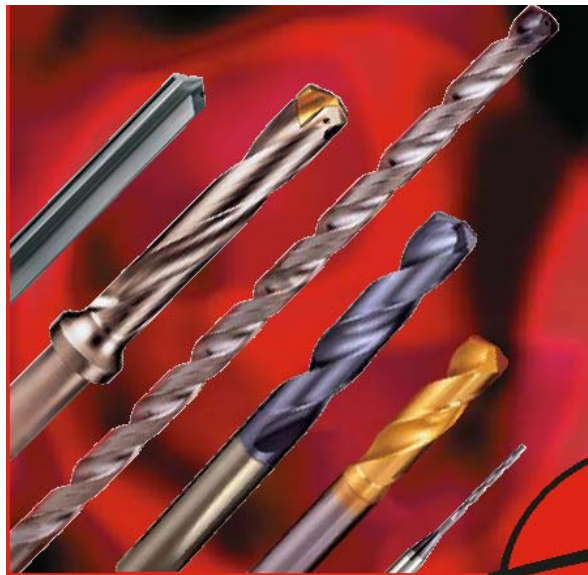
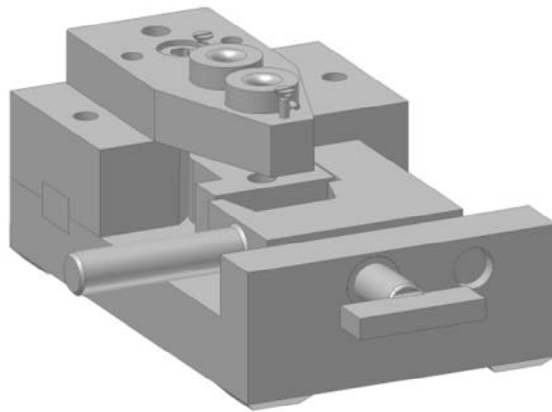


Branko Tadić

ALATI I PRIBORI

SKRIPTA



Kragujevac, 2008.

SADRŽAJ

I.	Uvodna razmatranja o steznim priborima (namena, podela, materijali pribora, trenutno stanje poslovanja sa steznim priborima, mogući pravci razvoja)	(1-7)
II.	Osnovni pojmovi o bazama, baziranju i greškama obrade	(1-15)
III.	Elementi za baziranje, samopodešavajući oslonci, regulišući oslonci, gabariti za glodanje, vođice, zavarene i montažne konstrukcije pribora	(1-23)
IV.	Pritezanje predmeta obrade – proračuni i stezni elementi, mehanizacija pribora	(1-29)
V.	Standardizacija, unifikacija i tipizacija steznih pribora, grupni i modularni (fleksibilni) stezni pribori	(1-18)
VI.	Uvodna razmatranja o reznim alatima i materijalima reznih alata	(1-18)
VII.	Geometrija reznih alata	(1-16)
VIII.	Alati u obradi struganjem uključujući i profilne strugarske noževe	(1-21) (1-11)
IX.	Alati u obradi bušenjem	(1-21)
X.	Alati u obradi razvrtnjem i proširivanjem	(1-26)
XI.	Alati u obradi glodanjem	(1-54)
XII.	Alati u obradi provlačenjem	(1-15)
XIII.	Rezni alati za izradu navoja	(1-12)
XIV.	Alati za izradu ozubljenja	(1-7)
XV.	Alati za brušenje i optimizacija izbora reznih alata	(1-13)

I

**Uvodna razmatranja o steznim priborima
(namena, podela, materijali pribora, trenutno
stanje poslovanja sa steznim priborima, mogući
pravci razvoja)**

UVODNA RAZMATRANJA O PRIBORIMA I MATERIJALIMA ZA IZRADU PRIBORA

Procesi transformacije polufabrikata u gotove proizvode i poluproizvode odvijaju se kompleksnim dejstvom sredstava za rad na materijal odnosno predmet obrade. Do traženog oblika ili gotovog proizvoda dolazi se po definisanom redosledu pojedinih operacija i zahvata tj. po predviđenom tehnološkom postupku izrade. U svakom obradnom procesu, pored predmeta obrade, alatne mašine, alata i merne instrumentacije, neminovno je, kao materijalni činilac ovog lanca, prisutan i stezni pribor. Stezni pribor je uvek prisutan bilo kao standardni stezni pribor (stezna glava univerzalnog struga, paralelna stega kod glodalice, elektromagnetni sto kod brusilice za ravno brušenje i sl.) ili kao pribor posebno namenjen određenoj proizvodnoj operaciji. U opštem smislu, u kategoriju pomoćnih pribora mogu se uvrstiti sva ona sredstva za proizvodnju koja služe za određivanje položaja i za stezanje predmeta obrade ili alata, pri čemu, u nekim slučajevima, stezni pribor ima namenu ispravnog vođenja alata u odnosu na predmet obrade.

MESTO I ULOGA STEZNIH PRIBORA

Stezni pribori, kako je naglašeno, jesu obavezni materijalni činilac obradnog sistema. Njihovom primenom, u odnosu na rad bez njih, dolazi se do poboljšanja niza tehnoekonomskih efekata. Efekti primene steznih pribora ogledaju se kroz:

- ispravno baziranje radnog predmeta (ili alata) na mašini u odnosu na zahtevane konstruktivne baze, čime se izbegava potreba za pojedinačnim obeležavanjem predmeta obrade, a i znatno skraćuje pripremno (pomoćno) vreme,
- smanjenje grešaka tačnosti dimenzija pri postavljanju predmeta obrade u stezni pribor, nezavisno od veštine radnika, što je jedan od preduslova za mogućnost sprovođenja principa zamenljivosti gotovih proizvoda,
- najveće mogućnosti iskorišćenja performansi postojećeg mašinskog parka,
- povećanje produktivnosti alatnih mašina,
- olakšanje rada radnika i realnije određivanje normativa rada i
- uspešnije koordiniranje radnih vremena u funkcionalnoj, a posebno u linijski organizovanoj proizvodnji.

Povećanje tehnoekonomskih efekata uz primenu pomoćnih pribora može se sagledati kroz:

- skraćenje vremena i povećanje pouzdanosti određivanja radnog položaja (lokacije) predmeta obrade ili alata,
- skraćenje vremena za stezanje predmeta obrade ili alata,
- skraćenje vremena obrade,
- mogućnost primene radnika nižih kvalifikacija uz istovremeno obezbeđenje potrebnog kvaliteta i proizvodnosti,
- smanjenje fizičkog zamora radnika,
- sniženje procenta škarta i
- uštede u službi kontrole i smanjenje broja potrebnih mernih pribora.

KLASIFIKACIJA POMOĆNIH PRIBORA

Podela pomoćnih pribora na različite klase ili grupe moguća je, u opštem slučaju, na osnovu nekoliko kriterijuma:

- prema vidu radnog postupka,
- prema kontinualnosti rada,
- prema stepenu mehanizacije,
- prema stepenu univerzalnosti,
- prema broju predmeta obrade koji se istovremeno stežu i obrađuju i
- prema konstruktivno-eksploatacionim karakteristikama.

Prema vidu radnog postupka razlikuju se:

- pribori za livenje, valjanje i slične prethodne operacije,
- pribori za pripremne operacije (obeležavanje, centriranje i slično),
- **pribori namenjeni obradi rezanjem**,
- pribori namenjeni obradi deformacijom,
- pribori namenjeni za sklapanje i montažu,
- pribori namenjeni za termičku obradu i
- pribori namenjeni za završne operacije (bojenje, zaštita površina i slično).

U daljem izlaganju prvenstveno će biti reči o priborima koji se primenjuju u okviru obrade metala rezanjem. S tog aspekta moguća je dalja podela pribora na:

- pomoćne pribore namenjene strugarskoj obradi,
- pomoćne pribore namenjene obradi na glodalicama,
- pomoćne pribore namenjene obradi na bušilicama,
- pomoćne pribore namenjene obradi na brusilicama i
- pomoćne pribore namenjene ostalim vrstama obrade.

Prema kontinualnosti rada, kod pomoćnih steznih pribora, moguće je ili ne prekidanje radnog ciklusa u kojima su, u potpunosti odvojeni pomoćni i radni periodi sa različitim stepenom preklapanja pomoćnih i glavnih vremena izrade.

U pogledu stepena mehanizacije pomoćnih pribora postoje dva granična stanja, odnosno:

- pribori sa isključivo ručnim posluživanjem i
- pribori sa potpunom automatizacijom celokupnog rada.

Između ova dva granična stanja prisutan je veliki broj rešenja različitog stepena mehanizacije.

Stepen univerzalnosti pribora može biti različit. Na primer, mogu biti standardizovani pribori za delove različitih oblika (stezač sa tri čeljusti, obrtni šiljci i slično).

Prema broju predmeta, ili alata, koji se istovremeno stežu u pomoćnom priboru razlikuju se pribori za stezanje jednog ili više predmeta obrade ili alata.

Prema nameni moguća je dalja podela pomoćnih pribora na četiri kategorije:

- pribori opšte namene (univerzalni),
- pribori individualne namene (specijalni),
- grupni pomoćni pribori i
- agregatirani - modulni ili montažno-demontažni pribori.

Pri projektovanju pribora opšte namene teži se postizanju kompromisa između funkcionalnosti pribora i mogućnosti njegove primene pri stezanju različitih vrsta predmeta obrade. Ovi pribori predstavljaju standardizovane ili normalizovane proizvode razvijene za višestruku upotrebu. Primenjuju se u pojedinačnoj i maloserijskoj proizvodnji.

Pribori individualne namene ili specijalni stezni pribori su jednonamenski proizvodi namenjeni određenoj proizvodnoj operaciji odnosno baziranju i stezanju određenih predmeta obrade. Primenjuju se u serijskoj i masovnoj proizvodnji.

Grupni pomoćni pribori primenjuju se za baziranje i stezanje grupe tehnološki sličnih elemenata (predmeta obrade). Pri projektovanju pribora za grupnu obradu teži se ostvarenju jedinstvene osnovne konstrukcije pribora i što manjem broju izmenljivih elemenata pribora. S obzirom da grupna tehnologija ima za cilj povećanje produktivnosti ovi pribori se najčešće primenjuju u uslovima serijske i masovne proizvodnje.

Agregatirani ili montažno - demontažni pribori-modulni pribori predstavljaju nov koncept sistema projektovanja pomoćnih pribora. Osnovna odlika ovih pribora je njihova visoka fleksibilnost koja je dovela do masovne primene istih u uslovima pojedinačne, maloserijske, pa čak i serijske proizvodnje. Osnovna prepreka na putu veće primene ove vrste pribora u serijskoj i masovnoj proizvodnji jeste njihova cena odnosno visina početnih ulaganja u pribore. Naime, sa ekonomskog aspekta, ulaganje u ovu vrstu pribora isplativo je tek nakon pet do deset godina njihove eksploatacije.

OSNOVNI PRINCIPI PROJEKTOVANJA STEZNIH PRIBORA

Kako je ranije naglašeno, stezni pribori predstavljaju neophodan materijalni činilac svakog obradnog procesa odnosno element obradnog sistema alat- mašina-predmet obrade – stezni pribor. Pri projektovanju stezni pribor treba razmatrati, ne kao statički, već nasuprot tome kao element složenog dinamičkog sistema. S tim u vezi, stezni pribor predstavlja zasebnu konstrukciju koja treba da zadovolji zadate funkcije cilja pri dejstvu složenih dinamičkih opterećenja i drugih uticaja.

Pri projektovanju steznog pribora treba ispoštovati osnovne principe projektovanja od kojih se mogu izdvojiti sledeći:

- funkcionalnost,
- pouzdanost,
- tehnološkičnost izrade,
- ekonomičnost i
- lakoća opsluživanja.

Osnovna namena steznog pribora je realizacija proizvodne operacije, zahvata ili proizvoda uopšte. Pri tome stezni pribor treba da omogućiti zadovoljenje svih zahteva

po pitanju ostvarenja određenih kota i zahtevanog kvaliteta obrađenih površina, odnosno da omogući pouzdano baziranje i stezanje predmeta obrade. Znači, pri projektovanju pomoćnog steznog pribora treba imati u vidu materijalne odnose između pribora sa jedne strane i predmeta obrade, alatne mašine, alata, pribora za merenje i radnika sa druge strane, a takođe i procese koji se odvijaju u vremenu: postavljanje i skidanje predmeta obrade, određivanje njegovog položaja, oslanjanje, stezanje i otpuštanje, mašinska obrada. Pored toga prisutni su i zahtevi u pogledu dovođenja sredstva za hlađenje i podmazivanje, odvođenja strugotine i zaštite na radu. U pogledu predmeta obrade treba istaći zahteve po pitanju određenih kota, tolerancija i kvaliteta obrađene površine, što je definisano konstruktivnim crtežom dela odnosno operacionom listom u tehnološkom postupku izrade dela. Konstruktivna i tehnološka dokumentacija, po pravilu, sadrži sve relevantne podatke potrebne za koncipiranje i razradu pomoćnog pribora (kote, tolerancije, režime obrade na osnovu kojih se mogu odrediti sile rezanja, polazni oblik polufabrikata, obim proizvodnje i slično). Navedene informacije služe kao polazna osnova koja definiše zadatak projektantu pomoćnog pribora. Uvažavajući navedene informacije, po prioritetima, projektant koncipira idejno rešenje pomoćnog pribora, vrši određene proračune (proračun grešaka baziranja i stezanja, ukupne greške izrade, proračun potrebne sile stezanja i dr.) i pristupa razradi konstruktivne dokumentacije.

Pri projektovanju treba težiti zadovoljenju osnovne funkcije pribora, tj:

- funkcionalnost pribora,
- visoka pouzdanost pribora,
- lakoća opsluživanja,
- bezbednost rada i
- niska cena pribora.

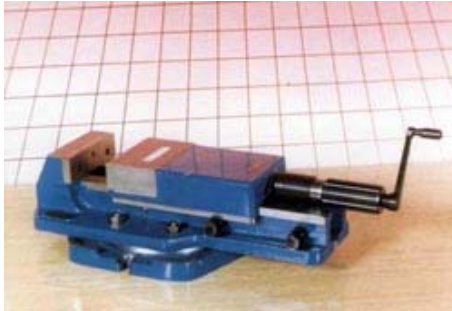
MATERIJALI ZA IZRADU STEZNIH PRIBORA

Za izradu steznih pribora, najčešće se primenjuju čelici za cementaciju i čelici za poboljšanje. U najvećem broju slučajeva reč je o ugljeničnim konstruktivnim čelicima za cementaciju i čelicima za poboljšanje. Neki elementi pribora, o čemu će u budućim izlaganjima biti više reči, izrađuju se i od legiranih čelika.

