0	3,0	Slāpeklis	36	0,5
Titāna sakausējumi	2,2	0,21	Skābeklis	227	0,76
	6,3	0,25	Skābeklis	169	1,02
	9,9	0,26	Skābeklis	151	1,65

Iekārta griešanai ar skābekli būtiski neatšķiras no gāzes metināšanas posteņa. Vienīgi metināšanas degļus aizstāj griezējdegļi. No metināšanas degļiem tie atšķiras ar papildus skābekļa pievadu un ventili padeves regulēšanai (3.54.att.).

Griešanas deglī skābekļa plūsma, kas pienāk no balona, sazarojas. Vienu plūsmas daļu, kas nodrošina augstas temperatūras liesmu, ar kuru griešanas vietā sakarsē materiālu, regulē degmaissijuma ventilis. Otra skābekļa plūsmas daļa nonāk degļa galviņā. Tās lielumu regulē griešanas intensitātes ventilis. Izplūstot caur galviņas centrālo kanālu, veidojas salīdzinoši tieva skābekļa griezējstrūkļa, kas sadedzina (oksīdē) materiālu šaurā spraugā.



3.54.att. Griešanas degļa shēma:

1 - skābekļa pievads; 2 - skābekļa ventilis degmaisījuma regulēšanai; 3 - skābekļa ventilis griešanas intensitātes regulēšanai; 4 - skābekļa pievads degļa galviņai; 5 - degļa galviņa; 6 - skābekļa sprausla; 7 - degmaisījuma sprausla; 8 - degmaisījuma pievads; 9 - degmaisījuma sajaukšanas kamera; 10 - injektācijas kamera; 11 - acetilēna ventilis; 12 - acetilēna pievads.

Griešanas degļu galviņas ir numurētas un atšķiras ar urbuma (sprauslas) izmēriem. Galviņas lielumu izvēlas atkarībā no griezamā materiāla biezuma (3.24.tabula). Atbilstoši sprauslas lielumam ieregulē skābekļa spiedienu

Griešanas procesu iesāk ar materiāla vietēju sakarsēšanu paredzētajā sākuma punktā. Kad virskārta ir sasniegusi temperatūru, kurā materiāls uzliesmo skābeklī, atver griešanas ventili un pievada papildus skābekli, kas sakarsēto materiāla virskārtu sadedzina. Dzelzs sadegšana skābeklī izdala papildus siltumu, kas vairākkārt pārsniedz gāzes liesmas radīto siltuma daudzumu. Tieši papildus siltums ir tas, kas sakarsē dziļākos materiāla slāņus. Tiem sadegot skābeklī, rodas griezum visā materiāla biezumā (3.55.att.). Virzot griezējdegli uz priekšu, griezuma spraugas garums palielinās. Radušos sārnus (oksīdus) izpūš no griešanas zonas ar skābekļa strūklu.

Virzot griezējdegli par ātru, materiāla malas griešanas vietā nepaspēj pietiekami sakarst un griešanas process var pārtrūkt. Turpretī degli virzot pārāk lēni, spraugas malas apkūst un griezuma virsmas kļūst nelīdzenas.

Griešanas procesā, metālam sadegot skābeklī, izdalās liels siltuma daudzums, kas 6...8 reizes pārsniedz liesmas izdalīto siltuma daudzumu, tādēļ oglekļa tērauda griešanā ar skābekli sekmīgi lieto acetilēna aizstājējās gāzes: propāna - butāna maisījumus, naftas gāzi, benzīna un petrolejas tvaikus. No aizstājējgāzēm biežāk izmanto propānu, kas sadegot skābeklī dod liesmu ar temperatūru 2100 °C.

Leģējošie elementi (ar retiem izņēmumiem) pasliktina griešanas ar skābekli iespējas. Griešanai nepakļaujas augsti leģētais tērauds, jo veidojas grūti kūstošu (ap 2000 °C) plēvītes, kas traucē dziļāko metāla slāņu oksidēšanos.

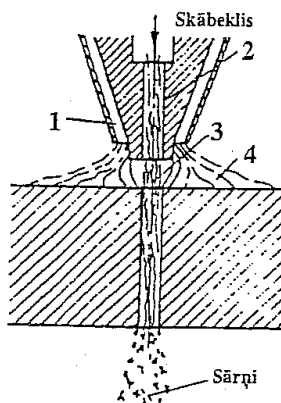
3.24.tabula

Parametru izvēle griešanā ar skābekli

Materiāla biezums, mm	Griezējdegļa sprauslas Nr.	Gāzu spiediens, baros	
		C ₂ H ₂	O ₂
1...3	1	0,1...0,8	1,5
3...8	2	0,1...0,8	1,5...2,0
8...20	3	0,1...0,8	3,0...4,0
20...50	4	0,1...0,8	4,0...4,5

Ar parastajiem griešanas paņēmieniem nav iespējama čuguna griešana. Čuguns sastāv no dzelzs pamatmasas ar grafīta ieslēgumiem. Tā kušanas temperatūra ir zemāka nekā dzelzs degšana skābeklī. Tāpēc čuguns vispirms izkūst un tikai tad sadeg skābeklī, izdalot lielu daudzumu oglekļa oksīda un dioksīda, kas piesārņo skābekli. Griezuma vieta veidojas ļoti raupja ar metāla izplūdumiem un izdegumiem.

Ierobežota ir arī krāsaino metālu un to sakausējumu griešana. Vara un tā sakausējumu griešanu apgrūtina labā siltuma vadītspēja un augstā siltumietilpība. Alumīnija oksīda Al₂O₃ kušanas temperatūra ievērojami pārsniedz alumīnija vārīšanās temperatūru 1600 °C. Lai izkausētu alumīnija oksīdu, ir nepieciešams pārsniegt 2050 °C temperatūru, kurā alumīnijs uzvārās un iztvaiko.



3.55.att. Griešanas ar skābekli shēma:

1 - deggāzes pievads; 2 - skābekļa pievads; 3 - skābekļa strūkļa; 4 - liesma.

Griežot ar skābekli augsti leģēto tēraudu, čugunu, krāsainos metālus un to sakausējumus, izmanto īpašus kušņus. Tie papildus satur dzelzs pulveri, kas skābekļa strūklā oksidējoties izdala daudz siltuma. Papildus siltums paaugstina griešanas zonas temperatūru, kurā oksīdi necietē.

Iekārtas, kas paredzētas griešanai ar kušņiem, papildinātas ar kušņu padavējiem un griezējdegļiem ar papildus pievadiem.

Dažkārt tērauda griešanā ar oksidēšanu izmanto skābekļa – loka griešanas paņēmieni. Materiāla sakarsēšanai izmanto elektroloka radīto siltumu, bet tā sadedzināšanai (oksidēšanai) – skābekļa strūklu. Par elektrodiem izmanto tievas tērauda caurulītes, kas pārklātas ar segumu, vai īpašus silīcija keramikas elektrodus. Ar skābekļa – loka griešanas paņēmieni griež līdz 100 mm biezus materiālus. Griezuma kvalitāte un produktivitāte neatpaliek no griešanas ar skābekļa strūklu.

3.8.METĀLU LODĒŠANA

3.8.1. Lodēšanas process

Lodēšana ir metālu un to sakausējumu savienošanas process cietā stāvoklī ar izkausēta piedevu materiāla (lodes) starpniecību. Lodes kušanas temperatūra ir zemāka par lodējamā materiāla kušanas temperatūru. Savienojamo elementu materiāls nekūst un tā ķīmiskais sastāvs un īpašības neizmainās.

Lodēšanai pakļaujas oglekļa un leģētais tērauds, krāsainie metāli un to sakausējumi, kā arī pelēkais un kaļamais čuguns. Lodējot savieno arī savstarpēji dažādus metālus. Lodēto savienojumu mehāniskā stiprība ir zemāka, salīdzinot ar metinātiem savienojumiem.

Lodēto savienojumu veidošanās procesā izšķir vairākas stadijas;

- lodējamo elementu sasildīšanu savienojumu vietā līdz temperatūrai, kas tuva lodes kušanas temperatūrai;
- lodes izkausēšanu;
- izkausētās lodes plūdināšanu pa cietām savienojamo elementu virsmām un spraugu piepildīšanu ar lodi kapilāro spēku iedarbībā;
- lodējamo elementu virsmu šķīšanu izkausētajā lodē un ķīmiski atšķirīgo materiālu savstarpēju difūziju;
- lodes atdzišanu un šuves kristalizēšanos.

Uzskaitītās lodēšanas stadijas viena otru pārsedz. Starp tām praktiski nav izteiktu robežu.

Lai veidotos kvalitatīvs lodētais savienojums, izkausētās lodes atomiem nepieciešama cieša saskare ar atomiem uz savienojamo elementu virsmām. Saskari veicina lodes izplūšanas un savienojamo elementu virsmu slapināšanas spējas. Slapināšanu traucē virsmas spraiguma spēki, kas satur pilienus un neļauj tiem izplūst. Slapināšanas

spējas novērtē atbilstoši slīpuma leņķim (3.24.tabula). To iedala: no pilnīgas slapināšanas līdz absolūtai neslapināšanai.

Lodēm ir nepieciešama arī spēja pietiekami šķīdināt lodējamās virsmas, lai nodrošinātu atomu savstarpēju difūziju. To ietekmē savienojamo elementu virsmu sagatavošanas kvalitāte. Uz tām nedrīkst būt ķīmiska (oksīdu) un mehāniska rakstura netīrumi. Difūzijas procesu ietekmē arī lodēšanas temperatūra.

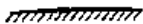
Par lodēm izmanto krāsaino metālu sakausējumus. Visbiežāk tie ir eitektiska sastāva sakausējumi, kam pazemināta kušanas temperatūra.

Lodēm izvirza vairākas prasības:

- to kušanas temperatūrai ir jābūt par 50...100 °C zemākai par lodējamā materiāla kušanas temperatūru;
- tai ir jābūt ar labu plūstamību un slapināšanas spēju;
- tai un lodējamam materiālam ir jābūt ar labu savstarpēju difūziju;
- jānodrošina savienojumiem blīvums un mehāniskā stiprība;
- savienojumiem ir jābūt drošiem pret koroziju.

3.24.tabula

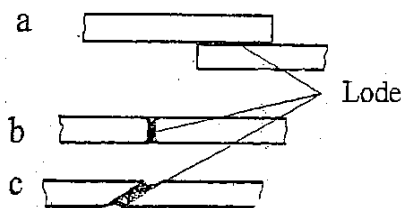
Lodes slapināšanas novērtējums

Lodes piliena kontūras	Saslapināšanas malas leņķis grādos	Saslapināšanas novērtējums
	0°	Pilnīga saslapināšana
	0°...45°	Laba saslapināšana
	45°...90°	Apmierinoša saslapināšana
	180°	Saslapināšanas nav vispār

Lodēšanā ir nepieciešami kušņi. Tie šķīdina un piesaista oksīdus, aizsargā virsmas pret oksidēšanos, uzlabo virsmu slapināšanos ar lodi un veicina lodes plūstamību. Kušņi var būt pulvera, pastas vai šķidrā veidā.

Lodētos savienojumus visbiežāk veido kā pārlaidsavienojumus, sadursavienojumus vai slīpos savienojumus (3.56.att.). Slīpiem savienojumiem, salīdzinot ar sadursavienojumiem, ir palielināts lodētās

virsmas laukums un stiprība. Spraugām starp savienojamo elementu virsmām ir jābūt minimālām, lai kapilārie spēki sekmētu lodes ieplūšanu un palielinātu savienojuma stiprību. Lodēšanai ir nepieciešamas lodes un kušņi.



3.56.att. Lodēto savienojumu veidi:

a – pārlaidsavienojums; b - sadursavienojums; c – slīpais savienojums.

Lodes iedala pēc kušanas temperatūras: mīkstlodēs un cietlodēs. Mīkstložu kušanas temperatūra ir zemākas par 400°C . Lodēto savienojumu stiprība nepārsniedz 70 N/mm^2 . Cietložu kušanas temperatūra pārsniedz 450°C , bet stiprība sasniedz no 60 līdz 500 N/mm^2 .

3.8.2.Lodēšanas materiāli

Lodēšanas process ar mīkstlodēm ir vienkāršs un to lieto, ja nav nepieciešama liela savienojuma stiprība, vai arī, kad nav pieļaujama savienojamo elementu karsēšana līdz augstākām temperatūrām. Mīkstlodes nodrošina lodētiem savienojumiem pietiekamu hermētiskumu.

Izšķir alvas – svina, svina – sudraba, cinka – kadmija, alvas cinka, alvas – kadmija, bismuta un indija mīkstlodes. Biežāk par mīkstlodēm lieto alvas-svina sakausējumus. Tiem ir labas tehnoloģiskās īpašības un augsta pretestība korozijai. Savienojuma īpašības nosaka alvas un svina attiecības. Viszemākā kušanas temperatūra piemīt sakausējumam ar alvas saturu 59...61 %. Alvas - svina sakausējumu kušanas temperatūra izmainās, pievienojot citus komponentus: antimonu, sudrabu, kadmiju vai bismutu. Antimona un sudraba piedevas lodes kušanas temperatūru paaugstina, bet kadmija – pazemina. Mīkstlodēm, kas satur svinu, alvu un bismutu, kušanas temperatūra ir tikai 96°C .

Lodēšanu ar cietlodēm lieto gadījumos, kad lodētie savienojumi pakļauti darbam augstākās temperatūrās, vai tiem ir nepieciešama augsta nogurumizturība. Cietlodes izgatavo uz vara, sudraba un alumīnija bāzes.

Varš ir pamata elements vara-cinka, vara – fosfora un vara – niķeļa lodēs. Izplatītas ir vara – cinka lodes ar cinka saturu līdz 39 %. Vara –

fosfora lodēm raksturīga laba siltuma un elektrovadītspēja. Tās biežāk lieto elektrotehniskajā rūpniecībā.

Cietlodēm uz sudraba bāzes ir salīdzinoši zemāka kušanas temperatūra, laba plūstamība un lodēto savienojumu plastiskums. Uz tā bāzes izgatavo sudraba – vara un sudraba – vara – cinka lodes. Tās lodētiem savienojumiem nodrošina labu stiprību, plastiskumu un arī elektrovadītspēju.

Alumīnija lodes lieto alumīnija un to sakausējumu lodēšanai. Lai pazeminātu lodes kušanas temperatūru, palielinātu mehānisko stiprību un korozijas izturību, alumīnija lodēm pievieno silīciju, varu, cinku u.c. elementus.

Lodēšanā ir nepieciešami kušņi. Tie lodēšanas procesā šķīdina oksīdus uz lodējamo elementu un ložu virsmām un pasargā lodētos savienojumus no tālākas oksidēšanās. Kušņus izgatavo no sāļiem, skābēm, oksīdiem, kā arī no dažām organiskajām vielām.

Lodēšanā ar mīkstlodēm par kušņiem lieto saldskābi, cinka hlorīdu, salmiaku, kolofoniju u.c. Tīru sālsskābi izmanto cinka un cinkotu tērauda elementu lodēšanā. Cinka hlorīdu lieto misiņa, vara, tērauda u.c. metālu lodēšanā. Pēc salodēšanas sālsskābes un cinka hlorīda atliekas no lodējuma vietas ir nepieciešams noskalot ar ūdeni, lai nesāktos savienojumu korozija.

Kolofonijs ir cieta trausla viela, ko iegūst no priežu sveķiem. Sakarsējot līdz 125 °C temperatūrai, tas kūst un šķīdina metālu oksīdus. Kušņi uz kolofonija bāzes neizraisa lodēto savienojumu koroziju un tos no lodējuma vietas nomazgāt nav vajadzīgs. Kolofoniju kā kušņus galvenokārt lieto elektriskās aparatūras un radioaparātūras elementu lodēšanā. Salmiaks (amonija hlorīds) ir balta, rūgta sāls, kas labi šķīdina taukvielas. Lodēšanā izmanto salmiaka kristālus vai pulveri.

Lodēšanā ar cietlodēm par kušņiem lieto boraku ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$), borskābi (Na_2BO_3), kā arī cinka hlorīdu ZnCl_2 , kālija fluorīdu KF un citus sārmu metālu halogēnu sāļus. Boraka kušanas temperatūra ir 743 °C un tā ķīmiskā aktivitāte sakās 800 °C temperatūrā. Alumīnija un magnija sakausējumu lodēšanā par kušņiem lieto sālsskābes sāļu maisījumus ar kāliju, nātriju un litiju fluorīdiem.

Nerūsošo tēraudu lodēšanā, par kušņiem lieto cinka hlorīda šķīdumu ūdenī, kam papildus piejaukts boraka – borskābes maisījums.

Ir pieejami lodēšanas materiālu komplekti konkrētu materiālu lodēšanai. Tie satur lodes un kušņus noteiktās proporcijās ar atbilstošu ķīmisko sastāvu.

3.8.3. Lodēšanas tehnoloģija

Lodēšanas process sastāv no savienojamo elementu sagatavošanas, lodēšanas un lodētā savienojuma apstrādes pēc lodēšanas. Kvalitatīva

lodējuma veidošanās galvenais nosacījums ir savienojamo virsmu tīrība. To nodrošina ar mehāniskiem un ķīmiskiem paņēmieniem. Savienojamām virsmām ir jābūt sausām. Pēc tam tās ar tērauda sukām, vīlēm vai slīppapīru attīra no mehāniskiem netīrumiem un iespējamiem korozijas plankumiem. Ķīmisko attīrīšanu veic ar organiskajiem šķīdinātājiem vai sārnu šķīdumiem. Pēc jaunākas tehnoloģijas lodējamās virsmas attīra ar elektroķīmisko vai ultraskaņas attaukošanas metodi.

Oglekļa un mazlēģētā tērauda izstrādājumus, ja ir nepieciešama augsta lodētā savienojuma stiprība, lodē ar vara, vara – cinka vai sudraba lodēm. Ja savienojuma izturība nav būtiska, bet nepieciešams tikai hermētiskums, lodēšanu veic ar alvas – svina lodēm. Lodes un kušņu izvēli nosaka lodēšanas paņēmieni. (3.25.tabula).

Nerūsošā un karstumizturīgā tērauda lodēšanu apgrūtina hroma veicinātā mehāniski izturīgā oksīdu kārtiņa. To vāji šķīdina parastie kušņi, tādēļ ir nepieciešami aktīvie kušņi uz cinka hlorīda bāzes. Nerūsošā un karstumizturīgā tērauda izstrādājumu lodēšanā lieto galvenokārt sudraba, vara un niķeļa lodes.

Vara un tā sakausējumu lodēšanai praktiski ir piemēroti visi paņēmieni. Lodējot vara izstrādājumus ar viegli kūstošajām lodēm (alvas – svina u.c.) par kušņiem lieto kolofoniju, kas neizraisa lodētā savienojuma koroziju un pēc salodēšanas nav vajadzīga kušņu nomazgāšanu. Vara sakausējumu cietlodēšanā biežāk izmanto sudraba lodes, bet mazāk piemērotas ir lodes uz vara bāzes.

3.25.tabula

Tērauda lodēšanas paņēmieni un materiāli

Lodēšanas paņēmieni	Lode	Kušņi
Ar lodāmuru	Alvas - svina	Kolofonijs, cinka hlorīds
Ar gāzes degli	Vara – cinka, sudraba un vara	Boraks, borskābe un to maisījumi
Krāsnīs ar noteiktu atmosfēru	Vara – cinka, vara un sudraba	Boraks, borskābe un to maisījumi
Kontakta lodēšana	Alvas – svina, vara – cinka, vara un sudraba	Cinka hlorīds, boraks, borskābe un to maisījumi
Sāļu vannās	Alvas – svina, vara – cinka, vara un sudraba	Boraks, borskābe un to maisījumi

Apgrūtināta ir alumīnija un tā sakausējumu lodēšana. Tā virsmas klātas ar oksīdu kārtiņu, kas atjaunojas pat pēc mehāniskas notīrīšanas. Alumīnija oksīdus nešķīdina parastie kušņi, ko lieto tērauda un vara

lodēšanā. Alumīnija lodēšanā lieto pēc ķīmiskā sastāva komplicētus maisījumus, kas sastāv no nātrija fluorīda, litija hlorīda, kālija hlorīda, cinka hlorīda u.c. elementiem. Kušņi uz hlora bāzes oksīdu kārtiņu sagrauj ķīmiski. Par lodēm biežāk lieto lodes, kas veidotas uz alumīnija bāzes.

Čuguns satur brīvu grafitu, kas vāji slapinās ar izkausēto lodi. Lai pelēkā un kaļamā čugunu virsmu atbrīvotu no grafitā un palielinātu tīras metāliskās virsmas laukumu, kušņiem pievieno spēcīgus oksidētājus: kālija hlorātu, mangāna peroksīdu, dzelzs oksīdus utt. Čugunus parasti lodē ar vara vai sudraba- niķeļa lodēm.

Lodēšanā savienojamo virsmu sakarsēšanai un lodes izkausēšanai ir nepieciešami siltuma avoti. Lodējot ar mīkstlodēm par siltuma nesējiem visbiežāk lieto lodāmurus (lodveserus). Tiem jābūt ar lielu siltuma ietilpību un labu siltuma vadītspēju. Lodāmura galvenais elements ir galva, ko izgatavo no vara. Pēc sildīšanas paņēmiena izšķir vienkāršos un elektriskos lodāmurus. Vienkāršos lodāmurus karsē kalēju ēzēs, ar gāzes degli vai lodlampām. To lietošana ir ierobežota, jo tie ātri atdziest un nenodrošina nemainīgu temperatūru.

Lodēšanu ar cietlodēm veic: karsējot ar gāzes liesmu, speciālās elektriskās krāsnīs, vannās ar izkausētiem sāļiem, ar augstfrekvences un ar rūpnieciskās frekvences elektrisko strāvu (kontaktlodēšana). Lodēšanā ar gāzes liesmu savienojamos elementus karsē ar metināšanas vai speciāliem degļiem par deggāzi izmantojot acetilēnu vai dabas gāzi. Pastāv portatīvas gāzes balonu iekārtas tieši lodēšanas vajadzībām.

Lodēšanu krāsnīs var veikt trīs veidos – lietojot cietos kušņus, lodējot vakuumā vai lodējot aizsarggāzu vidē. Lodējot vannās izkausēto sāļu maisījums sastāv no 55 % kālija hlorīda (KCl) un 45 % nātrija hlorīda (NaCl). Vannas temperatūra sasniedz 700...800 °C. Uz lodējamām virsmās pēc to sagatavošanas uznes lodi un kušņus, sastiprina un ievieto vannā. Sāļu maisījums pasargā lodējamo vienu no oksidēšanās. Lodēšanā ar augstfrekvences strāvu savienojamos elementus karsē induktorā. Augstfrekvences magnētiskais lauks lodējamās vietas sakarsē līdz lodes kušanas temperatūrai. Induktora izveidojums un izmēri ir atkarīgi no lodējamo elementu konfigurācijas. Kontaktlodēšanā savienojamos elementus karsē ar kontaktkarsēšanas iekārtām, kas būtiski neatšķiras no punktmetināšanas mašīnām.

2.Daļa. METĀLAPSTRĀDE GRIEŽOT

1. nodaļa. GRIEŠANAS PROCESS UN TĀ PARAMETRI

1.1. APSTRĀDES GRIEŽOT PAMATAJĒDZIENI

1.1.1. Apstrādes process un veidi.

Mašīnu, iekārtu un ierīču elementus (daļas) ražo no sagatavēm. Par tām var būt lējumi, kalumi, velmējumi u.c. Apstrāde griežot pamatojas uz griezējinstrumenta mehānisku iedarbību uz materiālu, no sagataves virsmas atdalot materiāla kārtu, kas pārvēršas skaidās. Atkarībā no detaļas virsmu rakstura, pieļaujamā raupjuma un nepieciešamās izmēru precizitātes izvēlas apstrādes veidu. Par pamata apstrādes griežot veidiem uzskata - virpošanu, urbšanu, ēvelēšanu, frēzēšanu un slīpēšanu. Katram no tiem ir nepieciešamas atbilstošas metālapstrādes mašīnas (darbmašīnas) un griezējinstrumenti. Paplašināšana, izrīvēšana, caurvilkšana, honēšana un citas apstrādes ir pamata apstrādes veidu paveidi. Tie atšķiras ar darbmašīnu kinemātiku, vai ar griezējinstrumentu ģeometriju, bet neatšķiras būtiski ar griešanas procesu.

Virpošanā, urbšanā, frēzēšanā, ēvelēšanā, paplašināšanā un izrīvēšanā izmanto griezējinstrumentus ar ģeometriski aprakstāmiem asmeņiem. Tiem ir noteikts plakņu un griezējasmeņu skaits, forma un leņķi. Tos apvieno kopējs nosaukums – asmeņu griezējinstrumenti. Slīpēšanā, honēšanā un dažos citos apstrādes veidos izmanto griezējinstrumentus ar ģeometriski nenoteiktiem asmeņiem - abrazīvos instrumentus.

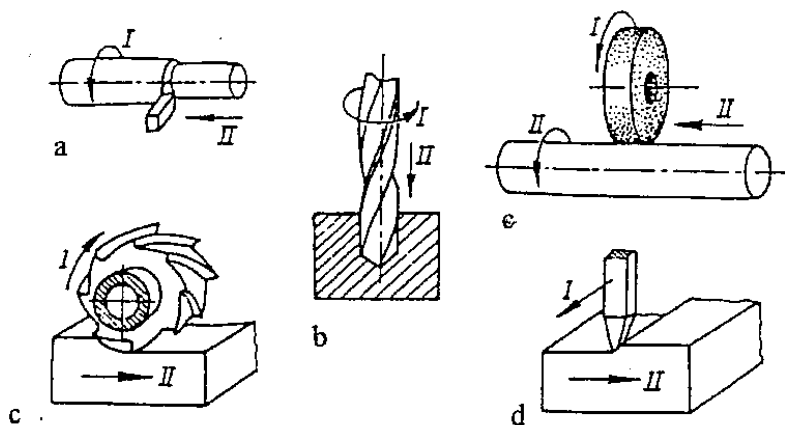
Asmeņu griezējinstrumenti var atšķirties ar konstruktīvo izveidojumu un tehnoloģisko uzdevumu, bet to griezējdaļas veido viens vai vairāki griezējelementi (elementārgriežņi), kas griešanas procesā darbojas kā ķīļi. Griezējinstrumenti, kas veidoti ar vienu griezējelementu, skaidu var atdalīt nepārtraukti (piemēram, virpošanā) vai periodiski (ēvelēšanā). Griezējinstrumenti ar vairākiem griezējelementiem (daudzasmēņu) tāpat skaidu var atdalīt nepārtraukti (urbšanā, izrīvēšanā), vai periodiski (frēzēšanā). Atšķirības griezējinstrumentu izveidojumā skaidas atdalīšanas procesu būtiski neizmaina. Pamatajēdzieni, kustību parametri un fizikālās parādības visos apstrādes veidos un paveidos ir analogas. Zināmas atšķirības pastāv darbmašīnu uzbūvē un kinemātikā. Metālapstrādes griešanas procesu analīzei visbiežāk par pamata apstrādes veidu izvēlas virpošanu, kā vienu no izplatītākajiem apstrādes veidiem.

Griezējinstrumenta ģeometriju, griešanas procesa kinemātiku un dinamiku raksturo liels skaits parametru. Katram no tiem ir savas mērvienības un pieņemtie apzīmējumi.

1.1.2. Kustības apstrādē griežot.

Apstrāde griežot pamatojas uz noteiktām sagataves un griezējinstrumenta savstarpējām kustībām. Tās iedala pamatkustībās un palīgkustībās. Griešanas procesu nodrošina pamatkustības, bet palīgkustības tās sagatavo. Pie palīgkustībām pieder griezējinstrumentu pievirzīšana un atvirzīšana, darbmašīnu galdu pacelšana un nolaišana utt.

Pamatkustības iedala galvenajās un padeves kustībās. Galvenā kustība nosaka griešanas ātrumu un tā ir darbmašīnas izpildmehānisma ātrākā kustība. Virpošanā galvenā kustība ir sagataves rotācija, frēzēšanā - frēzes rotācija, urbšanā ar urbja mašīnām - urbja rotācija, slīpēšanā - slīpripas rotācija utt. (1.1.att.).



1.1. att. Kustības apstrādē griežot:

a - virpošana; b - urbšana; c - frēzēšana; d - ēvelēšana;
e - slīpēšana; I - galvenā kustība; II - padeves kustība.

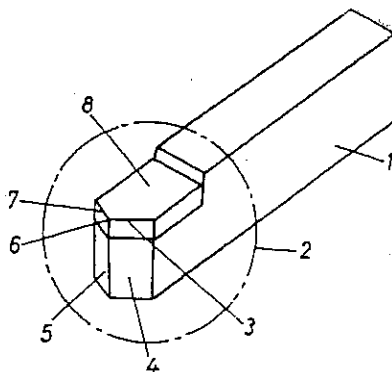
Padeves kustības nodrošina griešanas procesa nepārtrauktību. Virpošanā padeves kustība ir griežņa pārvietošanās, frēzēšanā - sagataves pārvietošanās, bet apaļslīpēšanā - sagataves rotācija un pārvietošanās. Padeves var būt nepārtrauktas un pārtrauktas. Virpošanā, frēzēšanā, urbšanā un dažos citos apstrādes veidos izmanto nepārtrauktās padeves. Tām ir raksturīga kustības vienmērība. Ēvelēšanā, tēšanā, slīpēšanā padeves ir periodiskas un norit griezējinstrumentam atrodoties ārpus griešanas zonas (izskrejā).

1.2. GRIEŽŅA ĢEOMETRISKIE PARAMETRI

1.2.1. Griežņu griežējdaļas elementi un sagataves virsmas.

Tuvākais pēc uzbūves ķīlim ir virpošanas grieznis. Tas sastāv no griežējdaļas jeb galvas un kāta (1.2.att.).

Griežējdaļu veido trīs virsmas: skaidvirsmā, galvenā mugurvirsmā un palīgmugurvirsmā. Virsmām šķēloties, veidojas griežējasmēņi. Šķēloties skaidvirsmā un galvenajai mugurvirsmā, rodas galvenais griežējasmēnis, bet, šķēloties skaidvirsmā un palīgmugurvirsmā, - palīggriežējasmēnis. Krustojoties griežējasmēņiem, veidojas griežņa virsotne.

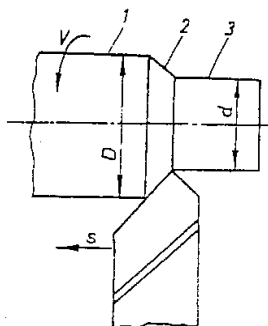


1.2. Virpošanas grieznis:

1 – kāts; 2 – griežņa galva; 3 – galvenais griežējasmēnis; 4 – galvenā mugurvirsmā; 5 – palīgmugurvirsmā; 6 – griežņa virsotne; 7 – palīggriežējasmēnis; 8 – skaidvirsmā.

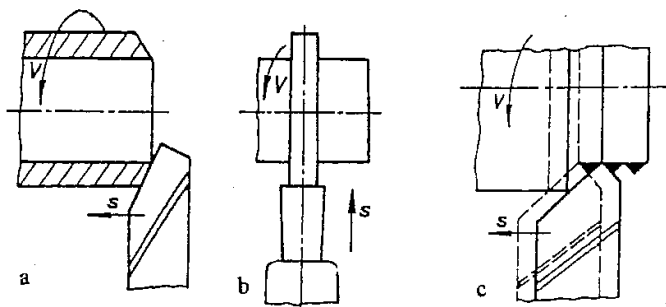
Apstrādes procesā sagatavei izšķir apstrādājamo, apstrādāto un griešanas virsmu (1.3.att.). Apstrādājamā ir tā sagataves virsma, no kuras atdala skaidu. Apstrādātā virsma rodas pēc skaidas atdalīšanas. Griešanas virsma ir pārejas virsma starp apstrādājamo un apstrādāto virsmu. To veido tieši griežējasmēnis. Apstrādi pārtraucot, griešanas virsma beidz pastāvēt vai pārvēršas par apstrādāto virsmu.

Ja skaidas atdalīšanā piedalās tikai galvenais griežējasmēnis (1.4.att.), tad tādu griešanas procesu sauc par brīvo griešanu. Metālapstrādē biežāk ir sastopama nebrīvā griešana, kad vienlaikus skaidas atdalīšanā piedalās abi griežējasmēņi. Pamata griešanu veic galvenais griežējasmēnis, bet palīggriešanu - palīggriežējasmēnis.



1.3.att. Sagataves virsmas:

1 – apstrādājamā virsma; 2 – griešanas virsma; 3 – apstrādātā virsma; D – apstrādājamās virsmas diametrs; d – apstrādātās virsmas diametrs.



1.4. att. Brīvā un nebrīvā griešanas piemēri:

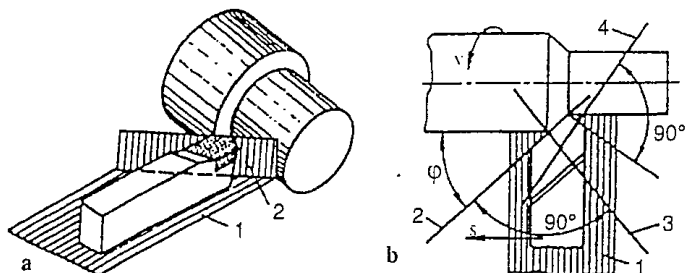
a, b - brīvā griešana; c - nebrīvā griešana.

1.2.2. Griežņa plaknes un leņķi

Griežņa virsmu un asmeņu savstarpējo novietojumu nosaka deviņi leņķi. To noteikšanai (definēšanai) ir pieņemtas četras plaknes: pamatplakne, griešanas plakne galvenā un palīgšķēlējplakne.

Par pamatplakni ir pieņemta plakne, kas paralēla padevju virzieniem un iet caur griežņa pamatni (1.5.att.a). Parasti tā sakrīt ar pamatni. Griešanas plakne ir plakne, kas iet caur galveno griezējasmēni un pieskaras griešanas virsmai. Grieznim atrodoties statiskā stāvoklī, griešanas plakne ir perpendikulāra pamatplaknei.

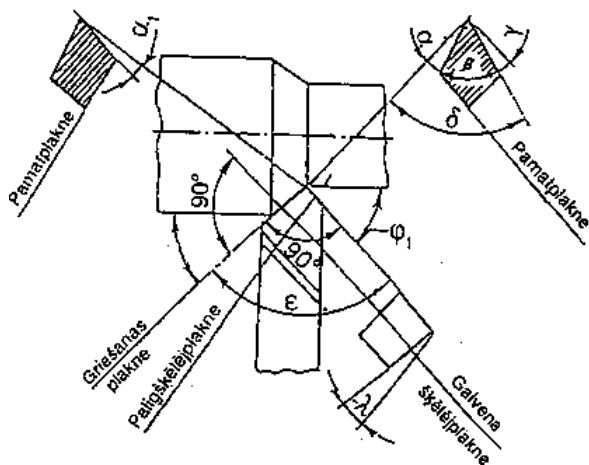
Galvenā šķēlējplakne ir plakne, kas perpendikulāra galvenā griezējasmēns projekcijai pamatplaknē (1.5.att. b). Palīgšķēlējplakne ir plakne, kas perpendikulāra palīggriezējasmēns projekcijai pamatplaknē. Šķēlējplaknes ir iedomātas plaknes un tās var šķērsot jebkuru asmeņu projekcijas punktu.



1.5.att. Griežņa plaknes:
1 - pamatplakne; 2 - griešanas plakne; 3 - galvenā
šķēlēplakne; 4 - palīgšķēlēplakne.

Leņķi ir galvenie griezējdaļas parametri. To vērtības ietekmē griezējinstrumenta darba spējas. Leņķi α , β , γ un δ , projecējas galvenajā šķēlēplaknē. Galvenais mugurleņķis α atrodas starp griešanas plakni un mugurvirsma (1.6.att.). Asināšanas leņķis β atrodas starp skaidvirsma un mugurvirsma. Skaidleņķis γ ir leņķis starp skaidvirsma un plakni, kas perpendikulāra griešanas plaknei. Šo triju leņķu summa ir 90° :

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



1.6. att. Griežņa leņķi.

Griešanas leņķis δ atrodas starp skaidvirsma un griešanas plakni. Tā lielumu nosaka divu leņķu summa - $\delta = \alpha + \beta$

Skaidleņķa γ vērtības var būt pozitīvas, negatīvas un vienādas ar nulli. Ja leņķa γ vērtības ir negatīvas, tad griešanas leņķis $\delta > 90^\circ$.

Palīgmugurleņķis α_1 projecējas palīgšķēlējplaknē. To nosaka starp palīgmugurvirsma un plakni, kas iet caur palīggriezējasmeni perpendikulāri pamatplaknei.

Iestatīšanas leņķi φ , φ_1 un virsotnes leņķis ε projecējas pamatplaknē. Galvenais iestatīšanas leņķis φ ir leņķis starp galvenā griezējasmens projekciju pamatplaknē un padeves virzienu. Palīgiestatīšanas leņķis φ_1 ir leņķis starp palīggriezējasmens projekciju pamatplaknē un padeves virzienu. Virsotnes leņķis ε ir leņķis starp abu griezējasmeņu projekcijām pamatplaknē. Šo triju leņķu summa ir 180° :

$$\varphi + \varphi_1 + \varepsilon = 180^\circ$$

Galvenā griezējasmens slīpuma leņķis λ raksturo galvenā griezējasmens slīpumu. To mēra starp griezējasmeni un plakni, kas iet caur virsotni paralēli pamatplaknei. Leņķis λ var būt pozitīvs, negatīvs vai vienāds ar nulli. Leņķis ir pozitīvs, ja virsotne ir griezējasmens zemākais punkts; negatīvs, ja virsotne ir griezējasmens augstākais punkts, bet vienāds ar nulli, ja griezējasmens ir paralēls pamatplaknei.

1.2.3. Griezņu ģeometrisko parametru ietekme uz griešanas procesu.

Mugurleņķi α un α_1 samazina berzi starp griezējinstrumenta mugurvirsām un sagatavi. Mazāka berze samazina griešanas spēkus un griezējinstrumenta nodilumu. Mugurleņķu palielināšana pavājina griezējdaļas stiprību. Par optimālajām pieņem leņķu α un α_1 vērtības $6^\circ \dots 12^\circ$ robežās.

Palielinot skaidleņķi γ , samazinās griešanas spēki un uzlabojas apstrādātās virsmas kvalitāte. Skaidleņķa ietekme ir atkarīga no apstrādājamā materiāla īpašībām. Apstrādājot mīkstus plastiskus materiālus γ vērtības izvēlas $8^\circ \dots 20^\circ$, bet cietu un trauslu materiālu apstrādē γ vērtības samazina vai pat izvēlas negatīvas ($\gamma = -5^\circ \dots -10^\circ$).

Galvenais iestatīšanas leņķis φ nosaka radiālā un aksiālā griešanas spēka attiecību. Apstrādājot sagataves ar vāju stingumu (tievas garas), φ vērtības izvēlas tuvas vai vienādas ar 90° . Tas samazina radiālo spēku un sagataves izliekšanos. Apstrādājot sagataves ar lielu stingumu, visbiežāk φ vērtības izvēlas 45° vai 60° .

Palīgiestatīšanas leņķis φ_1 var būt robežās no 0° līdz 45° . Tā vērtības ietekmē galvenais iestatīšanas leņķis φ . Samazinot leņķa φ vērtības, parasti palielina φ_1 , lai virsotnes leņķis ε saglabātos $80^\circ \dots 100^\circ$ robežās.

Galvenā griezējasmens slīpuma leņķis λ ietekmē skaidas noplūdes virzienu. Ja leņķa λ vērtības ir negatīvas, skaida plūst uz sagataves apstrādājamās virsmas pusi; bet ja λ vērtības ir pozitīvas, - uz apstrādātās virsmas pusi. Gludapstrādē leņķa λ pozitīvās vērtības ir nevēlamas, jo

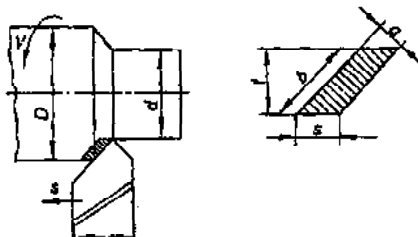
noplūstošā skaida bojā apstrādātās virsmas kvalitāti. Virpošanā visbiežāk lieto griežņus, kam galvenā griezējasmens slīpuma leņķis $\lambda = 0^\circ$.

1.3. GRIEŠANAS PROCESA PARAMETRI

1.3.1. Fizikālie un tehnoloģiskie parametri.

Metālapstrādi griežot procesu raksturo vairāki lielumi – parametri. Tie pamatos ir vienādi visiem apstrādes veidiem, bet uzskatāmi izteikti virpošanā.

Nogriežamās sloksnītes biezums a ir attālums, ko nosaka perpendikulāri sagataves griešanas virsmai, starp diviem griezējasmens stāvokļiem sagataves viena apgrieziena laikā (1.7.att.). Nogriežamās sloksnītes platums b ir attālums starp apstrādāto un apstrādājamo virsmu, ko mēra pa galveno griezējasmeni.



1.7. att. Griešanas procesa parametri.

Griešanas dziļums t ir attālums starp apstrādājamo un apstrādāto virsmu, ko mēra perpendikulāri apstrādātai virsmai. Ārēju virsmu virpošanā griešanas dziļumu nosaka:

$$t = \frac{D - d}{2},$$

Padeve s ir griežējinstrumenta pārvietojums sagataves viena apgrieziena laikā vai arī laika vienībā. Virpošanā padevi uzdod milimetros uz vienu sagataves apgriezienu.

Nogriežamās sloksnītes biezums un platums ir fizikāli, bet griešanas dziļums un padeve - tehnoloģiski lielumi.

Griešanas ātrums V ir sagataves apstrādājamās virsmas pārvietojums attiecībā pret griezējasmeni laika vienībā galvenās kustības virzienā. Apstrādē ar asmeņu griezējinstrumentiem griešanas ātrumu uzdod m/min, bet slīpēšanā - m/s:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}, m / \min. \quad \text{vai} \quad V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{6 \times 10^4}, m / s;$$

kur: D - sagataves apstrādājamās virsmas diametrs, mm;
 n - sagataves rotācijas frekvence, $\min^{-1}$.

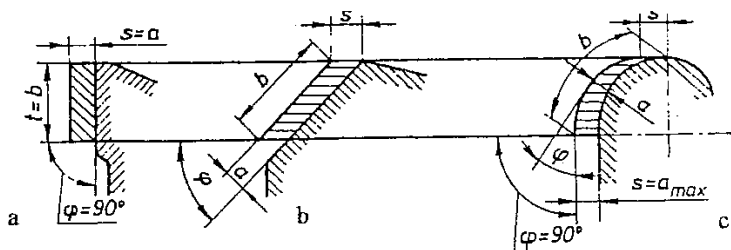
1.3.2. Nogriežamās sloksnītes šķēsgriezuma laukums.

Apstrādē ar nemainīgiem tehnoloģiskiem lielumiem - griešanas dziļumu un padevi, nogriežamās sloksnītes šķēsgriezuma formu nosaka griezējasmens izveidojums un galvenais iestatīšanas leņķis φ . Ja griezējasmens ir taisns un leņķis $\varphi = 90^\circ$, tad nogriežamās sloksnītes šķēsgriezuma laukums ir taisnstūris, sloksnītes biezums ir vienāds ar padevi, bet platums - ar griešanas dziļumu (1.8.att.a).

Virpošanā biežāk lieto griežņus ar iestatīšanas leņķi $\varphi < 90^\circ$, tādā gadījumā $a < s$, bet $b > t$. Nogriežamās sloksnītes šķēsgriezuma laukums ir paralelograms (1.8.att.b). Samazinot leņķi φ , nogriežamās sloksnītes platums palielinās, bet biezums samazinās:

$$a = s \sin \varphi; \quad b = \frac{t}{\sin \varphi}.$$

Sakarības pierāda, ka nemainot tehnoloģiskos var izmainīt fizikālos parametrus. Tas dod iespēju atsevišķos gadījumos uzlabot griezējinstrumenta darba apstākļus.



1.8. att. Nogriežamās sloksnītes šķēsgriezums:

a - $\varphi = 90^\circ$; b - $\varphi < 90^\circ$; c - griezņim ar izliektu griezējasmeni.

Griežņiem ar izliektu griezējasmeni, arī nogrieztā sloksnīte ir izliekta un tās biezums mainās no $a = 0$ līdz $a = s$ (1.8.att.c).

Nogriežamās sloksnītes šķēsgriezuma laukumu f , mm^2 , aprēķina:

$$f = a b = s t$$

Nogriežamās sloksnītes šķēsgriezuma laukums nav vienāds ar skaidas šķēsgriezuma laukumu.

1.3.3 Griešanas plaknes ietekme uz griežņu leņķu skaitliskajām vērtībām (kinemātiskie leņķi)

Griežņu ģeometriskie parametri (leņķi) iepriekš tika definēti griezņim atrodoties statiskā stāvoklī. Galvenās un padeves kustības vienlaicīgas darbības ietekmē izmainās griešanas virsma. Garenvirpošanā

tā pārvēršas par skrūves virsmu, bet šķērsvirpošanā par Arhimeda spirāli. Griešanas plakne, pieskaroties griešanas virsmai, novirzās no vertikāles par leņķi τ (1.9.att.). Novirzi ietekmē padeves s lielums un sagataves apstrādājamās virsmas diametrs D . Leņķa τ vērtības aprēķina:

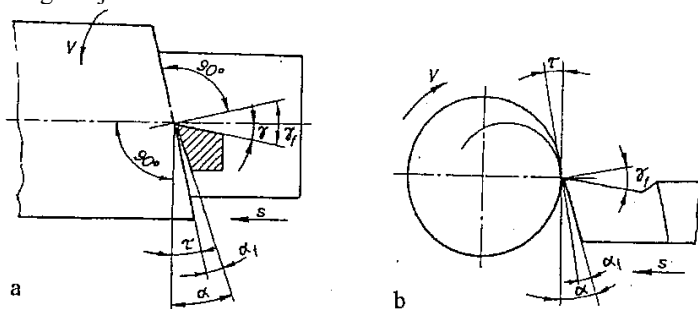
$$\operatorname{tg} \tau = \frac{s}{\pi \cdot D}.$$

Griešanas plaknes novirzīšanās, izmaina leņķu α , γ un δ faktiskās vērtības. To lielumu: α_f , γ_f un δ_f nosaka:

$$\alpha_f = \alpha - \tau; \quad \gamma_f = \gamma + \tau; \quad \delta_f = \delta - \tau.$$

Atšķirībā no statistiski noteiktajām faktiskās leņķu vērtības ir pieņemts saukt par kinemātiskajām.

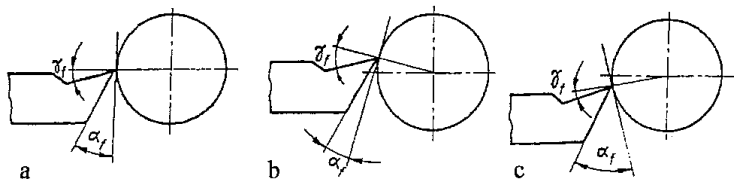
Palielinot padevi vai samazinot sagataves diametru, leņķa τ skaitliskās vērtības pieaug. Parasti τ vērtības ir nelielas un nepārsniedz 1° , kas griezējinstrumentu darbu būtiski neietekmē. Pastāv atsevišķi darbu veidi, piemēram, virpošana ar lielām padevēm, vītņu uzgriešana ar lielu soli un daži citi gadījumi, kad, izvēloties griezējinstrumentu, τ vērtības nav ignorējamas.



1.9. att. Padeves ietekme uz leņķu faktiskajām vērtībām:
a - garenvirpošanā; b - šķērsvirpošanā.

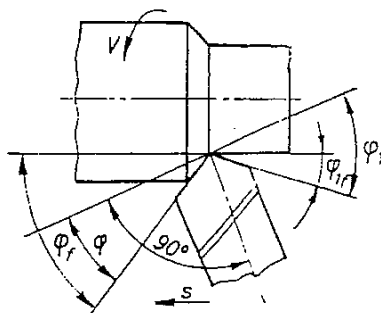
Griešanas plaknes stāvokli ietekmē arī griežņa iestatījuma augstums. Nostiprinot griezni sagataves centra augstumā, griešanas plakne ir perpendikulāra pamata plaknei un leņķu statistiskās vērtības neizmainās.

Nostiprinot griezni augstāk par centru ārēju virsmu apvirpošanā, griešanas plakne novirzās uz mugurvirsmas pusi, leņķu α un δ faktiskās vērtības samazinās, bet γ palielinās (1.10.att.).



1.10. att. Griežņa uzstatījuma augstuma ietekme uz leņķa izmaiņām:
a - uzstatot centra augstumā; b - augstāk par centru; c - zemāk par centru.

Turpretim, uzstatot griezni zemāk par sagataves centru, griešanas plakne atvirzās, leņķu α un δ faktiskās vērtības palielinās, bet leņķa γ - samazinās. Urbumu izvirpošanā leņķu vērtību izmaiņas notiek pretēji. Lai leņķu α , γ un δ faktisko vērtību izmaiņas neietekmētu apstrādes procesu, virpošanā griežņus nostiprina centru augstumā.



1.11. att. Griežņa ass novietojuma ietekme uz iestatīšanas leņķu vērtībām.

Galvenā un palīgiestatīšanas leņķu φ un φ_1 faktiskās vērtības ietekmē arī griežņa ass novietojums pret pārvietojuma virzienu (1.11.att.). Griežņus parasti nostiprina perpendikulāri sagataves asij. Virpojot cilindriskas virsmas, leņķu φ un φ_1 faktiskās vērtības nemainās. Lai tās neizmainītos arī virpojot koniskas virsmas, griežņa asi nepieciešams iestatīt perpendikulāri konusa veidulei.

1.4.GRIEZĒJINSTRUMENTU GRIEZĒJDAĻAS MATERIĀLI

1.4.1. Prasības griezējinstrumentiem un to materiāliem

Metālapstrādes griezējinstrumentu darba apstākļi ir smagi. Skaidas spiediens uz skaidvirsmām sasniedz 10^4 MPa, kas 100...200 reizes pārsniedz spiedienus uz mašīnu elementu darbvirsmām. Temperatūras griešanas zonā tuvojas 900...1000 °C robežai. Skaidas un griezējinstrumenta kontakta virsmas ir metāliski tīras virsmas, jo atdalītās skaidas virsma nepaspēj pārklāties ar oksīdu kārtiņu, bet no griezējinstrumenta darbvirsmām eļļas un oksīdu plēvītes norauj aizplūstošā skaida. Rodas labvēlīgi apstākļi molekulāro spēku mijiedarbībai. Palielinās berze un attīstās lieli berzes spēki.

Lai nodrošinātu kvalitatīvu virsmu apstrādi, griezējinstrumentiem izvirza vairākas prasības:

1. Atdalot skaidu, griezējinstrumenta asmeņi iespiežas sagataves virskārtā. Iegriešanās ir iespējama, ja to cietība pārsniedz apstrādājamā materiāla cietību aptuveni trīs reizes. Piemēram, apstrādājot sagataves ar salīdzinoši zemu cietību (HB 190...210), griezējinstrumenta cietībai ir jābūt augstākai par HRC 60...62. Bieži apstrādājamo sagatavju cietība tuvojas HB 300...400 vienībām un griezējasmaņu cietības var būt nepietiekama.
2. Palielinātās berzes un berzes spēki veicina griezējinstrumentu virsmu nodilumu un griezējasmaņi strauji notrulinās. Lai griezējinstrumenti strādātu ilgstoši un nodrošinātu apstrādes precizitāti, tiem ir jābūt ar augstu nodilumizturību.
3. Griešanas process norit paaugstinātās temperatūrās. Griezējinstrumentiem ir nepieciešama augsta sarkankvēles izturība. Sarkankvēles izturība ir īpašība, kas saglabā cietību un griešanas spējas augstās temperatūrās.
4. Griezējinstrumentiem apstrādes procesā ir jāpārvar materiāla pretestība griešanai. Tiem ir nepieciešama augsta mehāniskā stiprība, īpaši uz lieci un spiedi.

Griezējinstrumentu darba apstākļi nav vienādi. Atšķiras sagatavju fizikāli mehāniskās īpašības, griešanas režīms un tehnoloģiskais uzdevums. Neviena no izvirzītajām prasībām nav izteikti dominējoša. Prasības nosaka konkrētie darba apstākļi. Griezējinstrumenti, kas strādā ar lieliem griešanas ātrumiem un nogriežamās sloksnītes parametriem (rupjapstrādes griezējinstrumenti - griežņi, spirālurbji, frēzes u.c.), saņem lielu siltuma daudzumu, sakarst vairāk un tiem par primāro prasību izvirzās sarkankvēles izturība. Turpretī gludās apstrādes griezējinstrumenti (rīvburbji, caurvelces, vītņošanas instrumenti u.c.) strādā ar salīdzinoši mazākiem griešanas ātrumiem un nelieliem

nogriežamās sloksnītes izmēriem. Tie saņem salīdzinoši mazus siltuma daudzumus un par primāro izvirzās nodilumizturība.

Vienlaicīgi ar prasībām griešanas spējām ir jāvērtē griezējinstrumentu izgatavošanas iespējas. Jaunākās ražošanas tehnoloģijas ļauj izgatavot griezējinstrumentu griezējdaļas izslēdzot tradicionālos tehnoloģiskos procesus (spiedienapstrādi, apstrādi griežot, instrumentu asināšanu u.c.). Tomēr ir gadījumi, kad atsevišķa tipa griezējinstrumentus izgatavo ar tradicionālām metodēm. Piemēram, to sagataves pakļauj spiedienapstrādei - velmēšanai vai kalšanai, dažkārt sagataves atlej. Salikto griezējinstrumentu griezējdaļas piemetina kātiem vai ķermeniem. Griezējdaļas, lai nodrošinātu augstu cietību, pakļauj termiskai apstrādei - rūdīšanai. Dažkārt griezējinstrumentu (piemēram, caurvelču) izgatavošanas tehnoloģiskajā ciklā iekļauj apstrādi griežot.

Lai griezējinstrumentus izgatavotu, materiāliem ir nepieciešamas noteiktas tehnoloģiskās īpašības. Izgatavojot griezējinstrumentu sagataves kaļot, materiālam ir jāpakļaujas plastiskai deformēšanai. Atsevišķus griezējinstrumentu atlej un to materiāliem ir jābūt ar pietiekamām liešanas īpašībām. Izgatavojot saliktos griezējinstrumentus, dažkārt nepieciešama laba metināmība utt.

Īpaši nozīmīga ir materiālu piemērotība termiskai apstrādei. Griezējinstrumentiem nav pieļaujama virskārtas atogļoššanās, pārkarsēšana un deformēšanās.

Griezējinstrumentu darba virsmām ir nepieciešama augsta virsmu kvalitāte un izmēru precizitāte. Lai to sasniegtu, materiāliem nepieciešama laba apstrādājamība. Īpaša nozīme tam ir veicot pēdējās griezējinstrumentu izgatavošanas operācijas - vītņošanu, frēžu zobu aizmugurēšanu, slīpēšanu, asināšanu u.c. Materiāli, kas apstrādē rada palielinātu virsmas negludumu, izrāvumu, piedegumus un citus defektus, griezējinstrumentu izgatavošanai nav piemēroti.

Griezējinstrumentus vai to griezējdaļas izgatavo no materiāliem, kas pieder kādai no piecām grupām: nelegētais un legētais instrumentu tērauds, ātrgriezējtērauds, metālkeramiskie cietsakausējumi, minerālkeramika vai īpaši cietie materiāli.

Laika gaitā atsevišķu materiālu nozīme griezējinstrumentu ražošanā ir palielinājusies, bet citu samazinājusies vai pat zudusi. Viena vai otra materiāla izvēli griezējinstrumentu izgatavošanai nosaka:

- * griezējinstrumenta tips, izmēri un darba apstākļi;
- * griezējinstrumenta izgatavošanas tehnoloģija;

Griezējinstrumentu griezējdaļu materiāli ir relatīvi dārgi, kas ietekmē griezējinstrumentu ražošanas izmaksas. Šodien pastāv uzskats, ka metālapstrādē izvēloties griezējinstrumentus, noteicopšā nav cena, bet apstrādes produktivitāte.

1.4.2. Nelegētais un legētais instrumentu tērauds, to īpašības

Nelegētais (oglekļa) instrumentu tērauds ir vecākais griezējinstrumentu materiāls. No tā izgatavoja griezējinstrumentus metālapstrādes pirmsākumos, kad nebija tehniskas un tehnoloģiskas iespējas ražot tos no materiāliem ar augstākām griešanas spējām. Nepastāvot vienotiem apzīmējumiem, nelegētos instrumentu tēraudus marķēja atbilstoši ražotājvalsts standartiem (1.1.tabula). Eiro savienībā pastāv vienots EN ISO standarta 4957, kas vienlaicīgi ir arī Latvijas valsts standarts - LVS (1.2.tabula).

1.1. tabula

Nelegētā instrumentu tērauda marķēšana pirms EN ieviešanas

Valsts	Instrumentu tērauda marķējums				
Krievija	Y7A	Y10	Y10A	Y12	Y12A
Vācija		C100W2	C100W1	C130W2	C130W1
Rumānija		OSC10		OSC12	
ASV	W-1-0,8C	W-1-1,0C		W-1-1,2C	
Itālija	UC70		UC100		
Francija	U ₁ 75			U ₁ 120	
Zviedrija		1880		1885	
Spānija		F-515		F-517	
Polija	N7E	N10	N10E	N12	N12E
Japāna		SK4		SK2	
Čehija		19.192	19.191	19.275	
Ungārija	S71	S102	S101	S122	S121

Atkvēlināta nelegētā instrumentu tērauda cietība ir salīdzinoši zema (HB 190...210). Tie relatīvi viegli pakļaujas spiedienapstrādei un. apstrādei ar griezējinstrumentiem, kas atvieglo griezējinstrumentu izgatavošanu. Instrumentiem no nelegētā instrumentu tērauda piemīt vāja caurrūdīšanās. Ja diametrs ir lielāks par 12...15 mm, tā griezējinstrumentam nodrošina cietu virskārtu, bet sīkstū vidū. Turpretī diametram pārsniedz 30 mm, rūdītā slāņa biezums ir nepietiekams un instrumenta griezējasmēģi neiztur kontakta spiedienus.

Nelegētais tērauds ir piemērots vidēja diametra (12...30 mm robežās) rokas instrumentu izgatavošanai, bet to izmantošanas iespējas ir ierobežotas.

Nelegētajam instrumentu tēraudam ir liels rūdīšanas kritiskais ātrums. To rūdīšanā ir nepieciešama ātra atdzesēšana, tādēļ lieto straujus dzesinātājus - ūdeni vai sāļu šķīdumus. Straujā atdzesēšana rada lielus termiskos spriegumus, kas veicina griezējinstrumentu deformēšanos un plaisāšanu. Nelegētais instrumentu tērauds nav piemērots sarežģītas konfigurācijas griezējinstrumentu izgatavošanai.

Nelegētā instrumentu tērauda marķēšana un īpašības pēc EN un LVS

Markas pēc LVS EN (ISO 4957)	Markas pēc GOST 1435-74	C saturs, %	Rm, MPa	Re, MPa	Cietība HB	A, %
C70U	Y7	0,70	710	420	260	9
C80U	Y8	0,80	850	600	280	7
C90U	Y9	0,90	1000	650	295	5
C105U	Y10	1,05	950	650	300	4
C120U	Y12	1,20	850	600	305	3

Instrumentu cietība pēc norūdīšanas sasniedz HRC 62...64 vienības, kas ir pietiekama, lai griezējinstrumenti iegrieztos apstrādājamajā materiālā. Temperatūrai griešanas procesā pārsniedzot 220 °C robežu, instrumenti strauji zaudē cietību. Tie piemēroti tikai viegliem darba apstākļiem.

Legētajam instrumentu tēraudam, salīdzinot ar nelegēto, ir mazāks rūdīšanas kritiskais ātrums un rūdīšanā dzesēšanu veic eļļā. Tas samazina termiskos spriegumus un deformācijas. Instrumenti pēc rūdīšanas iegūst cietību, kas praktiski vienāda ar nelegētā tērauda cietību (HRC 60...62), bet tiem ir nedaudz augstāka termiskā izturība, vidēji 250...300 °C. Legētā tērauda griezējinstrumenti pieļauj smagākus darba apstākļus salīdzinot ar nelegētajiem.

Atsevišķām legētā instrumentu tērauda markām ir paaugstināta cietība atkvēlinātā stāvoklī (HB 220...250), kas apgrūtina griezējinstrumentu izgatavošanu ar apstrādi griežot. Tiem raksturīga arī tieksme uz virskārtas atogļošanas karsēšanā un karbīdu neviendabība. No salīdzinoši lielā legētā instrumentu tērauda marku skaita, asmeņu griezējinstrumentu izgatavošanai piemērotas tikai nedaudzas (1.3.tabula).

Nelegētais un legētais instrumentu tērauds nozīmi saglabā, pateicoties tā fizikālajām, mehāniskajām un tehnoloģiskajām īpašībām. No tiem izgatavo galvenokārt rokas instrumentus - vīles, vītņurbjus, vītņu ripas, rīvjurbjus u.c., kas piemēroti zemas cietības sagatavju apstrādei ar maziem griešanas ātrumiem (līdz 10 m/min). Nelegētais un legētais instrumentu tērauds ir lētākais no griezējinstrumentu materiāliem, bet zemo griešanas spēju dēļ to lietošanas apjoms metālapstrādē ir nenozīmīgs.

1.3. tabula

Leģētā instrumentu tērauda markas un īpašības pēc EN un LVS

Marķējums pēc LVS un EN (ISO 4957)	Marķējums pēc GOST 1435-74	C saturs, %	Atkvēlin tērauda cietība, HB	Rūdišanas temperatūra °C	Cietība pēc rūdišanas HRC
105W	B1	1,05	212	790	61
102Cr6	X	1,02	223	840	60
90MnCrV8	9Г2ХФ	90	229	790	60
95MnCrW5	9ХВГ	0,95	229	800	60
X153CrMoV12	15X12MΦ	1,53	255	1020	61
X210Cr12	21X12	2,05	248	970	62
X210CrW12	21X12B	2,15	255	970	62
X100CrMoV5	10X5MΦ	1,0	241	970	60

1.4.3. Ātrgriezējūtērauds, tā īpašības

Ātrgriezējūtērauds radās ap 1900. gadu un veido īpašu augsti leģētu tēraudu grupu ar oglekļa saturu 0,8...1,3 % robežās. Ātrgriezējūtēraudā nav brīva oglekļa. Tas ķīmiski saistīts ar karbīdu veidojošiem elementiem un tie izkļiedēti dzelzs pamata masā. Rūdītu ātrgriezējūtērauda griezējinstrumentu cietība sasniedz 62...64 HRC. Tā praktiski ir vienāda ar neleģētā un leģētā tērauda instrumentu cietību, bet to sarkankvēles izturība trīskārt augstāka un sasniedz 600...620 °C temperatūru.

Ātrgriezējūtērauds 20. gs. pirmajā pusē kļuva par galveno materiālu metālapstrādes griezējinstrumentu izgatavošanai. Pateicoties paaugstinātai sarkankvēles izturībai ātrgriezējūtērauda griezējinstrumenti mazoglekļa tērauda sagatavju apstrādē, pieļāva četras reizes (līdz 25...40 m/min) augstākus griešanas ātrumus, salīdzinot ar neleģētā tērauda griezējinstrumentiem. Paaugstināto griešanas spēju dēļ to nosauca par ātrgriezējūtēraudu.

Pirms vienotā Eiropas standarta EN ieviešanas, ātrgriezējūtēraudu marķēja pēc nacionālajiem standartiem (1.4.tabula), bet analogo marku ķīmiskais sastāvs būtiski neatšķīrās (1.5.tabula).

Griezējinstrumentu rūdīšanā ātrgriezējūtērauda atdzesēšanas kritiskais ātrums ir salīdzinoši mazs. Atsevišķas tā markas, pēc sakarsēšanas līdz rūdīšanas temperatūrai norūdās atdziestot gaisā (caurvējā). Praksē to uzskatīja un dažkārt dēvēja par pašrūdošo tēraudu. Atdzesēšana gaisā griezējinstrumentiem nenodrošina optimālo struktūru un labas griešanas spējas. Ātrgriezējūtērauda griezējinstrumentu rūdīšanas process ir sarežģīts ar vairākkārtēju (līdz trim reizēm) atlaidināšanu.

Ātrgriezējūtērauds satur lielāku daudzumu karbīdu veidojošo elementu, kas tam nodrošina augsto sarkankvēles izturību Pirmsākumos

par karbīdu veidojošo elementu izmantoja tikai volframu. Atsevišķās markās tā daudzums sasniedza 9 līdz 18 %.

1.4.tabula

Ātrgriezējūtērauda agrāko marķējumu salīdzinājums

Valsts	Ātrgriezējūtērauda markas		
Krievija	P9, P9M	P18, P18M	P18K5F2
Lielbritānija, ASV		T1	T4
Vācija	X82WV 9.2	X74WV 18.1	X79WCo 18.5
Itālija	UX90W8	X75W18	UX80WK18.5
Japāna	SKH	SKH2	SKH3
Polija	SW9	SW18	SK5
Rumānija	R _p 1	R _p 3	R _p 2
Zviedrija		2750	2754
Čehija	19.800	19.824	19.855
Ungārija		R3	R2
Spānija	F-534	F-552	F-F553

Papildus volframam ātrgriezējūtērauds satur hromu - 3,8...4,8 %, kas uzlabo dziļrūdišanos, vanādiju, kas nelielos daudzumos (līdz 1 %), paaugstina karbīdu stabilitāti un instrumenta griešanas spējas. Tāpat ātrgriezējūtērauds satur 0,3...0,4 % silīcija un 0,3...0,4 % mangāna.

Griezējinstrumentu termiskajā apstrādē, nenodrošinot optimālās temperatūras, volframa karbīds veido eitektikas ar slāņveida struktūru un instrumentiem pazeminās stiprība. Slāņainību samazina ātrgriezējūtēraudam ražošanas procesā pievienojot molibdēnu. Tā piedevas līdz 1 % novērš karbīdu nevienadabību.

Leģēto tēraudu ražošanā pastāv tendences volframu aizstāt ar citiem karbīdu veidojošiem elementiem. Palielinot ātrgriezējūtēraudā molibdēna daudzumu līdz 3...5 %, volframa saturu ir iespējams samazināt par 6 līdz 10 %. Molibdēns piesaista divreiz vairāk oglekli salīdzinot ar volframu (viens procents molibdēna aizstāj divus procentus volframa). Molibdēna palielināšana sašaurina ātrgriezējūtērauda rūdīšanas temperatūru intervālu, kas apgrūtina termisko apstrādi. Tiem pastāv arī tieksme uz virskārtas atogļošanas augstās temperatūrās, tādēļ griezējinstrumentu karsēšanu termiskai apstrādei ir nepieciešams veikt īpašās krāsnīs ar aizsargājošu atmosfēru.

Mašīnu un iekārtu ražošanā palielinās nerūsošos un karstumizturīgos tēraudu izmantošana. Tiem ir izteikti vāja apstrādājamība. Agrāko ātrgriezējūtērauda marku instrumentu lietošana kļuva neefektīva

nepietiekamo griešanas spēju dēļ. Tādēļ ika radītas jaunas ātrgriezējtērauda markas ar paaugstinātām griešanas spējām.

1.5. tabula

Ātrgriezējtērauda P18 analogo marku ķīmiskā sastāva salīdzinājums

Valsts	Marķējums	Ķīmiskais sastāvs					
		C	Si	Mn	Cr	V	W
Krievija	P18	0,7...0,8	0,4	0,4	3,8...4,4	1,0...1,4	17...18
Lielbritān.	T1	0,7...0,75	0,3	0,3	4,0...4,2	1,0...1,2	18...18,5
Vācija	X74WV18.1	0,7...0,8	0,3	0,45	3,8...4,5	1,0...1,2	17,5...18,5
Francija	18-0-1	0,8	0,3	0,3	4,0	1,0	18
Itālija	UX75W18	0,7...0,8	0,5	0,4	3,5...4,5	0,8...1,2	17...19
Japāna	SKH2	0,7...0,85	0,4	0,4	3,8...4,5	0,8...1,2	17...19
Polija	CW18	0,7...0,85	0,4	0,4	3,8...4,8	1,0...1,5	16,5...19,5
Rumānija	R _p	0,7...0,8	0,3	0,45	3,6...4,4	1,0...1,4	17...18,5
Zviedrija	2750	0,7...0,75	0,25	0,3	4,0...4,2	1,0...1,3	17...19
Čehija	19.824	0,7...0,8	0,45	0,45	3,8...4,6	1,0...1,6	17...19
Ungārija	R3	0,72...0,8	0,4	0,45	3,8...4,8	1,0...1,4	17...19
ASV	T1	0,7...0,75	0,25	0,25	4,0...4,1	1,0...1,2	18...18,5
Spānija	F -552	0,7...0,8	0,3	0,3	4,0...4,5	1,0...1,2	17...19

Ātrgriezējtērauda griezējinstrumentu griešanas spēju uzlabošanas nodrošināja:

- * paaugstinot kobalta saturu;
- * paaugstinot vanādija saturu;
- * paaugstinot vienlaicīgi kobalta un vanādija saturu.

Ātrgriezējtēraudam ar paaugstinātu kobalta saturu ir salīdzinoši augstāka sarkankvēles izturība (630...660 °C) un cietība (HRC 64...68), bet arī paaugstināts trauslums un pavājināta vibrāciju izturība. Kobalta ātrgriezējtērauda griezējinstrumentu galvenā īpatnība, ka labākas griešanas spējas izpaužas, apstrādājot konstrukciju materiālus ar vāju apstrādājamību.

Ātrgriezējtēraudam ar paaugstinātu vanādija saturu, salīdzinot ar kobalta tēraudu, sarkankvēles izturība ir nedaudz zemāka (630 °C), bet uzlabota vibrāciju un nodilumizturība. No tā izgatavo gludās apstrādes griezējinstrumentus, kas paredzēti sagatavju apstrādei ar vāju apstrādājamību. Paaugstinātais vanādija saturs (virs 1%), apgrūtina griezējinstrumentu asināšanu. Asināšanu veic ar īpašām kubiskā bora nitrīda slīpriem. Līdzīgas īpašības piemīt ātrgriezējtēraudam, kam vienlaicīgi palielināts kobalta un vanādija saturs.

Ātrgriezējtērauda īpašības un marķējums pēc EN, LV salīdzinājumā ar GOST dots 1.6.tabulā. Markas pēc EN un LV atšifrē: HS - ātrgriezējtērauds (higt speed steel), pirmais cipars norāda volframa saturu,

otrais - molibdēna, trešais – vanādija, bet ceturtais cipars, ja tāds ir, – kobalta saturu.

1.6. tabula

Ātrgriezējītērauda marķēšana pēc LVS EN un īpašības

Marķējums pēc LVS EN (ISO 4957)	Marķējums pēc GOST 1435-74	C saturs, %	Atkvēlin. tērauda cietība, HB	Rūdiša- nas tempera- tūra, °C	Cietība pēc rūdišanas, HRC
HS0-4-1	PM4Φ	0,80	262	1120	60
HS1-4-2	P1M4Φ2	0,90	262	1180	63
HS18-0-1	P18Φ	0,78	269	1260	63
HS2-9-2	P2M9Φ2	1,00	269	1200	64
HS3-3-2	P3M3Φ2	1,00	255	1190	62
HS6-5-2	P6M5Φ2	0,84	262	1220	64
HS6-3-8	P6M5Φ3K8	1,28	302	1180	65
HS10-4-3-10	P10M4Φ3K9	1,27	302	1230	66
HS2-9-1-8	P2M9ΦK8	1,10	277	1190	66

Pastāvot tendencei samazināt tēraudā volframa saturu, ir radītas volframu nesaturošas ātrgriezējītērauda markas, piemēram, - HS0-4-1.

No ātrgriezējītērauda izgatavo spirālurbjus, diska un kāta frēzes, caurvelces, zobiegriešanas u.c. griezējinstrumentus.

1.4.4. Metālkeramiskie cietsakausējumi, to īpašības

Karbīdu sarkankvēles izturība neaprobežojas ar 600...660 °C temperatūru, bet tā sasniedz 900...1000 °C. Ātrgriezējītērauda, kas satur ievērojamu daudzumu karbīdu, sarkankvēles izturību ierobežo dzelzs pamatmasa, kas sakarstot līdz 600...660 °C temperatūrai, kļūst plastiska un zaudē stiprību. Griezējinstrumenta darba virsmas neiztur kontakta spiedienus.

Cietsakausējumus (radās ap 1925. gadu) izgatavo saķepinot augstās temperatūrās pulverveida maisījumus, kas satur volframa, titāna un dažu citu metālu karbīdus (WC, TiC, TaC), par saistvielu izmantojot plastisko kobaltu (Co). Karbīdu saturs cietsakausējumos sasniedz 70..98 %.

Cietsakausējumu izgatavošanas tehnoloģija ir tuvāka keramikas ražošanai un tos uzskata par metālkeramiskajiem cietsakausējumiem. Jaunākās saķepināšanas vakuuma tehnoloģijas, ievērojami uzlabo cietsakausējumu fizikāli mehāniskās īpašības (stiprību, nodilumizturību, karstumizturību u.c.), kas paplašina to izmantošanas iespējas. Salīdzinot ar ātrgriezējītērauda griezējinstrumentiem, tie pieļauj aptuveni četras reizes lielākus griešanas ātrumus.

Klasiski cietsakausējumus iedala trīs grupās:

*vienkarbīda, apzīmē ar VK, sastāv no volframa karbīda ar kobaltu kā saistvielu. Lieto galvenokārt traušu materiālu (čuguna un krāsaino metālu sakausējumu) apstrādē;

*divkarbīdu, apzīmē ar TK, sastāv no volframa un titāna karbīdiem ar kobaltu kā saistvielu. Lieto galvenokārt sīkstu stigru materiālu (nelegēto un legēto tēraudu) apstrādē;

*trīskarbīdu, apzīmē ar TTK, sastāv no volframa, titāna un tantala karbīdiem ar kobaltu kā saistvielu. Lieto galvenokārt nerūsošo un karstumizturīgo tēraudu apstrādē.

Firma Fordmotors ir izstrādājusi un lieto cietsakausējumus, kurā par saistvielu izmanto niķeli un molibdeni. Cietsakausējuma sastāvā: 90 % volframa un titāna karbīdu, 5 % niķeļa un 5 % molibdena. Tas raksturojas ar augstu plastiskumu un labu triecienizturību.

Pēdējos gados griezējinstrumentu ražošanā izmanto cietsakausējumus, kas nesatur volframa karbīdu.

Cietsakausējuma griezējinstrumentu griešanas spējas mazāk ietekmē ķīmiskais sastāvs, bet vairāk to specifiskās fizikāli mehāniskās īpašības.

Pēc griešanas spējām tuvāki ir VK un TK grupas cietsakausējumi. Siltuma ietilpība tiem ir 2...3 reizes zemāka nekā ātrgriezējtēraudam. Ievērojami vājāka ir siltuma vadītspēja. TK grupas cietsakausējumiem tā 2...3 reizes zemāka nekā VK grupai.

Vajā siltuma vadītspēja un zemā ietilpība palielina termiskos spriegumus un padara cietsakausējumus īpaši jūtīgus pret temperatūras svārstībām. Termiskās īpatnības izvirza papildus prasības griezējinstrumentu izgatavošanā un izmantošanā. Piemēram, pielodējot plāksnītes ķermeņiem, tie jākarsē lēni un vienmērīgi, slīpējot un asinot jāsamazina slīpripas rotācijas ātrums. Ja ātrgriezējtērauda griezējinstrumentus asina ar griešanas ātrumu līdz 25 m/s, tad VK grupas instrumenti asinot pieļauj griešanas ātrumus līdz 18 m/s, bet TK grupas – tikai līdz 12 m/s.

Agrākajos gados cietsakausējuma plāksnītes izmantoja salikto griezējinstrumentu izgatavošanai. Plāksnītes kātam vai ķermenim pielodēja ar cietlodi. Lineārās izplešanās koeficients TK grupas cietsakausējumiem ir 2 reizes mazāks nekā konstrukciju tēraudam, no kā izgatavo griezņu kātus. Tas apgrūtina plāksnīšu pielodēšanu. Spriegumi, kas rodas no izplešanās koeficientu starpības, veicina plāksnīšu atlekšanu lodējumā. Tagad cietsakausējuma plāksnītes galvenokārt piestiprina instrumenta kātam vai ķermenim mehāniski.

Cietsakausējumu sarkankvēles izturība sasniedz 900...1000 °C. TK grupas cietsakausējumiem tā nedaudz augstāka nekā VK grupai. Cietsakausējumi ir maz plastiski, nepanes trieciena slodzes un vibrācijas. To triecienizturība uzlabojas paaugstinātās temperatūrās un tie piemēroti apstrādei ar lieliem griešanas ātrumiem. Cietsakausējumu cietība

pārsniedz ātrgriezējtēraudu cietību par 5...8 HRA vienībām. Īpaši augsta ir to nodilumizturība.

TK grupas cietsakausējumiem virsma klāta ar plānu oksīdu kārtiņu, kas samazina berzi. Tie dilst lēnāk sīkstu stigru sagatavju (visa veida tēraudu) apstrādē, kad veidojas plūstoša skaida un attīstās uz griezējinstrumentu skaidvirsām lieli berzes spēki. Turpretī VK grupas cietsakausējumi ir piemēroti cietu trauslu materiālu (čuguna, bronzas, stikla, marmora u. c.) apstrādē, kad skaida sadrūp atdalīšanas brīdī un berzi uz skaidvirsām nerada.

Cietsakausējumu plastiskums uzlabojas palielinot saistvielas - kobalta saturu. Cietsakausējumus ar augstāku kobalta saturu lieto rupjapstrādē, darbā ar lieliem griešanas dziļumiem, nevienmērīgām uzlaidēm un triecienslodzēs. Nodilumizturība turpretī palielinās, samazinot kobalta saturu un tie piemēroti gludapstrādei.

Visplašāk lieto cietsakausējumus ar vidēju kobalta saturu. Tie ir universāli, kas piemēroti gan rupjapstrādei, gan arī gludapstrādei.

Trīskarbīdu cietsakausējumiem (TTK grupa), ar tantala piedevu ir paaugstināta lieces izturība, tie sekmīgi strādā triecienslodzēs un labāk panes vibrācijas. To priekšrocības izpaužas jūtāmāk apstrādājot vājākas apstrādājamības materiālus. Trīskarbīdu cietsakausējuma instrumenti piemēroti nerūsošo un karstumizturīgo tēraudu apstrādē, kā arī darbam triecienslodzēs.

Jaunie tehnoloģiskie procesi ļauj izgatavot ne tikai griezējasmaņu plāksnītes, bet arī viengabala cietsakausējuma griezējinstrumentus - spirālurbjus, vīturbjus un neliela izmēra frēzes. Tie raksturojas ar augstu ģeometrisku un izmēru precizitāti, kā arī ar noturību pret termisko plaisu veidošanos. Ražošanas izmaksas salīdzinoši zemas. Mehānisko un griešanas spēju paaugstināšanai plāksnīšu virsmām papildus uzklāj vairāku slāņu pārklājumus. Atbilstoši ISO cietsakausējumi iedalās: bez virsmu pārklājumiem, volframu nesaturošie un cietsakausējumi ar pārklājumiem.

1.4.5. Minerālkeramika, tās īpašības.

Minerālkeramika kā griezējinstrumentu materiāls radās pagājušā gs. 20...30. gados, kad to piedāvāja plastmasas detaļu apstrādei. Plašāku pielietojumu metālapstrādē tā ieguva pēdējos 25...30 gados. Minerālkeramikai ir augsta cietība, nodilumizturība, sarkankvēles izturība un neierobežoti izejvielu krājumi, Tās ražošana ir salīdzinoši lēta.

Pēc ķīmiskā sastāva izšķir:

- *minerālkeramiku uz alumīnija oksīda bāzes, tā saukto balto keramiku;

- *minerālkeramiku uz alumīnija oksīdu un metāla karbīdu bāzes, tā saukto melno keramiku, (saīsināti kermeti);

*minerākeramiku uz silīcija nitrīdu bāzes.

Pēc ISO terminoloģijas balto keramiku ir sauc par oksīdu, melno par jautku, bet silīcija nitrīdu par nitrīdu keramiku.

Baltās keramikas pamatā ir alumīnija oksīds Al_2O_3 , kas tehnikā pazīstams ar nosaukumu korunds. Tam ir nelielas citu oksīdu (MgO , ZrO_2) piedevas. Balto keramiku izgatavo sapresējot aukstā stāvoklī, kam seko saķepināšana augstās temperatūrās. Minerālkeramikas sarkankvēles izturība pārsniedz 1200°C , bet kušanas temperatūra - 2000°C . Pēc īpašas termiskās apstrādes tā iegūst cietību HRA 89...94. Minerālkeramikas cietība un sarkankvēles izturība ir nedaudz augstāka salīdzinot ar metālkeramikajiem cietsakausējumiem. Tomēr tā ievērojami atpaliek ar triecienizturību un siltuma vadītspēju. Minerālkeramikas lieces izturību ir tikai 300...350 MPa. Tā nepanes triecienslodzes un vibrācijas. Minerālkeramikas griezējinstrumentus izmanto tērauda un čuguna sagatavju gludapstrādē. Agrākajos gados, kad minerālkeramikas plāksnītes pielodēja griežņu ķermeņiem, tās vispirms metalizēja (elektrolokā izkausētos metāla pilienus uzsmidzināja plāksnīšu virsmām). Pēdējā laikā lieto griezējinstrumentus tikai ar mehāniski nostiprinātām minerālkeramikas plāksnītēm.

Plašāk izplatītās baltās oksīdu keramikas plāksnītes: Krievijā CM-332 un BO-13; Japānā - CX3 (firma Nippon Tehnikal Keramik), HPC-H1 (firma Tošiba Tongailo) un W80 (firma Sumitomo Elektrik); Čehijā - Disal 100 (firma Dias Tirmovo); Vācijā - AC5 (firma Karls Hertels), SN56 un SN60 (firma Feldmille); ASV - V-34 un V-44 (firma Valenais) u.c.

Lieces un triecienizturības uzlabošanai, baltās oksīdu keramikas sastāvam pievieno metālu karbīdus (visbiežāk TiC) un atsevišķus legējošos elementus: boru, niķeli, molibdenu u.c. Tās satur līdz 60 % Al_2O_3 , 20...40 % TiC un 20...40 % ZrO_2 . Griezējasmeņu plāksnītes ražo ar karsto presēšanu. To krāsa parasti ir tumša un radās nosaukums melnā keramika (kermeti). Melnā keramika pēc mehāniskajām īpašībām ieņem starp stāvokli starp balto keramiku un metālkeramikajiem cietsakausējumiem. Melnās keramikas griezējinstrumentus lieto kaļamā un balinātā čuguna, cementēta un rūdīta tērauda (ar cietību līdz HRC 30...55) gludapstrādē.

Pazīstamākās markas: Krievijā - BOK-60, Vācijā - SHT-1, SH-1, SH-20 (firma Feldmille); Japānā - HC-2 (firma Nippon Tehnikal Keramik) un HPC-A2 (firma Tošiba Tungailo); Zviedrijā - CC650 (firma Sandvik Koromant) u. c.

Minerālkeramika uz silīcija nitrīdu bāzes ir relatīvi jaunāka. Tā satur silīcija nitrīdu Si_3N_4 ar irīdija, cirkonija un alumīnija oksīdu piedevu un to ražo ar karsto presēšanu. Tās cietība HRA 92...94, lieces stiprība 500...700 MPa. Izplatītākās markas: Krievijā - Silinīts-P; ASV - Kions

2000 (firma Kennametals), S-8 (firma Fordmotors); Zviedrijā - CC680 (firma Sandvik Koromant); Vācijā - SL100 (firma Feldmille) u. c.

1.4.6. Īpaši cietie griezējinstrumentu materiāli.

Pagājušā gadsimta sešdesmitos gados tika radīti jauni īpaši cieti griezējinstrumentu asmeņu materiāli ar noturīgām fizikāli mehāniskajām īpašībām. Tos apvienoja kopīgs nosaukums - īpaši cietie. Augsto cietību nodrošināja kristāliskā režģa nomainīga, pārejot no viena kristāla režģa modifikācijas uz citu.

Pēc ķīmiskā sastāva izšķir:

- materiālus uz sintētiskā dimanta bāzes,
- materiālus uz kubiskā bora nitrīda bāzes.

Sintētiskos dimantu ražo no grafiņa, bet kubisko bora nitrīdu no heksagonālā bora nitrīda. Grafiņa un heksagonālā bora nitrīda fizikālās īpašības ir līdzīgas. Tie ir mīksti plastiski materiāli, bet to modifikācijas - ļoti cietas. Īpaši cieto griezējinstrumentu materiālu ražošana tika risināta pakāpeniski: 1959. gadā tos ieguva katalizatoru iedarbībā, bet 1961. gadā - izmantojot triecienspiedienus (sprādziena enerģiju). Sintētisko dimantu rūpnieciskā ražošana sākās 1963. gadā, izmantojot statiskos spiedienus. Pirmsākumos iegūto graudu lielums nepārsniedza milimetra simtdaļas un tos izmantoja galvenokārt abrazīvo instrumentu ražošanai. Pilnveidojot ražošanas tehnoloģiskos procesus, graudu izmēri palielinājās un sasniedza dažus milimetrus. Radās iespēja no tiem izgatavot arī asmeņu griezējinstrumentu griezējdaļas.

Sintētisko dimantu ražošanas apjoms vairākkārt pārsniedz dabīgo dimantu ieguvi. No tiem lielāko daļu izmanto tehniskām vajadzībām, tai skaitā asmeņu (virpošanas griežņu) un abrazīvo instrumentu izgatavošanai.