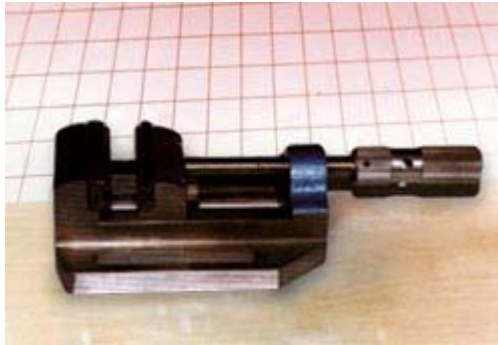
Izbor vrste čelika vrši se na osnovu vida opterećenja kojem je određeni deo pribora izložen u toku eksploatacije (savijanje, habanje, udarna opterećenja i slično). U mnogim slučajevima postoji više alternativnih rešenja, što će se posebno razmatrati za određene, funkcionalne elemente pribora.

STANDARDNI STEZNI PRIBORI

Standardni stezni pribori imaju veliku primenu u operacijama obrade metala rezanje. Najviše su zastupljeni u pojedinačnoj i maloserijskoj proizvodnji. Koriste se za baziranje i stezanje predmeta obrade ili alata. Proizvode ih specijalizovani proizvođači pribora. Na narednim slikama prikazane su neke od mogućih rešenja standardnih steznih pribora (slika 1-7)



Slika 1. - Standardna stezni pribor za glodanje



Slika 2. - Standardni stezni pribor za glodanje



Slika 3. - Obrtni stezni pribor



Slika 4. -Obrtni stezni pribor



Slika 5. - Ugaoni stezni pribor



Slika 6. - Stezne čaure za alate



Slika 7. - Pribor za struganje

PREGLED POSLOVANJA SA STEZNYM PRIBORIMA U DOMAĆOJ METALOPRERAĐIVAČKOJ INDUSTRIJI

U domaćoj metaloprerađivačkoj industriji najvećim delom su zastupljeni specijalni stezni pribori. Univerzalni i univerzalniu montažno – demontažni pribori u većem obimu zastupljeni su samo kod proizvođača (alatnica) specijalnih alata i pribora. Standardizacija, tipizacija i unifikacija stezних pribora takođe je izvršena samo kod manjeg broja preduzeća.

Projektovanje specijalnih stezних pribora vrši se u službama konstrukcije dok se izrada istih vrši ili u sopstvenim pogonima (alatnicama) ili u specijalizovanim alatnicama što uglavnom zavisi od složenosti pribora i mogućnosti sopstvenog mašinskog parka korisnika pribora.

Sama procedura projektovanja je dosta zastarela. Za određeni broj proizvodnih operacija (n_1), određeni broj projekatata (n_2) projektuje se (n_3) različita stezna pribora. Ako je nešto od tih pribora standardizovano, tipizirano ili unificirano, onda je to urađeno isključivo u okvirima internih standarda. Nije poznato da između preduzeća koja se bave proizvodnjom srodnih proizvoda postoji saradnja sa aspekta stezних pribora. Može se dogoditi da se u okviru jedne firme mogu naći različiti oblici stezних pribora namenjenih izvođenju veoma sličnih operacija.

U cilju dobijanja kvantitativnih pokazatelja stanja poslovanja sa stezным priborima potrebno je raspolagati sa podacima vezanim za:

- godišnji obim proizvodnje specijalnih stezних pribora u domaćoj industriji,
- geometrijske i druge karakteristike elemenata specijalnih pribora,
- trend promene obima proizvodnje stezних pribora,
- režim izrade specijalnih setzних pribora,
- vrste primenjenih materijala,
- broj standardizovanih, unificiranih i tipiziranih elemenata pribora,
- stepen mehanizacije i automatizacije stezanja,
- broj, odnosno odnos između univerzalnih i specijalnih mašina koje su zastupljene u domaćoj metaloprerađivačkoj industriji.

Svi navedeni podaci potrebni su pored ocene stanja poslovanja sa stezным priborima, i kao polazni podaci za standardizaciju, tipizaciju i unifikaciju i razvoj modulnih i univerzalnih montažno – demontažnih stezних pribora.

Sadašnje stanje metaloprerađivačke industrije karakteriše se velikim padom obima proizvodnje. Zbog nedostatka finansijskih sredstava ulaganja u osvajanje novih proizvodnih programa svedena su na minimalnu vrednost. Jasno je da u takvim uslovima privređivanja opada i potreba za stezным priborima. Međutim, stezni pribori se i dalje izrađuju i to prvenstveno kao specijalni.. Zbog smanjenog obima proizvodnje izrada specijalnih stezних pribora još više opterećuje cenu koštanja proizvoda. Prema statističkim analizama na specijalne stezne pribore se u domaćoj metaloprerađivačkoj privredi, u uslovima smanjenog obima proizvodnje, na godišnjem nivou utroše sredstva od preko 12.000.000 evra.

Na osnovu ove kratke analize neosporno se nameće pitanje poslovanja sa stezным priborima kao jednog od bitnih faktora obradnog i naročito proizvodnog sistema domaće industrije. Činjenice govore u prilog tome da korak u optimizaciji poslovanja sa stezным priborima daje višestruke ekonomske efekte.

PODSETNIK ZA STUDENTE

U okviru ove tematske jedinice studenti treba da ovladaju osnovnim informacijama vezanim za pomoćne stezne pribore u obradi metala rezanjem. Studenti treba da znaju odgovore na sledeća pitanja:

1. Šta su stezni pribori?
2. Šta se postiže primenom steznih pribora?
3. Kako se dele stezni pribori?
4. Ko projektuje i proizvodi stezne pribore?
5. Šta je specijalni stezni pribor?
6. Šta je tipizirani stezni pribor?
7. Šta je agregatirani – modulni sistem steznih pribora?
8. Šta je polaz za projektovanje steznog pribora (koji tehnološki i konstruktivni parametri)?
9. Šta je tehnološki postupak izrade dela?
10. Koji materijali se primenjuju za izradu steznih pribora?
11. Koja znanja su potrebna konstruktoru steznih pribora?

Da bi studenti odgovorili u potpunosti na navedena pitanja potrebno je da imaju određena predznanja i iz drugih predmeta, odnosno da znaju odgovore na pitanja:

1. Šta sadrži tehnološki postupak izrade nekog dela?
2. Da li se tehnološki postupak izrade može menjati?
3. Šta su tehnološke a šta konstruktivne kote?
4. Šta su sile a šta otpori rezanja i od čega zavise njihovi intenziteti i smerovi?
5. Kako izgledaju radni stolovi alatnih mašina?
6. Šta je to tolerancija?
7. Šta su ugibi, oscilacije, vibracije i šta ih izaziva?
8. Kako se povećava krutost i stabilnost sistema: alat-mašina, predmet obrade-stezni pribor?
9. Koje vrste naleganja postoje?
10. Koji su osnovni principi konstruisanja?
11. Kako se može uticati na cenu konstrukcije?
12. Na kojim mašinama su obrade rezanjem najskuplje?
13. Šta je standardizacija i čemu služi?
14. Šta je pojedinačna, serijska i masovna proizvodnja?
15. Kako se u svetu posluje sa steznim priborima?
16. Kako se kod nas posluje sa steznim priborima?

II

Osnovni pojmovi o bazama, baziranju i greškama obrade

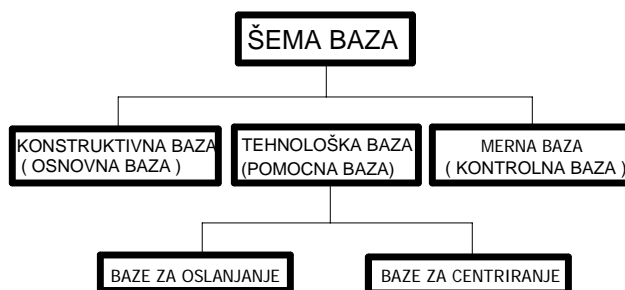
OSNOVNI POJMOVI O BAZAMA I BAZIRANJU

Osnovna funkcija steznog pribora jeste pouzdano baziranje i stezanje predmeta obrade. Pri izvođenju obrade sile rezanja prenose se sa alata na predmet obrade i stezni pribor. Položaj predmeta obrade u steznom priboru mora biti jednoznačno određen odnosno predmet obrade se u steznom priboru treba oslanjati, bazirati i centrirati po tačno definisanim površinama, linijama i tačkama (elementarnim površinama formiranim oko određenih linija i tačaka).

Izbor površina, linija, osa ili tačaka za baziranje zavisi prvenstveno od faktora vezanih za:

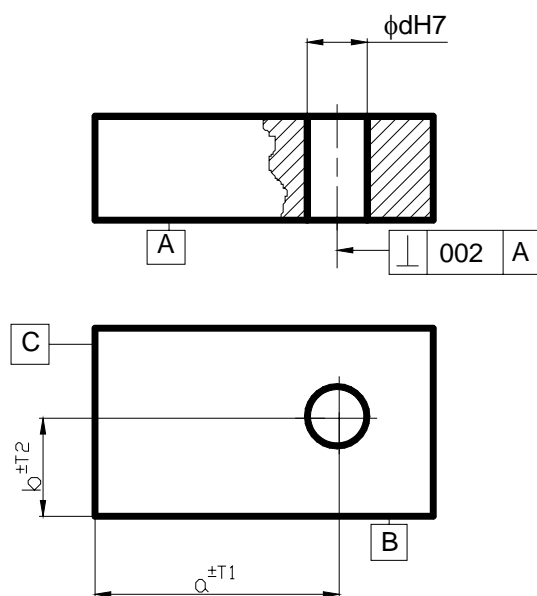
- predmet obrade odnosno gotov proizvod,
- mogućnost izvođenja proizvodne operacije i
- mogućnost stezanja.

Obrada delova sastoji se iz pojedinačnih operacija definisanih tehnološkim postupkom izrade, što znači da se do gotovog proizvoda dolazi po tačno utvrđenom redosledu, na primer: odsecanje, glodanje određenih površina, bušenje, brušenje. Svaka operacija ili zahvat mašinske obrade vezan je za ostvarenje određene kote, kvaliteta obrađene površine i slično. Dakle, do gotovog proizvoda dolazi se kroz niz definisanih radnji (obrada). Svaki deo (mašinski element) definisan je određenim kotama, tolerancijama i zahtevima po pitanju kvaliteta obrađene površine. Po pravilu, konstruktivni crtež dela predstavlja polaznu osnovu za definisanje tehnološkog postupka izrade istog i osnovu za izbor površina, linija i tačaka za baziranje pri koncipiranju konstrukcije pomoćnog pribora. Pri izboru baza takođe treba voditi računa o mogućnosti izvođenja obrade odnosno o orijentaciji površine koja se obrađuje u odnosu na baznu površinu. Pored toga treba voditi računa i o mogućnosti izvođenja stezanja po izabranim baznim površinama. U osnovi, izabrane površine za baziranje, centriranje i graničenje treba da omoguće ostvarenje određenih kota, tolerancija i kvaliteta obrađene površine, uz mogućnost izvođenja procesa mašinske obrade po jednoj ili više površina, i pri maksimalno pouzdanom stezanju predmeta obrade. Na slici 1. prikazana je osnovna podela odnosno šema baza.



Slika 1. – Šema baza

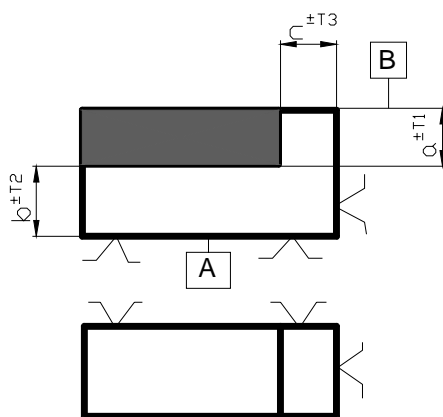
Osnovnim (konstruktivnim) bazama nazivaju se površine, linije i tačke koje određuju položaj dela u sklopu mašine u odnosu na druge delove i sklopove koji se sa njim sprežu. Prvenstveno treba nastojati da se osnovna baza koristi za postavljanje predmeta obrade u stezni pribor. Primera radi analiziraće se konstruktivni crtež dela prikazanog na slici 2.



Slika 2. – Predmet obrade

Analiziraće se operacija obrade otvora $\Phi dH7$. Pretpostavlja se da su površine “ A “, “ B “ i “ C “ prethodno obrađene. Baze ose otvora $\Phi dH7$ sastoje se od tri elementa: površina “ B “ i “ C “ od kojih su definisane kote $a^{\pm T_1}$ i $b^{\pm T_2}$ i donje ravni “ A “ na koju otvor treba da bude upravan.

Pomoćnim (tehnološkim) bazama nazivaju se površine, linije i tačke koje ne utiču na položaj gotovog dela u odnosu na druge delove koji se sklapaju sa njim. Ove baze formiraju se na predmetu obrade samo iz tehnoloških razloga. Na slici 3. dat je primer izbora tehnološke baze.



Slika 3. – Izbor tehnološke baze

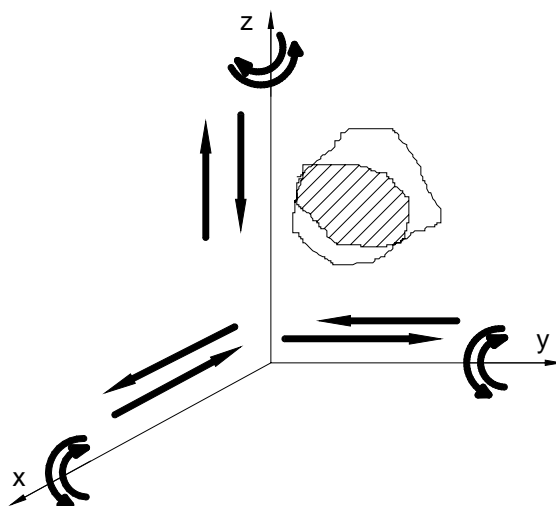
Baze za centriranje su elementi predmeta obrade po kojima se vrši provera položaja predmeta obrade u odnosu na alat i alatnu mašinu.