Bora nitrīdi ir bora un slāpekļa ķīmiskais savienojums, kam līdzīgi dzelzij un grafiņam ir vairākas modifikācijas (kristāliskā režģa veidi). Bora nitrīts ar heksagonālu kristālisko režģi bija pazīstams kopš 19. gs. Augstā spiediena un temperatūras iedarbībā heksagonālais kristāliskais režģis pārveidojas kubiskajā. Pāreja saistīta ar tilpuma samazināšanos 1,5 reizes un jaunām fizikāli mehāniskām īpašībām. Kubiskais bora nitrīds vienlaicīgi tika radīts ASV un Krievijā. Krievijā to sintezēja Augstspiediena Fizikas institūtā un nosauca par elboru, bet ASV - firma General Elektrik un nosauca par borozonu.

Atkarībā no izgatavošanas tehnoloģijas un materiāla struktūras izšķir:

- * Īpaši cietos monokristāliskos materiālus;
- * Īpaši cietos polikristāliskos materiālus;
- * Īpaši cietos kompozītos materiālus.

Kompozītos materiālus ražo augstās temperatūrās un spiedienā saķepinot sīkos graudus. Griežējinstrumentu griežējdaļām biežāk izmanto poli kristāliskos materiālus.

Sintētiskā dimanta griežējinstrumenti ir piemēroti cietu trauslu materiālu gludapstrādei, kad skaidā sadrūp atdalīšanas brīdī un berzi uz skaidvirsmas nerada. Dimanta instrumentu sarkankvēles izturība nepārsniedz 750 °C temperatūru. Tie nav piemēroti sīkstu stigru materiālu (tēraudu) apstrādei. Dimants 850 °C temperatūrā pārvēršas kvēpos. Sintētiskā dimanta slīpripas lieto metālkeramisko cietsakausējuma griežņu gludai asināšanai.

Plašāk lietotās sintētiskā dimanta markas: Krievijā - ASB (tipa ballas), ASBN, ASPK (tipa karbonādo) un Karbonīts, rietumvalstīs - Kompaks, Sindīts, Megadainons u.c. Sintētiskā dimanta tipu nosaka graudu uzbūve. Ballas tipa graudiem asis virzītas radiāli uz lodes centru, bet karbonādo tipam – radiāli uz cilindra asi.

Kubiskais bora nitrīts ir ķīmiski noturīgs skābēs un sārmos, ar mazu termiskās izplešanās koeficientu. Cietība praktiski vienāda ar dimanta cietību, bet sarkankvēles izturība augstāka (1200...1300 °C). Tā krāsa var mainīties no balti dzeltenas līdz melnai.

Kubisko bora nitrīdu galvenokārt izmanto kā kompozītmateriālu. Pazīstamas vairākas tā modifikācijas: Krievijā - kompozīts 01 ar tirdzniecības nosaukumu Elbors PM; kompozīts 02 ar nosaukumu Belbors; kompozīts 05 ar vairākām tā modifikācijām un nosaukumiem - Kubonīts, Kiborīts, Niborīts; kompozīts 09 ar nosaukumu - Heksanīts u.c. Rietumzemēs pazīstamas bora nitrīda modifikācijas: Lielbritānijā - Amborīts, ASV - Borozons, Sumiborons u. c.

No kubiskā bora nitrīta izgatavo abrazīvos un asmeņu griežējinstrumentus. Tie piemēroti tērauda un citu cieta stigra materiāla sagatavju apstrādei. Tērauda sagatavju apstrādē ar Heksanīta griežņiem pie griešanas dziļuma $t = 0,1...0,5$ mm un padeves - 0,1 mm/uz apgrieziena, griešanas ātrums iespējams palielināt virs 400 m/min.

1.4.7. Griežējinstrumentu asmeņu pārklājumi

No metālkeramiskajiem cietsakausējumiem, minerālkeramikas un īpaši cietiem materiāliem izgatavo daudzšķautņņu plāksnītes salikto griežējinstrumentu (griežņu, frēžu, spirālurbju u.c.) griežējdaļām. Plāksnīšu nomenklatūra ir ļoti plaša.

Griešanas spēju uzlabošanai un nodiluma samazināšanai plāksnīšu virsmas pārklāj plānā kārtiņā ar dažiem citiem ķīmiskiem savienojumiem. Izšķir ķīmiskos (apzīmējums CVD) un mehāniski difundētos vakuumā pārklājumus (apzīmējums PVD). Uzklāto slāņu skaits var būt no viena līdz trim (1.12.att.). To kopējais biezums ir robežās no 2 līdz 10...12 mkm.

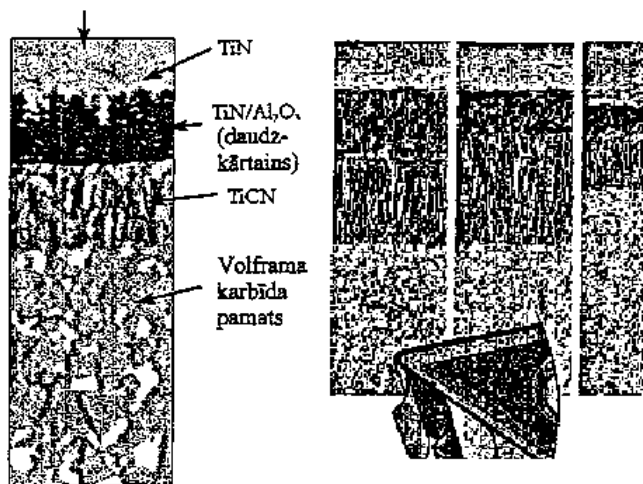
Plāksnīšu pārklājumiem izmanto:

1. Alumīnija oksīdu Al_2O_3 , kas raksturojas ar augstu nodilumizturību un spēju saglabāt cietību augstās temperatūrās, pateicoties īpašām termiskajām īpašībām un augstai pretestībai difūzijas nodilumam. Griezējinstrumenti ar Al_2O_3 pārklājumu piemēroti darbam ar ļoti lieliem griešanas ātrumiem.

2. Titāna karbīdu TiC , kas raksturojas ar pārklājuma labām saķeršanās spējām ar cietsakausējuma plāksnīšu pamatni un augstu nodilumizturību smagos darba apstākļos - rupjapstrādē darbā ar vidējiem un zemiem griešanas ātrumiem.

3. Titāna – alumīnija nitrīdu $TiAlN$, kas raksturojas ar augstu griešanas spēju noturību rupjapstrādē - darbā ar lieliem griešanas ātrumiem smagos griešanas apstākļos, īpaši pārtrauktajā griešanā (frēzēšanā). Noturības pamatā pārklājuma augstā karstumizturība un nodilumizturība, kas īpaši izpaužas, apstrādājot vājas apstrādājamības materiālus; (nerūsošo tēraudu, mangāna tēraudu u.c.). $TiAlN$ pārklājumiem ir universāls pielietojums.

4. Titāna nitrīds TiN , raksturojas ar augstu ķīmisko noturību (pretestību pret oksidēšanos) augstās temperatūrās un labu noturību cikliskajās temperatūras svārstībās, kas izteiktas pārtrauktajā griešanā (piemēram, frēzēšanā).



1.12.att. Griezējinstrumentu virsmu pārklājumi:
a – pārklājuma ķīmiskais sastāvs; b – slāņu biezums atkarībā no markas

1.7.tabula

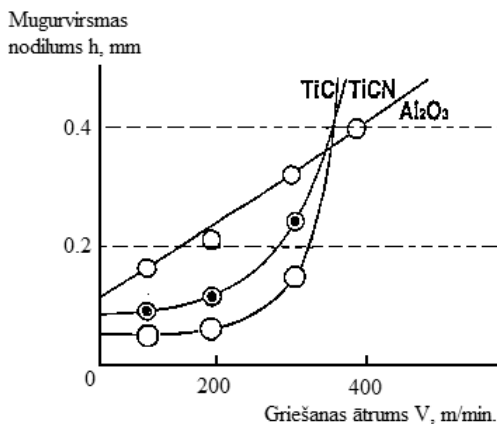
Griezējinstrumentu materiālu grupas un ISO apzīmējumi

Materiālu grupa	Apzīmējums pēc ISO	Apzīmējums pēc SANDVIK KOROMANT	Piezīmes
Volframa grupas cietsakausējumi bez virsmu pārklājumiem	HW		Satur galvenokārt volframa karbīdu WC
Volframu nesaturošie cietsakausējumi ar virsmu pārklājumu	HT	CT	Satur galvenokārt titāna karbīdu vai titāna nitrīdu un citus elementus
Cietsakausējumi ar poli kristālisko dimantu pārklājumu	HC	GC	Cietsakausējuma virsma pārklāta ar ķīmisko pārklājuma metodi
Metālu oksīdu keramika (Keramika)	CA	CC	Satur galvenokārt Alumīnija oksīdu Al_2O_3
Jauktā oksīdu keramika bez pārklājuma	CM	CC	Satur alumīnija oksīdu Al_2O_3 ar citu metālu piedevām
Silīcija nitrīdu keramika bez pārklājuma	CN	CC	Satur galvenokārt Silīcija nitrīdu Si_3N_4
Visu veidu keramika ar virsmu pārklājumiem	CC	CC	
Poli kristāliskais mākslīgais dimants	DP		Pieder pie īpaši cieto materiālu grupai
Poli kristāliskais bora nitrīds	BN	CB	Pieder īpaši cieto materiālu grupai

Pārklājumu efektivitāte ir noteikta eksperimentāli, izvēloties griezējinstrumentu asumnoturību $T = 9$ min (1.13.att.), virpojot vidēja oglekļa satura ($C = 0,45$ %) tērauda sagataves griešanas ātrumu diapazonā līdz 400 m/min. Griešanas dziļums $t = 1,5$ mm, padeve $s = 0,2$ mm/apgr. (pēc firmas Sandvik koromant informācijas).

Cietsakausējuma, minerālkeramikas un īpaši cieto materiālu griezējinstrumentu griešanas spējas ir līdzvērtīgas. Griezējdaļas plāksnītes varbūt bez pārklājuma, vai ar vairāku slāņu pārklājumiem. ISO standarts

visas tās iekļauj vienotā klasifikācijas sistēmā, sadalot 9 grupās. Katrai grupai piešķirts savs apzīmējums (1.7.tabula). Atsevišķas firmas, kas ražo griezējinstrumentu griezējdaļas, lieto nedaudz atšķirīgu no ISO standarta sadalījumu.



1.13.att. Griešanas ātruma ietekme uz pārklāto griezējasmaņu nodilumu.

1.5. GRIEZĒJINSTRUMENTU GRIEZĒJDAĻAS IZVĒLES PAMATI

1.5.1. Apstrādājamo materiālu kodēšana pēc ISO

Mašīnbūvē mašīnu elementus (vārpstas, zobratas, skrīmeļus, sviras, korpusus u.c.) izgatavo no tērauda, čuguna, alumīnija un vara sakausējumiem u.c. materiāliem. Materiāli atšķiras ar fizikālām un mehāniskām īpašībām. Īpašību daudzveidība ietekmē apstrādes griežot procesus un izgatavoto detaļu kvalitāti.

Metālapstrādē sagatavju apstrādes īpatnības raksturo tehnoloģisks jēdziens – apstrādājamība. Tā ietekmē ne tikai apstrādes režīmu, bet nosaka griezējinstrumentu izvēli.

Apstrādājamību neraksturo viens atsevišķs parametrs, bet vairāku kritēriju kopums:

- ķīmiskais sastāvs un struktūra;
- fizikālās īpašības (siltuma ietilpības un vadītspējas);
- mehāniskās īpašības (stiprība, elastība, cietība un plastiskums);
- plastiskās deformācijas norise griešanas procesā un apstrādātās virsmas uzkaldināšanās. Mašīnbūvē ir sastopami sakausējumi ar salīdzinoši zemu cietību, kas apstrādes procesā uzkaldinās, ka nav iespējama to apstrāde.

No apstrādājamības ir atkarīga:

- materiāla pretestība griešanai, griešanas spēki un jauda;
- pieļaujamais griešanas režīms: griešanas dziļums, padeve, griešanas ātrums;
- apstrādātās virsmas kvalitāti un izmēru precizitāti utt.

Rupjapstrādē nozīmīgi ir griešanas spēki, pretestība griešanai un siltuma rašanās procesi. Gludajā apstrādē par galveno kritēriju izvirzās apstrādātās virsmas kvalitātes un izmēru precizitātes nodrošināšanas iespējas. Sagatavju apstrādājamība ir būtiska izvēloties griezējinstrumentu griezējdaļas.

ISO standarts visus mašīnbūves materiālus pēc apstrādes īpatnībām (apstrādājamības) iedala sešās pamata grupās, katrai tai piešķirot apzīmējumu:

- P - oglekļa un leģētais tērauds,
- M - nerūsošais tērauds;
- K - visi čuguni,
- N - krāsaino metālu sakausējumi,
- S - karstumizturīgie sakausējumi,
- H - īpaši cietie un titāna sakausējumi.

Vienā grupā ietilpstošo materiālu mehāniskās īpašības nav vienādas. Tās mainās ļoti plašās robežās. To nosaka materiāla ķīmiskais sastāvs, struktūra un sagatavju ražošanas veids. Atkarībā no oglekļa satura tērauda stiprība stiepē var būt robežās no 340 līdz 1000 N/mm², cietība HB - no 163 līdz 300, bet plastiskums mainās aptuveni trīs kārt. Čugunu mehāniskās īpašības ietekmē grafitā ieslēgumu forma un izmēri. Mehānisko īpašību atšķirības ietekmē griešanas režīma un griezējinstrumenta ģeometriskos parametru izvēli.

Griezējinstrumentu tehnoloģisko iespēju racionālai izmantošanai, materiālu grupas sadala apakšgrupās, piešķirot atbilstošu indeksāciju. Pastāv vairāki paņēmieni sadalījumam apakšgrupās.

Vienu no pilnīgākajām sistēmām materiālu apstrādājamības indeksācijai dota 2.pielikumā. Atbilstoši tai materiālu grupas pēc noteiktām pazīmēm sadalītas apakšgrupās. Indekss satur divas daļas. Pamata indkss grupu dala apakšgrupās pēc ķīmiskā sastāva vai sagatavju ražošanas veida, bet papildus indkss pēc ķīmisko elementu daudzuma, struktūras īpatnībām vai mehāniskajām īpašībām. Pamata indeksu veido divi cipari, bet papildus indeksu – biežāk viens cipars, retāk divi. Pamata indeksu no papildus atdala punkts.

Tērauda grupa, kam pamata apzīmējums - burts P, sadalīta četrās apakšgrupās ar pamata indeksiem: nelegētais tērauds – 01; leģētais tērauds – 02; augsti leģētais tērauds – 03; un tērauda lējumi – 06. Papildus indeksu nelegētam tēraudam nosaka ķīmiskais sastāvs (oglekļa saturs). To pievieno pamata indeksam aiz punkta. Piemēram, nelegētajam tēraudam ar mazu oglekļa saturu papildus indkss ir 1, ar vidēju – 2, ar augstu – 3. Pilnais uzskaitīto tēraudu apzīmējums - P 01.1; P 01.2 utt.

Nerūsošie tēraudi pēc apstrādājamības iedalās divās apakšgrupās. velmējumiem un kalumiem piešķirts indekss – 05, bet lējumiem – 15.

Čuguni sadalās trīs apakšgrupās: kaļamais čuguns – indekss 07; pelēkais čuguns – 08 un augstas stiprības – 09. Katrai no apakšgrupām ir pa divām papildus grupām.

Krāsaino metālu sakausējumi pēc apstrādājamības netiek dalīti apakšgrupās un to indekss 30.

Pastāv arī daži citi paņēmieni apstrādājamības raksturošanai. Piemēram, ir pieejama indeksācija, kas sastāv tikai no diviem cipariem, kurus vienu no otra atdala punkts. Pirmais cipars norāda materiālu grupu, bet otrais nosacīti raksturo īpašības.

Griezējinstrumentu ražotājfirmas veic plašus pētījumus, lai noteiktu katra griezējinstrumenta griešanas spējas un tiem atbilstošos optimālos griešanas režīmus, lai apstrādē sasniegtu maksimālo produktivitāti.

1.5.2. Griezējinstrumentu griešējdaļas izvēle

Konkrētiem apstrādes apstākļiem griezējinstrumentus izvēlas atbilstoši griešanas spējām, izmantojot katalogus. Izvēli atvieglo, ka ISO standarts griezējinstrumentu griešanas spējas kodē, piešķirot analogus apzīmējumus apstrādājamajam materiālam (1.8.tabula).

1.8.tabula

Griezējinstrumentu indeksācija pēc apstrādājamā materiāla un griešanas spējām.

Apstrādājamie materiāli		Griezējinstrumentu kodi	
Materiālu grupa pēc ISOP	Grupas kods	Vispārējais apzīmējums	Kods pēc griešanas spējām
Oglekļa un leģētais tērauds	P	ISO P	P01; P10; P20; P30; P40
Nerūsošais tērauds	M	ISO M	M10; M20; M30; M40
Čuguni	K	ISO K	K01; K10; K20; K30
Krāsaino metālu sakausējumi	N	ISO N	N01; N10; N20; N30
Karstumizturīgie sakausējumi	S	ISO S	S01; S10; S20; S30
Īpaši cietie sakausējumi, Titāna sakausējumi	H	ISO H	

Lai atšķirtos griezējinstrumenta griešējdaļas marķējums no apstrādājamā materiāla, marķējumam pievieno burtus ISO. Piemēram, nelēģētā un leģētā tērauda sagatavju apstrādei (grupa P) piemēroti

griezējinstrumenti ar kodu- ISO P, nerūsošā tērauda sagatavju apstrādei (grupa M) - ISO M utt.

Katrai no griezējinstrumentu grupām ir vairākas markas. Tās atšķiras ar ķīmisko sastāvu un struktūru, kas ietekmē instrumenta fizikālās un mehāniskās īpašības, un nosaka tā griešanas spējas.

Griezējdaļas griešanas spējas, izvēloties konkrētu marku, nosaka pamata apzīmējumam pievienotais kods: 01; 05; 10; 15; 20; 25; 30; 35 vai 40. Pieaugot koda skaitlim, griezējdaļas cietība un nodilumizturība samazinās, bet stiprība uz stiepi un lieci palielinās Piemēram, kodam atbilstošās cietsakausējuma griezējdaļu mehāniskās īpašības dotas 1.9.tabulā).

1.9.tabula

Cietsakausējumu griezējdaļu mehāniskās īpašības

Marķējums pēc ISO		Mehāniskās īpašības			
Apstrādājamā materiālu grupa	Griezējinstrumenta griezējdaļas kods	Blīvums, g/cm ³	Cietība HRA	Stiprība stiepē, N/mm ²	Stiprība spiedē, N/mm ²
P	PO1	8...10	92,0	120	440
	P10	9...11	91,5	150	460
	P20	11...13	91,0	165	480
	P30	12...14	89,9	175	500
M	M10	12...14	91,5	140	500
	M20	12...14	90,5	170	500
	M30	12...14	90,0	180	480
	M40	12...14	88,5	220	440
K	K01	13...15	92,5	130	-
	K10	14...16	92,0	140	570
	K20	14...16	90,5	160	500
	K30	14...16	90,0	170	470

Katalogos dažkārt griezējinstrumentu ražotājfirmas dod apzīmējumus pēc ķīmiskā sastāva. Nepastāvot vienotai marķēšanas sistēmai, tiem ir maza praktiskā nozīme (1.10.tabulā).

Griezējinstrumenta tipu un tipizmēru nosaka apstrādes veids, (virpošana, frēzēšana utt.), operācijas tips (rupjapstrāde, gludā apstrāde), sagataves veids un izmēri utt.

Konkrētos apstākļos griezējinstrumentus izvēlas pēc kataloga secībā:

1. Nosaka apstrādes veidu un virsmu raksturu. Atbilstoši apstrādes veidam izvēlas griezējinstrumenta tipu;
2. Atbilstoši virsmu raksturam izvēlas griezējinstrumenta ģeometriskos parametrus;
3. Nosaka apstrādājamo materiāla grupu (tērauds, nerūsošais tērauds, čuguns utt.).

1.10.tabula

Ražotāju noteiktā cietsakausējuma marķēšana

ISO		Dažu firmu instrumentu griezējdaļu materiāla marķējums				
Apstrād. materiāla grupa	Instrumenta Kods	Mitsu - biši	Sandvik Coromant	Kenn - metal	Iscar	Tun - galoy
Tērauds P	P10		S1P		IC70	TX10S
	P20	Uti20T	SMA	K125M TTM	IC70 IC50M	TX20 TX25
	P30	Uti20T	SM30	GK K600	IC50M IC54	TX30 UX25
	P40		S6	G13	IC54	TX40

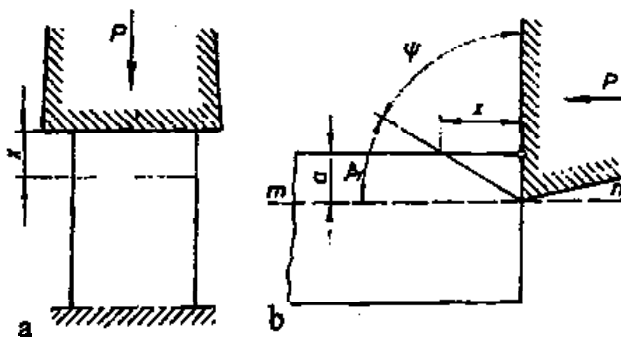
4. Nosaka apstrādājamā materiāla apakšgrupu - indeksu; piemēram, maza, vidēja vai augsta oglekļa saturs tērauds utt.;
5. Nosaka pirmatnējo griešanas režīmu;
6. Koriģē atbilstoši apstrādes apstākļiem griešanas ātrumu.

2. nodaļa. METĀLAPSTRĀDES GRIEŽOT FIZIKĀLIE PAMATI

2.1. SKAIDAS ATDALĪŠANAS PROCESS

2.1.1. Spiedes shēma apstrādē griežot.

Metālapstrādes griežot pamatā ir apstrādājamās sagataves virskārtas plastiskās deformācijas process. Atšķirībā no elastīgās plastiskā deformācija neizplatās visā ķermeņa tilpumā, bet tikai daļā no tā. To pierāda materiālu struktūras izpēte pēc spiedes pārbaudēm. Spiedē plastiski deformējas visvairāk pārbaudāmā parauga virsējā kārtā, dziļākos slāņos deformācijas pakāpe samazinās un dziļumā x tā nav manāma (2.1.att.a). Plastiskās deformācijas izplatīšanās dziļumu ietekmē deformēšanas ātrums un materiāla plastiskums. Pieaugot deformācijas ātrumam, tās izplatīšanās dziļums samazinās, bet pieaugot materiāla plastiskumam - palielinās.



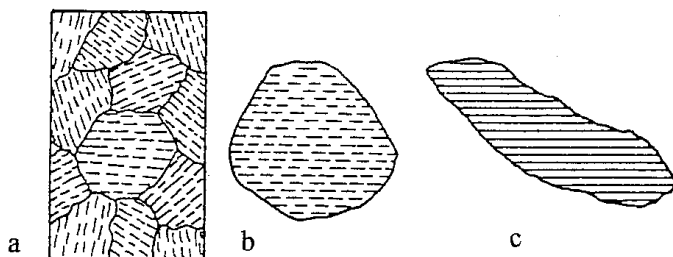
2.1. att. Plastiskās deformācijas ietekme:
a - brīvajā spiedē; b - apstrādē griežot.

Apstrāde griežot atšķiras no spiedes pārbaudēm. Spiedē ārējie spēki darbojas uz visu parauga šķērs griezuma laukumu. Apstrādē griežot griežējinstrumentu spiež tikai uz sagataves virskārtu biezumā a (2.1.att.b). Plaknē $m - n$ materiāla daļiņu deformēšanos apgrūtina spiedienam nepakļautā sagataves materiāla masa. Apstrādē griežot deformācijai pakļaujas sagataves virskārta robežās, ko ietver leņķis ψ . Leņķi ψ sauc par plastiskās deformācijas iedarbības leņķi.

2.1.2. Skaidas atdalīšanas process apstrādē griežot.

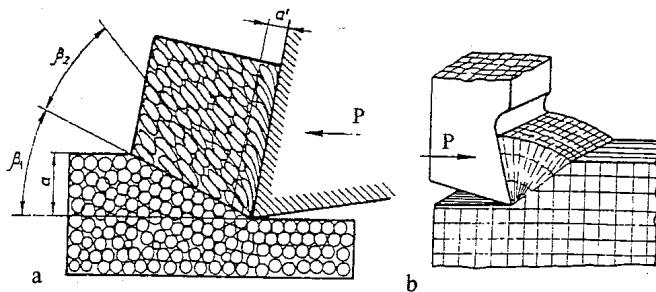
Griezējinstrumenta, pārvietojoties ar noteiktu ātrumu, iespiežas sagataves virskārtā un rada materiālā spriegum stāvokli. Vispirms tie izraisa elastīgās deformācijas. Griezējinstrumentam pārvietojoties, spriegumi palielinās un elastīgās deformācijas pāriet plastiskajās.

Monokristālu (atsevišķu graudu) plastiskās deformācijas pamatā ir slīdēšana (slīde) pa noteiktām bīdes plaknēm. Reālie materiāli ir poli kristāli. To deformāciju veido atsevišķo graudu deformāciju summa (2.2.att.). Metālapstrādē griežot slīde graudos noris pa plaknēm, ko ietver leņķis β_1 (2.3.att.). Leņķi β_1 sauc par bīdes leņķi. Graudi deformējas, un to asis ar bīdes plakni veido leņķi β_2 .



2.2. att. Plastiskās deformācijas shēma:

a – poli kristālu uzbūve; b - grauds pirms deformēšanas; c - grauds pēc deformēšanas.

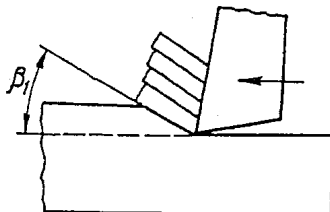


2.3. att. Sagataves deformētā slāņa struktūra:

a – mikro struktūra; b – makro struktūra.

Berzes spēki, kas rodas griešanas procesā, papildus deformē materiāla slāni, kas tieši saskaras ar griezējinstrumenta skaidvirsmu. Deformācijām summējoties, graudu asis nedaudz izmaina virzienu un ieņem skaidvirsmai paralēlu vai gandrīz paralēlu stāvokli.

Griezējinstrumenta pārvietošanās gaitā deformācijas pakāpe sagataves virskārtā palielinās. Spriegumiem pārsniedzot materiāla stiprības robežu, no sagataves virskārtas tiek nobīdīta materiāla daļiņa, ko sauc par skaidas elementu. Pirmajam skaidas elementam seko citi. Skaidas elementu nobīde noris pa bīdes plaknēm, ko ietver leņķis β_1 . Augstās deformācijas pakāpes ietekmē skaida veidojas slāņaina ar izteiktām anizotropām īpašībām.



2.4. att. Skaidas elementu atdalīšanas shēma.

Skaidas atdalīšana ir plastiskās deformācijas procesa gala rezultāts. Plastisko deformāciju pavada vairākas fizikālas dabas parādības. Metālu daļiņu iekšējā un ārējā berze rada siltumu, izmainās attiecībā pret nogriezto sloksnīti skaidas forma un izmēri (skaidas sarukums), veidojas uzķepums, mainās skaidas un apstrādātā virsma cietība utt. Fizikālo parādību mijiedarbība ietekmē griezējinstrumenta darbības, apstrādes kvalitāti un apstrādes izmaksas.

Skaidas veidošanās process apstrādē ar daudzāsmeņu griezējinstrumentiem ir analogs un pakļaujas tām pašām likumsakarībām.

2.1.3. Skaidu veidi.

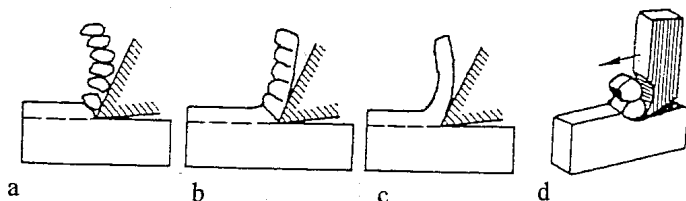
Skaida sastāv no atsevišķiem elementiem. Tie var būt savā starpā vājāk vai ciešāk saistīti. Skaidas elementu savstarpējo sasaisti nosaka griešanas ātrums, apstrādājamā materiāla īpašības, griezējinstrumenta geometriskie lielumi utt.

Apstrādājot plastiskus materiālus ar maziem griešanas ātrumiem un salīdzinoši lielām padevēm, veidojas elementu skaida. Tā sastāv no labi atšķiramiem savstarpēji nesaistītiem vai vāji saistītiem elementiem (2.5. att.).

Palielinot griešanas ātrumus, saites starp elementiem pastiprinās. Darbā ar vidējiem griešanas ātrumiem, rodas skaida, kurai var izšķirt atsevišķus elementus, bet tie ir savstarpēji cieši saistīti. Šādu skaidu sauc par posmaino skaidu. Tās virsma, kas tieši slīd pa griezējinstrumenta

skaidvirsmu, ir gluda un spīdīga, bet iekšpuse raupja ar redzamām elementu robežām.

Apstrādē ar lieliem griešanas ātrumiem, skaida noplūst kā nepārtraukta lenta. Tās iekšējā virsma ir raupja, bet atsevišķu elementu robežas nav saskatāmas. Šādu skaidu sauc par plūstošo skaidu.



2.5. att. Skaidu veidi:

a - elementu; b - posmainā; c - plūstošā; d - izlauzuma.

Apstrādājot trauslus materiālus, neatkarīgi no griešanas ātruma skaidas elementi veidojas neregulāras formas un tie savstarpēji nav saistīti. Tādu skaidu sauc par izlauzuma skaidu. Trauslu materiālu apstrādē skaidas elementu nobīde pa noteiktām plaknēm nenorīt, bet tie tiek izlauzti no sagataves virsmas.

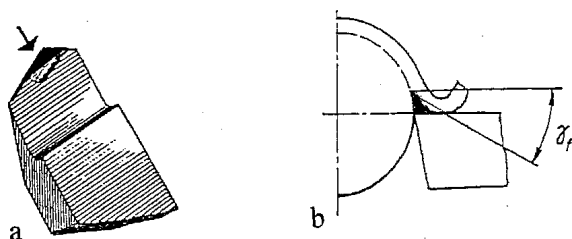
2.2. UZĶEPUMS APSTRĀDĒ GRIEŽOT

2.2.1. Uzķepuma veidošanās pamati.

Lielie spiedieni, augstās temperatūras un metāliski tīrās kontaktvirsmas, kas raksturīgas griešanas procesam, pastiprina molekulāro spēku darbību. Starp skaidu un skaidvirsmu attīstās ievērojami berzes spēki. Atsevišķos gadījumos tie pārsniedz skaidas mehānisko stiprību. No skaidas virsmas tiek atrautas mikrodaļiņas, kas nobremzējas uz griezējinstrumenta skaidvirsmas. Lielā spiediena un augstās temperatūras ietekmē tās piemetinās skaidvirsmā. Uzmetinoties pakāpeniski jaunām skaidas mikrodaļiņām, uz skaidvirsmas pie griezējasmens izveidojas metālisks uzaugums, ko sauc par uzķepumu (2.6.att.a).

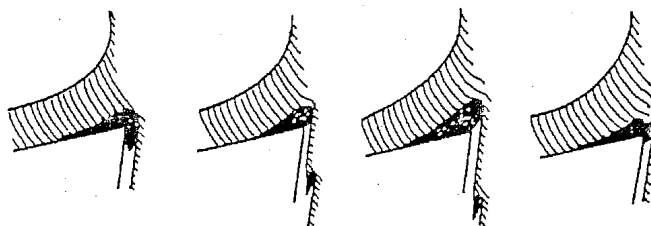
Uzķepuma augšana neturpinās neierobežoti, bet tikai līdz zināmam robežai. Pieaugot uzķepuma augstumam, palielinās griešanas spēka radītais lieces moments. Spēka momenta vērtībai pārsniedzot uzķepuma stiprību, tā virsotne atlūzt un visbiežāk iespīēžas apstrādātajā virsmā. Atsevišķas pamatnes daļiņas tiek aiznestas ar aizplūstošo skaidu (2.7.att.). Norautā uzķepuma vietā veidojas jauns. Atkarībā no apstrādes

apstākļiem, uzķepuma daļiņu noraušana un augšana atkārtojas 200...16000 reizēm minūtē.



2.6. att. Uzķepums apstrādē griežot:

a - uzķepuma vieta uz skaidvirsmas; b - skaidleņķa izmaiņas.



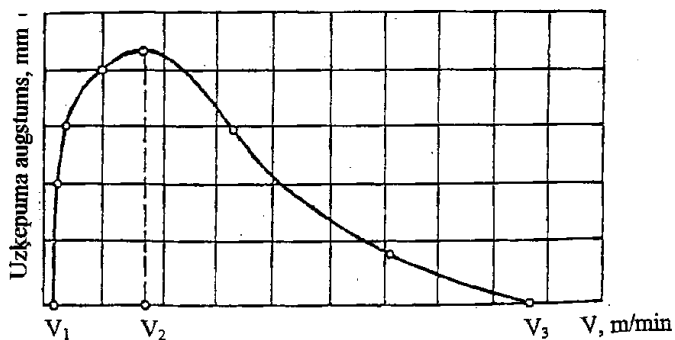
2.7. att. Uzķepuma periodiskā noraušanas shēma.

Uzķepums rodas visos apstrādes veidos. Tā cietība 2...3 reizes pārsniedz apstrādājamā materiāla cietību, no kura daļiņām tas veidojas. Uzķepuma rašanās palielina skaidleņķa γ faktisko vērtību γ_f (2.6.att.b). Labvēlīgos apstrādes apstākļos tā sasniedz 45° .

2.2.2. Apstrādes apstākļu ietekme uz uzķepuma veidošanos.

Metālapstrādes prakse pierāda, ka uzķepums veidojas tikai noteiktā griešanas ātrumu diapazonā. Darbā ar maziem griešanas ātrumiem uzķepums neveidojas. Skaida noplūst tieši pa griezējinstrumenta skaidvirsmu. Tā ir gluda un spoža, bet apstrādātā virsma kvalitatīva.

Uzķepums sāk veidoties, kad griešanas ātrums sasniedz kritisko lielumu V_1 (2.8.att.). Tā vidējās vērtības ir 1...3 m/min. Pieaugot griešanas ātrumam, palielinās uzķepuma augstums un skaidleņķa faktiskā vērtība γ_f . Griešanas ātrumam sasniedzot kritisko vērtību V_2 , uzķepuma augstums sasniedz savu maksimālo augstumu un skaidleņķa faktiskā vērtība γ_f tuvojas 45° . Kritiskā ātruma V_2 vērtības vidēji ir 15...40 m/min.



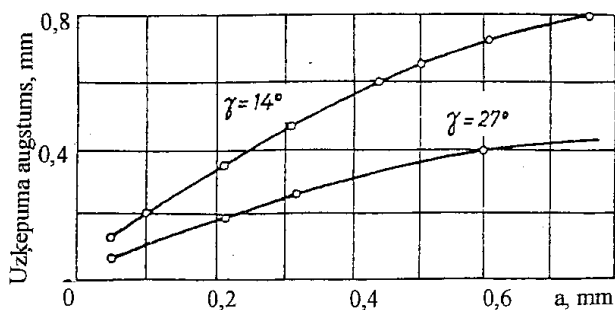
2.8. att. Griešanas ātruma ietekme uz uzķepuma rašanās intensitāti.

Palielinot griešanas ātrumu virs kritiskā V_2 , uzķepuma augstums un skaidleņķa faktiskās vērtības sāk samazināties. Griešanas ātrumam sasniedzot kritisko robežvērtību V_3 , uzķepuma veidošanās izbeidzas. Tālāka griešanas ātruma palielināšana uzķepumu nerada. Kritiskā ātruma V_3 vērtības, vidēji - 90...120 m/min.

Apstākļos, kad griešanas ātrums apstrādē ir mazāks par kritisko V_1 , temperatūra griešanas zonā ir zema un skaida maz plastiska. Tās mikrodaļiņu saķeršanās ar skaidvirsmu un piemetināšanās nav iespējama. Turpretī griešanas ātrumam pārsniedzot kritisko robežvērtību V_3 , temperatūra griešanas zonā ir pārāk augsta, uzķepums sakarst un zaudē stiprību. To norauj un aiznes noplūstošā skaida.

Palielinot nogriežamās sloksnītes biezumu (padevi), pieaug deformācijai pakļautā materiāla apjoms un saskares ar griezējinstrumenta skaidvirsmu laukums. Uzķepuma pamatne izveidojas platāka un uzķepuma augstums palielinās. Vienlaikus samazinās kritiskā ātruma V_3 robežvērtības. Lielāka ietekme uz uzķepuma augstumu nogriežamās sloksnītes biezumam ir apstākļos, kad griezējinstrumenta skaidleņķa γ vērtības ir mazākas (2.9.att.).

Uzķepuma veidošanās veicina skaidleņķa γ faktiskās vērtības γ_f palielināšanos. Labvēlīgos apstākļos tas sasniedz 45° . Izmantojot apstrādē griezējinstrumentus ar palielinātām skaidleņķa γ vērtībām, samazinās starpība - $\gamma_f - \gamma$ un vienlaicīgi arī uzķepuma augstums. Lietojot griezējinstrumentus ar skaidleņķi $\gamma = 45^\circ$, starpība $\gamma_f - \gamma = 0$ un neatkarīgi no griešanas ātruma uzķepums neveidojas. Skaidleņķa γ palielināšana palielina kritiskā ātruma V_3 robežvērtības.



2.9. att. Nogriežamās sloksnītes biezuma un skaidleņķa γ ietekme uz uzķepuma veidošanos.

Uzķepuma veidošanos ietekmē apstrādājamā materiāla īpašības. Pieaugot apstrādājamā materiāla plastiskumam, intensīvāk veidojas uzķepums un palielinās kritiskā ātruma V_3 vērtības. Apstrādājot trauslus materiālus - čugunu un bronzas, uzķepums neveidojas

Rupjapstrādē uzķepuma veidošanās ir vēlama. Pieaugot skaidleņķa faktiskai vērtībai, samazinās griešanas spēki. Uzķepums daļēji aizsargā skaidvirsmu, jo skaida vispirms saskaras ar uzķepumu un tikai pēc tam ar skaidvirsmu.

Uzķepuma veidošanās nav vēlama gludapstrādē. Tā periodiska noraušana un mikrodaļiņu iespiešanās apstrādātajā virsmā, paaugstina virsmas raupjumu un pazemina apstrādes kvalitāti. Gludapstrādē ir nepieciešams radīt apstākļus, kas pazemina griešanas zonā temperatūras un berzes. Uzķepuma rašanos novērš:

- * palielinot griešanas ātrumus virs kritiskā V_3 ;
- * palielinot griezējinstrumentiem skaidleņķa γ vērtības;
- * paaugstinot griezējinstrumentiem skaidvirsmas gludumu;
- * lietojot metālapstrādē kvalitatīvus eļļojošos dzesējošos šķidrumu.

2.3. SKAIDAS SARUKUMS APSTRĀDĒ GRIEZŽOT

2.3.1. Skaidas sarukuma pamatojums.

Metālapstrādes prakse pierāda, ka skaidas izmēri neatbilst nogrieztās sloksnītes izmēriem:

$$f_1 \neq f; a_1 \neq a; l_1 \neq l,$$

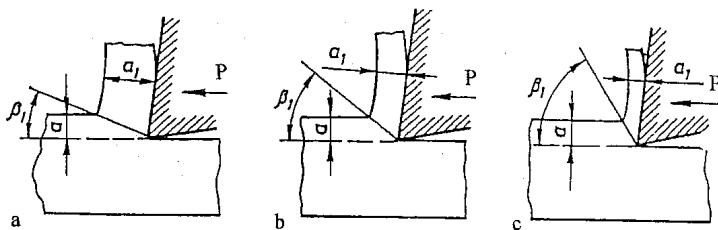
kur f_1 , a_1 un l_1 - attiecīgi skaidas šķērsriezuma laukums, biezums un garums; f , a un l - atbilstošie nogrieztās sloksnītes izmēri.

Vienīgi nogrieztās sloksnītes platums **b** ir vienāds ar skaidas platumu **b₁**. Griešanas procesā materiāla tilpums neizmainās, tāpēc

$$\frac{l}{l_1} = \frac{a_1}{a} = k,$$

kur **k** - skaidas sarukuma koeficients.

Parasti **a₁ > a**, **l₁ < l** un **k > 1**. Tas nozīmē, ka skaida salīdzinājumā ar nogrieztu sloksnīti ir īsāka, bet biezāka ar lielāku šķērsriezuma laukumu. Atsevišķos gadījumos var būt, ka **k = 1** vai pat **k < 1** (2.10.att.).



2.10. att. Bīdes leņķa ietekme uz skaidas sarukumu:

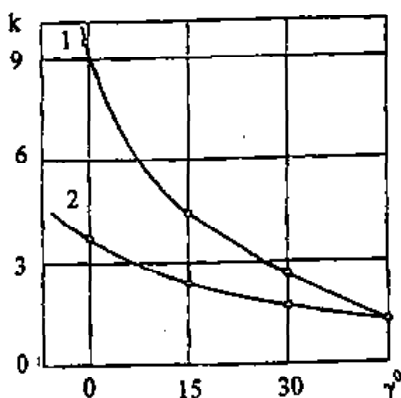
a - $k > 1$; b - $k = 1$; c - $k < 1$.

Skaidas sarukumu ietekmē bīdes leņķa **β₁** vērtības. Ja bīdes leņķis ir mazs, tad skaidas sarukums ir lielāks. Bīdes leņķa **β₁** vērtību nosaka apstrādājamā materiāla plastiskums un griešanas ātrums. Apstrādājot mazāk plastiskus materiālus ar lielākiem griešanas ātrumiem, bīdes leņķa **β₁** palielinās un skaidas sarukums samazinās. Piemēram, apstrādājot dažus maz plastiskus titāna sakausējumus ar lieliem griešanas ātrumiem, bīdes leņķa **β₁** vērtība ir 45° vai pat 50°, un skaidas sarukums vienāds ar nulli vai pat negatīvs. Mazs skaidas sarukums nav vēlamšs, jo pieaug skaidas noplūdes ātrums, kas var radīt traumas.

2.3.2. Apstrādes apstākļu ietekme uz skaidas sarukumu.

Apstrādē griežot, pieaugot apstrādājamā materiāla plastiskumam, palielinās plastiskās deformācijas izplatīšanās dziļums. Rezultātā samazinās bīdes leņķa **β₁** vērtības un skaidas sarukums palielinās. Apstrādājot mazoglekļa tēraudu, kas ir ievērojami plastiskāks par vidēja oglekļa saturs tēraudu, skaidas sarukums ir aptuveni 3 reizes lielāks nekā vidēja oglekļa satura tērauda apstrādē. Palielinot griezējinstrumenta skaidleņķa **γ** vērtību, skaidas sarukums samazinās. Ja skaidleņķis **γ = 45°**, tad sarukums nav vairs atkarīgs no materiāla plastiskuma (2.11.att.).

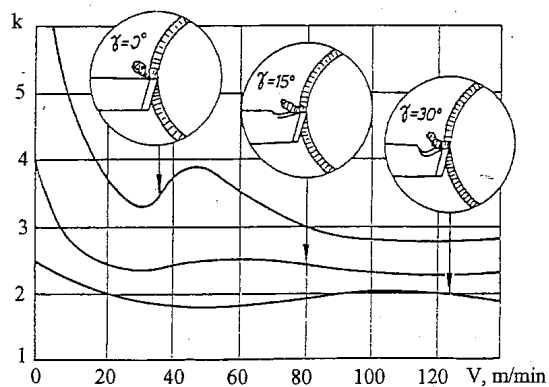
Griešanas ātruma ietekme uz skaidas sarukumu ir saistīta ar skaidleņķi γ . Ja skaidleņķa γ vērtības ir nelielas, griešanas ātruma ietekme uz sarukumu ir ievērojama. Darbā ar maziem griešanas ātrumiem, skaidas sarukums ir maksimālais. Palielinot griešanas ātrumu, samazinoties plastiskās deformācijas izplatīšanās dziļumam, palielinās bīdes leņķa β_1 vērtības un skaidas sarukums samazinās (2.12.att.). Kritiskā griešanas ātruma V_2 darbības zonā, intensīvi veidojoties uzķepumam, palielinās skaidleņķa γ faktiskā vērtība un ievērojami samazinās sarukums. Griešanas ātrumu diapazonā no kritiskā ātruma V_2 līdz kritiskajam V_3 , samazinoties uzķepuma augstumam un skaidleņķa faktiskajām vērtībām, skaidas sarukums palielinās.



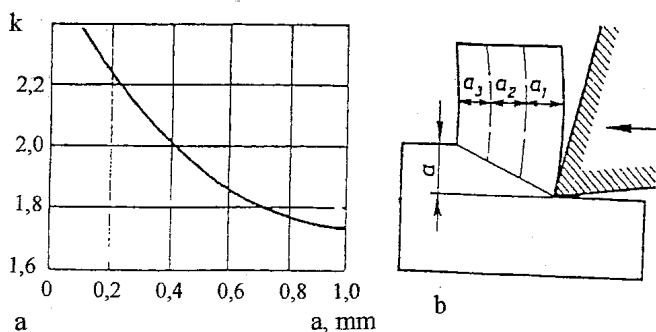
2.11. Skaidleņķa un sagataves materiāla ietekme uz sarukumu:
1 – mazoglekļa tērauds; 2 – vidēja oglekļa saturs tērauds.

Palielinot griezējinstrumenta skaidleņķa skaitliskās vērtības, griešanas ātruma ietekme uz skaidas sarukumu samazinās. Ja griezējinstrumenta skaidleņķis $\gamma = 45^\circ$, skaidas sarukums ir konstants un neatkarīgi no griešanas ātruma $k = 1,5$.

Palielinot nogriežamās sloksnītes biezumu, skaidas sarukums samazinās. Tam pamatā ir skaidas atsevišķo slāņu nevienādā plastiskās deformācijas pakāpe. Lielākai deformācijai ir pakļauts skaidas slānis, kas slīd tieši pa griezējinstrumenta skaidvirsmu (2.13.att.) un tā sarukums ir lielāks nekā blakus esošajiem slāņiem. Summāro sarukumu nosaka visu skaidas slāņu vidējā deformācija. Tā ir mazāka nekā slānim a_1 , bet lielāka nekā slānim a_3 . Biezākām nogriežamajām sloksnītēm samazinās slāņa a_1 deformācijas lieluma īpatsvars, kas samazina vidējo sarukuma vērtību.



2.12. att. Griešanas ātruma un skaidleņķa γ ietekme uz skaidas sarukumu.



2.13. att. Nogriežamās sloksnītes ietekme uz skaidas sarukumu: a - $k = f(a)$; b - skaidas sadalījums atkarībā deformācijas pakāpes.

2.4. UZKALDES PARĀDĪBAS APSTRĀDĒ GRIEŽOT

2.4.1. Uzkaldes rašanās cēloņi.

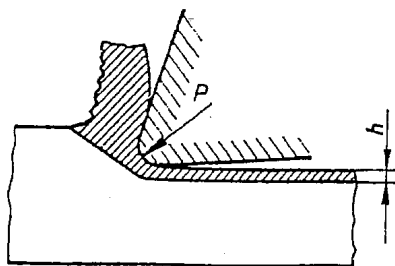
Plastiskā deformācijas ietekmē izmainās materiāla struktūra un mehāniskās īpašības. Materiāla stiprība un cietība palielinās, bet plastiskums samazinās. Šādu parādību sauc par uzkaldināšanos jeb uzkaldi. Uzkaldinoties pieaug materiāla pretestība tālākai apstrādei.

Uzkalde novērojama arī metālapstrādē griežot. Pirmkārt, plastiskai deformācijai tiek pakļauts sagatavei atdalāmais materiāla slānis.

Nogriežamās sloksnītes deformācijas pakāpe ir augsta un skaidas cietība, salīdzinot ar apstrādājamo materiālu, palielinās 1,5...2 reizes.

Otrkārt, plastikai deformācijai tiek pakļauta arī sagataves apstrādātā virsma. To deformē griezējinstrumenta griezējasmens (2.14.att.). Pie visrūpīgākās asināšanas saglabājas neliels griezējasmens noapaļojums. Tā rādiuss 0,01...0,03 mm. Nelielais noapaļojums ir pietiekams, lai radītu spiedienu uz apstrādāto virsmu un to uzkaldinātu.

Apstrādāto virsmu uzkaldināšanās intensitāti nosaka apstrādājamā materiāla īpašības. Apstrādē griežot alumīnija sagatavju virsmas cietība palielinās par 90...100 %, misiņa - par 60...70 %, mazoglekļa tērauda - par 40...50 %, bet vidēja oglekļa saturs tēraudam - par 20...30 %.



2.14. att. Plastikās deformācijas ietekme zona apstrādē griežot.

2.4.2. Apstrādes apstākļu ietekme uz virsmu uzkaldināšanos.

Apstrādāto virsmu uzkaldināšanās dziļumu nosaka apstrādes apstākļi. Rupjapstrādē, apvirpojot vidējas cietības tērauda sagataves, uzkaldinātā slāņa biezums sasniedz 0,4...0,5 mm, bet gludapstrādē tikai - 0,04...0,06 mm. Apstrādē ar notrulinātiem griezējinstrumentiem uzkalšanas dziļumu pieaug 2...3 reizes. Virsmu uzkaldināšanās novērojama ne tikai darbā ar asmeņu griezējinstrumentiem, bet arī abrazīvajā apstrādē. Slīpēšanā apstrādātās virsmas uzkaldinās 0,04...0,05 mm dziļumā, bet pulēšanā - 0,02...0,03 mm.

Uzkaldinātā slāņa dziļumu ietekmē arī apstrādājamā materiāla īpašības. Plastikā apstrādājami materiāli ar zemu cietību, apstrādes procesā uzkaldinās ievērojami vairāk. Dažu silīcija mangāna tēraudu (Mn saturs ap 13 %) cietība ir zema, bet apstrādes procesā tie uzkaldinās intensīvi, ka praktiski nav iespējama to apstrāde griežot.

Uzkaldinātā slāņa biezumu ietekmē arī griešanas ātrums un griezējinstrumenta ģeometriskie parametri. Palielinot griešanas ātrumu, uzkaldinātā slāņa dziļums samazinās. Lietojot griezējinstrumentus ar lielākām skaidleņķa γ vērtībām, samazinās ne tikai uzkaldinātā slāņa

dziļums, bet arī uzkalde pakāpe. Trausli materiāli (čuguni, bronzas u.c.) apstrādē vispār neuzkaldinās.

Virsmu uzkaldināšanās apgrūtina apstrādes procesu, bet tai ir pozitīva nozīme, jo palielinās apstrādāto virsmu cietība un nodilumizturība.

2.5. GRIEŠANAS PROCESA SILTUMS

2.5.1. Siltuma avoti apstrādē griežot.

Plastisko deformāciju pamatā ir apstrādājamā materiāla mikrodaļiņu slīde. Tai ir jāpārvar iekšējā berze. Pārvarot berzi rodas siltums. Metālapstrādē griežot deformācijas pakāpes ir augstas un izdalās lieli siltuma daudzumi. Mikrodaļiņu iekšējās berzes siltums ir galvenais siltuma avots, bet tas nav vienīgais.

Noplūstot skaidai, siltumu rada skaidas berze pa griezējinstrumenta skaidvirsmu. Siltumu rada arī griezējinstrumenta mugurvirsmas berze gar sagatavi.

Griešanas procesā summāro siltuma daudzumu Q nosaka triju siltumu summa:

$$Q = Q_d + Q_{sk} + Q_{mv},$$

kur Q_d - deformācijas siltums;

Q_{sk} - skaidas berzes siltums;

Q_{mv} - mugurvirsmas berzes siltums.

Atbilstoši enerģijas nezūdamības likumam metālapstrādē griežot visa mehāniskā enerģija pārvēršas siltumā. Siltuma daudzums, kas rodas griešanas procesā, ir ekvivalents patērētajam griešanas darbam. To laika vienībā aprēķina:

$$Q = \frac{P \cdot V}{T},$$

kur Q - izdalītais siltuma daudzums, J;

P - griešanas spēks, N;

V - griešanas ātrums, m/s;

T - apstrādes ilgums, s.

Apstrādē ar maziem griešanas ātrumiem, lielākais no trim siltuma avotiem ir deformācijas siltums. Palielinot griešanas ātrumu, plastiskās deformācijas pakāpe un deformētā slāņa dziļums samazinās. Samazinās arī deformācijas siltums, bet palielinās berzes uz griezējinstrumenta virsmām un izdalītais siltums. Darbā ar lieliem griešanas ātrumiem visos gadījumos kopējais siltuma daudzums Q palielinās, bet samazinās deformācijas siltuma īpatsvars.

2.5.2. Siltuma sadalījums apstrādē griežot.

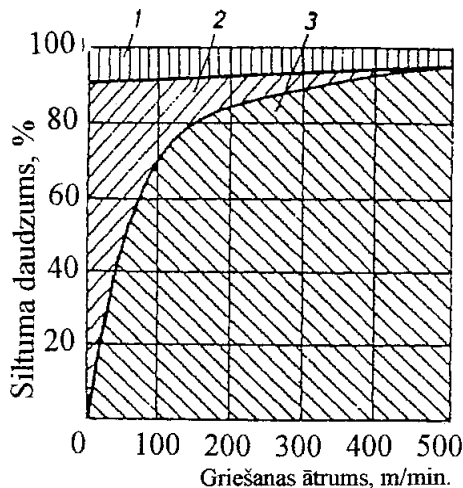
Siltums nekonzentrējas griešanas zonā, bet izplatās uz vietām ar zemāku temperatūru. Pieņemot, ka skaidas saņemtais siltuma daudzums ir Q_1 , sagataves - Q_2 , griezējinstrumenta - Q_3 un apkārtējās vides, - Q_4 , siltuma bilances vienādojums ir sekojošs:

$$Q_d + Q_{sk} + Q_{mv} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4.$$

Apkārtējā vide tieši siltumu saņem tikai gadījumos, kad notiek siltuma izstarošana. Apstrādē griežot izstarošana ir vāja un siltuma daudzums Q_4 ir mazs. To aprēķinos praktiski neievērtē.

Siltuma sadalījumu starp skaidu, sagatavi un griezējinstrumentu nosaka vairāki apstākļi. No tiem galvenais ir griešanas ātrums. Palielinot griešanas ātrumu, plastiskās deformācijas siltums nepaspēj no skaidas pārvietoties uz sagatavi un griezējinstrumentu, un Q_1 īpatsvars palielinās (2.15.att.). Vidēji apstrādes procesā izdalītais siltums sadalās:

$Q_1 = 45...80\%$, $Q_2 = 10...45\%$ un $Q_3 = 2...10\%$.



2.15. att. Griešanas ātruma ietekme uz siltuma sadalījumu, %:

- 1 - griezējinstrumenta saņemtā siltuma daudzuma īpatsvars;
- 2 - sagataves saņemtā siltuma daudzuma īpatsvars;
- 3 - skaidas saņemtā siltuma daudzuma īpatsvars.

Vislielāko siltuma daudzumu saņem skaida, jo griešanas procesā visvairāk deformējas nogriežamā sloksnīte.

Praktiska nozīme ir siltuma daudzumam, ko saņem griezējinstrumenti. Tas ietekmē griezējinstrumenta darbības. Palielinot griešanas ātrumus, Q_3 īpatsvars gan samazinās, bet absolūtais siltuma daudzums, ko saņem griezējinstrumenti, pieaug. Noteiktos apstākļos temperatūra griešanas zonā var pārsniegt griezējinstrumenta sarkankvēles izturību.

2.5.3. Griešanas zonas temperatūra.

Temperatūru griešanas zonas nosaka laika vienībā izdalītais siltuma daudzums un aizvadīšanas intensitāte. Pieaugot izdalītam siltuma daudzumam un pavājinoties aizvadīšanas intensitātei, griešanas zonas temperatūra paaugstinās.

Izdalītā siltuma daudzumu galvenokārt nosaka apstrādes režīms un apstrādājamā materiāla fizikālās īpašības. Palielinot griešanas ātrumu un nogriežamās sloksnītes izmērus, izdalītā siltuma daudzums palielinās un temperatūra griešanas zonā pieaug. Vislielākā ietekme uz siltuma rašanos ir griešanas ātrumam. Darbā ar lieliem griešanas ātrumiem, temperatūra griešanas zonā var pārsniegt 1000 °C. Palielinot nogriežamās sloksnītes izmērus, izdalītā siltuma daudzums palielinās, bet ievērojami mazāk nekā palielinot griešanas ātrumu. Vienlaikus palielinās skaidas un griezējinstrumenta saskares virsmas laukumu un uzlabojas siltuma aizvadīšana. Siltuma aizvadīšanu īpaši uzlabo sloksnītes platuma palielināšana.

Siltuma aizvadīšana ir atkarīga arī no griezējinstrumenta siltuma vadītspējas un tā gabarītiem. Ja instrumenta siltuma vadītspēja ir labāka, siltuma aizvadīšana paātrinās un griešanas zonas temperatūra samazinās. Liela šķēsgriezuma griezējinstrumenti siltumu aizvada intensīvāk un tie pārkarst lēnāk.

2.6. GRIEZĒJINSTRUMENTU NODILUMS

2.6.1. Griezējinstrumentu nodiluma fizikālie pamati.

Metālapstrādes procesā griezējinstrumenta asmeņi dilst un pakāpeniski zaudē griešanas spējas. Nepārtraukto darba laiku līdz griezējdaļas asmeņu nomaiņai (nepārsināmajiem instrumentiem), vai starp divām pārsināšanām (asināmajiem instrumentiem), sauc par griezējinstrumenta asumnoturības periodu. To mēra minūtēs. Griezējinstrumentu darba apstākļi ir smagi un tie dilst salīdzinoši strauji. Asumnoturības periods atkarībā no instrumenta tipa ilgst no 5 līdz 600 minūtēm. Darba spējas atjauno, griezējinstrumentus pārsinot, vai nomainot griezējdaļas.

Griezējinstrumentu straujo nodilumu veicina īpatnējie darba apstākļi.

* Griešanas procesā griezējinstrumentu darbvirsmas ir metāliski tīras virsmas. Augsto spiedienu un temperatūru ietekmē uz kontaktvirsmām darbojas lieli molekulārie spēki. Atsevišķās vietās tie pārsniedz griezējinstrumenta materiāla stiprību, un atsevišķas mikrodaļiņas tiek atrautas no darbvirsmām. Nodilumu, kura pamatā ir molekulāro spēku darbība, sauc par adhēzijas nodilumu.

* Vairāki apstrādājamie materiāli satur cietas mikrodaļiņas. Griešanas procesā uz griezējinstrumentu tās iedarbojas līdzīgi abrazīvajiem graudiem. Nodilumu, kuru izraisa abrazīvo daļiņu saķeršanās ar griezējinstrumenta darbvirsmām, sauc par abrazīvi mehānisko nodilumu. Piemēram, apstrādājot augsta oglekļa satura tērauda sagataves, kura struktūrā ietilpst cementīts (cietība HB 600...700), griezējinstrumentu nodiluma pamatā ir abrazīvi mehāniskais nodilums.

* Griešanas procesā griezējinstrumentu virsmas sakarst līdz 900...1000 °C temperatūrai. Šādās temperatūrās ir iespējama kontaktvirsmu šķīšana. Tas nozīmē, ka atomi no griezējinstrumenta darbvirsmas pārvietojas uz skaidu un sagatavi, ka arī no skaidas un sagataves uz griezējinstrumentu. Atomu savstarpējās apmaiņas rezultātā izmainās griezējinstrumenta virsmu ķīmiskais sastāvs un pavājinās fizikāli mehāniskās īpašības. Tas samazina pretestību abrazīvajam nodilumam. Nodilumu, kuru veicina atomu savstarpēja apmaiņa, sauc par difūzijas nodilumu.

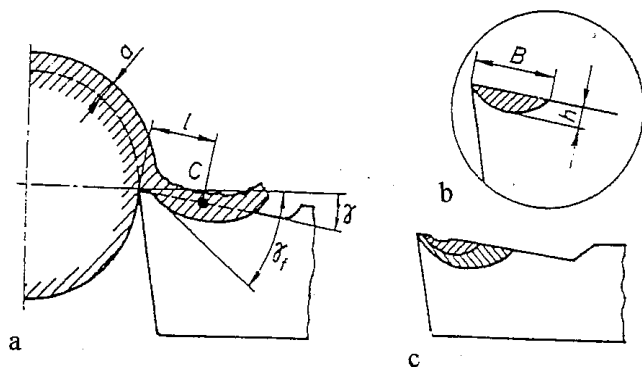
2.6.2. Griežu skaidvirsmas un mugurvirsmas nodiluma raksturs.

Griešanas procesā lielākais spiediens un augstākā temperatūra uz griežu skaidvirsmas novērojama punktā **C**, kas no griezējasmens atrodas attālumā **I** (2.16.att.a). Punkts **C** ir skaidas spiediena centrs. Palielinot nogriežamās sloksnītes biezumu un griešanas ātrumu, vai samazinot skaidleņķa γ vērtību, attālums **I** pieaug.

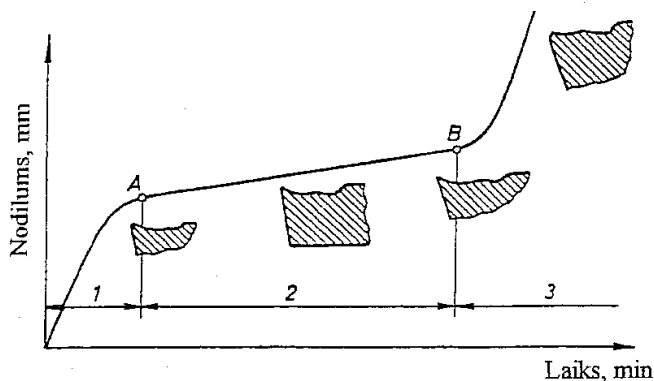
Skaidvirsmas nodilums sākas skaidas spiediena centrā. Apstrādi uzsākot, spiediena centrā rodas neliels padziļinājums. Nodiluma pakāpi raksturo padziļinājuma dziļums **h** un platums **B** (2.16.att.b). Darba procesā padziļinājums palielinās. Tā mala tuvojas griezējasmenim. Padziļinājuma paplašināšanās no sākotnējā centra griezējasmens virzienā norit lēnāk nekā pretējā virzienā (2.16.att.c). Padziļinājuma malai sasniedzot griezējasmeni, instruments zaudē darba spējas.

Periodiski izmērot padziļinājumu un iegūtās vērtības attēlojot grafikā, iegūst skaidvirsmas dilšanas intensitātes raksturlīkni (2.17.att.). Skaidvirsmā nedilst vienmērīgi. Iesākumā, kad ap skaidas spiediena centru izveidojas padziļinājums, nodilums ir straujāks un šo periodu sauc

par nodiluma sākotnējo periodu. No kopējā griezējinstrumentu darbalaika tas aizņem 5 %.



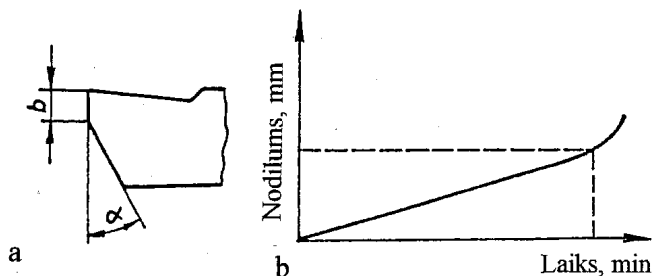
2.16. att. Skaidvirsmas nodiluma raksturs:
a - nodiluma shēma; b - nodiluma parametri; c - nodiluma norise.



2.17. att. Skaidvirsmas nodiluma intensitāte:
1 - sākotnējā nodiluma periods; 2 - normālā nodiluma periods;
3 - pastiprinātā nodiluma periods.

Sākotnējam nodiluma periodam seko normālā nodiluma periods, kad skaidvirsmā dilst salīdzinoši lēnāk un norit vienmērīgi. Perioda beigās padziļinājuma mala sasniedz griezējasmēni. Ja darbu ar griezējinstrumentu nepārtrauc, iestājas pastiprinātā nodiluma periods, kurā dilšana norit ļoti strauji. Īsā laika sprīdī griezējinstrumentu var

pilnīgi sabojāt. Darbu pārtrauc un griezējinstrumentu pārsina vai nomaina.



2.18. att. Mugurvirsmas nodilums:
a - nodiluma raksturs; b - nodiluma intensitāte.

Mugurvirsmas nodiluma raksturs atšķiras no skaidvirsmas nodiluma. Dilstot mugurvirsmā, pie griezējasmens veidojas neliels laukumiņš, kam mugurleņķis $\alpha = 0$. Nodiluma pakāpi raksturo laukuma platums **b** (2.18.att.a). Mugurvirsmas nodilumam nav paātrinātā sākotnējās dilšanas perioda. Darba gaitā nodilums visā periodā palielinās vienmērīgi. Sasniedzot noteiktu kritisku vērtību, nodilums strauji pieaug (2.18.att.b). Darbu ar griezējinstrumentu pārtrauc.

2.6.3. Apstrādes apstākļu ietekme uz griezējinstrumenta nodiluma veidu.

Nodiluma veidu un intensitāti nosaka vairāki apstākļi. To ietekmē griezējinstrumenta nodilumizturība, instrumenta tips, kā arī apstrādes režīms un apstrādājamā materiāla fizikāli mehāniskās īpašības.

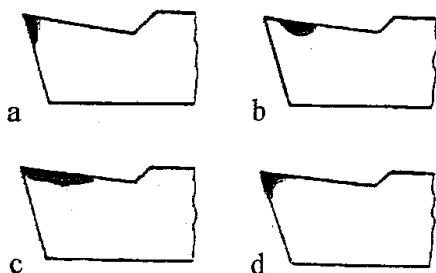
Griezējinstrumentu griezējdaļas izgatavo no materiāliem ar vairāk vai mazāk izteiktu nodilumizturību. Reāli nodiluma intensitāti ietekmē galvenokārt griešanas režīms un apstrādājamā materiāla fizikāli mehāniskās īpašības.

Vislielākā ietekme uz griezējinstrumentu nodilumu ir griešanas ātrumam. Palielinot griešanas ātrumu nodilums strauji pieaug. Palielinot nogrieztās sloksnītes izmērus, nodilums pieaug, bet lēnāk. Īpaši maza ietekme ir nogriežamās sloksnītes platumam. Griešanas parametru ietekme uz nodiluma intensitāti ir analoga to ietekmei uz siltuma rašanos griešanas procesā un tieši ar to saistīta.

Atkarībā no apstrādājamā materiāla īpašībām un griešanas režīma ir sastopami vairāki griezējinstrumenta nodiluma veidi. Apstrādājot trauslus materiālus, skaida sadrūp atdaloties un berzi uz skaidvirsmas nerada. Griezējinstrumentiem pastiprināti dilst tikai mugurvirsmas (2.19.att.).

Piemēram, apstrādājot čuguna sagataves, kas satur cementītu, griezējinstrumentiem dilst tikai mugurvirsmas. Nodilumam ir izteikts abrazīvi mehāniskā nodiluma raksturs. Mugurvirsmas nodilums novērojams arī stigru materiālu gludapstrādē, kad griešanas dziļums un padeves ir mazas un skaidas spiediens neliels. Praktiski visos gludapstrādes veidos griezējinstrumentiem dilst tikai mugurvirsmas.

Stigru materiālu (visu marku tēraudu) rupjapstrādē ar palielinātām padevēm, skaidas spiediens uz skaidvirsmas un berzes spēki ir ievērojami. Vienlaikus ar mugurvirsmu griezējinstrumentiem pastiprināti dilst skaidvirsmas. Ātrgriezējtērauda instrumentiem izveidojas izteikts padziļinājums, bet cietsakausējuma griezējinstrumentu skaidvirsmās padziļinājums neveidojas.



2.19. att. Virpošanas griežņu nodiluma veidi:
a - tikai pa mugurvirsmu; b - pa skaidvirsmu ar izteiktu padziļinājumu; c - pa skaidvirsmu bez padziļinājuma ; d - ar virsotnes noapaļošanu.

Apstrādājot īpaši sīkstus stigrus materiālus un rūdīta tērauda sagataves, griezējinstrumentiem vienlaikus ar skaidvirsmas un mugurvirsmas nodilumu veidojas izteikts virsotnes noapaļojums.

2.6.4. Griezējinstrumentu optimālais un pieļaujamais nodilums.

Pārasināmiem griezējinstrumentiem materiāla rezerves, ko pieļauj noslīpēt pārasinot, ir ierobežotas. Katrā no pārasināšanām noslīpē daļu no rezerves. Pieļaujot lielāku nodilumu, pārasināšanā nepieciešams noslīpēt lielāku materiāla daudzumu, kas samazina pārasināšanu skaitu.

Summārā asumnoturība un griezējinstrumentu patēriņš noteikta daudzuma sagatavju apstrādei ir atkarīgs no asumnoturības (darba laika starp divām pārasināšanām) un pārasināšanas skaita.

$$T_s = T n,$$

kur T_s - summārā asumnoturība, min;

T - asumnoturība, min;

n - pārasinājumu skaits.

Nepārasināmajām instrumentu griezējdaļām pārasināšanas skaitu n nosaka plāksnītes šķautņu skaits.

Griezējinstrumentu patēriņš samazināsies pie lielākas summārās asumnoturības. Nodilumu, kas nodrošina vismazāko griezējinstrumentu patēriņu (maksimālu summāro asumnoturību) sauc par optimālo nodilumu. Summārā griezējinstrumentu asumnoturība samazinās gan pie maza, gan arī pie liela nodiluma, jo nodiluma intensitāte nav vienāda visā asumnoturības periodā. Pieļaujot mazus nodilumus, palielinās sākotnējā nodiluma īpatsvars, bet pieļaujot lielus nodilumus, iestājas pastiprinātā nodiluma periods.

Griezējinstrumentu pārasināšanu vai asmeņu nomaiņu bieži nosaka blakus apstākļi: griešanas spēku pieaugums, apstrādātās virsmas kvalitātes pasliktināšanās, vai izmēru precizitātes zudums. Tādos gadījumos pārasināšanu vai asmeņu nomaiņu veic pie nodiluma, kas ir mazāks par optimālo. Šādu nodilumu sauc par pieļaujamo, un tā lielums ir tieši atkarīgs no darba apstākļiem.

Rupjapstrādē virsmas kvalitātei un izmēru precizitātei nav izšķirošā nozīme. Ja nerodas blakus apstākļi, tad pieļaujamais nodilums ir vienāds vai tuvs optimālajam. Gludapstrādē pieļauj nodilumus, kas nepazemina apstrādes kvalitāti.

Griezējinstrumenti nestrādā vienādos apstākļos. Tiem ir atšķirīgi tehnoloģiskie uzdevumi un pieļaujamās nodiluma vērtības. Tērauda sagatavju rupjvirpošanas griežņiem mugurvirsmas nodilumu pieļaujams līdz 2 mm, čuguna apstrādē - 4...5 mm, spirālurbjiem - 1...1,2 mm, rīrburbjiem - 0,6...0,8 mm, cilindriskajām frēzēm - 1,5...2 mm, caurvelcēm - 0,2...0,3 mm utt. Pieļaujamā nodiluma vērtības dotas rokasgrāmatās

Pieļaujamo nodilumu apstrādē nosaka pēc īpašām pazīmēm. Apstrādājot tērauda sagataves mainās apstrādātās virsmas kvalitāte un uz apstrādātās virsmas parādās spoža josla. Apstrādājot čuguna sagataves, apstrādātajai virsmai pieķep nelielas tumšas skaidiņas. Urbšanā pieaug pretestība padevei, urbis čīkst un krakšķ. Frēzēšanā pastiprinās vibrācijas. Visos apstrādes veidos, sasniedzot griezējinstrumentam pieļaujamo nodilumu mainās skaidas noplūdes raksturs un krāsa. Sekojot griešanas procesā izmaiņām, nosaka, kad griezējinstrumenti ir jāpārasina, vai jānomaina.

2.7. GRIEZĒJINSTRUMENTU DZESĒŠANA METĀLAPSTRĀDĒ

2.7.1. Šķidrumu eļļojošā un dzesējošā iedarbība.

Augstā griešanas zonas temperatūra un lielle berzes spēki paātrina griezējinstrumentu nodilumu, samazina asumnoturību un pazemina apstrādātās virsmas kvalitāti. Griešanas apstākļus uzlabo, lietojot apstrādē īpašus šķidrumus ar divējādu - eļļojošu un dzesējošu darbību.

Šķidruma molekulas nosēžoties uz griezējinstrumenta darbvirsām, veido plānas eļļas plēvītes. Tās samazina berzi, novērš apstrādājamā materiāla un skaidas saķeršanos ar griezējinstrumenta darbvirsām. Eļļas daļiņas iespiežas arī plastiskās deformācijas zonas mikroplaisās, samazina iekšējās berzes un veicina slīdēšanas procesu gaudos. Lietojot par dzesējošo šķidrumu kalcinētās sodas šķīdumu ūdenī (šķidrums ar vāju eļļojošu darbību), griešanas spēki samazinās par 3 %, lietojot emulsijas - par 10 %, lietojot minerāleļļas - par 15 %, bet lietojot augu eļļas - par 25 %.

Šķidruma eļļojošās darbības ietekme ir jūtama pie maziem griešanas ātrumiem un padevēm. Apstrādē ar lieliem griešanas ātrumiem šķidruma daļiņas nespēj iespieties intensīvās berzes zonā un mikroplaisās, šķidrumu eļļojošās darbības efektivitātē samazinās.

Saskaroties ar skaidu, sagatavi un griezējinstrumentu, šķidrums uzņem siltumu un izvada to no griešanas zonas. Griezējinstrumenta temperatūra pazeminās un asumnoturība pieaug. Šķidrums daļēji iztvaiko. Iztvaikošanai ir nepieciešams liels siltuma daudzums.

Šķidruma dzesēšanas spējas nosaka siltumietilpība, siltumvadītspēja un iztvaikošanas siltums. Ja tās ir augstākas, šķidrums ir piemērotāks metālapstrādē. Šķidruma eļļojošā darbība ir jūtama darbā ar maziem griešanas ātrumiem un nogriežamās sloksnītes izmēriem, bet dzesējošā darbība ir efektīva darbā ar vidējiem un lieliem griešanas ātrumiem un nogriežamās sloksnītes izmēriem.

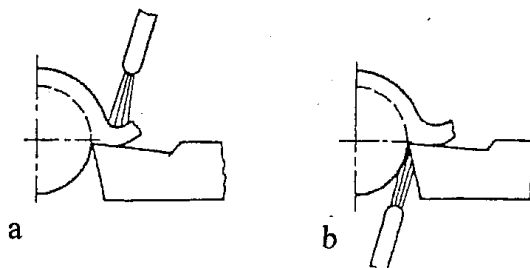
2.7.2. Griezējinstrumentu dzesēšanas paņēmieni.

Dzesēšanas efektivitāti nenosaka tikai šķidruma sastāvs. To ietekmē pievadīšanas paņēmiens.

Vienkāršākā un izplatītākā ir dzesēšana ar brīvi krītošu šķidruma strūklu (2.20.att. a). Šķidrumu, kura temperatūra 18...20 °C, padod sūknis ar ražību līdz 30 l/min. Šķidrums, saskaroties ar skaidu, griezējinstrumentu un sagatavi, uzņem siltumu un izvada to no griešanas zonas. Tā kā šķidruma plūsmas ātrums ir mazs (0,2...1,5 m/s), dzesēšanas efektivitāte ir salīdzinoši zema. Apstrādē ar vidējiem griešanas ātrumiem, griešanas zonas temperatūra pazeminās par 50...100 °C, bet griezējinstrumentu asumnoturība pieaug 2...4 reizes. Palielinot griešanas

ātrumus virs vidējiem, paņēmiena efektivitāte samazinās un darbā ar cietsakausējuma griezējinstrumentiem paņēmienu nelieto.

Efektīvāka par brīvi krītošu šķidruma strūklu ir dzesēšana ar izsmidzinātu šķidrumu. Šķidrumu izsmidzina ar saspiestu gaisu. Virzoties ar lielu ātrumu (līdz 300 m/s), gaisa un šķidruma daļiņas iespiežas plastiskās deformācijas zonas vissīkākajās mikroplaisās un porās. Izlvaikojot šķidruma daļiņas veicina slīdi graudos un skaidas elementu atdalīšanos.



2.20. att. Griezējinstrumentu dzesēšanas paņēmieni:
a - ar brīvi krītoša šķidruma strūklu; b - no griezējinstrumenta mugurvirsma puses.

Šķidruma strūklu griešanas zonā ievada no griezējinstrumenta mugurvirsma puses (2.20.att.b). Saskaroties ar karsto skaidu, griezējinstrumentu un sagatavi, šķidrums izlvaiko un uzņem lielu siltuma daudzumu. Paņēmiena īpatnība ir mazais dzesētājšķidruma patēriņš (300...1000 g/h). Griezējinstrumentu asumnoturība palielinās 2...3 reizes salīdzinot ar dzesēšanu ar brīvi krītoša šķidruma strūklu.

Visefektīvākā ir dzesēšana ar tievu augstspiediena šķidruma strūklu. Strūklu ar 2...3 MPa spiedienu precīzi ievada griešanas zonā no griezējinstrumenta mugurvirsma puses. Pārvietojoties ar lielu ātrumu, šķidrums iespiežas visintensīvākās berzes vietās. Griezējinstrumentu asumnoturība palielinās 3...7 reizes salīdzinot ar brīvi krītošas šķidruma strūklas dzesēšanu. Paņēmiens nav piemērots darbam ar daudzsmēņu griezējinstrumentiem, jo ir nepieciešama ļoti precīza strūklas ievadīšana griešanas zonā.

Rūpnieciskās ražošanas apstākļiem ir izstrādāti un tiek ieviesti dzesēšanas paņēmieni ar zemas temperatūras dzesētājiem (šķidru ogļskābi un ogļskābo gāzi), saspiestu gaisu u.c. Jaunākās metālapstrādes mašīnas (apstrādes centri) ir apgādātas ar vairāku augsta spiediena strūklu (8...12) pievadiem, kas dzesēšanas intensitāti ievērojami uzlabo. Pēdējos gados izplatās dzesēšanas paņēmiens, kad šķidrumu griešanas zonā pievada pa kanāliem griezējinstrumenta korpusā.

2.7.3. Elļotājdzesētājšķidrumu izvēle.

Metālapstrādē elļotājdzesētājšķidrumus lieto plaši. Izņēmums ir čuguna apstrāde, kā arī tērauda sagatavju virpošana un ēvelēšana ar lielgabariņa darbmašīnām. Šķidruma sastāvu nosaka apstrādes veids, sagatavju materiāls un griešanas režīms. Apstrādē ar asmeņu griezējinstrumentiem visbiežāk lieto emulsijas. To izgatavo no emulsola izšķīdinot ūdenī. Emulsols sastāv no minerāleļļas, saimniecības ziepēm, spirta un ūdens. Emulsijai pievieno kalcinēto sodu vai potašu, lai padarītu to mazāk toksisku. Ilgstoši uzglabājot emulsiju, tā zaudē iztvaikošanas spējas. Tā derīga lietošanai dažas nedēļas.

Rupjapstrādē ar asmeņu griezējinstrumentiem parasti lieto emulsiju, kas satur 6...7 % emulsola šķīduma ūdenī. Rupjslīpēšanā izmanto kalcinētās sodas šķīdumu ūdenī, bet gludslīpēšanā - vājas koncentrācijas emulsiju (3...4 % šķīdumu). Gludvirpošanā gludfrēzēšanā, caurvilkšanā, zobratu un vītņu frēzēšanā lieto sulfofrezolu - minerāleļļas, kas bagātinātas ar sēra savienojumiem.

2.8. VIBRĀCIJAS APSTRĀDĒ GRIEŽOT

2.8.1. Svārstību cēloņi un veidi.

Metālapstrādē noteiktos apstākļos rodas tehnoloģiskās sistēmas - darbmašīna, ierīce, sagatave un griezējinstrumentu vibrācijas. Tās kaitīgi ietekmē apstrādes procesu. Pasliktinās ne tikai apstrādātās virsmas kvalitāti, bet palielinās griezējinstrumentu, ierīču un darbmašīnu mezglu nodilums. Vibrācijas iedalās uzspiestajās un pašierosmes svārstībās.

Uzspiesto svārstību pamatā ir ārēji faktori. To cēlonis atrodas ārpus griešanas zonas. Uzspiestās svārstības rada nelīdzsvaroti darbmašīnas elementi (skriemeļi, zobрати, vārpstas) un nelīdzsvaroti rotējoši griezējinstrumenti (griežņu galvas, frēzes, slīpripas u.c.). Piespiedu svārstības izraisa arī blakus trieciena slodzēs strādājoši mehānismi un mašīnas, kā, piemēram, kalšanas veseri, kompresori, ēvelmašīnas u.c.

Ievērojami kaitīgākas un grūtāk novēršamas ir pašierosmes svārstības. Tās rodas noslēgtā kontūrā pašā apstrādes procesā no griešanas spēku svārstībām. Griešanas spēki izsauc mašīnas izpildelementu elastīgās deformācijas.

Mainoties griešanas dziļumam vai momentānam ātrumam, atgriezeniski izraisās griešanas spēku izmaiņas. Vibrāciju pašierosināšanās gadījumos svārstību amplitūda palielinās ļoti strauji. Tā pieaug līdz noteiktam līmenim, kad kaut kādi ārēji apstākļi ierobežo tās tālāku palielināšanos. Zināmos apstākļos novērojama izteikti spēcīgu, nerimstošu pašsvārstību (autosvārstību) stabilizācija.

Metālgriešanas procesā par pašerosmes svārstību cēloni var būt arī iepriekšējo vibrāciju atgriezeniskā pēc darbība. Ja pirmapstrādē ir izveidojusies viļņaina virsma, veicot nākamo pārgājienu (ņemot nākamo materiāla slāni) sagataves virsmā ierakstītais vilnis nonākot apstrādes zonā liek griešanas spēkiem ar nelielu nobīdi atkal svārstīties. Izveidojas jauni viļņi, bet, salīdzinot ar iepriekšējo, jau ar lielāku amplitūdu. Ar katru jaunu pārgājienu svārstību amplitūda pieaug.

2.8.2. Vibrāciju novēršanas pasākumi.

Piespiedu svārstības novērš, likvidējot to ierosinātājus, līdzsvarojošot darbmašīnu skriemeļus, zobratus, vārpstas, pastiprinot pamatus, Īpašu vērību ir nepieciešams veltīt triecienslodzēs strādājošo darba mašīnu un mehānismu pamatu nostiprināšanai un ietekmes uz blakus strādājošo mašīnu norobežošanai.

Apgrūtināta ir pašsvārstību novēršana. To rašanās un intensitāte ir atkarīga no apstrādājamā materiāla īpašībām, griešanas režīma un griezējinstrumenta ģeometriskajiem parametriem, kā arī no darbmašīnas mezglu tehniskā stāvokļa. Vibrācijas pastiprinās, pieaugot materiāla plastiskumam, bet samazinās, palielinoties cietībai un stiprībai. Palielinot griešanas ātrumu līdz 20...30 m/min, vibrācijas pastiprinās, bet, pārsniedzot šo ātrumu, samazinās. Palielinot nogriežamās sloksnītes platumu, vibrācijas pastiprinās, bet, palielinot tās biezumu, - samazinās. Palielinātas galvenā iestādīšanas leņķa ϕ vērtības vibrācijas samazina, bet palielināts griezējinstrumenta virsotnes noapaļojums - palielina.

Vibrāciju samazināšanai, paaugstina tehnoloģiskās sistēmas stingumu. To nodrošina pareiza darbmašīnas izmantošana, savlaicīgi veiktas tehniskās apkopes un remonts. Vibrāciju samazināšanai dažkārt lieto īpašas ierīces - vibrāciju slāpētājus. To konstruktīvos risinājumus nosaka apstrādes veids un sagataves parametri.

2.9. APSTRĀDĀTĀS VIRSMAS KVALITĀTE UN TĀS KRITĒRIJI

2.9.1. Teorētiskais un faktiskais apstrādātās virsmas profils.

Apstrādātā virsma nav ideāla. Jebkurā apstrādē griezējinstrumenta aiz sevis atstāj izciļņus un ieplakas (mikro nelīdzenumus). Atsevišķos gadījumos var noteikt apstrādātās virsmas teorētisko profilu un aprēķināt nelīdzenumu vidējo augstumu. Teorētiskais virsmas profils ir atkarīgs no griezējinstrumenta ģeometriskiem parametriem un padeves (2.21.att. a).

Piemēram, virpošanā ar smailu griezni mikro nelīdzenumu vidējo augstumu ir iespējams aprēķināt, izmantojot sakarību:

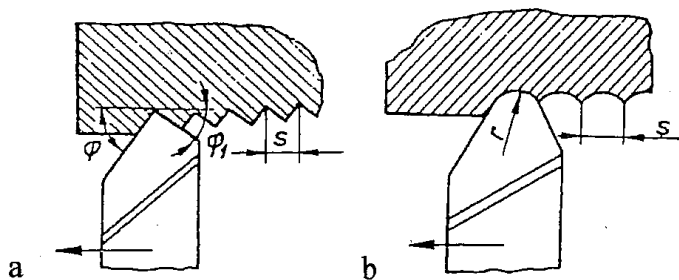
$$h_t = \frac{s \cdot \sin \varphi \cdot \sin \varphi_1}{\sin(\varphi + \varphi_1)},$$

kur h_t – mikro nelīdzenumu teorētiskais augstums, mm;

s - griezējinstrumenta padeve, mm;

φ - galvenais iestatīšanas leņķis, grādos;

φ_1 – palīgiestatīšanas leņķis, grādos.