Mernim ili kontrolnim bazama nazivaju se površine, linije ili tačke od kojih se vrši očitavanje dimenzija pri merenju (kontroli) dela ili po kojima se vrši provera uzajamnog položaja površina (paralelnost, upravnost i sl.). Konstruktivna baza se po nekim autorima naziva merna baza.

OSNOVNE ŠEME BAZIRANJA

Šeme baziranja zavise od konfiguracije dela i oblika površina predmeta obrade. Većina predmeta obrade ograničena je ravnim, cilindričnim ili koničnim površinama. Ove površine se koriste u svojstvu baza za oslanjanje. Uopšteno posmatrano, svako telo u prostoru ima šest stepeni slobode (slika 4.) i to:

- pomeranje u oba smera po x, y i z osi,
- obrtanje u oba smera po x, y i z osi.



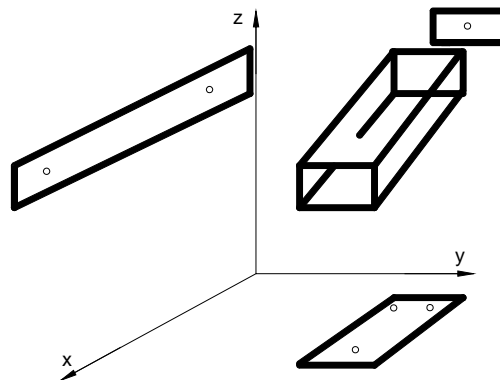
Slika 4. – Mogući stepeni slobode

S obzirom da je većina mašinskih elemenata ograničena ravnim, cilindričnim i koničnim površinama razmatraće se:

- šema baziranja prizmatičnih delova,
- šema baziranja cilindričnih delova i
- šema baziranja kratkih cilindričnih delova oblika diska.
-

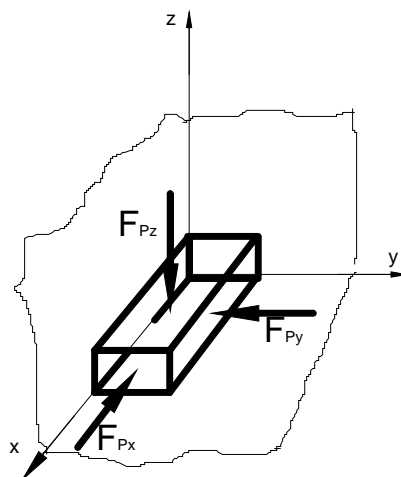
ŠEMA BAZIRANJA PRIZMATIČNIH DELOVA

Po ovoj šemi (Slika 5.) baziraju se delovi slični blokovima motora, kućištima, polugama i slični delovi.



Slika 5. – Šema baziranja prizmatičnih delova

Ako se koordinate zamene osloncima i izvrši stezanje po osloncima onda se predmetu obrade oduzima svih šest stepeni slobode.



Slika 6. – Šema potpunog baziranja i stezanja

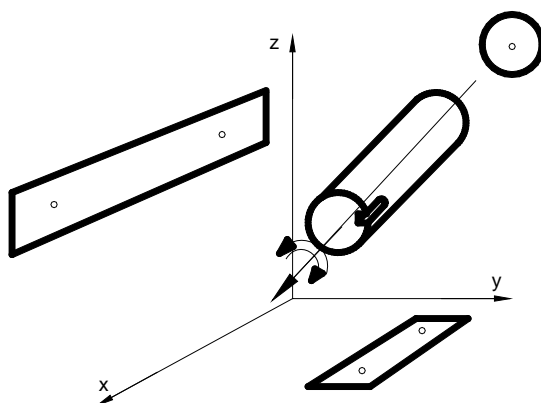
Ovaj sistem baziranja predmeta obrade naziva se pravilom šest tačaka. Ovo pravilo važi, ne samo za delove prizmatičnog oblika, već i za ostale oblike delova. Donja površina predmeta obrade (površina sa tri oslone tačke) naziva se osnovna baza za lokaciju. Za ovu bazu se bira površina sa najvećim gabaritnim dimenzijama.

Bočna površina sa dve oslone tačke naziva se usmeravajuća baza i za nju se bira najduža površina.

Površina sa jednom oslonom tačkom naziva se granična baza.

ŠEMA BAZIRANJA CILINDRIČNIH DELOVA

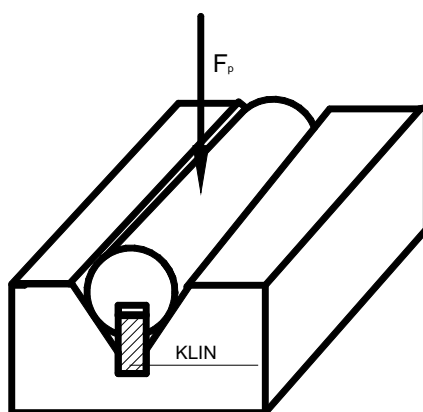
Na slici 7. prikazan je položaj valjka u prostoru. Položaj valjka određen je sa pet koordinata koje valjku oduzimaju pet stepeni slobode.



Slika 7. – Šema baziranja cilindričnih delova

Šesti stepen slobode odnosno obrtanje valjka oko sopstvene ose obezbeđuje se preko nekog elementa valka (žljeba za klin, otvora i sl.) ako je taj element postoji. Četiri oslone tačke raspoređene na spoljašnjoj površini cilindra (valjka) obrazuju dvojnu usmeravajuću bazu. Oslona tačka na kraju cilindra određuje graničnu bazu. Preko klina, čivije i slipčnih elemenata sprečava se obrtanje valjka oko sopstvene ose. Treba naglasiti, da u nekim slučajevima, predmeti obrade oblika valjka nemaju definisan položaj po uzdužnoj osi (žljeb, otvor i sl.). U tim slučajevima, uslovno rečeno, njima se ne oduzima šesti stepen slobode.

Ako se koordinate zamene prizmom, graničnikom i, na primer klinom i izvrši stezanje dobija se potpuna šema baziranja valjka (Slika 8.).

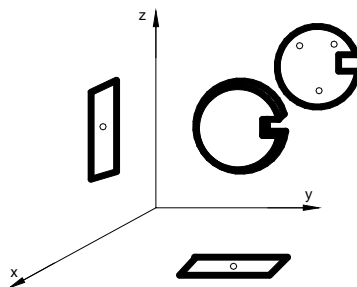


Slika 8. – Potpuna šema baziranja valjka

ŠEMA BAZIRANJA CILINDRIČNIH DELOVA OBLIKA DISKA

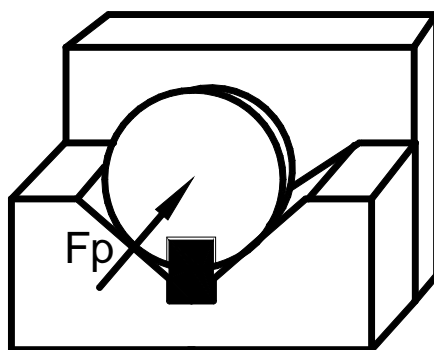
Šema baziranja cilindričnih delova oblika diska prikazana je na slici 9. Čeona površina je osnovna bazna površina (oslonac u tri tačke). Dve oslone tačke na kratkoj cilindričnoj

površini nazivaju se centrirajuća baza. Obrzanje oko sopstvene ose obezbeđuje se kao i pri baziranju delova oblika valjka (klinom, čivijom i sl.).



Slika 9. – Šema baziranja delova oblika diska

Ako se koordinate zamene osloncima i izvrši stezanje po osloncima dobija se potpuna šema baziranja (Slika 10.).



Slika 10. – Potpuna šema baziranja diska

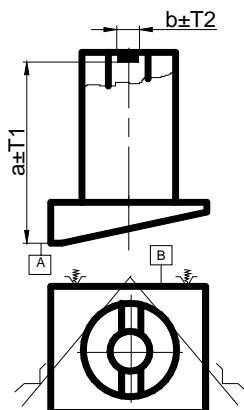
BAZIRANJE DELOVA SLOŽENE KONFIGURACIJE

U prethodnom izlaganju bilo je reči o baziranju elemenata oblika prizme, valjka i diska. U principu najveći broj mašinskih elemenata ima jedan od navedena tri oblika. Međutim, postoji i veliki broj delova čiji oblik podseća na kombinaciju valjka i diska ili prizme i valjka i slično. Baziranje takvih elemenata u određenoj meri odstupa od baziranja elemenata osnovnih (primitivnih) kontura.

Osnovno pravilo pri baziranju elemenata složene konfiguracije jeste to, da se kao bazna površina, osa ili linija uvek iskoristi neki od elemenata osnovnih primitivnih kontura, odnosno: površine, ose i linije prizme, valjka ili diska. Koja će površina, osa, linija ili tačka biti iskorišćena kao oslon, granična ili centražna baza zavisi, pored ostalog, i od same konfiguracije konkretnog predmeta obrade. Baziranje predmeta obrade složene konfiguracije najbolje se može sagledati kroz sledeće primere.

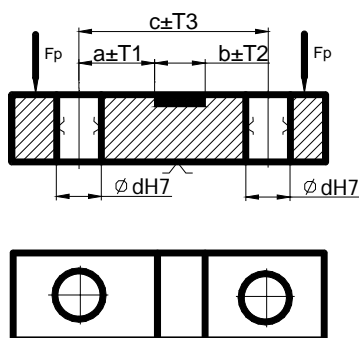
Predmet obrade prikazan na slici 11. sastavljen je od valjka i prizme. S obzirom funkcionalne kote i gabaritne mere predmeta obrade baziranje se izvodi na valjku a graničenje na prizmi.

Na taj način predmetu obrade je oduzeto svih šest stepeni slobode (zakretanje predmeta obrade sprečava se regulišućim osloncem koji je u kontaktu sa površinom “ B “).



Slika 11. – Predmet obrade složene konfiguracije

Predmet obrade prikazan na slici 12. ima osnovni oblik prizme. Na predmetu obrade je potrebno izvršiti obradu glodanjem, prema definisanim kotama. Centriranje predmeta obrade vrši se preko otvora $\Phi dH7$ (otvori imaju oblik valjka) a graničenje preko površine “ A “ (osnovna baza). Ako se uzme u obzir stezanje onda je jasno da je predmetu obrade oduzeto svih šest stepeni slobode.



Slika 12. – Predmet obrade složene konfiguracije

GREŠKA IZRADE PREDMETA OBRADJE

Ukupna greška izrade predmeta obrade Δ sastoji se iz:

- Δ_{baz} – greške baziranja,
- Δ_{st} – greške stezanja,
- Δ_{obr} – greške obrade i
- Δ_{prib} – greške izrade steznog pribora.

Ukupna greška izrade predmeta obrade po odgovarajućoj koti mora biti manja od tolerancije te kote, odnosno:

$$\Delta \leq T .$$

S obzirom na verovatnosni karakter grešaka može se pisati:

$$\Delta \leq \sqrt{\sum \Delta_i^2} = \sqrt{\Delta_{baz}^2 + \Delta_{st}^2 + \Delta_{obr}^2 + \Delta_{prib}^2} \leq T .$$

GREŠKA BAZIRANJA PREDMETA OBRADJE

Greška baziranja predmeta obrade je jedna od osnovnih parcijalnih grešaka izrade. Ona se javlja pri oslanjanju predmeta obrade na tehnološku bazu ukoliko tehnološka baza nije istovremeno i konstruktivna baza. Veličina greške baziranja zavisi od izbora šeme baziranja.

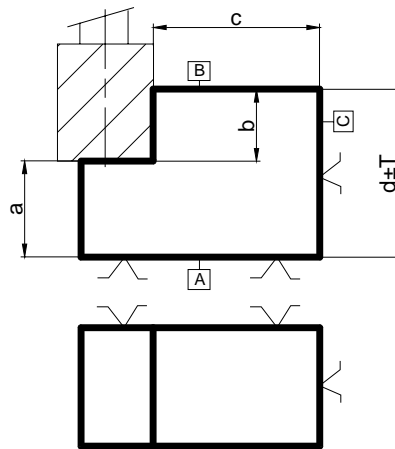
Ako ista površina, osa, linija ili tačka na predmetu obrade služi i za postavljanje predmeta obrade (baziranje) i ujedno je konstruktivna baza, i ako se položaj predmeta obrade ne menja, onda je greška baziranja jednaka nuli.

Pri izboru šeme baziranja uvek treba težiti da se tehnološka, merna i konstruktivna baza poklapaju i da greška baziranja ima nultu vrednost, što pri konstrukciji steznog pribora nije uvek moguće ostvariti. Kada se konstruktivna, tehnološka i merna baza ne poklapaju greška baziranja je veća od nule, odnosno: $\Delta_{baz} \geq 0$, a njena vrednost se određuje kao razlika kota između konstruktivne i tehnološke baze.

Na sledećim primerima mogu se uočiti neke specifičnosti grešaka baziranja.

Greške baziranja (*slika 13.*) po kotama “ a “ i “ c “ jednake su nuli, odnosno:

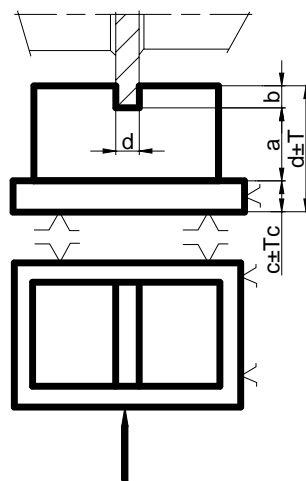
$$\Delta_{baz}^{(a)} = \Delta_{baz}^{(c)} = 0 .$$



Slika 13. – Analiza grešaka baziranja

Predmet obrade oslanja se na površinama “ A “ i “ C “ pa se tehnološka i konstruktivna baza poklapaju. Greška baziranja po koti “ b “ jednaka je toleranciji kote “ d “, odnosno: $\Delta_{baz}^{(b)} = T$. U ovom slučaju konstruktivna baza kote “ b “ je površina “ B “ a njena tehnološka baza je površina “ A “ pa dolazi do nepoklapanja tehnološke i konstruktivne baze. Ako bi želeli da greška baziranja po koti “ b “ ima nultu vrednost onda bi predmet obrade trebalo osloniti na površinu “ B “, što bi u velikoj meri komplikovalo rešenje steznog pribora. Zato se često, u ovakvim slučajevima, kota “ d “ radi u užoj toleranciji, odnosno tolerancija “ T “ je manja od tolerancije kote “ b “. Identičnom analizom (Slika 14.) može se zaključiti da su greške baziranja:

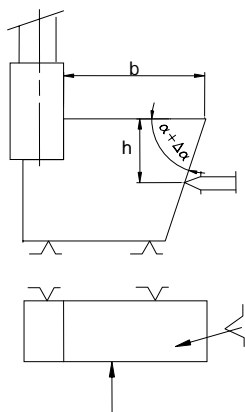
$$\Delta_{baz}^{(a)} = T_c ; \Delta_{baz}^{(b)} = T ; \Delta_{baz}^{(d)} = 0 .$$



Slika 14. – Analiza grešaka baziranja

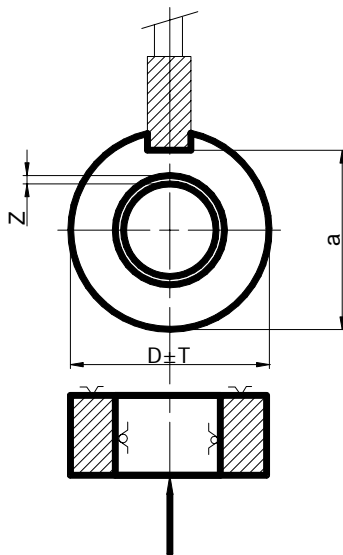
Greška baziranja po koti “ b “ predmeta obrade prikazanog na *slici 15*. može se odrediti po obrascu:

$\Delta_{baz}^{(b)} \cong h \cdot tg\Delta\alpha$, pri čemu je zanemaren proizvod $tg^2\alpha \cdot tg\Delta\alpha$ kao mala veličina nižeg reda.



Slika 15. – Analiza greške baziranja

Predmet obrade prikazan na *slici 16*. baziran je na centražnom čepu. Između centražnog čepa i otvora postoji zazor “ z “.

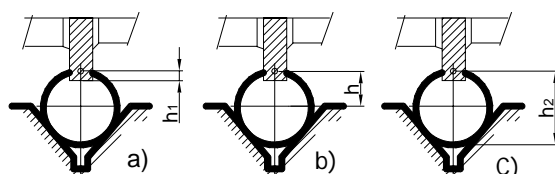


Slika 16. – Analiza grške baziranja

Greška baziranja u ovom slučaju proračunava se po obrascu: $\Delta_{baz}^{(a)} = \frac{T}{2} + z$.

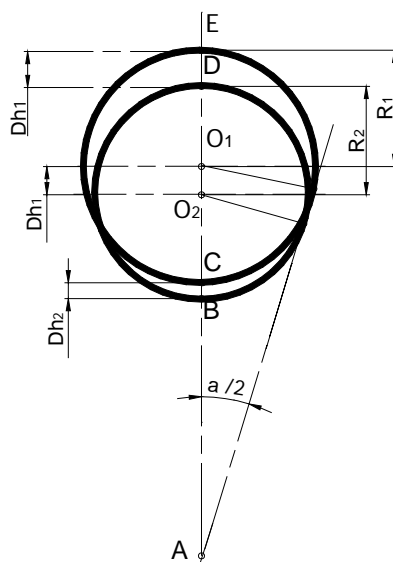
GREŠKA BAZIRANJA CILINDRIČNIH DELOVA

Baziranje cilindričnih delova vrši se u prizmama. Usled postojanja tolerancije prečnika cilindričnih delova njihov položaj (propadanje) u prizmi biće u funkcikiji tolerancije njihovog prečnika, ugla prizme i načina na koji je definisana funkcionalna kota (položaj žljeba ili neke površine koja se obrađuje). U najvećem broju slučajeva na cilindričnim delovima ili delovima oblika diska obrađuje se neki žljeb ili ravna površina, a kote koje ih definišu mogu biti određene na jedan od tri načina prikazana na slici 17 (a- c).



Slika 17 (a- c) – Mogući načini definisanja žljeba

Greške baziranja mogu se odrediti analizom položaja dva granična prečnika cilindričnog dela u prizmi (slika 18).



Slika 18. – Granični položaji valjka ili diska u prizmi

Granični prečnici su D_1 i D_2 odnosno radijusi R_1 i R_2 .

Ukupno odstupanje prečnika iznosi:

$$\delta_D = D_1 - D_2.$$

Na osnovu slike 18. mogu se izvesti sledeće relacije:

$$\Delta h_1 = AE - AD ; AE = AO_1 + O_1E ; AD = AO_2 + O_2D \Rightarrow$$

$$\Delta h_1 = \frac{R_1}{\sin \alpha/2} + R_1 - \left(\frac{R_2}{\sin \alpha/2} + R_2 \right) = (R_1 - R_2) \cdot \left(\frac{1 + \sin \alpha/2}{\sin \alpha/2} \right) = \left(\frac{D_1 - D_2}{2} \right) \cdot \left(\frac{1 + \sin \alpha/2}{\sin \alpha/2} \right) \Rightarrow$$

$$\Delta h_1 = \delta_D \cdot \left(\frac{1 + \sin \alpha/2}{2 \cdot \sin \alpha/2} \right).$$

Greška Δh određuje se na osnovu sledećih zavisnosti:

$$\Delta h = AO_1 - AO_2 = \frac{R_1}{\sin \alpha/2} - \frac{R_2}{\sin \alpha/2} = \frac{R_1 - R_2}{\sin \alpha/2} = \frac{D_1 - D_2}{2 \cdot \sin \alpha/2} \Rightarrow$$

$$\Delta h = \frac{\delta_D}{2 \cdot \sin \alpha/2}.$$

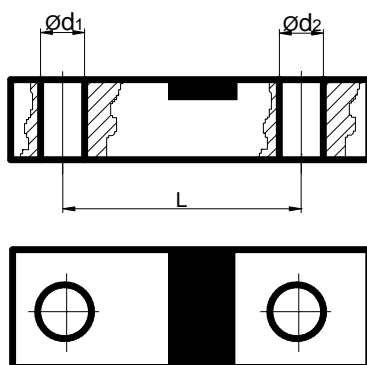
Na sličan način može se odrediti i greška Δh_2 , odnosno:

$$\Delta h_2 = BE - EC = R_1 + \Delta h + R_2 - 2 \cdot R_1 = R_2 - R_1 + \Delta h \Rightarrow$$

$$\Delta h_2 = R_2 - R_1 + \frac{R_1 - R_2}{\sin \alpha/2} = (R_1 - R_2) \cdot \left(\frac{1 - \sin \alpha/2}{\sin \alpha/2} \right) = \delta_D \cdot \left(\frac{1 - \sin \alpha/2}{2 \cdot \sin \alpha/2} \right)$$

GREŠKA BAZIRANJA NA CENTRAŽNIM ČEPOVIMA

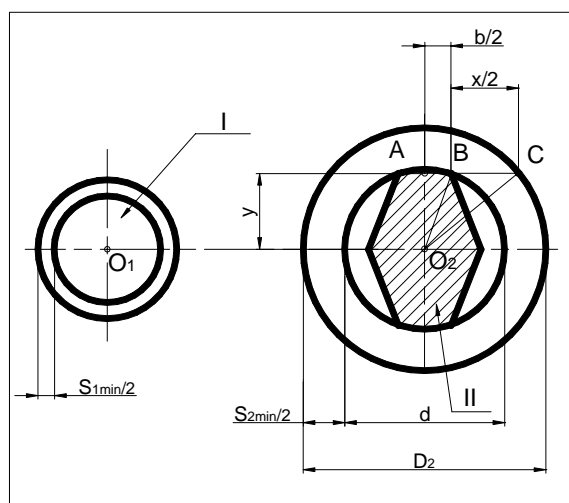
U praksi je veoma čest slučaj da je predmete obrade potrebno bazirati na dva centra otvora. Na slici 19. prikazan je tipičan primer predmeta obrade baziranog na dva čepa za centriranje.



Slika 19. – Baziranje na čepovima za centriranje

Otvori $\varnothing d_1$ i $\varnothing d_2$ i odstojanje centara otvora urađeni su u određenom tolerantnom polju. U zavisnosti od tolerancije kote “ L “ i tolerancije otvora vrši se proračun čepova za centriranje. Da bi predmet obrade bilo moguće postaviti na čepovima neminovno je postojanje određenog zazora između čepova i otvora. Veličina ovog zazora zavisi, kako je ranije naglašeno, i od tolerancije kote “ L “.

Na slici 20. prikazan je predmet obrade postavljen na čepovima I i II.



Slika 20. – Šema centriranja

Čep “ I “ je puni čep dok je čep “ II “ srezan na širinu “ b “ tako da je moguća korekcija osnovnog odstojanja “ L “, odnosno pomeranje predmeta obrade po “ x “ osi za veličinu $\pm \frac{x}{2}$, pri čemu je: $x \geq S_{2min}$.

Na osnovu slike mogu se izvesti sledeće zavisnosti:

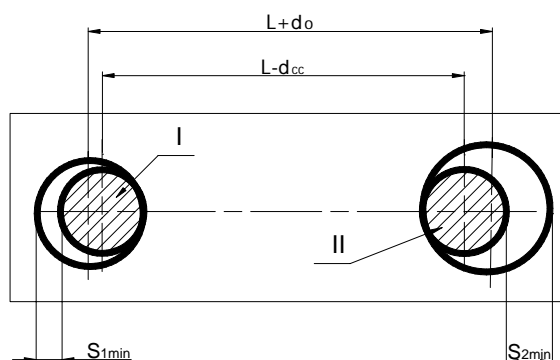
$$y^2 = \left(\frac{d}{2}\right)^2 - \left(\frac{b}{2}\right)^2 \quad \text{i} \quad y^2 = \left(\frac{D_2}{2}\right)^2 - \left(\frac{b+x}{2}\right)^2 = \left(\frac{d}{2} + \frac{S_{2\min}}{2}\right)^2 - \left(\frac{b+x}{2}\right)^2.$$

Izjednačavanjem prethodne dve jednačine dolazi se do veličine x , odnosno:

$$\left(\frac{d}{2}\right)^2 - \left(\frac{b}{2}\right)^2 = \left(\frac{d}{2} + \frac{S_{2\min}}{2}\right)^2 - \left(\frac{b+x}{2}\right)^2 = \left(\frac{d}{2}\right)^2 + d \cdot \frac{S_{2\min}}{2} + \left(\frac{S_{2\min}}{2}\right)^2 - \left(\frac{b}{2}\right)^2 - b \cdot \frac{x}{2} + \left(\frac{x}{2}\right)^2 \Rightarrow$$

$$x = \frac{d}{b} \cdot S_{2\min}, \text{ pri čemu su zanemarene veličine nižeg reda.}$$

Na slici 21. prikazan je granični položaj predmeta obrade postavljenog na čepovima za centriranje. Čepovi su izrađeni na minimalnom osnom odstojanju dok je predmet obrade izrađen sa maksimalnim osnim odstojanjem.



Slika 21. – Granični položaj čepova i predmeta obrade

Za granični položaj mora biti ispunjen sledeći uslov:

$$S_{1\min} + S_{2\min} \geq \delta_o + \delta_{c\check{c}}.$$

Ako je ovaj uslov ispunjen predmet obrade je moguće postaviti na čepove i nije potrebno srezivanje jednog čepa (drugog čepa – čep II).

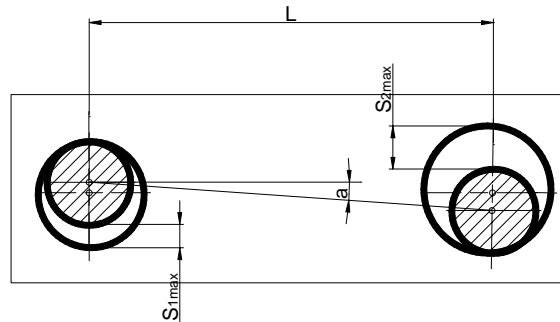
Ako navedeni uslov nije ispunjen vrši se srezivanje čepa II, pa prethodna jednačina prelazi u oblik:

$$S_{1\min} + \frac{d}{b} \cdot S_{2\min} \geq \delta_o + \delta_{c\check{c}}.$$

Iz ovog izraza vrši se proračun potrebne širine zasecanja, odnosno:

$$b \leq \frac{d \cdot S_{2\min}}{\delta_o + \delta_{cc} - S_{1\min}}.$$

Veličina greške baziranja računa se preko ugaone greške (slika 22.), bez obzira da li je neki od čepova srezan.



Slika 22.- Ugaona greška

Ugao zakošenja odnosno maksimalna ugaona greška baziranja iznosi:

$$\alpha = \arctg \frac{S_{1\max} + S_{2\max}}{2 \cdot L}.$$

III

**Elementi za baziranje, samopodešavajući oslonci,
regulišući oslonci, gabariti za glodanje, vođice,
zavarene i montažne konstrukcije pribora**

KONSTRUKTIVNE IZVEDBE ELEMENATA ZA BAZIRANJE

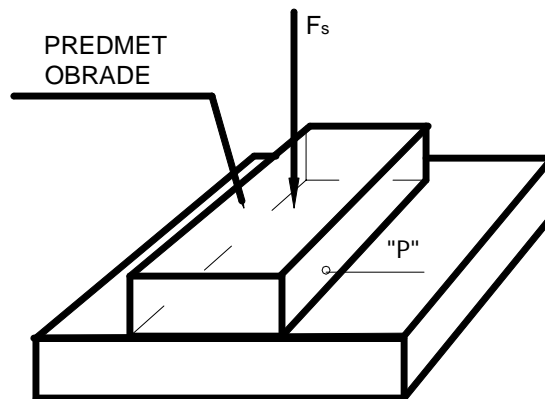
Elementi za baziranje (oslanjanje), određivanje položaja ili lokaciju predmeta obrade imaju za cilj da obezbede jednoznačan položaj i pouzdan kontakt predmeta obrade sa baznim površinama ili, šire posmatrano, elementima za lokaciju. Elementi za baziranje treba da prime sva opterećenja koja se prenose sa predmeta obrade, uz zanemarljiv stepen deformacije. Predmeti obrade se baziraju, oslanjaju i graniče u okolinama jedne, dve ili tri tačke, odnosno po elementarnim površinama formiranim oko određenih tačaka ili linija.

KONSTRUKTIVNE IZVEDBE ELEMENATA ZA BAZIRANJE PRIZMATIČNIH ELEMENATA

Baziranje prizmatičnih elemenata vrši se po ravnim površinama i oslonim i graničnim čepovima. Površina sa najvećim gabaritima treba biti oslonjena u tri ili eventualno četiri tačke.