2.21. att. Apstrādātās virsmas teorētiskais profils:

a - virpošanā ar smailu griezni; b - virpošanā ar noapaļotu griežņa virsotni.

Gludvirpošanā, izmantojot griežņus ar noapaļotu virsotni (2.21.att.b), mikro nelīdzenumu vidējo augstumu var aprēķināt:

$$h_t = \frac{s^2}{8 \cdot r},$$

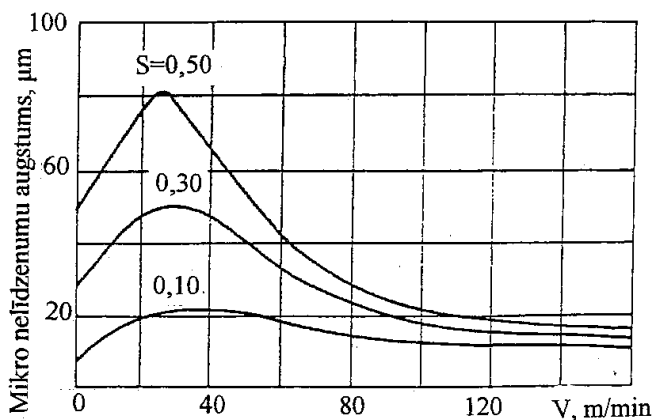
kur r - griežņa virsotnes noapaļojuma rādiuss, mm.

Virsmas faktisko profilu (raupjumu) ietekmē griešanas režīms, griezējinstrumenta nodilums, virsmu berze, vibrācijas, apstrādātās virsmas plastiskās deformācijas, sagataves fizikāli mehāniskās īpašības utt.

Apstrādātās virsmas faktiskais profils (virsmas raupjums) tikai retos gadījumos atbilst teorētiskajam. Dažkārt teorētiskā un faktiskā mikro nelīdzenumu augstumu vidējās vērtības var atšķirties 15...20 kārtīgi.

2.9.2. Apstrādes apstākļu ietekme uz apstrādātās virsmas kvalitāti.

No apstrādes apstākļiem vislielākā ietekme uz virsmas kvalitāti ir griešanas ātrumam. Palielinot griešanas ātrumu samazinās plastiskās deformācijas pakāpe un apstrādāto virsmu kvalitāte uzlabojas. Izņēmums ir griešanas ātrumu diapazons, kad veidojas uzķepums. Pie griešanas ātrumiem, kas mazāki par kritisko V_1 , kad uzķepums neveidojas, virsmas mikro nelīdzenumu augstums būtiski neatšķiras no teorētiskā un palielinās tieši proporcionāli padevei. Griešanas ātrumu diapazonā starp kritiskajiem V_1 un V_2 , kad intensīvi veidojas uzķepums un palielinās tā augstums, apstrādātās virsmas mikro nelīdzenumu augstums palielinās. Kritisko ātrumu diapazonā starp V_2 un V_3 , kad uzķepuma veidošanās intensitāte samazinās, samazinās arī virsmas mikro nelīdzenumu augstums. Palielinot griešanas ātrumu virs kritiskā V_3 , ne tikai samazinās plastiskās deformācijas pakāpe, bet arī padeves ietekme uz virsmas raupjumu. Virsmas mikro nelīdzenumu augstumu praktiski neietekmē padeves lielums.

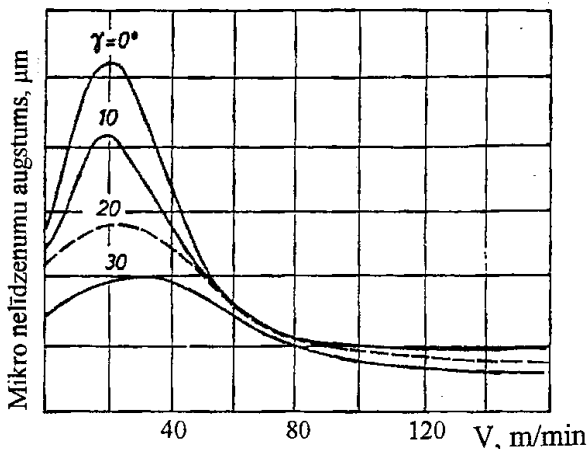


2.22. att. Griešanas ātruma un padeves ietekme uz virsmas raupjumu.

Teorētisko un faktisko virsmas profilu ietekmē arī griezējinstrumenta ģeometriskie parametri. Palielinot virsotnes noapaļojumu, vai samazinot palīģiestatīšanas leņķi ϕ_1 , virsmas mikro nelīdzenumu augstums samazinās.

Virsmas mikro nelīdzenumu augstumu ietekmē arī skaidleņķis γ , bet tā ietekme saistīta ar uzķepumu. Griešanas ātrumu diapazonā, kad intensīvi veidojas uzķepums, skaidleņķa ietekme ir ievērojama (2.23.att.). Lai nodrošinātu apstrādē virsmām mazāku raupjumu, palielina skaidleņķa

γ vērtības. Darbā ar lieliem griešanas ātrumiem (virs kritiskā V_3) skaidrleņķa γ ietekme samazinās un tās var samazināties vai pat izvēlēties negatīvas.



2.23. att. Griešanas ātruma un skaidrleņķa ietekme uz virsmas raupjumu.

Virsmas kvalitāti nosaka arī apstrādājamā materiāla fizikāli mehāniskās īpašības. Plastiski materiāli apstrādes procesā deformējas vairāk un intensīvāk veidojas uzķepums, tādēļ apstrādāto virsmu kvalitāte pazeminās. Piemēram, gludapstrādei vājāk padodas mazoglekļa tērauds nekā tērauds ar vidēju oglekļa saturu. Augstāku virsmas kvalitāti var iegūt smalkgraudainu perlīta struktūras tēraudu apstrādē. Sīkstu stīgu materiālu apstrāde nodrošina mazāku apstrādāto virsmu raupjumu nekā trauslu materiālu apstrāde. Tērauda sagatavju apstrādē var sasniegt augstāku apstrādāto virsmu kvalitāti nekā apstrādājot čugunu, īpaši, ja čuguna sagatavēm ir rupjgraudaina struktūra ar lieliem grafiņa ieslēgumiem.

Virsmu kvalitāti uzlabo, apstrādē lietojot kvalitatīvus eļļojošos dzesējošos šķidrumus.

2.9.3. Apstrādāto virsmu ģeometriskais un fizikālais raksturojums.

Detaļu kvalitāti nosaka apstrādāto virsmu virsējā slāņa ģeometriskais un fizikālais raksturs. Ģeometriskie parametri dod priekšstatu par apstrādes kļūdām. Pie tām pieder virsmu makro ģeometriskās un mikro ģeometriskās novirzes, un viļņainība. Makro ģeometriskās novirzes pamatā

ir apstrādāto virsmu formas kropļojumi: cilindrisko virsmu koniskums, ovālums, mucveidīgums vai plakano virsmu novirzes no plakanparalelitātes.

Virsmas mikro ģeometriju jeb raupjumu veido atkārtujošos nelīdzenumu kopums ar relatīvi mazu soli. Mikro nelīdzenumus nosaka noteikta virsmas garuma (bāzes) robežās. Viļņainība ir periodiska mazāku vai lielāku virsmas izciļņu un ieplaku atkārtotāšanās attālumos, kas pārsniedz bāzes garumu. Tā ieņem starp stāvokli starp virsmas makro ģeometriskām un mikro ģeometriskām novirzēm. Atkarībā no viļņa soļa un augstuma viļņainību pieskaita pie mikro ģeometriskām vai makro ģeometriskām novirzēm.

Apstrādāto virsmu fizikāli mehāniskās īpašības un struktūra atšķiras no materiāla dziļākajiem slāņiem. Atšķirības rada paaugstināto temperatūru, ievērojamu berzes un griešanas spēku iedarbība. Paaugstināto temperatūru ietekmē apstrādātās virsmas dažkārt atglojas un oksidējas, bet griešanas spēki tās deformē un uzkalšina. Uz apstrādātajām virsmām no apkārtējās vides absorbējas gāzes, veidojot skābekļa un slāpekļa ķīmiskus savienojumus. To biezums sasniedz 0,02...0,03 mm.

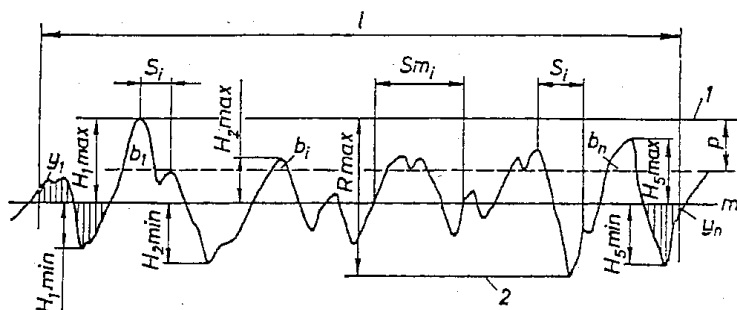
2.9.4. Virsmu raupjuma parametri.

Mašīnu un iekārtu darbības ietekmē detaļu kvalitāte. Palielināts virsmu mikro nelīdzenumu augstums pazemina to nodilumizturību, noguruma un korozijas izturību. Palielināts raupjums samazina faktisko kontakta virsmu laukumu salāojumos, palielina īpatnējos spiedienus darba virsmās un paātrina berzes pāru nodilumu. Samazināts virsmu mikro nelīdzenumu augstums palielina apstrādes darbietilpību un sadārdzina apstrādes izmaksas.

Mašīnu elementu (detaļu) virsmām pieļaujamo virsmas raupjumu nosaka konstruktors vadoties pēc izmantošanas apstākļiem un uzdod to rasējumos.

Pastāv vairāki virsmu raupjumu raksturojošie kritēriji (2.24.att.):

- * **Ra** - profila vidējā aritmētiskā novirze;
- * **Rz** - profila 10 nelīdzenumu vidējais augstums;
- * **R max** - profila nelīdzenumu maksimālais augstums;
- * **Sm** - nelīdzenumu vidējais solis uz profila viduslīnijas;
- * **S** - Nelīdzenuma virsotņu vidējais solis;
- * **tp** - profila relatīvais atbalsta garums pa profila šķēluma līmeni **p**;
- * **p** - profila šķēluma līmenis (attālums no virsotņu līnijas).



2.24. att. Virsmas raupjuma parametri:
1 - virsotņu līnija; 2 - ieplaku līnija; m - profila
viduslīnija; l - bāzes garums.

Mašīnu elementu (detāļu) darbaspējas nenosaka tikai viens atsevišķs lielums **Ra** vai **Rz**. Tās atkarīgas no vairākiem parametriem vienlaikus. Prasības virsmas raupjumam izvirza, vadoties no raupjuma parametru ietekmes uz detaļu funkcionālajiem rādītājiem.

2.1. tabula

Virsmu raupjuma parametri

Virsmas negluduma klase	Apzīmējumi	Ra vērtību novirzes	Bāzes garums l, mm
1.	Ra50	50 63 80	8,0
2.	Ra25	25 32 40	8,0
3.	Ra12,5	12,5 16 20	8,0
4.	Ra6,3	6,3 8,0 10,0	2,5
5.	Ra3,2	3,2 4,0 5,0	2,5
6.	Ra1,6	1,6 2,0 2,5	0,8
7.	Ra0,8	0,80 1,00 1,25	0,8
8.	Ra0,4	0,40 0,50 0,63	0,8
9.	Ra0,2	0,20 0,25 0,32	0,25
10.	Ra0,1	0,100 0,125 0,160	0,25
11.	Ra0,05	0,050 0,063 0,080	0,25
12.	Ra0,025	0,025 0,032 0,040	0,25
13.	Ra0,012	0,012 0,016 0,020	0,08
14.	Ra0,008	0,008 0,010	0,08

Nodilumizturība ir atkarīga no parametriem **Ra (Rz)**, **tp** un nelīdzenumu virziena, kontakta stingums - no **Ra** un **tp**, nekustīgo salāgojumu stabilitāte - no **Ra**, konstrukciju stiprība cikliskajās slodzēs - no **R max**, **Sm**, **S** un nelīdzenumu virziena, salāgojumu hermētiskums - no **Ra**, **R max** un **tp**.

Uzdotot virsmu raupjuma parametrus, konstruktors ievērtē arī nepieciešamās precizitātes reālās kontroles iespējas.

Raupjuma parametrus ir iespējams noteikt ar atbilstošiem mērinstrumentiem tieši vai izmantojot profilogrammas. Vizuāli virsmas raupjumu novērtē ar salīdzināšanas metodi, izmantojot īpašas etalonvirsmas, kas iegūtas ar to pašu apstrādes veidu.

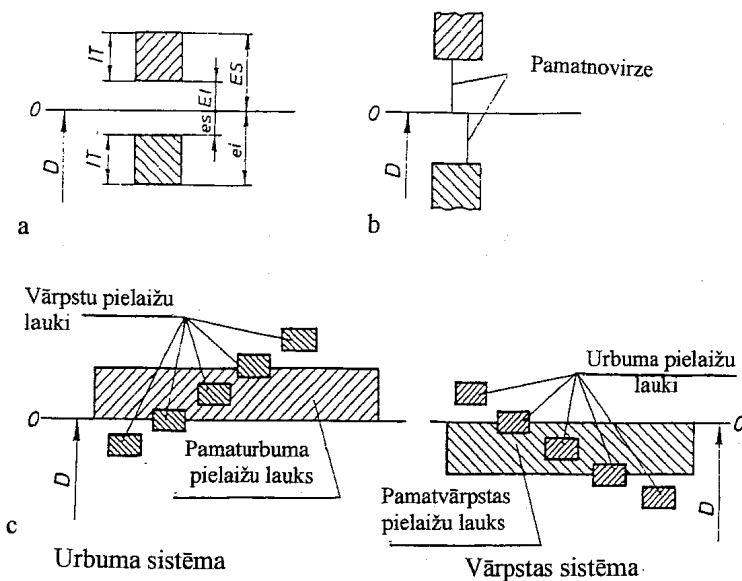
Prasības virsmas raupjumam uzstāda, uzdotot parametru skaitliskās vērtības un bāzes garumu, kurā parametrus nosaka. Viena no parametriem **Ra** skaitliskās vērtības dotas 2.1.tabulā.

2.9.5. Apstrādes precizitātes parametri.

Mašīnu un iekārtu darbības ietekmē ne tikai mašīnu elementu (detalju) virsmu raupjums, bet arī izmēru precizitāte. To izgatavošanas precizitāti tehnoloģiskajos dokumentos uzrāda ar pielaidēm, bet salāgojumu raksturu - ar sēžām.

Pielaižu lauka novietojumu un apzīmējumus reglamentē ISO standarts (2.25.att.). Pielaižu lauka novietojumu pret nulles līniju nosaka pamatnovirze. Tā ir novirze, kas atrodas tuvāk nulles līnijai. Urbumu pamatnovirze sakrīt ar apakšējo novirzi (**EI**), bet vārpstām - ar augšējo novirzi (**es**). Standarts paredz 28 tipu urbumu un vārpstu pamatnovirzes. Katru pamatnovirzi apzīmē ar latīņu burtiem - urbumiem ar lielajiem, bet vārpstām ar mazajiem burtiem. Ja pamatnovirzes skaitliskās vērtības ir lielākas, tad salāgojumos veidojas lielākas spēles, un otrādi. Ja urbumu (vārpstu) pamatnovirzes ir vienādas ar nulli, tad tādu urbumus (vārpstas) pieņem par pamaturbumu (vārpstu) un apzīmē ar burtu **H (h)** (urbumu apzīmē ar lielo H, vārpstu - ar mazo h).

Izmēri, kas atrodas robežās no 0 līdz 500 mm, sadalīti 13 intervālos. Pielaižu lielumu nosaka izmēra intervāls un precizitātes kvalitāte. ISO standarts paredz pavisam 19 precizitātes kvalitātes. Katrai tai piešķirts kārtas skaitlis: IT01, IT0, IT1, IT2, ..., IT17. Pieaugot kvalitātes kārtas skaitlim, palielinās arī pielaižu lielumi. Kalibru un lineāro izmēru mērīšanas līdzekļu pielaižu izvēlas pēc IT01, ..., IT4, mašīnu elementu (detalju) salāgojumu pielaižu - pēc IT5, ..., IT13, bet to brīvo izmēru un mazāk atbildīgo salāgojumu pielaižu - pēc IT14, ..., IT17.



2.25. att. Pielaižu un sēžu sistēmas:

a - izmēru novirzes un to apzīmējumi; b - pielaižu lauka novietojums; c - sēžu veidošanās urbuma un vārpstas sistēmās; ES - urbuma augšējā novirze; EI - urbuma apakšējā novirze; es - vārpstas augšējā novirze; ei - vārpstas apakšējā novirze; IT - pielaižu lauks (pielaide).

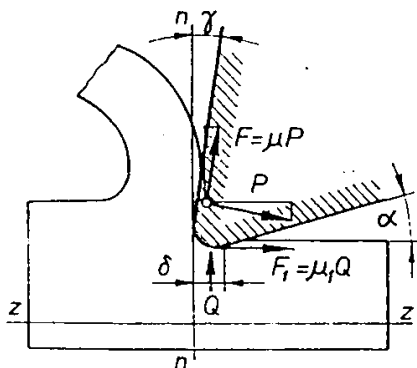
Darba rasējumos detaļu lineāro izmēru robežnovirzes (pielaides) uzrāda ar vienu no trim paņēmieniem: ar pielaižu lauka nosacīto apzīmējumu (piemēram, 25H8; 18e9), ar robežnoviržu skaitliskajām vērtībām (piemēram, $25^{+0,02}$; $16_{-0,02}$) vai arī ar pielaižu lauka nosacīto apzīmējumu un robežnoviržu skaitliskajām vērtībām ($25H7^{(+0,02)}$).

3. nodaļa. MATERIĀLU PRETESTĪBA APSTRĀDEI UN PIEĻAUJAMĀIS GRIEŠANAS ĀTRUMS

3.1. GRIEŠANAS SPĒKI UN TO NOTEIKŠANA

3.1.1. Fizikālo griešanas spēku darbība.

Apstrādes griežot procesā uz griezējinstrumenta skaidvirsmu darbojas nogriežamās sloksnītes deformēšanas spēks P un skaidas berzes spēks F (3.1.att.). Uz mugurvirsmu darbojas griešanas virsmas spiediena spēks Q un berzes spēks F_1 . Spēki Q un F_1 rodas no griešanas virsmas elastīgajām un plastiskajām deformācijām. To eksistenci pierāda griezējinstrumentu mugurvirsmu dilšana.



3.1. att. Fizikālo spēku darbības shēma.

Visu četru spēku darbību reducē uz diviem kopspēkiem. Viens no tiem ir vērsts kustības vektora virzienā (ass z), bet otrs - perpendikulāri kustības virzienam (ass n). Spēku projekcijas uz z asi dod griešanas spēku P_z , bet projekcijas uz n ass - normālspēku P_n :

$$P_z = P \cos \gamma + F \sin \gamma + F_1$$

$$P_n = F \cos \gamma - P \sin \gamma + Q$$

Berzes spēkus F un F_1 lietderīgi aizstāt, izmantojot berzes koeficientus. Tādā gadījumā vienādojumi pārveidojas:

$$P_z = P (\cos \gamma + \mu \sin \gamma) + \mu_1 Q$$

$$P_n = P (\mu \cos \gamma - \sin \gamma) + Q$$

kur γ - griežņa skaidleņķis, grādos;

μ - berzes koeficients starp skaidu un skaidvirsmu;

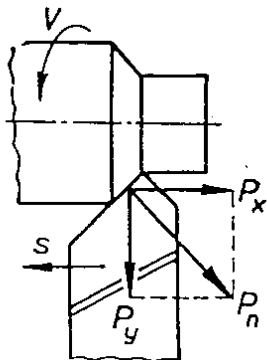
μ_1 - berzes koeficients starp sagatavi un mugurvirsmu.

Metālapstrādes prakse ir pierādījusi, ka spēks Q ir daudzkārt mazāks par spēku P , īpaši veicot sagatavju rupjapstrādi, kad nogriežamās sloksnītes šķērsgriezuma parametri ir salīdzinoši lielāki. Analizējot vienādojumus, var secināt, ka griešanas spēka P_z skaitlisko lielumu nosaka galvenokārt deformēšanas spēks P , un griešanas spēks P_z ir ievērojami lielāks nekā normāls spēks P_n .

Virpošanā, kad griežņa galvenais iestatīšanas leņķis $\varphi < 90^\circ$, normāls spēks P_n sadalās divās komponentēs P_x un P_y (3.2.att.). Komponente P_x darbojas pretēji padeves virzienam, un to pieņemts saukt par padeves spēku. Komponente P_y darbojas griešanas dziļuma virzienā, un to sauc par radiālo spēku. Komponentu P_x un P_y skaitliskās vērtības nosaka pēc sakarībām:

$$P_x = P_n \sin \varphi; \quad P_y = P_n \cos \varphi.$$

Palielinot griezumam galveno iestatīšanas leņķi φ , pieaug padeves spēks P_x , bet samazinās radiālais spēks P_y . Ja $\varphi = 90^\circ$, tad teorētiski $P_y = 0$. Praktiski radiālais spēks $P_y = 0$ ir tikai brīvajā griešanā. Nebrīvajā griešanā vienmēr $P_y > 0$, jo griešanā piedalās arī palīggriezējasmašīns.



3.2. att. Normāls spēka sadalīšana komponentēs P_x un P_y .

Griešanas spēka P_z darbības virziens sakrīt ar griešanas ātruma vektoru. No tā ir atkarīgs griešanas moments un jauda. Griešanas spēka P_z skaitliskās vērtības nosaka, aprēķinot galvenās piedziņas elementu sloojumu un griezējinstrumenta izliekšanos. Spēka P_x skaitliskās vērtības ir nepieciešamas, nosakot padeves mehānisma elementu sloojumu. No radiāla spēka P_y ir atkarīgs šķērspadeves skrūves sloojums, sagataves izliekšanās un apstrādes precizitāte.

3.1.2. Griešanas spēku aprēķināšana.

Griešanas spēka skaitliskās vērtības nosaka deformācijai pakļautā materiāla apjoms, deformācijas pakāpe un apstrādājamā materiāla pretestība deformēšanai. Apstrādājamā materiāla pretestība ārējo spēku darbībai ir atkarīga no sagataves mehāniskajām īpašībām, deformētā materiāla apjoms - no nogriežamās sloksnītes parametriem - biezuma un platuma, bet deformācijas pakāpi ietekmē griešanas ātrums un griezējinstrumenta ģeometriskie parametri. Palielinot griešanas ātrumu deformācijas pakāpe samazinās.

Aprēķinot griešanas spēku P_z , ievērtē materiāla mehānisko īpašību, griešanas režīma (griešanas ātruma, nogriežamās sloksnītes biezuma un platuma), kā arī griezējinstrumenta ģeometrisko parametru summāro ietekmi.

Griešanas spēku aprēķina izmantojot empīriskas sakarības. Vispārējā gadījumā neatkarīgi no apstrādes veida griešanas spēku P_z , N aprēķina, izmantojot sakarību:

$$P_z = \frac{C_p \cdot b^{x_p} \cdot a^{y_p}}{V^n} \cdot K_z,$$

kur C_p - koeficients, kas ievērtē materiāla pretestību griešanai. Tā vērtības ir atkarīgas galvenokārt no apstrādājamā materiāla mehāniskajām un fizikālajām īpašībām;

x_p , y_p , n - pakāpes rādītāji, kas ievērtē nogriežamās sloksnītes platuma, biezuma un griešanas ātruma ietekmes intensitāti;

K_z - koeficients, kas ievērtē griezējinstrumenta ģeometrisko parametru ietekmi uz griešanas spēku.

Apstrādes apstākļos, kad griezējinstrumenta ģeometriskie parametri atbilst tipiskiem lielumiem, $K_z = 1$. Par tipiskiem lielumiem uzskata - $\gamma = 10^\circ$, $\varphi = 45^\circ$, virsotnes noapaļojums $r = 2$ mm, mugurvirsma nodilumu h mazāks par 2 mm utt. Ja parametru faktiskās vērtības atšķiras, tad koeficientu K_z koriģē atbilstoši faktiskajām vērtībām:

$$K_z = K_\gamma K_\varphi K_r K_h \dots K_i,$$

kur K_γ - skaidleņķa ietekmes korekcijas koeficients;

K_φ - galvenā iestādīšanas leņķa ietekmes korekcijas koeficients;

K_r - griezējinstrumenta virsotnes noapaļojuma ietekmes korekcijas koeficients;

K_h - mugurvirsma nodiluma ietekmes korekcijas koeficients;

K_i - vairāku citu griešanas faktoru ietekmes korekcijas koeficients.

Korekcijas koeficientu skaitliskās vērtības dotas rokasgrāmatās.

Aprēķinot griešanas spēkus P_z noteiktam apstrādes veidam, atsevišķus lielumus konkretizē. Piemēram, aprēķinot griešanas spēku P_z virpošanai un ēvelēšanai, fizikālos griešanas parametrus (nogriežamās sloksnītes platumu un biezumu) aizstāj ar tehnoloģiskajiem parametriem - griešanas dziļumu un padevi:

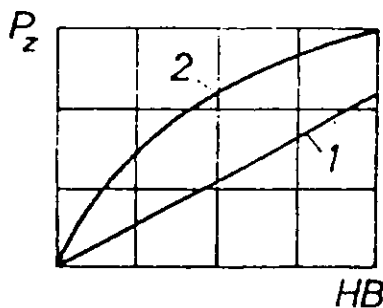
$$P_z = \frac{C_p \cdot t^{x_p} \cdot s^{y_p}}{V^n} \cdot K_z.$$

Padeves P_x un radiāla spēka P_y aprēķināšanai arī ir izstrādātas empīriskas sakarības, bet biežāk tos nosaka proporcionāli P_z , izmantojot sakarību:

$$P_z : P_y : P_x = 1 : 0,45 : 0,35.$$

3.1.3. Apstrādājamā materiāla īpašību ietekme uz griešanas spēkiem.

Galvenās mehāniskās īpašības, kas ietekmē griešanas spēka P_z skaitlisko lielumu, ir sagataves cietība, plastiskums un stiprība stiepiē. Apstrādājot trauslus materiālus (čugunu, bronzas u.c.), pretestība griešanai pieaug tieši proporcionāli cietībai un griešanas spēkus pietiekami precīzi var noteikt tikai pēc materiāla cietības (3.3.att.).



3.3. att. Materiāla mehānisko īpašību ietekme uz griešanas spēku:
1 - apstrādājot trauslus materiālus; 2 - apstrādājot stigrus materiālus.

Apstrādājot sagataves no stīgiem materiāliem (visu veidu tērauds, misiņš u.c.), pretestība griešanai nav tieši proporcionāla cietībai. Griešanas spēkus vienlaikus ietekmē gan materiāla cietība, gan plastiskums. Stigru materiālu īpatnības - pieaugot cietībai, plastiskums samazinās.

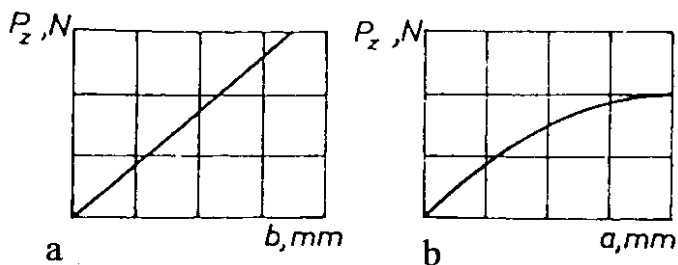
Plastisku materiālu apstrādi pavada dažāda rakstura deformācijas (apstrādātās virsmas uzkalcināšanās, skaidas sarukums u.c.). Sagataves virskārtas deformācijas palielina pretestību apstrādei. Pieaugot deformācijas pakāpei, palielinās griešanas spēki.

Ja apstrādē cietības pieaugums veicina griešanas spēku pieaugumu, tad samazinoties plastiskumam pazeminās deformācijas pakāpe, kas griešanas spēku pieaugumu samazina. Apstrādājot stigrus materiālus griešanas spēki nepieaug proporcionāli cietībai, bet nedaudz lēnāk. Summāri gan tie ir 1,5 līdz 2 reizes lielāki nekā apstrādājot vienādas cietības trauslus materiālus.

Stigru materiālu apstrādē, griešanas spēkus tikai pēc cietības novērtēt nav iespējams. Precīzāk tos var noteikt pēc materiāla stiprības stiepē.

3.1.4. Griešanas parametru ietekme uz griešanas spēku.

Palielinot nogriežamās sloksnītes parametrus (platumu un biezumu), griešanas spēki pieaug, bet to ietekme uz spēku pieaugumu nav vienāda. Nogriežamās sloksnītes platuma izmaiņas plastisko deformāciju norisi ietekmē minimāli un griešanas spēki praktiski pieaug tieši proporcionāli nogriežamās sloksnītes platumam (3.4.att.). Tādēļ, aprēķinot griešanas spēku P_z , nogriežamās sloksnītes ietekmes intensitātes pakāpes rādītājs x_p ir tuvs vienam. Griešanas spēku P_z aprēķinos pieņem, ka $x_p = 1$.



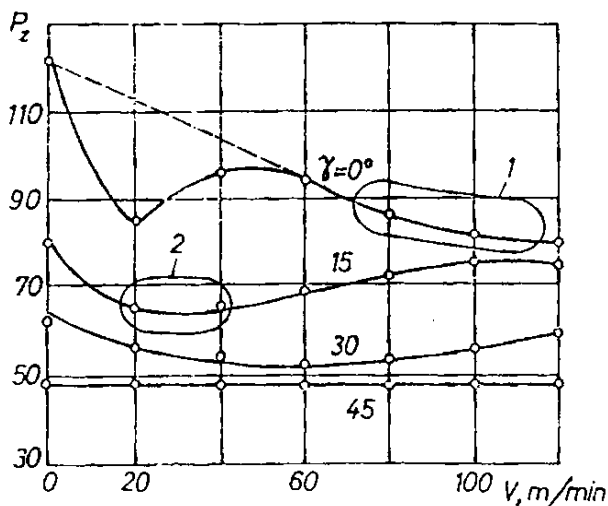
3.4. att. Nogriežamās sloksnītes parametru ietekme uz griešanas spēku: a - sloksnītes platuma ietekme; b - sloksnītes biezuma ietekme.

Palielinot nogriežamās sloksnītes biezumu, plastiskās deformācijas pakāpe samazinās un griešanas spēki pieaug lēnāk nekā sloksnītes biezums. Aprēķinot griešanas spēku P_z , nogriežamās sloksnītes ietekmes intensitātes pakāpes rādītājs $y_p < 1$. Atbilstoši apstrādes apstākļiem y_p var būt robežās 0,73...0,8. Aprēķinos parasti pieņem, ka $y_p = 0,75$.

Īpatnējie griešanas spēki (griešanas spēks attiecināts uz nogriežamās sloksnītes šķērsriezuma laukumu) samazinās, apstrādi veicot ar lielāku nogriežamās sloksnītes biezumu, bet samazinātu platumu.

Palielinot griešanas ātrumu V , samazinās plastiskās deformācijas izplatīšanās dziļums un atbilstoši arī griešanas spēks P_z . Griešanas ātruma ietekme uz griešanas spēku nav viennozīmīga. Vienlaikus to ietekmē arī skaidleņķa γ vērtības. Griešanas ātruma ietekme uz griešanas spēku ir analoga skaidleņķa ietekmei uz skaidas sarukumu.

Cietsakausējuma griezējinstrumentu skaidleņķa γ vērtības ir salīdzinoši mazas vai par negatīvas, bet apstrādi ar tiem veic plašā griešanas ātrumu diapazonā (100...350 m/min). Griešanas ātrumi ievērojami pārsniedz kritisko ātrumu V_3 , kad uzķepums vairs neveidojas. Darbā ar cietsakausējuma griezējinstrumentiem, palielinot griešanas ātrumu, griešanas spēki samazinās ievērojami. Atsevišķos gadījumos spēku samazinājums var būt 20...25 % (3.5.att.). Aprēķinot griešanas spēku P_z , ātruma ietekmi ievērtē ar ietekmes intensitātes pakāpes rādītājs n . Vidēji tā vērtības - 0,4.



3.5. att. Griešanas ātruma un skaidleņķa ietekme uz griešanas spēku:

- 1 - cietsakausējuma griezējinstrumentu darbības diapazons;
- 2 - ātrgriezējtauda griezējinstrumentu darbības diapazons.

Ātrgriezējtauda griezējinstrumentiem skaidleņķa γ vērtības ir lielākas (15° ... 20°), bet apstrādē pieļaujamo griešanas ātrumu intervāls šaurs. Tas sakrīt ar kritisko griešanas ātrumu V_2 , kurā intensīvi veidojas uzķepums. Uzķepuma rašanās palielina skaidleņķa γ faktisko vērtību.

Darbā ar ātrgriezējtērauda griezējinstrumentiem griešanas ātrumam ir salīdzinoši maza ietekme uz griešanas spēka lielumu, tādēļ aprēķinos to neievērtē. Pakāpes rādītāja n vērtības vienādas ar nulli.

3.1.5. Griezējinstrumentu ģeometrijas ietekme uz griešanas spēkiem.

Palielinot skaidleņķi γ , samazinās skaidas sarukums un griešanas spēki. Skaidleņķa ietekme vienlaikus ir saistīta ar apstrādājamā materiāla īpašībām. Apstrādājot mazāk plastiskus materiālus, kas apstrādes procesā deformējas minimāli, skaidleņķa ietekme samazinās. Tādēļ traušu un maz plastisku sagatavju apstrādē lieto griezējinstrumentus ar salīdzinoši nelielām skaidleņķa vērtībām. Turpretī apstrādājot plastiskus materiālus, skaidleņķa ietekme palielinās. To apstrādē izmanto griezējinstrumentus ar lielākām skaidleņķa vērtībām.

Palielinot griešanas ātrumu, samazinās skaidas sarukums. Vienlaikus samazinās arī skaidleņķa γ ietekme uz griešanas spēku. Apstrādē ar lieliem griešanas ātrumiem lieto griezējinstrumentus ar mazām skaidleņķa γ vērtībām.

Deformācijas pakāpe un griešanas spēki samazinās arī, palielinot nogriežamās sloksnītes biezumu. Tādēļ rupjapstrādē lieto griezējinstrumentus ar mazākām skaidleņķa γ vērtībām salīdzinot ar gludapstrādi.

Griezējinstrumentiem notrulinoties, griešanas spēki palielinās. Notrulināšanās ietekme ir jūtāmāka apstākļos, kad nogriežamā sloksnītes ir plānākas. Tādēļ gludapstrādes griezējinstrumentiem pieļauj mazākus nodilumus nekā rupjapstrādes.

Palielinot galveno iestatīšanas leņķi ϕ , pieaug nogriežamās sloksnītes biezums. Vienlaikus samazinās plastiskās deformācijas pakāpe un griešanas spēki. Brīvajā griešanā vismazākie griešanas spēki ir gadījumos, kad $\phi = 90^\circ$, bet nebrīvajā griešanā, kad $\phi = 60^\circ$.

Griešanas spēku lielumu ietekmē arī griezējinstrumenta materiāls. Metāalkeramisko cietsakausējumu plāksnītēm atkarībā no ķīmiskā sastāva mainās berzes koeficienta vērtības, kas arī ietekmē griešanas spēkus. Izmantojot apstrādē plāksnītes ar atšķirīgu ķīmisko sastāvu, griešanas spēki izmainās 25...27 % robežās.

3.1.6. Griešanas moments un jauda metālapstrādē.

Metālapstrādē griešanas jaudu nosaka tikai divi no trim griešanas spēkiem – griešanas spēks P_z un padeves spēks P_x . Radiālā virzienā (spēks P_y) griezējinstrumentam nav pārvietojuma. Zinot spēku P_z un P_x ,

skaitliskos lielumus, N un griešanas ātrumu V , m/s, griešanas jaudu N_e , kilovatos (kW), aprēķina:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1000} + \frac{P_x \cdot s}{10^6}.$$

Patērētā jauda padevēm parasti nepārsniedz 1..2 % no kopējās. Jaudas aprēķinos to bieži neiekļauj.

Aprēķinot darbmašīnu piedziņas (elektromotora) jaudu N_m , kW, jaudas zudumus pārvados un mehānismos ievērtē, izmantojot lietderības koeficientu η :

$$N_m = \frac{N_e}{\eta},$$

kur η - pārvadu un mehānismu summārais lietderības koeficients ($\eta=0,75...0,80$).

Griezes momentu nosaka tikai griešanas spēks P_z :

$$M_v = \frac{P_z \cdot D}{2},$$

kur M_v - griezes moments, Nm;

D - sagataves diametrs, m.

3.2. PIEĻAUJAMĀIS GRIEŠANAS ĀTRUMS

3.2.1. Griešanas parametru ietekme uz griezējinstrumentu asumnoturību.

Ekspperimentāli ir pierādīts, ka pie nemainīgiem nogriežamās sloksnītes izmēriem starp griezējinstrumenta asumnoturību un griešanas ātrumu pastāv sakarība:

$$T = \frac{C_1}{V^n},$$

kur T - asumnoturība, min;

C_1 - koeficients, kas ievērtē apstrādājamā sagataves īpašības un griezējinstrumenta griešanas spējas;

n - pakāpes rādītājs, kas ievērtē griešanas ātruma ietekmes uz asumnoturību intensitāti.

Analogi ir noteiktas sakarības starp asumnoturību un nogriežamās sloksnītes parametriem:

$$T = \frac{C_2}{a^q}; \quad T = \frac{C_3}{b^k},$$

kur. C_2 un C_3 - koeficienti, kas analogi C_1 ;

q un k - pakāpes rādītāji, kas ievērtē nogriežamās sloksnītes biezuma un platuma ietekmes intensitāti uz asumnoturību.

Apvienojot vienā izteiksmē visu griešanas parametru ietekmi uz griezējinstrumenta asumnoturību, atrasta sakarība, kas piemērota visiem apstrādes veidiem:

$$T = \frac{C_4}{V^n \cdot b^k \cdot a^q},$$

kur C_4 - koeficients, kas analogs C_1 , C_2 un C_3 .

Palielinot jebkuru no griešanas procesa parametriem, griezējinstrumentu asumnoturība samazinās, bet to ietekmes intensitāte nav vienāda. Vislielākā ietekme uz asumnoturību ir griešanas ātrumam, mazāka - nogriežamās sloksnītes biezumam, bet vismazākā - nogriežamās sloksnītes platumam. Parametru atšķirīgā ietekme uz asumnoturību ir analoga to ietekmei uz siltuma rašanos un griešanas zonas temperatūru. Asumnoturību ietekmē galvenokārt griešanas zonas temperatūra.

Koeficienta C_4 un pakāpes rādītāju skaitliskās vērtības nosaka apstrādes veids un konkrēta griezējinstrumenta griešanas spējas, bet neatkarīgi no tā visos gadījumos - $n > q > k$.

3.2.2. Griezējinstrumentu maksimālās produktivitātes un ekonomiskā asumnoturības.

Mainot griešanas ātrumus, griezējinstrumenta asumnoturību var mainīt plašās robežās. No vienas puses palielinot griešanas ātrumu, samazinās sagataves apstrādes ilgums. No otras puses samazinās asumnoturība un biežāk ir jānomaina griezējinstrumenti vai tā griezējdaļa. Pieaug laika patēriņš neaso griezējinstrumentu nomaiņai. Pārsniedzot noteiktas griešanas ātruma robežvērtības, laika ekonomiju, ko iegūst, paaugstinot griešanas režīmu, pārtērē nomainot griezējinstrumentus. Eksperimentāli ir pierādīts, ka produktivitāte ir zema apstrādē ar maziem griešanas ātrumiem, bet tā samazinās arī darbā ar pārlieku lieliem ātrumiem.

Griezējinstrumentu asumnoturība, kas nodrošina augstāko produktivitāti, ir maksimālās produktivitātes asumnoturība, bet tai atbilstošais griešanas ātrums - maksimālās produktivitātes griešanas ātrums.

Metālapstrādes griezējinstrumentiem nav vienādi darba apstākļi un tie nav vienādi jūtīgi pret griešanas ātruma izmaiņām. Piemēram, palielinot griešanas ātrumus par vienādu lielumu, frēžu asumnoturība

samazinās par 23 %, spirālurbju - par 38 %, bet griežņu - par 50 %. Jūtību pret ātruma izmaiņām nosaka griezējinstrumenta tips. Virpošanas griežņiem griešanas apstākļi ir smagāki (griešanu veic nepārtraukti viens griezējasmens), salīdzinot ar spirālurbjiem (griešanu veic divi asmeņi), vai frēzēm, kas ir daudzasmeņu griezējinstrumenti (frēzes zobi griež ar pārtraukumiem). Darba apstākļi ir pamatā, ka virpošanas griežņi ir jūtīgāki pret griešanas ātruma pieaugumu salīdzinot ar spirālurbjiem un frēzēm.

Maksimālās produktivitātes asumnoturību ietekmē ne tikai griešanas ātrums, bet arī griezējinstrumentu jūtība pret griešanas ātruma izmaiņām. Griezējinstrumentu nomaiņas darbietilpības arī nav vienādas. Maksimālās produktivitātes asumnoturību ietekmē arī instrumentu nomaiņas īpatnības.

Darbietilpību, kas nepieciešama detaļu izgatavošanai, neveido tikai darbs, ko tieši patērē apstrādē. Summārajā darbietilpībā ietilpst arī griezējinstrumentu izgatavošanas, uzstāšanās un pārsināšanas (ja instrumentus pārsina) patērētais darbs. Pastāv gadījumi, ka šī darba īpatsvars ir ievērojami liels. Cenšoties pēc augstas produktivitātes detaļu apstrādē, nesamērīgi var palielināties darbietilpība griezējinstrumentu nomaiņā. Griezējinstrumentu asumnoturību izvēlas pēc apsvēruma, lai minimāla būtu summārā darbietilpība.

Asumnoturība, kas nodrošina minimālu summāro darbietilpību, ir griezējinstrumentu ekonomiskā asumnoturība. To nosaka vairāki apstākļi, starp tiem galvenā nozīme ir griezējinstrumentu vērtībai (cenai), nomaiņas darbietilpībai, jūtībai pret griešanas ātruma izmaiņām utt. Pastāv likumsakarība, jo dārgāks ir griezējinstrumenta, lielākas nomaiņas (arī pārsināšanas) darbietilpības, augstāka jūtība pret griešanas ātruma izmaiņām, lielāka ir jāizvēlas ekonomiskā asumnoturība.

Griezējinstrumentu ekonomiskās asumnoturības skaitliskie lielumi ir noteikti eksperimentāli un doti informatīvajos avotos. Atbilstoši griezējinstrumentu tipam, izmēriem un tehnoloģiskajam uzdevumam tie var būt no 5 līdz 600 minūtēm.

Metālapstrādē griešanas režīmu pieskaņo griezējinstrumentu ekonomiskai asumnoturībai. Pēc maksimālās produktivitātes asumnoturības to izvēlas retos gadījumos. Pēdējos gados, pateicoties augstāzīgiem griezējinstrumentu griezējdaļu ražošanas tehnoloģiskajiem procesiem, ekonomiskās asumnoturības periodi ir ievērojami samazināti. Tie praktiski ir vienādi ar maksimālās produktivitātes asumnoturību.

3.2.3. Pieļaujamā griešanas ātruma aprēķināšana pēc ekonomiskās asumnoturības.

Griezējinstrumentu asumnoturības periodu nosaka ekonomiski apsvērumi. Tam ir jābūt vienādam, apstrādājot dažādas cietības sagataves ar atšķirīgiem nogriežamās sloksnītes izmēriem, neatkarīgi no dzesēšanas paņēmiena. Griešanas režīma izvēlē griezējinstrumenta asumnoturība ir primārs lielums. Atbilstoši apstrādes apstākļiem pēc tās izvēlas pieļaujamo griešanas ātrumu.

Griešanas ātrumu izsaka kā funkciju no asumnoturības **T**:

$$V = f(T) = \sqrt[q]{\frac{C_4}{b^k \cdot a^q \cdot T}}.$$

Izteiksmi vienkāršojot pieņem, ka:

$$\sqrt[q]{C_4} = C_v; \quad \sqrt[q]{T} = T^{\frac{1}{n}} = T^m; \quad \frac{k}{n} = k \cdot m = x_v; \quad \frac{q}{n} = q \cdot m = y_v.$$

Pēc ievietošanas izteiksme iegūst formu:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot b^{x_v} \cdot a^{y_v}}.$$

Izteiksme pieļaujamā griešanas ātruma aprēķināšanai ir derīga jeb kuram apstrādes veidam ar asmeņu griezējinstrumentiem. Aprēķinot griešanas ātrumu virpošanai, fizikālos nogriežamās sloksnītes parametrus aizstāj ar tehnoloģiskajiem:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot s^{y_v}}.$$

Koeficienta C_v skaitliskās vērtības ietekmē apstrādājamā materiāla fizikālās un mehāniskās īpašības un griezējinstrumenta griešanas spējas. Sagatavju īpašības nosaka materiāla ķīmiskais sastāvs un struktūra. Koeficienta C_v noteiktas eksperimentāli un dotas informatīvajos avotos.

Padeves **s** ietekme uz asumnoturību ir lielāka nekā griešanas dziļumam **t**, tādēļ pakāpes rādītājs $y_v > x_v$. Palielinot padevi **z** reizes, griešanas ātrumu ir nepieciešams samazināt z^{y_v} reizes. Palielinot griešanas dziļumu **z** reizes, griešanas ātrums ir jāsamazina z^{x_v} reizes. Tā kā $y_v > x_v$, tad, palielinot padevi, griešanas ātrumu ir jāsamazina vairāk, nekā palielinot griešanas dziļumu. Tas nozīmē, ka pie noteikta nogriežamās sloksnītes šķērsriezuma laukuma, ir izdevīgāk apstrādi veikt ar lielu griešanas dziļumu nekā ar lielu padevi.

3.3. GRIEŠANAS REŽĪMA IZVĒLE

3.3.1. Griešanas dziļuma un padeves izvēle.

Griešanas režīmu izvēlas noteiktā secībā. Metālapstrādes prakse ir pierādījusi, ka lielāku produktivitāti nodrošina apstrāde ar lieliem nogriežamās sloksnītes parametriem, īpaši ar lielu griešanas dziļumu. Kā pirmo izvēlas griešanas dziļumu, bet pēc tam padevi.

Apstrādē ar lieliem griešanas dziļumiem uz sagatavi darbojas ievērojami griešanas spēki. Tie izraisa sagataves un griezējinstrumenta elastīgās deformācijas, pazemina apstrādes precizitāti un palielina virsmas raupjumu. Rupjapstrādē izmēru precizitātei un virsmas raupjumam nav būtiskas nozīmes. Ja nerodas citi ierobežojumi, tad griešanas dziļumu izvēlas vienādu ar uzlaidi apstrādei. Vidējos apstrādes apstākļos uzlaides līdz 3...5 mm parasti ņem vienā pārgājienā. Ja darbmašīnu jauda ir nepietiekama, tad uzlaidi sadala, apstrādi veicot vairākos pārgājienu.

Gadījumos, kad ir nepieciešama paaugstināta izmēru precizitāte un virsmu kvalitāte, apstrādi sadala rupjapstrādē un gludajā apstrādē. Uzlaides gludai apstrādei parasti izvēlas 2...4 reizes lielākas par virsmas mikro nelīdzenumu augstumu, kas radies pēc pirmapstrādes. Šāda izvēle nodrošina, lai tālākajā apstrādē ņemtu ne tikai iepriekšējā apstrādē radušos mikro nelīdzenumus, bet arī uzkalcināto sagataves virskārtu. Uzlaides gludai apstrādei pēc rupjapstrādes paredz vidēji 0,5...2 mm.

Vairāku faktoru vienlaicīga darbība apgrūtina optimālu padevju izvēli. To aprēķināšana ir sarežģīta un darbietilpīga. Padeves parasti izvēlas no rokasgrāmatām, kas izstrādātas uz praktiskās pieredzes pamata. Rupjapstrādē padevju lielumu ierobežo griezējinstrumentu un darbmašīnu tehniskais stāvoklis, sagataves stingums un nostiprināšanas ierīču stiprība. Gludajā apstrādē padevēm ir jānodrošina uzdots virsmas raupjums un izmēru precizitāte.

Pieņemtās padeves ir iespējams pārbaudīt ar aprēķiniem pēc griezējinstrumenta un darbmašīnu atsevišķu mehānismu stiprības. Izvēloties padeves darbam ar daudzāsmeņu griezējinstrumentiem, papildus pārbauda skaidas izvietošanās iespējas zobu starpās. Katram no pārbaudes paņēmieniem ir sava aprēķināšanas metodika.

3.3.2. Griešanas ātruma un rotācijas frekvenču izvēle.

Griezējinstrumentu asinoturība nav atkarīga tikai no griešanas režīma. To ietekmē vairāki citi apstrādes apstākļi. To ietekmi pieļaujamā griešanas ātruma aprēķinos ievērtē ar korekcijas koeficientu **K**. Jā

apstrādes apstākļi atbilst tipiskajiem, tad $K = 1$. Ja ir novirzes no tipiskajiem apstrādes apstākļiem, tad:

$$K = K_v \cdot K_\gamma \cdot K_\varphi \cdot K_r \cdot K_h \cdot K_{dz} \cdot K_i$$

kur K_v - sagataves virsmas stāvokļa ietekmes korekcijas koeficients;

K_γ - skaidrleņķa ietekmes korekcijas koeficients;

K_φ - galvenā iestādīšanas leņķa ietekmes korekcijas koeficients;

K_r - virsotnes noapaļojuma ietekmes korekcijas koeficients;

K_h - mugurvirsmas nodiluma ietekmes korekcijas koeficients;

K_{dz} - elļotājdzesētājšķidrumu ietekmes korekcijas koeficients;

K_i - citu griešanas apstākļu ietekmes korekcijas koeficients.

Koeficientu skaitliskās vērtības dotas rokasgrāmatās. Par tipiskiem griežņu ģeometriskajiem parametriem uzskata $\gamma = 10^\circ$, $\varphi = 45^\circ$, virsotnes noapaļojumu $r = 2$ mm utt.

Ievēdot korekcijas koeficientu, pieļaujamo griešanas ātrumu virpošanai aprēķina (citiem apstrādes veidiem izteiksmes dotas attiecīgajās nodaļās):

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot s^{y_v}} \cdot K.$$

Atbilstoši noteiktajām griešanas ātrumam, aprēķina rotācijas frekvenci n_a min⁻¹ un pieņem darbmašīnai esošu frekvenci n , kas ir vienāda vai zemāka par aprēķināto - $n \leq n_a$.

$$n_a = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}.$$

3.3.3. Metālapstrādes griežot darbietilpības noteikšana.

Metālapstrādē blakus stundu darba samaksai pastāv gaballaika darba samaksa. Tehniskā laika norma jeb gaballaiks ir laiks, kas nepieciešams konkrētas detaļas izgatavošanai vai konkrētas operācijas veikšanai noteiktos organizatoriski tehniskos apstākļos. Normēšanas pamatā ir analītiskā aprēķinu metode, kas balstās uz operāciju un to sastāvdaļu analīzi. Laika norma, ko nosaka minūtēs, sastāv no vairākiem elementiem:

$$T_{gb} = T_m + T_p + t_{ap} + t_{at}$$

kur T_{gb} - gaballaiks jeb laika norma vienas detaļas izgatavošanai, min;

t_m - pamatlaiks (mašīnlaiks), min;

t_p - palīglaiks, min;

t_{ap} - darba vietas apkopes laiks, min;

t_{at} - papildlaiks darba pārtraukumiem, min.

Pamatlaiku izmanto sagataves formas, izmēru un mehānisko īpašību maiņai. Tas var būt mašīnlaiks, mašīnas - roku darba laiks vai roku darba laiks atkarībā no tā, vai darbu veic mašīna, mašīna kopā ar cilvēku vai cilvēks bez mašīnas. Metālapstrādē ar rokas vadības darbmašīnām mašīnlaika īpatsvars no kopējā gaballaika - 30...70 %. Mašīnlaiku parasti aprēķina.

Palīglaiks paredzēts pamatdarba sagatavošanai, piemēram, darbmašīnas palaišanai, apstādināšanai, griešanas režīma maiņai, griezējinstrumenta pievirzīšanai, sagataves uzstādīšanai, mērīšanai utt. Palīglaiku nosaka ar hronometrażu vai pēc normatīviem, kas sastādīti uz praktiskās pieredzes pamata. Pamatlaika un palīglaika summa dod operatīvo laiku t_0 :

$$t_0 = \Sigma_m + \Sigma_p.$$

Lielāku sēriju ražošanas apstākļos operatīvajā laikā lielāks ir pamatlaika īpatsvars, bet individuālajā ražošanā un remontdarbos - palīglaika īpatsvars.

Apkopes laiks paredzēts darba vietas apkalpošanai. To patērē darbmašīnas eļļošanai, regulēšanai, griezējinstrumentu apmaiņai, skaidu novākšanai, darba vietas sakārtošanai utt. Apkopes laiku paredz 3...8 % apmērā no operatīvā laika.

Papildlaiku darba pārtraukumiem un fizioloģiskajām vajadzībām nosaka 4...9 % apmērā no operatīvā laika smagos un nogurdinošos darba apstākļos strādājošajiem. Parastajos darba apstākļos to paredz 2 % apmērā.

Lai iepazītos ar rasējumiem un tehnoloģisko dokumentāciju, detaļu partijas izgatavošanai ražošanas apstākļos, paredz sagatavošanās - nobeiguma laiku. To aprēķina:

$$T_p = T_{gb} n + T_{s.n.},$$

kur T_p - laika norma detaļu partijas izgatavošanai, min;

n - detaļu skaits partijā;

$T_{s.n.}$ - sagatavošanās - nobeiguma laiks, min.

Lai paaugstinātu produktivitāti, ir jāsamazina operatīvais laiks - (pamatlaiks un palīglaiks). Pamatlaiku samazina paaugstinot griešanas režīmu. Griešanas dziļuma palielināšanu ierobežo apstrādes uzlaides, padeves - apstrādāto virsmu raupjums. Griešanas ātruma palielināšana ir iespējama tikai, ieviešot jaunus augstražīgus griezējinstrumentus un augstražīgus tehnoloģiskos procesus..

Palīglaiku samazina, racionāli iekārtojot darba vietu, ieviešot augstražīgas darbmašīnas. Ciparvadības mašīnu ieviešana metālapstrādē nodrošina palīglaika samazināšanu līdz minimumam.

Gaballaika aprēķināšana mūsdienās savu nozīmi ir zaudējusi, jo praktiski nepastāv lielu sēriju ražošana, kad tā ekonomiski bija pamatota.

4. nodaļa. METĀLGRIEŠANAS MAŠĪNAS

4.1. METĀLGRIEŠANAS MAŠĪNU KLASIFIKĀCIJA UN ATTĪSTĪBA

4.1.1. Klasifikācijas paņēmieni.

Pēdējie 4...5 gadu desmiti ir kardināli izmainījuši metālgriešanas mašīnu uzbūvi un tehnoloģiskās iespējas. Praktiski ir izzudis to tradicionālais iedalījums pēc operāciju veida. Metālapstrādē ieviešas darbmašīnas tā sauktie apstrādes centri. Ar tiem norit kompleksa un koncentrēta detaļu izgatavošana nepārstatot un nepārvietojot sagataves uz citām mašīnām. Sagatavju apstrāde vienā uzstatījumā novērš bāzēšanas kļūdas, paaugstina apstrādes precizitāti un produktivitāti. Jaunajām metālapstrādes mašīnām ir unificētas izpilddaļas un vadības principi. Tām ir zudusi atpazīstamība pēc ārējām pazīmēm un tehnoloģiskās piederības. Nav būtisku atšķirību starp frēzmašīnām, urbmašīnām un izvirpošanas mašīnām.

Kopš pagājušā gs. 90 gadiem multi funkcionālās virpās iebūvē izpildelementus, kas ļauj sagataves vispirms apvirpot no viena gala, bet pēc tam pārstatīt, satverot aiz apstrādātās daļas. Apstrāde turpinās apvirpojot sagataves no otra gala. Ar multi funkcionālām virpām pie viena uzstatījuma izfrēzē arī ierievju rievās un nofrēzē nelielas plakanas virsmas, izurbt radiālus urbumus, iegriež vītnes utt.

Metālapstrādes mašīnas tradicionāli dēvē par darbgaļdiem. Termins „darbgaļds” nav piemērots modernajām augsti automatizētām cīparvadības mašīnām. Objektīvi tās saukti par darbmašīnām. Jēdziens „darbgaļds” ir piemērots tikai darbavietām ar vienkāršu aprīkojumu, piemēram, atslēdznieka darbgaļds utt.

Metālgriešanas mašīnu izpētē ir lietderīgi saglabāt tradicionālos klasifikācijas paņēmienus. Tie ļauj pilnīgāk izprast darbmašīnu uzbūvi un darbību, kā arī atvieglo orientāciju to daudzveidībā.

Metālgriešanas mašīnas iedala universālajās, specializētajās un speciālajās. Universālās mašīnas piemērotas dažādās konfigurācijās un lieluma sagatavju apstrādei. Tās piemērotas nelielu detaļu partiju izgatavošanai individuālās ražošanas apstākļos un remontdarbos. Ierobežoti universālās darbmašīnas izmanto arī detaļu sēriju ražošanā. Specializētās mašīnas piemērotas viena tipa sagatavju apstrādei, bet speciālās mašīnas - viena tipizmēra sagatavju apstrādei. Tās galvenokārt piemērotas lielu sēriju ražošanas apstākļos.

Metālgriešanas mašīnas atkarībā no uzdevuma un nodrošinātās apstrādes precizitātes iedala: normālas, paaugstinātas, augstas, ļoti augstas un īpaši augstas precizitātes darbmašīnās. Mašīnu precizitāte

pieaug atbilstoši ģeometriskai progresijai, kuras kvocients 1,6. Ja normālas precizitātes darbmašīnām apstrādāto virsmu izmēru pieļaujamās novirzes pieņem par vienu vienību, tad pieļaujamās novirzes paaugstinātas precizitātes mašīnām ir 0,6 vienības, augstas precizitātes mašīnām 0,4 vienības, ļoti augstas precizitātes - 0,25, bet īpaši precīzām - 0,16. Normālas un paaugstinātas precizitātes mašīnas lieto vispārējā mašīnbūvē, augstas un ļoti augstas precizitātes mašīnas aparātbūvē un metālgriešanas mašīnu ražošanā. Īpaši precīzās mašīnas paredzētas augstas precizitātes detaļu (dalīšanas disku, mērvītņu u.c.) izgatavošanai augstas un ļoti augstas precizitātes darbmašīnām.

Pēc uzdevuma izšķir rupjapstrādes, gludās apstrādes un smalkās jeb apdares metālgriešanas mašīnas, bet pēc konstruktīvajām īpatnībām - horizontālajās un vertikālajās, vienas statnes un divu statņu, vienvārpstas un daudzvārpstu utt.

Pēc masas darbmašīnas iedala vieglajās (masa līdz 1 tonnai), vidējās (masa 1...10 tonnas), smagajās (masa 10...30 tonnas) un unikālajās, kuru masa pārsniedz 30 tonnas.

4.1.2. Metālgriešanas mašīnu marķēšana.

Pastāv vairāk nekā divi tūkstoši dažādu metālgriešanas mašīnu modeļu, tipu un tipizmēru. Pēc apstrādes veida, izpildelementiem, lietotiem griezējinstrumentiem, ierīcēm un skaidas atdalīšanas īpatnībām izšķir virpošanas, frēzēšanas, urbšanas, ēvelēšanas, slīpēšanas, caurvilkšanas un citas mašīnas. Tās atšķiras ne tikai ar tehnoloģisko procesu, griezējinstrumentiem, uzdevumu, bet arī ar automatizācijas pakāpi, konstruktīvajām īpatnībām utt.

Metālgriešanas mašīnu marķēšanas principu nosaka galvenokārt firmas, kas mašīnas izgatavo. Bieži pēc marķējuma ir neiespējami noteikt mašīnas grupu un tehnoloģiskās īpatnības. Vienu no loģiskām darbmašīnu marķēšanas sistēmām ir izstrādājis Maskavas Metālgriešanas mašīnu eksperimentālais zinātniskās pētniecības institūts. Pēc tās ir marķētas agrākā izlaiduma darbmašīnas, ko pašlaik pie mums lieto metālapstrādē. Ar klasifikācijas un marķēšanas principiem ir lietderīgi iepazīties.

Atbilstoši pētniecības institūta sistēmai visas darbmašīnas iedala 10 grupās, katru grupu - 10 tipos. Katram tipam var būt vairāki tipizmēri un modeļi. Metālgriešanas mašīnas apzīmējums sastāv no trim vai četriem cipariem. Pirmais cipars norāda mašīnas grupu, bet otrais - tipu. Pirmajā grupā ietilpst virpas, otrajā - urbmašīnas un izvirpošanas mašīnas, trešajā - slīpmašīnas utt.(4.1.tabula)

4. 1.tabula

Metālapstrādes mašīnu marķēšana

Mašīnas	Tipi Grupa	1.		2.		3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
		Automāti un pusautomāti		Daudz- vārpstu								
Virpas	1.	Vien- vārpstu		Daudz- vārpstu		Revolver- virpas	Urbšanas nogrīcē- nas mašīnas	Karuseļ - virpas	Univer. Vītņošā-nas virpas	Daudz griežņu virpas	Specializētās virpas	Dažādas virpas
Urbjmašīnas un izvirpoš. mašīnas-	2.	Vertikālās urbjmašī- nas		Vienvārpstas pusauto- māti		Daudz- vārpstu pusauto- māti	Koordinātu izvirpošanas mašīnas	Radiālās urbj- mašīnas	Izvirpošanas mašīnas	Izvirpošanas mašīna ar dimanta griežņiem	Horizontālās urbj mašīnas	Dažādas urbjmašīnas
Slīpmašīnas un pulēšanas mašīnas	3.	Apal- slīpmašīnas		Izslīpēšanas mašīnas		Rupjās apstrādes slīpmašīnas	Specializētās slīpmašīnas	-	Griezēj- instrumentu asināšanas mašīnas	Plakan- slīpmašīnas	Lepēšanas un pulēšanas mašīnas	Dažādas ar abrazīvu strādājošas mašīnas
Kombinētās mašīnas	4.	-		-		-	-	-	-	-	-	-
Zobratu un vītņu apstrādes mašīnas	5.	Cilindrisko zobu tēšēj- mašīnas		Konisko zobu ēvel- mašīnas		Cilindrisko zobratu frēzmašīnas	Glīmežratu zobu frēzmašīnas	Zobratu zobu noapaļoša- nas mašīnas	Vītņu frēzmašīnas	Zobratu zobu apdares mašīnas	Zobu un vītņu slīpmašīnas	Dažādas citas zobu apstrādes mašīnas

4.1.tabulas turpinājums

Mašīnas	Tipi Grupa	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
Frēzmašīnas	6.	Vertikālās konsult- frēzmašīnas	Nepārtrauk- tas darbības frēzmašīnas	-	Kopēšanas- gravēšanas frēzmašīnas	Vertikālās bezkonsules frēzmašīnas	Garen- frēzmašīnas	Plaši universālās frēzmašīnas	Horizontālās konsul- frēzmašīnas	Dažādas frēzmašīnas
Ēvelmašīnas, caurvilkšanas	7.	Garenapstrādes ēvelmašīnas		Šķērss- ēvelmašīnas	Tesēj- mašīnas	Horizontālās caur- vilkšanas mašīnas	-	Vertikālās caur- vilkšanas mašīnas	-	Dažādas ēvelmašīnas
		Vienstatpju	Divstatpju							
Sagarināšanas mašīnas	8.	Sagarināšanas mašīnas		Griezēj- mašīnas ar disku	Taisnošanas –griešanas mašīnas	Lentzāģi	Ripzāģi	Šķērszāģi	-	-
		Ar asmeņu instrumentu	Ar abrazīvo ripu							
Dažādas citas mašīnas	9.	Savienojumu un cauruļu apstrādes mašīnas	Zāģu zobu ciršanas mašīnas	Bezcentru rupj- apstrādes mašīnas	-	Mašīnas instrumentu testēšanai	-	-	-	-

Marķējumā trešais un ceturtais cipars raksturo darbmašīnas lielumu. Virpām tie nosacīti norāda centru augstumu, urbjmašīnām – maksimāli pieļaujamo urbšanas diametru, ēvelmašīnām - nosacīti iespējamo apstrādājamās virsmas garumu. Slīpmašīnu un frēzmašīnu apzīmējumā trešais cipars atbilst mašīnas izmēru gammas kārtas skaitlim. Piemēram, 2135 ir vertikālā urbjmašīna ar maksimāli pieļaujamo urbumu diametru 35 mm; 1616 - universālā vītņu griešanas virpa ar centru augstumu 160 mm.

Lai atšķirtu viena tipizmēra mašīnas, kas atšķiras ar konstruktīvo izpildījumu (modeļa), apzīmējumā starp pirmo un otro ciparu ievieto burtus, piemēram, 1D62, 1A62, 1K62. Ja darbmašīna ir bāzes modelis, kam iespējamās vairākas modifikācijas, tad apzīmējumam pievieno burtus, piemēram, 2135A. Specializēto mašīnu atšķiršanai, kas izveidotas uz universālo mašīnu bāzes, pārveidojot atsevišķus mezglus, apzīmējumam pievieno burtu C. Ja tādu modificētu speciālo darbmašīnu ir vairākas, tad burtam C papildus pievieno indeksus, piemēram, 2135C1, 2135C2 utt.

4.1.3. Metālgriešanas mašīnu vadības automatizācijas virzieni.

Rokas vadības metālgriešanas mašīnu vadošā sistēma ir apkalpojošā personāla - operatora smadzenes. Tās izstrādā informāciju un nodod to rokām, kas pārlēdz sviras, pagriež vadības rokratus un veic citas ar apstrādes procesu saistītas manipulācijas. Tomēr cilvēka darbības ātrumi ir ierobežoti un tie pieļauj arī dažādus riska faktorus, īpaši, kad monotoni atkārtojas vienas un tās pašas darbības.

Pieaugot pieprasījumam pēc mašīnbūves produkcijas, palielinājās metālapstrādes apjomi. Radās nepieciešamība paaugstināt metālapstrādes darbmašīnu produktivitāti. Griešanas režīmu paaugstināšana situāciju īpaši neuzlabo, jo griezējinstrumentu griešanas spējas ir ierobežotas.

Pagājušā gadsimta četrdesmitajos gados radās automāti un pusautomāti. Tie apstrādi veic bez operatora vai ar tā daļēju līdzdalību. Automātu un pusautomātu izpildelementu piedziņu nodrošina maināmo zobratu pārvadi, retāk iebūvētas ātrumkārbas. Darbmašīnu vadību nodrošina komandu izciļņu mehānismi. Tie pārlēdzot sajūgus, plūsmdaļus un citus vadību elementus, izmaina kustību parametrus un virzienus. Automātu un pusautomātu pārstatīšana citu izmēru un konfigurācijas detaļu izgatavošanai ir darbietilpīga un dažkārt pat ierobežota. Biežai programmas maiņai tie ir maznoderīgi. Automātus un pusautomātus izmantoja masu un lielsēriju ražošanas apstākļos.

Metālapstrādē aptuveni 75% no visa ražošanas apjoma ir nelielu un vidēji lielu sēriju detaļu izgatavošana. Tai raksturīgs ir sagatavošanās un

palīgprocesu īpatsvars. Par galveno uzdevumu metālapstrādē izvirzīja sagatavošanās un palīgprocesu pātrināšanu.

Piecdesmitajos gados ASV radās jauns darbmašīnu vadības veids - ciparvadība. Tas ir kvalitatīvi atšķirīgs automātiskās vadības princips, kas izpildelementu funkcionēšanas uzdevumu nosaka ar ciparveida abstraktu matemātisku modeli, to nepārveidojot mehāniskā modelī (šablonā, izcilnī, kopierī vai atduru izvietojumā). Ciparvadības ieviešana ļauj no ražošanas tehnoloģiskās sagatavošanas izslēgt darbietilpīgos un grūti automatizējamus mehānisko modeļu izgatavošanas procesus un to ieslēgšanu vadošajā sistēmā. Ar to samazinājās apstrādes sagatavošanai nepieciešamais laiks.

Pirmsākumos ciparvadībai pakļāva galvenokārt universālās metālgriešanas mašīnas. Ar to nodrošināja individuālās un sīksēriju apstrādes procesu automatizāciju. Tagad ciparvadība aptver praktiski visus metālapstrādes procesus.

Ciparvadības pirmsākumos tehnoloģiskā procesa datus darbmašīnas vadošajā sistēmā ievadīja manuāli (NC – NUMERICAL CONTROL). Programmu saglabāšanai izmantoja perforētas lentas. To sagatavošanai bija nepieciešamas īpašas programmēšanas iekārtas. Darbmašīnu ciparvadības sistēmas programmu no perforētām lentām nolasīja sagataves apstrādes laikā pa atsevišķiem kadriem, nepaturot atmiņā. Turpmākajā ciparvadības attīstībā radās sistēmas, kas programmu nolasīja no perforētās lentas tikai vienu reizi, pirms sagatavju partijas apstrādes (SNC – STORED NUMERICAL CONTROL), paturot informāciju atmiņā.

Septiņdesmitajos gados apstrādes tehnoloģisko procesu modelēšanā ieviesās datori. Tie tika iebūvēti ciparvadības CNC darbmašīnās (COMPUTER NUMERICAL CONTROL). Vēlāk radās autonomi vadības centri (DNC – DIRECT NUMERICAL CONTROL) vairāku darbmašīnu apkalpošanai, izstrādātās programmas pārsūtot attiecīgajām darbmašīnām. Katra no tām strādā kā patstāvīga vienība, izmantojot savu CNC vadības sistēmu.

Viena no tehnoloģiskās sagatavošanas programmām ir ASV izstrādātā Master CAM sistēma. Tā satur vairākas apakšprogrammas - virpošanai, frēzēšanai, elektroerozijas procesiem utt. Salīdzinot ar citām sistēmām, Master CAM uztur saikni starp uzdotajiem apstrādes parametriem un griezējinstrumenta trajektoriju. Mainot parametrus, automātiski izmainās griezējinstrumentu trajektorija.

Sobrīd pastāv arī vizuālās programmēšanas (Visual Quick Code) sistēmas. Tā ļauj ar darbmašīnu strādāt dialoga režīmā, izmantojot ar apstrādes procesu saistītus grafiskus attēlus. Operatoram no saraksta ekrānā ir nepieciešams izvēlēties apstrādes operāciju. Pēc tās izvēles tiek piedāvāti apstrādes varianti. Izvēloties kādu no tiem, sistēma pieprasa

papildus informāciju - detaļas izmērus un apstrādes režīma parametrus. Pēc ievadītās informācijas, sistēma autonomi ģenerē atbilstošu programmu dotās operācijas veikšanai

Ciparvadības mašīnu programmas nav universālas. Tās izstrādā konkrētai darbmašīnai, atbilstoši tās komandu sistēmai. Pastāv vairākas CNC komandu sistēmas: FANUC, SIEMENS, BOSCH, FAGOR, HAAS, HEIDENHEIN un citas, bet visas tās pamatā izmanto ISO kodēšanas principus.

4.1.4. Ciparvadības pamatjēdzieni

Diskrēto jeb ciparvadības mašīnu (saīsināti CNC) darbības pamatā ir programmas, kas apraksta izpildelementu funkcionēšanu. Programmas satur informāciju virknes, kas sakārtotas komandu rindās. Darbmašīnas vadošā daļa tās pakāpeniski interpretē un pārveido noteiktās izpildelementu darbībās.

Komandas sīkāka elements ir simbols. Programmas pierakstam izmantojamo simbolu saraksts jeb alfabēts kopā ar priekšrakstiem to sakārtošanai komandās ar viennozīmīgu saturu, veido programmēšanas valodu.

Metālgriešanas mašīnās izmanto ISO – 7 bitu kodēšanas sistēmu. Šajā sistēmā par simboliem izmanto latīņu alfabēta burtus un ciparus no 0 līdz 9, kā arī dažas īpašas zīmes. Simboli ir tikai ārējie izteiksmes līdzekļi. Ar tiem operē cilvēks. Mašīnas vadošā sistēma katru simbolu pārveido bināro ciparu 0 un 1 kombinācijā, tā saucamajā kodu kombinācijā. Burtus kodē analogi skaitļiem no 1 līdz 26. Lai atšķirtu burtus no cipariem, par burta pazīmi kalpo septītajā rindā ievietotais binārais cipars 1 (4.2.tabula).

Izšķir vairākus komandu veidus:

- Fiksēta formāta (garuma), sauktas par kadriem;
- Tabulācijas;
- Adresu;
- Jauktās.

Pēdējiem trim komandu veidiem ir mainīgs formāts (garums) un tās sauc par frāzēm.

Universālākās un plašāk lietotās ir adresu komandas. Tās pamatvienība ir vārds. Lai nezustu tā jēga, vārds nav sadalāms. CNC darbmašīnu vadošā daļa saprot un pieņem tikai vārdus, pārvēršot tos konkrētā aritmētiskā darbībā vai loģiskā operācijā. Izstrādājot programmas komandu rindās var ietilpt viens vai vairāki vārdi, bet to secība atkarībā no darbmašīnas ir vairāk vai mazāk ir noteikta.

Vārds sastāv no adreses un tai piederošās skaitliskās informācijas jeb funkcijas. Adreses uzdod ar kādu no latīņu alfabēta burtiem, atsevišķos

gadījumos ar speciālām zīmēm, bet funkcijas - ar cipariem. Ciparu skaits funkcijā ir noteikts. Darbmašīnas vadošajā sistēmā ievada visas ciparu zīmes ieskaitot arī nulles.

Metālgriešanas mašīnās izpildelementu pārvietojumu virzieni atbilst labajai taisnleņķu Dekarta koordinātu sistēmai. Lineāro pārvietojumu adresēm ISO – 7 bitu kodā izmanto latīņu alfabēta burtus:

primārajiem - X, Y, Z,

sekundārajiem - U, V, W,

terciārajiem - P, Q un R;

4.2.tabula

ISO – 7 bitu kodēšanas sistēma

Simboli	Koda kombinācijas							
0	0	0	1	1	0	0	0	0
1	1	0	1	1	0	0	0	1
2	1	0	1	1	0	0	1	0
3	0	0	1	1	0	0	1	1
4	1	0	1	1	0	1	0	0
5	0	0	1	1	0	1	0	1
6	0	0	1	1	0	1	1	0
7	1	0	1	1	0	1	1	1
8	1	0	1	1	1	0	0	0
9	0	0	1	1	1	0	0	1
A	0	1	0	0	0	0	0	1
B	0	1	0	0	0	0	1	0
C	1	1	0	0	0	0	1	1
D	0	1	0	0	0	1	0	0
E	1	1	0	0	0	1	0	1
F	1	1	0	0	0	1	1	0
G	0	1	0	0	0	1	1	1
H	0	1	0	0	1	0	0	0
I	1	1	0	0	1	0	0	1
J	1	1	0	0	1	0	1	0
K	0	1	0	0	1	0	1	1
L	1	1	0	0	1	1	0	0
M	0	1	0	0	1	1	0	1

Simboli	Koda kombināciju turpinājums							
N	0	1	0	0	1	1	1	0
O	1	1	0	0	1	1	1	1
P	0	1	0	1	0	0	0	0
Q	1	1	0	1	0	0	0	1
R	1	1	0	1	0	0	1	0
S	0	1	0	1	0	0	1	1
T	1	1	0	1	0	1	0	0
U	0	1	0	1	0	1	0	1
V	0	1	0	1	0	1	1	0
W	1	1	0	1	0	1	1	1
X	1	1	0	1	1	0	0	0
Y	0	1	0	1	1	0	0	1
Z	0	1	0	1	1	0	1	0
:	0	0	1	1	1	0	1	0
+	0	0	1	0	1	0	1	1
-	0	0	1	0	1	1	0	1
TAB	0	0	0	0	1	0	0	1
/	1	0	1	0	1	1	1	1
%	1	0	1	0	0	1	0	1
LF	0	0	0	0	1	0	1	0
(	0	0	1	0	1	0	0	0
)	1	0	1	0	1	0	0	1
Del	1	1	1	1	1	1	1	1

Koordinātu asis X, Y un Z savietotas ar darbmašīnu galveno izpildelementu kustības virzieniem, bet sekundāro un terciāro pārvietojumu adreses izmanto palīgstūbām. Par pozitīvajiem pieņem pārvietojumu virzienus, kas attālina griezējinstrumentu no sagataves.

Kā pirmo izvēlas Z ass virzienu, bet pēc tam X un Y. Z ass izvēle ir saistīta ar sagataves bāzes plaknes stāvokli. Visbiežāk par bāzes plakne izvēlas sagataves virsmu, kas paralēla vai perpendikulāra darbmašīnas galvenajām vadotnēm. Ja darbmašīnai nav rotējošu izpildelementu, tad Z asi pieņem perpendikulāru bāzes plaknei. Ja darbmašīnai ir rotējoši izpildelementi, tad Z asi pieņem paralēlu rotējošā izpildelementa asij. Piemēram, virpošanā Z ass sakrīt ar darbvārpstas rotācijas ass virzienu.

Vārdos, kas nosaka izpildelementu pārvietojumus koordinātu asu virzienos, skaitlis (funkcija) norāda pārvietojuma lielumu milimetros vai arī collās. Veselos skaitļus no daļām atdala ar punktu. Ir sastopamas darbmašīnas, kurām pārvietojumus uzdod ar sešiem cipariem, nelietojot punktu. Pirmie trīs cipari no tiem atbilst veselam skaitlim milimetros, bet pēdējie trīs - milimetra daļām.

Rotācijai ap X, Y un Z asīm lieto adreses A, B un C, bet papildus rotācijām – D un E. Par pozitīvo pieņem rotācijas virzienu, kas atbilst pulksteņa rādītāju griešanās virzienam.

Padeves uzdod ar adresi F; bet darbvārpstas rotācijas ātrumu – ar adresi S. Adresēm F un S pievienotā skaitliskā informācija (funkcija) atbilst tieši uzdotajiem padeves vai rotācijas parametriem. Agrāko izlaidumu ciparvadības darbmašīnās katrai iespējamai padevei vai rotācijas pakāpei bija savs divu ciparu kods, kas sekoja aiz adreses.

Griezējinstrumentus kodē ar adresi T, un funkciju, kas pēc būtības ir griezējinstrumentam piešķirtais kārtas skaitlis. Funkcija parasti satur divciparu skaitli, piemēram, 01; 02; 03 utt.

Katra komandu rinda sākas ar adresi N, kam pievieno no trim cipariem sastāvošu funkciju jeb kārtas skaitli. Rindas numurs vienas programmas ietvaros nedrīkst atkārtoties. Nav vēlams piešķirt arī numurus pēc kārtas pieaugošā vērtībā, piemēram, N001, N002, N003 utt. Tas nedod iespējas programmā ieviest papildinājumus. Biežāk komandu rindu numerācijai izmanto skaitļus ar soli 5 vai 10, piemēram N001, N005, N010, N015 vai pat N001, N010, N020 utt.

Izpildelementu funkcijas sadalās divās klasēs: modālajās un nemodālajās. Iedalījums pamatojas uz spēju saglabāties CNC atmiņā. Modālās funkcijas darbojas pastāvīgi līdz brīdim, kad aktivizē kāda no nemodālajām funkcijām. Piemēram, G00 - pozicionēšana, G10 – spoguļattēlu atcelšana, G17 – apstrādes plakne XY, G40 – atceļ griezējinstrumenta garuma un rādiusa korekcijas utt. Nemodālās funkcijas darbojas tikai komandu rindās, kurā tās aktivizētas.

4.1.5. CNC koordinātu atskaites metodes un nulles punkti

Katru telpas punktu nosaka ar trim koordinātēm. Ciparvadības mašīnu programmās punktu uzdošanai telpā izmanto divas metodes: absolūto un relatīvo.

Pēc absolūtās metodes koordinātu atskaites sākuma jeb nul punkts paliek nemainīgs visā sagataves apstrādes procesā. Izmērus līdz jebkuram citam punktam uzdod no pieņemtā nul punkta. Izstrādājot CNC mašīnām programmas, biežāk izvēlas absolūto atskaites sistēmu.

Metodei ir vairākas priekšrocības:

- Apstrādes pārtraukuma gadījumos programmu ir iespējas turpināt no jebkuras vietas;
- Ērti sekot programmas gaitai, jo koordinātes norāda griezējinstrumenta faktisko stāvokli pret 0 punktu;
- Vienreizēji pieļautajai izmēru novirzei (kļūdai) neseko citas;
- Pielaižu lauki nesummējas.

Relatīvajā punktu atskaites sistēmā koordinātu sākums sakrīt ar izpildelementa (griezējinstrumenta vai sagataves) esošo stāvokli, kurā tas atrodas pirms pārvietoējuma uz nākošo punktu. Pēc relatīvās punktu noteikšanas metodes (ar tā saucamo koordinātu pieaugumu), nākošā punkta koordinātes uzdod no iepriekšējā punkta pozīcijām. Šajā gadījumā veidojas mērķēdes un pieļautās apstrādes kļūdas var summēties.

Relatīvai atskaites sistēmai ir priekšrocības, kad apstrādē atkārtojas vienvēidīgi konstruktīvi elementi ar vienādu soli. Tad biežāk lieto relatīvo atskaites sistēmu.

CNC darbmašīnu vadošā daļa apstrādes procesā ļauj brīvi pāriet no vienas atskaites sistēmas uz otru un atpakaļ. Izstrādājot programmas CNC mašīnām, nav nepieciešamības pieturēties pie vienas atskaites sistēmas.

CNC darbmašīnas funkcionē, izmantojot savu koordinātu sistēmu. Tai var būt daudzi nulles punkti. Konkrētajos apstrādes apstākļos izvēlas atskaites sistēmas sākumu jeb nulles punktu. CNC programmu realizācijā nozīmīgi ir vairāki atskaites punkti.

Pirmais atskaites punkts ir izpildelementu pārvietošanas sistēmas sākums jeb darbmašīnas koordinātu nul punkts. To apzīmē ar burtu M un tas nosaka darba zonu. Izpildelementu pārvietošanās robežas noteiktas darbmašīnas izgatavojot un tās nav maināmas. Piemēram, virpām izpildelementu pārvietošanas koordinātu nul punkts ir darbvārpstas gals uz rotācijas ass, bet vertikālajām frēzmašīnām - virs galda kreisajā stūrī.

Otrais atskaites punkts ir sagataves koordinātu sistēmas sākums jeb programmas nul punkts W. To izvēlas brīvi, bet lietderīgi izvēlēties punktā, no kura detaļas rasējumā ir atlikti izmēri. Virpošanā to visbiežāk izvēlas detaļas gala virsmas centrā, kas vienlaicīgi ir arī mērīšanas bāze.

Trešais atskaites punkts ir references punkts R. Tas ir nozīmīgs instrumenta vai sagataves kustības kontrolei. Ar to darbmašīnas vadošā daļa fiksē izmēru atskaites sākumu, lietojot relatīvo atskaites sistēmu.

Sagatavojot CNC programmas nozīmīgi ir arī vairāki citi punkti: instrumentu uzstatišanas izmērs - punkts E, tas atrodas uz instrumentu kāta un ir nepieciešams tā nostiprināšanā; instrumenta punkts A – ciparvadības sistēmas punkts, no kura attiecina instrumenta uzstatišanas punktu E.

Ciparvadības sistēma vispirms apstrādājamā punkta koordinātes attiecina pret instrumenta punktu A, bet pēc tam ievērtē instrumenta uzstatišanas parametrus. Instrumentu maiņas punkts N, kad instrumentu maiņa apstrādes zonā norit bez sadursmēm.

4.1.6.Sagatavošanās un tehnoloģiskās funkcijas

Ciparvadības mašīnu vadošās daļas atmiņā ir ieprogrammētas izpildelementu darbības, kas atvieglo darbmašīnu sagatavošanu darbam un samazina apstrādes procesa darbietilpību. Šādas darbības uzskata par sagatavošanās funkcijām. Tām ir kopīga adrese – G, kam seko kods – divu vai triju ciparu skaitlis. Funkciju saturu nosaka konkrētas mašīnu komandu sistēma. Pēc funkcionālās nozīmes un rakstura sagatavošanas funkcijas nosacīti iedala vairākās apakšgrupās.

Pirmajā apakšgrupā ietilpst pirmās desmit G grupas funkcijas - no G00 līdz G09. Tās pamatos nosaka pārvietojumu raksturu. Funkcija G00 veic pozicionēšanu. Tā nodrošina izpildelementu ātru pārvietošanu uz doto koordināti pirms apstrādes un izpildelementa atgriešanos sākuma stāvoklī pēc apstrādes. G00 funkciju neizmanto sagataves apstrādē, jo izpildelementa pārvietošanās ātrums ir pārmērīgi liels un nevienmērīgs. Funkcijas G00 izmantošana samazina apstrādes palīglaiku.

Funkcija G01 nodrošina lineāru pārvietojumu ar uzdoto padeves ātrumu (funkcija ar adresi F). Ja aiz funkcijas G01 seko konkrēta koordināte, tad izpildelements kontrolēti pārvietojas uz doto koordināti. Funkciju G01 vai nomainīt ar funkcijām G02 vai G03, bet atcelt ar funkciju G00,

Funkcija G02 nodrošina riņķveida pārvietojumu (aploces interpolāciju) pulksteņa rādītāju kustības virzienā. To panāk ar divām savstarpēji perpendikulārām virzes kustībām. Funkcija G03 atbilst aploces interpolācijai pretēji pulksteņa rādītāju kustības virzienam. Funkcijas G02 un G03 atceļ ar G00, nomaina vienu ar otru, vai ar funkciju G01.

Ar funkcija G04 nodrošina pauzi, kuru uzdod ar adresi H un skaitlisko informāciju, kas uzdota sekundēs. Funkcija G09, samazinot

pārvietojuma ātrumu, nodrošina precīzu apstāšanos dotajā punktā. Atsevišķām CNC mašīnām G09 funkcijai ir atšķirīga nozīme.

Otrajā G grupas funkciju apakšgrupā ietilpst funkcijas - G10...G19, kas dod spoguļattēlu veidošanas iespējas vai nosaka apstrādājamās plakne stāvokli.

- G10 – atceļ spoguļattēlu veidošanas iespējas;
- G11 – nodrošina spoguļattēlu veidošanu pa X asi;
- G12 – nodrošina spoguļattēlu veidošanu pa Y asi;
- G13 – nodrošina spoguļattēlu veidošanu pa Z asi.
- G17 – pārvietojumi pa koordinātēm XY plaknē (tā ir pamata plakne);
- G18 – pārvietojumi pa koordinātēm XZ plaknē;
- G19 – pārvietojumi pa koordinātēm YZ plaknē

Trešā G grupas funkciju apakšgrupā ietilpst funkcijas G20...G29. Ar tām aktivizē apakšprogrammas, vai pāriet no vienām programmām uz citām.

Ceturtā G grupas funkciju apakšgrupa satur funkcijas G40...G49, Ar tām ievērtē griezējinstrumentu parametrus un nodrošina koordinātu korekcijas. Izmantojot funkciju G40, apstrāde norit neievērtējot griezējinstrumenta izmērus. Ar to atceļ arī griezējinstrumenta garuma un rādiusa korekcijas. Funkcija G41 nodrošina griezējinstrumenta ass nobīdi par rādiusa lielumu gadījumos, kad apstrādājamā virsma atrodas labajā pusē, bet G42 – griezējinstrumenta ass nobīde par rādiusu, kad apstrādājamā virsma atrodas kreisajā pusē. Nobīdes virzienu nosaka skatoties no augšas uz leju no +Z virzienā uz -Z. Funkcija G43 – ievērtē griezējinstrumenta garuma (korekcija) Z ass virzienā.

Piektajā G grupas funkciju apakšgrupā ietilpst funkcijas - G G80...G89. Tās apvieno kopējs nosaukums - standarta cikli. Tie atvieglo programmu sagatavošanu gadījumos, kad viena otrai seko vairākas vienveidīgas apstrādes operācijas. Katra no standarta funkcijām aptver vairākas darbības. Piemēram, G81 funkcija nodrošina automātisku urbumu izurbšanu, pārvietojot griezējinstrumentu uz nākamo koordināti.

- G81 – urbšanas standarta cikls;
- G82 – urbumu izvirpošanas cikls;
- G83 – dziļās urbšanas standarta cikls;
- G84 – vītņošanas ar vītņurbi standarta cikls;
- G85 – urbumu pārrurbšanas standarta cikla;
- G86 – urbumu izrīvēšanas standarta cikls;
- G87 – taisnstūra iedobumu frēzēšanas standarta cikls;
- G88 - riņķa veida iedobumu frēzēšanas standarta cikls;

Sestā G grupas funkciju apakšgrupā ietilpst funkcijas G90...G99. Tās galvenokārt nodrošina koordinātu un mērvienību nomaiņu, piemēram:

- G90 – apstrāde absolūto koordinātu sistēmā;
- G91 – apstrāde relatīvajā koordinātu sistēmā (ar koordinātu pieaugumu);
- G92 – pāreja uz taisnleņķa Dekarta koordinātēm;
- G93 – pāreja uz polārajām koordinātēm;
- G94 – padeves ar adresi F uzdots mm/min;
- G95 – padeves ar adresi F uzdots - mm/uz 1 apgriezību.
- G96 – darbvārpstas griešanās ātrums noteikts m/min. To izmanto, kad apstrādē ir nepieciešams konstants griešanas ātrums.
- G97 – darbvārpstas rotācijas ātrums uzdots ar apgriezību skaitu minūtē.

Vairākām G grupas funkcijām nav kopēju pazīmju un tās neietilpst apakšgrupās, piemēram, G33 – vītņošana; G70 programmēšana collās, G71 – programmēšana milimetros utt.

Darbmašīnas vadībai izmanto vairākas funkcijas, kas pieder pie tehnoloģiskajām. Tehnoloģiskās funkcijas ir spēkā programmas robežās, izņemot komandas, kas viena otru izslēdz. Tām ir kopēja adrese – M un divu ciparu kods, piemēram:

- M00 – programmas beigas;
- M01 – apstrādes pārtraukšana, lai veiktu programmā vietējas izmaiņas;
- M03 – ieslēdz darbvārpstām labo rotācijas virzienu
- M04 – ieslēdz darbvārpstām kreiso rotācijas virzienu;
- M05 – izslēdz darbvārpstas rotāciju;
- M06 – griezējinstrumenta nomaiņa;
- M08 – ieslēdz dzesēšanas sistēmu;
- M09 – izslēdz dzesēšanas sistēmu;
- M10 – sagataves iespīlēšana;
- M11 – sagataves atbrīvošana.

Pastāv vairākas citas G un M grupas funkcijas, kas ietilpst vienā vai otrā komandu sistēmā. To nozīme var būt atšķirīga un atkarīga no darbmašīnas tipa. Kopējais G grupas funkciju skaits jau pārsniedz 120.

4.2. METĀGRIEŠANAS MAŠĪNU PIEDZIŅA

4.2.1. Piedziņas uzdevums un veidi.

Piedziņa ir mehānismu un pārvadu kopums, kas pārnēs, vai pārveido un pārnēs kustību no enerģijas avota uz izpildelementiem. Piedziņai ir vairākas funkcijas:

- saņemt enerģiju no elektrotīkla un pārvadīt nepieciešamo jaudu,
- transformēt enerģiju no viena veida citā, piemēram, elektrisko mehāniskajā, hidrauliskajā vai pneimatiskajā,

- pakļauties vadībai, piemēram, mainīt enerģijas plūsmas parametrus – spēkus, spiedienus, plūsmas ātrumus utt.
- darbināt izpildelementus atbilstoši funkcionēšanas uzdevumam.

Pēc ātrumu regulēšanas iespējām piedziņas iedalās bezpakāpju un pakāpjveida. Izšķir galvenās kustības, padeves un palīgkustību piedziņas. Darbmašīnās var būt iebūvēts viens vai vairāki elektromotori, kas atsevišķi darbina galveno, padeves un palīgkustības. Vairāku elektromotoru izmantošana vienkāršo darbmašīnu piedziņu un atvieglo tās vadību. Metālapstrādes mašīnās agrāk galvenokārt izmantoja asinhronos 220/380 V trīsfāzu elektromotorus ar vienu vai vairākiem (2...4) rotācijas ātrumiem. Perspektīva ir elektropiedziņa ar līdzstrāvas elektromotoriem, kas pieļauj bezpakāpju rotācijas ātrumu regulēšanu. Ciparvadības darbmašīnu piedziņā izmanto līdzstrāvas soļu dzinējus.

Atkarībā no pārvadu veida piedziņa var būt mehāniska, hidrauliska, pneimatiska vai elektriska. Rotācijas un virzes kustības nodrošināšanai virpās, urbmašīnās, frēzmašīnās u.c. galvenokārt izmanto mehānisko piedziņu ar rotācijas ātrumu pakāpjveida vai bezpakāpju regulēšanu. Turpretī slīpmašīnās, caurvilkšanas mašīnās utt. virzes kustības nodrošināšanai lieto hidropiedziņu.

Mehāniskās piedziņas sastāv no atsevišķiem pārvadiem un dažiem specifiskiem mehānismiem, kas kopumā veido vairākas kinemātiskās ķēdes. To analīzei sastāda kinemātiskās shēmas.

4.2.2. Darbmašīnās biežāk lietotie pārvadi.

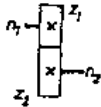
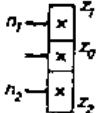
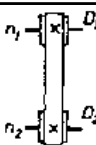
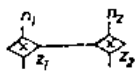
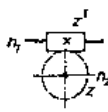
Par pārvadiem sauc mehānismus, kas pārnēs, vai pārveido un pārnēs kustību no viena mašīnas elementa uz citu. Darbmašīnās izplatīti ir zobpārvadi, gliemežpārvadi, siksnas, ķēdes, skrūves un zobstieņa pārvadi. To shēmas un pārnēsumu aprēķināšanas sakarības dotas 4.3.tabulā.

Kustības pārnešanai starp divām vārpstām, kas atrodas savstarpēji tuvu, lieto zobpārvadus. Izšķir cilindriskos un koniskos zobpārvadus. Cilindriskie zobratī var būt ar taisniem vai slīpiem zobiem. Cilindriskos zobpārvadus lieto kustības pārnešanai starp paralēlām vārpstām, koniskos - kustības pārnešanai starp savstarpēji perpendikulārām vārpstām. Zobpārvados vārpstas rotē pretējos virzienos. Lai nodrošinātu vārpstu rotāciju vienā virzienā, pārvadā ievieto starpzobratu, kas pārnēsuma skaitli neizmaina.

Zobpārvadu pārnēsumskaitļa vērtības ir ierobežotas. Lielāku pārnēsuma skaitli nodrošina gliemežpārvadi. Tiem pārnēsuma skaitļa vērtības pārsniedz 50...60 un pat vairāk. Tie piemēroti kustību pārnešanai starp perpendikulārām vārpstām virzienā no gliemeža uz gliemežratu. Gliemeža gājienu skaits var būt 1 vai 2, retāk 3 līdz 5

4.3.tabula

Pārvalu shēmas un aprēķina formulas

Pārvalda nosaukums	Shēma	Aprēķina formula	Apzīmējumi
Zobpārvalds		$n_2 = n_1 \frac{z_1}{z_2}$	z - zobratu zobu skaits n - rotācijas frekvence
Zobpārvalds ar starpzobratu		$n_2 = n_1 \frac{z_1 z_0}{z_0 z_2} = n_1 \frac{z_1}{z_2}$	z ₀ - starpzobrata zobu skaits
Siksnas pārvalds		$n_2 = \frac{D_1}{D_2} n_1$	D - skriemeļu diametrs, mm η - izslīdēšanas koeficients
Ķēdes pārvalds		$n_2 = n_1 \frac{z_1}{z_2}$	z - ķēdes zvaigznīšu zobu skaits
Gliemežpārvalds		$n_2 = n_1 \frac{z'}{z}$	z' - gliemeža gājienu skaits
Zobstieņa pārvalds		$V = n_1 m z$	V – pārviet. ātrums, mm/min. m - zoba modulis
Skrūves pārvalds		$V = n_1 p k$	p - vītnes solis, mm k - vītnes gājienu skaits

Siksnas pārvaldus lieto, lai pārnestu kustību starp paralēlām visbiežāk vienā virzienā rotējošām vārpstām, kas atrodas salīdzinoši lielā attālumā viena no otras. Galvenokārt tos izmanto kustības pārvešanai no

elektromotora uz darbmašīnas pārnēsūmkārbi. Izplatītākie ir ķīļsiksna pārvadi. Tie ekspluatācijā ir drošāki salīdzinot ar plakansiksna pārvadiem. Siksnas pārvadi izslīd un nenodrošina konstantu pārnēsūma skaitli. Izslīdēšanas koeficienta vērtības vidēji - $\eta = 0,98$.

Ķēdes pārvadus lieto kustības pārnešanai starp vārpstām, kas atrodas relatīvi lielā attālumā, kad ir nepieciešams nemainīgs pārnēsūmskaitlis. Darbmašīnās lieto veltnīšu un beztrokšņu ķēdes.

Skrūves pārvadu lieto rotācijas kustības pārveidošanai virzes kustībā. Metālapstrādes mašīnās to iebūvē, lai pārvietotu galdus, kamaniņas, suportus u.c. izpildelementus.

Zobstieņa pārvadus izmanto rotācijas kustības pārveidošanai virzes kustībā. Pārvads sastāv nozobrata un zobstieņa, retāk no gliemeža un zobstieņa. Darbmašīnās tos iebūvē, lai pārvietotu galdus un suportus.

4.2.3. Rotācijas ātrumu rindas metālapstrādes mašīnās.

Metālgriešanas mašīnu izpildelementu (darbvārpstu) rotācijas ātrumus var mainīt plašās robežās.

$$\frac{n_z}{n_1} = R,$$

kur n_z - darbvārpstas maksimālais rotācijas ātrums, min^{-1} ;

n_1 - darbvārpstas minimālais rotācijas ātrums, min^{-1} ;

R - rotācijas ātrumu regulēšanas diapazons.

Lielums R raksturo mašīnas universālītāti. Specializētajām darbmašīnām rotācijas ātrumu diapazons ir šaurs ($R = 5...30$), universālajām – plašāks. Urbjmašīnām un frēzmašīnām $R = 30...80$, virpām $R = 160...200$. Jaunākajās CNC mašīnās rotācijas ātrumu regulēšanas diapazons R ir ievērojami paplašināts.

Metālapstrādes mašīnām ar pakāpjveida piedziņu rotācijas ātrumu regulēšanas diapazons ir sadalīts pakāpēs: $n_1, n_2, n_3, ..., n_{z-1}$ un n_z . Pakāpes neizvēlas patvaļīgi. Tās sadalītas atbilstoši ģeometriskajai progresijai.

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{n_3}{n_2} = \frac{n_4}{n_3} = \dots = \frac{n_z}{n_{z-1}} = \varphi,$$

kur φ - ģeometriskās progresijas kvocients.

No izteiksmes

$$n_2 = n_1 \varphi; \quad n_3 = n_2 \varphi = n_1 \varphi^2; \quad n_4 = n_3 \varphi = n_1 \varphi^3; \quad n_z = n_1 \varphi^{z-1}.$$

$$\varphi = \sqrt[z]{\frac{n_z}{n_1}} = \sqrt[z]{R}.$$

Pēc šīm sakarībām var aprēķināt jebkuru rotācijas ātruma pakāpi, kopējo pakāpju skaitu un to regulēšanas diapazonu, kā arī noteikt ģeometriskās progresijas kvocientu.

Rotācijas ātrumu izvēlei pēc ģeometriskās progresijas ir tā priekšrocība, ka relatīvais griešanas ātruma zudums saglabājas nemainīgs visā ātrumu diapazonā, izvēloties par vienu pakāpi zemāku rotācijas ātrumu. Relatīvo griešanas ātruma zudumu Δ_v blakus esošiem rotācijas ātrumiem aprēķina:

$$\Delta_v = \frac{V_2 - V_1}{V_2} = 1 - \frac{V_1}{V_2} = 1 - \frac{n_1}{n_2} = 1 - \frac{n_1}{n_1 \varphi} = \frac{\varphi - 1}{\varphi}.$$

Relatīvo griešanas ātruma zudumu aprēķina procentos:

$$A = \Delta_v 100\% = \frac{\varphi - 1}{\varphi} 100\%.$$

Metālapstrādes mašīnu rotācijas ātrumu rindas veido pēc standartizētām kvocientu vērtībām un tām atbilst noteikts relatīvais griešanas ātruma zudums procentos:

φ	1,06	1,12	1,26	1,41	1,58	1,78	2,0
A, %	5	10	20	30	40	45	50

Kvocientu 1,12 izmanto, projektējot automātus un pusautomātus, kvocienus 1,26; 1,41; 1,58 un 1,78 -, projektējot universālās metālgriešanas mašīnas. Piemēram, virpu 1K62 un 1A62 rotācijas ātrumu rindas kvocients $\varphi = 1,26$, frēzmašīnas 6H81 un urbja mašīnas 2B118 - $\varphi = 1,41$. Rotācijas ātrumu rindas ar kvocientiem 1,06 un 2,0 lieto ļoti reti.

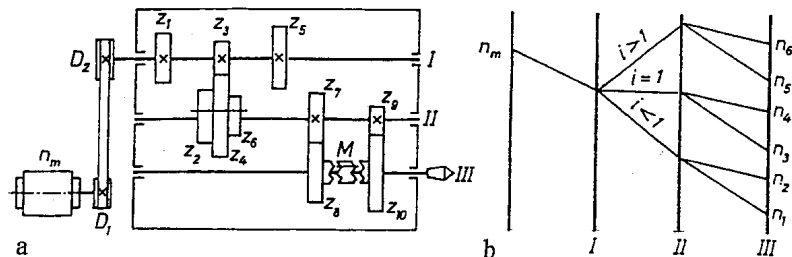
4.2.4. Metālgriešanas mašīnu pārnenumkārbas.

Metālgriešanas mašīnās rotācijas ātrumu maiņai iebūvē pārnenumkārbas. Tām ir plašs rotācijas ātrumu regulēšanas diapazons, lielu jaudu pārvadīšanas iespējas, vienkārša apkalpošana un augsts darba drošums.

Pārnenumkārbas sastāv no pārvadiem un mehānismiem, kas veido vairākas kinemātiskās ķēdes. Izšķir pārnenumkārbas ar pārbīdāmiem zobratu blokiem un ar sajūgiem. Biežāk lieto kombinētās pārnenumkārbas, kurās rotācijas ātrumus maina, gan pārbīdot zobratu blokus, gan saslēdzot sajūgus (4.1.att.a).

Kustību no elektromotora uz pārnenumkārbas primāro vārpstu (I) pārnēs siksnas pārvads. Primārā vārpsta rotē ar nemainīgu ātrumu. Uz vārpstas ar ierīevjiem nekustīgi nostiprināti trīs zobrati ar zobu skaitu z_1 , z_3 un z_5 . Uz vārpstas II uzmontēts pa rievām pārbīdāms zobratu bloks ar zobu skaitu z_2 ; z_4 un z_6 . Saslēdzot pakāpeniski sazobē zobratu pārus z_2 ar z_1 , z_4 ar z_3 vai z_6 ar z_5 , vārpsta (II) iegūst trīs dažādus rotācijas ātrumus.

Papildus uz otrās vārpstas ar ierievjiem nekustīgi nostiprināti zobrati z_7 un z_9 . Tie atrodas pastāvīgā saizē ar zobratiem z_8 un z_{10} , kas brīvi rotē uz darbvārpstas (III). Pārbīdot pa ierievi sajūgu pa labi vai kreisi, darbvārpsta saņem rotācijas kustību caur vienu vai otru zobratu pāri. Pārnesumkārbā darbvārpstai nodrošina sešas rotācijas ātruma pakāpes.



4.1. att. Pārnesumkārbas ar pārbīdāmu zobratu bloku un sajūgu shēma:
a - kinemātiskā shēma; b - rotācijas frekvenču grafiks.

Darbvārpstas rotācijas ātrumu aprēķina:

$$n_d = n_m i,$$

kur n_d - darbvārpstas rotācijas ātrums, min^{-1} ;
 n_m - elektromotora rotācijas ātrums, min^{-1} ;
 i - kinemātiskās ķēdes pārnesuma skaitlis.

Kinemātiskās ķēdes pārnesuma skaitli veido atsevišķu pārvadu pārnesuma skaitļu reizinājums:

$$i = i_s i_1 i_2,$$

kur i_s - siksnas pārvada pārnesuma skaitlis;
 i_1 - pirmā zobratu pāra (starp I un II vārpstu) pārnesuma skaitlis;
 i_2 - otrā zobratu pāra (starp II un III vārpstu) pārnesuma skaitlis.

Jebkuru rotācijas ātrumu iespējams aprēķināt pēc vispārīgā veidā dotā kinemātisko ķēžu vienādojuma:

$$n_d = n_m \frac{D_1}{D_2} \times \frac{z_1}{z_2} \times \frac{z_3}{z_4} \times \frac{z_5}{z_6} \times \frac{z_7}{z_8} \times \frac{z_9}{z_{10}}.$$

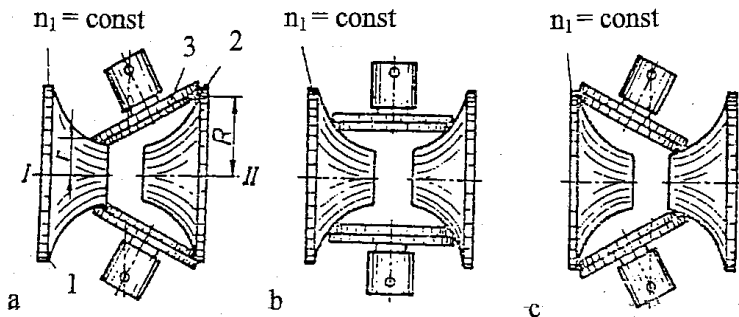
4.2.5. Rotācijas ātrumu grafiki.

Uzskatāmu priekšstatu par pāresumkārbu kinemātiku sniedz rotācijas ātrumu grafiki. Tie aptver kinemātiskās ķēdes visām rotācijas ātrumu pakāpēm. Pēc grafikiem var noteikt pārvadus, kas pāres kustību, un ērti sastādīt kinemātisko ķēžu vienādojumu jebkuram no rotācijas ātrumiem.

Grafiku veido vairākas vienādos attālumos novilkta vertikāles (4.1.att.b). To skaits atbilst vārpstu skaitam piedziņā. Pirmā vertikālē parasti attiecas un elektromotora vārpstu, vai arī atsevišķos gadījumos uz pāresumkārbas primāro vārpstu, bet pēdējā vertikālē atbilst darbivārpstai. Uz vertikālēm logaritmiskajā mērogā atliekti rotācijas ātrumi. Lielākam ātrumam atbilst augstāks punkts uz vertikālēs. Tā kā metālgriešanas mašīnu darbivārpstas rotācijas ātrumus izvēlas pēc ģeometriskās progresijas, tad attālumi starp punktiem uz vertikālēm ir vienādi. Savienojot pāresuma skaitļiem atbilstošos vertikāļu punktus, iegūst kinemātisko ķēžu tīklu. Ja pāresuma skaitlis $i = 1$, tad tīkla līnijas ir horizontālas; ja $i > 1$, tad līnijas vērstas slīpi uz augšu, bet, ja $i < 1$, tās vērstas uz leju. Paralēlām līnijām atbilst vienādi pāresuma skaitļi.

4.2.6. Rotācijas ātrumu bezpakāpju regulēšana.

Darbmašīnu tehniskās iespējas paplašinās, izmantojot bezpakāpju piedziņu. To nodrošina galvenajā piedziņā iebūvējot variatorus. Tie kustību pāres, izmantojot berzi starp pārvadu elementiem. Plašāk izplatīti ir divu tipu variatori, kas piemēroti maza un vidēja lieluma universālajām darbmašīnām.



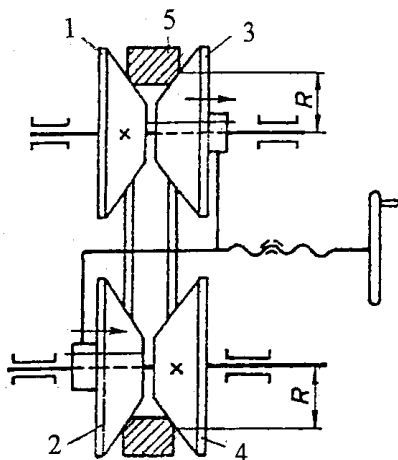
4.2. att. Variatora ar berzes rullīšiem darbības shēma:

a - $n_2 < n_1$; b - $n_2 = n_1$; c - $n_2 > n_1$; 1 - dzenošais disks;

2 - dzenamais disks; 3 - piespiedējruļītis.

Variators ar berzes rullīšiem sastāv no diviem tērauda diskām (dzenošā un dzītā) un diviem piespiedējruļļīšiem (4.2.att.). Disku darba virsmas izgatavotas ieliekas un tie novietoti viens pret otru ar gala virsmām. Diskiem atspere piespiež divus berzes rullīšus. Dzenošais disks rotē ar nemainīgu ātrumu, bet dzītā diska rotācijas ātrumu nosaka piespiedējruļļīšu rotācijas ass virziens. Mainot rullīšu ass leņķi, izmainās dzītā diska rotācijas ātrums. Variatori piemēroti jaudu pārnešanai līdz 25 kW, bet tie izslīd, izslīdēšanas koeficienta vērtības - 0,96...0,98.

Variatori ar diviem berzes disku pāriem piemēroti piedziņai starp paralēlām vārpstām. Vienu no disku pāriem nostiprina uz dzenošās, bet otru - uz dzītās vārpstas. Disku pāri sastāv no diviem elementiem, no kuriem viens nostiprināts uz vārpstas nekustīgi, bet otrs pārbīdāms pa ierīvi. (4.3.att.). Kustību no vienas vārpstas uz otru pārnēs tērauda gredzens vai sikсна.



4.3. att. Variators ar regulējamiem berzes diskām:

1 un 4 - nekustīgie disku elementi; 2 un 3 - pārbīdāmie disku elementi; 5 - gredzens.

Rotācijas ātrumus dzītājai vārpstai izmaina, tuvinot vai attālinot disku pāra elementus. Regulēšanu veic mehānisms, kas sastāv no diviem skrūves pārvadiem. Tuvinot diska elementus vienā pāri, otrā tie attālinās.

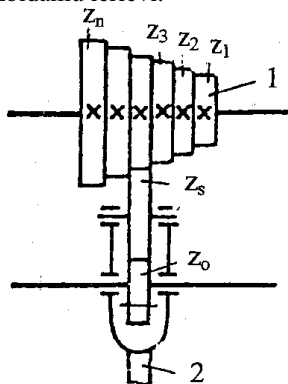
Perspektīva ir rotācijas frekvenču bezpakāpju regulēšana, izmantojot hidromotorus un līdzstrāvas elektromotorus. Līdzstrāvas elektromotoru frekvenču regulēšanas diapazons $R = 10...15$.

4.3. TIPISKIE METĀLGRIEŠANAS MAŠĪNU MEHĀNISMI

4.3.1. Padevju mehānismi.

Metālapstrādes mašīnās padevju maiņai iebūvē padevju kārbas. Dažos gadījumos to uzbūve neatšķiras no pārnesumkārbu uzbūves (piemēram, frēzmašīnu padeves kārbas). Tomēr vairāku darbmašīnu padevju kārbās iebūvē mehānismus, kas raksturojas ar kompaktu uzbūvi un plašām padevju regulēšanas iespējām, bet tie nav piemēroti lielām slodzēm.

Nepārtraukto padevju nodrošināšanai virpu padevju kārbās iebūvē mehānismus ar zobratu konusu (Nortona mehānismu), bet urbja mašīnās - zobratu mehānismus ar izbīdāmu ierīvi.



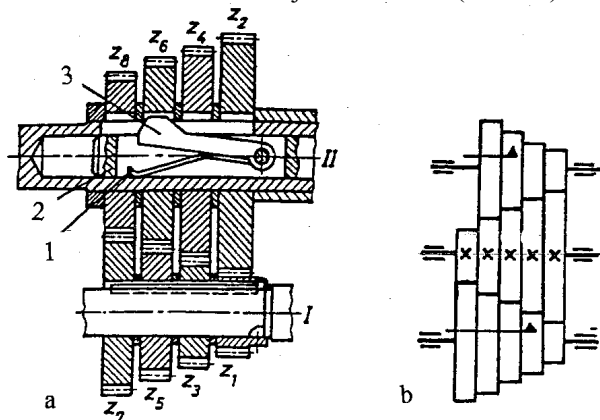
4.4. att. Mehānisma ar zobratu konusu shēma:

1 - zobratu konuss; 2 – dakša; $z_1, z_2, \dots, z_n$ – zobratu konusa zobrati; z_0 – pa vārpstu pārbīdāms zobrats; z_s – dakšas zobrats..

Mehānismā ar zobratu konusu uz vienas no vārpstām uzmontēta dakša un zobrats z_0 (4.4.att.). Zobrats z_0 atrodas pastāvīgā sazonē ar dakšas zobratu z_s . Uz otrās vārpstas ar ierīvi nekustīgi nostiprināts zobratu bloks. Zobratu skaits blokā var būt 6...12 (zobratu konuss). Atceļot dakšu un pārbīdot, zobratu z_s var saslēgt sazonē ar jebkuru no otrās vārpstas zobratiem. Pie liela zobratu skaita konusā, palielinās dakšas un vārpstu garumi. Palielinās spēka moments uz vārpstām, kas samazina mehānisma stiprību.

Mehānismā ar izbīdāmu ierīvi uz vienas no vārpstām nekustīgi nostiprināti 3...5 zobrati (4.5.att.a). Tie atrodas pastāvīgā sazonē ar otrās vārpstas zobratiem. Otrā vārpsta ir ar centrālu urbumu, kurā iemontēts

pārbīdāms ierīvis. Tam pievienots bīdstienis. To darbina zobstieņa pārvads un svira. Iebīdot ierīvi kādā no zobratiem, to nofiksē ar atsperi. Divu zobratu vienlaicīgu saslēgšanu novērš starpgredzeni, kas iemontēti starp zobratiem. Rotācijas ātrumu pakāpju skaitu palielina, apvienojot vienā blokā divus izbīdāmā ierīvja mehānismus (4.5.att.b)



4.5. att. Mehānisms ar pārbīdāmu ierīvi:
a - mehānisma uzbūve; b - divu apvienotu mehānismu shēma; 1 - atsperi; 2 - ierīvja bīdstienis; 3 - ierīvis.

Pārtrauktas padeves izmanto ēvelmašīnās un tēsējmašīnās un tās nodrošina sprūdrata mehānisms (4.6.att.). Mehānismam uz padeves skrūves nekustīgi nostiprināts sprūdrats, bet brīvi uzmontēta svira ar sprūdu. Uz piedziņas vārpstas nostiprināts disks ar ekscentrisku pirkstu. Svira un pirksts savienoti ar stiepni. Piedziņas diskam rotējot, svira caur stiepni iegūst svārstību kustību. Svirai svārstoties, sprūds pagriež sprūdratu un padeves skrūvi. Padeves virzienu maina, pagriežot sprūdu par 180° . Padeves lielumu var mainīt divos veidos: pirmkārt, izmainot piedziņas diska pirksta ekscentritāti, kas maina sviras svārstību amplitūdu, vai otrkārt, pagriežot čaulu, ar ko regulē sprūda aizķerto zobu skaitu:

$$i = \frac{x}{z}; \quad n_2 = n_1 \frac{x}{z},$$

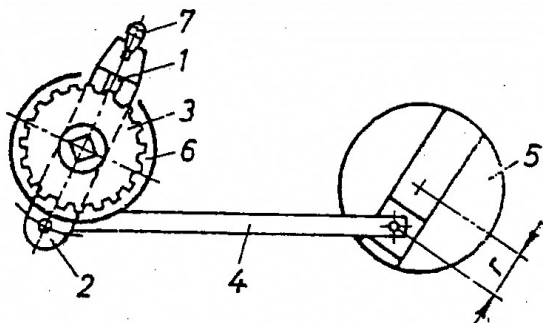
kur i - pārnesumskaitlis;

x - aizķerto zobu skaits piedziņas diska vienā apgriezienā;

z - sprūdrata zobu skaits;

n_2 - sprūdrata rotācijas ātrums, min^{-1} ;

n_1 - piedziņas diska rotācijas ātrums, min^{-1} .



4.6. att. Sprūdrata mehānisms:

1 - sprūds; 2 - svira; 3 - sprūdrats; 4 - stiepnis; 5 - piedziņas disks; 6 - čaula; 7 - rokturis mēhānisma izslēgšanai un kustības virziena maiņai.

Speciālajās metālgriešanas mašīnās un automātos padevju maiņai izmanto maiņzobratu ģitāras. Tās saglabātas arī universālajās virpās un lieto īpaši precīzu un speciālo vītņu uzgriešanai.

4.3.2. Kustību summējošie mehānismi.

Divu dzenošo kustību summēšanai metālapstrādes mašīnās lieto diferenciālmehānismus. Plašāk izmanto konisko diferenciālmehānismu (4.7.att.). To iebūvē zobu iegriešanas frēzmašīnās.

Koniskais diferenciālis sastāv no zobratiem z_1 un z_4 , satelītiem z_2 un z_3 un vadīklas C . Zobratiem $z_1...z_4$ ir vienāds zobu skaits. No trim diferenciāla locekļiem jebkuri divi locekļi ir dzenošie, bet trešais - dzenamais loceklis. Pārnesumskaitlis ir atkarīgs no diferenciāļa ieslēgšanas kinemātiskajā ķēdē. To nosaka pēc Villisa formulas:

$$\frac{n_4 - n_c}{n_1 - n_c} = -1,$$

kur n_1 un n_4 - zobratu z_1 un z_4 rotācijas ātrums, min^{-1} ;
 n_c - vadīklas rotācijas ātrums, min^{-1} .

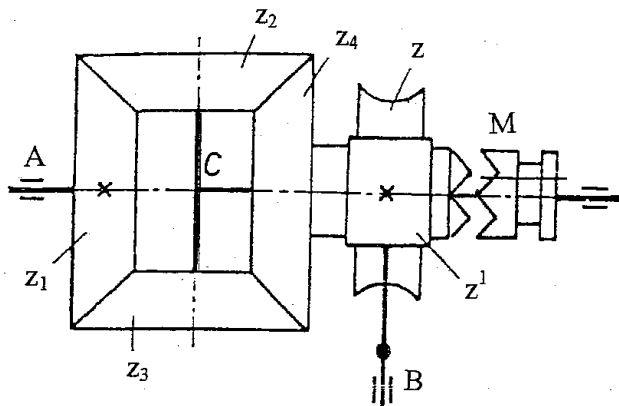
Izteiksmi pārveidojot:

$$n_4 - n_c = - (n_1 - n_c).$$

Mīnus zīme norāda dzenamās vārpstas rotācijas virzienu (vārpstas griežas pretējos virzienos).

Diferenciālis neietekmē rotācijas ātrumu, kad gliemežpārvalu izslēdz no sažobes un ieslēdz sajūgu M . Vadīkla un zobrats z_4 rotē vienoti, un mehānisma pārnesumskaitlis $i = 1$. Diferenciāli ieslēdz,

ievadot sažobē gliemezi un izslēdzot sajūgu. Kad gliemēžpārvars kustību nepārnēs ($n_4 = 0$) un dzenošais loceklis ir z_1 , tad mehānisma pārnēsumskaits $i = 1/2$.



4.7. att. Diferenciālmehānisms:

A - vārpsta; B - gliemēžpārvars; C - vadītā; M - sajūgs; z - gliemēžrats; z^1 - gliemēzis; zobratī z_1 un z_4 ; satelīt zobratī z_2 un z_3 .

To pierāda sakarība:

$$-n_c = -(n_1 - n_c); \quad n_c = \frac{n_1}{2}; \quad i = \frac{n_c}{n_1} = \frac{1}{2}.$$

Ja dzenošais loceklis ir vadītā, tad pārnēsumskaits $i = 2$, to atrod pēc sakarībām:

$$n_1 = 2n_c; \quad i = \frac{n_1}{n_c} = 2.$$

Summāro vadītā rotācijas ātrumu, kad $n_4 \neq 0$ (kustību pārnēs arī gliemēžpārvars), atrod:

$$n_c = \frac{n_1 + n_4}{2}; \quad n_4 = n_b \frac{z^1}{z},$$

kur n_b - gliemēžvārpstas rotācijas ātrums, min⁻¹;

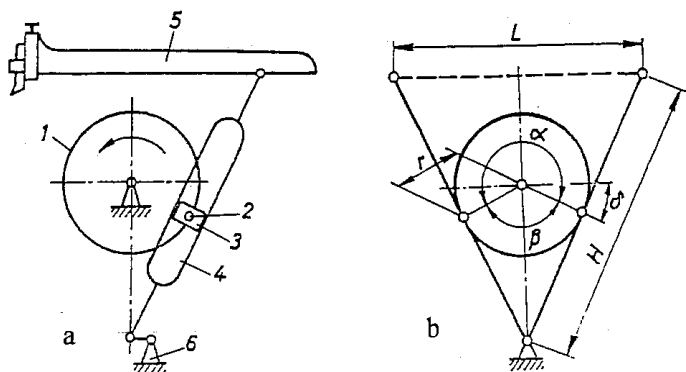
z^1 - gliemēža gājienu skaits;

z - gliemēžrata zobu skaits.

4.3.3. Kulises mehānisms.

Kulises mehānismu iebūvē šķērsēvelmašīnās, lai rotācijas kustību pārveidotu lineārā turp atpakaļ virzes kustībā. Mehānisms sastāv no kulises zobrata ar ekscentrisku pirkstu. Uz tā uzmontēts kulises akmens, kas slīd pa kulisi (4.8.att.). Kulises augšgals savienots ar slīdni, bet

apakšgals ar šarnīra starpniecību pievienots statnei. Kulises zobrata viena apgrieziena laikā kulises akmens veic pilnu apli un svārsta kulisi ap centru pa labi un pa kreisi. Vienlaikus slīdnis veic pilnu gājienu uz priekšu un atpakaļ.



4.8. att. Kulises mehānisms:

- a - mehānisma shēma; b - kustības parametri; 1 - kulises zobrats;
2 - ekscentriskais pirksts; 3 - kulises akmens; 4 - kulise; 5 - slīdnis;
6 - statne.

Ekscentriskā pirksta attālumu no centra var mainīt. Vienlaicīgi izmainās kulises svārstību amplitūda un slīdņa gājiena garums. Slīdņa dubultgājiena laiks t ir vienāds ar kulises zobrata pilna apgrieziena laiku, un to aprēķina:

$$t = \frac{1}{n_x} = t_d + t_b = \frac{\alpha}{360} \frac{1}{n_x} + \frac{\beta}{360} \frac{1}{n_x},$$

kur n_x - kulises zobrata rotācijas ātrums, min^{-1} ;

t_d - darba gājiena ilgums, min;

t_b - brīvģājiena ilgums, min;

α - leņķis, ko kulises pirksts veic darba gājienā;

β - leņķis, ko kulises pirksts veic brīvģājienā (4.9.att.b).

$$\alpha = 180^\circ + 2\delta; \quad \beta = 180^\circ - 2\delta; \quad \text{tg} \delta = \frac{L}{2H},$$

kur L - kulises gājiena garums, mm;

H - kulises garums, mm.

Kulises mehānisma nodrošinātais slīdņa kustības ātrums nav vienmērīgs. Tas mainās robežās no nulles līdz maksimālajam, un otrādi. Vidējo slīdņa kustības ātrumu V_v aprēķina:

Kulises mehānisma priekšrocība ir tā, ka brīvgājiena vidējais ātrums $V_{b \max}$ ir lielāks par darba gājiena vidējo ātrumu $V_{d \text{ vid.}}$:

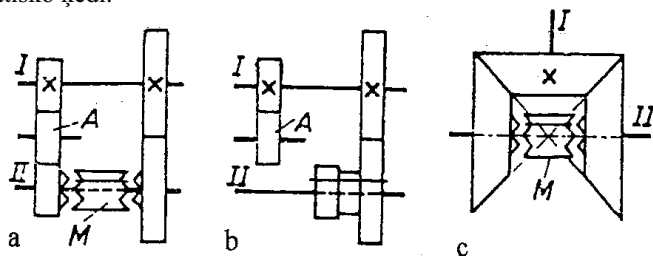
Darba un brīvģājiena maksimālos kustības ātrumus aprēķina:

$$V_{d-\max} = \frac{n_x L \cos \delta}{1000(1 + \frac{L}{2H})}; \quad V_{b-\max} = \frac{n_x L \cos \delta}{1000(1 - \frac{L}{2H})}.$$

Metālapstrādes mašīnās izpildelementu ieslēgšanai un izslēgšanai izmanto sajūkus. Izšķir berzes un izciļņu sajūkus. Berzes sajūgi ļauj kustību ieslēgt, neizslēdzot piedziņu. Tie ieslēdzas laideni - bez triecieniem un rāvieniem, pārslodzes gadījumos izslīd un novērš mehānismu bojāšanu. To konstruktīvais izveidojums ir atšķirīgs. Sajūgi var būt ar mehānisko vai elektromagnētisko ieslēgšanu.

Berzes sajūgiem ir salīdzinoši sarežģīta uzbūve un ierobežotas pārvadāmās jaudas. Berzes virsmām nodilstot, tie ir periodiski jāregulē. Vienaļķus ar berzes sajūgiem metālapstrādes mašīnās lieto arī izciļņu un zobu sajūgus. Tie ir droši ekspluatācijā un ar vienkāršu uzbūvi.

Izpildelementu pārslodžu novēršanai darbmāšīnās iebūvē drošības sajūgus. Tie pārslodzēs izslīd, bet pārslodzēm izbeidzoties atjauno kinemātisko ķēdi.



4.9. att. Reversmehānismu shēmas:

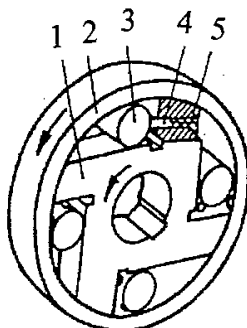
a - ar sajūgu; b - ar zobratu bloku;
c - ar koniskajiem zobratiem un sajūgu.

Lai izmainītu izpildelementu kustības virzienu, metālapstrādes mašīnās iebūvē reversijas mehānismus. Tos izmanto galvenās un padeves piedziņas kinemātiskajās ķēdēs. Kustības reversēšanai starp paralēlām vārpstām lieto mehānismus ar pārbīdāmu zobratu bloku vai ar sajūgu

(4.9.att.). Ja dzītā vārpsta kustību saņem caur starpzobratu, tad vārpstas rotē vienā virzienā, ja tā kustību saņem tieši, tad vārpstas rotē pretējos virzienos.

Kustības reversēšanai starp perpendikulārām vārpstām lieto reversmehānismu ar koniskiem zobratiem un sajūgu (4.9.att.c).

Metālapstrādes mašīnās dažkārt ir nepieciešams, lai vienam izpildelementam piešķirtu divus rotācijas ātrumus - mazāku darba kustībām un lielu palīgkustībām. Gadījumos, kad rotācijas ātrumus ir jāizmaina bieži, darbmašīnās iebūvē piedziņas apstēdzes sajūgus. Tie ļauj ieslēgt ātrgaitas kinemātisko ķēdi, neizslēdzot lēnās gaitas ķēdi (4.10.att.). Apstēdzes sajūgus izmanto virpās, frēzmašīnās u.c., lai ieslēgtu paātrinātās padeves, neizslēdzot darba padeves



4.10. att. Piedziņas apstēdzes sajūgs:

1 - krustenis; 2 - čaula; 3 - rullīši; 4 - piespiedēji; 5 - atsperes

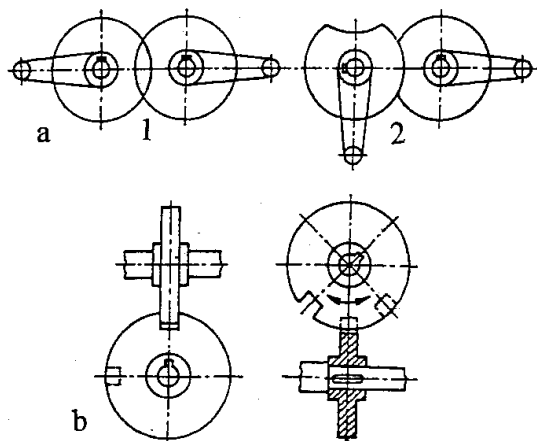
Lai vienlaikus nesaslēgtu divas kinemātiski nesavienojamas kustības, piemēram, virpas suporta vienlaicīgu piedziņu ar vadvārpstu un vadskrūvi, darbmašīnās iebūvē bloķēšanas mehānismus. To konstruktīvais risinājums var būt dažāds (4.11.att.). Ja viena mehānisma ieslēgšanas rokturis atrodas neitrālā stāvoklī, var ieslēgt jebkuru no tiem, bet, ja viens no mehānismiem ir ieslēgts, otru rokturi ieslēgt nav iespējams.

4.4. METĀLGRIEŠANAS MAŠĪNU APKALPOŠANA

4.4.1. Metālapstrādes mašīnu uzstatīšana uz pamatiem un piestrāde.

Darbmašīnu drošuma un bez atteices darba garants ir atbilstošu pamatu izvēle un izveidošana. Pirmajā grupā ietilpst vieglās un vidējās normālās precizitātes metālapstrādes mašīnas ar monolītām statnēm, kam galvenā kustība ir rotācija (virpas, urbmašīnas, frēzmašīnas). Tās pieļauj

uzstatīt uz betona grīdas vai starp stāvu pārseguma, neveidojot padziļinātus pamatus. Vienīgi ir nepieciešams, lai zem statnes izveidotu betona javas lējumu.



4.11. att. Bloķēšanas mehānismi:

- a - starp paralēlām vārpstām; b - starp perpendikulārām vārpstām;
1 - sviru neitrālais stāvoklis; 2 - kad viena no svirām ieslēgta.

Otro grupu veido paaugstinātas precizitātes darbmašīnas, kā arī mašīnas, kam izpildelementi funkcionē turp atpakaļ virzes kustībā (ēvelmašīnas, tēsējmašīnas u.c.). Tām ir nepieciešami pastiprināti pamati, kas novērš vibrāciju pārnesei uz blakus darbmašīnām.

Pamatus veido atbilstoši montāžas rasējumiem. Pamatu dziļumu nosaka mašīnas tips, masa un grunts sastāvs, tos izvēlas 0,4...0,8 m robežās.

Vispirms veic grunts rakšanas darbu. Pēc to pabeigšanas, uzsāk betonēšanu. Betona sastāvā cementa, smilšu un šķembu maisījums, attiecībā $1 : 3 : 5$, bet īpaši atbildīgiem pamatiem - $1 : 2 : 3$. Betonu iepilda un nobietē atsevišķās kārtās. Darbus veic bez pārtraukumiem. Pamatu augstumam virs grīdas ir jābūt apmēram 100 mm, to virsmas jābūt līdzenai un gludai. Skrūvju vietās ievieto slīpus koka klučus. Kad betons sāk cietēt, klučus izkustina un izņem, lai tie neuzbriestu, bet atbrīvotos caurumus pārsedz, lai pasargātu no piegružošanas. Uzstādot mašīnas uz betona grīdas vai starp stāvu pārseguma, skrūvju ligzdas izkaļ grīdā.

Darbmašīnas uz pamatiem novieto pēc betona daļējas sacietēšanas (pēc 6...8 dienām). Ligzdās ievieto skrūves. Mašīnas līmeņo uz statnes vai galda novietojot līmeņrādi. Ja konstatētas novirzes, zem statnes dzen tērauda ķīļus, kuru slīpums $5^{\circ}...7^{\circ}$. Statnei ir jābalstās uz visiem ķīļiem.

Pēc izlīmeņošanas zem statnes iepilda cementa un smilšu maisījumu (attiecībā 1 : 3), kā arī aizlej skrūvju ligzdas. Lai nodrošinātu labāku svaigās javas saķeršanos ar sacietējošo masu, pamatus samitrina.

Līmeņošanas pakāpi nosaka darbmašīnas tips un precizitātes klase. Tā dota darbmašīnu pavaddokumentos. Ja līmeņošanas precizitāte nav uzrādīta, tad novirzes no horizontāles nedrīkst pārsniegt **0,04 mm** uz **1000 mm**.

Pēc betona masas pilnīgas sacietēšanas pievelk stiprināšanas skrūvju uzgriežņus. Darbmašīnas attīra no konservantiem, eļļas un putekļiem. To darbvirsmas viegli ieeļļo.

Augstas un īpaši precīzās metālapstrādes mašīnas novieto atsevišķi no pārējām izolētās telpās, kur gaisa temperatūra ir 20 °C un svārstības nepārsniedz $\pm 0,5 \dots 1$ °C.

Atjaunotās (pēc remonta) darbmašīnas pēc uzstāšanās uz pamatiem piestrādā. Piestrādi uzsāk bez slodzes, darbinot darbmašīnu tukšgaitā 2...3 min ar katru no darbvārpstas rotācijas ātrumiem. Pēc tam piestrādi turpina zem slodzes, izvēloties atbilstošus režīmus. Slodzi palielina pakāpeniski. Elektromotoru pārslodzi pieļauj ne vairāk par 10 % no nominālās jaudas. Pārbaudes gaitā nav pieļaujama sajūgu izslīdēšana un piedziņas izslēgšanās. Pārvadiem ir jādarbojas bez liekiem trokšņiem, kļaudzieniem un vibrācijām. Pārbaudes laikā tie nedrīkst sakarst.

4.4.2. Metālgriešanas mašīnu tehniskās apkopes un remonts

Darbspēju saglabāšana nav iespējama bez mašīnu pareizas apkalpošanas un remonta organizācijas. Pasākumu kopumu, kas saistīta ar metālapstrādes mašīnu tehnisko apkalpošanu un remontu atbilstoši noteikumiem noteiktos termiņos un pilnā apjomā, sauc par plānoto profilaktisko remontu sistēmu. Sistēma paredz vairākus darbmašīnu apkalpošanas pasākumus: mašīnu apskates, mazgāšanu, eļļas papildināšanu un nomaiņu, precizitātes pārbaudes, un plānotos remontus.

Mašīnu mazgāšanas periodiskumu nosaka ekspluatācijas apstākļi. Paaugstinātas precizitātes mašīnas mazgā ik pēc 190 darba stundām, ar abrazīvajiem instrumentiem strādājošās mašīnas - pēc 380, bet pārējās - pēc 750 darba stundām. Mazgāšanas gaitā iztīra eļļas filtrus, maģistrāles un eļļošanas urbumus. Nepieciešamības gadījumos nomaina blīvējošos elementus. Eļļas papildināšanu veic pēc vajadzības, bet nomainu atbilstoši izstrādātam grafikam, kas saskaņots ar mašīnas periodiskām apskatēm un remontiem.

Metālgriešanas mašīnu apskates veic laikā starp plānotajiem remontiem. To uzdevums ir novērtēt mašīnu tehnisko stāvokli, darbvirsmu nodilumu un noteikt nepieciešamos priekšdarbus plānotajam

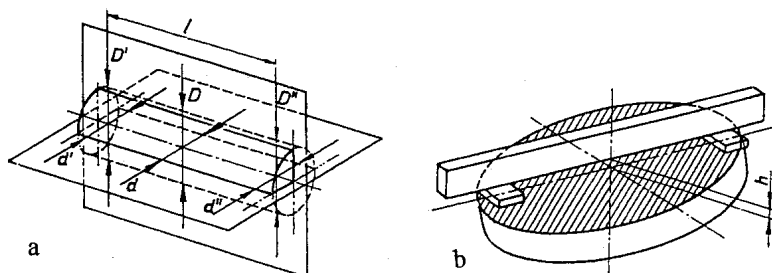
remontam. Nepieciešamības gadījumos novērš nelielus defektus, kas traucē mašīnas tālāku izmantošanu līdz plānotajam remontam.

Metālgriešanas mašīnām ir paredzēti trīs remonta veidi: mazais, vidējais un kapitālais. Mazajā remontā, noregulē atsevišķu mezglu un mehānismu darbību, nepieciešamības gadījumos nomainot atsevišķas detaļas. Remonta darba apjoms ir minimāls. Vidējā remontā atsevišķus mežglus izjauc daļēji vai pilnīgi, atjaunojot to darbības atbilstoši tehniskajiem noteikumiem. Mazo un vidējo remontu veic, darbmašīnas nenomontējot no pamatiem. Kapitālajā remontā mašīnas mežglus izjauc pilnīgi un nolietotās detaļas nomaina vai atjauno. To veic darbmašīnas noņemot no pamatiem specializētās remonta rūpnīcās vai cehos. Kapitālajā remontā mašīnas atgūst darbības pilnā apjomā atbilstoši tehniskajiem noteikumiem.

4.4.3. Metālgriešanas mašīnu precizitātes pārbaudes.

Darbmašīnu tehnisko stāvokli un tālākas ekspluatācijas iespējas nosaka, veicot periodiskas precizitātes pārbaudes. Izšķir pārbaudes pēc izgatavotā parauga un ģeometriskās precizitātes pārbaudes.

Pārbaudi pēc izgatavotā parauga visbiežāk veic pirms mazajiem remontiem, lai noteiktu darbmašīnas tālākās izmantošanas iespējas. Pirms pārbaudes ar attiecīgo metālapstrādes mašīnu izgatavo kontroles paraugus un nosaka to atbilstību ģeometriskai formai (4.12.att.). Cilindriskiem paraugiem mēra ovālumu un koniskumu, bet plakaniem paraugiem novirzes no plakanparalelītātes.



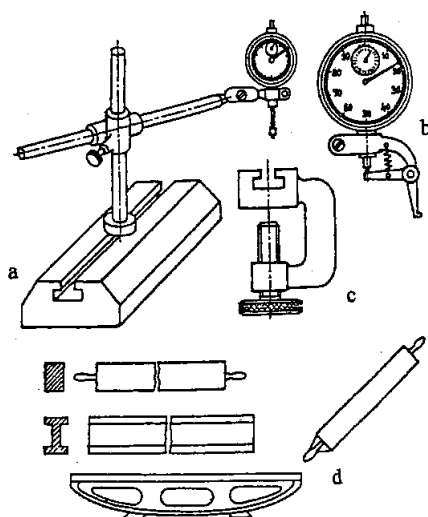
4.12. att. Mērījumu shēmas precizitātes pārbaudei pēc izgatavotā parauga:
a - cilindrisku virsmu pārbaudē, b - plakānu virsmu pārbaudē.

Pieļaujamās novirzes ir atkarīgas no mašīnas tipa, gabarītiem un precizitātes klases. Piemēram, virpām ar centra augstumu līdz 400 mm ovālumu pieļauj līdz 0,01 mm, bet koniskumu līdz 0,03 mm uz 300 mm

garumu. Pārbaudes paņēmieni pēc izgatavotā parauga ir vienkāršs un viegli veicams, bet tas neļauj noteikt palielināto noviržu cēloņus.

Pirms un pēc vidējiem un kapitālajiem remontiem metālapstrādes mašīnām pārbauda ģeometrisko precizitāti. Pārbaude ir darbietilpīga, tai ir nepieciešami vairāki specifiski instrumenti un ierīces, bet tā dod pilnu priekšstatu par atsevišķu darbmašīnas mezglu tehnisko stāvokli. Pārbaudēs izmanto: pulksteņa tipa indikatorus ar statīvu, dažāda profila pārbaudes lineālus, stūreņus, līmeņrādi, mērklucīšu komplektu un katrai darbmašīnai atbilstošus pārbaudes tapņus. (4.13.att.).

Ģeometriskās precizitātes pārbaudēs virpām nosaka darbvārpstas rotācijas precizitāti un tās rotācijas ass paralelītāti pret vadotnēm, suporta un pārvietojamā balsta pārvietošanās paralelītāti, vadotņu plakanparalelītāti un perpendikularitāti utt.



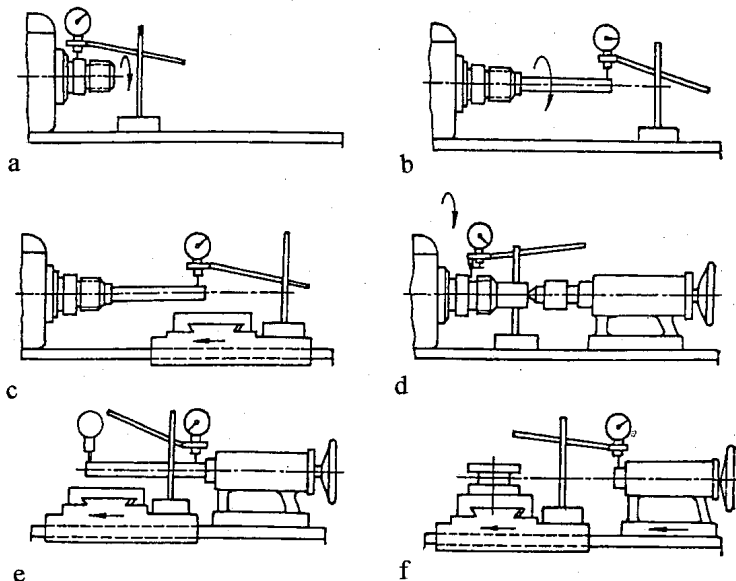
4.13. att. Daži ģeometriskās precizitātes pārbaudes instrumenti:

- a – statīvs; b – pulksteņa tipa indikators; c – skava statīva nostiprināšanai; d – dažāda profila pārbaudes lineāli.

Pārbaudot darbvārpstas radiālo mēšanos, statīvu ar pulksteņa tipa indikatoru nostiprina uz virpas statnes vai suporta. Indikatora mētaustu pievērza darbvārpstas kakliņam. Lēni griežot darbvārstu un veicot pilnu apgriezianu, nolasa indikatora rādītāja novirzi (4.14.att.a). Virpām ar centra augstumu līdz 400 mm darbvārpstas radiālo mēšanos pieļauj ne vairāk kā 0,01 mm, bet lielāka izmēra virpām - 0,02 mm. Analogi

pārbauda darbvārpstas atmales aksiālo mešanos slogotā un neslogotā stāvoklī (14.att.d).

Darbvārpstas koniskā urbuma mešanos nosaka, urbumā nostiprinot pārbaudes tapni un izmērot tā mešanos (14.att.b).



4.14. att. Virpas ģeometriskās precizitātes pārbaudes shēmas:

a - darbvārpstas kakliņa radiālās mešanās pārbaude; b - darbvārpstas koniskā urbuma mešanās pārbaude; c - darbvārpstas un vadotņu paralelītātes pārbaude; d – slogotas darbvārpstas aksiālās mešanās pārbaude; e - pārvietojamā balsta pinoles un vadotņu paralelītātes pārbaude; f - pārvietojamā balsta un suporta pārvietošanās paralelītātes pārbaude.

Darbvārpstas rotācijas ass un vadotņu savstarpējo paralelītāti pārbauda, virzot indikatora mērtastu gar koniskajā urbumā nostiprinātu tapini (14.att.c). Pārbaudi veic horizontālajā un vertikālajā plaknē. Novirzes 300 mm garumā pieļaujamas līdz 0,03 mm. Analogi pārbauda pārvietojamā balsta pinoles paralelītāti virpas vadotnēm (14.att.e) un suporta un pārvietojamā balsta pārvietošanās paralelītāti (14.att.f).

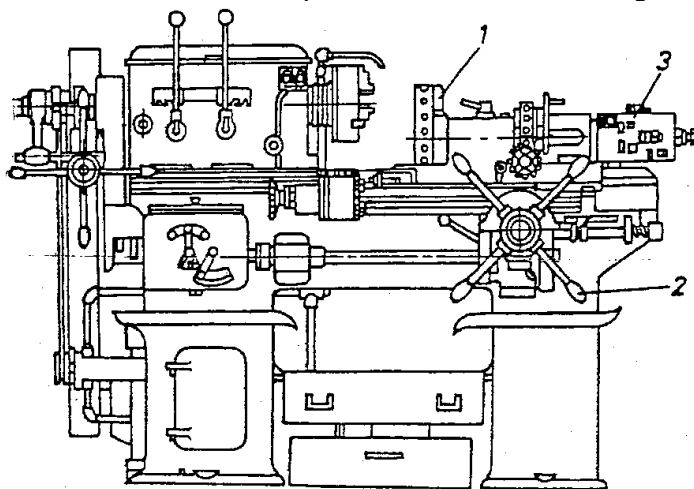
5. nodaļa. VIRPOŠANAS DARBI

5.1. VIRPAS

5.1.1. Virpu tipi.

Mašīnbūvē virpošanas (turning) darbu īpatsvars sasniedz 50 % no visa metālapstrādes apjoma. Virpas ir vienas no izplatītākajām metālapstrādes mašīnām. Izšķir vairākus virpu tipus: revolvervirpas, karuseļvirpas, daudzgriežņu virpas, universālās vītņošanas virpas, virpošanas automātus un pusautomātus.

Revolvervirpas lieto nelielu sarežģītas konfigurācijas detaļu izgatavošanai no grupu (stieņa) vai individuālām sagatavēm (gabalsagatavēm) sēriju ražošanas apstākļos. Atšķirībā no universālajām virpām tām pārvietojamā balsta vietā uzmontēta revolvergalva - mehānisms, kas paredzēts vairāku griezējinstrumentu nostiprināšanai. Revolvervirpas var būt ar horizontālu (5.1.att.), vai vertikālu revolvergalvas pagriešanas asi. Griezējinstrumentus, kam nepieciešama garenpadeve - spirālurbjus, paplašinātājurbjus, rīvurbjus, vītņošanas instrumentus, apvirpošanas un izvirpošanas griežņus, nostiprina tehnoloģiskā procesa secībā revolvergalvā. Turpretī griezējinstrumentus, ka strādā ar šķērspadevi, nostiprina šķērssuportā. Katrs griezējinstrumentu ir ieregulēts vienas noteiktas virsmas apstrādei. To pārvietošanos ierobežo atduras. Tās nodrošina apstrādātās virsmas diametru un garumu.

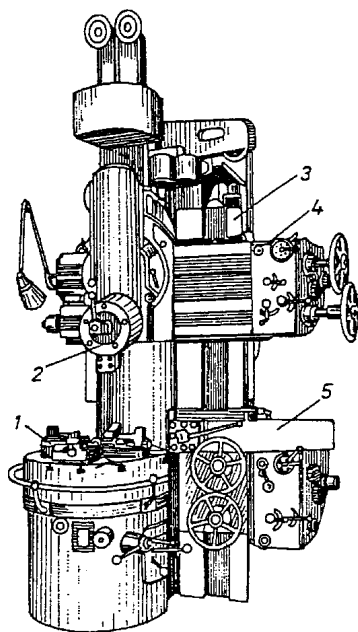


5.1. att. Revolvervirpa:

1 - revolvergalva; 2 - vadības rokrats; 3 - atdures.

Revolvertvirpu galvenā priekšrocība, ka apstrādē nav nepieciešama izmēru piedzīšana un bieža kontrole. Samazinās palīglaiks un apstrādes darbietilpība.

Karuseļvirpas lieto liela diametra, bet neliela augstuma detaļu (sparratu, riteņu u.c.) izgatavošanai. Tām darbvārpsta novietota vertikāli, kas atvieglo diska tipa sagatavju uzstāfīšanu un nostiprināšanu (5.2.att.). Konstruktiīvi karuseļvirpas var būt ar vienu statni vai divstatņū. Pa statnēm vertikāli pārvietojas šķērssijs. Karuseļvirpām var būt divi, trīs vai četri suporti. Galvenie suporti pārvietojas pa šķērssijsu, un tos izmanto sagataves gala virsmu apstrādē. Sānu suporti pārvietojas pa statnes vadotnēm vertikālā virzienā. Tos izmanto sagatavju sānu virsmu apstrādei.



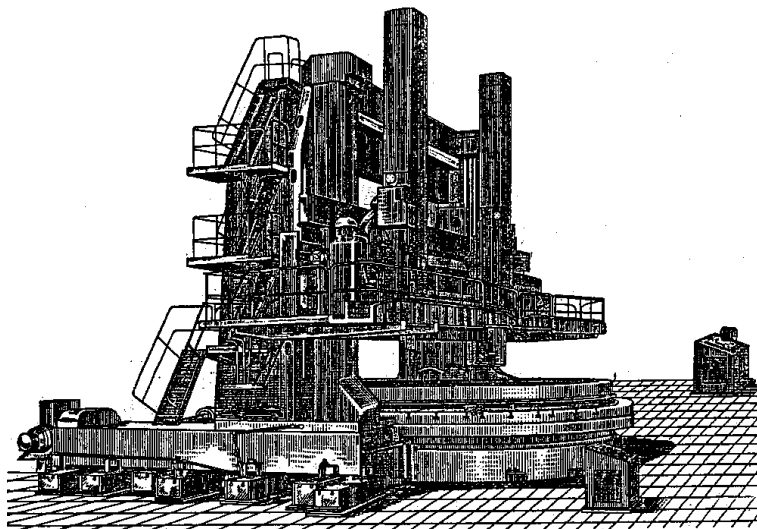
5.2. att. Karuseļvirpa:

1- galds, 2 - galvenais suports; 3 - statne; 4 - šķērssijs; 5 - sānsuports.

Karuseļvirpas ir vienas no unikālākajām pēc uzbūves darbmašīnām. Lielākās no tām paredzētas detaļu izgatavošanai līdz 25 m diametrā (5.3.att.).

Daudzgriežņu virpas lieto sēriju ražošanas apstākļos daudzpakāpju vārpstu apstrādē. Tām ir divi vai četri suporti. Priekšējos suportos

nostiprina griezējinstrumentus, kas strādā ar garenpadevi, bet aizmugures suportos - instrumentus, kas strādā ar šķērspadevi. Sagataves nostiprina centros vai patronā. Ar daudzgriezņu virpām vairākas virsmas apstrādā vienlaikus, kas samazina apstrādes ilgumu.



5.3.att. Unikālas karuseļvirpas kopskats.

Virpošanas automātus un pusautomātus izmanto liela skaita detaļu ražošanā. Tie var būt vienvārpstas un daudzvārpstu (četrus, sešus vai astoņus vārpstus), ar horizontālu vai vertikālu darbvārpstu novietojumu.

Mašīnbūvē plaši izmanto arī speciālas nozīmes virpas. Pie tām pieder kloķvārpstu, sadales vārpstu un citu sarežģītas konstrukcijas detaļu apstrādes mašīnas.

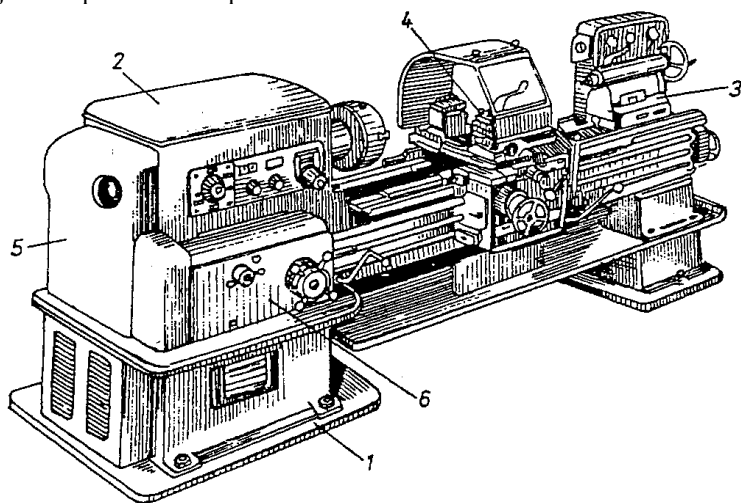
5.1.2. Universālās virpas uzbūve.

Universālās virpas plaši lieto individuālajā un sīksēriju ražošanā, kā arī remonta darbos. Ar tām veic visdažādākos virpošanas darbus, tai skaitā arī vītņošanu ar griezni.

Universālo virpu galvenie izmēri ir centru augstums un starp centru attālums. Centru augstums nosaka lielāko apstrādājamo sagatavju diametru. Virpas ar centru augstumu līdz 150 mm uzskata par nelielām, ar centru augstumu 150...300 mm - par vidējām, bet ar centru augstumu virs 300 mm par liela izmēra virpām. Normatīvi paredz izgatavot virpas ar centru augstumu līdz 6300 mm un starp centru attālumu 12500 mm.

Plašāk izplatītas ir vidēja lieluma virpas ar starp centru attālumiem: 750, 1000 un 1500 mm.

Universālā virpa sastāv no statnes, galvenā balsta, pārvietojamā balsta, suporta, padevju kārbas, maiņzobratu ģitāras un elektrosadales (5.4.att.). Virpas statne atlieta no pelēkā čuguna. Uz tās nostiprināts galvenais balsts. Pa statnes vadotnēm pārvietojas suports un pārvietojamais balsts. Galvenajā balstā iegultā doba (ar centrālu urbumu) darbvārpsta. Tās urbuma priekšgals ir konisks, kur pēc vajadzības nostiprina priekšējo centru vai tapņus. Darbvārpstas kakliņam ir ārēja vītne patronas nostiprināšanai.



5.4. att. Universālā virpa:

- 1 - statne; 2 - galvenais balsts; 3 - pārvietojamais balsts;
4 - suports; 5 - maiņzobratu ģitāras kārba; 6 - padevju kārba.

Galvenais balsts vienlaikus ir pārnēsukārības korpuss. Virpu pārnēsukārības raksturojas ar plašu rotācijas ātrumu regulēšanas diapazonu. Piemēram, virpai 1K62 ir divdesmit trijas rotācijas ātrumu pakāpes robežās no 12,5 līdz 2000 min⁻¹.

Suports sastāv no pamatnes, šķērskamanām, augšējām kamaniņām, griežņu turētāja un suporta kārbas. Suporta pamatne pārvietojas pa statnes vadotnēm, nodrošinot griezējinstrumentam garenpadevi. Šķērskamanas pārvietojas pa suporta pamatni un nodrošina šķērspadevi. Augšējās kamaniņas ir grozāmas, un tās lieto konisku vīrsmu apstrādei. Griežņu turētājā nostiprina griežņus. Suporta kārbā iemontēts piedziņas mehānisms. Suports piedziņu saņem no padevju kārbas ar vadskrūves (vītņošanai) vai vadvārpstas (parastai virpošanai) starpniecību. Ar

universālām virpām ir iespēja vītņot metriskās (ar soli no 1 līdz 192 mm), collu, pītča un modulvītnes. Suporta ātro pārvietošanu (ar ātrumu 3,4 m/min) nodrošina piedziņa no atsevišķa elektromotora.

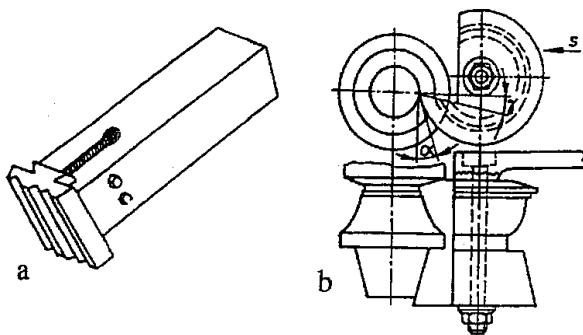
Pārvietojamā balstā iemontēta pinole, kurā stiprina urbumu apstrādes griezējinstrumentus (spirālurbjus, rīvurbjus u.c.) vai centrus garāku sagatavju atbalstīšanai apstrādē. Pinoli pārvieto skrūves pārvads. Virpas vadību nodrošina ar svirām un rokatiem.

5.2. VIRPOŠANAS GRIEZĒJINSTRUMENTI UN IERĪCES

5.2.1. Griežņu klasifikācijas paņēmieni.

Griežņi ir galvenie virpošanas griezējinstrumenti. Tie atšķiras ar konstruktīvo izveidojumu un tehnoloģisko uzdevumu. Griežņus klasificē pēc vairākām pazīmēm.

Pēc nostiprināšanas veida izšķir prizmatiskos, ripas un griežņus ar kātu (5.5.att.). Darbam ar universālām virpām galvenokārt izmanto griežņus ar taisnstūra, kvadrātisku vai apaļu kātu. Prizmatiskos un ripas griežņus lieto darbam uz automātiem un pusautomātiem.

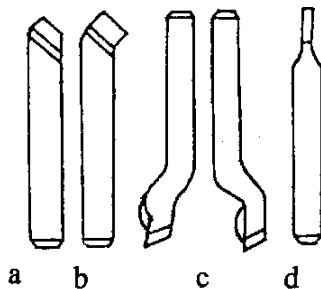


5.5. att. Griežņu veidi pēc nostiprināšanas paņēmiena:
a - prizmatiskais; b - ripas.

Pēc konstrukcijas izšķir viengabala un saliktos griežņus. Viengabala griežņus izgatavo no ātrgriezēja tērauda, bet to izmantošana virpošanas darbos ir ierobežota. Virpošanā izmanto galvenokārt saliktos griežņus. Agrākajos gados cietsakausējuma plāksnītes griežņa kātam pielodēja ar cietlodēm. Tagad lieto saliktos griežņus ar mehāniski nostiprinātām plāksnītēm. Mehāniska plāksnišu nostiprināšana novērš mikro plaisu rašanos, kas rodas karsēšanas procesā lodēšanā.

Atbilstoši griežņu galvas izveidojumam izšķir taisnos, atliektos, izliektos un nostieptos griežņus (5.6.att.).

Atbilstoši padeves virzienam apvirpošanas, sānvirpošanas un izvirpošanas griežņus iedala labajos, kreisajos un abpusējas griešanas griežņos. Labie griežņi piemēroti padevei no labās uz kreiso pusi, bet kreisie - padevei pretējā virzienā. Abpusējas darbības griežņi piemēroti padevei uz abām pusēm. Nogriešanas un galavirpošanas griežņu iedalījums labajos un kreisajos ir nosacīts un raksturo tikai piekļūšanas iespējas apstrādājamajai virsmai no vienas vai otras puses.



5.6. att. Kāta griežņu galvas veidi:
a - taisns; b - atliekts; c - izliekts; d – nostiepts

Skaidvirsmas izveidojumu nosaka apstrādājamā materiāla īpašības un darba apstākļi. Visvienkāršākā ir plakana skaidvirsmā. Tā piemērota trauslu materiālu apstrādei ar relatīvi lielām padevēm. Sīkstu sagatavju apstrādei piemēroti griežņi ar plakānu skaidvirsmu un nelielu nofāzējumu. Skaidas savīšanas veicina skaidvirsmā ieslīpēta rievu. Tērauda lēģumu apstrādei un darbā triecienslodzēm lieto griežņus ar negatīvu skaidleņķi.

5.2.2. Virpu griežņu tipi.

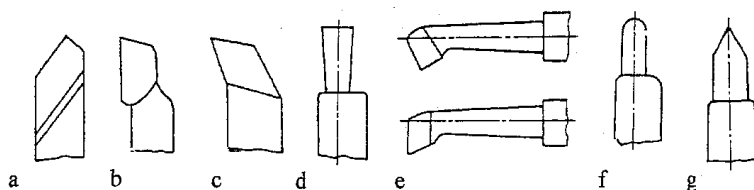
Griežņu iedalījumu tipos nosaka tehnoloģiskais uzdevums. Izšķir apvirpošanas, sānvirpošanas, galavirpošanas, izvirpošanas, noapaļošanas, nogriešanas, vītņošanas un veidgriežņus (5.7.att.). Apvirpošanas un sānvirpošanas griežņus lieto ārēju cilindrisku un konisku virsmu virpošanai. Pakāpju un galavirsmu apstrādi veic ar sānvirpošanas un gala virpošanas griežņiem. Nogriešanas jeb dūrējgriežņus izmanto rievu ievirpošanai un sagatavju nogriešanai. Dūrējgriežņi atšķiras ar to, ka tiem ir divas virsotnes un divi palīggriezējasmēņi.

Urbumus izvirpo ar izvirpošanas griežņiem. Tos iedala caurejošu un necaurejošu urbumu apstrādes griežņos. Caurejošiem izvirpošanas griežņiem galvenais iestatīšanas leņķis $\phi < 90^{\circ}$, bet necaurejošiem - $\phi =$

90°. Ar noapaļošanas griežņiem veido noapaļotus ārējos un iekšējos stūrus. To noapaļojuma rādiuss atbilst nepieciešamajam stūra noapaļojumam.

Vītņošanas griežņus ar smailu virsotni lieto ārēju un iekšēju trīsstūra vītņu iegriešanai. Vītņojot metriskās vītnes virsotnes leņķis $\epsilon = 60^\circ$, vītņojot collu un cauruļvītnes - $\epsilon = 55^\circ$. Trapecvītņu uzgriešanai izmanto vītņošanas griežņus ar nošķeltu virsotni.

Veidgriežņus lieto noteikta profila virsmu apstrādei. To griezējasmehānismu izveido atbilstoši uzdevumam.



5.7. att. Griežņu tipi:

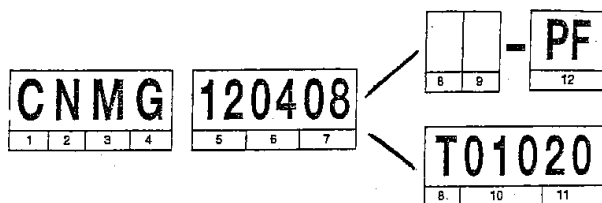
a - apvirpošanas; b - sānvirpošanas; c - galavirpošanas;
d - nogriešanas (dūrējgrieznis); e - izvirpošanas; f -
noapaļošanas; g - vītņošanas.

5.2.3. Nepārasināmo plāksnīšu marķēšana pēc ISO

Īpašs salikto griežņu paveids ir griežņi ar mehāniski nostiprinātām nepārasināmām plāksnītēm. Tām ir daudzskaldņu (3...6) vai apaļa forma. Nodilstot vienai no šķautnēm, plāksnīti pārstata citā pozīcijā. Griezējinstrumentu ražotāji piedāvā plašu apvirpošanas, nogriešanas, rievu izvirpošanas, vītņošanas u.c. griežņu griezējasmehānismu plāksnīšu sortimentu. Plāksnītes marķē atbilstoši ISO standartam, kas atvieglo to izvēli.

ISO kods plāksnīšu apzīmējumiem paredz 9 pozīcijas (5.8.att.). Septiņas pozīcijas satur vienotu informāciju. Marķējuma pirmajā pozīcijā nosacīti uzrāda plāksnīšu veidu (formu), otrajā – mugurleņķa lielumu, trešajā - plāksnīšu izgatavošanas precizitāti, ceturtajā – tipu, piektajā – griezējasmehānisma izmērus, sestajā - plāksnītes biezumu, septītajā – virsotnes noapaļojuma rādiusu.

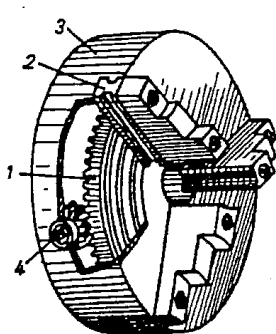
Divas pozīcijas (8. un 9.) ir rezervētas informācijai pēc plāksnīšu ražotāju ieskatiem. Ražotājfīrmām ir tiesības pievienot ISO noteiktajam apzīmējumam papildus pozīcijas. Katalogos ir sastopami plāksnīšu marķējumi, kas satur 10 un 12 pozīcijas.



5.8.att. Apvirpošanas griežņu plāksnīšu marķēšanas piemērs.

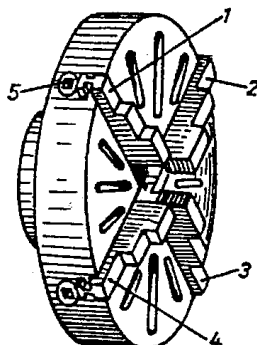
5.2.4. Virpu ierīces.

Īsas virsmas apstrādā sagataves nostiprinot patronā. Izšķir divžokļu, trīsžokļu un četržokļu patronas ar rokas vai pneimatisko piedziņu. Biežāk lieto pašcentrējošās trīsžokļu patronas (5.9.att.). Tās žokļi pārvietojas uz centru vienlaikus, kas atvieglo sagatavju centrēšanos. Žokļus pārvieto disks, kam vienā pusē ievirpota spirālveida rieva, bet otrā pusē – izveidots konisko zobu vainags. Disku groza koniskais zobpārvars, bet žokļus pārvieto spirālveida rieva (Arhimeda spirāle).



5.9. att. Pašcentrējošā trīsžokļu patrona:

1 - disks; 2 - žokļi; 3 - korpuss; 4 - konisko zobratu pārvads.



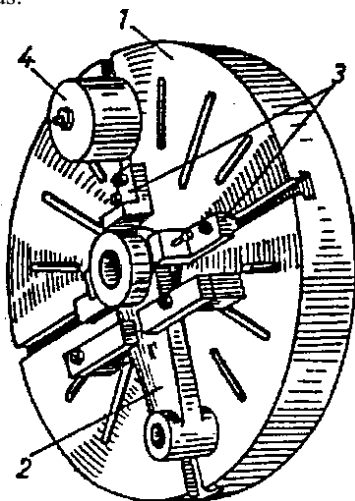
5.10. att. Četržokļu patrona:

1...4 - žokļi; 5 - žokļu pārbīdīšanas skrūves.

Četržokļu patronu žokļus pārvieto neatkarīgi vienu no otra ar atsevišķiem skrūves pārvadiem. Tas ļauj iespīlēt nesimetriskas sagataves (5.10.att.). Retāk sastopamas pašcentrējošās četržokļu patronas. To uzbūve ir analoga trīs žokļu pašcentrējošām patronām.

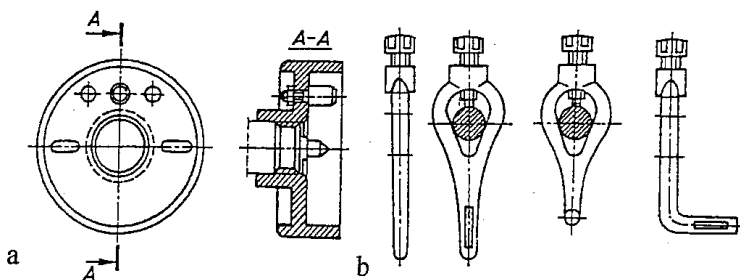
Nesimetriskas sarežģītas konfigurācijas sagataves apstrādē nostiprina uz plānripām ar stūreņu, piespiedēju un skrūvju palīdzību

(5.11.att.). Par plānripām var izmantot arī četržokļu patronu korpusus, iepriekš izņemot žokļus.



5.11.att. Sagatavju nostiprināšana uz plānripas:
1 - plānripa; 2 - sagatave; 3 - piespiedēji; 4 - pretsvars.

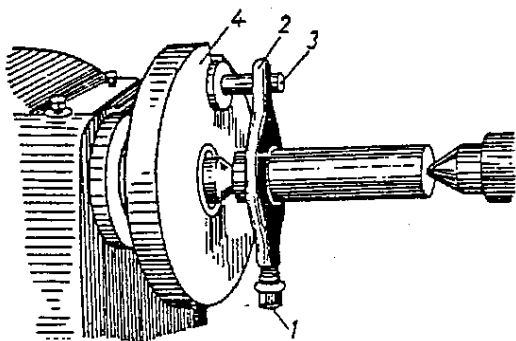
Sagataves, kas garākas par četriem diametriem, rupjapstrādē nostiprina ar vienu galu patronā, bet otru galu atbalsta ar centru. Gludapstrādē precizitātes paaugstināšanai sagataves stiprina tikai centros, kustības pārnesei izmantojot līdzņēmējus un līdzņēmēja patronas (5.12.att.).



5.12. att. Ierīces sagatavju nostiprināšanai centros:
a - līdzņēmējpatrona; b - līdzņēmēji.

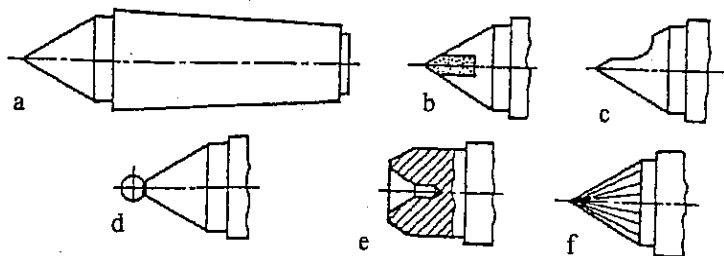
Apstrādē vienu no centriem - priekšsējo ievieto darbvārpstas koniskajā urbumā, bet otru - pārvietojamā balsta pinolē (3.13.att.).

Priekšējais centrs rotē kopā ar darbvārpstu un sagatavi, bet otrs ir nekustīgs, tādēļ pastiprināti dilst. Nodilumu samazina, lietojot centrus ar cietsakausējuma uzgaļiem (3.14.att.). Apstrādē ar lieliem rotācijas ātrumiem izmanto rotējošos centrus (2.15.att.). Tie nelietojoties salīdzinoši ātri pazemina uzstādījuma precizitāti.



5.13. att. Sagatavju apstrāde centros:

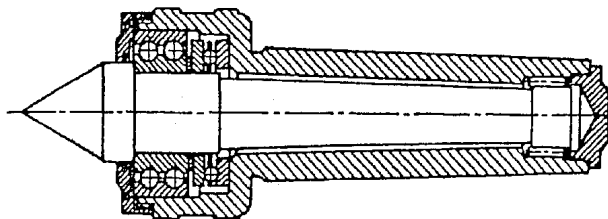
- 1 - līdzņēmēja nostirināšanas skrūve; 2 - līdzņēmējs;
3 - līdzņēmējpatronas pirksts; 4 - līdzņēmējpatrona.



5.14.att. Virpu centru tipi:

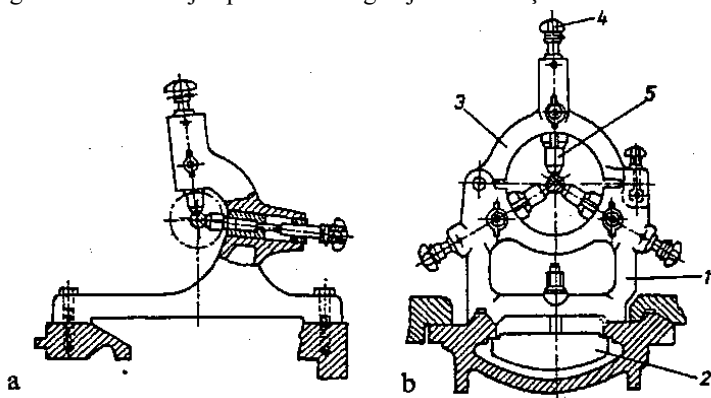
- a - vienkāršais; b - ar cietsakausējuma uzgali; c - nošķeltais;
d - sfēriskais; e - apvērstais; f - rievotais.

Sagataves gala virsmu apstrāde ir ērtāka, lietojot nošķeltos centrus. Konisku virsmu apstrādē, izbīdot pārvietojamo balstu, lieto sfēriskos centrus. Tie novērš centru urbumu bojāšanu. Apstrādājot tievas sagataves, kurām nav iespējama centru urbumus ieurbsana, lieto apvērstos centrus. Čaulu tipa sagatavju apstrādē, lai piedotu sagatavei rotāciju nelietojot līdzņēmējus, lieto rievotus priekšējos centrus.