Pri baziranju po oslonj bazi (površina sa najvećim gabaritima) razlikuje se baziranje obrađenih i baziranje neobrađenih površina.

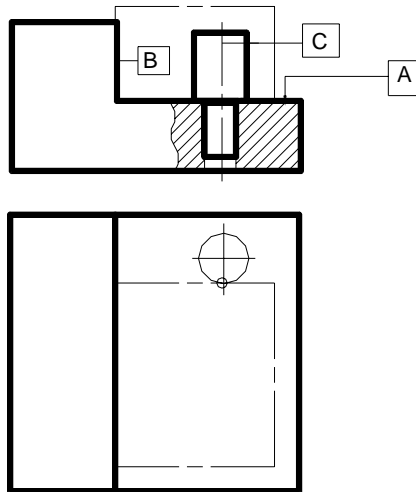
Ako je reč o baziranju obrađenih površina onda se ono, u slučaju manjih gabarita predmeta obrade, može izvesti po čitavoj površini oslone baze (*slika 1.*)



Slika 1. – Baziranje po obrađenoj površini manjih gabarita

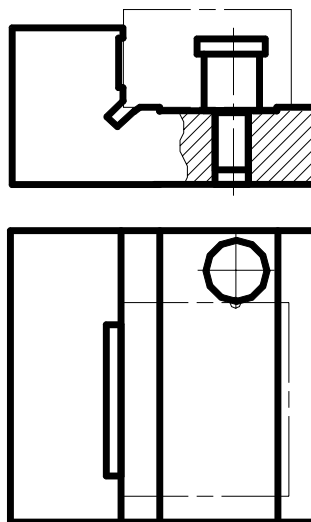
U ovom slučaju se pretpostavlja da su odstupanja ravnosti naležuće površine "P" mala i da će pri dejstvu sile stezanja doći do elastičnih i plastičnih deformacija vrhova neravnina, što će dovesti do kontinualnog naleganja čitave oslone površine. Ovo je potpuno realni slučaj, uz ograničenje da su u pitanju predmeti obrade relativno manjih gabarita i prethodno obrađenih naležućih površina.

Na *slici 2.* prikazan je element pribora koji u sebi sadrži oslonu, usmeravajuću i graničnu bazu.



Slika 2. – Element za baziranje sa oslonom, usmeravajućom i graničnom bazom

Površina “A” predstavlja oslonu bazu, površina “B” usmeravajuću bazu, dok deo površine “C” formiran oko izvodnice čepa obrazuje graničnu bazu. U cilju pouzdanijeg baziranja predmeta obrade element za baziranje se može izvesti i u obliku prikazanom na *slici 3*.

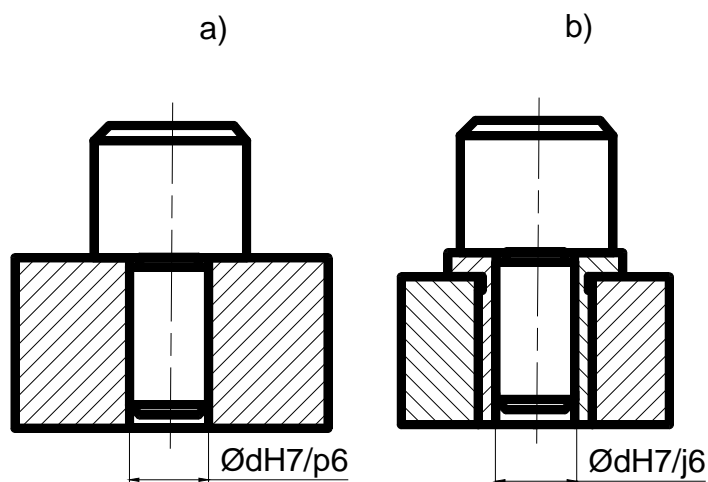


Slika 3. – Element za pouzdano baziranje prizmatičnog dela

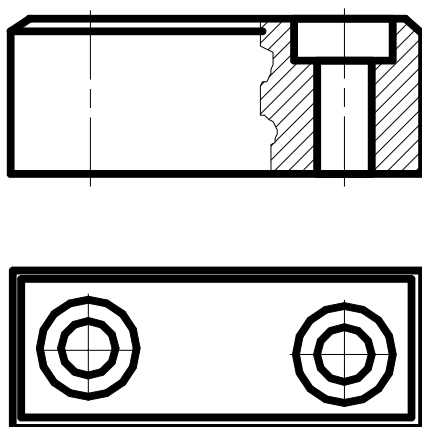
Sa slike se može primetiti da je veći deo baznih površina “A”, “B” i “C” oslobođen, čime se preciznije definišu površine kontakta predmeta obrade sa elementom za baziranje.

U opštem slučaju bazne površine treba izvesti tako da se što preciznije odrede mesta kontakta predmeta obrade i elemenata za baziranje, a pri tome treba voditi računa i o tehnološkim izradama samih elemenata.

Ako su naležuce površine predmeta obrade prethodno obrađene, a radi se o predmetima relativno većih gabarita, onda se bazne površine formiraju sa oslonim čepovima ili oslonim pločicama (*slike 4. i 5.*).



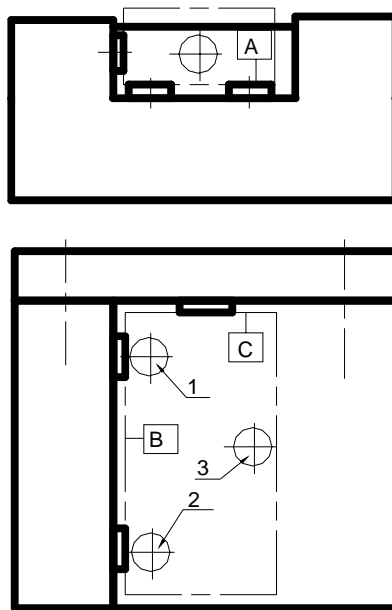
Slika 4. – Konstruktivni oblik oslonih čepova



Slika 5. – Konstruktivni oblik oslonih pločica

Osloni čepovi su standardizovani i najčešće se izrađuju u varijantama a i b. Ako se čep direktno ugrađuje u nosač-element za baziranje onda se izrađuje čvrst spoj $\Phi dH7/p6$ ili $\Phi dH7/n6$. U slučaju kada se osloni čep ugrađuje preko čaure, onda se spoj čaure i oslonog čepa izrađuje u tolerantnom polju $\Phi dH7/j6$.

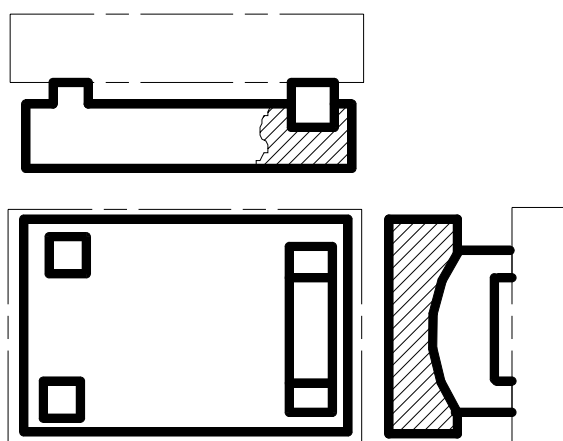
Oslone pločice su takođe standardizovane i izrađuju se u različitim oblicima i dimenzijama a u sklopu se bruse na određenu visinu. Na *slici 6.* prikazan je raspored oslonih čepova ili oslonih pločica na nosaču – elementu za baziranje.



Slika 6. – Raspored oslonih čepova ili oslonih pločica na nosaču (elementu za baziranje)

Oslona bazna površina “A” formirana je u ovom slučaju preko tri oslona čepa, mada je, u principu, mogla biti formirana i preko oslonih pločica.

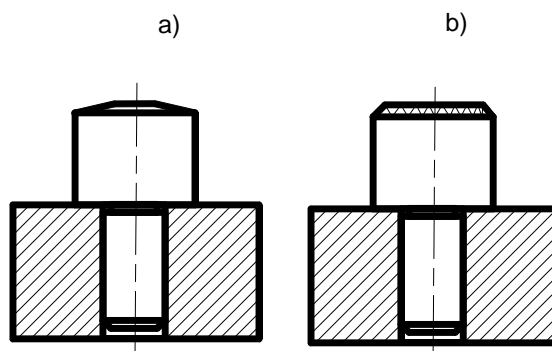
U nekim slučajevima (u zavisnosti od konfiguracije naležuće površine i rasporeda sila rezanja) potrebno je da se predmet obrade oslanja u okolini četiri tačke. U tom slučaju, umesto oslonog čepa 3. treba ugraditi dva čepa, ali ti čepovi treba da budu prilagodljivi, što je šematski prikazano *na slici 7.*



Slika 7. – Šematski prikaz prilagodljivih oslonaca

Usmeravajuća baza “B” (slika 6.) formira se preko dva čepa, dok se granična baza “C” formira preko jednog oslonog čepa.

Ako je reč o baziranju predmeta sa prethodno neobrađenim površinama onda se kao osloni čepovi primenjuju čepovi prikazani na slici 8.



Slika 8. – Osloni čepovi za baziranje neobrađenih delova

Razlika između ovih oslonih čepova i čepova o kojima je ranije bilo reči jeste da su ovi izvedeni sa sferičnom ili nareckanom naležućom površinom. Čep prikazan na slici 8b. primenjuje se u slučajevima kada je potrebno povećati koeficijent trenja između predmeta obrade i oslonca. Naime, zbog oštih vrhova na čeonj površini čepa pri stezanju dolazi do utiskivanja istih u površinu predmeta obrade, pa je tangencijalna nosivost ove veze znatno uvećana.

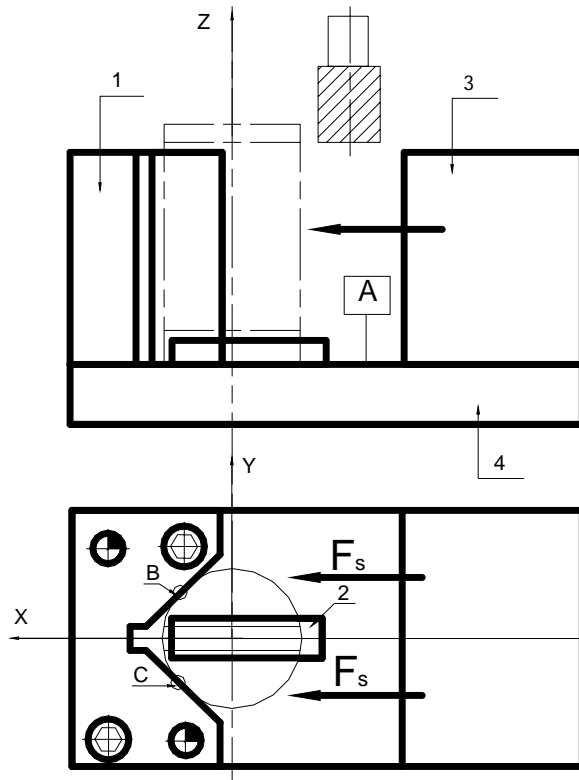
KONSTRUKTIVNE IZVEDBE ELEMENATA ZA BAZIRANJE CILINDRIČNIH DELOVA

Baziranje cilindričnih delova (delovi oblika valjka), kako je ranije rečeno, vrši se u prizmama. Na slici 9. prikazan je predmet obrade baziran u prizmi, oslonjen po ravnoj površini i centriran preko pločice (klina).

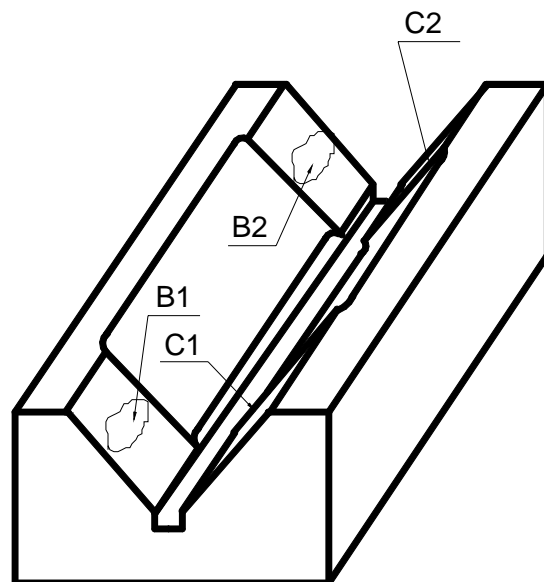
Sa slike se može uočiti da je predmet obrade baziran u prizmu 1., oslonjen po delu površine “A” postolja i preko žljeba u donjem delu centriran pločicom (klin 2.). Predmet obrade je stegnut silom F_s preko elemenata za stezanje smeštenih na nosaču 3. (elementi za stezanje nisu prikazani na slici).

Obrtanje predmeta obrade oko “z” ose i njegovo pomeranje po osi “y” sprečava, prvenstveno klin 2., dok je pomeranje po osama “z” i “x” i obrtanje oko njih sprečeno baziranjem predmeta obrade u prizmu i njegovim stezanjem.

Oslanjanje predmeta obrade vrši se duž izvodnica “B” i “C” odnosno, duž ovih izvodnica formira se elementarna površina u obliku pravougaonika. S obzirom da se predmet obrade u prizmi treba osloniti u okolini četiri tačke, poželjno je da se prizma oslobodi na središnjem delu tj. da ima oblik prikazan na slici 10.



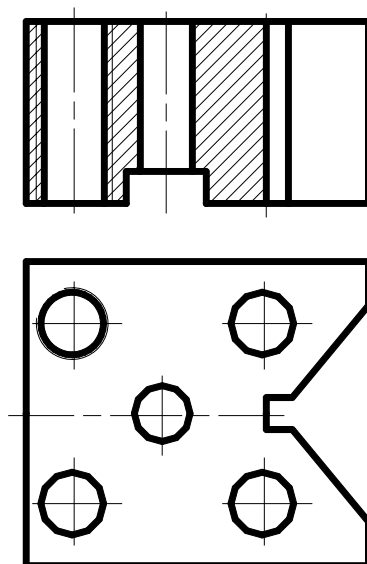
Slika 9. – Baziranje predmeta obrade u prizmi



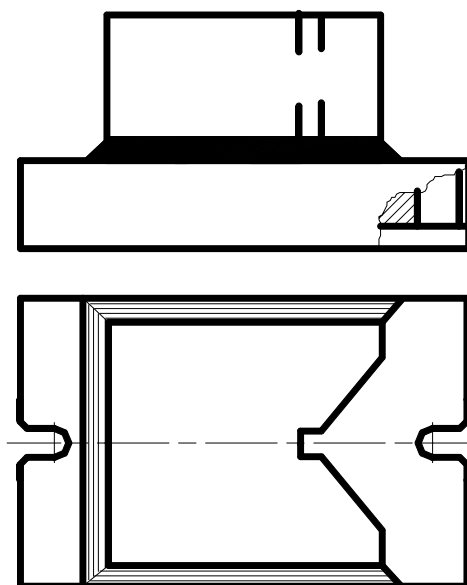
Slika 10. – Šematski prikaz prizme za baziranje

Na ovaj način znatno je preciznije određeno mesto kontakta predmeta obrade i prizme. Predmet obrade će se osloniti po elementarnim površinama formiranim oko tačaka B1, B2, C1 i C2, čime će se u znatnoj meri povećati stabilnost sistema predmet obrade-stezni pribor.