5.15. Rotējošā centra uzbūve.

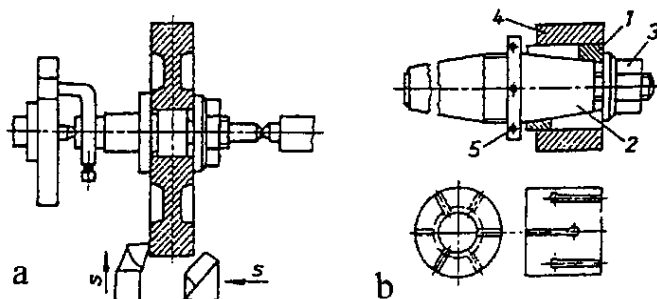
Apstrādājot sagataves, kuru garums lielāks par 10...12 diametriem, griešanas spēku ietekmē tās izliecas. Izliekšanos novērš, apstrādē izmantojot linetes. Izšķir kustīgās un nekustīgās linetes (5.16.att.). Kustīgās linetes nostiprina tieši uz suporta, un tās pārvietojas reizē ar suportu. Kustīgajām linetēm ir divi regulējami atbalsta žokļi. Trešo atbalstu aizvieto grieznis. Nekustīgās linetes nostiprina uz virpas statnes. Tās sagatavi atbalsta trijos punktos ar regulējamajiem žokļiem.



5.16.att. Linetes:

- a - kustīgā; b - nekustīgā; 1 - korpus; 2 - pievilcējplāksne;
3 - linetes vāks; 4 - žokļu regulēšanas skrūve; 5 - žoklis.

Lai nodrošinātu izgatavoto detaļu ārējo un iekšējo virsmu aksialitāti, zobratu, skriemeļu, diskus un citus rotācijas tipa elementus apstrādā nostiprinātus uz tapņiem. Tie var būt cilindriski, koniski, vītņoti vai izspīlējami (5.17.att.). Tapņus nostiprina virpas centros vai darbvārpstas koniskajā urbumā. Rotāciju sagatavēm nodrošina berze, kas rodas no uzspīlēs uz cilindriskām vai koniskām virsmām, pievilkšanas ar uzgriezni, vai izspīlējot čaulu ar gareniskiem iegriezumiem.



5.17. Tapji:

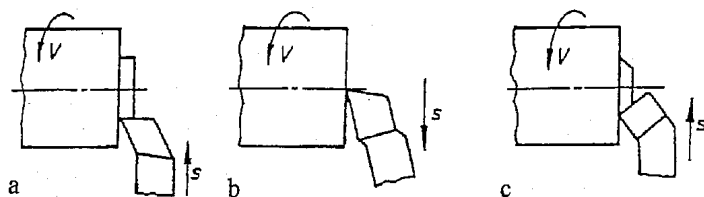
a - cilindriskais; b - izspīlējamais; 1 - čaula; 2 - tapnis; 3 - uzgrieznis; 4 - sagatave; 5 - novilcējs.

5.3. VIRPOŠANAS TEHNOLOĢISKIE PROCESI

5.3.1. Virpošanas pamatdarbi.

Pie virpošanas pamatdarbiem pieder sagatavju gala virsmu apvirpošana, ārējo cilindrisko virsmu apvirpošana, iekšējo virsmu izvirpošana, rievu ievirpošana, sagatavju nogriešana (noduršana) un daži citi.

Sagatavju apstrādi uzsāk ar gala virsmu apvirpošanu. Tas ir nepieciešams, lai sagatavotu mērīšanas bāzi tālākajā virsmu apstrādē. Gala virsmu apvirpošanu veic ar galavirpošanas, sānvirpošanas un atliektiem apvirpošanas griežņiem (5.18.att.), tos iestatot precīzi centru augstumā. Ar galavirpošanas griežņiem ir iespējams apstrādi veikt tiešā patronas tuvumā.

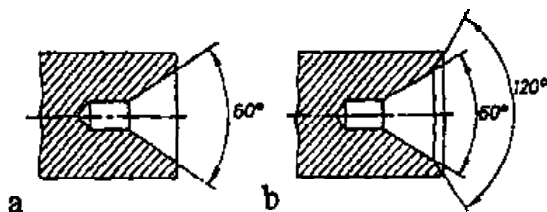


5.18. Sagatavju gala virsmu apstrāde:

a - ar galavirpošanas griežņi; b - ar sānvirpošanas griežņi; c - ar atliekto apvirpošanas griežņi.

Atliektie apvirpošanas griežņi ir masīvāki un tie pieļauj gala virsmu apstrādē palielinātus griešanas dziļumus. Galavirpošanas un apvirpošanas griežņus virza no sagataves ārmas uz centru. Apvirpojot galavirsmas ar sānvirpošanas griežņiem, tos sagriež nedaudz slīpi pret virsmu un virza no centra uz sagataves ārmaļu.

Vārpstu tipa detaļām sagatavju galos ieurbj centru urbumus. To veic pēc gala virsmu apvirpošanas. Centru urbumi sastāv no cilindriskās un koniskās daļas. Konusa leņķis - 60° . Apstrādē sagataves balstās uz koniskās virsmas, bet cilindriskās daļas uzdevums, atslogot centra smaili (5.19.att.).



5.19. Centru urbumi:
a- vienkāršais; b - ar aizsargkonusu.

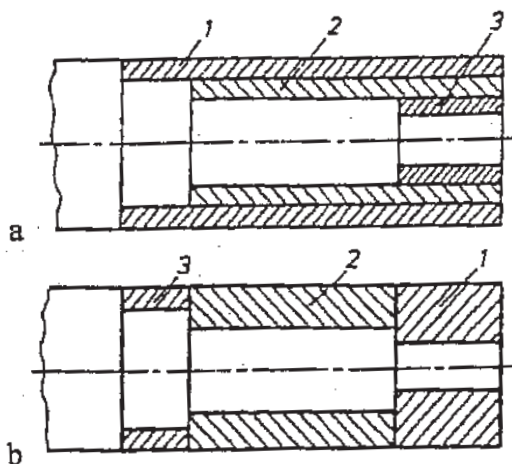
Centru urbumu izmēri ir standartizēti. Izšķir vienkāršos centra urbumus un urbumus ar aizsargkonusu, tā leņķis 120° . Mazāka izmēra (1,5...6 mm) centru urbumus izurbj ar īpašiem centrurbjiem, bet lielāka diametra - ar spirālurbjiem, pēc tam ar konisko gremdurbi izveidojot konusu.

Ārēju cilindrisku un konisku virsmu apstrādi veic ar apvirpošanas un sānvirpošanas griežņiem. Produktīvāki ir apvirpošanas griežņi. Tie pieļauj lielākus griešanas ātrumus un padeves. Sānvirpošanas griežņi rada mazākus radiālos griešanas spēkus, tādēļ samazinās sagataves izliekšanās.

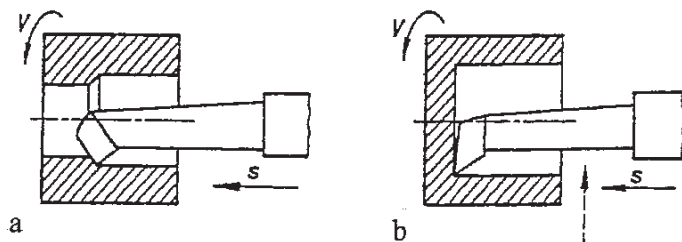
Cilindriskās bez pakāpju vārpstas apvirpo vispirms no viena gala, tad pārstata un apvirpo no otra gala. Pakāpju veida vārpstas apvirpo ar vienu no diviem paņēmieniem (5.20.att.). Produktīvāks ir pirmais paņemiens, jo samazinās pārgājienu skaits un atvieglota izmēru iestatīšana. Pakāpju vārpstu apstrādi biežāk veic ar sānvirpošanas griežņiem, jo nav nepieciešama pakāpju papildus apvirpošana ar galavirpošanas griežņiem.

Ar virpām izvirpo urbtus, lietūs kaltus un štancētus urbumus. Urbumu urbšanu veic ar spirālurbjiem. Spirālurbjus ar cilindrisku kātu nostiprina urbjpatronās, ar konisku kārtu - pārejas čaulās vai tieši pārvietojamā balsta pinolē. Caurejošus urbumus izvirpo ar caurejošiem izvirpošanas griežņiem, bet necaurejošus urbumus un urbumus ar pakāpēm - ar necaurejošiem izvirpošanas griežņiem (5.21.att.). Maza

izmēra urbumus pēc izurbšanas neizvirpo, bet apstrādā ar paplašinātāurbjiem, gremdurbjiem un rīvurbjiem.



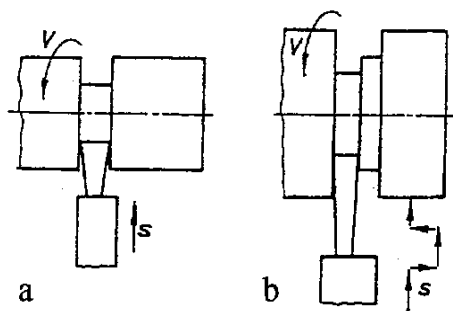
5.20. att. Pakāpju vārpstu apstrādes secība:
a un b - apstrādes varianti; 1, 2 un 3 - apstrādes secība.



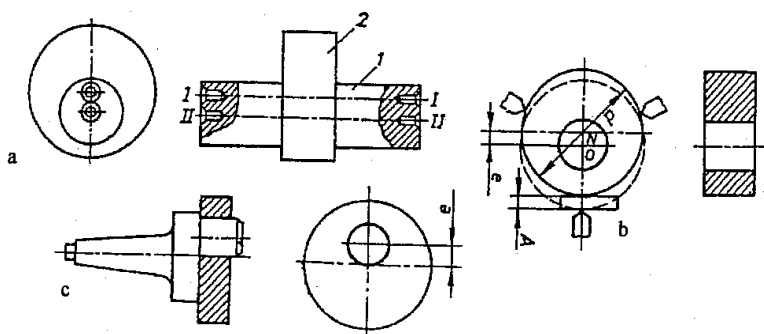
5.21. att. Urbumu izvirpošana:
a – caurejoši urbumi; b – necaurejoši urbumi.

Nelielu rievu izvirpošanu un sagatavju nogriešanu veic ar nogriešanas (dūrējgriežņiem) griežņiem. Tos ir nepieciešams iestatīt precīzi centru augstumā un perpendikulāri sagataves asij. Lai samazinātu vibrācijas un iespējamu griežņu nolaušanu, detaļu nogriešanu veic patronas tuvumā. Vēlams lai attālums no griešanas vietas līdz žokļiem nepārsniegtu sagataves diametru. Nogriežot sagataves diametrā 30...60 mm lieto 3...5 mm platus dūrējgriežņus. Sagataves, kuru diametrs līdz 30 mm, nogriež vienā pārgājienā, bet resnākas - divos pārgājienos (5.22.att.).

Veidvirsmu apstrādi ar virpām veic ar atbilstoša profila veidgriezni, izmantojot šķērspadevi, vai pēc šablona, kombinējot garenpadevi un šķērspadevi.



5.22. att. Sagatavju nogriešana:
a - vienā pārgājienā; b - divos pārgājienos.



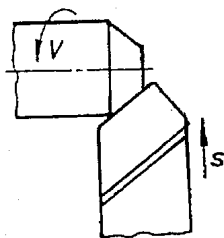
5.23. att. Ekscentrisku virsmu apstrāde:
a - uz tapņa ar diviem pāriem centru urbumu; b - patronā ar paliktni zem žokļa; c - uz tapņa ar ekscentrisku pirkstu; 1 - tapnis; 2 - sagatave.

Apvirpojot ekscentriskas virsmas, ir nepieciešama sagataves rotācijas ass nobīde no detaļas centrālās ass par ekscentritāti. Nobīdi nodrošina, izmantojot vairākus paņēmienus: sagataves ar centrālu urbumu nostiprina uz tapņiem, kam galos ir ieurbti divi pāri centru urbumu; sagataves nostiprinot uz tapņiem ar ekscentrisku pirkstu (5.23.att.), vai sagataves nostiprinot tieši virpas patronā, zem viena no žokļiem novietojot paliktni utt. Lielu sēriju ražošanā ekscentrisku virsmu apstrādē lieto īpašas patronas ar maināmu ekscentritāti.

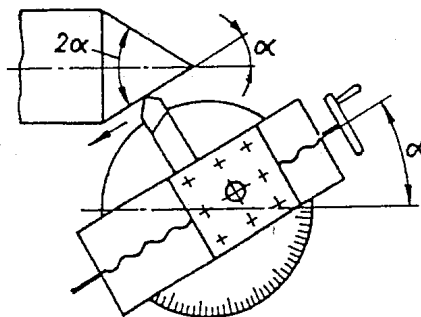
5.3.2. Konisku virsmu apstrādes paņēmieni.

Konisku virsmu apstrādei ar virpu pastāv vairāki paņēmieni. Īsas (10...15 mm) ārējas un iekšējas koniskas virsmas apstrādā ar platu griezni (5.24.att.). Griezējasmens slīpumu pret sagatavi iestata ar šablonu vai leņķmēru. Griezni var virzīt garenvirzienā vai arī šķērsvirzienā. Paņēmiens ir vienkāršs un produktīvs. Tā lietošanu ierobežo pazeminātā precizitāte, palielinātais virsmas raupjums vibrāciju ietekmē. Paņēmienu visbiežāk izmanto nofāzējot stūrus. Garākas ārējas un iekšējas koniskas virsmas (150...250 mm) virpo, sagriežot leņķī suporta augšējās kamaniņas (5.25.att.). Paņēmiens ir vienkāršs, universāls un pietiekami precīzs. Ar to var apstrādāt virsmas ar jebkuru koniskumu.

Vairumam virpu kamaniņu nav mehāniskās padeves. Tās pārvieto ar rokas piedziņu, kas samazina produktivitāti un pazemina apstrādātās virsmas kvalitāti.



5.24. att. Konisku virsmu virpošana ar platu griezni.



5.25. att. Konisku virsmu virpošana, izmantojot suporta kamaniņas.

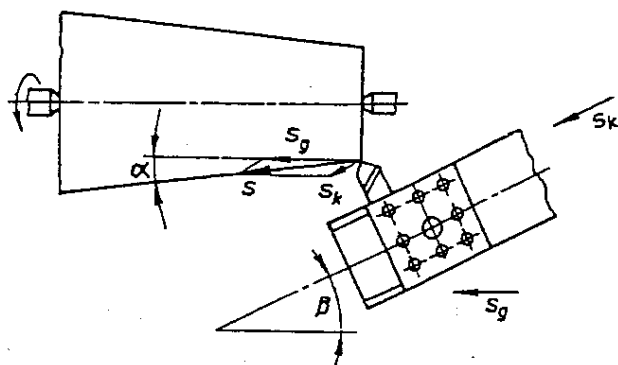
Izmantojot virpas, kam iebūvēta kamaniņu mehāniskā padeve (virpām ar centru augstumu virs 300 mm), ārējas un iekšējas koniskās virsmas apvirpo, griezni vienlaikus pārvietojot ar suportu garenpadeves virzienā un ar kamaniņām, kas sagrieztas noteiktā leņķī (5.26.att.) slīpi. Kustībām summējoties, grieznis pārvietojas virzienā, kas ar sagataves rotācijas asi veido uzdoto konusa slīpuma leņķi.

Kamaniņu pagriešanas leņķis β aprēķina:

$$\sin \beta = \left(\frac{D-d}{2l} \right) \left(\frac{s_g}{s_k} + 1 \right) = \operatorname{tg} \alpha \left(\frac{s_g}{s_k} + 1 \right),$$

- kur β - kamaniņu pagriešanas leņķis, 0° ;
 D - konusa lielākais diametrs, mm;
 d - konusa mazākais diametrs, mm;
 l - konusa garums, mm;

s_g - griežņa garenpadeve, mm/apgr;
 s_k - kamaniņu padeve, mm/apgr.
 α - apvirpojamā konusa slīpums, 0° .



5.26. att. Konisku virsmu apstrāde, vielaikus griezni pārvietojot ar garenpadevi un leņķī pagrieztu kamaniņu padevi.

Paņēmiens piemērots konisku virsmu apvirpošanai, kas vairākkārt pārsniedz kamaniņu gājiena garumu.

Neliela koniskuma garas ārējās virsmas sagatavēm, kas nostiprinātas centros, apvirpo, izbīdot pārvietojamo balstu (5.27.att.). Balsta izbīdījumu aprēķina:

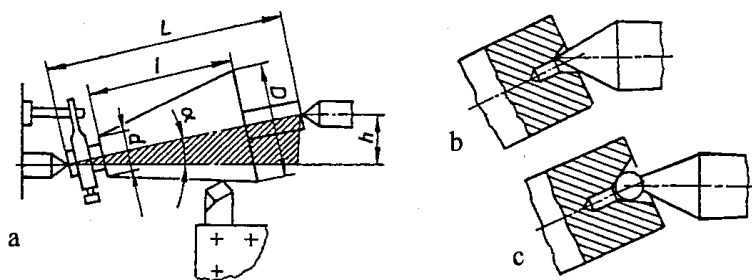
$$h = \frac{D-d}{2} \frac{L}{l} = L \sin \alpha,$$

kur L - sagataves kopējais garums, mm;

l - koniskās virsmas garums, mm.

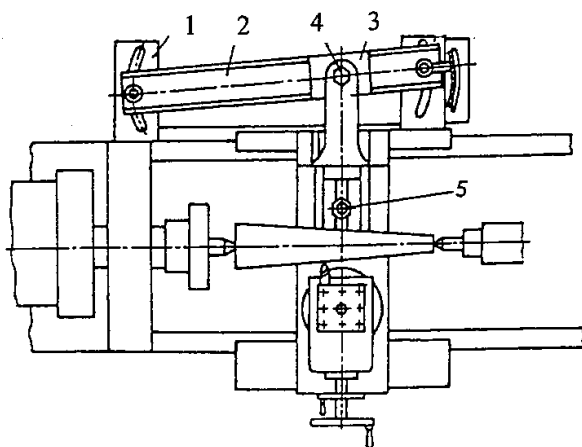
Paņēmiens ļauj virpot, izmantojot mehānisko padevi. Tā pielietojumu ierobežo pārvietojamā balsta nobīdes ierobežojums (ne vairāk par 15...25 mm), kas neļauj iegūt koniskas virsmas ar lielu koniskumu. Izbīdot pārvietojamo balstu, pastiprināti dilst centru urbūmi (5.27.att.b). Centru urbūmu dilšanu samazina, lietojot sfēriskos centrus. Paņēmiens darbietilpību palielina divkārt pārvietojamā balsta regulēšana: izbīdot balstu konisku virsmu virpošanai un atgriežot to cilindrisku virsmu virpošanai. Paņēmienu konisku virsmu apstrādei izmanto reti.

Ārējās un iekšējās koniskas virsmas ir iespējams apstrādāt ar virpām, kam pierīkoti vadlīnēāli (5.28.att.). Virpojot koniskas virsmas, vadlīnēālu pagriež pa konusa slīpuma leņķi un nostiprina pievelkot skrūves. Pa vadlīnēālu pārvietojas slīdnis, kuru ar šķērssuportu savieno pievilcējskrūve. Šķērspadeves skrūves uzgriežni no suporta ir nepieciešams atvienot.



5.27. att. Konisku virsmu apstrāde, izbīdot pārvietojamo balstu:
 a - apstrādes shēma; b - sagataves balstīšanās uz parastā centra;
 c - sagataves balstīšanās uz sfēriskā centra.

Pārvietojot suportu garenvirzienā, grieznis šķērskustību iegūst no vadlīnēāla. Kustības summējas un grieznis pārvietojas virzienā, kas paralēls konusa veidulei. Apvirpojamo virsmu garumu ierobežo vadlīnēāla garums. Griešanas dziļuma iestatīšanai, suporta kamanijas pagriež 90° leņķī un griezni pārvieto šķērsvirzienā ar kamanijām. Paņēmiens ir produktīvs, ļauj virpot virsmas ar koniskumu līdz $10^{\circ} \dots 12^{\circ}$. Pielietojums nav izplatīts, jo vadlīnēāls pierīkots tikai nedaudzām virpām.



5.28.att. Konisku virsmu apstrāde, lietojot vadlīnēālu:
 1 - vadlīnēāla pamatne; 2 - vadlīnēāls; 3 - slīdnis;
 4 - pievilcējskrūve; 5 - šķērspadeves skrūves uzgrieznis.

Aplūkotie konisko virsmu apvirpošanas paņēmieni raksturīgi tikai rokas vadības darbmašīnām. Ciparvadības mašīnas konisko virsmu apstrādi nodrošina summējot kustības divos koordinātu asu virzienos.

Nelielus iekšējos konusus izgatavo, izurbjot urbumus un tos izrīvējot ar koniskajiem rīvurbjiem. Rīvurbju komplekts sastāv no trim instrumentiem.

5.3.3. Vītņošana ar virpu.

Individuālajā un sīksēriju ražošanā un remonta darbos nelielas ārējās vītnes uzgriež ar vītņu ripām, bet iekšējās iegriež ar vītņurbjiem. Lielāka izmēra vītnes vītņo ar griežņiem uz virpām. Vītņošana ar griežni nodrošina pietiekamu precizitāti un produktivitāti. Tai nav vajadzīgi sarežģīti un dārgi griežņinstrumenti.

Pirms vītņošanas veic sagataves apstrādi: atbilstošo virsmu apvirpo uz noteiktu izmēru, novirpo 45° slīpumā fāzi un izvirpo izskrejas rievu. Virpu iestata noteiktam vītnes solim. Universālo virpu padevju kārbas ļauj kinemātiski nodrošināt jeb kuru standartā noteikto vītnes soli. Vītņošanas griežni iestata perpendikulāri virsmai un pieskaroties tai ar smaili nosaka vītnes dziļuma atskaites nullpunktu.

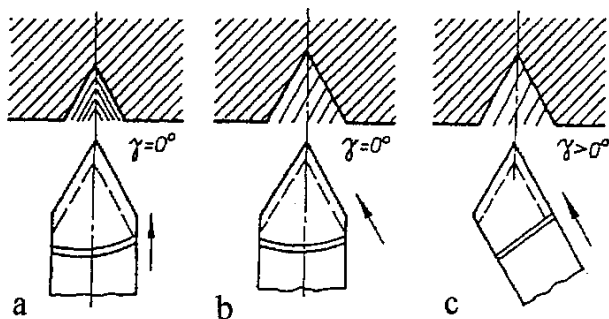
Vītņošanā ar griežni vītnes pilno dziļumu sasniedz vairākos pārgājienos. Pirms katra pārgājiena iestata griešanas dziļumu. Griešanas dziļuma iestatīšanai pastāv trīs paņēmieni Griežni var padot paralēli tā asij (5.29.att.a). Paņēmiens nodrošina precīzu un gludu vītņi, bet vienlaikus griežot abiem griežējasmehānismiem, ir apgrūtināta skaidas noplūde. Tas ierobežo griešanas dziļumu ($t = 0,05 \dots 0,1$ mm). Paņēmiens piemērots, vītņojot vītnes ar soli līdz 2 mm, kā arī lielu vītņu gludapstrādē.

Griežni var padot arī paralēli labajam griežējasmehānismam (5.29.att.b). Pārvietojuma slīpumu iestata ar suporta kamanām, kas sagrieztas atbilstošā leņķī. Skaidu griež tikai viens griežējasmehānisms un skaidas noplūde nav traucēta. Tas ļauj palielināt griešanas dziļumus līdz 0,1...0,3 mm. Vītnes viena mala veidojas gluda, bet otra ir raupjāka. Paņēmienu lieto vītņu ar lielu soli rupjai iegriešanai. Lietojot vītņošanas griežni ar skaidleņķi $\gamma > 0$ (5.29.att.c), griešanas dziļumu var palielināt līdz 0,3...0,5 mm.

Vītņošanas pirmajos pārgājienos griešanas dziļuma iestata lielāku, ar katru nākamo pārgājienu to pakāpeniski samazina. Pēdējo pārgājienu veic ar minimālu griešanas dziļumu. Vītnes dziļumu kontrolē pēc šķērspadeves skrūves atzīmēm un pārbauda ar vītņu mikrometru vai kalibru.

Katru pārgājiena beigās, griežni atvirza no sagataves un atgriež uz vītnes sākumu. To var veikt divējādi: reversējot galveno piedziņu, vai

izslēdzot vadskrūves slēguzgriezni un suportu pārvietojot ar rokas vai ātro piedziņu. Īsām vītņēm piemērots ir pirmais paņēmieni, bet garām - otrais. Ne visos gadījumos slēguzgriezni drīkst izslēgt. To drīkst darīt uzgriežot kārtnās vītne. Vītne ir kārtņa, kad daļot vadskrūves soli ar vītņojamās vītnes soli, dalījums ir vesels skaitlis. Tādā gadījumā grieznis pārvietosies pa iepriekš iegriezto vītnes rievu. Ja dalījums nav vesels skaitlis, tad vītne ir nekārtņa un grieznis ne vienmēr pārvietosies pa iepriekšējo rievu.



5.29.att.Griešanas dziļuma iestatīšanas paņēmieni:
a – virzot griezni perpendikulāri asij; b – virzot paralēli labajam griezējasmēnim ($\gamma = 0$); c - virzot paralēli labajam griezējasmēnim, kad $\gamma > 0$.

Komplīcētāka ir daudzgājienu vītņu uzgriešana. Vītņojot ar griezni, katru vītnes gājienu uzgriež atsevišķi. Pēc pirmā vītnes gājienu iegriešanas pilnā dziļumā, griezni pārbīda aksiāli par vītnes soli. To var veikt ar vairākiem paņēmieniem.

Pirmkārt, sagatavi pagriežot pa leņķi $\alpha = 360/k$, kur k ir vītnes gājienu skaits. Paņēmieni izmanto, kad virpai uz darbvārpstas gala ir nostiprināts dalīšanas disks. Pēc pirmā gājienu uzgriešanas, sagatavi pagriež, lai dalīšanas diska nulles iedaļa sakrist ar atzīmi uz korpusa. Izslēdzot padevju kārbas piedziņu, sagatavi kopā ar patronu pagriež par aprēķināto leņķi un piedziņu atjauno. Pēc tam vītņo nākamo vītnes gājienu.

Otrkārt, ja virpai nav dalīšanas diska, sadalīšanai izmanto maiņzobratu. Dzenošā zobrata zobu skaitam ir jādalās ar vītnes gājienu skaitu. Tā zobu skaitu saskaita un sadala atbilstoši vītnes gājienu skaitam atzīmējot ar krītu. Pēc viena vītnes gājienu iegriešanas, maiņzobratu sazobi atvieno un sagatavi pagriež par vajadzīgo leņķi, to kontrolējot pēc aizzīmēm un zobrata. Sazobi atjauno un vītņo nākamo gājienu. Abi

paņēmienu derīgi, vītņojot collu sistēmas vītņus un gliemežus ar soli moduļos vai pītčos.

Treškārt, vītņojot metriskās vītņus, kad solis milimetros ir zināms, sadalīšanu veic, pārvietojot griezni ar suporta kamaniņām sagataves ass virzienā par vītņus soli.

Daudzgājienu vītņu visus gājienus vienlaikus var uzgriezt, griežņus aizstājot ar vītņu ķemmēm, vai ar griežņu komplektiem, nostiprinot tos soļa attālumā vienu no otra.

Ražošanas apstākļos vītņus frēzē ar diska un ķemmju veida frēzēm, ievēlējot ar diska vai plakanajiem velmjiem, bet precīzās vītņus izslīpē. Procesi ir produktīvi, bet nepieciešamas speciālas darbmašīnas un instrumenti.

6. nodaļa. URBUMU APSTRĀDES PROCESI

6.1.URBJMAŠĪNAS

6.1.1. Urbjmašīnu tipi.

Urbjmašīnas iedalās universālajās, specializētajās un speciālās. Pie universālajām pieder vertikālās, radiālās un daudzvārpstu urbjmašīnas. Vertikālās urbjmašīnas piemērotas urbšanai (drilling) un urbumu apstrādei neliela gabarīta sagatavēs. Ar lielāka izmēra vertikālajām urbjmašīnām ir iespējama urbumu urbšana un apstrāde līdz 80 mm diametrā.

Radiālās urbjmašīnas izmanto urbumu urbšanai un apstrādei liela izmēra sagatavēs. Daudzvārpstu urbjmašīnas paredzētas vairāku urbumu vienlaicīgai urbšanai. Tās var būt ar pastāvīgi nostiprinātām vai pārstātām darbvārpstām, kas izvietotas lineāri vai pa aploci.

Pie specializētajām urbjmašīnām pieder horizontālās, centrēšanas un agregātmašīnas. Horizontālās urbjmašīnas lieto garu urbumu urbšanai ar dziļurbšanas urbjiem. Centrēšanas urbjmašīnas izmanto centru urbumu iurbšanai vārpstu tipa sagatavēs lielu sēriju ražošanas apstākļos. Tās var būt vienpusējas darbības, kad urbumus iurbj tikai vienā sagataves galā, un divpusējas darbības, kad urbumus vienlaikus iurbj sagataves abos galos. Agregātmašīnas komplektē no vairākiem tipveida urbšanas blokiem. Tās paredzētas vairāku urbumu vienlaicīgai urbšanai un apstrādei konkrētās liela gabarīta sagatavēs lielu sēriju ražošanas apstākļos.

Speciālās urbjmašīnas paredzētas noteiktam darbam. To pārkārtošana cita tipa sagatavju apstrādei praktiski nav iespējama vai saistīta ar mašīnas konstrukcijas pārveidošanu.

Pie urbjmašīnu grupas darbmašīnām pieder arī izvirpošanas mašīnas. Pamatā tam ir izvirpošanas procesu īpatnības. Atšķirībā no virpošanas izvirpošanā rotācijas kustība piešķirta griezējinstrumentam, bet padeves - sagatavei.

6.1.2. Vertikālo un radiālo urbjmašīnu uzbūve.

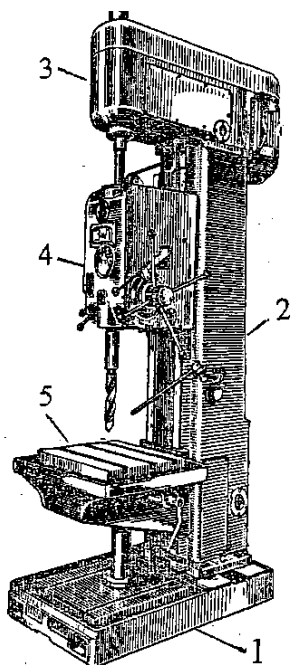
Vertikālā urbjmašīna sastāv no pamatnes, statnes, galvenās piedziņas, darbvārpstas balsta, un galda (6.1.att.). Pamatne un statne ir atliekas no pelēkā čuguna.

Piedziņā ietilpst elektromotors, siksnas pārvads un pārnenumkārbā. Pārnenumkārbā nodrošina darbvārpstai deviņas rotācijas ātrumu pakāpes robežās 68...1100 apgr./min. Darbvārpsta iegultnā balstā, kas vienlaicīgi kalpo par padeves mehānismu ar pārbīdāmu ierīvi korpusu. Padeves

mehānisms nodrošina vienpadsmit dažāda lieluma padeves. Galds paredzēts sagatavju atbalstīšanai un nostiprināšanai

Darbvārpstas balstu un galdu pa statnes vadotnēm pēc vajadzības var pacelt uz augšu vai nolaist uz leju. Balstu pārvieto izmantojot mehānismu, kas sastāv no zobstieņa pārvada un gliemežpārvada. Galda pacelšanu veic ar mehānismu, kurā ietilpst koniskais zobpārvals un skrūves pārvals.

Vertikālās urbjašīnas piemērotas urbumu urbšanai un apstrādei neliela izmēra sagatavēs. Tās nostiprina tieši uz galda vai arī skrūvspīlēs. Urbjot vai apstrādājot vairākus urbumus, skrūvspīles ar sagatavi pārbīda pa galdu.



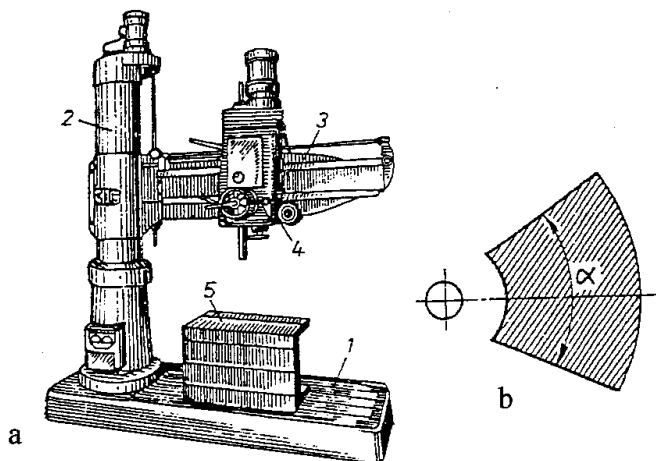
6.1. att. Vertikālā urbjašīna:

1 - pamatne; 2 - statne; 3 - galvenā piedziņa; 4 - darbvārpstas balsts; 5 - galds

Liela gabarīta sagatavju apstrāde ar vertikālajām urbjašīnām ir apgrūtināta. To apstrādei piemērotākas ir radiālās urbjašīnas. Urbjašīnas pamatnē nostiprināta kolonna (6.2.att.a). Tai uzmontēta šķērssijs, kuru var pagriezt pa labi un pa kreisi, pacelt uz augšu vai nolaist uz leju. Šķērssijs pārvietošanu nodrošina piedziņa, kas sastāvs no atsevišķa elektromotora, zobpārvada un skrūves pārvada. Pa šķērssijs vadotnēm pārvietojas urbsuports. To pārvieto ar rokas vai mehānisko

piedzīņu. Urbjsuportā iemontēta darbvārpsta, galvenās kustības un padeves piedziņas mehānismi. Mazāka izmēra sagataves nostiprina uz galda, bet lielākas tieši uz urbjmašīnas pamatnes.

Pagriežot šķērssiiju ap kolonu leņķa α robežās un pārvietojot urbjsuportu pa šķērssiiju, iespējams izurbt un apstrādāt urbumus jebkurā iesvītrotā laukuma punktā (6.2.att.b).



6.2. att. Radiālā urbjmašīna:
a - uzbūve; b - apkalpošanas zona; 1 - pamatne; 2 - kolonna;
3 - šķērssiija; 4 - urbjsuports; 5 - galds.

6.2. URBUMU APSTRĀDES GRIEZĒJINSTRUMENTI

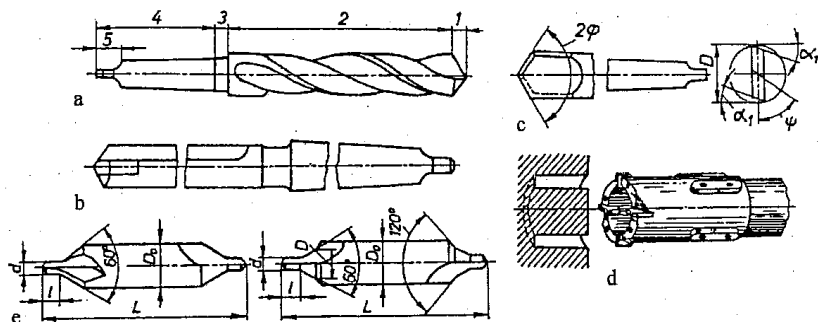
6.2.1. Urbju tipi.

Urbjus iedala spirālurbjos, dziļurbjos, spānurbjos, gredzenurbjos un centrurbjos (6.3.att.). Plašāk lieto spirālurbjus. Tie nodrošina augstāku produktivitāti. Atbilstoši tehnoloģiskajam uzdevumam izšķir spirālurbjus urbumu urbšanai bez tālākas apstrādes un urbumu urbšanai ar tālāku apstrādi - paplašināšanu, izrīvēšanu un vītnes iegriešanu.

Spirālurbjus iedala īsos, garos un saīsinātos. Plašāk lieto īsos spirālurbjus. Garie spirālurbji urbšanā nav stabili un novirzās no centra. Tos lieto urbšanai caur vadčaulām. Saīsinātos spirālurbjus izmanto urbšanai, kad nepieciešama augsta urbja stabilitāte un nav pieļaujama urbuma ass novirzīšanās no centra.

Spirālurbjus izgatavo ar diametriem no 0,25 līdz 80 mm. Izšķir vairāk nekā 20 dažādus spirālurbju tipus. Tipi atšķiras ar konstruktīvo

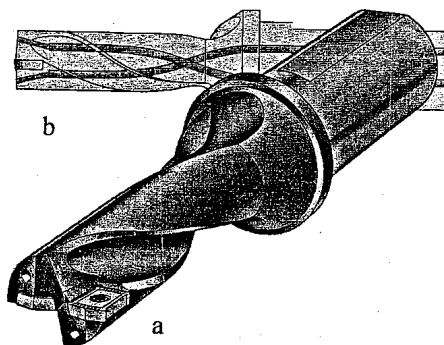
izveidojumu, darbīgās daļas garumu, spirāles slīpuma leņķi, kāta izveidojumu utt. Tipu skaitā ietilpst spirālurbji ar cietsakausējuma griezējasmehiem, ar taisnām, vītņveida un slīpām skaidrievām. Kreisos spirālurbjus lieto darbam uz virpošanas automātiem.



6.3. att. Urbju tipi:

- a - spirālurbis; b - dziļurbis; c - spārnurbis; d - gredzenurbis; e - centrurbji; 1 - griezējdaļa; 2 - darbīgā daļa; 3 - kakliņš; 4 - kāts; 5 - kāta galviņa.

Pēdējos gados metālapstrādē izmanto spirālurbjus ar maināmiem nepārasināmiem cietsakausējuma griezējasmehiem (6.4.att.), kā arī ātrgriezēja tērauda spirālurbjus ar griezējdaļas virsmu pārklājumu un centrāliem kanāliem dzesēšanas šķidruma pievadīšanai.



6.4. att. Cietsakausējuma spirālurbji ar nepārasināmiem griezējasmehiem:

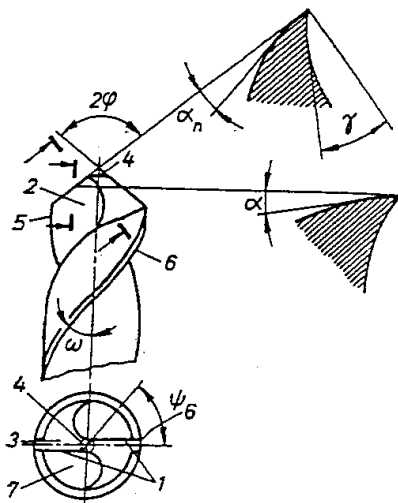
- a – urbja kopskats; b – dzesēšanas kanālu shēma.

Urbjot urbumus, kas dziļāki par pieciem diametriem, spirālurbji zaudē savas priekšrocības. Tie kļūst nestabili, novirzās no centra, pasliktinās skaidas izvadīšana un virsmas kvalitāte. Dziļāku urbumu urbšanai lieto dziļurbjus. Tie var būt ar viensusēju vai divpusēju griešanu (ar vienu vai diviem griezējasmehiem). Dziļurbjus izgatavo ar centrālu urbumu, caur kuru zem spiediena pievada dzesējošo šķidrumu. Tā caurplūde palielina dzesēšanas intensitāti un veicina skaidas izvadīšanu no urbuma.

Spārnurbjus zemās produktivitātes dēļ praktiski nelieto. Gredzenurbjus izmanto urbšanā, kad urbuma diametri ir lielāki par 70 mm. Pastāv divu veidu gredzenurbji - dziļu urbumu urbšanai un lielizmēra caurumu izgriešanai loksēs. Centrurbjus lieto sagatavju centrēšanai.

6.2.2. Spirālurbja ģeometriskie parametri.

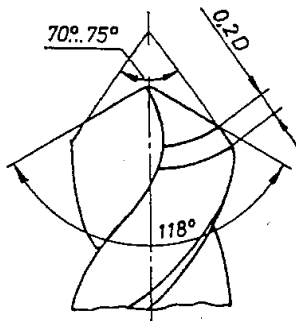
Spirālurbis sastāv no griezējdaļas, darbīgās daļas, kakliņa, kāta un kāta galviņas (6.3.att.a). Griezējdaļu veido pieci griezējasmehi: divi galvenie, divi palīgriezējasmehi un šķērsasmens. Šķērsasmens materiālu negriež, bet pārbīda un izspiež. Griezējdaļai ir divas skaidrietas un divas vadlentītes (6.5.att.).



6.5. att. Spirālurbis:

- 1 - galvenie griezējasmehi; 2 - skaidvirsmas; 3 - mugurvirsmas; 4 - šķērsasmens; 5 - palīgriezējasmehi; 6 - vadlentīte; 7 - skaidrietas;

Spirālurbjiem mugurleņķi α nosaka plaknē, kas perpendikulāra urbja asij. Tā lielums ir atkarīgs no šķēluma vietas. Spirālurbja ārējā malā α vērtības ir minimālas, bet pie šķērsasmens - maksimālas. Skaidleņķi γ nosaka plaknē, kas perpendikulāra griezējasmeņim. Arī skaidleņķis mainās no $\gamma_{\min}$ pie šķērsasmens līdz $\gamma_{\max}$ urbja ārējā malā. Šķērsasmens slīpuma leņķis ψ pret galvenajiem griezējasmeņiem ir 55° .



6.6. att. Spirālurbju dubultā asināšana.

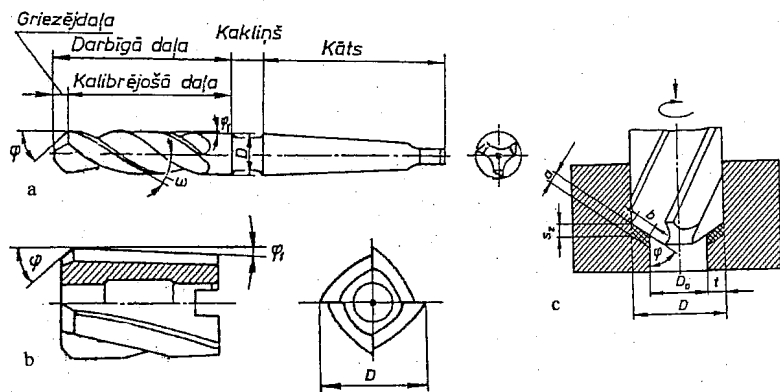
Spirālurbja virsotnes leņķis 2ϕ atrodas starp galvenajiem griezējasmeņiem. Tā lielums ir atkarīgs no apstrādājamā materiāla īpašībām. Urbjot urbumus tērauda un čuguna sagatavēs, $2\phi = 116^\circ..118^\circ$, apstrādājot alumīniju un citus vieglos sakausējumus, - 140° , bet apstrādājot nemetāliskos materiālus, $80^\circ..90^\circ$.

Spirālurbju optimālas uzasināšanas kritērijus nosaka nodrošinātie leņķi 2ϕ , ψ un $\alpha_{\min} \approx 7^\circ$. Abiem griezējasmeņiem ir jābūt vienādā garumā un slīpumā. Spirālurbju asunnoturību paaugstina, veicot dubulto asināšanu (6.6.att.).

6.2.3. Paplašinātājurbji un gremdurbji.

Paplašinātājurbji ir urbumu pusgludās apstrādes griezējinstrumenti. Tos plašāk lieto rūpnieciskos ražošanas apstākļos, apstrādājot urbtus, lietus un kaltus urbumus. Paplašinātājurbjus izgatavo ar trim vai četriem griezējasmeņiem. Pēc konstruktīvā izveidojuma tie var būt ar konisku kātu, uzmaucamie un saliktie (6.7.att.). Paplašinātājurbji ar kātu sastāv no griezējdaļas, kalibrējošās daļas, kakliņa un kāta. Tos izgatavo ar diametru līdz 40 mm.

Lielāka diametra paplašinātājurbjus (izmēros no 30 līdz 80 mm) izgatavo kā uzmaucamos. Salikto paplašinātājurbju griezējasmeņiem izmanto cietsakausējuma plāksnītes.



6.7. att. Paplašinātājurbji:
a - ar konisku kātu; b - uzmaucamais; c - griešanas
shēma paplašināšanā.

Urbuma apstrādi veic galvenie griezējasmeņi. Skaidleņķi γ , mugurleņķi α un griešanas leņķi δ nosaka plaknē, kas perpendikulāra galvenajam griezējasmenim. Skaidleņķa vērtības paplašinātājurbjiem izvēlas $5^\circ \dots 30^\circ$, mugurleņķa - $8^\circ \dots 10^\circ$. Virsotnes leņķis φ raksturo griezējasmens slīpumu pret padeves virzienu un tas parasti ir 60° . Tērauda sagatavju apstrādē lieto paplašinātājurbjus ar skaidriemas slīpuma leņķi $\omega = 30^\circ$, bet čuguna sagatavju apstrādē $\omega = 0^\circ$.

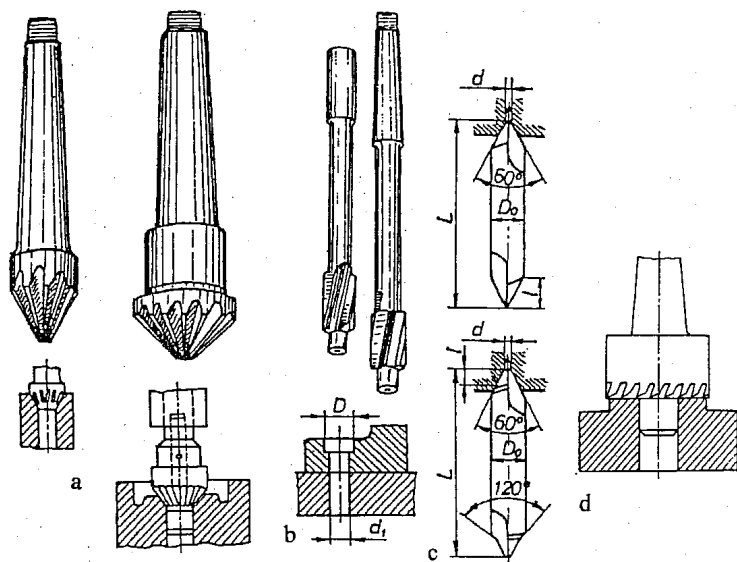
Gremdurbjus lieto urbumu vietējai cilindriskai vai koniskai paplašināšanai (6.8.att.). Vietēja urbumu paplašināšana visbiežāk ir nepieciešama, lai iegremdētu bultskrūvju galvas. Cilindriskos gremdurbjus urbumā centrē īpaša rēdze. Tā var būt maināma atkarībā no iegremdējamā urbuma diametra. Koniskos gremdurbjus parasti izgatavo ar virsotnes leņķiem - 30° , 45° , 60° , 90° un 120° un tiem nav rēdzes.

Centru urbumu gremdurbi atšķiras no citiem, ka tiem ir tikai viens griezējasmens. Īpašs gremdurbju paveids ir gala norīvjī (6.8.att.d). Tiem griezējasmeņi izveidoti uz gala virsmām. Norīvjus galvenokārt izmanto atlieto sagatavju pielūjumu apstrādei.

6.2.4. Rīvurbji.

Rīvurbji ir urbumu gludās apstrādes griezējinstrumenti. Tie sastāv no vadkonusa, griezēja daļas, kalibrējošās daļas, kakliņa un kāta (6.9.att.). Izšķir rokas un mašīnrīvurbjus. Rokas rīvurbjiem ir pagarināta kalibrējošā daļa, kas tos centrē urbumā. Mašīnrīvurbji var būt ar cilindrisku vai konisku kātu un uzmaucamie. Rīvurbjiem var būt taisni vai spirālveida

zobi ar vienmērīgu vai nevienmērīgu sadalījumu pa aploci. Atkarībā no izmēra regulēšanas iespējām izšķir regulējamos un neregulējamos rīvurbjus. Regulējamie rīvurbji var būt ar izspīlējamiem vai izbīdāmiem zobiem. Regulējamos rīvurbjus lieto galvenokārt remonta darbos.

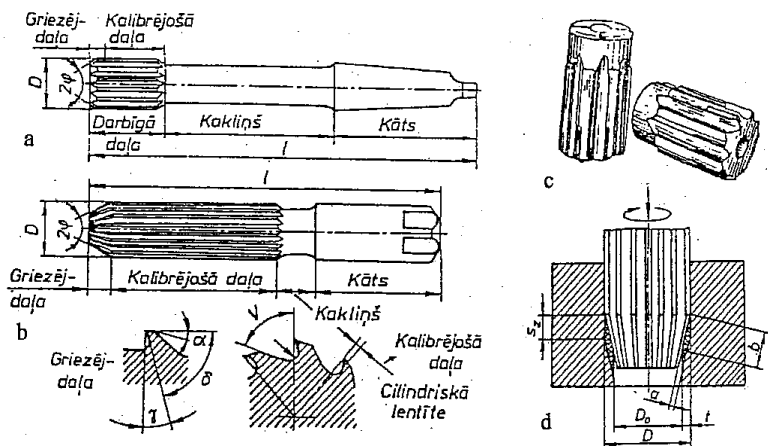


6.8. att. Gremdurbji:

a - koniskie; b- cilindriskie; c - centru urbumu; d - gala norīvis.

Pastāv vairāk nekā 13 dažādu rīvurbju tipi. Tie atšķiras ar konstruktīvo izpildījumu un tehnoloģisko nozīmi. To skaitā ietilpst arī t.s. katlu rīvurbji. Tie paredzēti urbumu izrīvēšanai lokšņu materiālos pirms kniedēšanas, lai nodrošinātu urbumu aksialitāti.

Virsošnes leņķu vērtības rokas rīvurbjiem $2\phi = 0,5^\circ \dots 1,5^\circ$, mašīnrīvurbjiem - $15^\circ \dots 35^\circ$. Tā lielumu nosaka apstrādājamā materiāla īpašības. Rīvurbjiem skaidleņķa vērtības griezējdaļā izvēlas $\gamma = 5^\circ \dots 10^\circ$, bet mugurleņķa vērtības $\alpha = 6^\circ \dots 10^\circ$. Griezējdaļā zobus asina smailus, bet kalibrējošā daļā zobiem veido 0,08...0,5 mm platas cilindriskas lentītes. Berzes samazināšanai un apstrādātās virsmas bojāšanas novēršanai, kalibrējošo daļai veido atslodzes konusu. Atslodzes konusa daļā diametru starpība ir neliela: rokas rīvurbjiem - 0,005...0,008 mm, mašīnrīvurbjiem - 0,04...0,08 mm. Lai atvieglotu rīvurbja diametra precīzu izmērīšanu, tos izgatavo ar pārskaista zobiem, visbiežāk 6...12. Augstāku apstrādātās virsmas kvalitāti nodrošina rīvurbji ar nevienmērīgu zobu sadalījumu, bet to izgatavošanas ir sarežģītāka.



6.9. att. Rīvurbji:

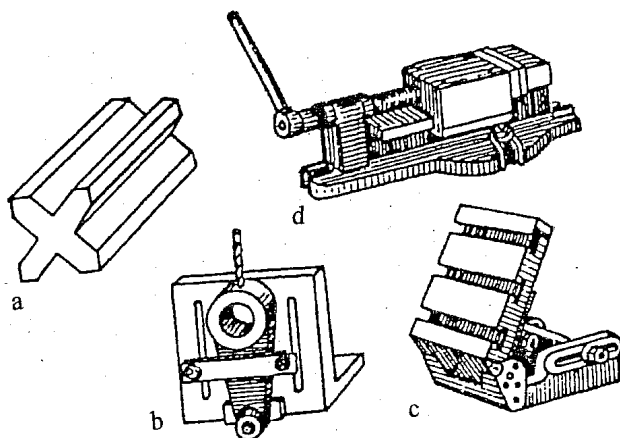
a - mašīnrīvurbis ar konisku kātu; b - rokas rīvurbis; c - uzmaucamais mašīnrīvurbis; d - izrīvēšanas griešanas shēma.

6.3. URBJMAŠĪNU IERĪCES

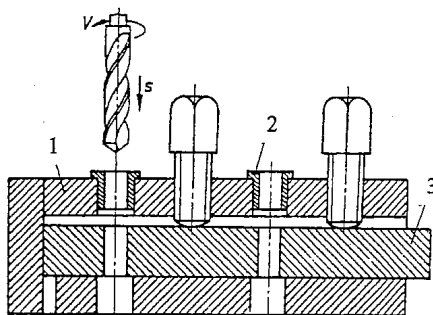
6.3.1. Ierīces sagatavju nostiprināšanai.

Urbjot un apstrādājot nelielus urbumus lielāka gabarīta sagatavēs, tās ierīcēs nenostiprina, bet atbalsta uz urbjmašīnas galda un pieturot ar rokām. Maza izmēra sagataves stiprina mašīnkrūvspīlēs. Tās var nostiprināt uz urbjmašīnas galda vai arī tikai novietot uz tā. Urbjot un apstrādājot liela diametra urbumus, lielāka gabarīta sagataves nostiprina uz galda ar piespiedējiem. Urbjot un apstrādājot radiālus urbumus cilindriskās sagatavēs, tās atbalsta uz prizmām. Lai atvieglotu urbumu urbšanu sagatavēs ar slīpām bāzes virsmām, to stiprināšanai lieto vienkāršos un universālos stūreņus (6.10.att.).

Rūpnieciskās ražošanas apstākļos izmanto speciāli konstruētas un izgatavotas ierīces. Tās nodrošina ātru un precīzu sagatavju uzstātīšanu. Lai nodrošinātu urbumu starp centru attālumus, neveicot centru aizzīmēšanu un iepunktēšanu, lieto speciālus konduktorus (6.11.att). Vadčaulas izgatavotas no tērauda un, lai mazāk diltu, ir norūdītas.



6.10. att. Urbjmašīnu ierīces:
a - prizma; b - vienkāršais stūrenis; c -
universālais stūrenis; d - mašīnkrūvspīles.

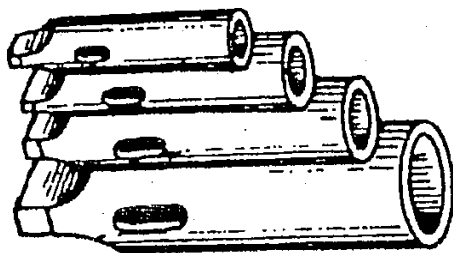


6.11. att. Urbšanas konduktors:
1 - konduktora korpuss; 2 - vadčaula; 3 - sagatave.

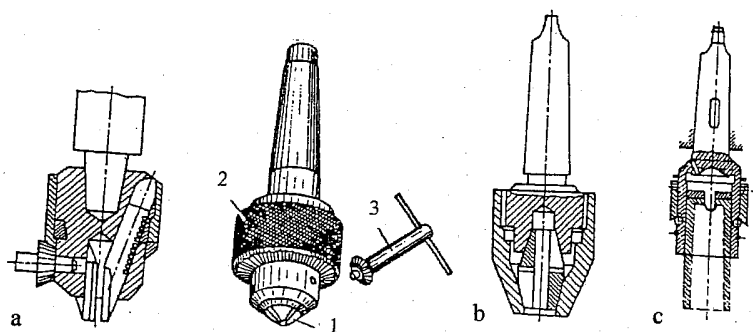
6.3.2. Palīginstrumenti darbam ar urbjmašīnām.

Palīginstrumentus lieto griezējinstrumentu nostiprināšanai. Instrumentus ar konisku kātu stiprina tieši darbvārpstas koniskajā urbumā, vai izmantojot pārejas čaulas (6.12.att.). Koniskajā urbumā tos notur berze starp virsmām. Pārejas čaulu (Morzes konuss, koniskums 1 : 0,866) komplektā ietilpst 7 čaulas. Tās numurē ar cipariem no 0 līdz 6. Numuru nosaka pārejas čaulas iekšējais diametrs (konusam Nr. 0 iekšējā diametra izmērs ir 9,045 mm, Nr. 1 - 12,065 mm utt.).

Griezējinstrumentus ar cilindrisku kātu nostiprina urbipatronās. Izšķir vairāku tipu urbipatronas (6.13.att.). Rūpnieciskās ražošanas apstākļos, kad nepieciešama griezējinstrumentu bieža nomaiņa, izmanto ātrmaiņas patronas. Lai griezējinstrumentu nomainītu, pacel patronas rievoto gredzenu, kas piespiež lodītes griezējinstrumenta kātam. Pārtraucot nosprostojumu, griezējinstrumenta kāts atbrīvojas un instruments izkrīt no patronas. Tā vietā ievieto citu instrumentu un rievoto gredzenu nolaiž zemāk. Urbipatronas un pārejas čaulas no darbvārpstas koniskā urbuma izdzen ar īpašu ķīli.



6.12. att. Pārejas čaulu komplekts.



6.13. att. Urbipatronas:

a - žokļu patrona; b - spīļpatrona; c - ātrmaiņas patrona; 1 - žokļi; 2 - vadčaula; 3 - atslēga.

Lielu sēriju ražošanas apstākļos, kad ir nepieciešama bieža un atkārtota vairāku griezējinstrumentu periodiska nomaiņa, izmanto īpašas revolvertgalvas. Tās uzmontē vertikālajām urbmašīnām (6.14.att.).

6.4. DARBS AR URBJMAŠĪNĀM

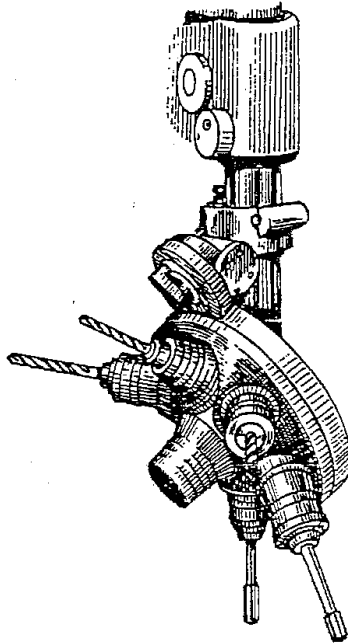
6.5.1. Griešanas procesa parametri.

Griešanas procesa parametri urbšanā un pārurbšanā ir analogi virpošanai (6.15.att.). Griešanas dziļums t , mm, urbumu urbšanā ir vienāds ar pusi no urbja diametra, $t = D/2$, bet pārurbšanā

$$t = \frac{D - d_0}{2}.$$

Padevi urbšanā uzdod uz vienu urbja apgriezumu (mm/apgr.). Tā kā urbjiem ir divi galvenie griezējasmēņi, tad padeve uz vienu zobu $s_z = s/2$. Nogriežamās sloksnītes šķērsriezuma laukumu (vienam zobam) f , mm² aprēķina:

$$f = t \cdot s_z = \frac{s \cdot D}{4}.$$



6.14. att. Urbjmašīnu revolvergalvas kopskats.

Ģeometriskais griešanas ātrums urbšanā, m/min, ir vienāds ar urbja ārējā punkta rotācijas ātrumu:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}.$$

Pieļaujamo griešanas ātrumu, m/min, urbšanai aprēķina:

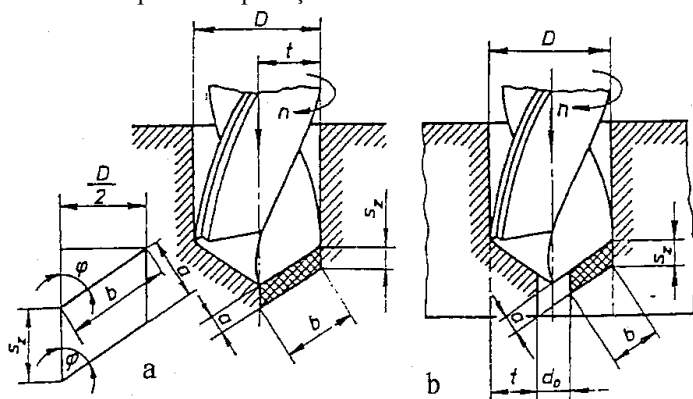
$$V = \frac{C_v D^{x_v}}{T^m s^{y_s}} K,$$

kur C_v - koeficients, kas atkarīgs no apstrādājamā materiāla īpašībām un griezējinstrumenta griešanas spējām;

T - griezējinstrumenta (urbja) ekonomiskā asumnoturība, min;

x_v , y_s un m - pakāpes rādītāji, kas ievērtē attiecīgo parametru ietekmes intensitāti;

K - korekcijas koeficients, kas ievērtē novirzes no tipiskajiem apstrādes apstākļiem.



6.15. att. Griešanas procesa parametri urbšanā un pārurbšanā:
a - urbšanā; b - pārurbšanā.

Spirālurbju ekonomisko asumnoturību nosaka diametrs. Maza izmēra urbjiem tā 5...10 min, lielākiem ($D=70...80$ mm) - 140...210 min.

Korekcijas koeficienta vērtības ietekmē urbšanas dziļums. Piemēram, ja urbšanas dziļums līdz $3D$, $K = 1$; ja urbšanas dziļums $5D$, tad $K = 0,85$, bet ja urbšanas dziļums $10D$, tad $K = 0,5$.

Pēc pieļaujamā griešanas ātruma, aprēķina darbvārpstas rotācijas ātrumu:

$$n = \frac{1000V}{\pi \cdot D}.$$

Urbšanas un pārurbšanas mašīnlaiku t_m , min, aprēķina;

$$t_m = \frac{L}{n \cdot s} = \frac{l + l_1 + l_2}{n \cdot s},$$

kur L - aprēķinātais urbja pārvietojums padeves virzienā, mm;

l - urbma dziļums, mm;

l_1 - urbja iegriešanās ceļš, mm, (urbšanā $l_1 = 0,3 D$);

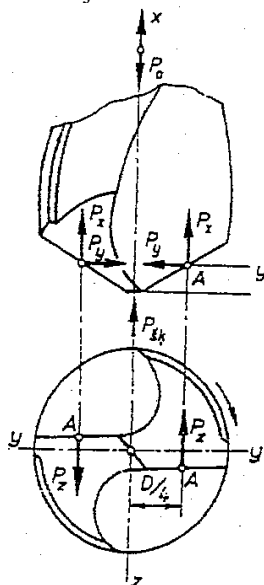
l_2 - urbja izskreja, mm, ($l_2 = 1...3$ mm).

6.4.2. Spirālurbju darba īpatnības un griešanas spēki.

Spirālurbju darba apstākļi ir smagi. Tiem ir apgrūtināta eļļojošo – dzesējošo šķidrumu pievadīšana un skaidas izvadīšana no griešanas zonas. Griešanas procesā uz urbja virsmām darbojas lieli spiedieni un berzes spēki. Griešanas ātrums visā griezējasmaņu garumā nav vienāds. Urbja centra virzienā tas samazinās. Šķērsasmens skaidleņķa γ vērtības ir negatīvas, bet griešanas ātrums praktiski ir vienāds ar nulli. Šķērsasmens materiālu negriež, bet plastiski deformē un izspiež. Pieņemot, ka griešanas spēki pielikti divos punktos, un projicējot tos uz koordinātu asīm, iegūst spēkus P_x , P_y un P_z (6.16.att.). Radiālie spēki P_y ir vienādi un savstarpēji līdzsvarojas. Griešanas spēks P_z rada griezes momentu un nosaka griešanas jaudu. Spēks P_x ir aksiālā spēka P_0 sastāvdaļa. To veido divas komponentes:

$$P_0 = 2P_x + P_{sk},$$

kur P_{sk} - apstrādājamā materiāla pretestība spirālurbja šķērsasmens izraisītai deformācijai.



6.16. att. Griešanas spēku darbības shēma urbšanā.

Aksiālais griešanas spēks darbojas uz padeves mehānismu un ietekmē tā stiprību. Praktiskām vajadzībām griezes momentu un aksiālo griešanas spēku aprēķina:

$$M = 0,981 \times 10^{-2} C_m D^x s^y;$$

$$P_0 = 9,81 C_p D^x s^y,$$

kur M - griezes moments, Nm;

C_m un C_p - koeficienti, kas ievērtē apstrādājamā materiāla īpašības;

x , y , - pakāpes rādītāji, kas ievērtē attiecīgo parametru ietekmes intensitāti.

Summārā griešanas jauda N praktiski ir atkarīga tikai griešanas jaudas, jo padeves jauda nepārsniedz 0,5...1,5 % no kopējās jaudas. Summāro jaudu N aprēķina:

$$N = \frac{M \cdot n}{9554},$$

kur n - rotācijas ātrums, min^{-1} .

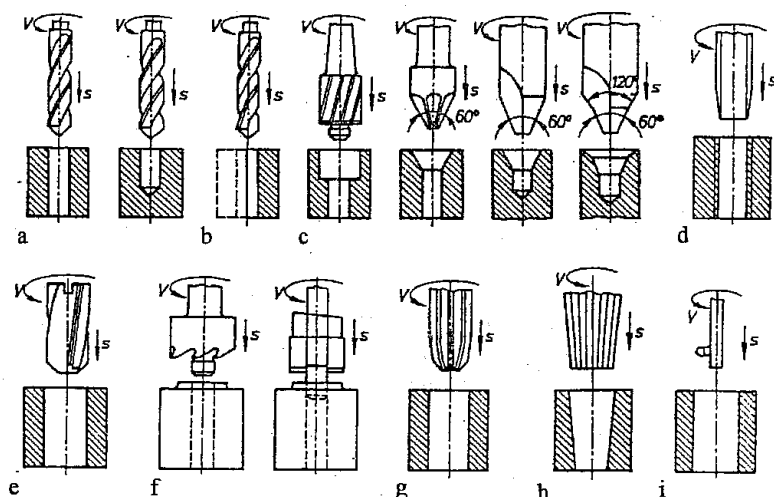
6.4.3. Ar urbja mašīnām veicamie darbi.

Ar urbja mašīnām urb, pārrurb, paplašina, iegremdē un izrīvē urbumus, norīvē rēdzes, iegriež vītnes urbumos utt. (6.17.att.). Pirms urbšanas, ja nelieto konduktorus, aizzīmē urbumu centrus un ar punktsiti iepunktē padziļinājumus. Sagataves atbalsta uz urbja mašīnas galda vai nostiprina kādā no ierīcēm. Urbjot cauri esošus urbumus, zem sagataves novieto koka paliktni, lai netraucētu urbim izeju. Padeves skaitliskās vērtības izvēlas no rokasgrāmatām atbilstoši apstrādes apstākļiem. Darbā ar rokas padevi to vērtības vidēji ir 0,01...0,03 no urbja diametra D . Urbšanas beigū daļā padevi nedaudz samazina. Urbjot necaurejošus urbumus, urbšanas dziļumu atzīmē uz urbja. Lieto arī īpašus kustības ierobežotājus - gredzenus. Tos nostiprina uz urbja. Atsevišķām urbja mašīnām ir speciālas regulējamas atdures. Urbšana nodrošina virsmu raupju virsmu - Ra 5...10 un salīdzinoši zemu izmēru precizitāti -IT 10...12.

Urbumus, kuru diametri lielāki par 30 mm, vispirms izurbj ar mazāka diametra spirālurbi - 0,2...0,4 no D . Pēc tam urbumus pārrurbj uz doto izmēru. Pārrurbjot padeves izvēlas 1,5...2 reizes lielākas nekā urbjot. Pārrurbšana nodrošina zemāku virsmas kvalitāti un precizitāti nekā urbšana (Ra 10...20, IT 12...14), bet tā ir produktīvāka par paplašināšanu.

Paplašināšana ir pusgludā urbumu apstrāde ar paplašinātāurbjiem. Tā nodrošina augstāku virsmu gludumu un izmēru precizitāti, salīdzinot ar urbšanu (Ra 2,5...5, IT 9...11). Uzlaides paplašināšanai paredz 0,5...2,0 mm. Paplašināšanu plašāk lieto rūpnieciskās ražošanas apstākļos, lai sagatavotu urbumus beigū apstrādei - izrīvēšanai.

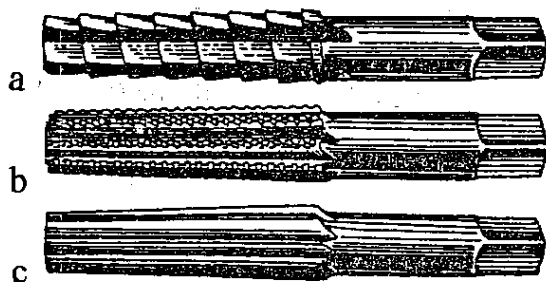
Izrīvēšana ir urbumu gludā apstrāde. Izšķir pusgludo un gludo izrīvēšanu. Uzlaides pusgludai izrīvēšanai paredz 0,2...0,3 mm, gludai - 0,05...0,1 mm. Gludā izrīvēšana nodrošina virsmas raupjumu Ra 1,25...2,5, izmēru precizitāti IT 7...8..



6.17. att. Ar urbjmašīnām veicamie darbi:

a - urbšana; b - pārurbšana; c - iegremdēšana; d - vītnes iegriešana
 e - paplašināšana; f - gala virsmas norīvēšana; g - cilindrisku
 urbumu izrīvēšana; h - konisku urbumu izrīvēšana; i - izvirpošana.

Ar urbjmašīnām apstrādā arī iekšējas koniskas virsmas. Urbumus vispirms izurbj, bet pēc tam izrīvē, izmantojot konisko rīvurbju komplektus (6.18.att.). Komplekts sastāv no pakāpju veida paplašinātājurbja, pusgludā un gludā rīvurbja



6.18.att. Konisko rīvurbju komplekts:

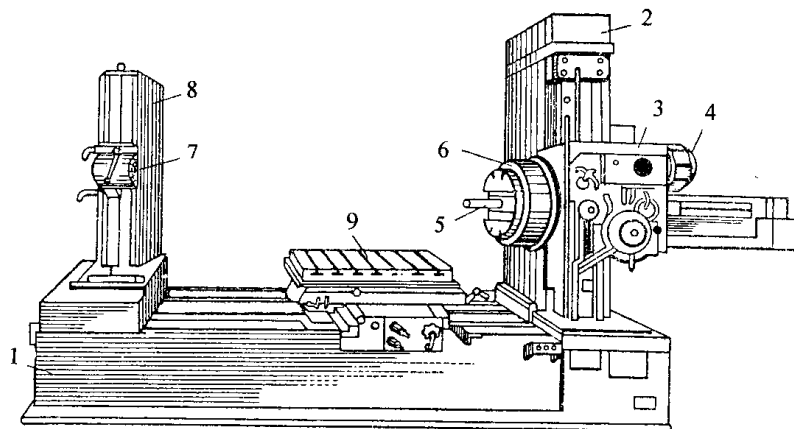
a - pakāpjuveida paplašinātājurbis; b - pusgludais
 rīvurbis; c - gludais rīvurbis.

Rēdžu norīvēšanu veic ar norīvjiem. Tos biežāk izmanto, apstrādājot pielējumus lējumiem.

Vītnes iegriešanai urbumos lieto mašīnvītņurbjus. Tos nostiprina īpašās patronās ar drošības mehānismiem, kas vītņurbja iesprūšanas gadījumos pasargā instrumentu no salaušanas. Atsevišķos gadījumos urbjmašīnas izmantoja arī urbumu izvirpošanai remonta gadījumos, bet to lietošanas iespējas ir ierobežotas.

6.4.4. Darbs ar izvirpošanas mašīnām

Izvirpošanas (boring) mašīnas pieder universālo darbmašīnu grupai. Tās iedalās horizontālajās un vertikālajās, un paredzētas liela gabarīta korpusa tipa detaļu apstrādei. Ar izvirpošanas mašīnām veic ne tikai urbšanu, paplašināšanu, izrīvēšanu, bet arī izvirpo un apvirpo cilindriskas un koniskas virsmas, vītņo ārējas un iekšējas vītnes, kā arī nofrēzē gala virsmas.



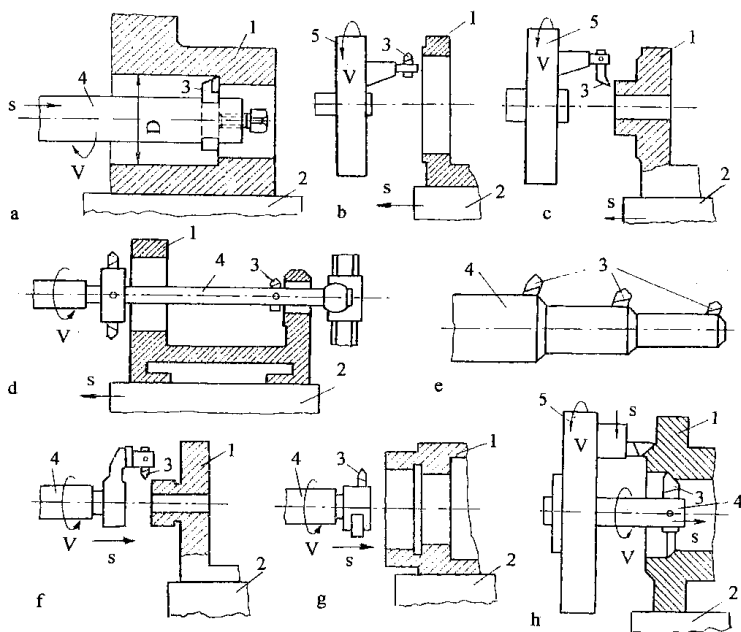
6.19.att. Izvirpošanas mašīnas kopskats:

1 – statne; 2 – priekšējais statnis; 3 - darbvārpstas galvenais balsts;
4 – piedziņas elektromotors; 5 – griežņu tapnis (urbjstienis); 6 –
plānripa (šķērssuports attēlā nav parādīts); 7 – aizmugurējais
balsts; 8 – aizmugurējais statnis; 9 – galds sagatavju
nostiprināšanai.

Horizontālā izvirpošanas mašīna sastāv no monolītas čuguna pamatnes (6.19.att). Uz tās viena gala nostiprināts priekšējais statnis. Pa

tā vertikālajām vadotnēm pārvietojas balsts, kurā iegultā darbvārpsta un plānripa. Balstu iestata atbilstoši sagataves augstumam. Darbvārpstas koniskajā urbuma nostiprina izvirpošanas tapņus (urbjstienus), spirālurbjus u.c. griezējinstrumentus, kas strādā ar garenpadevēm. Plānripai uzmontēts griežņu suports. Darbvārpstas balstā iebūvētas pārnēsma un padevju kārbas. Padevju kārba nodrošina darbvārpstai garenpadevi, bet plānripas suportam radiālo padevi.

Pa vadotnēm statnes vidējā daļā pārvietojas galds. Uz tā stiprina sagataves. Galds garenvirziena un šķērsvirziena padeves kustības saņem no padeves kārbas. Tā augšējo daļu var iestatīt jebkurā leņķī 360^0 robežās.



6.20.att. Izvirpošanas darbi:

a – urbumu izvirpošana ar griezni, kas nostiprināts urbjstienī; b – urbumu izvirpošana ar griezni, kas nostiprināts plānripas suportā; c – ārēju virsmu apvirpošana ar griezni, kas nostiprināts suportā; d – divu urbumu vienlaicīga izvirpošana, izmantojot urbjstieni ar diviem griežņiem; e – urbjstienis ar triju griežņu komplektu; f – ārējas vītnes vītņošana; g – iekšējas vītnes vītņošana; h – gala virsmas un urbuma vienlaicīga apstrāde, izmantojot urbjstieni un plānripas suportu.

Uz pamatnes otrā gala pa horizontālajām vadotnēm pārvietojas aizmugurējais statnis. Pa to vertikālā virziena pārvietojas aizmugurējais balsts. To iestata atbilstoši priekšējā balsta augstumam un izmanto izvirpošanas tapņa (urbjstieņa) gala atbalstīšanai.

Rēdžu norīvēšanu veic ar norīvjiem. Tos biežāk izmanto, apstrādājot pielējumus lējumiem.

Vītnes iegriešanai urbumos lieto mašīnvītņurbjus. Tos nostiprina īpašās patronās ar drošības mehānismiem, kas vītņurbja iesprūšanas gadījumos pasargā instrumentu no salaušanas. Atsevišķos gadījumos urbmašīnas izmantoja arī urbumu izvirpošanai remonta gadījumos, bet to lietošanas iespējas ir ierobežotas.

Urbumu un gala virsmu vienlaicīgu apstrādi veic ar griežņiem, no kuriem viens nostiprināts plānripas suportā, bet otrs darbvārpstā (6.20.att.h). Grieznis, kas nostiprināts darbvārpstā, saņem rotāciju un garanpadevi, bet grieznis plānripas suportā – rotāciju un radiālo padevi. Abu virsmu vienlaicīga apstrāde nodrošina precīzu urbuma un gala virsmas perpendikularitāti.

Urbumu izvirpošanu ar izvirpošanas mašīnām var veikt arī ar īpašiem izvirpošanas griežņu blokiem. Izmantojot īpašas konstrukcijas urbjstieņus ir iespējama arī iekšēju konisku virsmu apstrāde.

Paralēlus un savstarpēji perpendikulārus urbumus ar izvirpošanas mašīnām apstrādā vienā uzstatījumā. Pēc pirmā urbuma izvirpošanas galdu pārbīda šķērsvirzienā par atstatumu, kas vienāds ar starp centru attālumu, pēc tam apstrādā otru urbumu utt. Izvirpojot divus savstarpēji perpendikulārus urbumus, pēc pirmā urbuma galdu pagriež par 90^0 un izvirpo otru urbumu.

Vertikālās izvirpošanas mašīnas visbiežāk izmanto iekšdedzes motoru cilindru bloku urbumu apstrādei.

7. Nodaļa. FRĒZĒŠANAS PROCESS UN DARBI

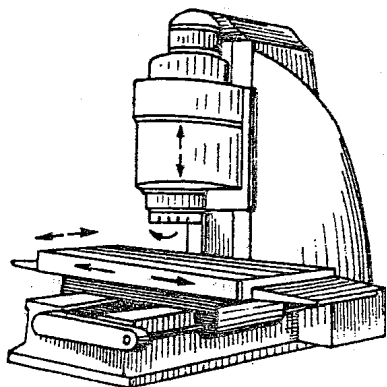
7.1. FRĒZMAŠINAS

7.1.1. Frēzmašīnu tipi.

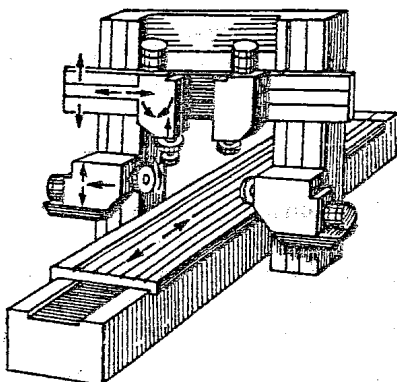
Mašīnbūvē frēzēšana (milling) ir izplatīts apstrādes veids. No visa metālapstrādes griežot apjoma frēzēšanas darbu īpatsvars ir 15...20 %, bet atsevišķās mašīnbūves nozarēs pat pārsniedz 50 %.

Izšķir vispārīgas nozīmes, paaugstinātas produktivitātes, kopēšanas un speciālās frēzmašīnas. Pie vispārīgas nozīmes pieder konsolfrēzmašīnas, bezkonsoles un garenfrēzmašīnas. Plašāk izplatītas ir konsolfrēzmašīnas. Tās lieto neliela un vidēji liela izmēra sagatavu apstrādei individuālās ražošanas apstākļos un remontdarbos. Bezkonsoles frēzmašīnas piemērotas liela gabarīta sagatavu apstrādei (7.1.att.). To galdam piemīt garenkustība un šķērskustība, bet vertikālā kustība piešķirta tikai darbvārpstas balstam.

Garenfrēzmašīnas lieto lielgabarieta sagatavu apstrādei lielāku sēriju ražošanas apstākļos. Tās var būt ar vienu vai vairākām darbvārpstām. Darbmašīnas galdam piemīt kustība tikai garenvirzienā (7.2.att.). Ar garenfrēzmašīnām vienlaikus apstrādā vairākas virsmas.



7.1. att. Bezkonsoļfrēzmašīnas kopskats.

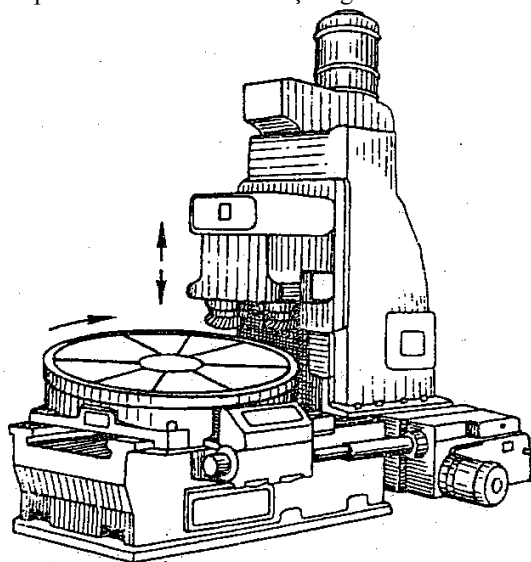


7.2. att. Garenfrēzmašīnas kopskats.

Pie paaugstinātas produktivitātes darbmašīnām pieder karuseļfrēzmašīnas (7.3.att.) un trumuļfrēzmašīnas. Karuseļfrēzmašīnās sagataves nostiprina uz rotējoša galda, bet trumuļfrēzmašīnās - uz trumuļa. Apstrādes process ar tām norit nepārtraukti. Sagataves uz karuseļfrēzmašīnām nomaina nepārtraucot padeves kustību – galda

rotāciju. Karuseļa un trumuļa tipa frēzmašīnas ir piemērotas lielu sēriju ražošanas apstākļiem.

Kopēšanas frēzmašīnas lieto telpiski sarežģītu veidvirsmu apstrādei pēc kopiera. Pie speciālajām frēzmašīnām pieder agregātmašīnas, rievu un vītņu frēzmašīnas. Agregātfrēzmašīnas komplektē no tipveida mezgļiem un tās paredzētas konkrētu detaļu izgatavošanai.



7.3. att. Karuseļfrēzmašīnas kopskats.

7.1.2. Konsolfrēzmašīnu uzbūve.

Konsolfrēzmašīnas piemērotas nelielu un vidēji lielu sagatavju apstrādei. Pieļaujamo sagatavju lielumu ierobežo frēzmašīnu galda izmēri. Frēzēšanas darbiem paredzēta konsolfrēzmašīnu gamma ar pieciem dažāda lieluma galdiem. Lielākai no tām galda izmēri 500 × 2000 mm.

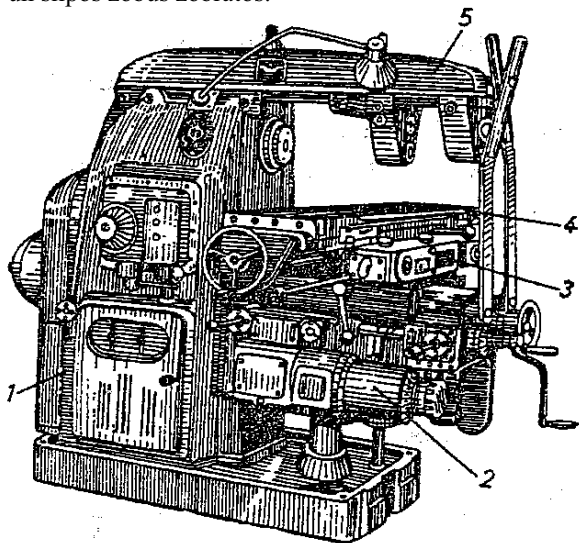
Izšķir horizontālās un vertikālās konsolfrēzmašīnas. Horizontālās konsolfrēzmašīnas sastāv no statnes, konsoles, šķērssuporta, galda un augšējā balsta (7.4.att.). Pa statnes vadotnēm vertikālā virzienā pārvietojas konsole. Horizontālajā plaknē pa konsoles vadotnēm šķērsvirzienā pārvietojas šķērskamanas, bet virs tām garenvirzienā galds. Uz galda stiprina sagataves.

Darbvārpsta iegultnāta horizontāli darbmašīnas statnē. Griezējinstrumentus ar kātu (kāta frēzes) stiprina tieši darbvārpstas koniskajā urbumā, bet frēzes ar centrālu urbumu vispirms nostiprina uz

tapņa. Tā vienu galu ievieto darbvārpstas urbumā, bet otru galu atbalsta augšējā balsta piekarē. Darbvārpsta rotācijas kustību saņem no elektromotora caur pārnēsūmkārbu, kas iebūvēta darbmašīnas statnē. Padeves kustība piemīt galdam. Frēzēšanā izmanto neatkarīgās padeves, tādēļ galda padevju piedziņu nodrošina atsevišķs elektromotors. Padevju maiņai konsolē iebūvēta padevju kārba, kas frēzmašīnām konstruktīvi neatšķiras no pārnēsūmkārbas uzbūves.

Vertikālajām konsolfrēzmašīnām darbvārpsta novietota vertikāli (7.5.att.). Atsevišķām darbmašīnām darbvārpstas balsts vertikālajā plaknē ir grozāms, kas paplašina darbmašīnas tehnoloģiskās iespējas.

Pēc universalitātes konsolfrēzmašīnas iedala vienkāršajās, universālajās un plaši universālajās. Universālās konsolfrēzmašīnas no vienkāršajām atšķiras, ka garenpadeves galdu var sagriezt un pārvietot $\pm 45^{\circ}$ leņķī attiecībā pret statni. Galda sagriešana ir nepieciešama, frēzējot vītņu rievas un slīpos zobus zobratos.

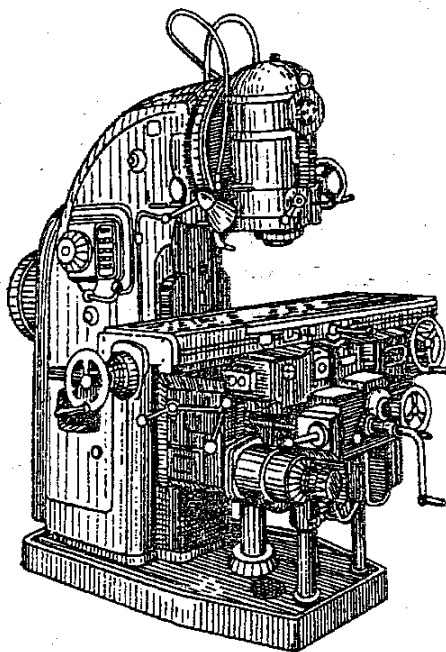


7.4.att. Horizontālā konsolfrēzmašīna:

- 1 - statne ar iebūvētu pārnēsūmkārbu; 2 - konsole ar iebūvētu padevju kārbu; 3 - šķērskamanas; 4 - galds; 5 - augšējais balsts ar piekari.

Horizontālo konsolfrēzmašīnu modifikācija ir plaši universālās frēzmašīnas. Tām papildus horizontālajai darbvārpstai ir iebūvēta arī vertikālā. Tās balstu var iestatīt noteiktā leņķī divās savstarpēji perpendikulārās plaknēs. Ar plaši universālajām frēzmašīnām veic vairāku virsmu apstrādi, nepārstatot sagatavi. Tās lieto īpaši precīzu

detaļu izgatavošanā, lai nodrošinātu augstu apstrādāto virsmu savstarpējo paralelītāti un perpendikularitāti.



7.5.att. Vertikālā konsolfrēzmašīna.

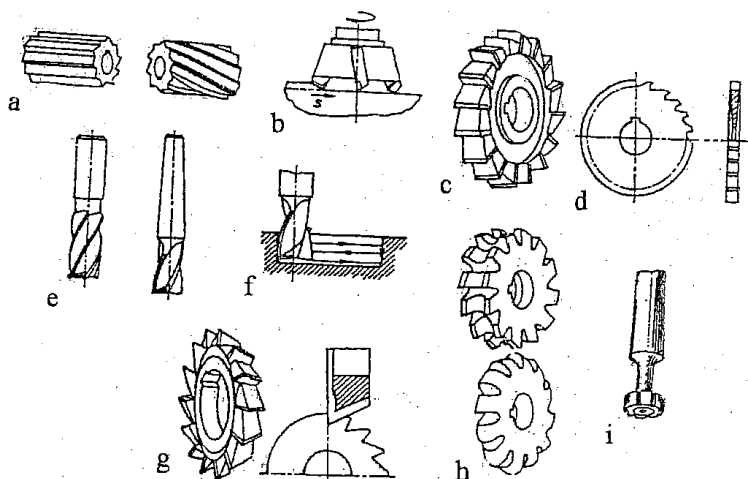
7.2. FRĒZĒŠANAS GRIEZĒJINSTRUMENTI

7.2.1. Frēžu tipi.

Frēzes ir daudzveidīgi griezējinstrumenti. Tās klasificē pēc vairākām pazīmēm. Pēc konstruktīvā izpildījuma izšķir viengabala un saliktās frēzes, atbilstoši nostiprināšanas paņēmienam - frēzes ar centrālu urbumu un ar cilindrisku vai konisku kātu, bet atkarībā no zobu novietojuma un veida - frēzes ar cilindriskiem, spirālveida un radiāliem zobiem.

Izšķir vairākus frēžu tipus: cilindriskās, gala, kāta, diska, prizmatisko ierievju rievu, segmenta ierievju rievu, T – veida rievu, zāģfrēzes, kāta frēzes, leņķfrēzes, veidfrēzes u.c. (7.6.att.). Cilindriskās frēzes lieto plakānu virsmu apstrādei. Tās var būt ar taisniem vai spirālveida zobiem, bet to izmantošana virsmu apstrādē samazinās. Gala frēzes (frēzgalvas) var būt viengabala un saliktās ar mehāniski

nostiprinātiem griezējasmaņiem. Tās lieto plakanu virsmu apstrādei. Salīdzinot ar cilindriskajām frēzēm, tām ir augstāka produktivitāte.



7.6. att. Frēžu tipi:

a - cilindriskās; b - gala frēze; c - trīspusīgā diskfrēze; d - zāģfrēze; e - kāta frēzes; f - ierievju rievfrēze; g - leņķfrēze; h - veidfrēzes; i - T veida rievfrēze.

Kāta frēzes izgatavo ar cilindrisku vai konisku kātu. Tām griezējasmaņi, kuru skaits no 6 līdz 12, izveidoti uz cilindriskās un gala virsmas. Kāta frēzes lieto plakanu virsmu, rievu, pakāpju un līklīniju kontūru frēzēšanai. Kāta frēžu paveids ir ierievju rievu frēzes. Tām ir tikai divi griezējasmaņi, kas saskaras centrā. Ar rievfrēzēm, tāpat kā ar urbjiem, var ieurbties sagatavē.

Diska frēzes lieto rievu, pakāpju un sāna virsmu apstrādei. Tās var būt ar viensusēju, divpusēju vai trīspusēju griešanu. Vienpusējām frēzēm griezējasmaņi izveidoti tikai uz cilindriskās virsmas, divpusējām - uz cilindriskās un vienas no sānu virsmām, bet trīspusējām - uz cilindriskās un abām sānu virsmām. Diska frēžu paveids ir zāģfrēzes (nogriešanas). Tās ir plānākas, ar viensusēju griešanu, zobu daļā biezākas, bet centra virzienā sašaurinās. Zāģfrēzes lieto šauru rievu frēzēšanai un sagatavju nogriešanai.

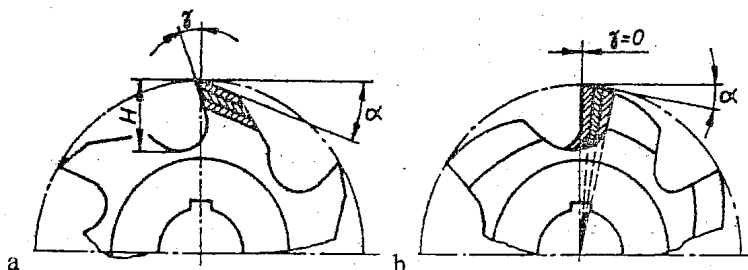
Leņķfrēzes var būt ar viensusēju un divpusēju griezējasmaņu slīpumu. Tās lieto leņķī pret horizontālo vai vertikālo plakni novietotu virsmu apstrādei. Pēc nostiprināšanas paņēmiena leņķfrēzes var būt ar kātu vai centrālu urbumu.

T-veida rievfrēzes lieto atbilstošu rievu frēzēšanai, bet segmentfrēzes - segmentrievu frēzēšanai. Veidfrēzes izmanto atbilstošu veidvirsmu apstrādei.

7.2.2. Frēžu zobu veidi un zobu solis

Pēc zobu izveidojuma izšķir smailzobu un aizmugurēto zobu frēzes. Ar smailiem zobiem izgatavo cilindriskās, kāta, diska frēzes u.c. Tām skaidvirsmas un mugurvirsmas ir plakanas (7.7.att.). To izgatavošana ir salīdzinoši vienkārša. Skaidleņķa γ vērtības ir lielākas par 0 grādiem. Apstrādē smailzobu frēzes nodrošina relatīvi gludu apstrādāto virsmu.

Smailzobu frēzes asina, slīpējot zobu mugurvirsmas. Pēc katras pārasināšanas samazinās zobu augstums, kas nelabvēlīgi ietekmē apstrādes produktivitāti.



7.7. att. Frēžu zobu veidi:

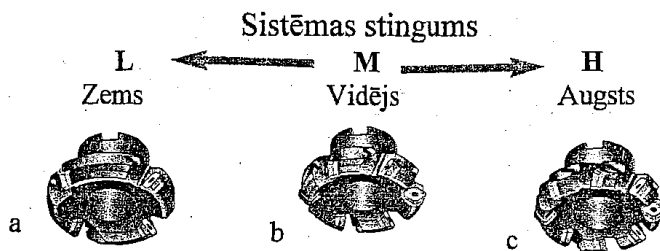
a - smailzobi; b - aizmugurētie zobi.

Aizmugurēto zobu frēzēm skaidvirsmas ir plakanas, bet mugurvirsmas izliektas atbilstoši Arhimeda spirālei. Skaidleņķis $\gamma = 0$. Ar aizmugurētiem zobiem izgatavo frēzes, kam ir pārasināšanā nepieciešams saglabāt nemainīgu zobu profilu (veidfrēzes, modulfrēzes u.c.). Zobu mugurvirsmu izveidi (aizmugurēšanu) veic ar īpašām aizmugurēšanas darbmašīnām. Griešanas ātrumi apstrādes procesā ir mazi, kas nenodrošina mugurvirsmām augstu gludumu. Aizmugurēto frēžu izgatavošana ir sarežģīta un darbietilpīga. Frēžu zobus asina tikai pa skaidvirsmām.

Saliktajām gala frēzēm par griezējasmehānismiem izmanto cietsakausējuma un keramikas nepārasināmās daudzšķautņņu plāksnītes. Pēc zobu soļa tās iedala ar lielu, normālu un mazu soli (7.8.att.). Zobu solis ir attālums starp blakus zobu virsotnēm. Solis var būt vienmērīgs un nevienmērīgs (ar vienmērīgu vai nevienmērīgu sadalījumu).

Gala frēzes ar lielu soli (tips L) paredzētas darbam ar frēzmašīnām, kam nepietiekams sistēmas stingums un jauda. Frēzes ar mazu zobu soli

(tips H) raksturojas ar paaugstinātu produktivitāti, bet tām ir nepieciešams augsts darbmašīnas stingums un lielāka jauda. Plašāk lieto frēzes ar normālu soli (tips M). To pielietojums ir universāls.



7.8.att. Frēžu zobu tipi un to apzīmējumi pēc ISO:
a – ar lielu soli; b – ar normālu (universālu) soli; c – ar mazu soli.

7.2.3. Frēžu ģeometriskie parametri.

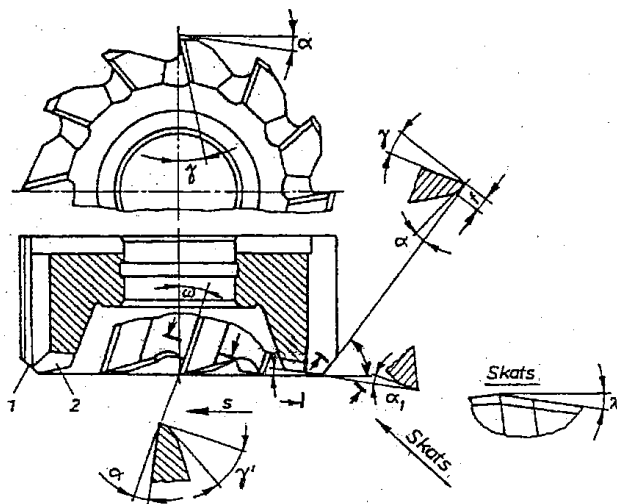
Frēžu ģeometriskos parametrus nosaka tips. Ģeometriski sarežģītākās ir gala frēzes. Tās zobiem ir divi griezējasmeņi - galvenais griezējasmens un palīggriezējasmens (7.9.att.). Skaidleņķi γ nosaka plaknē, kas perpendikulāra galvenajam griezējasmenim. Ātrgriezējterauda frēzēm to izvēlas $5^0 \dots 30^0$, bet cietsakausējuma - $-10^0 \dots -20^0$. Ja šajā šķēlumā mēra arī mugurleņķi, tad to sauc par normālleņķi α_n . Biežāk mugurleņķi α nosaka plaknē, kas perpendikulāra frēzes asij. Palīgmugurleņķi α_1 mēra plaknē, kas perpendikulāra palīggriezējasmenim. Mugurleņķu α un α_1 vērtības parasti izvēlas $12^0 \dots 30^0$.

Galveno iestatīšanas leņķi ϕ nosaka starp galveno griezējasmeni un padeves virzienu. Tā vērtības var būt 60^0 vai 90^0 . Palīgiestatīšanas leņķis ϕ_1 ir leņķis starp palīggriezējasmeni un padeves virzienu. To izvēlas robežās $2^0 \dots 10^0$.

Galvenā griezējasmens slīpuma leņķis λ ir leņķis starp griezējasmeni un tā projekciju frēzes ass plaknē. No šī leņķa ir atkarīga frēzes zobu iegriešanās. Lai zobi apstrādājamajā sagatavē iegriežtos bez triecieniem, leņķi λ izvēlas pozitīvu robežās no 5^0 līdz 15^0 . Spirāles slīpuma leņķi ω izvēlas $10^0 \dots 30^0$, kas nodrošina vienmērīgu frēzes darbu.

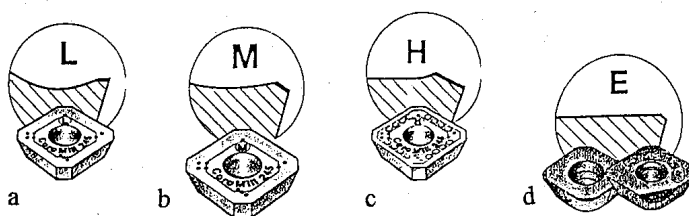
Atšķirīga ģeometrija ir gala frēzēm ar maināmiem nepārasināmiem griezējasmeņiem. To griezējdaļas ģeometriskos parametrus izvēlas atbilstoši apstrādes apstākļiem. Izšķir vairākas nepārasināmo plāksnīšu sērijas – vieglo, vidējo un smago. Tās paredzētas sīkstu stīgru materiālu

apstrādei (7.10.att.). E tipa plāksnītes paredzētas trauslu materiālu apstrādei.



7.9. att. Frēzes ģeometrija:

1 - galvenais griezējasmens; 2 - palīggriezējasmens.



7.10. att. Nepārasināmo plāksnīšu skaidvirsma ģeometrija:

a – tips L; b – tips M; c – tips H; e – tips E.

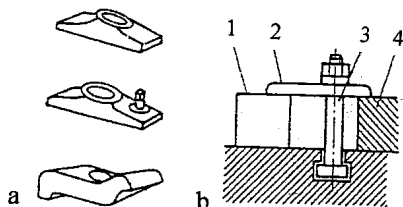
Vieglās sērijas (-L) plāksnītēm griešanas leņķis ir pozitīvs ar minimālu asmens nofāzējumu. Tās piemērotas darbam ar mazām padevēm, kas nodrošina griešanas procesa stabilitāti. Vidējās sērijas (-M) plāksnītēm griešanas leņķis ir pozitīvs, bet griezējasmēņiem palielināts nofāzējums. Tās piemērotas darbam ar vidēji lielām padevēm. Smagās sērijas plāksnītēm (-H) griešanas leņķis praktiski ir vienāds ar nulli un liels griezējasmens nofāzējums. Tās piemērotas smagiem griešanas apstākļiem – nevienmērīgām uzlaidēm un trieciena slodzēm.

7.3. IERĪCES DARBAM AR FRĒZMAŠĪNĀM

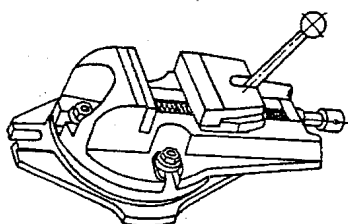
7.3.1. Ierīces sagatavju nostiprināšanai.

Liela izmēra sagataves novieto tieši uz frēzmašīnas galda un nostiprina ar piespiedējiem (7.11.att.). Mazākas sagataves stiprina vienkāršajās vai universālajās skrūvspīlēs (7.12.att.).

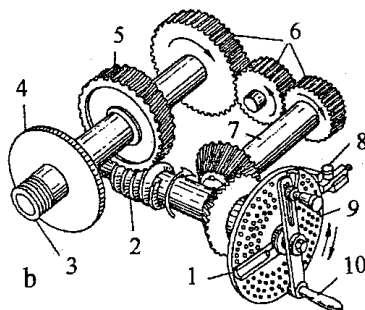
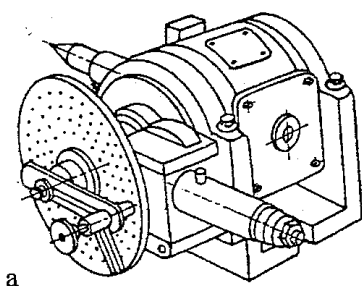
Individuālās ražošanas apstākļos un remontdarbos, izgatavojot zobratu un rienvārpstas, apstrādājot daudzskaldņu virsmas vai frēzējot rīvurbju un vīturbju skaidrievas, sagatavju periodiskai pagriešanai pa noteiktu leņķi izmanto dalītāļgalvas (7.13.att.).



7.11.att. Sagatavju nostiprināšana ar piespiedējiem: a - veidi; b – sagataves nostiprināšana; 1 - sagatave; 2 - piespiedējs; 3 - skrūve; 4 - paliktnis.



7.12.att. Universālās mašinskrūvspīlēs.

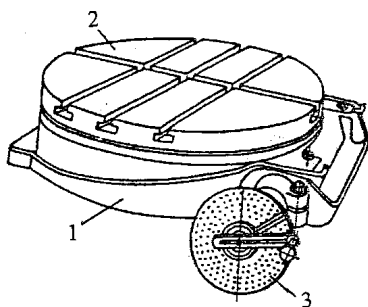


7.13.Dalītāļgalva:

a - kopskats; b - pārvadmehānisms; 1 - izvēršamais sektors; 2 - gliemezis; 3 - darbvārpsta; 4 - tiešās dalīšanas disks; 5 - gliemežrats; 6 - maiņzobratī; 7 - dalītājdiska piedziņa; 8 - sprūds; 9 - dalītājdiska; 10 - rokturis.

Tās sastāv no korpusa, darbvārpstas, gliemežpārveda, dalītājdiska un roktura. Griežot rokturi, caur gliemežpārvedu kustību saņem darbvārpsta. Pagriešanas leņķi kontrolē pēc dalītājdiska. Roktura stāvokli fiksē sprūds.

Apaļos pagriežamos galdus lieto, frēzējot aplveida rievas, pakāpes un dažādas līklīniju kontūras (7.14.att.). Galds sastāv no pamatnes, grozāmās daļas (galda) un gliemežpārveda. Sagataves uz pagriežamā galda stiprina ar piespiedējiem, to griešanu veic ar rokas piedziņu. Ja pagriežamais galds apgādāts ar dalīšanas disku, ar to var veikt arī dalīšanu.



7.14. att. Apaļais galds:

1 - pamatne; 2 - galds; 3 - dalīšanas disks ar piedziņas mehānismu.

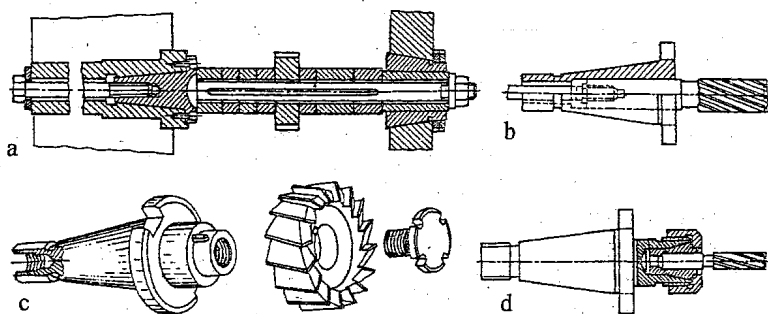
7.3.2. Frēžu nostiprināšanas paņēmieni.

Frēzes frēzmašīnās nostiprina, izmantojot palīginstrumentus. Frēzes ar centrālu urbumu vispirms nostiprina uz tapņiem (7.15.att.a). To novietojumu regulē ar īpašiem distances gredzeniem, kurus savēl ar uzgriezni. Frēžu izslīdēšanu griešanas spēku radītā griezes momenta ietekmē novērš ierīvis. Tapņus ievieto frēzmašīnas darbvārpstas koniskajā urbumā un pievelk ar skrūvi. Otru tapņa galu iegultņo augšējā balsta piekarē. Tapņa izslīdēšanu griezes momenta ietekmē novērš divi gala ierīvjī, kas iestiprināti darbvārpstas atmalē un ieiet tapņa atloka rievās.

Kāta frēzes ar konisku kātu nostiprina pārejas čaulā un pēc tam darbvārpstas koniskajā urbumā (7.15.att.b). Gala frēzes stiprina uz gala tapņiem (7.15.att.c).

Kāta frēzes ar cilindrisku kātu stiprina spīlpatronās (7.15.att.d). Tā sastāv no korpusa, čaulas un uzgriežņa. Frēzi ievieto čaulā. Tai ir vairāki garenī iegriezumi, kas pievelkot uzgriezni, instrumentu iespiļē.

Cīparvadības darbmašīnās katru no griežējinstrumentiem stiprina atsevišķā spīlpatronā un nomaina kopā ar instrumentu.

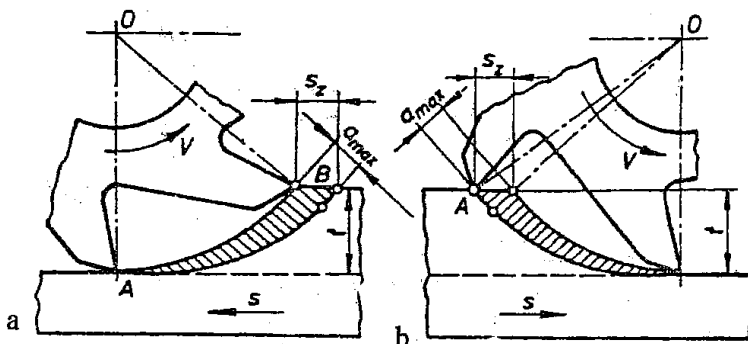


7.15. att. Frēžu nostiprināšanas paņēmieni:
a - uz tapņa; b - spīļpatronā; c - uz gala tapņa; d - pārejas čaulā.

7.4. FRĒZĒŠANAS PROCESA KINEMĀTIKA UN DINAMIKA

7.4.1. Frēzēšanas paņēmieni.

Izšķir frēzēšanu pret padevi un padeves virzienā. Frēzējot pret padevi, nogriežamās sloksnītes biezums a , zobam iegriežoties, pakāpeniski palielinās no nulles līdz $a_{\max}$ (7.16.att.a). Slodze uz frēzes zobiem pieaug vienmērīgi. Frēzēšanā, lietojot neasus (notrulinātus) griezējinstrumentus, frēzes tapņu nepietiekama stinguma gadījumos zoba iegriešanās sagataves virskārtā īslaicīgi aizkavējas. Zobi slīd pa sagataves griešanas virsmu, to elastīgi deformējot. Palielinās berze, griešanas procesā izdalītais siltuma daudzums un griešanas jauda, bet apstrādātās virsmas kvalitāte pasliktinās.



7.16. att. Frēzēšanas paņēmieni:
a - pret padevi; b - padeves virzienā.

Frēzējot padeves virzienā, frēzes zobi sagatavē iegriežas nogriežamās sloksnītes maksimālajā biezumā $a_{\max}$ un pakāpeniski samazinās līdz nullei (7.14.att.b). Slodze uz zobu pieaug momentāni. Griezējinstrumenti strādā ar triecieniem. Palielinās frēžu nodilums.

Griezējinstrumentu rotācijas ātrumi (galvenā kustība) ir ievērojami lielāki par padeves ātrumu. Zobi iegriežoties apstiež padevi un cenšas to paātrināt, raujot sagatavi uz priekšu. Frēzēšana padeves virzienā ir iespējama ar frēzmašīnām, kam novērsta padeves mehānisma brīv kustība.

Griešanas jauda, frēzējot padeves virzienā, ir par 10...15 % mazāka, bet apstrādātās virsmas kvalitāte augstāka, salīdzinot ar frēzēšanu pret padevi. Frēzēšana pret padevi lietderīga rupjapstrādē, bet frēzēšana padeves virzienā - gludapstrādē, kā arī apstrādājot plānas sagataves.

7.4.2. Griešanas procesa parametri

Frēzēšanā griešanas dziļums t ir attālums starp apstrādāto un apstrādājamo virsmu, kas noteikts mērot perpendikulāri apstrādātai virsmai (7.17.att.). Padeve s ir sagataves pārvietojums attiecībā pret griezējinstrumentu. Frēzēšanā izšķir trīs padeves uzdošanas veidus: padevi uz vienu frēzes zobu s_z , padevi uz vienu frēzes apgriezību s_0 un padevi vienā minūtē s_m . Starp tām pastāv sakarība:

$$s_m = s_0 n = s_z z n,$$

kur n - frēzes rotācijas ātrums, min^{-1} ;

z - frēzes zobu skaits.

Frēzēšanā griešanas ātrums V , m/min , ir vienāds ar frēzes zobu ārējās aploces rotācijas ātrumu:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}.$$

Nogriežamās sloksnītes šķēsgriezuma laukumu f , mm^2 , frēzēšanā ar cilindriskajām frēzēm aprēķina:

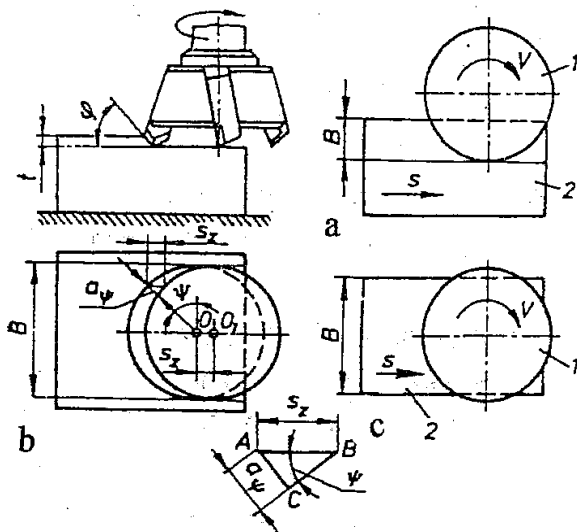
$$f = B a,$$

kur B - griešanas virsmas platums, mm ;

a - nogriežamās sloksnītes biezums, mm .

Nogriežamās sloksnītes biezums frēzēšanā ir mainīgs parametrs. Tādēļ mainās arī nogriežamās sloksnītes šķēsgriezuma laukums, griešanas spēks un jauda. Griešanas parametru svārstības padara apstrādes procesu nevienmērīgu. Apstrādes vienmērīgumu ietekmē frēzes zobu skaits, kas piedalās griešanā. Frēzēšanā ar smalkzobu frēzēm vienlaikus griež vairāki zobi salīdzinot ar rupjzobu frēzēm. Apstrāde ir vienmērīgāka un virsmas kvalitāte augstāka. Visvienmērīgāk strādā spirālzobu frēzes. Tās biežāk lieto gludapstrādē. Rupjzobu frēzēm ir priekšrocības rupjapstrādē. Tās pieļauj lielākus griešanas dziļumus,

padeves uz katru zobu un ir produktīvākas. Frēzējot ar kāta un gala frēzēm, galveno griešanu veic sānu griezējasmēņi.



7.17. att. Frēzēšanas veidi:
a - asimetriskā; b - simetriskā pilnā;
c - simetriskā nepilnā; 1 - frēze; 2 - sagatave.

Pēc frēzes centra stāvokļa pret sagatavi izšķir asimetrisko un simetrisko frēzēšanu (7.17.att.). Simetriskā frēzēšana var būt pilnā un nepilnā. Simetriskajā frēzēšanā, ja galvenais iestādīšanas leņķis $\varphi = 90^\circ$, tad $a_{\max} = s_x$.

Frēzēšanas mašīnlaiku t_m aprēķina:

$$t_m = \frac{L}{s_m} = \frac{l + l_1 + l_2}{s_m},$$

kur L - aprēķinātais frēzes gājiena ceļš, mm;

s_m - padeve minūtē, mm/min;

l - frēzējamās virsmas garums, mm;

l_1 - frēzes iegriešanās ceļš, mm;

l_2 - frēzes izskreja, mm; $l_2 = 1 \dots 5$ mm.

Frēzes iegriešanās ceļš (iegrieze) ir atkarīgs no frēzes tipa, diametra un griešanas dziļuma. Frēzējot ar cilindriskajām frēzēm, iegriezes ceļa garumu l_1 , nosaka:

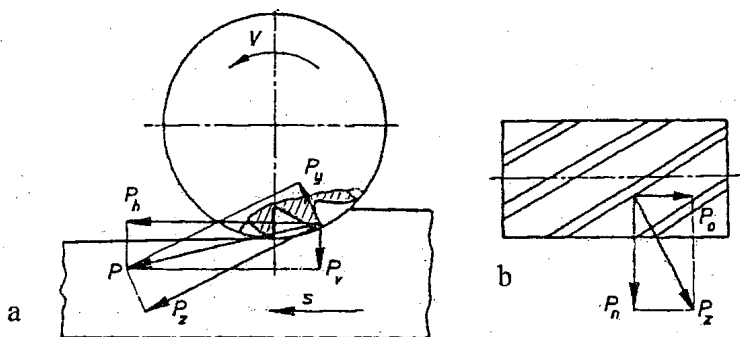
$$l_1 = \sqrt{t(D-t)}.$$

7.4.3. Griešanas spēki, griezes moments un jaudā frēzēšanā.

Frēzējot ar taisnzobu cilindriskajām un diska frēzēm, uz katru zobu, kas vienlaicīgi piedalās griešanā, darbojas kopspēks P . To sadalot divās komponentēs rodas griešanas spēks P_z un radiālais spēks P_y . Komponente P_z vērsta griešanas trajektorijas pieskares virzienā, bet komponente P_y - uz frēzes centru (7.18.att.). Griežot vienlaikus vairākiem frēzes zobiem, grafiski summējot, iespējams iegūt summāros spēkus P , P_z un P_y . Summārais griešanas spēks P_z nosaka griezes momentu un jaudu, bet summārais P_y izliec frēzes tapni un iedarbojas uz darbvārpstas gultņiem.

Summāro spēku P var sadalīt arī tā, ka viena komponente - P_h darbojas horizontālajā, bet otra - P_v - vertikālajā plaknē. Horizontālais spēks P_h darbojas uz padeves mehānismu, bet vertikālais P_v , frēzējot pret padevi, cenšas atraut sagatavi no galda, un piespiest galdam, frēzējot padeves virzienā.

Frēzējot ar slīpzobu frēzēm, uz katru frēzes zobu darbojas arī aksiālais spēks P_0 , kas vērsts frēzes centra virzienā (7.18.att.b). To aprēķina pēc sakarības: $P_0 = P_z \operatorname{tg} \omega$,



7.18. att. Griešanas spēku darbība frēzēšanā:
a - spēku darbības shēma; b- aksiālais spēks P_0 .

kur ω - zobu slīpuma leņķis.

Ievērtējot berzes spēku pretdarbību, aksiālā spēka P_0 lielumu praktiskajām vajadzībām nosaka:

$$P_0 = 0,28 P_z \operatorname{tg} \omega.$$

Aksiālais spēks darbojas uz darbvārpstas gultņiem, frēzes stiprinājumu un šķērspadeves mehānismu.

Frēzēšanā starp spēku skaitliskajām vērtībām pastāv sakarība:

- frēzējot pret padevi - $P_y = 0,4 P_z$; $P_h = 1 \dots 1,2 P_z$; $P_v = 0,2 \dots 0,3 P_z$,

- frēzējot padeves virzienā - $P_h = 0,8...0,9 P_z$; $P_v = 0,75...0,8 P_z$.

Vidējās P_z vērtības aprēķina pēc empīriskām sakarībām, kas dotas rokasgrāmatās.

Griezes momentu M , (N m) un griešanas jaudu N , (kW) aprēķina:

$$M = \frac{P_z D}{2}, \text{ Nm, un } N = \frac{M \cdot n}{9554}, \text{ kW.}$$

7.4.4. Griešanas režīma izvēle frēzēšanā.

Frēzēšanā griešanas dziļumu nosaka apstrādes uzlaides lielums. Uzlaides līdz 5 mm ir iespējams nofrēzēt vienā pārgājienā. Ja tās pārsniedz 5 mm, tad apstrādi veic divos vai vairākos pārgājienu. Pēdējam pārgājienu paredz minimālu uzlaidi 1...1,5 mm robežās.

Padeves izvēlas tuvas maksimāli iespējamām un nosaka pēc griezējinstrumentu katalogiem. Rupjapstrādē to vērtības ierobežo frēzes zobu, palīginstrumentu (tapņu) un padeves mehānisma stiprība. Tērauda sagatavju rupjfrēzēšana padeves uz frēzes zobu pieļauj vidēji, $s_z = 0,04...0,6$, bet čuguna sagatavēm - $s_z = 0,1...0,6$ mm. Gludapstrādē izvēlas padeves, kas nodrošina uzdoto apstrādātās virsmas kvalitāti. Parasti padeves uz vienu frēzes zobu- s_z nepārsniedz 0,01...0,05 mm.

Pieļaujamo griešanas ātrumu V , m/min, frēzēšanā aprēķina:

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m t^x s_z^y B^u z^p} K,$$

kur C_v - koeficients, kas ievērtē apstrādājamā materiāla īpašības un griezējinstrumenta griešanas spējas;

D - frēzes diametrs, mm;

B - griešanas virsmas platums frēzēšanā, mm;

z - frēzes zobu skaits;

q, m, x, y, u un p - pakāpes rādītāji, kas ievērtē attiecīgo parametru ietekmes intensitāti;

K - korekcijas koeficients, kas ievērtē griešanas apstākļu novirzes no tipiskajiem.

T - ekonomiskā asumnoturība. Tā ir atkarīga no frēzes griezējdaļas materiāla un tipa.

Ekonomiskās asumnoturības periods ātrgriezējteherda un cietsakausējuma frēzēm ir atšķirīgs un tā skaitliskās vērtības ir atrodamas instrumentu katalogos.

Atbilstoši pieļaujamam griešanas ātrumam, aprēķina frēzes rotācijas ātrumu un izvēlas tuvāko zemāko darbmašīnai esošo ātruma pakāpi. Apstrādes režīma izvēles nobeigumā aprēķina galda padevi minūtē s_m :

$$s_m = s_z z n.$$

7.5. FRĒZĒŠANAS DARBI

7.5.1. Plakanu virsmu, pakāpju un rievu frēzēšana.

Atklātas plakanas virsmas apstrādā ar gala frēzēm. Horizontālo plakņu apstrādē izmanto vertikālās frēzmašīnas (7.19.att.), bet vertikālo plakņu apstrādi veic ar horizontālajām frēzmašīnām. Rupjapstrādē lieto rupjzobu, bet gludapstrādē – smalkzobu frēzes.

Agrāk horizontālu plakanu virsmu apstrādi veica ar cilindriskajām frēzēm uz horizontālajām frēzmašīnām. Zemās produktivitātes dēļ tās izmanto reti. Horizontālas plakanas virsmas apstrādā galvenokārt ar gala frēzēm uz vertikālajām frēzmašīnām.

Slēgtas plakanas virsmas apstrādā ar kāta frēzēm. Nelielas vertikālas virsmas apstrādā ar vertikālajām frēzmašīnām (7.19.att.d), izmantojot kāta frēžu sānu griezējasmehānismus, bet horizontālas plaknes apstrādā ar gala asmeņiem

Slīpas plakanas virsmas frēzē ar vienleņķa un divleņķu frēzēm uz horizontālajām frēzmašīnām vai arī ar kāta frēzēm uz vertikālajām frēzmašīnām ar pagriežamo balstu.

Taisnstūra rievās frēzē uz horizontālajām frēzmašīnām ar trīspusējām diska frēzēm, vai arī uz vertikālajām frēzmašīnām ar kāta frēzēm. Pakāpes frēzē uz horizontālajām un vertikālajām frēzmašīnām ar kāta frēzēm vai arī ar diska frēzēm uz horizontālajām frēzmašīnām. Profilrievās frēzē uz horizontālajām frēzmašīnām ar atbilstoša profila veidfrēzēm.

Ierievju rievās frēzē ar ierievju frēzēm uz vertikālajām frēzmašīnām vai arī ar diska frēzēm uz horizontālajām frēzmašīnām. Segmenta rievās frēzē uz horizontālajām frēzmašīnām ar segmentfrēzēm, bet T veida rievās - uz vertikālajām frēzmašīnām. Sagatavju nogriešanai izmanto zāģfrēzēs un horizontālās frēzmašīnas

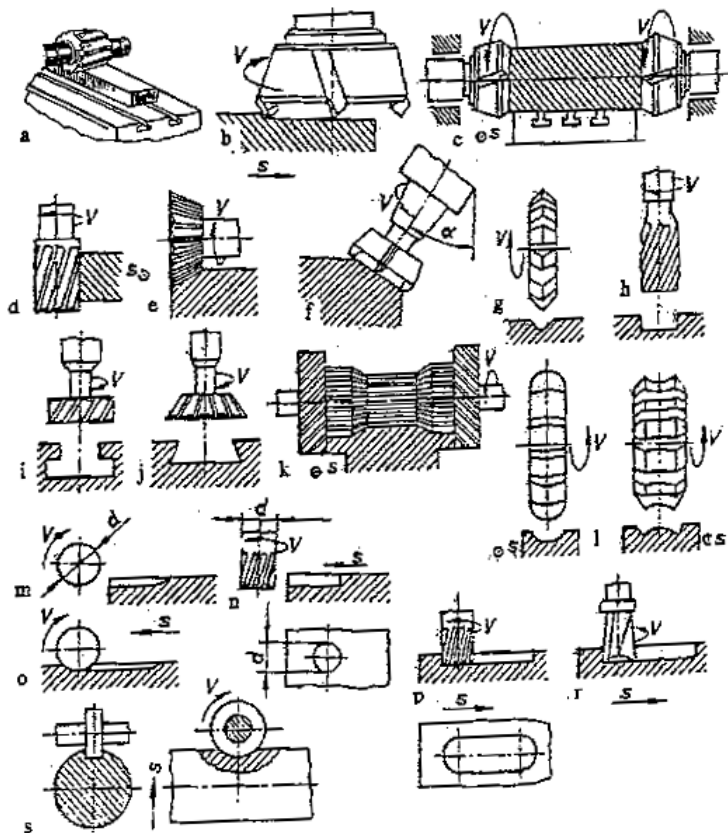
7.5.2. Dalītālgalvas iestādīšana dalīšanai.

Universālās dalītālgalvas paredzētas tiešai, vienkāršai un diferenciālai dalīšanai.

Tiešā dalīšana ir piemērota gadījumos, kad sagatavi ir nepieciešams pagriezt par salīdzinoši lieliem leņķiem. Pagriešanas leņķi α , dalot z daļās, aprēķina:

$$\alpha = \frac{360}{z}.$$

Tiešā dalīšana ir iespējama, ja dalījums ir vesels skaitlis. Pagriešanas leņķi kontrolē pēc grādu skalas iedaļām uz darbvārpstas diska (7.13.att.). Tiešo dalīšanu var veikt ar dalītālgalvām, kam ir iespējama gliemežpārvada sazobes atvienošana.



7.19. att. Frēzēšanas darbi:

Plakanu virsmu frēzēšana: a – ar cilindriskajām frēzēm; b – ar gala frēzēm; c – ar sapārotām gala frēzēm; d – ar kāta frēzi. Slīpu virsmu frēzēšana: e – ar leņķa frēzi; f – ar gala frēzi, sagriežot frēzmašīnas balstu. Rievju frēzēšana: g – ar divpusēju leņķa frēzi; h – ar kāta frēzi; i – ar T – veida rievu frēzi; j – ar viensusēju leņķa frēzi; k – virsmu frēzēšanas ar frēžu komplektu; l – profila rievu frēzēšana. Ierievju rievu frēzēšana: m un o – ar diska frēzēm; n un p – ar kāta frēzēm; r – ar ierievju rievu frēzi; s – ar segmenta rievu frēzi.

Vienkāršo dalīšanu lieto, kad pagriešanas leņķi ir mazi, vai nav iespējama tiešā dalīšana. Lai iestatītu dalītājgalvu, aprēķina, cik jāpagriež dalītājgalvas diska rokturis, lai darbvārpsta ar sagatavi pagrieztos par $1/z$ apgriezieniem:

$$n = \frac{N}{z},$$

kur n - roktura apgriezību skaits;

N - dalītājgalvas pārnese skaits (dalītājgalvas raksturojums);

z - dalījumu skaits.

Parasti $N = 40$, bet var būt arī 60, 90 vai 120. Rokturi par aprēķināto lielumu n pagriež, vadoties pēc urbumu rindām dalītājdiskā. Dalītājdiskam visbiežāk katrā pusē ir 8 urbumu rindas. Katrā no tām ir noteikts urbumu skaits, kas vienmērīgi sadalīti pa aploci. Parasti diskam ir rindas ar 16, 17, 19, 21, 23, 29, 30, 31, 33, 37, 39, 41, 43, 47, 49 un 54 urbumiem, bet var būt rindas arī ar citādu urbumu skaitu.

Roktura apgriezību skaitu n aprēķina kā jauktu daļskaitli tā, lai daļas saucējs būtu vienāds ar urbumu skaitu kādā no rindām. Veselais skaitlis norāda roktura pilno apgriezību skaitu, saucējs - urbumu rindu, bet skaitītājs - par cik urbumiem papildus pilnajiem apgriezieniem ir jāpagriež rokturis. Lai atvieglotu urbumu skaitīšanu, uz dalītājdiska ir nostiprināts sektors, kuru izvērš atbilstoši nepieciešamajam urbumu skaitam (skaitlis skaitītājā plus viens).

Diferenciālo dalīšanu lieto, ja dotais dalījumu skaits ir lielāks par 50 un nedalās ar 2 vai 5, piemēram, 51, 53, 57 utt. Diferenciālajā dalīšanā dalītājgalvu iestata tuvinātajam dalījumam. Starpību starp nepieciešamo dalījumu skaitu un tuvināto dalījumu novērš dalītājdiska papildus piedziņa caur maiņzobratiem. Tos novieto uz ģitāras un tie kinemātiski savieno darbvārpstu un dalītājdisku (7.13.att.b). Dalīšanas brīdī griežot rokturi, kustību caur gliemežpār vadu saņem darbvārpsta ar sagatavi. Vienlaikus papildus kustību no darbvārpstas caur maiņzobratiem saņem dalītājdisks. Tas pagriežas un koriģē pagriešanas leņķi. Maiņzobratu aprēķināšanai izmanto sakarību:

$$i = \frac{N}{x} (x - z) = \frac{z_1}{z_2} = \frac{z_1 \cdot z_3}{z_2 \cdot z_4},$$

kur i - maiņzobratu pārnese skaits;

N - dalītājgalvas pārnese skaits;

x - tuvinātais dalījumu skaits jeb palīgskaitlis;

..... z - nepieciešamais dalījumu skaits;

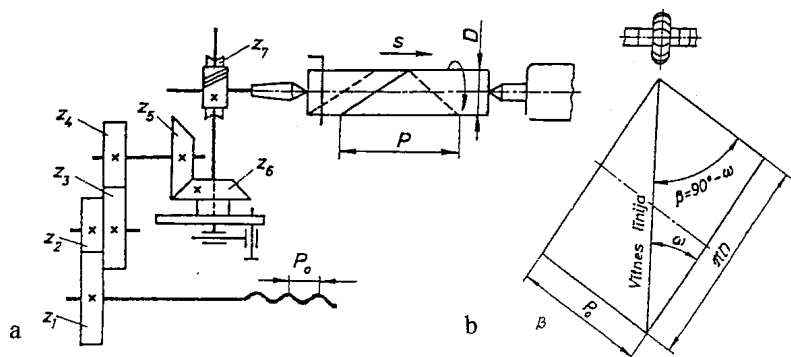
$z_1 \dots z_4$ - maiņzobrati.

Palīgskaitli izvēlas tā, lai starpība $x - z$ būtu neliela. Skatīsim x ir jādalās ar vienkāršo dalīšanas paņēmieni. Ja $x < z$, tad dalītājdisks griežas pretī rokturim, ja $x > z$, tad tas griežas roktura virzienā. Atbilstošu diska pagriešanās virzienu nodrošina starpzobrats, kuru ievieto starp maiņzobratiem. Maiņzobratus izvēlas no komplekta, kurā ir 12 zobrati ar zobu skaitu: 25, 25, 30, 35, 40, 50, 55, 60, 70, 80, 90 un 100. Maiņzobratu dzenošo zobratu nostiprina uz diferenciālās vārpstas,

dzenamo zobratu z_2 vai z_4 (ja divi zobratu pāri) - uz dalītājdiska piedziņas vārpstas. Starpzobratu novieto starp z_1 un z_2 vai starp z_3 un z_4 .

7.5.3. Vītņrievu un vītņu frēzēšana.

Dalītājgalvas lieto arī gadījumos, kad sagatavēm ir nepieciešama ar garenkustību saskaņota pagriešanās. Visbiežāk tas ir nepieciešams, frēzējot spirālrievas un slīpzobu zobratu. Spirālrievu frēzēšanā dalītājdiska vārpstu un frēzmašīnas galda padeves skrūvi kinemātiski savieno maiņzobratu (7.20.att.).



7.20.att. Vītņu riavu frēzēšanas shēma:
a – kinemātiskais slēgums; b – galda pagriešanas leņķis.

Maiņzobratu pārnese skaitli spirālrievu frēzēšanai aprēķina:

$$i = \frac{N \cdot p_0}{p} = \frac{z_1 \cdot z_3}{z_2 \cdot z_4},$$

kur i - maiņzobratu pārnese skaitlis;

N - dalītājgalvas pārnese skaitlis;

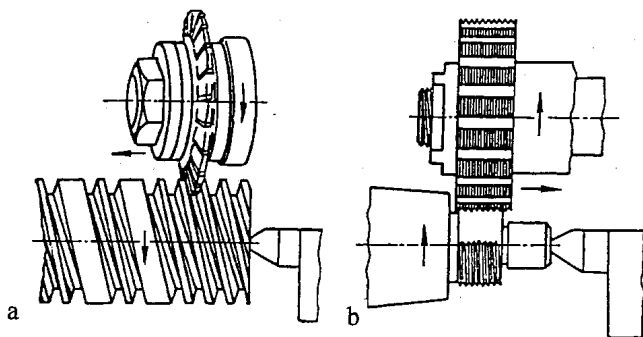
p_0 - galda padeves skrūves solis, mm;

p - frēzējamās spirāles solis, mm.

Frēzējot spirālrievas, frēzmašīnas galds sagriež leņķī $\beta = 90^\circ - \omega$,

kur ω - spirāles slīpuma leņķis.

Rūpnieciskajā ražošanā vītnes frēzē ar speciālām vītņu frēzmašīnām. Izšķir divu tipu vītņu frēzmašīnas – darbam ar ķemmju veida vai diska frēzēm. Īsas trīsstūra vītnes frēzē ar ķemmju veida frēzēm. To garums pārsniedz vītnes garumu par 2...3 vijumiem. Garākas vītnes frēzē ar diska vītņu frēzēm (7.21.att.).



7.21. Vītņu frēzēšana:
a - ar diska vītņfrēzēm; b - ar ķemmveida frēzi.

Vītņu frēzēšanu ar diska vītņ frēzēm bieži lieto vītņu rupjai iegriešanai, bet gludo iegriešanu veic ar griezni uz virpas. Vītņu frēzēšana ir ražīgāka nekā vītņošana uz virpas, bet tā ir mazāk precīza.

8. nodaļa. ĒVELĒŠANA, TĒŠANA UN CAURVILKŠANA

8.1. ĒVELĒŠANAS, TĒŠANAS UN CAURVILKŠANAS MAŠĪNAS

8.1.1. Mašīnu tipi.

Ēvelēšanai (planing), tēšanai (slotting) un caurvilkšanai (broaching) ir vairākas kopīgas pazīmes: lineāras galvenās kustības, periodisks griešanas process, darba gājienam seko brīvgājiens. Procesa īpatnības izpaužas attiecīgo darbmašīnu uzbūvē un piedziņā. Tuvākas pēc darbības ir ēvelmašīnas un tēsējmašīnas.

Ēvelmašīnas iedala universālajās un speciālajās. Pie universālajām pieder šķērsēvelmašīnas un garenēvelmašīnas. Šķērsēvelmašīnās galvenā kustība piemīt griezējinstrumentam, bet padeves kustība - sagatavei, turpretī garenēvelmašīnās galvenā kustība ir sagatavei, bet padeves - griezējinstrumentam.

Šķērsēvelmašīnas var būt ar mehānisku (kulises, kloķa-klaņa, zobratu) vai hidraulisku piedziņu. Tās piemērotas līdz 600...700 mm garu virsmu apstrādei. Garenēvelmašīnas paredzētas lielāka garuma (līdz vairākiem metriem) sagatavju apstrādei.

Tēsējmašīnas var būt ar kloķmehānisma, kulises vai hidraulisku piedziņu. Tās lieto neliela augstuma vertikālu ārēju un iekšēju virsmu, pakāpju un rievu apstrādei.

Pie specializētajām ēvelmašīnām pieder šķautņu un dobumu garenēvelmašīnas, apaļēvelmašīnas un kopēšanas šķērsēvelmašīnas. Tās paredzētas specifisku virsmu apstrādei.

Caurvilkšanas mašīnas iedalās iekšēju un ārēju virsmu caurvilkšanas mašīnās. Tās var būt horizontālas vai vertikālas darbības. Horizontālo caurvilkšanas mašīnu griezējinstrumenti ir caurvelces, bet vertikālo mašīnu instrumenti – caurspiedņi. Tās paredzētas darbam ar vienu vai vairākiem instrumentiem. Ārējās caurvilkšanas mašīnas pēc uzdevuma un konstruktīvā risinājuma var būt daudzveidīgas.

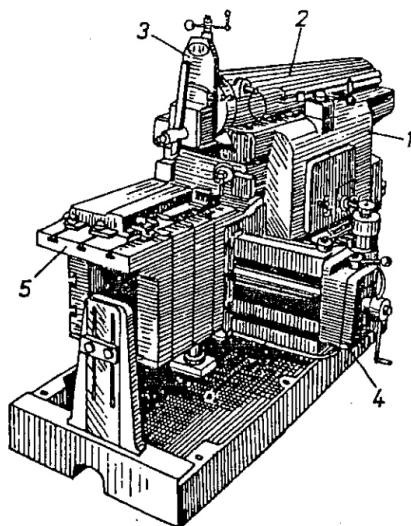
8.1.2. Šķērsēvelmašīnu uzbūve un darbība.

Šķērsēvelmašīnu galvenās sastāvdaļas ir statne, slīdnis, suports, šķērssija un galds (8.1.att.). Statne atlieta no pelēkā čuguna, kurā iemontēta darbmašīnas piedziņa. Virs statnes pa horizontālajām vadotnēm pārvietojas slīdnis. Tas kustību saņem no elektromotora caur pārneseuma kārbu. Ēvelmašīnās parasti iebūvē 4...8 pakāpju pārneseumkārbas. Agrāko izlaidumu mašīnās slīdņa turp atpakaļ virzienā kustību nodrošināja

kulises mehānisms, bet jaunāka izlaiduma šķērsēvelmašīnās galvenokārt izmanto hidropiedziņu.

Slīdņa galam piemontētas suporta kamaniņas ar griežņu turētāju, kurā stiprina griežņus. Suporta kamaniņas nodrošina vertikālo padevi. Tās pārvieto ar rokas vai mehānisko piedziņu. Sagriežot suporta kamaniņas leņķī, iespējama slīvu virsmu apstrāde.

Pa statnes vertikālajām vadotnēm pārvietojas šķērssija. To izmantojot skrūves pārvalu var pacelt uz augšu vai nolaist uz leju. Šķērssijai piemontēts galds, kas pārvietojas šķērsvirzienā. Ēvelēšanā izmanto pārtrauktās padeves. Tās galdam nodrošina sprūdrata mehānisms. Sagataves nostiprina tieši uz galda ar piespiedējiem vai skrūvspīlēs. Griezējinstrumenta gājiena garumu regulē, izmainot kulises zobrata ekscentriskā pirksta attālumu no centra, bet gājiena vietu iestata, mainot slīdņa un kulises augšējā gala stiprinājuma vietu.



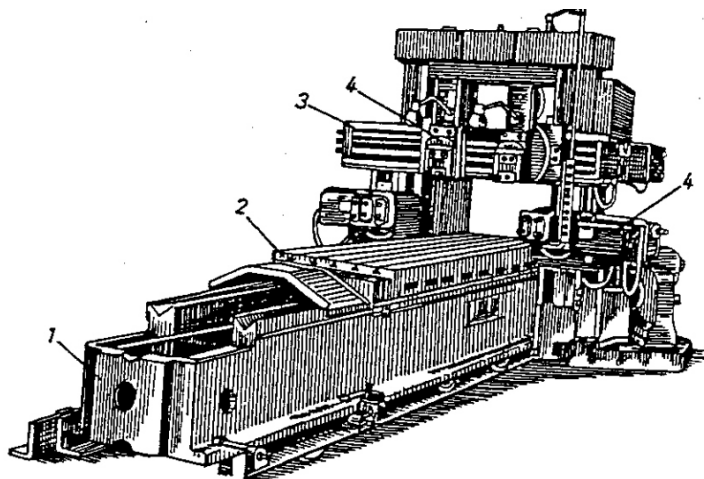
8.1. att. Šķērsēvelmašīna:

1 - statne; 2 - slīdnis; 3 - suports; 4 - šķērssija; 5 - galds.

8.1.2. Garenēvelmašīnu uzbūve un darbība.

Pēc konstruktīvā izveidojuma garenēvelmašīnas var būt vienas statnes vai divu statņu. Divu statņu ēvelmašīnas galvenās sastāvdaļas ir pamatne, statnes, galds, šķērssija un suporti (8.2.att.). Garenēvelmašīnās iebūvē mehānisko vai hidropiedziņu. Pa statnes vadotnēm garenvirzienā pārvietojas galds. Uz tā stiprina sagataves. Galda sānos piestiprinātas

divas atduras, kas pārslēdz reversijas mehānisma sviru, mainot galda kustības virzienu. Ar tām ieregulē arī galda gājiena garumu.



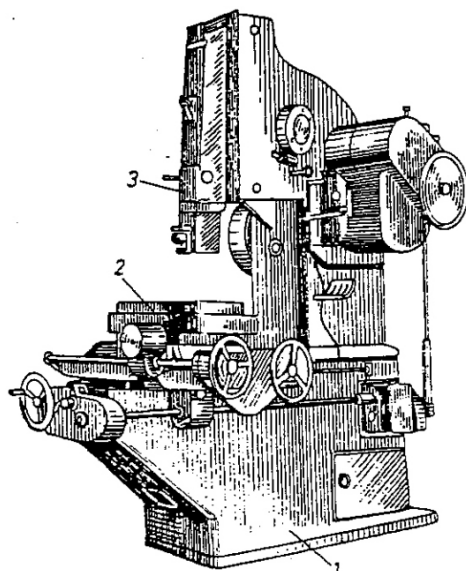
8.2. Garenēvelmašīna:

1 - pamatne; 2 - galds; 3 - šķērssijs; 4 – galvenie un sānu suporti.

Pa garenēvelmašīnas statņu vadotnēm vertikāli pārvietojas šķērssijs. Tās augstumu iestata atbilstoši sagataves izmēram. Garenēvelmašīnām var būt viens vai vairāki suporti, kuros nostiprina griežņus. Sānu suporti pārvietojas vertikāli pa statņu vadotnēm. Tos izmanto apstrādājot sagatavju sānu virsmas. Galvenie suporti pārvietojas pa šķērssijsu horizontālā virzienā un to skaits - viens vai divi. Galvenajiem soportiem pierīkotas kamaniņas. Tām piemīt vertikālā padeve. Kamaniņas var sagriezt noteiktā leņķi slīpu virsmu apstrādei. Galvenajos suportos nostiprinātos griežņu izmanto, apstrādājot horizontālas un slīpas virsmas, ēvelējot rievās un pakāpes.

8.1.4. Tēsējmašīnu uzbūve un darbība.

Tēsējmašīnu galvenās sastāvdaļas ir statne, galds, slīdnis un piedziņa. Statnei uzmontēts kombinēts galds. Tas var pārvietoties ne tikai garenvirzienā un šķērsvirzienā, bet tam piemīt arī rotācijas kustība (8.3.att.). Tēsējmašīnas piedziņā ietilpst elektromotors, siksnas pārvads, pārnesumkārbā un kulises mehānisms. Kulises mehānisms slīdnim nodrošina vertikālu turp atpakaļ virzies kustību. Slīdnim piestiprināts griežņu turētājs, kurā nostiprina griežņus.



8.3. att. Tēsējmašīna:
1 - statne; 2 - galdis; 3 - slīdnis.

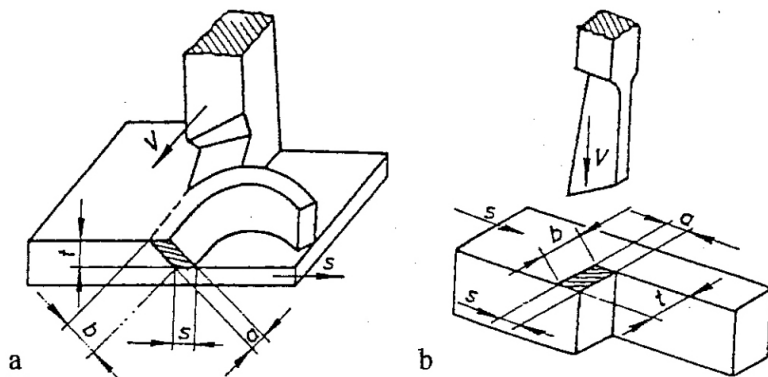
8.2. ĒVELĒŠANAS UN TĒŠANAS DARBI

8.2.1. Ēvelēšanas un tēšanas griešanas shēmas.

Ēvelēšanas un tēšanas griešanas shēmas ir analogas virpošanai, bet griešanas procesam ir atsevišķas īpatnības. Pirmkārt, process ir periodisks un padeves pārtrauktas. Otrkārt, griezējinstrumentu sagatavē iegriežas triecienvēdīgi. Treškārt, darba gājienam seko brīvgājiens, kurā siltums no griezējasmens aizplūst uz ķermeni un temperatūras izlīdzinās.

Ēvelēšanā un tēšanā nogriezto sloksnīti raksturo (analogi virpošanai) fizikālie un tehnoloģiskie parametri: nogriežamās sloksnītes biezums a un platums b , griešanas dziļums t un padeve s (8.4.att.). Galvenā kustība, kas nosaka griešanas ātrumu V ēvelēšanā un tēšanā nav vienmērīga. Izšķir vidējo un maksimālo griešanas ātrumu. Pieļaujamo griešanas ātrumu aprēķina analogi virpošanai, ievēdot papildus korekcijas koeficientus K_1 un K_D . Koeficienta K_1 skaitliskās vērtības ir atkarīgas no apstrādājamās virsmas garuma un var būt robežās 0,87...1,18. Koeficienta K_D vērtības nosaka darbmašīnas tips. Darbā ar garenēvelmašīnām - $K_D = 1$, darbā ar

šķērsēvelmašīnām - $K_D = 0,8$, bet darbā ar tēsējmašīnām - $K_D = 0,5...0,6$. Atbilstoši pieļaujamam griešanas ātrumam, aprēķina dubultgājienu skaitu minūtē n_x . Griešanas spēkus ēvelēšanā un tēšanā aprēķina analogi virpošanai.



8.4. att. Ēvelēšanas un tēšanas griešanas shēmas:
a - ēvelēšanai; b - tēšanai.

Ēvelēšanas un tēšanas mašīnlaiku aprēķina:

$$t_m = \frac{B + B_1 + B_2}{n \cdot s} \cdot i,$$

kur B - apstrādājamās virsmas platums, mm;

B_1 - griezējinstrumenta iegriešanās ceļš, mm; $B_1 = t \cdot \operatorname{ctg} \varphi$;

B_2 - griezējinstrumenta izskeja, mm; parasti $B_2 = 2...5$ mm;

i - pārgājienu skaits.

8.2.2. Ēvelēšanas un tēšanas griežņi.

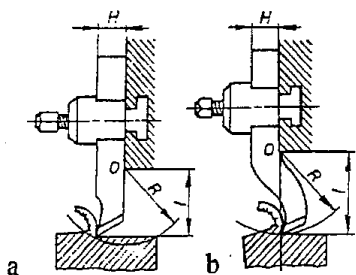
Ēvelēšanā un tēšanā pamata griezējinstrumenti ir griežņi. To ģeometriskie parametri ir analogi virpošanas griežņiem. Ēvelēšanā un tēšanā griezējinstrumenti sagatavē iegriežas triecienvēidīgi. Tādēļ to kātus gatavo 1,25...1,5 reizes masīvākus (ar lielāku šķērsriezumu), salīdzinot ar virpošanas griežņiem.

Ēvelēšanā griešanas spēks P_z griežņa kātu elastīgi deformē. Lietojot taisnos griežņus, deformējoties virsotne pārvietojas pa loku, kas palielina griešanas dziļumu (8.5.att.). To novērš ēvelēšanā izmantojot izliektos griežņus. Tiem deformējoties griešanas dziļums samazinās. Izliektie griežņi pieļauj lielāku izvirzījumu no griežņu turētāja, $l = 1.8...2$ no griežņa kāta augstuma H . Taisnie griežņi izvirzījumu l pieļauj tikai

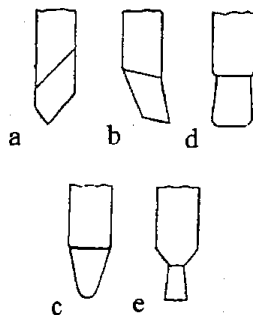
0,8...1,0 no H. Ēvelēšana ar izliektajiem griežņiem nodrošina arī gludāku apstrādāto virsmu.

Izšķir vairākus ēvelēšanas griežņu tipus: garenēvelēšanas, sānēvelēšanas, divpusējos, platos gludēvelēšanas, rievēvelēšanas un veidgriežņus (8.6.att.). Ēvelēšanas griežņu ģeometriskie parametri un gabarīti ir standartizēti. To ģeometrija būtiski neatšķiras no virpu griežņiem. Atšķiras tikai galvenā griezējasmens slīpuma leņķis λ . Ēvelēšanas griežņiem tas vēlams pozitīvs $10^0...15^0$ robežās, lai iegriežoties sagatavē triecienu nesaņemtu griežņa virsotne. Garenēvelēšanā parasti izvēlas griežņus ar galveno iestatīšanas leņķi $\phi = 45^0$, atsevišķos gadījumos pat $30^0...20^0$.

Virsmu, pakāpju un rievu apstrādei ar tēsējmašīnām lieto tēšanas griežņus (8.7.att.). To darba raksturs un ģeometriskie parametri atbilst ēvelēšanas griežņiem. Tēšanas griežņu darbības īpatnības, ka griešanas spēks P_z vērsts griežņa kāta virzienā.



8.5. att. Griešanas dziļuma izmaiņas griešanas spēku ietekmē ēvelēšanā:
a - taisnam grieznim; b - izliektam grieznim.

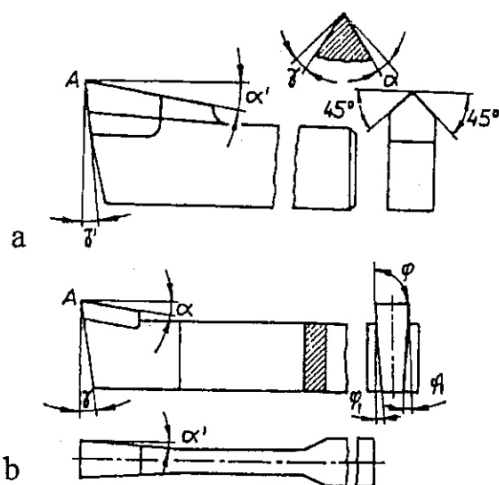


8.6. att. Ēvelēšanas griežņu tipi:
a - garenēvelēšanas; b - sānēvelēšanas; c - divpusējais; d - gludēvelēšanas; e - rievēvelēšanas.

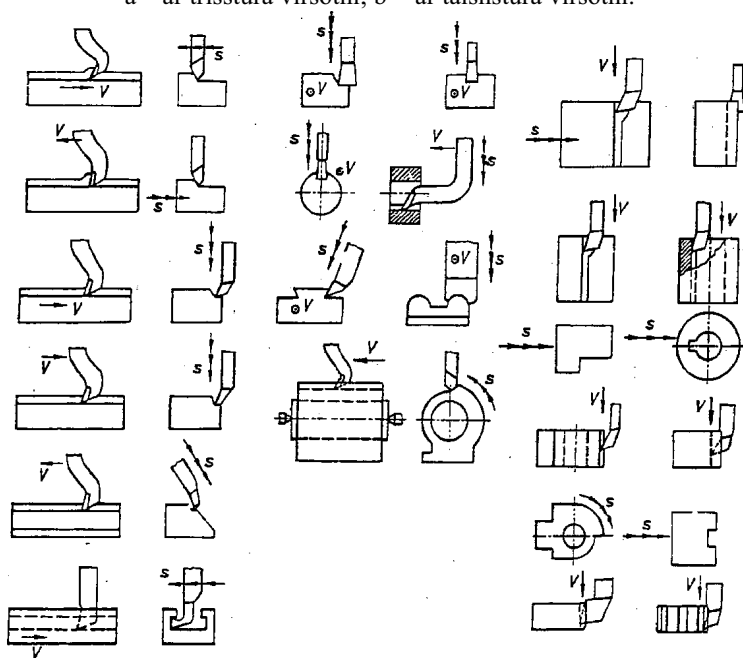
8.2.3. Ēvelēšanas un tēšanas darbi.

Ēvelēšanas un tēšanas mašīnas pēc pielietojuma ir universālas. To griezējinstrumenti ir vienkārši. Tas ļauj tās izmantot individuālās ražošanas apstākļos un remontdarbos. Apstrāde nodrošina virsmas raupjumu $Ra\ 1,25...20$ un apstrādes precizitāti IT 11...14. Produktivitāte ēvelēšanā un tēšanā ir salīdzinoši zema un atpaliek no frēzēšanas.

Apstrādājamās sagataves nostiprina uz darbmašīnu galda ar piespiedējiem vai ierīcēs. Par ierīcēm izmanto vienkāršās un universālās skrūvspīles, stūreņus u.c. Vienveidīgu sagatavju stiprināšanai dažkārt izmanto speciāli projektētas ierīces.



8.7. att. Tēšanas griežņu ģeometrija:
a – ar trīsstūra virsotni; b – ar taisnstūra virsotni.



8.8. att. Ēvelešanas un tēšanas darbi.

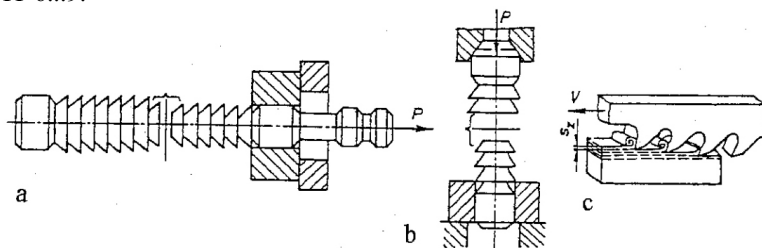
Ar ēvelmašīnām un tēšējmašīnām apstrādā horizontālas, vertikālas un slīpas virsmas, pakāpes un dažāda profila rievas (8.8.att.). Izmantojot atbilstošus veidgriežņus, kā arī pēc aizzīmējuma var apstrādāt veidvirsmas.

8.3. CAURVILKŠANA

8.3.1. Caurvilkšanas un caurspiešanas process.

Caurvilkšanu veic ar daudzāsmeņu griezējinstrumentu - caurvelci. Tā strādā stiepē (8.9.att.). Caurspiešanai izmanto caurspiedni un tas strādā spiedē un ļodzē. Caurspiedņi ir īsāki par caurvelcēm, to garums nepārsniedz 15 diametrus. Pastāv arī ārēju virsmu apstrāde ar caurvelcei analoģu griezējinstrumentu – ārvilci.

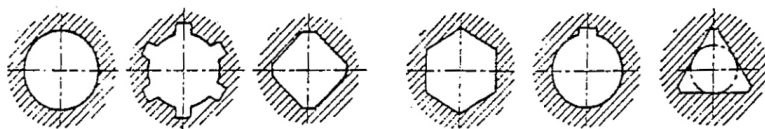
Ar caurvilkšanu un caurspiešanu apstrādā urbtus, paplašinātus un izvirpotus urbumus lielu sēriju ražošanas apstākļos. Tā ir sagatavju gludā apstrāde, kas nodrošina augstu virsmu gludumu un izmēru precizitāti. Ar caurvilkšanu sasniedz virsmu raupjumu Ra 1,25...5 un izmēru precizitāti IT 6...9.



8.9. att. Caurvilkšanas un caurspiešanas shēmas:
a - caurvilkšana; b - caurspiešana; c - ārējā caurvilkšana.

Caurvilkšanu lieto arī, lai urbumam piedotu noteiktu ģeometrisko formu (8.10.att.) vai arī lai iestrādātu rievas.

Izšķir divas caurvilkšanas metodes: brīvo caurvilkšanu un koordinātu caurvilkšanu. Caurvelkot pēc brīvās caurvilkšanas metodes, izmainās tikai urbuma forma un izmēri.



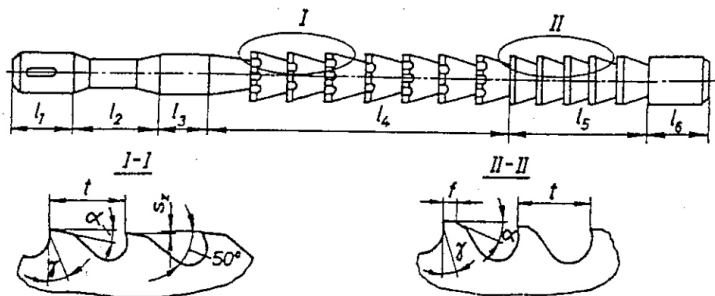
8.10. att. Caurvilkto profilu piemēri.

Caurvilkšana pēc koordinātu caurvilkšanas metodes, nodrošina ne tikai izmērus, bet arī urbumu koordinātes attiecībā pret bāzes virsmām. Koordinātu caurvilkšanā izmanto īpašas ierīces, kas nodrošina sagatavēm noteiktu stāvokli pret caurvelci.

8.3.2. Caurvelces uzbūve un ģeometrija.

Caurvelce sastāv kāta, kakliņa, priekšējās vadošās daļas, griezējdaļas, kalibrējošās daļas un noslēdzošās vadošās daļas (8.11.att.). Caurvelci darbmašīnas žokļi satver aiz kāta. Kakliņš ļauj instrumenta kātu izbīdīt caur sagatavi un darbmašīnas balsteni. Priekšējā vadošā daļa caurvelci centrē sagataves urbumā. Tās izmēriem un šķērsriezuma formai ir jābūt vienādei ar apstrādājamo urbumu.

Galveno griešanu veic griezējdaļa. Tās katrs nākošais zobis ir augstāks par iepriekšējo. Augstumu starpība starp diviem blakus esošiem zobiem ir padeve uz vienu zobu s_z . Zobu skaitu griezējdaļā nosaka apstrādes uzlaide. Beigu apstrādi veic caurvelces kalibrējošā daļa. Tai ir 4...8 zobi, ar vienādu augstumu. Kalibrējošās daļas zobi vienlaikus ir rezerve caurvelces pārsināšanai. Noslēdzošā vadošā daļa atbalsta caurvelci, griežot pēdējiem zobiem un caurvilkšanu beidzot.



8.11. att. Caurvelces uzbūve:

l_1 - kāts; l_2 - kakliņš; l_3 - priekšējā vadošā daļa; l_4 - griezējdaļa;
 l_5 - kalibrētājdaļa; l_6 - noslēdzošā vadošā daļa.

Viens no nozīmīgiem caurvelces konstruktīvajiem parametriem ir zobu solis - attālums starp diviem blakus esošajiem zobiem. Caurvilkšanas procesā atdalītās skaidas uzkrājas skaidrievās. Caurvelkot garas virsmas, skaidas daudzums palielinās. Lai tās brīvi izvietotos skaidrievā, ir nepieciešams palielināt zobu soli, bet virsmas raupjuma un apstrādes precizitātes nodrošināšanai ir vēlams, lai griešanā piedalītos pēc iespējas lielāks zobu skaits. Par optimālu uzskata, ka griešanā vienlaicīgi

ir nepieciešams piedalīties 2..3 zobiem. Tādā gadījumā skaidrievas tilpums ir pietiekams, lai izvietotos atdalītās skaidas, kā arī nodrošināta apstrādes kvalitāte. Zobu soli t , mm, konstruējot caurvelci, aprēķina pēc sakarības:

$$t = (1,25...1,5)\sqrt{L},$$

kur L - caurvelkamās virsmas garums, mm.

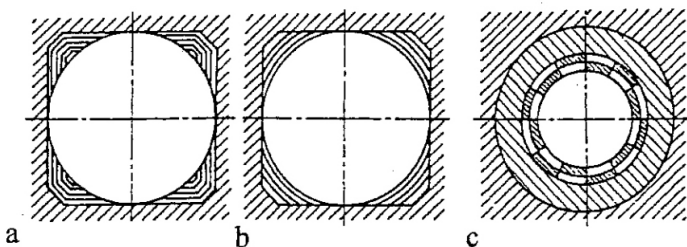
Lai novērstu apstrādātās virsmas iespējamo viļņainības veidošanos, caurvelces dažkārt izgatavo ar nevienmērīgu soli.

Caurvelcēm skaidleņķi un mugurleņķi nosaka plaknē, kas perpendikulāra griezējasmaņiem. Skaidleņķa γ vērtības griezējzobiem izvēlas $5^0...20^0$ robežās, bet kalibrētājzobiem - $0^0...5^0$. Apstrādājot mīkstus plastiskus materiālus, izvēlas skaidleņķa lielākās, bet apstrādājot trauslus materiālus - mazākās vērtības. Mugurleņķa α vērtības griezējzobiem paredz $2^0...4^0$ robežās, bet kalibrētājzobiem - $0,5^0...2^0$. Kalibrētājzobiem papildus izveido cilindriskas lentītes 0,2...1 mm platumā. Tām mugurleņķi $\alpha = 0^0$.

8.3.3. Griešanas shēmas caurvilkšanā.

Par griešanas shēmām caurvilkšanā sauc secību, kādā caurvelces zobi atdala apstrādes uzlaidi. Izšķir profilgriešanu, ģenerācijas un progresīvo griešanu.

Profilgriešanā uzlaidi noņem caurvelce, kuras ikviena zoba konfigurācija atbilst apstrādātās virsmas konfigurācijai (8.12.att.a). Apstrāde nodrošina salīdzinoši augstu virsmas kvalitāti un izmēru precizitāti, bet caurvelču izgatavošana ir sarežģītāka un darbietilpīga. To izgatavošanu atbilstošu profilgriešanas shēmai metālapstrādē izvēlas reti.



8.12. att. Caurvilkšanas griešanas shēmas:

a - profilgriešana; b - ģenerācijas griešana; c - progresīvā griešana.

Apstrādē pēc ģenerācijas griešanas shēmas caurvelces zoba forma atbilst apstrādājamās virsmas konfigurācijai (8.12.att.b). Apstrādātās virsmas veidošanā, salīdzinot ar profilgriešanu, piedalās visi caurvelces

zobi, tādēļ tās raupjums ir lielāks un apstrādes precizitāte zemāka. Caurvelču izgatavošana ir vienkāršāka, kas samazina darbietilpību. Caurvilkšana pēc ģenerācijas shēmas izplatīta plaši.

Caurvelkot pēc progresīvās griešanas shēmas, uzlaidi noņem caurvelces zobu, kas sadalīti sekcijās (8.12.att.c). Vienas sekcijas zobiem ir vienāds augstums. Katrs no vienas sekcijas zobiem uzlaidi negriež pa visu perimetru, bet tikai atsevišķos iecirkņos. Atlikušo daļu griež nākamie zobi. Caurvilkšanā pēc progresīvās griešanas shēmas, slodze uz katru instrumenta zobu samazinās, bet palielinās caurvelces zobu skaits un griezējdaļas garums. Progresīvo griešanu lieto, kad ir ierobežots pieļaujamais griešanas spēks. Progresīvās griešanas shēmas visbiežāk izmanto, konstruējot un izgatavojot cilindrisku urbumu apstrādes caurvelces un ārējo virsmu apstrādes ārvilčus.

8.3.4. Griešanas procesa parametri un to izvēle caurvilkšanā.

Caurvilkšanā ir tikai viena kustība - caurvelces pārvietošanās ass virzienā. Tā ir galvenā kustība, kas nosaka griešanas ātrumu. Padeve kā kustība nepastāv. To nodrošina konstruktīvi, izgatavojot caurvelci. Caurvilkšanā pudeve uz vienu zobu s_z ir divu blakus esošo zobu augstumu starpība. Tās vērtību izvēlas atkarībā no apstrādājamā materiāla īpašībām. Apstrādājot tērauda sagataves, $s_z = 0,05...0,15$ mm, apstrādājot čuguna sagataves - $0,1...0,2$ mm.

Caurvilkšanā, kad griezējinstrumenta griezējasmeņi ir perpendikulāri pārvietojumam, nogriežamās sloksnītes biezums a ir vienāds ar pudevi uz zobu s_z , bet nogriežamās sloksnītes platums b un griešanas dziļums t ir vienāds ar zoba asmeņu garumu.

Urbumu caurvilkšanā pa perimetru, nogriežamās sloksnītes platums un griešanas dziļums ir vienādi ar urbuma apkārtmēru.

Caurvilkšanā griešanas režīma izvēle aprobežojas tikai ar pieļaujamā griešanas ātruma noteikšanu. To aprēķina:

$$V = \frac{C_v}{T^m s_z^y},$$

kur C_v - koeficients, kas ievērtē apstrādes apstākļus;

T - caurvelces ekonomiskā asunnoturība, min;

y un m - pakāpes rādītāji, kas ievērtē atbilstošo parametru ietekmes intensitāti.

Caurvelču izgatavošana ir darbietilpīga un dārga un to ekonomiskā asunnoturība ir noteikta 100...600 minūšu robežās. Tērauda sagatavju caurvilkšanu veic, lietojot kvalitatīvus eļļojošos dzesējošos šķidrumus, parasti sulfofrezolus. Čuguna sagataves apstrādā sausas.

Pieļaujamie griešanas ātrumi caurvilkšanā vidēji ir 2...10 m/min.

Mašīnlaiku caurvilkšanā aprēķina:

$$t_m = \frac{L \cdot K}{1000 \cdot V} = \frac{(l + l_1 + l_2) \cdot K}{1000 \cdot V},$$

kur L - caurvelces aprēķinātais gājiena garums, mm;

K - koeficients, kas ievērtē atpakaļgājiena ceļa garumu, mm;

K = 1,15...1,5;

l - caurvelkamās virsmas garums, mm;

l₁ - caurvelces griezējdaļas un kalibrētājdaļas garums, mm;

l₂ - caurvelces izskreja, mm; l₂ = 10...20 mm.

Cauvilkšanā nogriežamās sloksnītes biezums ir salīdzinoši mazs, tādēļ skaidas sarukums un griešanas spēki lieli. No spēkiem, kas darbojas uz caurvelci, nozīmīgākais ir griešanas spēks **P_z**, kas darbojas caurvelces ass virzienā pretēji pārvietojuma virzienam. To aprēķina pēc empīriskām sakarībām.

9. nodaļa. ZOBU IEGRIEŠANA ZOBRATOS

9.1. ZOBIEGRIEŠANAS MAŠĪNAS UN INSTRUMENTI

9.1.1. Zobu iegriešanas mašīnu tipi.

Mašīnbūvē zobratu lieto plaši. To zobus iegriež (gear cutting) pēc divām metodēm: kopēšanas un novelšanas. Pēc kopēšanas metodes zobratu zobus izfrēzē ar diska modulfrēzēm uz horizontālajām konsolfrēzmašīnām vai ar kāta modulfrēzēm uz vertikālajām konsolfrēzmašīnām. Zobstarpas profils tieši atbilst frēzes zobu profilam. Aploces sadalīšanai pēc dotā zobu skaita izmanto dalītājgalvas.

Pēc novelšanas metodes zobu profils veidojas griezējinstrumenta un sagataves savstarpēji saistītās kustībās. Zobus zobratos iegriež frēzējot, tēšot vai ēvelējot.

Pēc kinemātiskās darbības zobu iegriešanas mašīnas iedalās: mašīnās, kas imitē gliemežpārveda kinemātiku (gliemežfrēze aizvieto gliemezi, sagatave - gliemežratu); mašīnās, kas imitē zobpārveda kinemātiku (zobtēsis aizvieto vienu, bet sagatave - otru zobratu); mašīnās, kas imitē zobstieņa pārveda kinemātiku (zobu ēvelķemme aizvieto zobstieni, bet sagatave - zobratu), un mašīnās, kas imitē koniskā zobpārveda kinemātiku (divi ēvelētājgriežņi aizvieto vienu, bet sagatave - otru zobratu). Griezējinstrumenta un sagataves kustības ir kinemātiski saskaņotas.

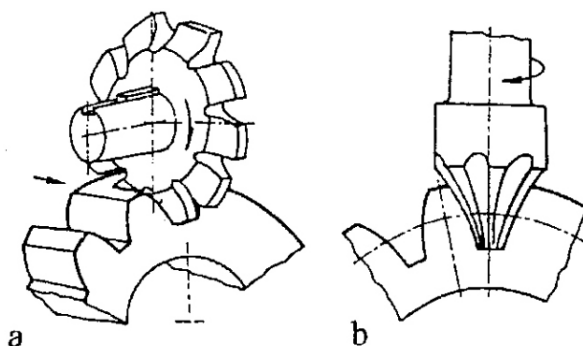
Izšķir zobu tēšējmašīnas cilindrisko zobratu zobu iegriešanai, zobu ēvelmašīnas konisko zobratu iegriešanai, zobu frēzmašīnas cilindrisko zobratu un rievvārpstu izgatavošanai, zobu frēzmašīnas gliemežratu izgatavošanai u.c.

9.1.2. Griezējinstrumenti zobu iegriešanai pēc kopēšanas metodes.

Zobratu zobu profilu nosaka zobu skaits un modulis (zoba lielums ir tieši proporcionāls modulim). Iegriežot zobus pēc kopēšanas metodes, zobstarpu veido tieši griezējinstrumenta - diska vai kāta modulfrēze (9.1.att.). Lai iegūtu viena moduļa zobratiem precīzu zobstarpas profilu, katram zobu skaitam būtu nepieciešama sava modulfrēze. Tas palielinātu frēžu skaitu komplektā. Praktiski zobu iegriešanai pēc kopēšanas metodes lieto frēžu komplektus, kas sastāv no 8, 15 vai 26 modulfrēzēm.

Astoņu frēžu komplektus lieto zobratu izgatavošanai ar moduli $m < 8$, bet piecpadsmit frēžu komplektu - zobratiem ar $m > 8$. Komplekts, kas sastāv no 26 modulfrēzēm, paredzēts paaugstinātas precizitātes zobratu

izgatavošanai. Tā kā ar vienu modulfrēzi frēzē vairākus pēc zobu skaita atšķirīgus zobratus, tad rodas zobstarpu profila kļūdas.



9.1. att. Zobu iegriešana pēc kopēšanas metodes:
a - ar diska modulfrēzēm; b - ar kāta modulfrēzēm.

Uz modulfrēzes norāda tās numuru, moduli, sazobes leņķi, frēzējamo zobu skaitu un augstumu. Frēzējot taisnzobu zobratus, modulfrēzi izvēlas pēc moduļa un frēzējamo zobu skaita, bet, frēzējot slīpzobu zobratus, - pēc aprēķinātā jeb fiktīvā zobu skaita z_a (slīpzobu zobratu frēzēšanā zobstarpas profils neatbilst frēzes profilam). To aprēķina pēc sakarības:

$$z_a = \frac{z}{\cos^3 \beta},$$

kur z - frēzējamā zobrata zobu skaits;

β - zobu slīpuma leņķis.

Diska modulfrēzes lieto, frēzējot zobratus ar moduli $m < 10$, bet kāta modulfrēzes - zobratus ar $m > 10$ un zobratus ar šaurveida zobiem.

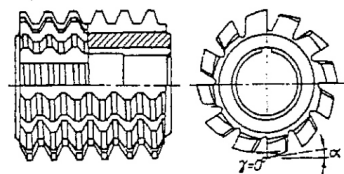
9.1.3. Griezējinstrumenti darbam pēc novelšanas metodes.

Pēc novelšanas metodes strādā gliemežfrēzes, zobtēši, zobu ēvelķemmes, ēvelētājgriezņi un dažāda tipa griezņu galvas.

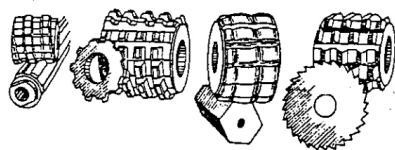
Gliemežfrēze ārēji atgādina gliemezi, kam perpendikulāri vītnes līnijai izfrēzētas rievās, izveidojot griezējasmēņus. Tie novietojas uz vītnes līnijas (9.2.att.). Gliemežfrēzes izgatavo ar aizmugurētiem zobiem. Pēc pārasināšanas tām saglabājas nemainīgs zobu profils un mugurleņķis.

Izšķir vairākus gliemežfrēžu tipus. Griemežfrēzes zobu iegriešanai zobratos (gliemežmodulfrēzes), zāģfrēžu zobu iegriešanai, rievvārpstu rievu frēzēšanai, daudzskaldņu profilu izgatavošanai utt. (9.3.att.).

Pēc gājienu skaita gliemežfrēzes var būt viengājienu, divgājienu un trīsgājienu. Palielinot gājienu skaitu, pieaug to produktivitāte, bet samazinās apstrādes precizitāte. Divu un triju gājienu gliemežmoduļfrēzes lieto tikai rupjai zobu iegriešanai. Gludapstrādē izmanto viengājienu frēzes. Pēc konstruktīvā izveidojuma izšķir cilindriskās gliemežmoduļfrēzes, gliemežmoduļfrēzes ar iegriezes konusu un globoidālās gliemežmoduļfrēzes. Uz gliemežmoduļfrēzēm norāda tās moduli, sazobes leņķi, vītnes līnijas kāpes leņķi un zoba augstumu.