Na *slici 9.* prikazano je graničenje predmeta obrade na osnovnoj ploči 4. površinom "A". Na ovoj ploči predmet obrade će se osloniti samo u okolini jedne tačke, pa je, za slučaj baziranja predmeta većih gabarita, tehnološki pogodno oslanjanje izvesti preko oslonog čepa. Osloni čep može biti sa ravnom, sferičnom ili nareckanom čeonom površinom, o čemu je ranije bilo više reči. Prizme se za osnovnu ploču (postolje) ili telo pribora pričvršćuju, najčešće, razdvojivim vezama (*slika 11.*). U nekim slučajevima, zavisno od zahtevane tačnosti izrade dela, prizma se za telo pribora ili postolje pričvršćuje varenjem (*slika 12.*).



Slika 11. – Mogući konstruktivni oblik prizme



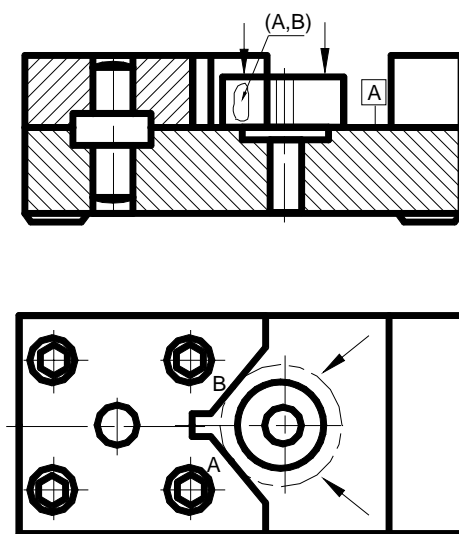
Slika 12. – Veza prizme sa postoljem u obliku zavarenog spoja

Na slici 11. prikazana je jedna od mogućih konstruktivnih izvedbi prizme. Centriranje prizme u odnosu na postolje ili telo pribora vrši se preko žljeba i jedne čivije dok se pričvršćivanje za postolje ili telo pribora izvodi preko četiri zavrtnja. Centriranje prizme u odnosu na postolje ili telo pribora može se izvesti i preko dve čivije a stezanje sa dva, tri ili četiri zavrtnja, što zavisi prvenstveno od gabaritnih mera predmeta obrade i vrsti obrade koja se izvodi na konkretnoj proizvodnoj operaciji.

Na slici 12. prikazana je prizma zavarena sa postoljem pribora. Ovakav tip rešenja konstrukcije je moguć, ali je njena loša strana nemogućnost obrade naležućih površina u sklopu pribora i deformacije i greške nastale kao posledica varenja. Zato se ovakva konstrukcija može primeniti samo u operacijama gde su tolerancije izrade dela široke i gde greške baziranja, nastale kao posledica deformacija pri varenju, neće bitno uticati na grešku izrade predmeta obrade.

KONSTRUKTIVNE IZVEDBE ELEMENATA ZA BAZIRANJE OBLIKA DISKA

Elemente oblika diska karakteriše znatno veći prečnik u odnosu na njihovu visinu (debljinu). Iz tih razloga glavna bazna površina je čeona površina dika, koja je u većini slučajeva ravna površina. Po čeonoj površini disk treba osloniti u okolini tri tačke, što je potpuno identično glavnoj (osnovnoj) bazi pri baziranju prizmatičnih elemenata. Po spoljašnjoj konturi disk se oslanja (centrira) preko prizme, slično kao i pri baziranju cilindričnih delova. Razlika je u tome što se oslanjanje po prizmi vrši u okolini dve tačke. Oduzimanje šestog stepena slobode (obrtanje diska oko sopstvene ose) vrši se na osnovu nekog elementa (klina, otvora, kanala i slično) koji definiše polazni položaj diska. Uslovno rečeno, u nekim slučajevima šesti stepen slobode nije potrebno oduzimati (ako ne postoje zahtevi u smislu dodatnog centriranja predmeta obrade – *slika 13.*).



Slika 13. – Mogući način baziranja diska

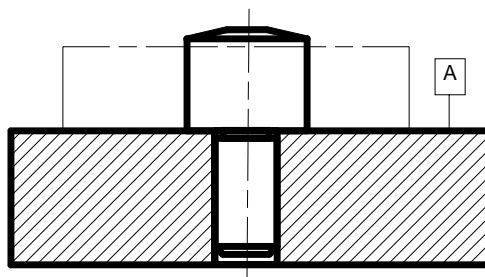
Na *slici 13*. prikazan je jedan od mogućih načina baziranja diska. Oslanjanje diska po osnovnoj baznoj površini “A” vrši se po površini prstena, uz pretpostavku da je čeonu površinu diska mala i prethodno obrađena. U slučajevima većih i neobrađenih čeonih površina baziranje se vrši preko oslonih čepova (tri oslona čepa postavljena pod uglom od 120 stepeni). Oslanjanje na prizmu vrši se u okolini tačaka “A” i “B” odnosno po odgovarajućim elementarnim površinama formiranim oko tih tačaka. Šesti stepen slobode, uslovno rečeno, nije oduzet iz razloga što se radi o bušenju centralnog otvora pa je svaki mogući položaj predmeta obrade identičan.

BAZIRANJE PREDMETA OBRADJE PO OTVORIMA ZA CENTRIRANJE

U praksi je vrlo čest slučaj da se predmeti obrade baziraju, pa i stežu, preko otvora za centriranje. Baziranje može biti izvedeno na sledeće načine:

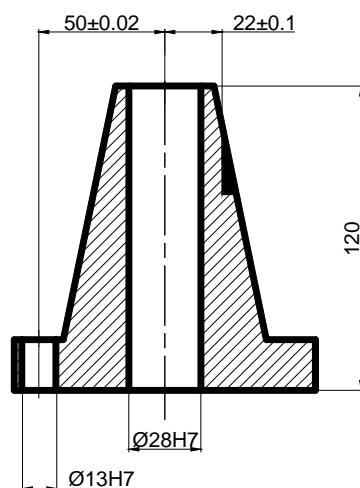
- baziranje po čeonj površini i kratkom otvoru,
- baziranje po čeonj površini i dugom otvoru,
- baziranje po čeonj površini i dva kratka otvora za centriranje,
- baziranje predmeta obrade po dva otvora za centriranje i
- baziranje na dve upravne površine i kratkom čepu.

Po čeonj površini i kratkom otvoru baziraju se elementi oblika diska (*slika 14.*). Osnovna bazna površina je površina “A” po kojoj se predmet obrade oslanja u okolini tri tačke. Baziranje može biti izvedeno (u slučaju malih gabarita predmeta obrade) po “čitavoj” površini “A” ili, u slučaju većih gabarita predmeta obrade, po oslonim čepovima. Čep za centriranje, u ovom slučaju, zamenjuje kratku prizmu preko koje se, na klasičan način, baziraju elementi oblika diska. Šesti stepen slobode oduzima se predmetu obrade, samo u slučajevima, kada na predmetu obrade postoji neka definisana baza, na primer: otvor, žljeb i slično.



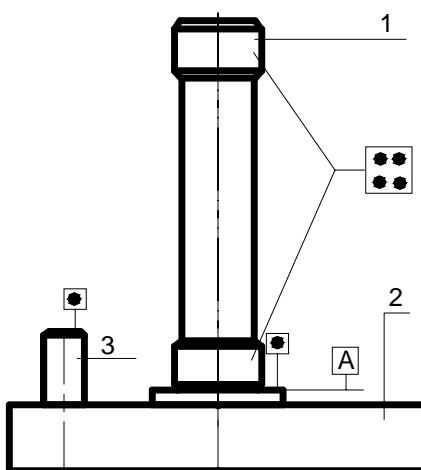
Slika 14. – Baziranje po čeonj površini i kratkom čepu

Dugi otvor predstavlja osnovnu bazu i oduzima, preko dugog čepa, predmetu obrade četiri stepena slobode. Oslanjanje predmeta obrade po čeonj površini, u ovom slučaju, vrši se u okolini jedne tačke (peti stepen slobode), dok se šesti stepen slobode oduzima na osnovu neke baze, unapred definisane na predmetu obrade. Na *slici 15.* prikazan je predmet obrade koji je potrebno centrirati preko dugog otvora dok su na *slici 16.* prikazani elementi za baziranje.



Slika 15. – Predmet obrade

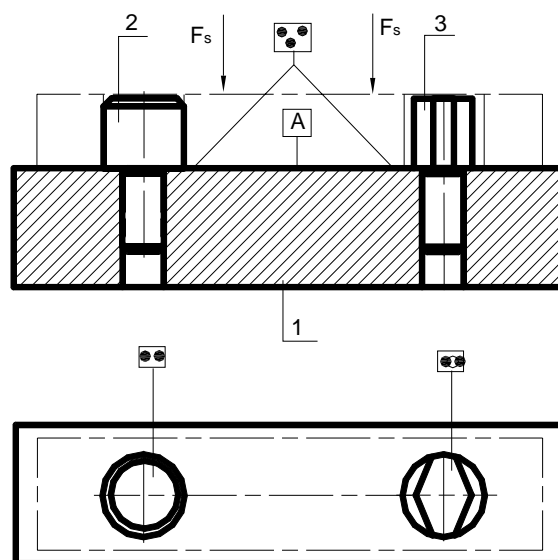
Na predmetu obrade je potrebno izvršiti obradu žljeba (osenčeni deo slike). Element za baziranje bi mogao biti izveden u obliku prikazanom na slici 16. Kao što je na slici prikazano dugi čep oduzima predmetu obrade četiri stepena slobode, a oslanjanje po površini "A" jedan odnosno peti stepen slobode. Zakretanje predmeta obrade oko ose "z" sprečava se preko kratkog čepa (pozicija 3.) koji upada u otvor $\Phi 10H7$, čime je predmetu obrade oduzet i preostali šesti stepen slobode.



Slika 16. – Elementi za baziranje

Baziranje predmeta obrade po čeonj površini i dva otvora za centriranje se vrlo često sreće u praksi. Čepovi za centriranje se izvedu kao puni čepovi ili kao jedan puni i jedan srezani čep, što zavisi od prečnika otvora, njihove tolerancije i tolerancije

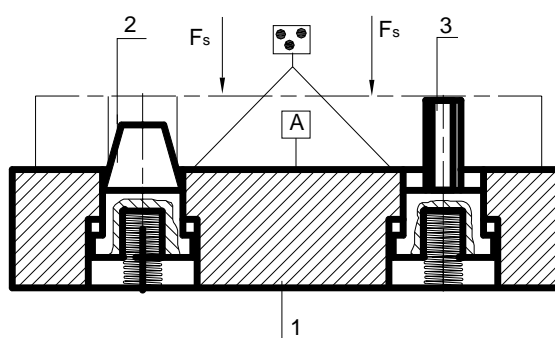
međuosnog odstojanja otvora. Na *slici 17.* prikazan je predmet obrade baziran na dva kratka čepa za centriranje.



Slika 17. - Baziranje predmeta obrade na kratkim čepovima

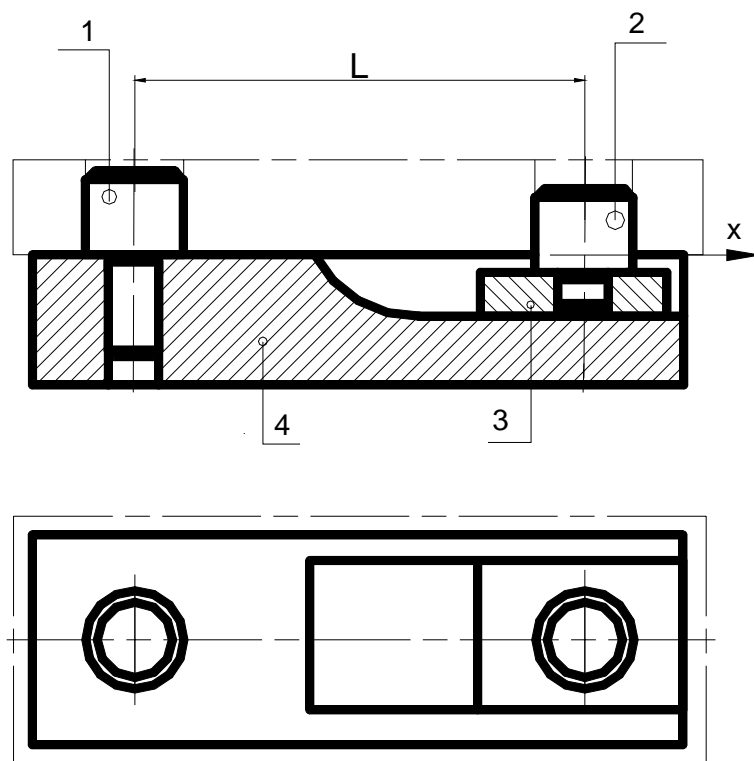
Predmet obrade se oslanja na baznu površinu “ A “ u okolini tri tačke čime su mu oduzeta tri stepena slobode. Puni čep (pozicija 2.) oduzima predmetu obrade dva stepena slobode dok srezani čep (pozicija 3.) oduzima predmetu obrade preostali šesti stepen slobode.

Ako su tolerancije otvora po kojima se vrši baziranje široke (mogućnost pojave velikih ugaonih grešaka) onda se vrši kompenzacija ovih odstupanja preko konusnih čepova za centriranje (*slika 18.*). Centriranje sa konusnim čepovima vrši se samo u slučajevima kada su tolerancije otvora toliko velike da nije dopušten nivo ugaone greške koji iz njih proizilazi.