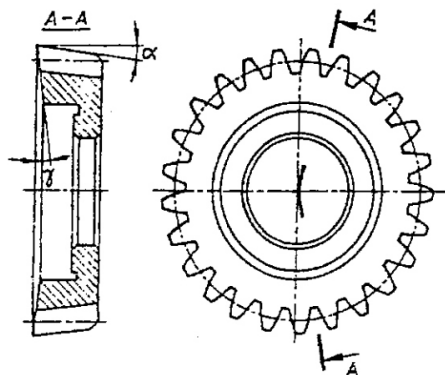


9.2. att. Gliemežmoduļfrēzes kopskats.



9.3. att. Gliemežfrēžu tipi.

Zobtēsis ārēji atgādina zobratu. Tā zobiem izveidots skaidleņķis un mugurleņķis. To vērtības ir $4^0 \dots 10^0$ (9.4.att.). Izšķir taisnzobu un slīpzobu zobtēšus. Taisnzobu zobtēšus lieto, izgatavojot ārējās un iekšējās sazobes taisnzobu zobratu un taisnzobu zobratu blokus ar tuvu novietotiem zobu vainagiem. Slīpzobu zobtēšus izmanto slīpzobu zobratu tēšanā.



9.4. att. Taisnzobu zobtēsis.

Zobu iegriešana ar taisnzobu un slīpzobu ēvelķemmēm ir mazāk izplatīta. Zobu ēvelētājgriežņus lieto konisko taisnzobu zobratu izgatavošanai. Globoidālos gliemežus un koniskos līkzobu zobratu izgatavo ar īpašām griežņu galvām.

9.2. ZOBU IEGRIEŠANAS PROCESI

9.2.1. Zobratu zobu iegriešanas ar gliemežmoduļfrēzēm.

Zobus cilindriskajos taisnzobu un slīpzobu zobratos iegriež ar cilindriskajām gliemežmoduļfrēzēm. Zobu iegriešanā frēzes rotācija ir galvenā kustība un tā nosaka griešanas ātrumu V (9.5.att.). Saskaņoti ar griezējinstrumentu rotē sagatave. Tās rotācijas ātrums V_s ir dalīšanas kustība un tā sadala zobrata aploci vienādās daļās atbilstoši iegriežamajam zobu skaitam. Frēzes vertikālais pārvietojums ir padeves kustība. Tā nodrošina zobu iegriešanu visā garumā. Frēzējot zobratu ar nelielu zobu augstumu, gliemežfrēzi iestata zobu iegriešanai pilnā dziļumā. Padevi virza no augšas uz leju. Izgatavojot zobratu ar lielu moduli ($m > 6$), iegriešanu veic 2...3 pārgājienos.

Iestatot zobu iegriešanas darbmašīnas, gliemežmoduļfrēzi pagriež pret sagatavi noteiktā slīpumā. Frēzējot taisnzobu zobratu, pagriešanas leņķis ω ir vienāds ar frēzes kāpes leņķi α . Frēzējot slīpzobu zobratu, frēzes pagriešanas leņķis ω nav atkarīgs tikai no leņķa α , bet arī no zobrata zobu slīpuma leņķa β un virziena.

Iegriežot zobus ar gliemežmoduļfrēzēm tērauda sagataves, griešanas ātrumu V izvēlas 15...50 m/min robežās, padevi - rupjfrēzēšanā $s = 0,7...4$ mm, gludfrēzēšanā $s = 0,3...1,2$ mm uz vienu sagataves apgrieziena.

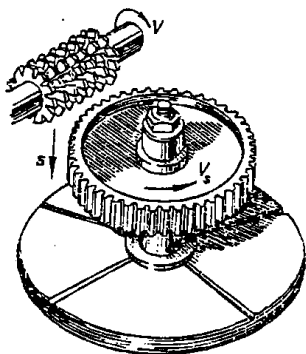
9.2.2. Zobratu zobu tēšana.

Tēšot taisnzobu zobratu, zobtēsis pārvietojas vertikāli turp atpakaļ kustībā un vienlaikus lēni rotē (9.6.att.). Zobtēša lineārā pārvietošanās ir griešanas (galvenā) kustība ar ātrumu V , bet rotācija - padeve pa aploci ar ātrumu V_z . Zobtēša horizontālā virzes kustība ir padeve s , kas nodrošina zobu iegriešanu pilnā dziļumā. Saskaņoti ar zobtēsi rotē sagatave. Tās rotācija ar ātrumu V_s ir dalīšanas kustība. Sagatavei tiek piešķirta arī neliela šķērskustība Δ , kas novērš berzi zobtēša atpakaļgājienā un samazina griezējinstrumenta dilšanu.

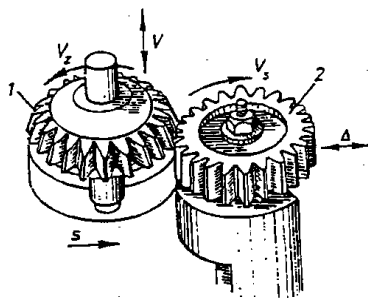
Tēšot slīpzobu zobratu, zobtēsim ir nepieciešama vītņu veida turp atpakaļ kustība. To nodrošina īpašas vītņveida vadīklas.

Tēšanā griešanas ātrumu V izvēlas 14...30 m/min, rotācijas padevi $V_z = 0,15...0,5$ mm uz dubultgājiena. Zobtēša pārskrējiena iegriezei ir izskrejai ieregulē 3...5 mm uz katru pusi.

Analogā zobtēšanai ir zobu iegriešana ar ēvelķemmēm (9.7.att.).



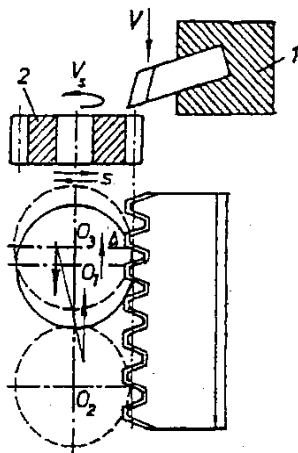
9.5.att. Zobu iegriešanas ar gliemežmoduļfrēzi shēma



9.6. att. Zobratu zobu tēšana:
1 - zobtēsis; 2 - sagatave.

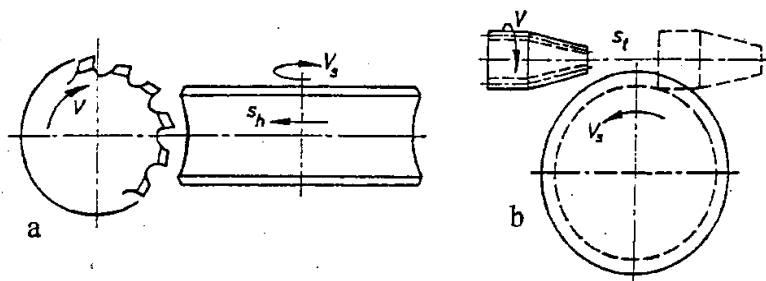
9.2.3. Gliemežratu un gliemežu izgatavošana.

Pastāv trīs paņēmieni gliemežratu izgatavošanai pēc novelšanas metodes (9.8.att.). Iegriežot zobus ar cilindriskajām gliemežmoduļfrēzēm, griezējinstrumentam piešķir horizontālo padevi. Citas kustības ir analogas zobu iegriešanai cilindriskos zobratos. Gliemežmoduļfrēzi iestata, lai tās ass atrastos sagataves simetrijas plaknē. Gliemežfrēzes izmēri un gājienu skaits atbilst gliemežim, kas paredzēts darbam vienā kinemātiskā pāri ar izgatavojamo gliemežratu.



9.7. att. Zobratu zobu iegriešana ar ēvelķemmi:
1 - ēvelķemme; 2 - sagatave.

Izmantojot zobu iegriešanai gliemežratos gliemežmoduļfrēzes ar iegriezes konusu, griezējinstrumentam piešķir tangenciālo padevi. Globoidālo pārvadu gliemežratu zobus iegriež ar globoidālām gliemežmoduļfrēzēm.



9.8. att. Zobu iegriešana gliemežratos:
a - ar cilindrisko gliemežmoduļfrēzi;
b - ar gliemežmoduļfrēzi ar iegriezes konusu.

Individuālajā ražošanā un remontdarbos gliemežratos zobus iegriež pēc kopēšanas metodes ar diska moduļfrēzēm.

Cilindrisko gliemežu zobus (vītnes) iegriež ar kopēšanas metodi analogi vītņošanai ar virpu vai arī vītņu frēzēšanai ar atbilstoša profila diska frēzēm.

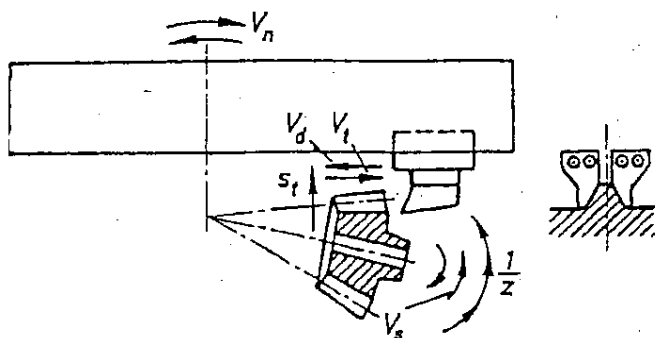
Globoidālo gliemežu zobus iegriež pēc novelšanas metodes uz speciālām darbmašīnām - pusautomātiem. Par griezējinstrumentiem lieto speciālas konstrukcijas daudz zobu griezņu galvas.

9.2.4. Zobu iegriešana koniskajos zobratos.

Konisko taisnzobu zobratu izgatavošana ir sarežģīta, jo zobstarpas platums un dziļums nav vienāds visā zoba garumā. Kopēšanas metode derīga tikai zobu rupjai iegriešanai. To veic ar diska moduļfrēzēm uz universālajām frēzmašīnām vai arī ar speciāliem augstāžīgiem pusautomātiem, izmantojot divas saliktas diska frēzes.

Konisko taisnzobu zobratu zobus iegriež pēc novelšanas metodes ar speciālām ēvelmašīnām, izmantojot zobu ēvelgriežņu pāri (9.9.att.). Zobu ēvelēšanā ēvelgriežņu lineārā turp atpakaļ kustība ar ātrumu V_d ir griešanas kustība. Novelšanas mehānisma svārstveida rotācija ar ātrumu V_n ir saskaņota ar sagataves svārstveida rotācijas ātrumu V_s . Abu kustību summa veido novelšanas kustību. Sagataves taisnvirziena kustības s_t nodrošina zobu iegriešanu pilnā dziļumā. Sagataves atvirzīšanās no

griezējinstrumentiem norit periodiski, pārejot uz nākamā zoba apstrādi. Periodiskā sagataves pagriešanās ir dalīšanas kustība. Koniskos likzobu zobratu izgatavo uz speciālām mašīnām ar īpašām griežņu galvām. Šo darbmašīnu kinemātika ir ļoti sarežģīta.



9.9. att. Zoba iegriešanas shēma koniskajos taisnzobu zobratos.

9.2.5. Zoba iegriešanas metožu vērtējums.

Iegriežot zobus zobratos pēc kopēšanas metodes, frēzēšana noris ar pārtraukumiem. Pēc katras zobstarpas izfrēzēšanas, sagatavi pagriež par $1/z$ apgriezieniem. Process ir mazproduktīvs un nenodrošina augstu apstrādes precizitāti un virsmas kvalitāti. Metodi zobu iegriešanai izmanto zobratu izgatavošanā individuālās un sīksēriju ražošanas apstākļos, kā arī mašīnu remontā. Tai nav vajadzīgas speciālas zobu iegriešanas mašīnas, bet var izmantot universālās kosolfrēzmašīnas..

Pēc novelšanas metodes visus zobus iegriež vienlaikus un nepārtraukti. Ar vienu griezējinstrumentu var izgatavot noteikta moduļa jebkura zoba skaita zobratu. Apstrāde ir ražīga, nodrošina augstu precizitāti un virsmas kvalitāti. Metodi izmanto zobratu izgatavošanai lielu sēriju ražošanas apstākļos. Izgatavojot zobratu ar moduli $m < 2,5$, ražīgāka ir zobu tēšana, bet lielāka moduļa zobratiem - zobu frēzēšana ar gliemežmoduļfrēzēm.

Taisnzobu un slīpzobu zobratu izgatavošanai pēc kopēšanas metodes sēriju ražošanas apstākļiem pastāv jauns produktīvs paņēmieni, izmantojot īpašas zobu tēsējgalvas un zobgriešanas pusautomātus. Katram zobratam, kas atšķiras ar moduli un zobu skaitu, ir vajadzīga sava zobtēsējgalva.

10. nodaļa. ABRAZĪVIE INSTRUMENTI UN SLĪPĒŠANAS PROCESS

10.1. ABRAZĪVO INSTRUMENTU UZBŪVE

10.1.1. Pamatjēdzieni par abrazīvajiem instrumentiem

Tirdzniecībā pieejams plašs abrazīvo instrumentu klāsts un tos plaši lieto metālapstrādē. To darbaspējas nosaka atbilstošas markas izvēle un pareiza izmantošana. Abrazīvos instrumentus izgatavo dažādās valstīs un bieži tie marķēti pēc nacionālajiem standartiem. Izvēli apgrūtina atšķirības marķējumā. Līdz šim plašāk bija izplatīti abrazīvie instrumenti, kas ražoti Krievijā un marķēti pēc GOST. Pieejami abrazīvie instrumenti, kas ražoti Vācijā un Čehijā un atbilst standartiem DIN un ČSN. Lai atvieglotu orientēšanos, marķējums pēc ISO standarta salīdzināts ar GOST.

Pie abrazīvajiem instrumentiem pieder:

- *slīppipas – slīpēšanai (grinding) un griezējinstrumentu asināšanai;
- *galodiņas – honēšanas (honing), superfiniša un citiem apdares darbiem;
- *slīpsegmenti un galodiņas - lielizmēra salikto slīppipu izgatavošanai.

Slīppapīrs, slīpaudekls un slīppulveri nav instrumenti, bet tikai materiāli.

Abrazīvo instrumentu galvenā sastāvdaļa ir abrazīvais materiāls. Par tiem izmanto augstas cietības minerālus. To graudu lielumu raksturo graudainības skaitlis. Izšķir dabīgos un mākslīgos abrazīvos materiālus. Abrazīvos instrumentus izgatavo tikai no mākslīgajiem abrazīvajiem materiāliem.

Abrazīvo instrumentu darba spējas nenosaka tikai abrazīvais materiāls, bet arī instrumenta uzbūve. Uzbūvi raksturo vairāki parametri: cietība, struktūra, koncentrācija, saistviela; instrumenta forma un izmēri, kā arī daži citi parametri.

10.1.2. Dabīgie abrazīvie materiāli.

Dabīgie abrazīvie materiāli ir dimants, korunds, smirģelis, granīts, kvarcs, hroma oksīds u.c. Dimants ir viena no oglekļa modifikācijām ar kubisku kristālisko režģi. Salīdzinot ar citiem minerāliem, tam ir visaugstākā cietība un abrazīvās spējas. Dimantam ir salīdzinoši zema termiskā un vibrāciju izturība, kā arī pretestība liecei. Sakarstot līdz 600...700 °C temperatūrai tas pārvēršas par grafitu.

Korunds (K) ir alumīnija oksīds Al_2O_3 ar nelieliem kvarca un citu minerālu piemaisījumiem. Tie ir ķīmiski saīti. Korundam ir salīdzinoši

augsta cietība un abrazīvās spējas. Smirģelis (H) sastāv no korunda (30 %) un citiem mazākas cietības minerālu piemaisījumiem.

Dabīgie abrazīvie materiāli izņemot dimantu nav viendabīgi, satur ievērojamu daudzumu piemaisījumu, kas pavājinā to abrazīvās spējas. Tādēļ dabīgos abrazīvos materiālus izmanto tikai slīpaudeklu, slīppapīru, pulēšanas pastu un saimnieciska rakstura galodiņu izgatavošanai.

10.1.3. Mākslīgie abrazīvie materiāli

Abrazīvos instrumentus izgatavo praktiski tikai no mākslīgajiem abrazīvajiem materiāliem. Pie tiem pieder: mākslīgais korunds (agrāk dēvēts par elektrokorundu), silīcija karbīds, bora karbīds, sintētiskais dimants un kubiskais bora nitrīts (elbors). Smalcinot no tiem iegūst graudus ar asām šķautnēm un labām griešanas spējām.

Mākslīgie korundi ir abrazīvi materiāli, kas sastāv no elektrokrāsnīs ražota korunda A_2O_3 ar nelielu citu elementu piemaisījumu. Atbilstoši ISO izšķir četru veidu mākslīgos korundus: brūno, rozā, sarkano un balto (10.1.tabula). Mākslīgā korunda krāsu nosaka galvenokārt izejvielu sastāvs. Tas ietekmē arī abrazīvo instrumentu darbaspējas. Dažu valstu nacionālajos standartos paredzēti arī citi mākslīgā korunda veidi, piemēram, monokorunds (vācu DIN un krievu GOST). Bez tam vācu standarts DIN paredz vairāku komponentu maisījumus, piemēram, pus augstvērtīgos (pēc vācu terminoloģijas). Tie sastāv no normālā un baltā, sarkanā vai rozā mākslīgā korunda (saukti par augstvērtīgiem) maisījumiem.

Brūno korundu ražo no boksītiem un tā abrazīvās spējas ir salīdzinoši zemākas. Balto korundu ražo no mālzemes, bet sarkano un rozā - no mālzemes ar dabīgu leģējošo elementu - hroma vai titāna piedevu. To abrazīvās spējas ir augstākas.

Silīcija karbīds ir oglekļa un silīcija ķīmiskais savienojums. To ražo no koksa un kvarca smilts elektrokrāsnīs 2000 °C temperatūrā. Izšķir zaļo un melno silīcija karbīdu. Melnais silīcija karbīds satur vairākus piemaisījumus un tam ir vājākas abrazīvās spējas. Zaļais silīcija karbīds ir viendabīgāks ar labākām abrazīvajām spējām. Salīdzinot ar mākslīgo korundu, silīcija graudi ir ar asākām šķautnēm un labākām abrazīvajām spējām, bet tie salīdzinoši trauslāki.

Bora karbīds ir oglekļa un bora ķīmiskais savienojums B_4C . Tam ir augsta cietība (tuva dimanta cietībai), bet palielināts trauslums. No B_4C gatavo lepēšanas pastas.

Mākslīgie abrazīvie materiāli ir arī sintētiskie dimanti un kubiskais bora nitrīts. To īpašības un abrazīvo instrumentu uzbūve ievērojami atšķiras.

10.1. tabula

Abrazīvo materiālu marķēšana

Materiāla nosaukums	Apzīmējums		Abrazīvās spējas
	Pēc ISO	Pēc GOST	
Mākslīgais korunds			0,14...0,16
Brūnai	1A	1A	
Baltais	8A	2A	
Rozā	7A	7A	
Sarkanais	9A	3A	
Silīcija karbīds			0,25...0.45
Zaļais	2C	6C	
Melnai	1C	5C	
Sintētiskais dimants	D	A	1,0
Kubiskais bora nitrīts	B	Э	

Abrazīvo materiālu graudu lielumu raksturo graudainības skaitlis. To vērtības standartizētas. Pēc graudu lieluma izšķir slīpgraudus, slīppulverus un mikro pulverus. Graudainības skaitli nosaka, sijājot abrazīvos materiālus caur sietiem un tas atbilst graudus aizturošā sieta acu izmēram. (Mikro pulveru graudainību nosaka ar hidroklasifikācijas paņēmieniem). Pēc ISO standarta izšķir ļoti rupjus, rupjus, vidēji rupjus, smalkus, ļoti smalkus un sevišķi smalkus abrazīvos graudus. Graudainības skaitlis atbilst acu daudzumam sietā uz vienu kvadrāta collu. Tas nozīmē, ka lielākam graudainības skaitlim atbilst mazāka izmēra graudi. Pēc Krievijas standarta GOST graudainības skaitlis atbilst sieta acu izmēram milimetra simtdaļās (10.2.tabula).

10.1.4. Abrazīvo instrumentu saistvielas, cietība un struktūra.

Saistvielu uzdevums ir sasaistīt abrazīvā materiāla graudus un piešķirt instrumentam mehānisko stiprību. Saistvielas iedala neorganiskajās (keramiskā, silikāta un magnezīta) un organiskajās (bakelīta, gumijas jeb vulkanīta un šellaka).

Keramisko saistvielu sastāvā ietilpst ugunsizturīgie māli, laukšpats, krīts, kvarcs, šķidrāis stikls un citi minerāli. Tās ir termiski un ķīmiski noturīgas, labi saglabā instrumentiem profilu un pieļauj dzesēšanas šķidrumu lietošanu. Keramisko saistvielu instrumentiem ir palielināts trauslums, tie vāji panes triecienus un nav piemēroti lējumu un kalumu slīpēšanā.

10.2.tabula

Sakarības starp graudainības skaitļiem pēc ISO un GOST

Graudainība	ISO	GOST
Ļoti rupja	6	315
	8	250
	10	200
	12	160
Rupja	14	125
	16	100
	20	80
	24	63
Vidēji rupja	30	50
	40	40
	50	32
	60	25
Smalka	70	20
	80	16
	100	12
	120	10
Ļoti smalka	150	8
	200	6
	240	5
	280	4
Īpaši smalka	320	3
	400	M32
	500	M22
	600	M15

Bakelīta saistvielas pamatā ir sintētiskie sveķi. Tai ir lielāka, salīdzinot ar keramisko saistvielu, mehāniskā stiprība un elastība. Abrazīvie instrumenti pieļauj palielinātus slīpēšanas ātrumus (līdz 80 m/s), vibrācijas, nelielas triecienslodzes, bet saistvielai ir zema termiskā noturība. Smagos darba apstākļos, temperatūrai griešanas zonā pārsniedzot 300 °C, novērojama bakelīta izdegšana. Instrumenti ar bakelīta saistvielu nepanes sārmainus dzesēšanas šķidrumus. Ar bakelītā saistvielu izgatavo plānākss slīpripas un tās lieto rievu izslīpēšanai un sagatavju nogriešanai.

Gumijas jeb vulkanīta saistviela sastāv no sintētiskā kaučuka ar piedevām. Instrumenti, kas izgatavoti ar to, ir viselastīgākie, bet palielinātais blīvums veicina slīpriņu pieķepēšanu. Saistviela raksturojas ar palielinātu berzi un slīpēšanas procesā pastiprināti izdalās siltums. Temperatūrai pārsniedzot 150 °C, saistviela sairst. Instrumentus ar gumijas saistvielu lieto sagatavju nogriešanai, virsmu pulēšanai un par vadripām bezcentru slīpēšanā. Saistvielu apzīmējumi doti 10.3.tabulā.

10.3. tabula

Abrazīvo instrumentu saistvielas

Saistvielas tips	Apzīmējums	
	Pēc ISO	Pēc GOST
Keramiskā	V	K
Silikāta	S	C
Magnezīta	MG	M
Šellaka	E	-
Gumijas	R	B
Bakelīta	B	B

Ar silikāta (sastāv no māla un šķidrā stikla maisījuma) un magnezīta (sastāvā magnezīts un hlormagnijs) saistvielu izgatavotie abrazīvie instrumenti ir mīksti, ar salīdzinoši vāju izturību. Magnezīta saistvielas instrumenti turklāt ir jūtīgi pret mitruma un aukstuma iedarbību. Tos lieto apstrādei sausā veidā nelietojot dzesējošos šķidrumus. Saistvielas galvenokārt izmanto slīppapīru un slīpaudeklu izgatavošanai. Arī šellakas saistvielas pielietojums ierobežots un tās maz izplatītas.

Cietība ir saistvielas īpašība. Tā raksturo spējas noturēt abrazīvos graudus instrumenta virskārtā. No mīkstu instrumentu virsmām graudi atdalās mazākās slodzēs, bet lielāki spēki nepieciešami graudu atraušanai no cietiem instrumentiem. Pēc cietības abrazīvos instrumentus iedala: ļoti mīkstos, mīkstos, vidējos, cietos, ļoti cietos un sevišķi cietos (10.4.tabula).

Abrazīvo instrumentu struktūra nosaka graudu, saistvielas un poru savstarpējo attiecību (10.1.att.). To apzīmē ar cipariem no 1 līdz 13. Instrumentos ar struktūras skaitli 1, graudi aizņem 60 % no tilpuma, bet katrai nākamajai struktūrai graudu daudzums tilpuma vienībā samazinās par 2 %. Pēc struktūras, abrazīvos instrumentus iedala - ļoti blīvos, blīvos, vidēji blīvos, porainos, ļoti porainos un sevišķi porainos (10.5.tabula).

10.4.tabula

Abrazīvo instrumentu cietību apzīmējumi

Instrumenta cietība	Apzīmējums	
	Pēc ISO	Pēc GOSTA
Ļoti mīksta	F - G G G - H	BM, BM1 BM2 BM3
Mīksta	H I J K K - L	M, M1 M2 M3 CM, CM1 CM2
Vidēja	L - M M - N N O O - P	C, C1 C2 CT, CT1 CT2 CT3
Cieta	P - Q Q - R R R - S	T, T1 T2 BT, BT1 BT2
Ļoti cieta	S - T	ЧТ, ЧТ1
Sevišķi cieta	V - W	ЧТ2

10.5.tabula

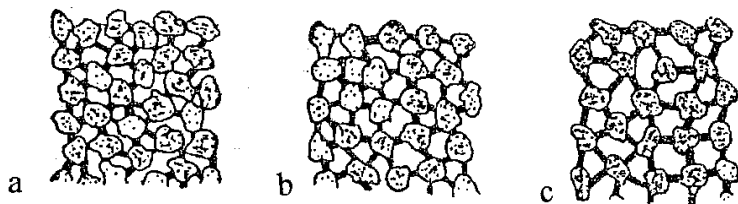
Abrazīvo instrumentu struktūra

Pēc ISO		Pēc GOSTA	
Struktūras skaitļi	Nosaukums	Struktūras skaitļi	Nosaukums
1.; 2.	Ļoti blīva	1. 2. 3. 4.	Blīva
3. 4.	Blīva		
5. 6.	Vidēji blīva		
7. 8.	Poraina	5. 6. 7. 8.	Vidēji blīva
9. 10.	Ļoti poraina	9. 10. 11. 12.	Poraina
11, 12. 13.	Sevišķi poraina		

10.1.5. Slīpriņu forma, izmēri un marķēšana.

Plašāk lietotie abrazīvie instrumenti ir slīpriņas. To formas var būt dažādas. Biežāk lieto plakano slīpriņas ar taisnstūra vai konisku profilu; gredzenveida, cilindriskās un koniskās bļodveida, šķīvveida u.c. Slīpriņas formas pēc ISO standarta apzīmē ar burtu T, kam seko viencipara, divu vai trīs ciparu skaitlis. Pirmais vai pirmie divi cipari norāda slīpriņas pamatformu, bet trešais cipars - tās modifikāciju (10.6.tabula).

Plakanās slīpriņas ar taisnstūra profilu lieto virsmu slīpēšanā un griezējinstrumentu asināšanā. Bļodveida slīpriņas izmanto daudzāsmeņu griezējinstrumentu asināšanai pa zobu mugurvirsmām, bet šķīvveida - daudzāsmeņu griezējinstrumentu asināšanai pa skaidvirsmām. Gredzenveida slīpriņas piemērotas plakano virsmu slīpēšanai ar slīpriņas gala virsmu.



10.1.att. Abrazīvo instrumentu struktūras:

a – blīva; b – vidēji blīva; c – poraina.

Slīpriņu izmērus raksturo: ārējais diametrs, - **D**; iekšējais (uzstatīšanas) diametrs, - **d** un slīpriņas biezums vai augstums, - **H**. Piemēram, plakano taisnstūra profila slīpriņu izmēri var būt robežās: **D** = 90...600, urbuma diametri - **d** = 20...305, biezums **H**- 6...150 mm. Slīpriņu marķēšana dota piemēros. Papildus aplūkotajiem parametriem slīpriņām norāda uzstatīšanas urbuma konstruktīvo izpildījumu un precizitāti, kā arī maksimāli pieļaujamo rotācijas ātrumu.

Sintētiskā dimanta un kubiskā bora nitrīda slīpriņām nepastāv cietības un struktūras jēdzieni. Tos aizvieto koncentrācija, kas norāda, cik no tilpuma aizņem abrazīvie graudi. Par 100 % koncentrāciju pieņem dimantu daudzumu, kas aizņem vienu ceturto daļu no tilpuma (viens cm^3 satur 4,39 karātus dimantu). Uz slīpriņām norāda dimanta daudzumu karātos. Sintētiskā dimanta slīpriņas izgatavo ar 100; 150; 200 un 50 % koncentrāciju. Par saistvielām sintētiskā dimanta un kubiskā bora nitrīda slīpriņās izmanto metāliskās (80 % Cu un 20 % Sn), organiskās (bakelīta) un keramiskās.

Slīrripas formas un to apzīmējumi

Slīrripas formas nosaukums	Slīrripas formas skice	Apzīmējums	
		Pēc ISO	Pēc GOSTa
Plakanas ar taisnstūra profilu		T1	ПП
Gredzenveida		T1	1K 2K
Plakana ar viļņusēju iedobumu		T5	ПВ
Cilindriskās bļodveida		T6	ЧЦ
Plakanās ar divpusēju iedobumu		T7	ПВД
Plakanās koniskās		T10	3П
Koniskās bļodveida		T11	ЧК
Šķīvveida		T12	1Т 2Т
Plakana ar divpusēju konusu		T104	2 П
Plakana ar viļņusēju iedobumu un konusu		T103	1 П

10.1.6. Slīpriņu marķēšanas piemēri.

Salīdzināšanai dota abrazīvo instrumentu marķēšana pēc ISO, Krievijas standarta GOST, Vācijas standarta DIN un Čehijas standarta ČSN.

Marķēšana atbilstoši starptautiskam standartam ISO:

T1 - 150 × 30 × 20 8A 60 K 9 V 00 / 30,

kur: T1 - slīpriņas forma - plakana ar taisnstūra profilu;

150 - slīpriņas ārējais diametrs, mm;

30 - slīpriņas biezums, mm

20 - slīpriņas urbuma (uzstāšanās) diametrs, mm;

8A - abrazīvais materiāls - mākslīgais baltais korunds;

60 - graudainības skaitlis - vidējs graudu lielums;

K - slīpriņas cietība - mīksta;

9 - slīpriņas struktūra - ļoti poraina;

V - saistviela - keramiskā;

00 - slīpriņas urbuma konstruktīvais izpildījums - bez ieliktna;

30 - maksimāli pieļaujamais slīpēšanas (rotācijas) ātrums, m/s.

Piezīmes. Urbuma konstruktīvā izpildījuma varianti un apzīmējumi:

- 01 - urbums ar sēru saturošu savienojumu ieliktni;
- 03 - urbums ar sintētisko materiālu ieliktni;
- 04 - urbums ar svina ieliktni;
- 10 - urbums ar augstu precizitāti;
- 00 - urbums bez ieliktna.

Marķēšana atbilstoši Krievijas standartam GOST:

III 150 × 30 × 20 24A 40H CM2 5 K3 1kl A 35 M/S,

Kur II - slīpriņas forma;

150 - slīpriņas ārējais diametrs, mm;

30 - slīpriņas biezums, mm;

20 - slīpriņas urbuma diametrs;

24A - baltais elektrokorunds;

40H - graudainība - vidēja ar normālu pamata izmēra graudu īpatnību;

CM2 - slīpriņas cietība - otrās pakāpes vidēji mīksta;

5 - struktūra - vidēji blīva;

K3 - saistviela - keramiskā, trešā marka;

1kl - līdzsvarošanas pakāpe - pirmā augstākā klase;

A - slīpriņas izmēru precizitāte - augstākā precizitāte;

35 m/c - pieļaujamais slīpriņas rotācijas ātrums.

Marķēšana atbilstoši Vācijas standartam DIN:

200 × 30 × 32 F 35A 60/4 K6 V 10

kur 200; 30; 32 - slīpripas izmēri analogi iepriekš dotajiem;
F - slīpripas formas apzīmējums;
35A - abrazīvais materiāls - augstvērtīgais korunds;
60 - graudainības skaitlis, analogs ISO standartam;
4 - graudu kombinācija - nosaka izgatavotājs;
K - cietība - analoga ISO;
6 - struktūra - analoga ISO;
V - saistviela - keramiskā;
10 - saistvielas marka, ko nosaka izgatavotājs.

Marķēšana atbilstoši Čehijas standartam ČSN:

T4 - 150 × 30 × 20 A99B 60K 9 V 00 / 30,

kur: T4 - slīpripas forma - plakana ar taisnstūra profilu;
A99B - abrazīvais materiāls - mākslīgais baltais korunds;
Pārējie apzīmējumi analogi ISO standartam.

10.2. ABRAZĪVO INSTRUMENTU IZMANTOŠANA

10.2.1. Slīpripu izvēles pamatprincipi.

Slīpripas izvēli nosaka apstrādājamā materiāla īpašības un apstrādes mērķis. Sīkstu stīgru materiālu (visa veida tēraudu, sīkstu bronzu, misiņu u.c.) apstrādei lieto mākslīgā korunda slīpripas. Mazāk nozīmīgām operācijām izmanto brūnā korunda, bet atbildīgām - baltā, sarkanā vai rozā korunda slīpripas. Trauslu materiālu (čugunu un nemetālisko materiālu - stikla un plastmasu) apstrādei lieto silīcija karbīda slīpripas - mazāk nozīmīgiem darbiem melnā, bet atbildīgiem darbiem zaļā silīcija karbīda slīpripas. Cietsakausējuma griezējinstrumentu asināšanai piemērotas tikai zaļā silīcija karbīda un sintētiskā dimanta slīpripas.

Graudainību izvēlas - pirmkārt, pēc apstrādes uzlaides, otrkārt, pēc nepieciešamās virsmas kvalitātes (raupjuma), un treškārt, pēc apstrādājamā materiāla īpašībām. Sagatavēm ar lielākām uzlaidēm izvēlas rupjgraudainākas slīpripas. Ja nepieciešama augstāka apstrādes precizitāte un virsmas kvalitāte, tad apstrādi sadala rupjā un gludā apstrādē. Rupjapstrādi veic ar rupjākām slīpripām, gludai apstrādei izvēloties smalkākas. Lielas uzlaides slīpējot ar smalkgraudainām slīpripām, pazeminās produktivitāte un apstrāde ir ekonomiski nelietderīga.

Slīpējot sagataves no mīkstiemi materiāliem (krāsainos metālus un to sakausējumus), lieto rupjgraudainas, bet cietu metālu apstrādē un

profilvirsmu slīpēšanā - smalkgraudainas slīpripas. Tās labāk saglabā slīpripu profilu un izmērus.

Slīpēšanas procesā abrazīvie graudi notrulinās un pieaug griešanas pretestība. Slīpripu cietību izvēlas pēc apsvērumiem, lai apstrādes procesā notiktu tās pašuzasināšanās - process, kurā neasie graudi griešanas pretestības ietekmē atdalās no slīpripas virsmas un atsedz jaunus asus graudus. Apstrādājot cietus materiālus ar neasām slīpripām, palielinās berze, izdalās lielāks siltuma daudzums un samazinās apstrādes precizitāte. Cietu materiālu apstrādē lieto mīkstākas slīpripas, lai neasie graudi no slīpripas virsmas atdalītos pie mazākas slodzes un dotu vietu asiem graudiem. Mīkstu materiālu apstrādē, lai samazinātu abrazīvo instrumentu patēriņu, lieto cietākas slīpripas. Cietas slīpripas nav piemērotas ļoti mīkstu materiālu (alumīnija un vara sakausējumu) apstrādē, kas veicina slīpripu pieķepēšanu. To apstrādi veic ar mīkstām slīpripām.

Rupjapstrādei ir piemērotas cietākas, bet gludai apstrādei - mīkstākas slīpripas. Pieaugot slīpripas un sagataves saskares virsmas laukumam, lieto slīpripas ar zemāku cietību. Piemēram, urbumu izslīpēšanā saskarēs virsmas laukums ir lielāks nekā ārējo virsmu slīpēšanā.

Slīpripas ar īpaši augstu cietību (ļoti cietas un sevišķi cietas) lieto tikai slīpripu labošanai. Cietas un vidēji cietas slīpripas izmanto apaļslīpēšanā, vidējas un vidēji cietas - rupjslīpēšanā un bezcentra slīpēšanā, mīkstas un vidēji mīkstas - rūdītu tēraudu slīpēšanā. Ātrgriezēj�ērauda un cietsakausējuma griezējinstrumentus asina tikai ar mīkstām slīpripām.

Mīkstu materiālu apstrāde veicina slīpripu pieķepēšanu un to apstrādei piemērotas porainas slīpripas. Blīvās slīpripas labāk saglabā profilu un izmērus. Tās lieto gludapstrādē un profilslīpēšanā. Palielinoties slīpripas un sagataves saskares virsmas laukumam, pieaug skaidas daudzums, ko nogriež katrs atsevišķs grauds, tādēļ izslīpēšanā, salīdzinot ar ārējo virsmu apaļslīpēšanu, lieto porainākas slīpripas.

Slodze uz graudu ir lielāka maza izmēra slīpripām. Ja slīpmašīnas parametri atļauj, tad apstrādē lietderīgāk lietot lielāka izmēra slīpripas.

10.2.2. Slīpripu pārbaude, stiprināšana un līdzsvarošana.

Slīpripas ir paaugstinātas bīstamības griezējinstrumenti. To plīšana apstrādes procesā var radīt smagas sekas, ieskaitot traumas. Pirms nostiprināšanas uz darbmašīnas veic slīpripu pārbaudi. Poras un plaisas nosaka, slīpripas uzmaucot uz tapņa un izklaudzinot ar koka veseri.

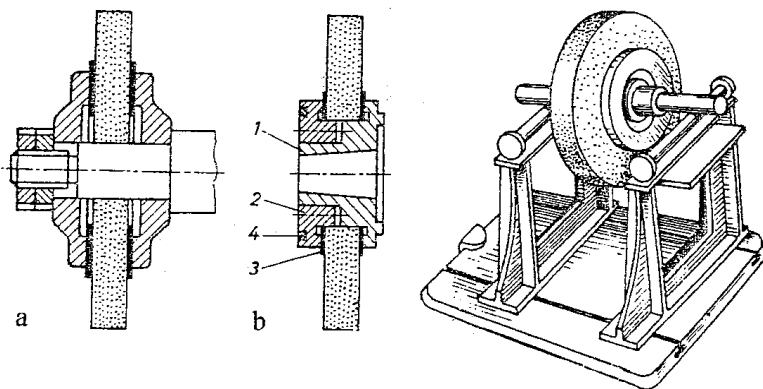
Skaņai ir jābūt tīrai un dzidrai. Ja skaņa nav tīra, slīpriņā var būt plaisas. Tādas slīpriņas nav derīgas izmantošanai.

Slīpriņu stīprināšanas veidi un noteikumi ir standartizēti. Uz vienkāršajām slīpmašīnām un asināšanas mašīnām slīpriņas stīprina starp piespiedējdiskiem (10.2.att.a). Starp slīpriņu un disku ievieto 0,5...1,5 mm biezas kartona vai gumijas starplikas. To diametriem ir jābūt par 8...12 mm lielākiem nekā piespiedējdisku diametrs. Piespiedējdisku centrālo daļu izvirpo, lai slīpriņas piespiestu gredzenveidīgi. Gredzena platumam ir jābūt 1/16 daļai no slīpriņas diametra. Vārpstas vītnei virzienam ir jānodrošina uzgriežņu pievilkšanās.

Precīzās apstrādes darbmašīnu (apaļslīpmašīnas, plakanslīpmašīnas) slīpriņas stīprina uz pārejas čaulām (10.2.att.b). Tās saglabā balansējumu un pieļauj biežu slīpriņu nomaiņu atbilstoši apstrādes apstākļiem.

Slīpriņas balansē ar īpašām iekārtām, bet metālapstrādes uzņēmumos bieži to veic ar vienkāršām ierīcēm (10.3.att.) Slīpriņu nostiprina uz tapņa un novieto uz horizontālām prizmām. Nelīdzsvarotas slīpriņas veļas un nostājas ar lielāko masu apakšpusē. Pārvietojot piespiedēja diska rievā atsvariņus, slīpriņu nolīdzsvaro.

Pēc slīpriņu nostiprināšanas uz pārejas čaulām, tās pārbauda ar palielinātu rotācijas ātrumu, kas pārsniedz pieļaujamo par 50 %.

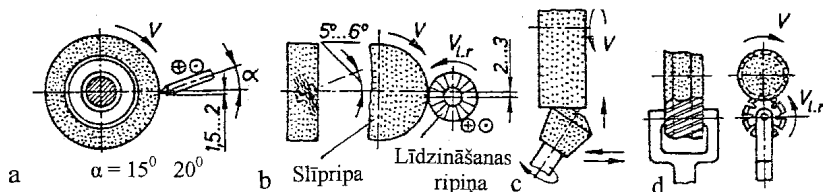


10.2.att. Slīpriņu nostiprināšanas veidi:
a - ar piespiedējdiskiem; b - uz pārejas čaulas; 1 - pārejas čaula ar atloku; 2 - piespiedējdisks; 3 - starplikas; 4 - rievā līdzsvarošanas atsvariņu nostiprināšanai.

10.3. att. Vienkārša slīpriņu balansēšanas ierīce.

10.2.3. Slīpripu pieķepēšana, dilšana, asināšana un līdzināšana.

Lietojot metālapstrādē atbilstošas cietības un struktūras slīpripas un nodrošinot optimālu slīpēšanas režīmu, norit to pašuzasināšanās. Ja izvēle bijusi kļūdaina, iespējami gadījumi, ka slīpripas dilst nesamērīgi strauji un nevienmērīgi, vai arī pieķep ar apstrādājamā materiāla mikro daļiņām. Slīpripas dilst nevienmērīgi un zaudē profilu gadījumos, kad tās ir par mīkstām. Pieķepēšana novērojama, lietojot pārāk blīvas slīpripas mīkstu materiālu rupjapstrādē. Ja slīpripas par cietām, nodilušie graudi netiek savlaicīgi atrauti, slīpripas virsma kļūst spīdīga ar aprūtinātām griešanas spējām. Slīpripas materiālu negriež, bet tikai karsē sagatavi.



10.4. att. Slīpripu asināšanas un līdzināšanas paņēmieni:

- a - ar dimanta zīmuli; b - ar līdzināšanas ripiņu; c - ar slīpripu;
d - ar asināšanas - līdzināšanas disku.

Slīpripu darbības atjauno līdzinot un asinot. To veic ar cietām silīcija karbīda slīppīpām, īpašām līdzināšanas ripiņām, cietsakausējuma diskiem (10.4.att.) vai ar dimanta zīmuliem. Asināšanas slīppīpām ir jābūt par divām pakāpēm cietākām nekā labojamā slīppīpa. Kvalitatīvāko asinājumu nodrošina dimanta zīmuli.

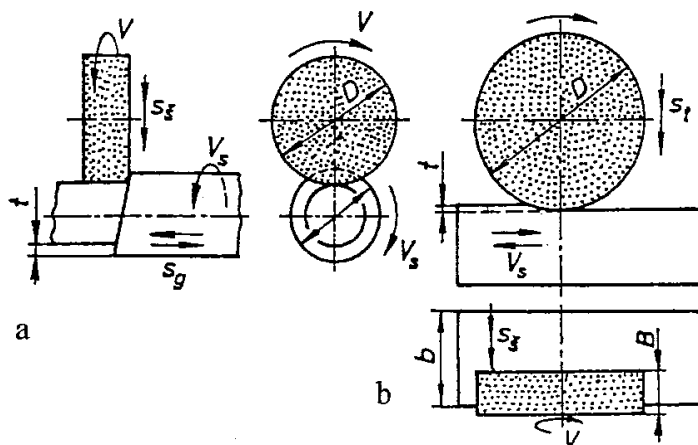
10.3. SLĪPĒŠANAS PROCESS UN TĀ PARAMETRI

10.3.1. Griešanas shēmas un procesa parametri slīpēšanā.

Izšķir ārēju un iekšēju, cilindrisku un konisku, plakānu un profila virsmu (vītņu, rievvārpstu, zobratu zobu u.c.) slīpēšanu. Plašāk izplatīta ir apaļslīpēšana, izslīpēšana un plakanslīpēšana.

Apaļslīpēšanas griešanas procesu raksturo parametri: griešanas dziļums t , garenpadeve s_g , sagataves rotācija V_s un slīppīpas rotācija V (10.5.att.). Griešanas dziļums t ir vienā pārgājienā noņemtā materiāla slāņa biezums, mm. Apaļslīpēšanā tas ir vienāds ar šķērspadevi s_{ϕ} . Rupjslīpēšanu veic ar lielākiem griešanas dziļumiem, bet gludslīpēšanu - ar mazākiem. Garenpadeve s_g ir sagataves pārvietojums aksiālā virzienā tās viena apgrieziena laikā. To izvēlas atbilstoši slīppīpas platumam B ,

vidēji 0,2...0,7 no **B**. Sagataves rotācija V_s ir padeves kustība (rotācijas padeve). To aprēķina atbilstoši apstrādes apstākļiem vai izvēlas pēc normatīviem: rupjslīpēšanā vidēji - 20...60 m/min, gludslīpēšanā - 2...4 m/min. Slīpripas rotācijas ātrums ir galvenā kustība, kas nosaka griešanas ātrumu V . To uzdod metros sekundē (m/s) un izvēlas pēc slīpripas. Keramiskās saistvielas slīpripas pieļauj griešanas ātrumus līdz 30...40 m/s.



10.5 att. Apaļslīpēšanas un plakanslīpēšanas griešanas shēmas.
a - apaļslīpēšana; b - plakanslīpēšana.

Plakanslīpēšanā griešanas dziļums t ir vienāds ar slīpripas vertikālo padevi s_t , sagataves pārvietošanās garenvirzienā ir garanpadeve V_s , bet slīpripas pārvietošanās šķērsvirzienā - šķērspadeve s_s . Slīpripas rotācija V ir galvenā kustība. Parametru vērtības plakanslīpēšanā ir tuvas vērtībām apaļslīpēšanā.

10.3.2. Griešanas režīma izvēle slīpēšanā.

Slīpēšanas režīmu nosaka slīpripas marka. Slīpripas izvēlas atbilstoši apstrādes apstākļiem. Izvēlē ietilpst abrazīvā materiāla, graudainības, cietības, struktūras formas un izmēru izvēle. Apaļslīpēšanā un plakanslīpēšanā parasti lieto slīpripas, kuru platumus $B = 30...40$ mm. Uzlaides slīpēšanai nosaka sagataves izmēri un iespējamais termiskās apstrādes deformāciju lielums. Vidēja izmēra sagatavēm uzlaides paredz 0,2...0,4 mm. Individuālās ražošanas apstākļos rupjslīpēšanu un gludslīpēšanu veic ar vienu un to pašu slīpripu, izmainot tikai apstrādes

režīmu. Rupjās apstrādes režīmā noslīpē aptuveni 70 % no uzlaides, bet gludapstrādes režīmā - atlikušos 30 %.

Slīpēšanā kā pirmo izvēlas griešanas dziļumu t , rupjslīpēšanā - vidēji 0,01...0,08 mm, gludslīpēšanā - 0,005...0,015 mm uz katru gājienu. Pēc uzlaides lieluma un pieņemtā griešanas dziļuma aprēķina aptuveno pārgājienu skaitu. Kā otro izvēlas garenpadevi s_g . Rupjslīpēšanā to izvēlas 0,3...0,7 no slīpripas platuma B , gludslīpēšanā - 0,2...0,4 no B . Kā pēdējo izvēlas sagataves rotācijas ātrumu V_s , rupjslīpēšanā - 20...60 m/min, gludslīpēšanā - 2...4 m/min. Pēc tā aprēķina sagataves rotācijas ātrumu n_s .

Apalslīpēšanā ar garenpadeves paņēmieni mašīnlaiku t_m , min, aprēķina:

$$t_m = \frac{2 \cdot L \cdot h}{n_s \cdot s_g \cdot t} K,$$

kur L - galda gājiena garums, mm;

h - apstrādes uzlaide, mm;

n_s - sagataves rotācijas ātrums, min^{-1} ;

s_g - garenpadeve, mm/apgr.;

t - griešanas dziļums, mm, (šķērspadeve s_k uz galda dubultgājienu, mm);

K - korekcijas koeficients, kas ievērtē papildpārgājienu bez šķērspadeves; rupjslīpēšanā $K = 1,2...1,4$, gludslīpēšanā $K = 1,25...1,7$.

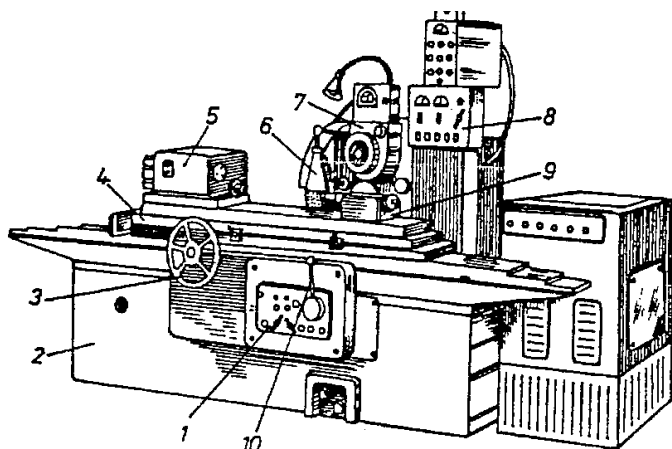
10.3.3. Slīpmašīnu tipi.

Izšķir apaļslīpmašīnas, izslīpēšanas mašīnas, bezcentru slīpmašīnas, plakanslīpmašīnas un specializētās slīpmašīnas. Slīpmašīnu grupā ietilpst arī asināšanas mašīnas. Tās lieto griezējinstrumentu asināšanai.

Apalslīpmašīnas lieto ārēju rotācijas virsmu apstrādei (10.6.att.). Tās iedala vienkāršajās, universālajās un speciālajās. Vienkāršo apaļslīpmašīnu galdu var pagriezt $\pm 6^0$ robežās, kas dod iespējas slīpēt virsmas ar nelielu koniskumu. Universālajām slīpmašīnām var sagriezt leņķi gan galveno balstu un gan arī slīpripas balstu. Ar tām iespējama virsmu slīpēšana ar lielu koniskumu, kā arī sagatavju gala virsmu apstrāde.

Izslīpēšanas mašīnas paredzētas iekšējo rotācijas virsmu apstrādei. Izšķir garenpadeves un planetārās slīpēšanas mašīnās. Bezcentru slīpmašīnas izmanto vienveidīgu sagatavju ārēju un iekšēju rotācijas virsmu apstrādei bez sagatavju nostiprināšanas. Tās piemērotas galvenokārt masu un sēriju ražošanas apstākļiem.

Plakanslīpmašīnas lieto plakanu virsmu apstrādei. Izšķir četru tipu plakanslīpmašīnas: slīpēšanai ar slīpripas cilindrisko vai galavirsmu; ar galda lineāru turp atpakaļ kustību vai galda rotāciju.



10.6. att. Apaļslīpmašīna:

- 1 - vadības pults; 2 - statne; 3 - garenpadeves rokrats; 4 - galds; 5 - galvenais balsts; 6 - slīpripas balsts; 7 - šķērspadeves piedziņa; 8 - elektropiedziņas panelis; 9 - pārvietojamais balsts; 10 - slīpripas ātrās padeves svira.

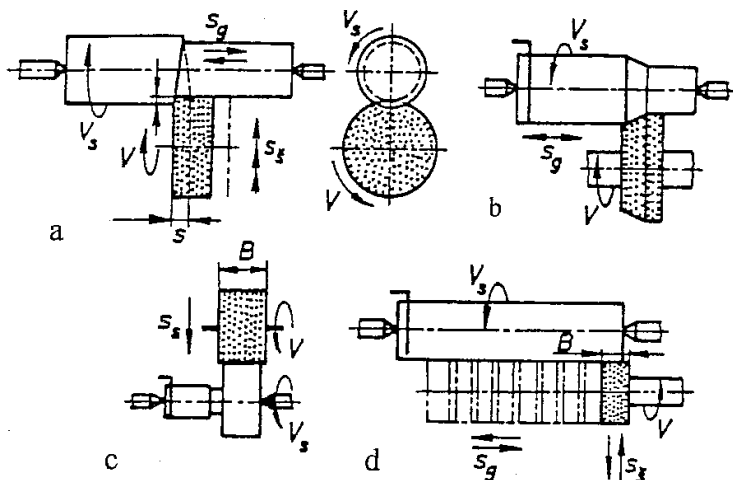
Speciālizētās slīpmašīnas lieto vītņu, zobratu zobu, rienvārpstu un citu detaļu slīpēšanai. Speciālās apaļslīpmašīnas paredzētas noteikta tipa detaļu vai detaļu grupu apstrādei, piemēram, kloķvārpstu kakliņu, sadales vārpstu u.c. apstrādei.

Asināšanas mašīnas var būt vienkāršas, universālas un specializētas.

10.4. DARBS AR SLĪPMAŠĪNĀM

10.4.1. Apaļslīpēšanas paņēmieni.

Izšķir četrus apaļslīpēšanas paņēmienus: garenpadeves, iegriezes, dziļslīpēšanas un pakāpjveida (10.7.att.). Slīpējot pēc garenpadeves paņēmiena, sagatave piešķir rotāciju, un tā pārvietojas garenvirzienā turp atpakaļ kustībā. Katra pārgājiena vai dubultgājiena beigās slīpripa pārvietojas šķērsvirzienā par lielumu, kas vienāds ar griešanas dziļumu. Slīpēšana ar garenpadeves paņēmieni ir piemērota garu vārpstas tipa detaļu apstrādē. Tā nodrošina augstu izmēru precizitāti un virsmu gludumu.



10.7. att. Apaļslīpēšanas paņēmieni:

a - ar garenpadevi; b - dziļslīpēšanas; c - iegriezes; d - pakāpjveida.

Pēc iegriezes paņēmiena slīpē īsas virsmas, kuru garums ir mazāks par slīpripas platumu. Sagatavei piešķir tikai rotācijas kustību, bet slīpripai - rotāciju un nepārtrauktu šķērspadevi ($0,02...0,07$ mm/apgr.). Iegriezes paņēmiens ir produktīvāks par garenpadeves paņēmienu. Tas piemērots arī profilvirsmu slīpēšanā.

Ar dziļslīpēšanas paņēmieni apstrādes uzlaidi noslīpē vienā pārgājienā. To veic, slīpripai izveidojot $8...12$ mm platu konisku virsmu. Galveno griešanu veic slīpripas koniskā daļa, bet virsmu nogludina ar cilindrisko daļu. Paņēmiens ir produktīvs, bet nenodrošina augstu virsmu gludumu un precizitāti.

Pakāpjveida slīpēšanā slīpripas šķērspadevi un sagataves garenpadevi lieto pārmaiņus. Vispirms, lietojot šķērspadevi, ar iegriezes paņēmienu noslīpē pirmo pakāpi. Slīpripu atvirza un sagatavi pārvieto garenvirzienā par $0,8...0,9$ no slīpripas platumā. Tad noslīpē nākamo pakāpi. Slīpēšanu turpina, apstrādājot sagatavi visā garumā. Pakāpjveida slīpēšana nenodrošina precizitāti un virsmu kvalitāti. Tā piemērota tikai rupjslīpēšanai. Ar to noslīpē $90...95$ % no uzlaidis. Izmēru precizitāti un virsmas gludumu panāk, apstrādes beigās veicot $2...3$ pārgājienu ar garenpadeves paņēmienu. Pakāpjveida slīpēšanas process apvieno iegriezes paņēmiena produktivitāti ar garenpadeves paņēmiena precizitāti un virsmas kvalitāti.

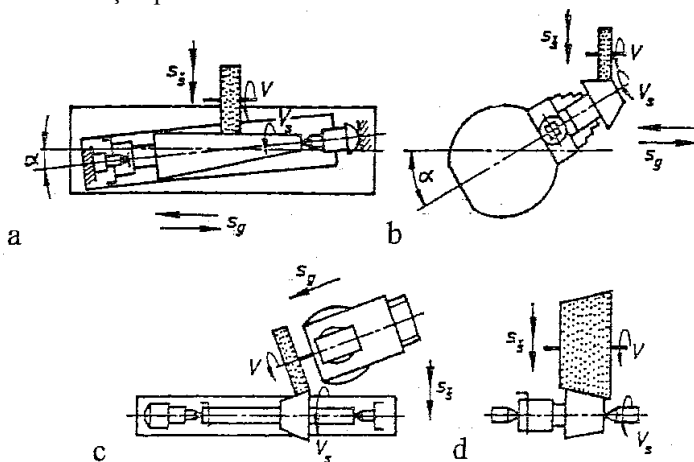
10.4.2. Konisku virsmu slīpēšanas paņēmieni.

Konisku virsmu apstrādē ir nepieciešams sagatavi vai slīpriņu nostatīt tā, lai slīpripas darbvirsmas sakristu ar slīpējamās virsmas konusa veiduli (10.8.att.). Atbilstoši, kas to nodrošina, izšķir četrus ārēju konisku virsmu apaļslīpēšanas paņēmienus:

- pagriežot slīpmašīnas galdu par koniskuma leņķi;
- pagriežot slīpmašīnas galveno balstu ar sagatavi par koniskuma leņķi;
- pagriežot slīpripas balstu par koniskuma leņķi;
- padodot šķērsvirzienā slīpumam atbilstošu konisko slīpriņu.

Paņēmiena izvēli nosaka sagataves garums, koniskās virsmas garums un koniskums, kā arī slīpmašīnas iespējas.

Iekšējas koniskas virsmas slīpē, pagriežot slīpmašīnas galveno balstu. Garenpadevi nodrošina ar slīpripas balstu, bet griešanas dziļumu regulē ar slīpripas balsta šķērspadevi.



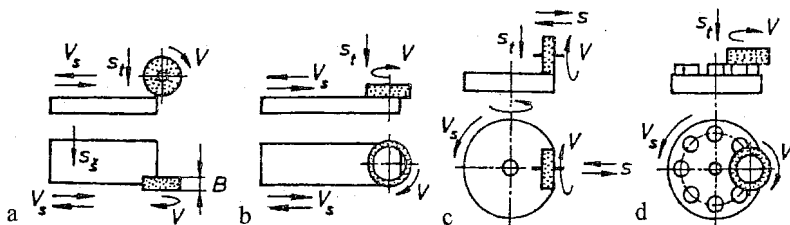
10.8. att. Ārēju konisku virsmu slīpēšanas paņēmieni:

a - pagriežot slīpmašīnas galdu; b - pagriežot slīpmašīnas galveno balstu; c - pagriežot slīpripas balstu; d - lietojot konisku slīpriņu.

10.4.3. Plakanslīpēšanas veidi.

Izšķir četrus plakano virsmu slīpēšanas veidus. Katram no tiem ir nepieciešamas atbilstošas konstrukcijas slīpmašīnas. Biežāk plakano virsmu apstrādi veic ar slīpmašīnām, kas piemērotas darbam ar plakaniem taisnstūra profila slīpripām. Sagatavēm piešķir turp atpakaļ virzies kustību

V_s . Katra gājiena beigās slīpripu padod šķērsvirzienā s_s par 0,3...0,9 no slīpripas platuma. Ar slīpripas vertikālo padevi s_t nodrošina griešanas dziļumu. Slīpmašīnas lieto dažāda tipa detaļu horizontālo virsmu apstrādei (10.9.att.)



10.9. att. Plakanslīpēšanas shēmas:

- a - ar slīpripas cilindrisko virsmu, kad galdam piešķirta turp
atpakaļ kustība; b - ar slīpripas galavirsmu, kad galdam
piešķirta taisvirziena kustība; c - ar slīpripas cilindrisku virsmu,
kad galdam piešķirta rotācija; d - ar slīpripas galavirsmu, kad
galdam piešķirta rotācija.

Slīpmašīnas, kas piemērotas darbam ar gredzenveida slīpripu gala virsmām, lieto salīdzinoši garu, bet šauru plakanu virsmu apstrādei. To galdam piešķir tikai turp atpakaļ virzes kustību. Sagataves virsmu apstrādā pilnā platumā un galda šķērspadeve nav nepieciešama.

Slīpmašīnas ar rotējošu galdu un plakanām taisnstūra profila slīpripām, lieto galvenokārt diska tipa sagatavu gala virsmu apstrādei. Slīpmašīnas ar rotējošu galdu un gredzenveida slīpripām lieto neliela diametra daudzu sagatavu vienlaicīgai apstrādei.

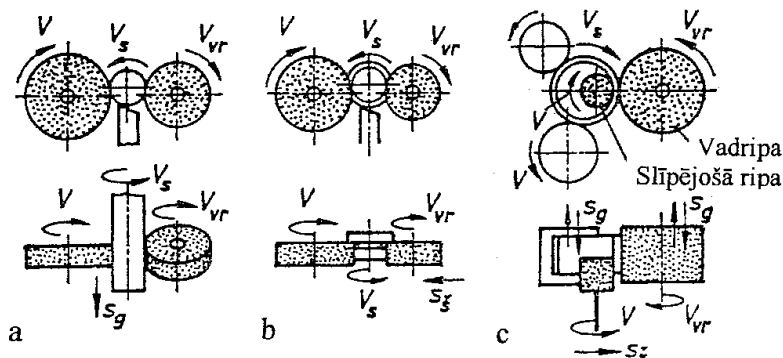
Metālapstrādē plašāk lietu pirmā veida plakanslīpmašīnas. Apstrādē tērauda sagataves stiprina uz elektromagnētiskā galda. Apstrādājot citu materiālu sagataves, tās stiprina ierīcēs.

10.4.4. Bezcentru slīpēšanas process un veidi.

Bezcentru slīpēšana ļauj apstrādāt rotācijas tipa detaļas bez to nostiprināšanas. Slīpējot ārējas cilindriskas virsmas, sagataves novieto uz atbalsta naža starp divām vienā virzienā rotējošām slīpripām. Viena no tām ir slīpējošā, bet otra – vadošā ripa jeb vadriņa (10.10.att.). Garu cilindrisku virsmu bezcentra slīpēšanu veic ar garenpadeves (caurgājiena) paņēmienu, bet īsām pakāpjveida virsmām ir piemērots iegriezes (šķērspadeves) paņēmiens.

Slīpējot pēc garenpadeves paņēmiena, attastumu starp slīpripām iestata uz vajadzīgo detaļas izmēru un periodiski koriģē atbilstoši slīpripu

nodilumam. Garenpadevi sagatavēm nodrošina, vadripas rotācijas asi sagriežot leņķī pret slīpripas asi par $1^0...6^0$. Rezultātā rodas relatīva aksiālā kustība, kas sagatavi pārvieto garenvirzienā. Slīpējot pēc iegriezes paņēmiena, vadripu padod šķērsvirzienā līdz atdurai. To iestata atbilstoši nepieciešamajam izmēram. Slīpēšanā pēc iegriezes paņēmiena, slīpripas platumam ir jābūt lielākam par slīpējamās virsmas garumu.



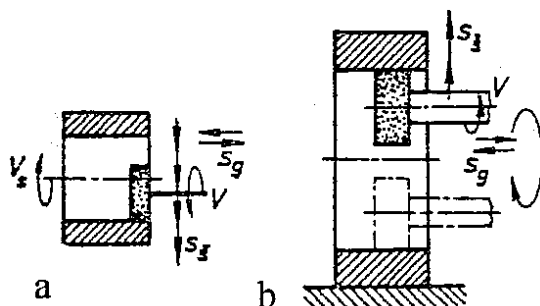
10.10.att. Bezcentru slīpēšanas paņēmieni:

- a - cilindrisku virsmu slīpēšana pēc garenpadeves paņēmiena; b
- pakāpjveida virsmu slīpēšana pēc iegriezes paņēmiena; c -
- iekšēju cilindrisku virsmu slīpēšana.

10.4.5. Urbumu izslīpēšanas paņēmieni.

Iekšējas rotācijas virsmas slīpē ar izslīpēšanas mašīnām. Sagataves stiprina patronā, kas nostiprināta slīpmašīnas galvenā balsta darbvirsmā. Slīpripas rotācija ir galvenā kustība V , kas nosaka griešanas ātrumu (vidēji 10...20 m/s). Sagataves rotācija V_s ir rotācijas padeve. Izslīpēšanā tās vērtības 2..20 m/min. Slīpripai piešķirta turp atpakaļ virzes kustība s_g , kas nodrošina virsmas apstrādi visā garumā. Griešanas dziļumu nodrošina šķērspadeve s_s (10.11.att.). Tās vērtības 0,005...0,05 mm un katru dubultgājienu.

Bezcentru slīpēšanā slīpripu rotāciju nodrošina piedziņas mehānisms. Rotācijas ātrumi slīpējošai un vadripai nav vienādi. Slīpējošā ripa rotē ar ātrumu 30...50 m/s. Tās ātrums ir 75...80 reizi lielāks nekā vadripai. Par vadripām lieto smalkgraudainas, cietas slīpripas ar gumijas (vulkanīta) saistvielu. Berzes starp sagatavi un vadripu ir lielākas nekā starp sagatavi un slīpripu, tādēļ sagataves rotācijas ātrumu nosaka vadripa.



10.11. att. Urbumu izslīpēšanas paņēmieni:
a - garenpadeves; b - planetārais.

Slīpējot iekšējas cilindriskas virsmas, sagatavi novieto starp vadriņu un diviem atbalsta veltnīšiem, bet slīpripu ievada izslīpējamā urbumā.

Izslīpējot urbumus lielās nesimetriskās sagatavēs, izmanto planetārās izslīpēšanas paņēmieni. Šajā gadījumā sagatavi nostiprina nekustīgi, bet rotācijas padēvi piešķir slīpripas vārpstai (planetāro kustību).

10.5. GRIEZĒJINSTRUMENTU ASINĀŠANA

10.5.1. Griezējinstrumentu asināšanas mašīnas.

Metālapstrādē ieviešas griezējinstrumenti ar nepārasināmiem griezējasmehānismiem. Neskatoties uz to saglabājas liels daudzums instrumentu, kuru asināšana ir aktuāla.

Izšķir vienkāršās, universālās un speciālās asināšanas mašīnas. Metālapstrādes uzņēmumos, kuros griezējinstrumentus asina centralizēti īpašos asināšanas iecirkņos, izmanto universālās asināšanas mašīnas. Ar tām var asināt visu veidu un tipu griezējinstrumentus. Sastopamas dažāda konstruktīva izpildījuma mašīnas. Tās apgādātas ar ierīcēm, kas atvieglo asināmo griezējinstrumentu: diska, kāta, cilindrisko un gala frēžu, paplašinātājurbju, spirālurbju, vīturbju, caurvelču un citu griezējinstrumentu kvalitatīvu uzasināšanu.

Speciālās asināšanas mašīnas lieto griezējinstrumentu ražošanā. Tām raksturīga augsta produktivitāte.

Vienkāršās asināšanas mašīnas (vienkāršās slīpmašīnas) izmanto nelielos metālapstrādes uzņēmumos un tehnikas remonta darbnīcās, kur griezējinstrumentu asināšanai ir izteikti individuāls raksturs.

Asināšanas mašīnas ir paaugstinātas bīstamības iekārtas. Darbā ar tām ir jābūt piesardzīgiem, maksimāli ievērojot aizsardzības prasības.

10.5.2. Griezējinstrumentu asināšanas pamati

Izšķir gludo un pusgludo griezējinstrumentu asināšanu. Pusgludajā asināšanā lieto vidējas graudainības slīpriņas. Tās uzdevums ir nodrošināt griezējinstrumentam pareizu ģeometriju. Gludo asināšanu veic ar smalkgraudainām slīpriņām. Tā novērš virsmu defektus, kas radušies pusgludajā asināšanā temperatūras ietekmē, un paaugstina instrumentu darbvirsmu gludumu.

Leģētā un ātrgriezējtērauda griezējinstrumentus asina ar baltā vai leģētā mākslīgā korunda slīpriņām. Pusgludai asināšanai piemērotas vidēji mīkstas vai mīkstas, vidēji blīvas slīpriņas ar graudainību 20...40, bet gludai asināšanai lieto mīkstas, blīvas slīpriņas ar graudainību 40...60. Ātrgriezējtērauda griezējinstrumentu gludai asināšanai piemērotas arī kubiskā bora nitrīta slīpriņas.

Cietsakausējuma griezējinstrumentus asina ar zaļā silīcija karbīda un sintētiskā dimanta slīpriņām. Pusgludai asināšanai izmanto mīkstas, blīvas zaļā silīcija karbīda slīpriņas ar graudainību 40..60. Gludo asināšanu lietderīgāk ir veikt ar sintētiskā dimanta slīpriņām, kuru graudainība 80...100, metāliskā saistviela ar 100 % koncentrāciju. Uzlaides gludai asināšanai pēc pusgludās paredz 0,5...1,0 mm.

Dimanta slīpgraudi, salīdzinot ar zaļā silīcija karbīda graudiem, ir ar asākām šķautnēm, tiem mazāka radniecība ar metāliem, tādēļ nav adhēzijas. Slīpēšanas procesā samazinās berze un siltuma daudzums. Griezējinstrumentus sakarst mazāk, griezējasmaņos nerodas termiskie spriegumi un mikroplaisas. Ar dimanta slīpriņām asināto griezējinstrumentu asumnoturība, salīdzinot ar silīcija karbīda slīpriņām, palielinās 2...3 reizes.

Cietsakausējuma griezējinstrumentu asināšanā nozīmīgs ir slīpriņas griešanās ātrums. Palielinot ātrumu, produktivitāte pieaug un uzlabojas virsmas gludums, bet palielinās siltuma daudzums un griezējasmaņu temperatūra. Cietsakausējumu siltuma vadītspēja ir vāja, bet siltuma ietilpība zema, salīdzinot ar ātrgriezējtērauda instrumentiem. To asināšanā rodas vietējas siltuma koncentrācijas un pieaug temperatūru difference atsevišķos instrumenta šķēļumos. Radušies iekšējie spriegumi veicina cietsakausējuma plāksnīšu plaisāšanu. Lai to novērstu, asinot cietsakausējuma griezējinstrumentus, samazina slīpriņas griešanās ātrumus. Ja ātrgriezējtērauda griezējinstrumentus asina ar slīpriņas griešanās ātrumu līdz 25 m/s, tad volframa grupas cietsakausējuma instrumentu asināšanā griešanas ātrumu samazina līdz 18 m/s, bet volframa - titāna grupas instrumentu asināšanā - līdz 12 m/s.

Asināšanā nav vēlama griezējinstrumentu piespiešana slīpripai ar spēku. Tā nepaātrina asināšanas procesu, bet veicina griezējinstrumenta pārkarsēšanu un griezējasmaņu plaisāšanu.

Griezējinstrumentu asināšanā, lietojot dzesēšanas šķidrumus, strūklai ir jābūt bagātīgai un nepārtrauktai (6...8 l/min.). Griezējinstrumentus asinot bez dzesēšanas, nav pieļaujama pārkarsēta griezējinstrumenta periodiska iegremdēšana dzesējošajā šķidrumā. Tā ir kaitīga un rada mikroplaisas griezējasmaņos.

Metālapstrādē pastāv sakarības starp griezējinstrumenta virsmu raupjumu un apstrādāto sagatavju virsmu kvalitāti. Uzskata, ka instrumentu darba virsmu raupjumam ir jābūt par divām klasēm augstākam par uzdoto apstrādāto virsmu raupjumu. Lai nodrošinātu prasības, griezējinstrumentu darba virsmas pēc gludās asināšanas papildus lepē ar slīppulveriem vai pastām. Tas ne tikai uzlabo virsmu gludumu, bet palielina arī griezējinstrumentu asumnoturību.

Cietsakausējuma griezējinstrumentu gludā asināšana ar smalkgraudainām organiskās saistvielas sintētiskā dimanta slīpripām (graudainība 6...12) nodrošina virsmu kvalitāti, kas līdzvērtīga ar pastām lepētām virsmām. Tā pilnībā aizstāj lepēšanu un to nosacīti uzskata par lepēšanu. Uzlaides lepēšanai pēc gludās asināšanas paredz 0,05 ... 0,1 mm.

10.5.3. Griežņu un spirālurbju asināšana

Griežņu un spirālurbju asināšanu biežāk veic ar vienkāršajām asināšanas mašīnām. Griezējinstrumentus nenostiprina ierīcēs, bet tur rokās, piespiežot mašīnas atbalsta pēdai. Pēdu noregulē, lai griezējasmens atrastos nedaudz virs slīpripas centra līnijas. Asināšanas gaitā instrumentu virza gar slīpripu pa labi un pa kreisi.

Griežņu pamata asināšanu veic pa mugurvirsām. Mugurleņķu α un α_1 vērtības pusgludajā asināšanā palielina par 2° ... 3° , lai gludajā asināšanā slīpripa skārtu tikai griezējasmaņus, veidojot 2...3 mm platas josliņas ar mugurleņķu vērtībām 10° ... 12° . Griežņu papildasināšanu veic pa skaidvirsām, skaidleņķa γ vērtības nosaka griežņa tips un apstrādājamā materiāla īpašības.

Asinot ar vienkāršajām asināšanas mašīnām, griežņa griezējdaļas ģeometrija veidojas atbilstoši asinātāja prasmei un iemaņām. Leņķu lielumu kontrolē ar šabloniem, leņķmēru, bet visbiežāk tās novērtē pēc pieredzes.

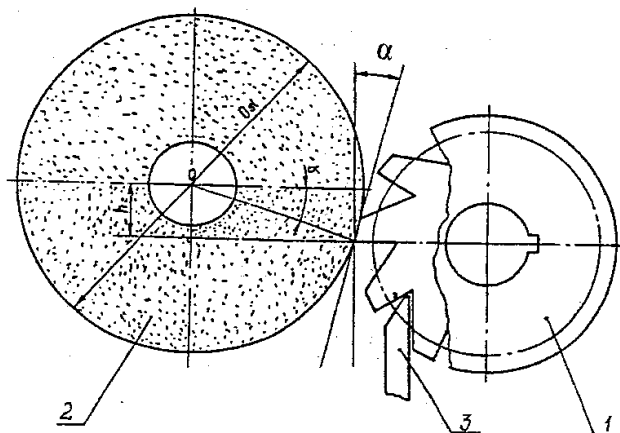
Griežņu gludo asināšanu un lepēšanu lietderīgi veikt ar dimanta slīpripām, izmantojot īpašas asināšanas mašīnas. Asināmo instrumentu nostiprina vajadzīgā stāvoklī uz mašīnas svārstošā galda. Griežņu asināšanas mašīnas parasti ir apgādātas ar divām mākslīgā dimanta

slīpīpām, no kurām vienai ir metāliskā saistviela un tā paredzēta griežņu gludai asināšanai, bet otrā ar organisko saistvielu - griežņu lepēšanai.

Spirālurbjus asina tikai pa mugurvirsām un iedalījums pusgludā un gludā asināšanai ir nosacīts. Asināšanu parasti veic ar vienu slīpripu. Gludā asināšana no pusgludās atšķiras vienīgi ar mazāku urbja piespiešanas spēku slīpīpai un lēnāku virzīšanu gar to (mazāku padevi).

10.5.4. Frēžu asināšana

Frēžu asināšana ar vienkāršajām slīmašīnām nenodrošina vienādus zobu parametrus - augstumu, griezējasmaņu slīpumu un mugurleņķa vērtības. Frēzes kvalitatīvi var uzasināt tikai ar universālajām asināšanas mašīnām.



10.12.att, Frēžu asināšanas ar taisnstūra profila slīpripu shēma:
1 - asināmā frēze, 2 - slīpripa, 3 - atdure.

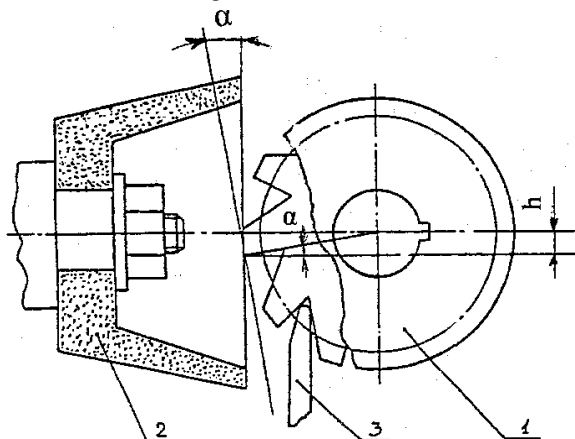
Frēžu mugurvirsma asina ar plakanām taisnstūra profila vai blōdveida slīpīpām. Pirmajā gadījumā slīpīpas darba virsma ir cilindriskā un instrumentu zoba mugurvirsma veidojas ieliekta (10.12.att.). Ieliekums ir lielāks, ja izmanto slīpīpas ar mazākiem diametriem. Asināšanai vēlamas slīpīpas ar lielāku diametru.

Otrajā gadījumā (10.13.att.) blōdveida slīpīpas darba virsma ir galavirsmu un zobu mugurvirsma veidojas plakana. Frēzes asinot ir jāseko, lai pie lielām mugurleņķa α vērtībām slīpīpa neskārtu nākošā zoba asmeni. Mugurleņķa α lielumu ieregulē, iestatot zoba griezējasmaņu zemāk par centra līniju.

Griezējasmens novirzi no centra augstuma līnijas aprēķina:

$$h = \frac{D}{2} \cdot \sin \alpha,$$

kur D - slīpripas diametrs, frēzi asinot ar plakanām taisnstūra profila slīpripām, vai arī frēzes diametrs, asinot ar blōdveida slīpripām,
 α - uzdots mugurleņķis.



10.13.att. Frēžu asināšanas ar blōdveida slīpripu shēma:
 1 - asināmā frēze, 2 - slīpripa, 3 - atdure.

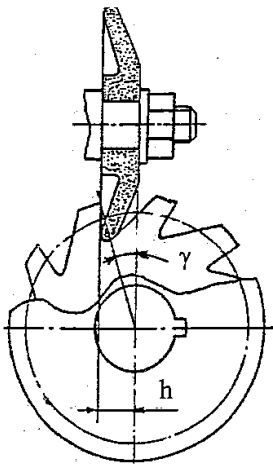
Frēzes zobu ieregulētajā augstumā notur atdure. To ieregulē ar mikrometrisko skrūvi. Griezējasmens novirzi no centra līnijas kontrolē ar bīdmēru vai speciālu ierīci. Atdurei piestiprinātā atsperīga mēlīte ļauj frēzi pagriezt tikai vienā virzienā un nofiksē tās zobu noteiktā augstumā.

Asinot taisnzobu frēzes, atduri, nostiprina uz asināšanas mašīnas galda un tā pārvietojas kopā frēzi garenvirzienā.

Asinot slīpzobu frēzes, saskaņoti ar garenpadevi, frēzei ir nepieciešama pagriešanās. To nodrošina, atduri nostiprinot uz slīpmašīnas statnes.

Pārvietojot galdu, frēzes zobs slīd pa atdures mēlīti un tā pagriež frēzi, saglabājot zobu nemainīgā augstumā pret ass līniju. Lai zobs piespiestos atdurei vienmērīgi un frēzi būtu iespējams pagriezt nākamā zoba asināšanai, uz tapņa parasti uztin trosīti un piekar atsvaru.

Analogi veic aizmugurēto zobu frēžu asināšanu ar šķīvveida slīpripām pa zobu skaidvirsmām. Tās salīdzinot ar blōdveida slīpripām ir ievērojami plānākas (10.14.att.).



10.14.att. Frēžu zobu asināšanas pa skaidvirsām shēma.

Frēžu asināšanā tāpat kā spirālurbju asināšanā pusgludo un gludo asināšanu veic ar vienu slīpripi. Pēdējā asināšanas aplī samazina tikai griešanas dziļumu un garenpadeves lielumu.

11. nodaļa. SPECIFISKIE APSTRĀDES VEIDI

11.1. VIRSMU APDARES METODES

11.1.1. Smalkvirpošana un smalkizvirpošana.

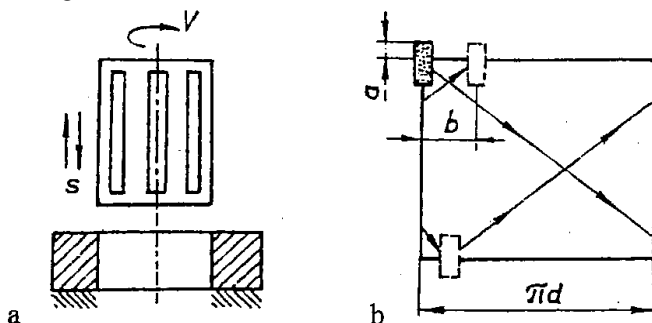
Visus virsmu apdares veidus raksturo kopīgas pazīmes - ļoti mazs nogriežamās sloksnītes šķēsgriezuma laukums. Lai apstrāde ar apdares metodēm būtu racionāla, detaļām pirms apdares ir nepieciešama augsta precizitāte, virsmu gludums un minimāla uzlaide apdarei.

Virsmu smalko virpošanu un izvirpošanu veic ar cietsakausējuma, dimanta un kubiskā bora nitrīda griežņiem. Griešanas dziļumu izvēlas 0,03...0,05 mm robežās, padeves - 0,02...0,2 mm uz apgriezību, bet griešanas ātrumus tērauda detaļu apdarē - 100...300 m/min. Krāsaino metālu detaļu apdarē tie pārsniedz 400 m/min.

Smalkapstrādē griešanas un berzes spēki ir mazi, izdalās mazs siltuma daudzums, kas novērš apstrādātās virsmas deformācijas. Apstrādi veic ar augstas precizitātes darbmašīnām. Tās nodrošina izmēru precizitāti atbilstošu IT 6...7 un virsmas raupjumu Ra 0,63...1,25.

11.1.2. Virsmu honēšana.

Honēšana ir virsmu apdare ar smalkgraudainām abrazīvā materiāla galodiņām (graudainība pēc ISO standarta 400...500). Tai biežāk pakļauj iekšējas cilindriskas virsmas (11.1.att.). Honēšanā darba instruments ir hongalva. Tās korpusā izveidotas spraugas, kurās iemontēti galodiņu turētāji, kam pielīmētas smalkgraudainas galodiņas. Hongalvas var būt ar 6, 9 vai 12 galodiņām.



11.1. att. Honēšanas process:

a - procesa shēma; b - abrazīvo graudu trajektorijas.

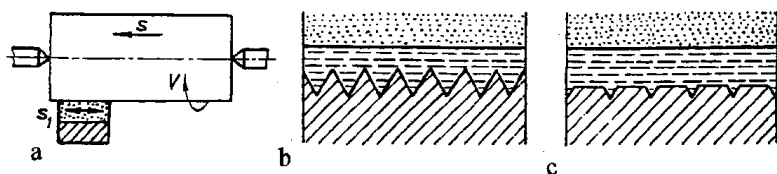
Apstrāde pamatojas uz divām savstarpējām hongalvas kustībām. Tā rotē ar ātrumu **V** un pārvietojas lineāri turp atpakaļ virzienā. Hongalvas rotācija ir griešanas kustība, bet lineārā kustība – padeve. Kustībām summējoties, abrazīvo graudu trajektorija uz apstrādātās virsmas veido vītņu veida līniju tīklu. Lai graudu trajektorijas neatkārtotos pa vienu ceļu, katra dubultgājiena beigās hongalva veic sānisku pārskrējieni rotācijas kustības virzienā par lielumu **b** (11.1.att.b). Lai nodrošinātu apstrādi honējamās virsmas galos, hongalvas gājiena garumu iestata ar pārskrējieni **a**, kas vienāds ar 1/3 no galodiņu garuma.

Honēšana nodrošina virsmas raupjumu Ra 0,02...0,08, izmēru precizitāti IT 5. Tā nedaudz labo urbumu ovālumu un koniskumu, kas pieļauts pirmapstrādē.

*liels abrazīvā instrumenta un apstrādājamās virsmas saskares laukums;

- *vienmērīgs galodiņu spiediens uz apstrādājamajām virsmām;
- *ievērojami mazāks griešanas ātrums, kas novērš sagataves silšānu;
- *intensīva dzesējošo eļļojošo šķidrumu padeve, kas novērš sagataves silšānu un veicina skaidiņu aizskalošanu no apstrādes zonas.

367



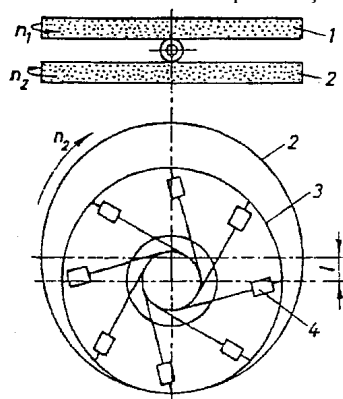
11.2. Superfiniša apstrāde:

a - procesa shēma; b - virsma pirms apstrādes; c - pēc apstrādes.

Superfiniša apstrādes uzdevums nav paaugstināt izmēru precizitāti, bet paaugstināt virsmas gludumu, noņemot virsmas izcilnīšus, kas saglabājušies pēc iepriekšējās apstrādes. Apstrādes ilgums nepārsniedz 0,2...0,5 minūtes. Ilgstošāka apstrāde virsmas raupjumu nesamazina, bet gan palielina. Superfiniša apstrāde nodrošina virsmas raupjumu Ra 0,01...0,08, kas paaugstina korozijas izturību.

11.1.4. Lepšanas process.

Lepšana ir virsmu apdare, ko veic ar lepiekiem, uznesot uz tiem abrazīvu pastu. Lepierus visbiežāk izgatavo no pelēkā čuguna. Abrazīvā pasta sastāv no smalkgraudaina abrazīvā pulvera un saistvielas. Par abrazīvajiem pulveriem lieto silīcija karbīda, bora karbīda, sintētiskā dimanta un hroma oksīdu mikropulverus, bet par saistvielām izmanto industriālās eļļas, konsistentās ziedes vai īpašus šķīdinātājus u.c.