Slika 18. – Baziranje na konusnim čepovima

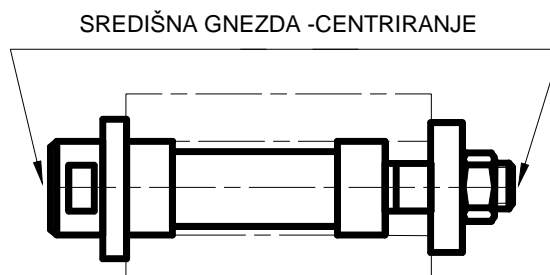
U praksi se može sresti slučaj da se međuosno odstojanje prethodno izrađenih otvora nalazi u širokom tolerantnom opsegu, pa srezivanjem jednog čepa nije moguće, bez velike ugaone greške, ostvariti pravilno baziranje. U tim slučajevima može se primeniti konstrukcija sa aksijalno pomerljivim čepom (*slika 19.*).



Slika 19. – Baziranje preko aksijalno pomerljivog čepa

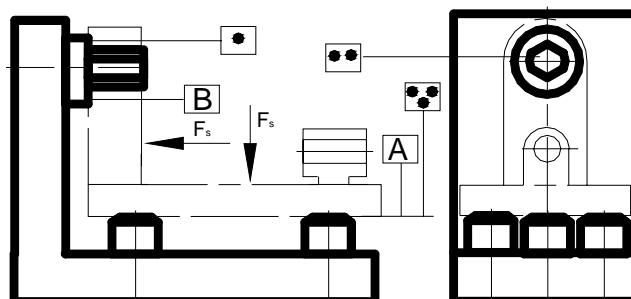
Posredstvom aksijalno pomerljive pločice (pozicija 3.) čep 2. se pomera duž ose x i na taj način vrši kompenzaciju odstupanja međuosnog odstojanja L. Pločica 3. vodi se, finim kliznim spojem, po nosaču 4. dok je čep 1. izveden kao klasičan puni čep.

Baziranje predmeta obrade na dva otvora za centriranje vrši se, u velikom broju slučajeva, pri obradi struganjem i obradi brušenjem između šiljaka. Na *slici 20.* prikazan je predmet obrade baziran na dugom čepu i čeonj površini. Predmet obrade se obrađuje stezanjem i centriranjem na dva otvora (središnja gnezda).



Slika 20. - Baziranje na središnjim gnezdima

Baziranje predmeta obrade složenije konfiguracije može se izvesti, u zavisnosti od samog predmeta, i po dve ravne površine i jednom kratkom čepu, kao što je i prikazano na slici 21.



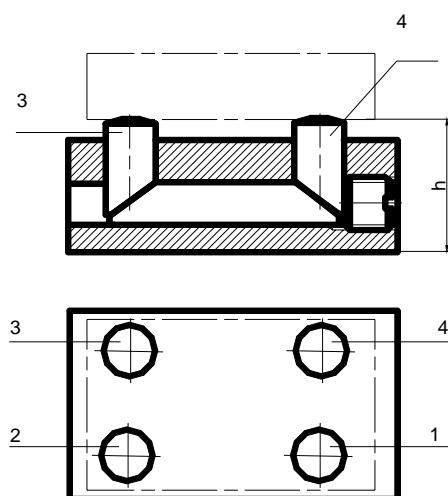
Slika 21. – Baziranje predmeta obrade složene konfiguracije

Baziranje po površini “ A “ oduzima predmetu obrade tri stepena slobode, graničenje po površini “ B “ jedan stepen slobode, dok preostala dva stepena slobode predmetu obrade oduzima srezani čep.

U ovom slučaju srezani čep sprečava pomeranje predmeta po osi normalnoj na ravan crteža i obrtanje predmeta obrade u odnosu na uzdužnu osu.

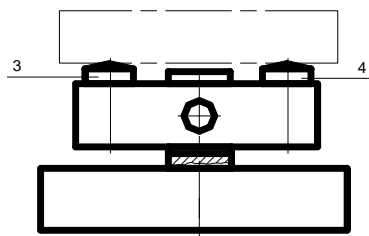
SAMOPODEŠAVAJUĆI OSLONCI

Pri baziranju prizmatičnih delova i delova oblika diska predmet obrade se po osnovnoj bazi oslanja u okolini tri tačke. U zavisnosti od konfiguracije predmeta obrade i položaja obrade, često je potrebno, iz razloga stabilnosti, da se predmet obrade osloni u okolini četiri tačke. (slika 22.). Oslanjanje predmeta obrade u okolini četiri tačke nemoguće je izvesti sa stabilnim – krutim osloncima. Na slikama 1 i 2 prikazane su neke od mogućih konstruktivnih izvedbi samopodešavajućih oslonaca.



Slika 22. – Samopodešavajući oslonci izvedeni preko klinova

Oslonci 1. i 2. su fiksirani stabilni oslonci dok su oslonci 3. i 4. samopodešavajući oslonci. Svi oslonci (fiksirani i samopodešavajući) su prethodno podešeni na visinu h . Prilikom naleganja predmet obrade će se osloniti na oslonce 1. i 2. i dodirnuti neki od oslonaca 3. ili 4. Zbog mehaničke veze oslonaca 3. i 4. doći će do propadanja dodirnutog oslonca, sve do trenutka kada se predmet obrade osloni na sva četiri oslonca. Oslonci 3. i 4. mogu se izvesti i na način prikazan na *slici 23*.



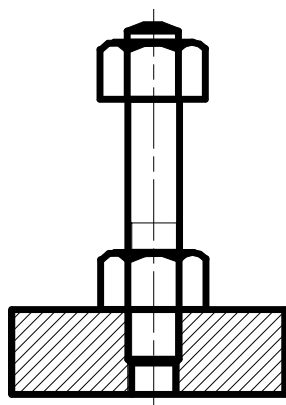
Slika 23. – Samopodešavajući oslonci na bazi poluge

Samopodešavajući oslonci znatno poskupljuju cenu pribora i primenjuju se samo u specijalnim slučajevima.

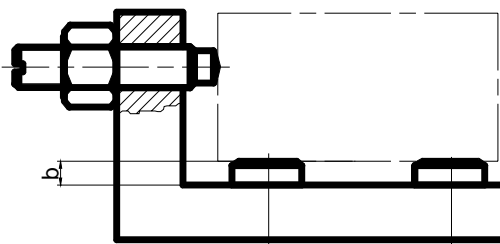
REGULIŠUĆI OSLONCI

Regulišući oslonci se primenjuju za baziranje površina predmeta obrade sa dodatkom za obradu, koji treba skinuti (obraditi) u narednim operacijama, i koji je, po pravilu, za različite grupe predmeta obrade nejednak. Na *slici 24*. prikazana su dva tipa regulišućih oslonaca koji mogu biti izvedeni kao osnovni ili pomoćni oslonci.

a)



b)

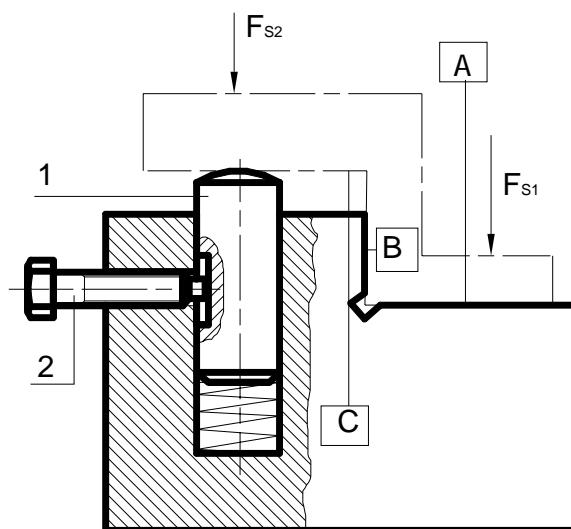


Slika 24. – Regulišući oslonci

Preko regulišućih oslonaca, kako je na slici prikazano, regulišu se dužinske i visinske kote. Loša strana regulišućih oslonaca je ta, da u procesu rada treba češće vršiti kontrolu regulišućih kota kako nebi došlo do neželjenih posledica (pojava škarta).

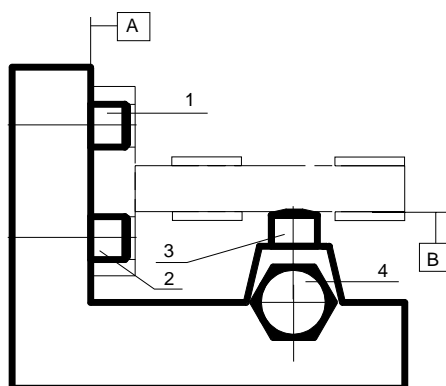
POMOĆNI OSLONCI

Pomoćni oslonci se primenjuju u slučajevima kada je potrebno povećati stabilnost sistema predmet obrade-stezni pribor-alat. Na slikama 25. i 26. prikazana su neka od mogućih konstruktivnih rešenja pomoćnih oslonaca.



Slika 25. – Konstrukcija pomoćnog oslonca

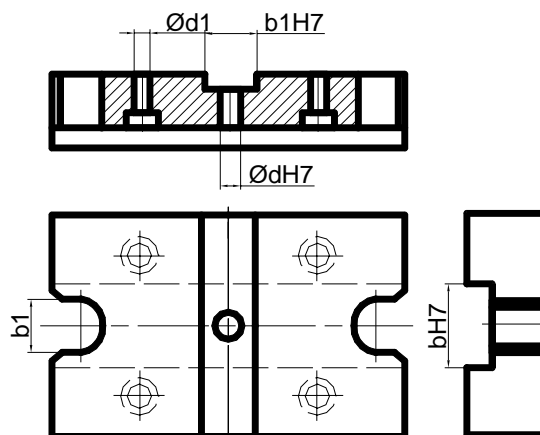
Predmet obrade je baziran na površinama “ A “ i “ B ” i prethodno stegnut silom F_{S1} . Opuštanjem zavrtnja 2. potiskivač (pomoćni oslonci čep 1) će pod silom opruge doći u kontakt sa površinom “ C ” predmeta obrade, a nakon toga će se taj položaj blokirati zavrtnjem 2. Na taj način ostvaren je kontakt svih oslonaca (glavnih i pomoćnih) sa predmetom obrade, čime je u značajnoj meri povećana stabilnost obradnog sistema. Na slici 26. prikazan je predmet obrade baziran na površini “ A “ i čepovima za centriranje (pozicija 1. i 2.). Pomoćni oslonac 3. se kao i u prethodnom slučaju aktivira preko zavrtnja (pozicija 4.), opruge i potiskivača koji dolazi u kontakt sa predmetom obrade odnosno površinom “ B “.



Slika 26. – Konstruktivna izvedba pomoćnog oslonca

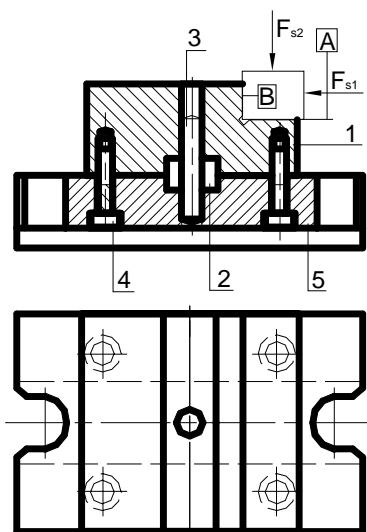
ZAVARENI I MONTAŽNI ELEMENTI STEZNIH PRIBORA

Elementi pribora mogu biti komponovani u funkcionalnu celinu kao montažni sklop ili pak kao zavarena konstrukcija. Takođe postoje i rešenja gde su pojedini podsklopovi pribora izvedeni kao montažna konstrukcija dok su ostali podsklopovi formirani na bazi zavarenih elemenata. Osnovu svakog pribora čine elementi za baziranje koji su na određeni način u vezi sa telom pribora, postoljem i elementima za stezanje. Vrlo je teško govoriti o rasporedu između ovih elemenata iz razloga što opšte pravilo za raspored i vezu elemenata i ne postoji. Sama koncepcija (idejno rešenje pribora) u velikoj meri određuje raspored između pojedinih elemenata. U daljem izlaganju biće prvenstveno reči o nekim osnovnim elementima pribora, koje, u većini slučajeva, sadrži svaki stezni pribor. S tim u vezi, jedan od osnovnih elemenata, koji sadrži svaki stezni pribor u obradi glodanjem i obradi bušenjem, jeste postolje ili osnovna ploča. U principu postoji razlika između postolja pribora namenjenih obradi glodanjem u odnosu na pribore namenjene obradi bušenjem. Na slici 27. prikazan je tipičan oblik postolja pribora za obradu glodanjem.



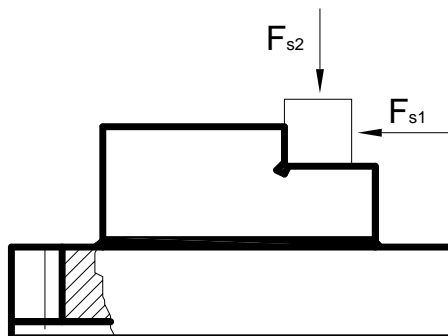
Slika 27. – Postolje pribora za glodanje

Osnovna ploča se preko kanala $bH7$ centrira na radnom stolu glodalice dok se zavrtnjevima, preko ušica širine " b_1 " pričvršćuje za "T" žljebove radnog stola. Kanal širine b_1H7 i čivija prečnika $\Phi dH7$ služe za vezu i centriranje ostalih elemenata pribora za postolje, na primer: elemenata za baziranje, elemenata za stezanje ili tela pribora. Otvori za zavrtnjeve Φd_1 služe za pričvršćivanje ostalih elemenata pribora sa postoljem. Na slici 28. prikazan je podsklop osnovne ploče i elementa za baziranje izveden kao montažna konstrukcija.



Slika 28. – Montažni podsklop pribora

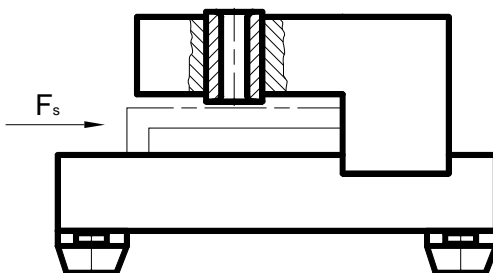
Na slici 29. prikazan je sličan podsklop pribora izveden kao zavarena konstrukcija.