11.3. att. Lepšanas process:

1; 2 - lepieři; 3 - separātors; 4 - sagataves.

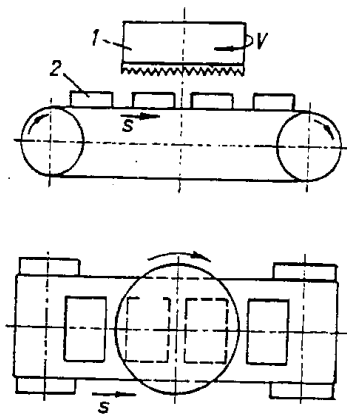
Lepēšanu veic ar rokām vai lepēšanas mašīnām. Lepēšanā ar mašīnām izmanto divus čuguna diskus, kas rotē ar dažādiem ātrumiem pretējos virzienos (11.3.att.). Lepējamās detaļas stiprina separatoros, kas rotē starp diskkiem. Lai nodrošinātu augstākas kvalitātes virsmas, detaļām nodrošina relatīvu slīdi attiecībā pret lepiu virsmām. To panāk, nobīdot attiecībā pret diskkiem separatora rotācijas asi. Kustībā summējoties abrazīvie graudi pārvietojas pa ļoti sarežģītām trajektorijām.

Lepieru darbvirsmu ātrumus pret apstrādājamām virsmām, lepējot ar rokām, izvēlas 1...2 m/min, lepējot ar mašīnām - 100...120 m/min. Uzlaides lepēšanai paredz 8...10 mkm (μm). Lepēšana nodrošina virsmas raupjumu Ra 0,02...0,16, izmēru precizitāti IT 5.

11.1.5. Virsmu pulēšana

Pulēšana ir virsmu apdare, ko veic ar rotējošām ripām vai lentēm, kas pārklātas ar abrazīvām pastām (11.4.att.). Pulēšanas ripas un lentes gatavo no filca, līmēta auduma vai ādas. Abrazīvo pastu tērauda detaļu pulēšanai gatavo no mākslīgā korunda un dzelzs oksīda, bet čuguna pulēšanai - no silīcija karbīda un dzelzs oksīda, par saistvielām lietojot parafīnu u.c.

Abrazīvo pastu uzliek uz ripas vai lentes, kas rotē ar lineāro ātrumu līdz 40 m/min. Sagatavēm piešķir virzes kustību. Pulēšana nodrošina detaļām teicamu spožumu un virsmas kvalitāti. Tās uzdevums nav apstrādes precizitātes paaugstināšana.



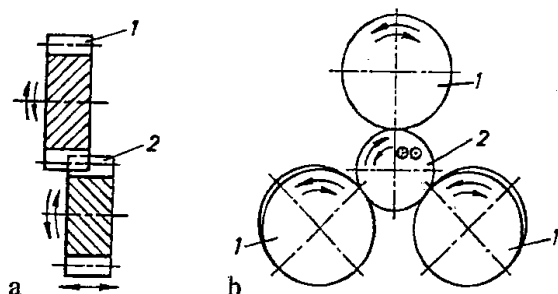
11.4. Pulēšana:

1 - pulēšanas ripa; 2 - sagataves.

11.2. ZOBRATU ZOBU APDARE

11.2.1. Zobratu zobu lepēšana.

Termiski apstrādātas zobratu zobu profilvirsmas lepē ar speciālām lepēšanas mašīnām. Izšķir zobu virsmu lepēšanu ar vienu lepieri un lepēšanu ar trim lepiekiem. Darbā ar vienu lepieri, tā rotācijas ass ir paralēla zobrata asij, apstrādājamais zobrats saņem lēnu rotāciju, bet ātru aksiāli vibrējošu kustību. Savukārt lepiekiem tiek piešķirta neliela radiāli vibrējoša kustība. Lepierim rotāciju nodrošina apstrādājamais zobrats(11.5. att.).



11.5. att. Zobratu zobu lepēšanas shēmas:

a - ar vienu lepieri; b - ar trim lepiekiem; 1 - lepieri; 2 - apstrādājamais zobrats.

Lepējot zobratu zobus virsmas ar trim lepiekiem, apstrādājamais zobrats saņem reversīvu rotācijas kustību. Vienlaikus tas piedzen arī lepierus. Vienam no lepiekiem rotācijas ass ir paralēla apstrādājamā zobrata asij, bet pārējiem diviem ass ir šķērsas $3^0...10^0$ leņķī pret zobrata rotācijas asi. Apstrādājamajam zobratam piešķirta arī aksiāla turp atpakaļ virziena kustība.

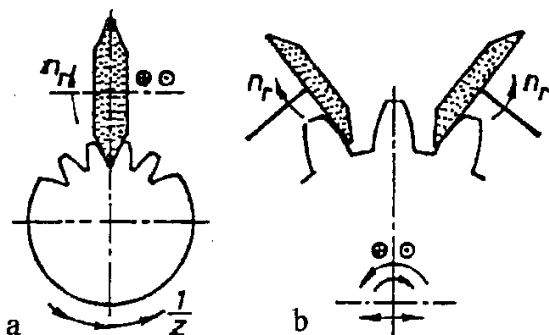
Par lepiekiem izmanto zobratu, kas izgatavoti no pelēkā čuguna. Uz to zobu virsmām uztriež abrazīvo pastu.

11.2.2. Zobratu zobu slīpēšana.

Zobratu zobu slīpēšanai izmanto divas metodes - kopēšanas un novelšanas. Slīpējot zobus pēc kopēšanas metodes, slīpripai izveido zoba starpai atbilstošu profilu (11.6.att.). Apstrāde norit, slīpripai rotējot vienlaikus pārvietojoties turp atpakaļ virzēs kustībā. Pēc katra dubultgājiena zobrats pagriežas par aploces $1/z$ daļu.

Slīpējot zobratu zobus pēc novelšanas metodes, zobu starpas profils veidojas trapecveida zobstienā un zobrata sazobes imitācijā. (apstrādājamais zobrats it kā noveļas pa nekustīgu zobstieni). Slīpēšanā zobstieni atvieto divu slīpripu darbvirsmas (11.6.att.b). Zobratam piešķir reversējošu rotācijas kustību. Ar to saskaņota radiālā turp atpakaļ kustība. Vienlaikus zobrats pārvietojas arī aksiāli turp atpakaļ virzienā, lai izslīpētu zobstarpas visā zoba garumā. Zobrata pagriešana nākamo zobu slīpēšanai noris dubultgājiena beigās.

Zobratu slīpēšana nodrošina augstu zobstarpu profila precizitāti un virsmu gludumu.



11.6. att. Zobratu zobu slīpēšanas shēmas:
a - pēc kopēšanas metodes; b - pēc novelšanas metodes.

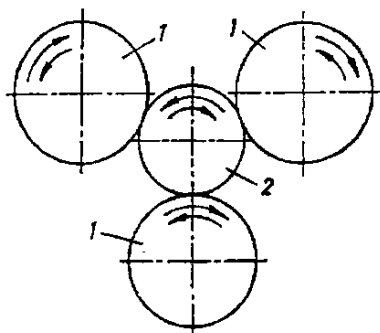
11.2.3. Zobratu zobu apritināšana.

Zobratu apritina ar etalona zobratiem. Tos izgatavo no tērauda ar palielinātu zobu biezumu (lai novērstu spēli sazobē) un rūda līdz augstai cietībai. Viens no etalonzobratiem ir dzenošais. Rotācijas virzienu periodiski reversē (11.9.att.). Etalonzobratu sagatavei piespiež atsperes. Zobratu zobu apritināšana uzkalšina zobu virsmas un nogludina tās līdz spīdumam. Apritināšanai visbiežāk pakļauj zobratu, kas gatavoti no krāsaino metālu sakausējumiem. Apritināšanu veic ar īpašām mašinām.

11.2.4. Zobratu zobu ševingēšana.

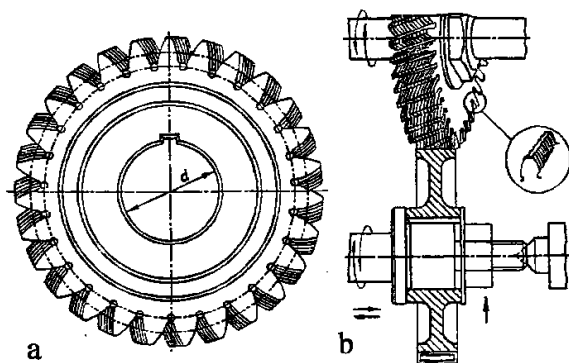
Ševingēšana ir zobratu zobu apstrāde ar daudzasmeņu griezējinstrumentiem - ševeriem. Ševers ārēji atgādina zobratu (11.8.att.a). Tā zobu profilvirsmās iegrieztas radiālas rievīņas, kas veido lielu skaitu griezējasmaņu. Taisnzobu zobratu ševingēšanai lieto slīpzobu ševerus. Ševingēšanas procesā ševera un zobrata rotācijas ass ir šķērsas. Rotējot vienam pret otru, rodas relatīva aksiālā kustība un griezējasmaņi,

kas izveidoti uz ševera zobiem, atdala no zobrata zobu virsmām mikroskaidiņas. Ševeru zobu slīpuma leņķis ir $10^0 \dots 15^0$ robežās.



11.9. att. Zobratu zobu apritināšana:
1 – etalona zobrati; 2 - apstrādājamais zobrats.

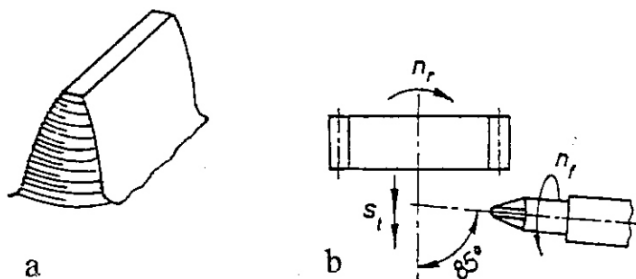
Ševingēšanu veic ar īpašām darbmašīnām. Dzenošais loceklis ir ševers (11.8.att.b). Tā rotāciju periodiski reversē. Zobrats papildus saņem aksiālu turp atpakaļ kustību. Katra dubultgājiena beigās zobratu tuvina ševeram. Uzlaides ševingēšanai paredz 0,05...0,12 mm. Zobratu zobu ševingēšana uzlabo zobu profila precizitāti un virsmu gludumu.



11.8. att. Zobratu zobu ševingēšana:
a - diska ševers; b - apstrādes shēma.

11.2.5. Zobratu zobu galu noapaļošana.

Zobratu zobu galus noapaļo, lai atvieglotu to pārbīdīšanu pārnēsūmkārbās, pārslēdzot rotācijas ātrumus. Noapaļošanu veic uz speciāliem pusautomātiem ar īpašām kāta frēzēm (11.9.att.). Apstrādes procesā frēze rotē un pārvietojas zobrata ass virzienā turp atpakaļ kustībā. Saskaņoti ar frēzes pārvietošanas rotē zobrats. Vienā frēzes dubultgājienā zobrats pagriežas par vienu zobu. Pēc katra pilna zobrata apgrieziena, tas pārvietojas aksiāli par lielumu s_t . Pilnīga zobu noapaļošana noris zobrata 2...4 apgriezienu laikā. Viena zoba apstrāde ilgst 1...3 sekundes.

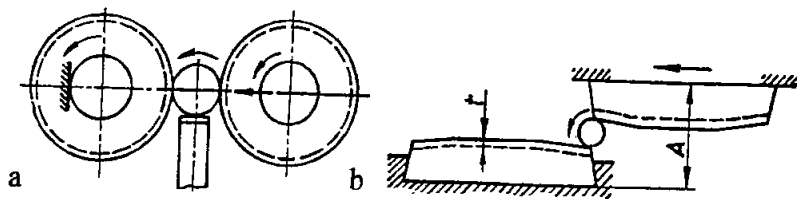


11.9. att. Zobratu zobu galu noapaļošana:
a – zoba gala virsma; b – noapaļošanas shēma.

11.3. BEZSKAIDAS APSTRĀDES VEIDI

11.3.1. Vītņu un rievojuma ievelmēšanas procesi.

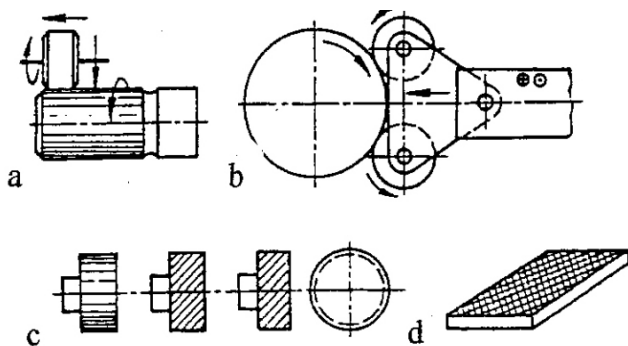
Metālapstrādē ir plaši izplatīta sastiprināšanas elementu (galvenokārt skrūvju) ārējo vītņu ievelmēšana. Velmēšanas procesā no sagataves materiāla daļiņas neatdala, bet to plastiski deformē. Sagataves ārējo diametru izvēlas vienādu ar vītnes vidējo diametru. Velmēšanas procesā vītne iegūst ne tikai atbilstošu profilu, bet arī uzkaldinās un iegūst cietību, kas divas reizes pārsniedz sagataves cietību.



11.10. att. Vītņu ievelmēšana:
a - ar veltņiem; b - ar plakaniem veltņiem.

Pastāv divi vītņu ievelmēšanas paņēmieni - ar rotējošiem veltniem un plakaniem veltniem (11.10.att.). Katram paņēmienam nepieciešamas atšķirīgas konstrukcijas mašīnas. Tās ir augstražīgas un spēj izgatavot līdz 3,5 tūkstoši vītņu stundā. Velmēšanas instrumentus gatavo no nodilumizturīga leģētā tērauda. Apstrāde norit sagataves intensīvi eļļojot. Velmēšana nodrošina augstu vītņu precizitāti un virsmu gludumu.

Rievojumu ievelmē cilindriskajās un plakanajās virsmās. Tā virziens var būt taisns, slīps vai tīkla veida. Velmēšanu biežāk veic ar brīvi rotējošiem veltnīšiem. Taisno un slīpo rievojumu ievelmē ar vienu, bet tīkla veida - ar diviem veltnīšiem (11.11.att.). Rotācijas virsmas rievo ar virpu, bet plakanas - ar ēvelmašīnu. Atkarībā no rievojuma soļa, dziļuma un apstrādājamā materiāla īpašībām, rievojumu ievelmē 5...8 pārgājienos.



11.11. att. Rievojuma ievelmēšana:

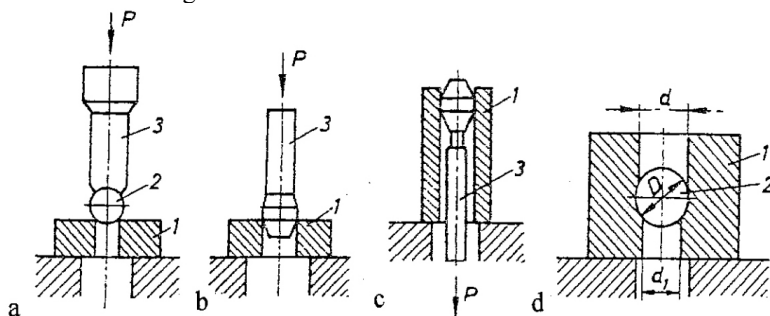
a - ar vienu veltnīti; b - ar diviem veltnīšiem; c – veltnīšu vidi
d - plakanas virsmas rievojums.

11.3.2. Urbumu kalibrēšana.

Pastāv vairāki urbumu kalibrēšanas paņēmieni. Īsus urbumus kalibrē, caurspiežot lodīti vai puansonu, bet urbumus, kuru garums lielāks par 8 diametriem, kalibrē caurvelkot puansonu (11.12.att.). Pirms kalibrēšanas ir nepieciešama urbumus precīza un gluda apstrāde. Kalibrēšanai izmanto caurvilkšanas un caurspiešanas mašīnas. Berzes samazina virsmas apstrādē intensīvi eļļojot.

Kalibrēšanas procesā urbumi deformējas ne tikai plastiski, bet arī elastīgi. Elastīgo deformāciju lielumu ievērtē, izvēloties lodīšu un puansonu izmērus. Plastiskās deformācijas ietekmē apstrādātā virsma uzkaldinās. Kalibrēšana paaugstina ne tikai urbumu precizitāti un virsmu gludumu, bet arī paaugstina virsmas cietību un nodilumizturību. Veicot

atkārtotu kalibrēšanu (2...3 reizes) ir iespējams ievērojami uzlabot virsmas cietību un gludumu.

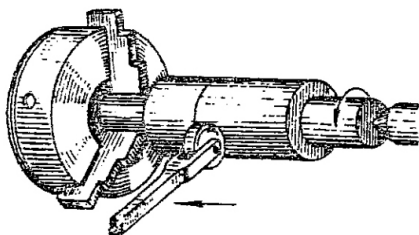


11.12. att. Urbumu kalibrēšana:

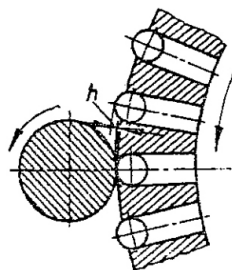
a - ar lodīti; b - caurspiežot puansonu; c - caurvelkot puansonu;
d - deformācijas shēma; 1 - sagatave; 2 - lodīte; 3 - puansons.

11.3.3. Virsmu apvelšana un nocietināšana.

Virsmas apveļ ar veltnīšiem vai īpašām rullīšu (lodīšu) galvām, izmantojot universālās virpas (11.13.att.). Apvelšana nogludina virsmas mikro nelīdzenumus, neizmainot izmēru precizitāti. Vienlaikus virsma uzkaldinās. Apvelšanu parasti veic pēc gludvirpošanas vai slīpēšanas,



11.13. att. Virsmu apvelšana ar rullīti uz virpas.



11.14. att. Virsmu nocietināšana ar tērauda lodītēm.

Apvelšana ar vienu veltnīti nodrošina virsmas raupjumu Ra 0,16...1,25. Izmantojot apvelšanā vairākus veltnīšus, ir iespējas paaugstināt piespiešanas spēku un virsmas gludums uzlabojas.

Produktīvāka ir virsmu apvelšana ar rullīšu vai lodīšu galvām. Pastāv vairāki ārēju un iekšēju virsmu apvelšanas paņēmieni.

Virsmas nocietina, pakļaujot tās trieciena apstrādei ar tērauda lodītēm. Izšķir divus virsmu nocietināšanas paņēmienus. Rotācijas

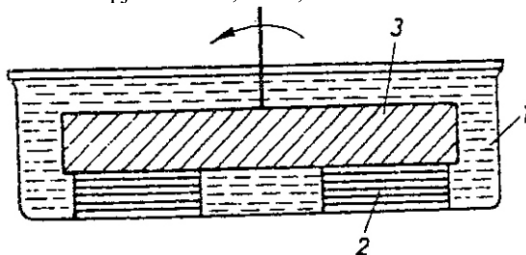
virsmas visbiežāk apstrādā ar rotējošu disku, kam radiālos urbumos ievietotas lodītes. Disks rotē ar ātrumu 10...40 m/s, un lodītes triecas pret nocietināmo virsmu (11.14.att.). Triecienu iedarbībā virsma uzkalcinās, tās cietība palielinās par 60 %. Īpašas uzlaides virsmu nocietināšanai neparedz.

Sarežģītas konfigurācijas detaļas (piemēram, cilindriskās un plakanās atsperes) nocietina speciālās kamerās, kur uz apstrādājamajām virsmām virza skrošu strūklu. Pēc darbības principa izšķir mehāniskās, pneimatiskās un gravitācijas virsmu nocietināšanas kameras. Mehāniskās darbības kamerās skrotis ar diametru 0,4...2 mm izsviež rotora lāpstiņas ar ātrumu 60...100 m/s. Skrošu diametrs ir atkarīgs no detaļas izmēriem. Mazgabarīta detaļas nocietina ar mazāka izmēra skrotīm. Nocietināšana skrošu kamerās palielina tērauda detaļu virsmas cietību par 20...40 %. Uzkaldinātā slāņa dziļums sasniedz 1 mm. Apstrāde ilgst no dažām sekundēm līdz dažām minūtēm. Atsperu ilgizturība pēc nocietināšanas palielinās divas reizes.

11.4. ELEKTROĶĪMISKI MEHĀNISKĀS APSTRĀDES METODES

11.4.1. Ķīmiski mehāniskā virsmu apstrāde.

Ķīmiski mehāniskajā virsmu apstrādē izmanto ķīmiskās apmaiņas reakcijas. To produktus no apstrādājamās virsmas novāc mehāniski. Ķīmiski mehāniskās apstrādes metodi lieto, slīpējot cietsakausējuma plāksnītes pēc izgatavošanas. Apstrādes procesā plāksnītes iegremdē 20 % vara sulfāta šķīdumā, kam pievienots abrazīvais pulveris. Ķīmisko reakciju iedarbībā no plāksnīšu virsmas kobalts pāriet šķīdumā un atbrīvo karbīdu daļiņas. Uz plāksnītēm nosēžas irdens varš. Atbrīvotos karbīdus un varu no virsmas notīra apstrādē ar slīpripām (11.15.att.). Apstrāde nodrošina virsmas raupjumu Ra 0,16...0,32

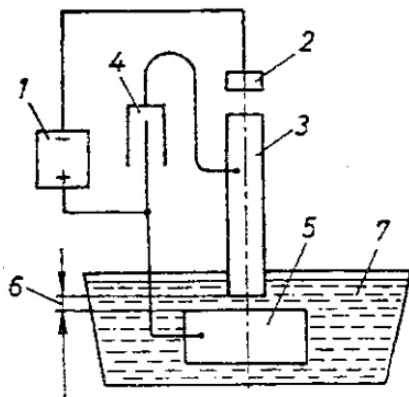


11.15. att. Ķīmiski mehāniskā apstrāde:

1 - tvertne ar šķīdumu; 2 – apstrādājamā plāksnīte; 3 rotējošais disks.

11.4.2. Apstrāde ar elektrodzirkstelēm.

Apstrāde pamatojas uz elektrisko lādiņu izraisīto sagataves materiāla eroziju. Apstrādi izmanto urbumu, rievu un dobumu izveidošanai štancēs, presformas u.c. detaļās. Apstrādi ar elektrodzirkstelēm veic ar īpašām iekārtām. Tās sastāv no impulsa ģenerators, elektrodu nostiprināšanas un svārstību mehānisma, režīma regulēšanas ierīces un darba šķīduma vannas (11.16.att.). Elektrodus izgatavo no misiņa, vara - grafiņa vai dažiem citiem strāvu vadošiem materiāliem. Elektrods svārstās uz augšu un leju. Elektrodam virzoties uz augšu, saslēdzas kontaktors un impulsa ģenerators uzlādē kondensatoru, virzoties uz leju, kad sprauga starp elektrodu un detaļu samazinās līdz $0,1 \dots 1 \text{ mkm}$ (μm), kondensators izlādējas un no elektroda uz detaļu pārlec dzirkstele. Tās temperatūra sasniedz 6000°C . Dzirkstelēm triecoties pret sagataves virsmu, no tās tiek izsistas mikrodaļiņas. Atkārtotās izlādes rezultātā zem elektroda veidojas padziļinājums. Tā konfigurācija atbilst elektrodam, bet tikai ar neredzamiem palielinātiem izmēriem. Lai novērstu materiāla daļiņu pielipšanu elektrodam, apstrādi veic dielektriskos šķīdumos (visbiežāk eļļā). Atdalītās materiāla daļiņas uzkrājas vannas dibenā.



11.16. att. Apstrāde ar elektrodzirkstelēm:

- 1 - ģenerators; 2 - kontaktors; 3 - elektrods; 4 - kondensators;
5 - sagatave; 6 - sprauga starp elektrodu un sagatavi; 7 - šķidrums.

Apstrādes precizitāti, virsmu kvalitāti un produktivitāti nosaka elektriskā lādiņa jauda un impulsa garums. Palielinot jaudu un impulsa garumu, produktivitāte palielinās, bet apstrādes precizitāte un virsmas kvalitāte nedaudz pasliktinās. Apstrādes režīmu regulē, mainot kondensatora kapacitāti. Apstrādē ar elektrodzirkstelēm ir nepieciešams strāvas spriegums $100 \dots 200 \text{ V}$, strāvas stiprums rupjapstrādē - 6 A ,

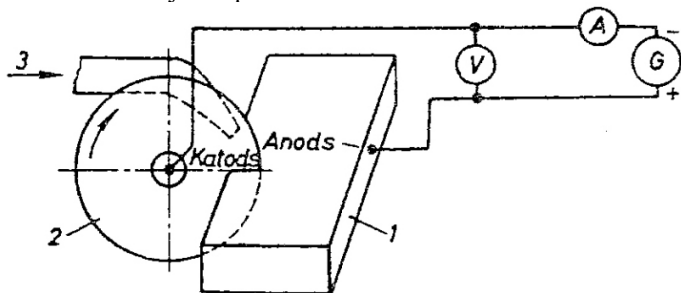
gludajā apstrādē - 1 A. Gludapstrāde ar elektrodzirkstelēm nodrošina virsmas raupjumu Ra 1,25...5 un izmēru precizitāti IT 6...9.

Apstrāde ar elektrodzirkstelēm piemērota nelielu laukumu apstrādē (līdz 300...500 mm²). Analoga pēc darbības principa ir elektroimpulsu apstrāde. Tā ļauj palielināt apstrādāto virsmu laukumu līdz 180 cm². Elektroimpulsu apstrādē lieto paaugstinātas frekvences strāvu ar lādiņu ilgstošu iedarbību. Strāvas stiprumu rupjapstrādē izvēlas 50...300 A, bet gludapstrādē - 5...50 A.

Produktivitāte elektroimpulsu apstrādē ir 3...3,5 reizes augstāks nekā apstrādē ar elektrodzirkstelēm, bet palielinās ir arī apstrādāto virsmas raupjums. Elektroimpulsu apstrādi lieto štaņču un presformu veiddobumu izgatavošanai.

11.4.3. Anodmehāniskā apstrāde.

Apstrādes pamatā ir metāla sagatavju virsmas sairšana, ko rada tā daļiņu izdalīšanās uz anoda strāvas termiskajā iedarbībā. Sairšanas produktus atdala mehāniski. Anodmehānisko apstrādi izmanto materiālu sagriešanā un griezējinstrumentu asināšanā. Sagriežamo sagatavi, kam pievienots strāvas pozitīvais pols (anods), viegli piespiež rotējošai strāvu vadošai ripai - katodam (11.17.att.). Apstrādes zonai pievada elektrolītu, kas sastāv no šķidrā stikla un ūdens. Elektrolīts strāvas iedarbībā uz sagataves virsmām rada blīvu aizsargkārtiņu ar augstu elektrisko pretestību. Saskaņā virsmā rotējošā ripa aizsargkārtiņu norauj, ļaujot plūst strāvai. Tās blīvums ir ļoti augsts. Elektroķīmiskās un elektrodzirksteļu iedarbībā materiāla virsma noārdās un sairšanas produktus aiznes rotējošā ripa.



11.17. att. Anodmehāniskā apstrāde:

1 - sagatave; 2 - rotējošais disks; 3 - elektrolīta pievads.

Materiāla sairšanas intensitāte ir atkarīga no apstrādes elektriskajiem un mehāniskajiem parametriem. Strāvas spriegumu parasti izvēlas 20...30

V, diska rotācijas ātrumu - 10...15 m/s, bet strāvas stipruma izvēli ietekmē sagataves izmēri. Palielinot strāvas stiprumu, produktivitāte pieaug, bet pasliktinās virsmas kvalitāte un izmēru precizitāte.

11.4.4. Apstrāde ar ultraskaņu.

Apstrādes pamatā ir abrazīvo daļiņu saturoša šķidruma trieciena iedarbība uz apstrādājamo virsmu. Apstrādātās virsmas laukuma konfigurācija atbilst darba instrumenta gala šķēlumam. Šķidruma kustību ierosina instrumenta augstfrekvences svārstības (svārstību frekvence lielāka par 20000 Hz) ar amplitūdu 0,05 mm. Ultraskaņu rada ar pjezoelektriskām un magnetostrīkijas iekārtām. Kā abrazīvos materiālus lieto bora un silīcija karbīda slīppulverus.

Ar ultraskaņu apstrādā trauslus materiālus (stiklu, cietsakausējumus, keramiku, dargakmeņus, rūdītus tēraudus u.c.). Apstrāde nodrošina virsmas raupjumu Ra 0,04...0,32, izmēru precizitāti IT 5...7.

12. nodaļa. MAŠINBŪVES TEHNOLOĢIJAS PAMATI

12.1. TEHNOLOĢISKAIS PROCESS

12.1.1. Ražošanas procesa sastāvdaļas.

Mašīnbūves pamatā ir ražošanas process. Tas ietver darbību kopumu, kā rezultātā materiāli un sagataves pārvēršas produkcijā. Izšķir pamatražošanu un palīgrāžošanu. Pamatražošana ir tieši saistīta ar produkcijas izgatavošanu, bet to nodrošina palīgrāžošana. Palīgrāžošanai pieskaita instrumentu un ierīču izgatavošanu, ierīču un iekārtu tehnisko apkalpošanu, iekārtu un darbmašīnu tehniskā apkalpošanu un darba spēju atjaunošanu.

Pamatražošanas procesi aptver darbības, kas ir tieši saistītas ar izgatavojamās produkcijas formas, izmēru, kvalitātes un savstarpējā stāvokļa (mašīnu un iekārtu salikšana) maiņu, un darbības, kas to nodrošina - sagatavju un detaļu iekšējais transports, tehniskā kontrole, uzglabāšana utt.

Ražošanas procesa daļa, kas ir tieši saistīta ar sagatavju formas, izmēru, kvalitātes un savstarpējā stāvokļa maiņu, ir tehnoloģiskais process. Ražošanas process ietver dažādus tehnoloģiskos procesus: liešanu, kalšanu, štancēšanu, apstrādi griežot, termisko apstrādi, salikšanu (montāžu), krāsošanu utt. Liešana, kalšana, štancēšana sagatavēm nodrošina galvenokārt formu, apstrāde griežot - formu, izmērus un virsmas kvalitāti. Termiskā apstrāde detaļām piedod noteiktas fizikāli mehāniskās īpašības. Salikšana nodrošina detaļu savstarpējo stāvokli un novietojumu izstrādājumā, krāsošana - ārējo izskatu utt.

12.1.2. Tehnoloģiskā procesa struktūra.

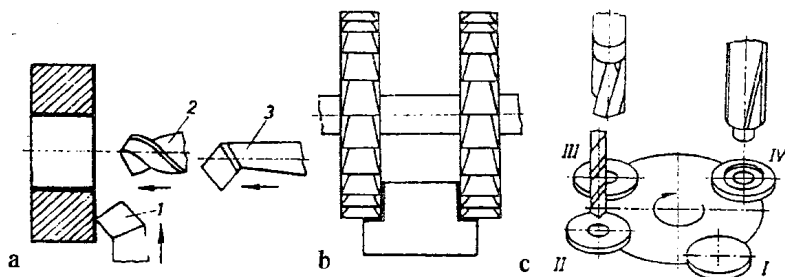
Tehnoloģiskais process ir ražošanas procesa galvenā sastāvdaļa. Klasiski tas sastāv no operācijām. Operācija ir tehnoloģiskā procesa pabeigta daļa, kuru veic noteiktai sagatavei (detaļai) vai sagatavju grupai nepārtraukti vienā darba vietā viens operators vai operatoru grupa.

Sagatavi apvirpojot ar virpu un pēc tam slīpējot ar slīpmašīnu, neatkarīgi no sagatavju skaita apstrādes satur divas operācijas - virpošanu un slīpēšanu (mainās darba vieta). Sagatavē izurbjot un pēc tam izrīvējot urbumu uz tās pašas urbmašīnas, darbības ar konkrēto sagatavi nepārtraucot, apstrādei ir viena operācija. Turpretī apstrādājot vairākas sagataves, ja vispirms urbumus visām izurbj, bet pēc tam izrīvē, tad apstrādei ir divas operācijas - urbšana un izrīvēšana (konkrētās sagataves

apstrāde ir bijusi pārtraukta). Operācijas būtību nosaka apstrādes procesa nepārtrauktība, sagataves, darba vietas un izpildītāja nemainīgums. Tā ir galvenā ražošanas plānošanas un kalkulācijas pamatvienība. Operācijas visbiežāk nosauc pēc apstrādes veida, piemēram, virpošana, frēzēšana, slīpēšana utt.

Operāciju var veikt ar vienu vai vairākām pārejām. Pāreja ir operācijas daļa, kas saistīta ar vienas virsmas apstrādi, nemainot griezējinstrumentu un griešanas režīmu. Uzsākot citas virsmas apstrādi, nomainot griezējinstrumentu vai apstrādes režīmu, sākas jauna pāreja (12.1.att.a). Dažkārt vairākas vienkāršas pārejas apvieno vienā saliktā pārejā. Salikta pāreja ir operācijas daļa, kas saistīta ar vairāku virsmu vienlaicīgu apstrādi (12.1.att.b). Atsevišķos gadījumos par vienu pāreju uzskata citu citai sekojošu vienveidīgu virsmu apstrādi, piemēram, vairāku viena izmēra urbumu urbšanu, kas izvietoti vienā plaknē. Ja operācija aprobežojas tikai ar vienas virsmas apstrādi, nemainot griezējinstrumentu un apstrādes režīmu, operācijas un pārejas saturs sakrīt.

Pāreju veic vienā vai vairākos pārgājienos. Pārgājiens ir pārejas daļa, kas saistīta ar vienas materiāla kārtas atdalīšanu. Pāreju sadala pārgājienos, ja vienā pārgājienā nav iespējams noņemt visu uzlaidi.



12.1. att. Tehnoloģiskā procesa struktūra:

a - apstrāde ar trim pārejām; b - četru virsmu apstrāde ar saliktu pāreju; c - urbumu apstrāde vairākās pozīcijās; 1, 2, 3 - pāreju secība; I, II, III, IV - pozīcijas.

Operācijas daļu, ko veic pie nemainīga sagataves stiprinājuma, sauc par uzstatījumu. Operāciju var veikt ar vienu vai vairākiem sagataves uzstatījumiem. Piemēram, centru urbumu ieurbšanu ar virpu sagataves abos galos veic vienā operācijā, bet divos uzstatījumos.

Sagatave, kas nostiprināta uz grozāmā galda vai dalītājgalvā, var ieņemt dažādus stāvokļus attiecībā pret griezējinstrumentu. Katru jaunu

nostiprinātas sagataves stāvokli pret griezējinstrumentu sauc par pozīciju (12.1.att.c).

Tehnoloģiskajā procesā papildus pamatdarbībām, strādājošie veic palīgdarbības - ieslēdz un apstādina darbmašīnu, pievirza un atvirza griezējinstrumentus, nostiprina sagataves utt. Šādas strādājošā darbības sauc parņēmieniem un tās tehnoloģiskos dokumentos neuzrāda.

12.1.3. Ražošanas pamata tipi un to tehnoloģiskais nodrošinājums.

Ražošanas procesu ietekmē produkcijas pasūtījums (ražošanas apjoms), izlaides periodiskums, atsevišķu operāciju darbietilpība, detaļu izmēri un masa utt. Izšķir trīs ražošanas pamata tipus: individuālo, sēriju un masu ražošanu. Katram ražošanas tipam atbilst sava tehniskā nodrošinājuma pakāpe un darba organizācija.

Individuālā ražošana raksturojas ar bieži mainīgu produkciju. Atsevišķu izstrādājumu izgatavošana vispār neatkārtojas vai arī atkārtojas pēc nenoteikta laika (neplānoti). Individuālās ražošanas pamata īpatnības: universālu metālgriešanas mašīnu un ierīču izmantošana, darbmašīnu izvietojums iecirkņos pa darbmašīnu grupām; tipveida griezējinstrumentu un mērierīču lietošana. Individuālā ražošana nodrošina savstarpējo apmaiņamību tipveida detaļām, bet pieļauj atsevišķu detaļu pielāgošanu montāžas procesā.

Individuālā ražošana visbiežāk sastopama eksperimentālajās ražotnēs, palīgražošanā un tehnikas remonta uzņēmumos. Tai raksturīga augsta strādājošo kvalifikācija un ražošanas izmaksas.

Sēriju ražošanā viena veida produkciju izgatavo noteiktu laiku, bet tās izgatavošana periodiski atkārtojas. Ražošanas procesa īpatnības: ražošanas cikliskums, katrai darba vietai noteiktas vairākas operācijas, kas periodiski nomaina cita citu. Sēriju ražošanā izmanto universālas un specializētas metālapstrādes mašīnas. Tā raksturojas ar augstāku iekārtu izmantošanas līmeni. Sēriju ražošanā raksturīga speciālu ierīču un griezējinstrumentu izmantošana. Strādājošo kvalifikācija vidēja, bet to specializācija, kas paaugstina produktivitāti un samazina ražošanas izmaksas. Pēc produkcijas apjoma un periodiskuma izšķir lielsēriju, vidēju sēriju, sīksēriju un jauktu sēriju ražošanu.

Masu ražošanā noteiktu produkciju ražo nepārtraukti (ne mazāk kā vienu gadu). Tās īpatnības - katrai darba vietai noteikta sava nemainīga operācija. To veic ar augstražīgām metālapstrādes mašīnām (automātiem un pusautomātiem). Ražotnēs darbmašīnas izvieto tehnoloģiskā procesa secībā. Tas atvieglo sagatavju plūsmu.

Ražošanas plūsmas ir iespējamās, kad operācijām paredzētais laiks ir vienāds vai kārtns ar izlaides takti. Izlaides takts ir laika sprādis, kas

nepieciešams vienas detaļas apstrādei. Gadījumos, kad kādas operācijas izpildes ilgums ir mazāks par takti, tad iekārta netiek pilnīgi noslogota.

Masu ražošanā lieto speciālas ierīces un griezējinstrumentus. Salīdzinoši zema ir strādājošo kvalifikācija, bet augsta to specializācija vienas noteiktas operācijas veikšanai. Tas paaugstina produktivitāti un samazina ražošanas izmaksas. Masu un sēriju ražošanā ir augsta meistaru un mašīnu iestatītāju kvalifikācija.

12.1.4. Tehnoloģisko procesu uzbūves principi.

Izšķir divus tehnoloģisko procesu uzbūves pamatprincipus - operācijas koncentrējot un operācijas diferencējot.

Tehnoloģiskais process ir koncentrēts, ja detaļu izgatavošanu veic ar nelielu operāciju skaitu, kas satur vairākas pārejas. Koncentrēta tehnoloģiskā procesa pamata pazīme - sagataves apstrādā ar nedaudzām darbmašīnām un nelielu uzstātījumu skaitu. Tehnoloģiskais process nodrošina augstu apstrādāto virsmu savstarpējo aksialitāti, paralelītāti un perpendikularitāti, kā arī samazina nepieciešamo ierīču skaitu sagatavju stiprināšanai.

Koncentrēts tehnoloģiskais process ar pārejām, kas seko viena otrai, ir izplatīts individuālās ražošanā un remonta darbos. Sēriju un masu ražošanā biežāk sastopams koncentrēts tehnoloģiskais process ar saliktām pārejām, izmantojot apstrādē augstprasīgas daudzvārpstu un daudzgriezņu darbmašīnas.

Tehnoloģiskais process ir diferencēts, ja sagatavju apstrādi sadala daudzās nelielās pēc darbietilpības operācijās, kas satur vienu vai dažas pārejas. Diferencētais tehnoloģiskais process ļauj izmantojot atduras, iestatīt universālās darbmašīnas, kas nodrošina visu sagatavju partijas apstrādi ar iestatītām darbmašīnām. Atkrīt bieža izmēru kontrole un piedzīšana. Diferencēts tehnoloģiskais process ļauj strādājošiem izkopt kustību automatiskumu sagatavju uzstātīšanā, griezējinstrumenta pievērīšanā utt. un paaugstina produktivitāti. Lai saglabātu apstrādes precizitāti, kas pazeminās biežā sagatavju pārstāvēšanā, nepieciešamas speciālas ierīces. Diferencētu tehnoloģisko procesu izmantoja sēriju un masu ražošanā, kad nebija pieejamas augstprasīgas metālapstrādes mašīnas. Izmaksas speciālo ierīču projektēšanai un izgatavošanai sedza apstrādes produktivitātes pieaugums.

Tehnoloģiskā procesa koncentrēšanas vai diferencēšanas pakāpi nosaka konkrētie darba apstākļi. Ieviešot metālapstrādē ciparvadības darbmašīnas, diferencētais tehnoloģiskais process nav perspektīvs.

12.2. SAGATAVES

12.2.1. Sagatavju ražošana.

Mašīnbūvē izmanto lietas, kaltas, štancētas un velmētas sagataves. Sagatavju ražošanas veidu nosaka materiāls. Sagataves no čuguna atļauj, bet no tērauda iegūst visbiežāk ar kādu no spiedienapstrādes veidiem.

Lējumu ražošanai pastāv vairāki veidi. Universālākā un lētākā ir lējumu ražošana biezsienu veidzemes veidnēs. Tai praktiski ir neierobežota lējumu masu un tā piemērota visiem ražošanas tiptiem. Daži citi lējumu ražošanas veidi ir piemēroti tikai masu un sēriju ražošanas apstākļiem. Paaugstinātas precizitātes lējumus (ar masu līdz 100 kg) ražo apvalkveidnēs. Produktīva ar augstu precizitāti ir arī lējumu ražošana metālveidnēs. Nelielus, precīzus sarežģītas konfigurācijas lējumus ar urbumiem un dobumiem jebkurā virzienā ražo izkausējamo modeļu veidnēs. Nelielu krāsaino metālu sakaussējumu lējumu atliešanai izmanto spiedliešanu.

Lējumu ražošana no tērauda ir ierobežota. Racionālākās tērauda sagataves ir kalumi. Rūpnieciski tos ražo kaļot ar veseriem vai ar tilpumštancēšanu. Brīvā kalšana piemērota individuālajai ražošanai un mašīnu remonta vajadzībām, bet tās pielietojums ir ierobežots. Ar veseriem kaļ arī liela gabarīta sagataves. Masu un lielsēriju ražošanā kalumus izgatavo ar tilpumštancēšanu. Tā ir produktīva salīdzinot ar kalšanu un nodrošina augstu precizitāti un virsmu kvalitāti.

Jebkuros ražošanas apstākļos par sagatavēm izmanto velmējumus - vienkāršos profilus (apaļo, kvadrātu, taisnstūri, sešstūri u.c.), universālos profilus (leņķi, U, T, dubulto T u.c. profilus.), loksnēs, sloksnēs, bezšuvju caurules u.c. Masu un sēriju ražošanā par sagatavēm izmanto arī periodiskos velmējumus, kā arī auksti vilktos un presētos profilus.

Sagataves no lokšņu materiāla izgriež ar kādu no termiskajiem griešanas veidiem – griešanu ar plazmu, griešanu ar lāzera staru, griešanu ar skābekļa strūklu. Sagataves no loksnēm izgriež arī ar augstspiediena ūdens strūklu vai izmantojot perforācijas (punch) procesus.

12.2.2. Sagatavju izvēles pamati.

Sagatavju izvēle ietekmē metālapstrādes darbietilpību un apstrādes izmaksas. Tai ir jābūt racionālai. Mašīnbūvē par galveno uzdevumu izvirzās sagatavju formas un izmēru tuvināšana detaļai.

Sagatavju ražošanas veidu nosaka detaļas materiāls, forma un izmēri, izmantošanas apstākļi un ražošanas apjoms. Tērauda sagataves var būt lietas, kaltas vai velmētas, čuguna - tikai lietas. Krāsaino metālu sakaussējumi dalās lejamajos un deformējamajos. Atbilstoši iedalījumam izgatavo sagataves. Vidēja lieluma sagatavēm ir piemēroti visi lējumu un

kalumu ražošanas veidi. Sarežģītas konfigurācijas sagatavēm izdevīgāka ir liešana, bet vienkāršām – kalšana. Liela izmēra sagatavju izgatavošanu ierobežo ražošanas veida tehniskās iespējas.

Tērauda lējumu un kalumu mehāniskās īpašības nav vienādas. Kalumiem tās ir augstākas. Atbildītākos (mainīga rakstura slodzēm pakļautos) mašīnu elementus (detalās) izgatavo no sagatavēm, kas iegūtas kādā no spiedienapstrādes procesiem.

Lielu detaļu skaita ražošanai ekonomiski pamatota ir augstāzīgu un precīzu sagatavju izgatavošanas tehnoloģiju - tilpumštancēšanas, liešanas apvalkveidnēs, metālveidnēs, izkausējamo modeļu veidnēs izvēle. Individuālās un sīksēriju ražošanas apstākļos izmanto sagataves, kuru ražošanai nav nepieciešamas speciālas iekārtas un instrumenti. Piemēram, tilpumštancēšanu aizstāj kalšana ar veseriem, lējumus ražo veidzemes veidnēs utt. Visbiežāk ražošanā par sagatavēm izvēlas velmētos profilus.

Gadījumos, kad ir iespējamas dažāda sagataves, izvēli nosaka ekonomiski apsvērumi. Detaļas izgatavo no sagatavēm, kuru ražošanas izmaksas ir zemākas.

12.2.3. Uzlaides apstrādei.

Metālapstrādes darbietilpību un izmaksas ietekmē uzlaižu skaitliskās vērtības. Uzlaižu lielumu nosaka pēc analītiskās vai normatīvās metodes. Lielu sēriju ražošanā uzlaides aprēķina analītiski un tās ir optimālas. Individuālajā un sīksēriju ražošanā uzlaides izvēlas pēc normatīvās metodes. Tā paredz vidējas uzlaižu vērtības, kas atbilst tipiskiem apstrādes apstākļiem. Reālie apstrādes apstākļi bieži atšķiras no tipiskajiem, tādēļ uzlaides var būt palielinātas vai samazinātas.

Lielas uzlaides paaugstina darbietilpību, materiālu un griezējinstrumentu patēriņu. Arī samazinātas uzlaides palielina apstrādes izmaksas, jo nepieciešama precīza sagatavju ražošana, apgrūtināta to uzstatišana apstrādē, kā arī palielinās brāķa rašanas iespējas utt. Samazinātas uzlaides neļauj no sagataves virsmām atdalīt nekvalitatīvo slāni (lējumu garozu, kalumu atogļoto kārtiņu u.c. defektus), kas pazemina uzdoto precizitāti un virsmas gludumu.

Izšķir summārās (kopējās) un starppoperāciju (starppāreju) uzlaides. Summārā uzlaide ir materiāla kārta, ko atdala no sagataves virsmas visā apstrādes procesā. Starppoperāciju (starppāreju) uzlaides ir materiāla kārta, ko atdala no sagataves virsmas operācijas (pārejas) izpildes procesā. Virsmām, kuras neapstrādā, uzlaides neparedz.

Summārās uzlaides skaitlisko lielumu nosaka sagataves materiāls, izmēri, konfigurācija, sagataves ražošanas veids un apjoms. Uzlaides čuguna sagatavēm ir lielākas nekā tērauda sagatavēm. Čuguna lējumi vairāk deformējas un to virsmu klāj garoza. Liela izmēra un sarežģītākas

konfigurācijas sagatavēm arī uzlaides ir lielākas. Uzlaides lielumu ietekmē arī sagataves ražošanas veids. Lēmumiem veidzemes veidnēs uzlaides ir lielākas nekā lēmumiem metālveidnēs, apvalkveidnēs utt. Arī kalšanā ar veseriem uzlaides ir lielākas nekā tilpumštancēšanā. Sēriju un masu ražošanā sagataves ražo ar metodēm, kas nodrošina augstāku precizitāti, tādēļ uzlaides paredz mazākas.

Projektējot tehnoloģiskos procesus, Summārās uzlaides apstrādei sadala starpoperāciju (starpapāreju) uzlaidēs. Sadalījumu ietekmē virsmu raksturs, tālākās apstrādes veids, nepieciešamā izmēru precizitāte un virsmas raupjums. Piemēram, nelielu sagatavju apstrādē uzlaides gludai virpošanai pēc rupjapstrādes paredz 1...2 mm, slīpēšanai pēc gludvirpošanas - 0,3...0,4 mm utt.

12.3. SAGATAVJU BĀZĒŠANA

12.3.1. Bāzu iedalījums.

Bāzēšana ir vajadzīgā stāvokļa piešķiršana sagatavei vai detaļai pret izraudzīto koordinātu sistēmu. Par bāzēm sauc detaļas un ar to saistītās virsmas, līnijas un punktus, attiecībā pret kuriem nosaka citu virsmu, līniju vai punktu stāvokli. Par bāzēm var būt detaļas plakanās vai cilindriskās virsmas, virsmu ass līnijas vai divu asu krustpunkts (12.2.att.). Bāze orientē sagataves apstrādes procesā un detaļas pie montāžas mašīnā.

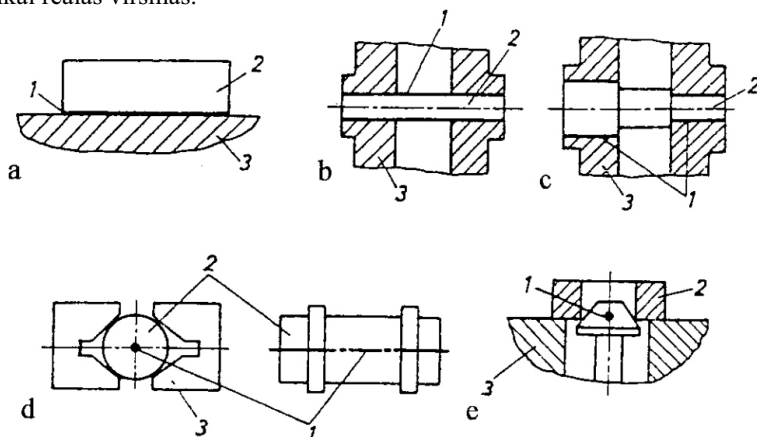
Izšķir projektēšanas, konstruktīvās, tehnoloģiskās un mērīšanas bāzes. Par projektēšanas bāzi sauc bāzi, kuru izvēlas konstruktors, Projektēšanas gaitā pēc tās nosaka detaļas atsevišķo elementu izmērus.

Konstruktīvās bāzes izmanto detaļas stāvokļa noteikšanai mašīnas saliekot. Tās iedala pamata bāzēs un palīgbāzēs. Pamata bāzes nosaka pašas detaļas stāvokli mezglā vai mašīnā, bet palīgbāzes - pievienojamo detaļu stāvokli. Projektēšanas un konstruēšanas bāzes ir nepieciešamas konstruktoru dokumentācijas izstrādē.

Tehnoloģisko bāzi izmanto sagataves stāvokļa noteikšanai apstrādē. Sagataves, balstīdamās uz tehnoloģiskās bāzes virsmām, ieņem noteiktu stāvokli pret darbmašīnu un griezējinstrumentu. No tās ir atkarīga sagatavju stiprināšanas ierīču uzbūve un stiprinājuma stabilitāte. Pamatprasība tehnoloģisko bāzu izvēlē, lai ierīču uzbūve un apkalpošana būtu vienkārša un ērta.

Par mērīšanas bāzi sauc bāzi, pret kuru nosaka apstrādātās virsmas izmēru. Pamatprasības mērīšanas bāzu izvēlē, lai virsmu savstarpējā stāvokļa kontrole būtu vienkārša un iespējama ar universālajiem mērinstrumentiem.

Par konstruktīvajām, tehnoloģiskajām un mērīšanas bāzēm var būt tikai reālas virsmas.



12.2. att. Bāzu veidi:

a - plakne; b - cilindriska virsma; c - divas cilindriskas virsmas;
d - sagataves ass; e - punkts; 1 - bāze; 2 - sagatave; 3 - ierīce.

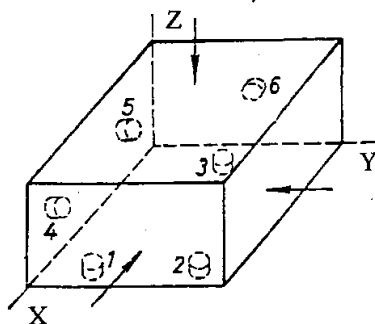
Bāzu izvēle ietekmē apstrādes precizitāti. Vēlams, lai viena un tā pati virsma pildītu vairāku bāzu funkcijas. To nosaka bāzu savietošanas princips. Bāzu savietošana atvieglo virsmu savstarpējā stāvokļa precizitātes nodrošinājumu. Īpaša nozīme bāzu savietošanai ir apstrādes beidzamajās operācijās.

12.3.2. Sagatavju uzstatīšana.

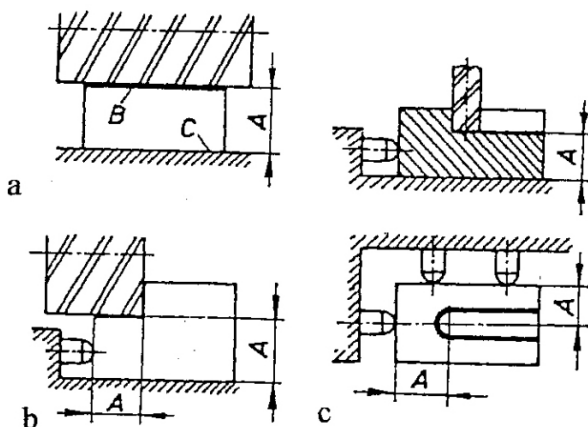
Uzstatīšana ir sagataves bāzēšanas un nostiprināšanas process pirms apstrādes. Mehānika nosaka, ka katram cietam ķermenim ir sešas brīvības pakāpes - pārvietošanās triju savstarpēji perpendikulāru koordinātu asu virzienos un rotācija ap asīm. Teorētiski, lai nodrošinātu nekustīgu stāvokli, sagatavei ir jāatņem visas sešas brīvības pakāpes. To panāk nodrošinot sagatavei saskari ar ierīces sešiem nekustīgiem atbalstpunktiem un trim piespiedējiem. Atbalstpunktu izvietojumus numurē noteiktā secībā, sākot ar bāzi, kurā ir lielākais atbalstpunktu skaits (12.3.att.). Palielinot atbalstpunktu skaitu virs seši, sagatave neatbalstīties visos punktos, vai arī pie nepietiekama stinguma, piespiedēju spēki to var deformēt.

Daudzos gadījumos, lai sagatavei atņemtu visas brīvības pakāpes, ir jāizgatavo konstruktīvi sarežģītas ierīces. Praktiski ne vienmēr sagatavi nostiprinot ir nepieciešams atņemt visas brīvības pakāpes (12.4.att.).

Metālapstrādē nostiprinot sagataves izmanto ierīces, kas atņem tikai tās brīvības pakāpes, kas nosaka apstrādājamo virsmu izmēru. Pārējās brīvības pakāpes ierobežo piespiedēji.



12.3. att. Sagataves atbalstīšana (bāzēšana) sešos punktos.



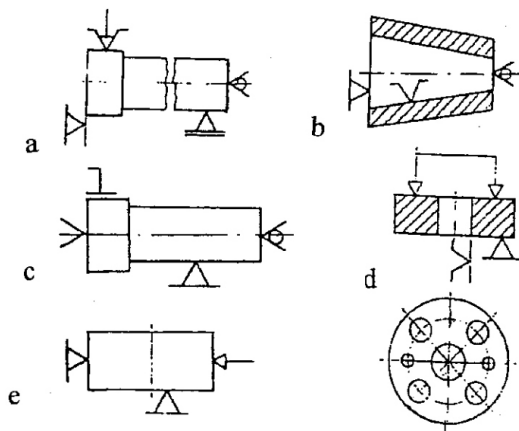
12.4. att. Sagatavju bāzēšanas piemēri:

a - atņemot trīs; b - atņemot piecas; c - atņemot sešas brīvības pakāpes.

Tehnoloģiskajos dokumentos uzstādīšanas elementus un iespīlēšanas spēku pielikšanas vietas attēlo ar standartizētiem nosacītiem apzīmējumiem.(12.5.att.). Shēmās tos novieto uz bāzes virsmu kontūrlīnijām.

12.3.3. Tehnoloģisko bāzu izvēle.

Pirmajā apstrādes operācijā par tehnoloģisko bāzi izmanto kādu no sagataves neapstrādātām virsmām un tā ir primārā bāze. Pirmajā operācijā nodrošina virsmu apstrādi, kas paredzēta kā bāze sagatavi pārstatot (jaunā uzstatījumā) tālākai apstrādei.



12.5. att. Uzstādīšanas elementu un iespīlēšanas spēku attēlošana shēmās:

a - sagatave iespīlēta virpas patronā, atduras pret tās galavirsmu, balstās uz rotējošā centra un linetē; b - sagatave uzbāzta uz koniskā tapna, atbalstās pret tā galavirsmu un piespiesta ar rotējošo centru; c - sagatave balstās centros un nekustīgā linetē, priekšējais ir vienkāršais centrs, otrais - rotējošais. Uz sagataves gala ir nostiprināts līdzņēmējs; d - sagatave nostiprināta urbšanas konduktorā, balstās uz pamatnes, centrējas uz urbumu un piespiesta ar dubulto piespiedēju; e - sagatave nostiprināta mašīnskrūvspīlēs un balstās uz pamatnes.

Par primāro bāzi (iespēju robežās) izvēlas sagataves virsmas, kas pareizi orientētas pret citām sagataves virsmām. Par primārām bāzēm nav vēlamas virsmas ar defektiem, piemēram, virsmas uz kā bijuši ielietu sistēmas elementi, štancēšanas apmales kalumiem, atlieti urbumi, kas serdēņa novirzu ietekmē var būt ekscentriski pret ārējām virsmām utt.

Par primārajām bāzēm izvēlas virsmas ar minimālām uzlaidēm vai virsmas, kuras nav paredzētas apstrādāt. Tas samazina brāķi, kas rodas no neapstrādātiem sagataves laukumiem. Primārās bāzes izmanto tikai pirmajā sagataves uzstatījumā. Sagataves pārstatot, par tehnoloģisko bāzi

izvēlas apstrādātās virsmas jeb tīrās bāzes. To izvēlē vadās, lai ierīces nedeformētu sagataves un nebojātu apstrādātās virsmas.

Detaļu apstrādi vēlams veikt pie minimāla bāzu skaita. Virsmas, kurām nepieciešams īpaši precīzs savstarpējais stāvoklis, apstrādā vienā uzstatiņuma nemainot bāzi.

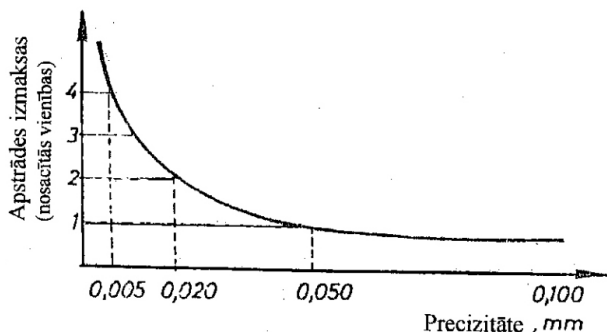
Virpošanā un slīpēšanā par tehnoloģisko bāzi izvēlas sagataves ārējās vai iekšējās cilindriskās virsmas un gala virsmas; urbšanā un frēzēšanā - savstarpēji paralēlās vai perpendikulārās virsmas. Metālapstrādē sagatavēm dažkārt izveido speciālas virsmas, kuras izmanto tikai nostiprināšanai uz darbmašīnām. Tās sauc par mākslīgajām bāzēm. Piemēram, mākslīgās bāzes ir centru urbumi vārpstas tipa detaļu galos.

Sagatavju apstrāde centros nodrošina ļoti augstu cilindrisko virsmu aksialitāti. Centru urbumiem praktiski nav bāzēšanas kļūdu. Atkārtota sagatavju stiprināšana centros nodrošina precizitāti, kas tuvi apstrādei vienā uzstatiņumā.

12.4. APSTRĀDES PRECIZITĀTE

12.4.1. Precizitātes pamatjēdzieni.

Apstrādes precizitāte ir detaļas faktisko ģeometrisku parametru atbilstība uzdotajiem. Tā savstarpēji saistīta ar apstrādes darbietilpību. Paaugstinot precizitāti, apstrādes darbietilpība un ražošanas izmaksas strauji palielinās. Tiekšanās pēc nepamatoti augstas precizitātes sadārdzina apstrādi un neattiecas ne tehniski, ne ekonomiski (12.6.att.).



12.6. att. Sakarības starp precizitāti un apstrādes izmaksām.

Katra detaļu var aplūkot kā vairāku savstarpēji saistītu virsmu kopumu. Detaļām izšķir divus precizitātes kritērijus - atsevišķu virsmu formas, izmēru un raupjuma precizitāti un virsmu savstarpējā stāvokļa

koordinējošo izmēru, paralelītātes, perpendikularitātes, aksialitātes un citu prasību precizitāti. Ģeometriskos parametrus galvenokārt nosaka lineārie izmēri.

Apstrādē nenodrošina viennozīmīgi uzdotu izmēru. Katram apstrādes veidam ir savas precizitātes robežas. Uzdotajam izmēram ir iespējams tuvināties ar lielāku vai mazāku novirzi. Noviržu pamatā ir apstrādes kļūdas. Darba rasējumos izmērus uzdod ar divām robežnovirzēm. Intervāls starp tām ir izmēra pielaiide. Detaļa ir izgatavota precīzi, ja faktiskie izmēri iekļaujas pielaižu robežās.

Apstrādes precizitāti nosaka konstruktors, vadoties no detaļu uzdevuma un prasībām. Precizitāti uzrāda rasējumos un tehniskajos noteikumos. Atbilstoši uzdotai precizitātei tehnologs izvēlas apstrādes veidus un režīmu.

12.4.2. Apstrādes kļūdu cēloņi.

Apstrādes precizitāti nosaka vairāki faktori. Novirzes no absolūtās precizitātes rada metālapstrādes mašīnu, ierīču, palīginstrumentu un griezējinstrumentu precizitāte. Katram mašīnu tipam noteiktas savas precizitātes normas. Ilgstošā darba gaitā metālapstrādes mašīnu elementi nolietojas un palielinās spēles salāgojums. Nodilumam palielinoties, apstrādes precizitāte pakāpeniski samazinās.

Arī ierīcēm, palīginstrumentiem un griezējinstrumentiem ir savas precizitātes normas. Ierīču neprecizitāte rada sagatavju uzstatišanas kļūdas, bet palīginstrumentu neprecizitāte - griezējinstrumentu uzstatišanas kļūdas. Salīdzinot ar darbmašīnām ierīces un palīginstrumenti nolietojas īsākā laika periodā, bet vēl īsāku laiku kalpo griezējinstrumenti.

Apstrādes kļūdas rodas no darbmašīnu atsevišķu mezglu, ierīču, palīginstrumentu, griezējinstrumentu un sagatavju deformēšanās griešanas un iespīlēšanas spēku ietekmē. Deformāciju lielumu nosaka tehnoloģiskās sistēmas (darbmašīna, ierīce, griezējinstrumenti un sagatave) stingums. Nepietiekams stingums rada apstrādāto virsmu formas un izmēru neprecizitātes. Deformācijas īpaši izteiktas, apstrādājot vāja stinguma sagataves (garas vārpstas, čaulas ar plānām sienām u.c.).

Deformācijas rada arī siltums. Apstrādes gaitā tehnoloģiskās sistēmas elementi sasilst, bet pārtraukumos atdziest. Temperatūras svārstības maina atsevišķu darbmašīnas elementu salāgojumu raksturu, kas ietekmē apstrādes kļūdu lielumu. Īpaši jūtīgas pret temperatūras svārstībām ir augstas un sevišķi augstas precizitātes darbmašīnas.

Temperatūru svārstību radītie termiskie spriegumi veicina sagatavju sarozi (samešanos), kas sevišķi bīstama liela gabarīta lējumjiem, garām vārstām utt.

Apstrādes kļūdas rada arī sagatavju iekšējo spriegumu izraisītās deformācijas. Pirms apstrādes sagatavēs iekšējie spriegumi ir līdzsvarā. Apstrādes procesā, atdalot no sagataves virskārtu, spriegumu līdzsvars tiek izjaukts. Pēc izgatavošanas detaļas deformējas līdz jaunam spriegumu līdzsvaram. Spiegumu pārgrupēšanās rada apstrādāto virsmu vai par visas detaļas formas kropļojumus. Sagatavju saroze pēc rupjapstrādes ir pamatā gludās apstrādes atdalīšanai no tās. Rūpnieciskās ražošanas apstākļos starp rupjo un gludo apstrādi paredz termisko apstrādi - normalizāciju.

Apstrādes kļūdas rodas arī no mērīšanas neprecizitātes. To pamatā ir mērīinstrumentu neprecizitāte (normas robežās) vai mērīšanas procesa kļūdas.

12.4.3. Apstrādes kļūdu iedalījums un analīzes metodes.

Metālapstrādē, pētot detaļu partijas precizitāti, apstrādes kļūdas iedala sistematiskajās, likumsakarīgi mainīgās un gadījuma kļūdās. Kļūdu sauc par sistematisku, ja tā visām vienas partijas detaļām ir vienāda. Sistematiskās kļūdas rodas, iedarbojoties kādam pastāvīgam faktoram. Tās var radīt neprecīzi iestatīts vai izmēram neatbilstošs griezējinstrumentis (spirālurbja, rīvurbja, diska frēzes izmērs), neprecizitāte ierīču izgatavošanā.

Kļūdu sauc par likumsakarīgi mainīgu, ja tā vienas detaļu partijas apstrādes laikā mainās pēc noteiktām likumsakarībām. Kļūdas pamatā var būt griezējinstrumenta nodiluma palielināšanās darba gaitā vai ierīču deformēšanās temperatūras ietekmē.

Kļūdu sauc par gadījuma, ja vienas detaļu partijas apstrādē tā rodas neregulāri (tai nav likumsakarības). Gadījuma kļūdas var radīt sagatavju atšķirīgas mehāniskās īpašības, nevienmērīgas apstrādes uzlaides, nevienādi iespiļēšanas spēki sagatavju stiprināšanā utt.

Pastāv divas kļūdu pētīšanas metodes - analītiskā aprēķinu un eksperimentāli statistiskā. Ar analītisko aprēķinu metodi vērtē katra faktora ietekmi uz apstrādes precizitāti. To lieto, kad kļūdai ir kāds izteikts viens faktors, bet pārējo radītās kļūdas ir minimālas. Metodes lietošanas iespējas ir ierobežotas.

Ar eksperimentāli statistisko metodi novērtē visu kļūdu ietekmi uz apstrādes procesu kopumā. Pēc šīs metodes no vienādos apstākļos apstrādātas detaļu partijas atlasa noteiktu detaļu skaitu. Lai iegūtu pietiekamu ticamību, skaitam ir jābūt vienādam vai lielākam par 50 (biežāk izvēlas 100...250). Visas detaļas izmēra ar uzdoto precizitāti (visbiežāk – 0,01) un nosaka lielāko un mazāko vērtību. To starpība ir izmēru izkliedes lauks jeb amplitūda. Iegūto izkliedes lauku sadala vienādos intervālos. To skaits nedrīkst būt mazāks par seši, bet intervāla

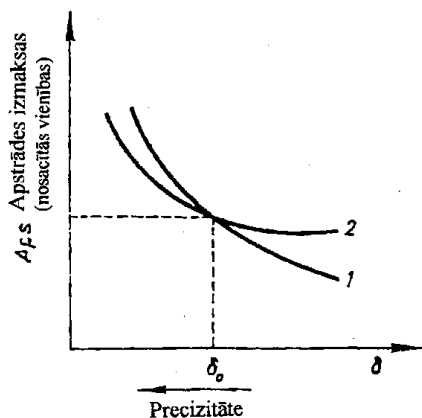
garumam ir jābūt vismaz divas reizes lielākam par mērinstrumenta skalas iedaļas vērtību. Pēc tam nosaka katram intervālam atbilstošo gadījumu skaitu un pieņemtā mērogā zīmē izmēru sadalījuma (izkliedes) līknes. Pēc tām analizē apstrādes procesa gaitu un prognozē iespējamo brāķa daudzumu. Datu apstrādi veic ar varbūtību teorijas matemātiskās statistikas metodi. Pētījumi rāda, ka apstrādē ar iestādītām darbmašīnām izmēru izkliede ir tuva normālajam sadalījumam.

12.4.4. Iespējamā un ekonomiskā apstrādes precizitāte.

Precizitāti, kādu var sasniegt neierobežojot darba un laika patēriņu, sauc par apstrādes veida iespējamo apstrādes precizitāti.

Darbietilpība ir galvenā, kas nosaka ražošanas izmaksas, un tā nevar būt neierobežota. Metālapstrādē ir noteiktas mērķtiecīgas darba un līdzekļu patēriņa robežas. To vērtības ir atkarīgas no apstrādes veida. Mašīnbūvē izvēlas apstrādes veidus, kas uzdoto precizitāti nodrošina ar minimālu laika un līdzekļu patēriņu. Precizitāti, ko sasniedz reālos darba apstākļos ar minimālu darba un laika patēriņu, sauc par ekonomisko apstrādes precizitāti. Piemēram, frēzēšana ir ekonomiskāka par slīpēšanu, ja pielaides δ vērtība ir lielāka par robežvērtību δ_0 , bet, ja $\delta < \delta_0$, tad ekonomiskāka ir slīpēšana (12.7.att.).

Apstrādes veidu ekonomiskās precizitātes robežas ir noteiktas uz praktiskās pieredzes pamata un dotas informatīvajos materiālos (10.1.tabula).



12.7. att. Precizitātes ietekme uz apstrādes izmaksām:
1 - frēzēšanā; 2 - slīpēšanā; δ - pielaides vērtība; δ_0 - pielaides robežvērtība.

10.1 tabula

Apstrādes veidu ekonomiskā precizitātes un virsmas raupjuma robežas

Apstrādes veids		Virsmas raupjums Ra	Precizitātes kvalitāte IT
Virpošana:	rupjā	20...5	12...14
	gludā	5...1,25	7...12
	smalkā	1,25...0,63	6...7
Ēvelēšana:	Rupjā	20...10	12...14
	Gludā	10...1,25	11...12
Frēzēšana:	Rupjā	20...10	12...14
	gludā	5...2,5	11...12
Urbšana		20...5	10...12
Paplašināšana		10...2,5	9...11
Izrīvēšana:	Pusgludā	5...2,5	8...9
	gludā	2,5...1,25	7...8
Caurvilkšana		5...1,25	7...9
Slīpēšana	pusgludā	1,25...0,32	8...10
	gludā	0,32...0,08	7...9
Lepēšana		0,16...0,02	5
Honēšana		0,08...0,02	5...6
Superfinišs		0,08...0,02	5

Vidēji iespējamā apstrādes precizitāte ir par vienu precizitātes kvalitāti IT ir augstāka nekā ekonomiskā apstrādes precizitāte. Sagatavju apstrādi uz iespējamo apstrādes precizitāti dažkārt veic individuālajā ražošanā un remonta darbos, kad nav mērķtiecīga citu apstrādes veidu ieviešana.

Analogi jēdzieniem ekonomiskā un iespējamā apstrādes precizitāte pastāv jēdzieni ekonomiskais un iespējamais virsmas raupjums.

12.5. TEHNOLOĢISKO PROCESU IZSTRĀDĀŠANA

12.5.1. Projektēšanas darba saturs.

Tehnoloģisko procesus izstrādā noteiktā secībā. No racionālas tehnoloģijas izvēles ir atkarīga produkcijas kvalitāte, materiālu patēriņš un ražošanas izmaksas.

Pamatdokumenti, kas nosaka projektēšanas uzdevumu, ir detaļas darba rasējums ar tehniskajiem noteikumiem un ražošanas apjoms (gada programma). Darba rasējums un tehniskie noteikumi izvirza prasības

detaļas izgatavošanai, tehniskai kontrolei un pieņemšanai. Ražošanas apjoms nosaka ražošanas tipu, ļauj precizēt sagataves ražošanas veidu, noteikt tehnoloģiskā procesa koncentrēšanas vai diferencēšanas līmeni, izvēlēties atbilstošās darbmašīnas. Tehnoloģiskos procesus izstrādā konkrētai darbmašīnai.

Projektēšanai ir nepieciešami vairāki informatīvie materiāli: metālgriešanas mašīnu tehniskie dati, ierīču, palīginstrumentu, griezējinstrumentu un mērinstrumentu katalogi, uzlaižu, apstrādes režīmu normatīvi. Projektēšanu sāk ar rūpīgu rasējumu un tehnisko noteikumu izpēti. Dažkārt nepieciešams iepazīties ar visas mašīnas vai mezgla rasējumiem un tehniskajiem noteikumiem.

Projektēšanu veic trijos posmos. Pirmajā projektēšanas posmā tehnologs precizē sagataves formu un izmērus, sastāda apstrādes plānu - maršrutu izvēlas konkrētas darbmašīnas, tehnoloģiskās bāzes un sagataves stiprināšanas paņēmienus, izvēlas vai projektē ierīces, izvēlas galvenos griezējinstrumentus, aprēķina starpoperāciju izmērus. Otrajā projektēšanas posmā tehnologs precizē operācijas izpildes secību - sadala operācijas pārējās, izvēlas apstrādes režīmus, izvēlas griezējinstrumentus un tehniskās kontroles paņēmienus. Trešajā projektēšanas posmā nosaka tehniski ekonomiskos rādītājus.

12.5.2. Tehnoloģiskā plāna uzbūves pamatnoteikumi.

Detaļu izgatavošanas tehnoloģiskos procesus plāno konkrētām metālapstrādes mašīnām. Pirmās paredz apstrādes, kas atdala no sagataves lielāko materiāla daudzumu. Tas ļauj savlaicīgi atklāt iespējamus defektus (poras, plaisas, nemetāliskos ieslēgumus u.c.). Vienveidīgas operācijas (ārēju un iekšēju cilindrisku vai konisku virsmu virpošanu, vai plakanu virsmu, pakāpju un rievu frēzēšanu) plāno vienu aiz otras. Urbumu apstrādi paredz tehnoloģiskā procesa beigās. Virsmu apdares operācijas izvēlas atbilstoši nepieciešamajai izmēru precizitātei un virsmu raupjumam.

Cīta veida apstrādes, kuras parasti neuzstāda metālapstrādes cehos, piemēram (termiskās apstrādes krāsnis, krāsošanas kameras u.c.), plāno apstrādes beigās. Tas samazina sagatavju papildus transportēšanu un nepārtrauc apstrādi ar asmeņu instrumentiem.

Rūpnieciskajā ražošanā sagataves (kalumus un lējumus) dažkārt pirms apstrādes ar asmeņu griezējinstrumentiem, pakļauj termiskai apstrādei – normalizācijai vai atlaidināšanai. Tās nolūks samazināt iekšējos spriegumus un uzlabot apstrādājamību.

Vairāku atbildīgu mašīnu elementu (zobratu, vārpstu, pirkstu) darba virsmām nepieciešama paaugstināta cietība, stiprība un nodilumizturība. Tām nepieciešama rūdīšana ar sekojošu zemas (200 °C) vai vidējas (400

⁰C) temperatūras atļaidināšanu. Pēc termiskās apstrādes virsmas iegūst ne tikai paaugstinātu cietību HRC 30...40, bet augsto temperatūru ietekmē oksidējas un deformējas, zaudējot precizitāti un virsmas kvalitāti. To tālāka apstrāde ar asmeņu griezējinstrumentiem ir ierobežota. Termiski apstrādātām detaļām ir nepieciešama slīpēšana, iepriekš paredzot virsmām atbilstošas uzlaides. Rūdīšanu plāno pēc apstrādes ar asmeņu griezējinstrumentiem, bet pirms slīpēšanas un cita veida abrazīvās apstrādes. Rūdīšanu ar tai sekojošu augstas temperatūras (600 ⁰C) atļaidināšanu dažkārt paredz arī starp rupjo un gludo virpošanu, frēzēšanu vai ēvelēšanu.

Pastāv zināmas atšķirības, tehnoloģisko procesus uzbūvē darbam cīparvadības darbmašīnām, bet apstrādes saturs būtiski neatšķiras.

12.5.3. Tehnoloģisko procesu ekonomiskais novērtējums.

Mašīnbūvē ir sastopami gadījumi, kad konkrētas detaļas iespējams izgatavot, izmantojot dažādus tehnoloģiskos procesus. Tehnoloģisko procesu lietderību biežāk vērtē vadoties pēc ekonomiskuma, retāk pēc produktivitātes. Procesu lietderību novērtē, salīdzinot konkurējošos tehnoloģiskos variantus pamatojoties uz produkcijas pašizmaksu.

Produkcijas pašizmaksas aprēķināšanai pastāv divas metodes - grāmatvedības un diferencētā. Grāmatvedības metode ir vienkāršāka par diferencēto, bet mazāk precīza, jo neievērtē visus faktorus. Katrai metodei ir sava aprēķinu metodika. Abos gadījumos izdevumus C , kas veido produkcijas ražošanas izmaksas, sadala divās daļās:

$$C = A \cdot x + B,$$

kur C - produkcijas vienības pašizmaksa;

A - izdevumi, kas tieši proporcionāli izgatavoto detaļu skaitam;

B - izdevumi, kas nav tieši atkarīgi no izgatavoto detaļu skaita;

x - izgatavoto detaļu skaits.

Aprēķinot izmaksas visiem iespējamiem apstrādes variantiem, rodas taisnes vienādojumi:

$$C_1 = A_1 \cdot x + B_1;$$

$$C_2 = A_2 \cdot x + B_2;$$

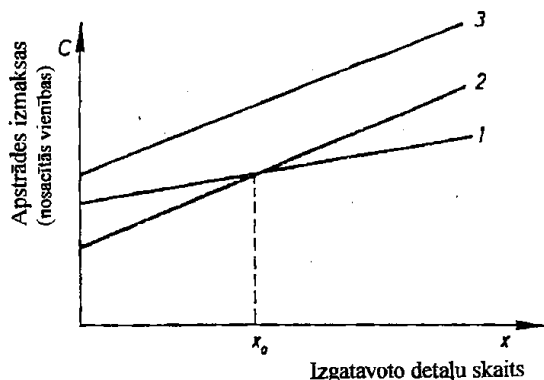
$$C_3 = A_3 \cdot x + B_3.$$

Konkurējošos variantus salīdzina ar grafiski analītisko metodi. Pēc optimālās tehnoloģijas izgatavotās detaļu partijas pašizmaksai ir jābūt zemākai par pašizmaksu pēc jebkuras citas tehnoloģijas.

Piemērs parāda (12.8.att.), ka detaļu skaitam līdz x_0 , izdevīgākais ir otrais tehnoloģiskais process, bet detaļu skaitam lielākam par x_0 - pirmais. Trešais tehnoloģiskais process nav izdevīgs ne pie viena izgatavojamo

detaļu skaita. Analogi salīdzina arī vienas atsevišķas detaļas izgatavošanas pašizmaksas.

$$C = A + \frac{B}{x}$$



12.8. att. Tehnoloģisko procesu salīdzināšana ar analītisko aprēķinu metodi:

C - apstrādes pašizmaksas; x - izgatavoto detaļu skaits; 1, 2, 3 - konkurējošie tehnoloģiskie procesi.

12.5.4. Pamatjēdzieni par detaļu un mašīnu tehnoloģiskumu.

Konstrukcija ir tehnoloģiska, ja tā pilnībā nodrošina ekspluatācijas prasības, bet to izgatavošana attiecīgos ražošanas apstākļos ir ekonomiski izdevīga. Par galveno tehnoloģiskuma kritēriju izvirza izgatavošanas izmaksas. Lai radītu tehnoloģiskas konstrukcijas, konstruktoram projektēšanā jāievēro vairākas prasības.

Galvenie tehnoloģiskuma nosacījumi:

- *konstrukcijai jābūt vienkāršai un lietderīgai (mašīna jāveido no minimāla detaļu skaita);
- *jānodrošina iespējami pilnīgāka standartizētu, unificētu un normalizētu elementu izvēle;
- *jāveido konstrukcijas, kas to izgatavošanā ļauj lietot augstākus tehnoloģiskos procesus;
- *sagatavju izvēlei jābūt racionālai, lai samazinātu materiālu un darba patēriņu;
- *mašīnu salikšanai jābūt vienkāršai un ekonomiskai, bet to apkalpošanai vienkāršai un drošai;
- *mašīnām jābūt remontam noderīgām.

LITERATŪRA

1. J.Avotiņš Konstrukciju materiālu tehnoloģija 1. daļa Metālu karstā apstrāde. – Jelgava: LLU. 2000. – 127 lpp.
2. J.Avotiņš Konstrukciju materiālu tehnoloģija 2. daļa Apstrāde griežot. – Jelgava: LLU. 2001. – 221 lpp.
3. J.Avotiņš Metālapstrāde. Kursa darbs – Tehnoloģisko procesu izstrāde. Metodiskie norādījumi.- Jelgava: LLU, 2005.- 90 lpp.
4. G. Vērdiņš, I. Dukulis. Materiālu mācība. Jelgava: LLU, 2008. – 240 lpp.
5. Mašīnbūves materiāli un to apstrāde. J.Avotiņa redakcijā. R., "Zvaigzne", 1985. - 300 lpp.
6. O.Pētersons, J.Priednieks. MIG/MAG metināšana. Rīga: AGA SIA, 2005.g. 108 lpp.
7. O.Pētersons Metālu metināšana. Rīga, IU „Mācību apgāds”, 1999.g.186 lpp.
8. G. Bunga, Ē. Geriņš. Apstrādes ar atdalīšanu tehnoloģijas. Rīgas Tehniskā universitāte, 2007.g. 85 lpp.
9. Bunga L., Jonāns A. Aparātubūves un mašīnbūves tehnoloģijas pamati. R., "Zvaigzne", 1978.- 246 lpp.
10. 10.Metālgriešanas mašīnas. V.Zars, K.Pauliņš, E.Riekstiņš. R., "Zvaigzne", 1977. - 366 lpp.
11. 11.Čehu abrazīvie materiāli. Rokasgrāmata. SIA Latvijas instruments. 1996. – 90 lpp.
12. 12.Handbook. Welding consumables. OERLIKON Schweißtechnik. 1996. – 450 p.
13. 13.Welding cutting General cataloge (Francija, angļu val.) SAF. 1996. – 140 lpp.
14. 14.Firmas KNUTH (Vācija, vācu val.). Metālgriešanas mašīnu katalogs. 1997. - 226 lpp.
15. New tools from Sandvik Coromant. Sweden. 2004.- 202 lpp.
16. New Lesson in ARC Welding. The Lincoln Elektrik Company. USA. 1996.
17. Mc. GRAW-HILL. Machine Tools Handbooks. 2008. by The Mc. Graw-Hill companies. USA.750 lpp.

PIELIKUMI

1. Griezšanas procesa parametru apzīmējumu salīdzinājums

Parametra nosaukums	Klasiskie apzīmējumi	Apzīmējumi katalogos
Apstrādājamās virsmas vai griezējinstrumenta diametrs, mm	D	D_m
Apstrādājamās virsmas garums, mm	l	l_m
Griezšanas ātrums, m/min	V vai v	v_c
Griezšanas dziļums, mm	t	a_p
Padeve, mm/apgr.	s	f_n
Padeve mm/min	s_m	v_f
Padeve mm/uz 1 zobu	s_z	f_z
Rievas platums, mm		l_a
Rotācijas ātrums min^{-1}	n	n
Vidējais rotācijas ātrums, min^{-1}		$\bar{n}$
Pārgājienu skaits	i	nap
Skaidleņķis, grādos	γ	γ
Galvenā griezējasmens slīpuma leņķis, grādos	λ	λ
Galvenais iestatīšanas leņķis, grādos	φ	κ_r
Virsotnes leņķis, grādos	ε	ε
Virsotnes noapaļojuma rādiuss, mm	r	r_e
Mašīnlaiks, min	t_m	T_c
Griezšanas jauda, kW	N_e	P_c
Īpatnējā jauda pie 4 mm biezās skaidas		$K_{c\ 0,4}$
Griezšanas ceļa garums, mm		SCL

2. Mašīnbūves materiālu indeksācija pēc apstrādājamības

Materiālu grupa		Pamata indekss	Materiāla raksturojums	
Apzīmējums	Nosaukums			
P	Oglekļa tērauds	01.	Ar zemu oglekļa saturu	01.1
			Ar vidēja oglekļa saturu	01.2
			Ar augstu oglekļa saturu	01.3
	Leģētais tērauds	02.	Nerūdīts leģētais tērauds	02.1
			Rūdīts un atlaidināts leģētais tērauds	02.2
	Augsti leģētais tērauds	03.	Atkarībā no markas	03.11
				03.13
	Tērauda lējumi	06.	No oglekļa tērauda	06.2
			No leģētā tērauda	06.33
M	Nerūsošais tērauds - kalumi	05.	Ferīta/martensīta klases	05.11
			Austenīta klases	05.21
			Austenīta/ferīta klase	05.51
	Nerūsošais tērauds - lējumi	15.	Ferīta/martensīta klases	15.11
			Austenīta klases	15.21
			Ferīta/martensīta klases	15.51
K	Kaļamais čuguns	07.	Baltserdes	07.1
			Melnserdes	07.2
	Pelēkais čuguns	08.	Rm, min 150 MPa	08.1
			Rm, min 250 MPa	08.2
			Rm, min. 350 MPa	08.3
	Augstas stiprības čuguns	09.	Atkarībā no markas	09.1
				09.2
N	Krāsaino metālu sakausējumi	30.	Alumīnija sakausējumi	30.21
			Vara sakausējumi	30.22
Piezīme. Pēdējās divās materiālu grupās indeksi piešķirti konkrētām apstrādājamā materiāla markām				