Slika 29. – Zavareni podsklop pribora

Predmet obrade (slika 28.) je baziran po površinama A i B u baznom elementu 1. Bazni element 1. je preko klina (pločice-pozicija 2.), čivije 3. i zavrtnjeva 4. centriran i pričvršćen za osnovnu ploču koja se centrira i pričvršćuje na radnom stolu glodalice. Na slici 29. prikazano je jedno od mogućih rešenja baziranja predmeta obrade, pri čemu za funkcionisanje pribora treba preko određenih steznih elemenata i mehanizama obezbediti dejstvo sila stezanja (F_{s1} i F_{s2}). O prednostima i nedostacima montažnih u odnosu na zavarene konstrukcije biće više reči u okviru poglavlja “optimizacija projektovanja steznih pribora”.

Osnovna ploča pribora za obradu bušenjem može biti identična kao u slučaju obrade glodanjem, ako je reč o obradi otvora relativno većih gabarita. Međutim, pri obradi otvora manjeg prečnika, stezni pribori za obradu bušenjem, vrlo često, se ručno pridržavaju i ne pričvršćuju se za radni sto bušilice. Jedan primer takve konstrukcije pribora prikazan je na slici 30.



Slika 30. – Stezni pribor za bušenje

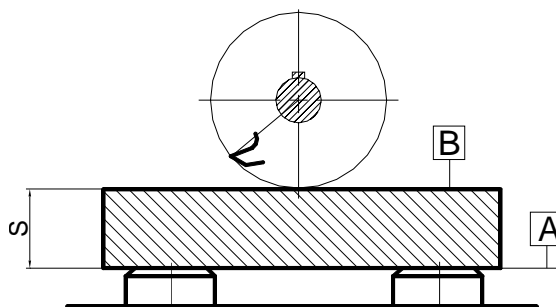
Predmet obrade je baziran u steznom priboru i stegnut silom F_s (slika 30.), a čitav pribor se preko nožica slobodno oslanja na radni sto bušilice.

ELEMENTI ZA VOĐENJE REZNOG ALATA

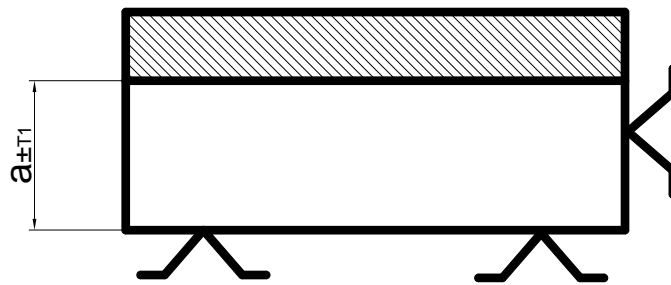
Pravilno podešavanje i vođenje reznog alata tokom procesa obrade jedan je od osnovnih preduslova za uspešnu realizaciju proizvodne operacije. Pri obradi delova na glodalicama, pre početka izvođenja procesa obrade, potrebno je izvršiti podešavanje reznog alata. Pravilno je, da se podešavanje polaznog položaja reznog alata u odnosu na predmet obrade i stezni pribor izvede preko gabarita za glodanje. Takođe se, po pravilu, bušenje preciznih otvora izvodi preko odgovarajućih izmenljivih vodica.

GABARITI ZA GLODANJE

Gabariti za glodanje predstavljaju precizno izrađene elemente na osnovu kojih se definiše položaj reznog alata (glodala) u odnosu na bazne površine steznog pribora i predmet obrade. Na slici 31. prikazan je pločasti gabarit koji definiše položaj alata u odnosu na jednu baznu površinu. Alat (glodalo) se podešava tako što se zubom glodala tangira površina "B". Visina gabarita je definisana kotom "S" u odnosu na baznu površinu i predstavlja funkcionalnu kotu. Gabarit prikazan na slici 31. odgovarao bi, na primer, obradi predmeta prikazanog na slici 32.

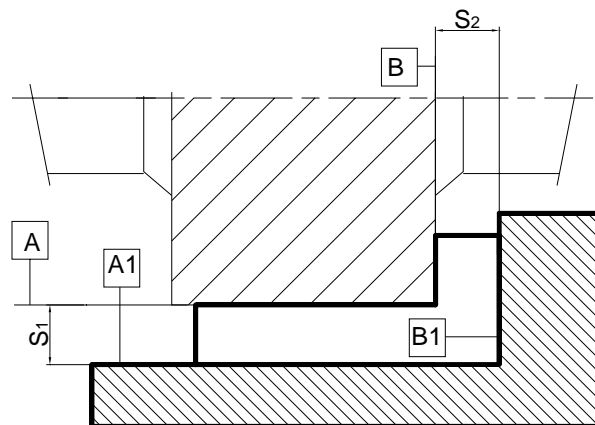


Slika 31. – Pločasti gabarit za glodanje



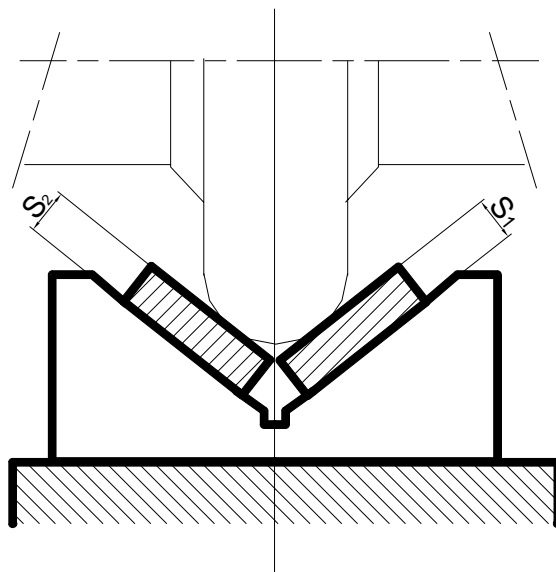
Slika 32. – Predmet obrade

Veličina kote “s” na gabaritu jednaka je koti “a” na predmetu obrade, s tim što je tolerancija ove kote na gabaritu 3-5 puta manja u odnosu na toleranciju predmeta obrade. Posle podešavanja glodala na visiu s u odnosu na baznu površinu, gabarit se sklanja, a postavlja se predmet obrade koji se bazira i steže u steznom priboru i obrađuje, bez naknadnog podešavanja položaja glodala. Na slici 33. prikazan je gabarit za glodanje definisan kotama S_1 i S_2 u odnosu na bazne površine A_1 i B_1 .

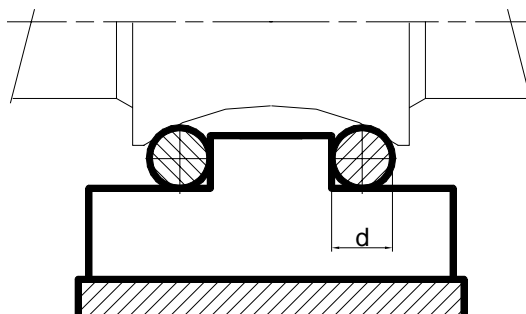


Slika 33. Gabarit za glodanje

Podešavanje alata se vrši na taj način što se glodalom tangiraju površine A i B čime se određuje položaj glodala u odnosu na bazne površine. Na slikama 34. i 35. prikazani su nešto složeniji primeri gabarita za glodanje.



Slika 34. – Primer složenog gabarita za glodanje



Slika 35. – Primer složenog gabarita za glodanje

U praksi se sreću slučajevi da se gabariti za glodanje i ne izrađuju već se podešavanje položaja glodala vrši na samom predmetu obrade. Ovo je svakako nepravilan slučaj (često puta je teško doći do centra rasturanja tolerantnog polja što dovodi do pojave škarta). Pored toga, ostvarenje određene funkcionalne kote, u nekim slučajevima, skoro da je nemoguće izvesti bez gabarita za glodanje.

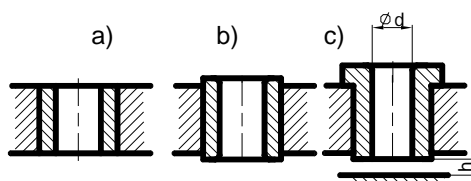
ČAURE ZA VOĐENJE REZNOG ALATA

Čaure za vođenje reznog alata (vođice) primenjuju se za ispravno vođenje reznog alata (burgija, proširivač, razvrtač) pri obradi na različitim vrstama bušilica. Vođice prečnika do $\Phi 15\text{mm}$ izrađuju se od alatnog ili ugljeničnog čelika za kaljenje dok se vođice većeg prečnika izrađuju od ugljeničnog ili legiranog čelika za cementaciju. Tvrdoća vođica, posle termičke obrade, treba da bude (60-44) HRC. Orijetaciono vek ovako izrađenih vođica kreće se oko 15000 izbušenih otvora. Dužina vođice se najčešće kreće u granicama (1,5-2)d, gde je d – prečnik otvora koji se obrađuje. Ivice

vođica za obradu otvora, sa strane koja ulazi u telo pribora (nosač vođica) treba da bude oborena i na spoljašnjem i na unutrašnjem prečniku, a sa strane na kojoj ulazi rezni alat ivice treba zaobliti. S obzirom na široku primenu vođica veliki broj tipova vođica je standardizovan. Vođice se dele na fiksne i izmenljive. Fiksne vođice se primenjuju bez venca ili sa vencem u zavisnosti od toga koji je tip vođice pogodniji u konkretnoj situaciji.

FIKSNE VOĐICE

Fiksne vođice (slika 36, a-c) presuju se u telo pribora (nosač vođica) sa spojem H7/p6 ili H7/m6 tako da vođica viri iz nosača za veličinu "a".

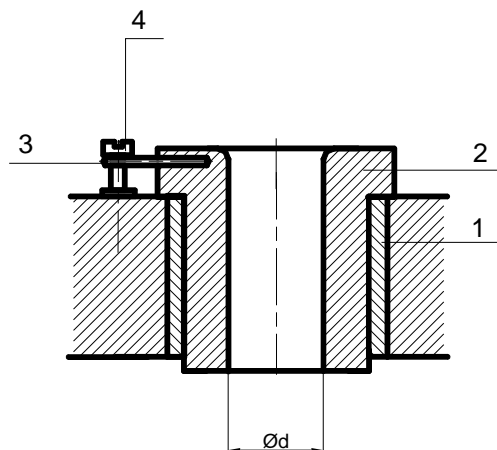


Slika 36. – Fiksne vođice

Ovakav način postavljanja vođice sprečava ubacivanje strugotine u vođicu, pri čišćenju alata (slika 36b). Vođica treba da bude postavljena u priboru tako da između nje i predmeta obrade postoji rastojanje h , odnosno prostor koji će služiti za odvođenje strugotine. Najčešće se usvaja vrednost $h=(1/3 - 1)d$, pri čemu se veće vrednosti h usvajaju pri obradi čelika dok se manje vrednosti za h usvajaju pri obradi livenog gvožđa.

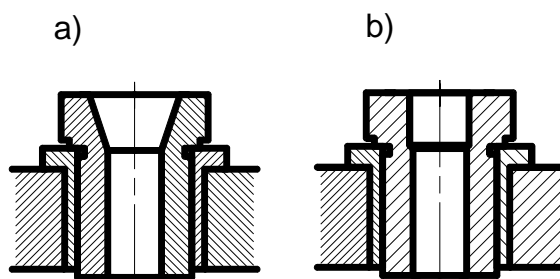
IZMENLJIVE VOĐICE

Pri obradi preciznih otvora, gde su pored bušenja, tehnološkim postupkom obrade predviđene i operacije proširivanja i/ili razvrtanja, za vođenje reznog alata primenjuju se brzo izmenljive vođice. Brzo izmenljive vođice postavljaju se u fiksne čaure (vođice) sa spojem H7/g6 ili H7/g5. Na slici 37. prikazan je jedan tip konstrukcije brzoizmenljive vođice.



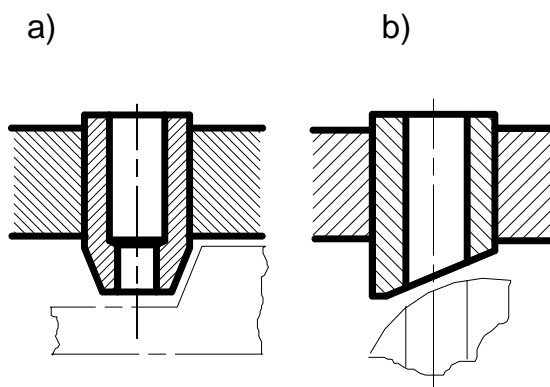
Slika 37. – Brzoizmenljiva vođica

Osnovni elementi sklopa prikazanog na slici 37. su: fiksna vođica 1., izmenljiva vođica 2., čivija 3. i zavrtnanj 4. Čivija i zavrtnanj služe da spreče obrtanje brzoizmenljive vođice i njeno izvlačenje u toku procesa obrade. Pri zameni vođice 2. ista se zakrene u smeru suprotnom od smera kazaljke na satu i povuče naviše. Na mestu izvađene vođice postavlja se nova vođica, na primer, vođica za razvrtnanje. Za operaciju obrade otvora $\Phi 20H7$, na primer, postojale bi tri izmenljive vođice (vođica za bušenje, vođica za proširivanje i vođica za razvrtnanje) koje bi se naizmenično postavljale u fiksnu vođicu 1. Pored navedenog načina za sprečavanje obrtanja izmenljive vođice postoji čitav niz drugačjih rešenja na koja se može naići u literaturi i praksi. U praksi postoje slučajevi kada je zbog oblika predmeta obrade ili steznog pribora potrebno izmenljivu vođicu izraditi kao dugu vođicu. Ispravno je, zbog habanja vođice, dugu vođicu izraditi po uzoru na vođicu prikazanu na *slici 38b*.



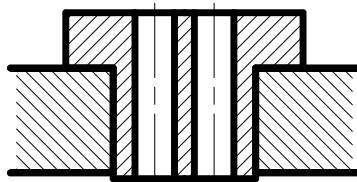
Slika 38a,b. – Duge vođice

U nekim slučajevima, zbog oblika predmeta obrade, vođicu treba oblikovati, kao što je prikazano na slici 39a,b.



Slika 39,a,b. - Oblikovanje vođice

Pri obradi otvora koji se nalaze na bliskom odstojanju vođicu treba izraditi kao specijalnu (*slika 40.*)



Slika 40. – Specijalna vođica

IV

**Pritezanje predmeta obrade – proračuni
i stezni elementi, mehanizacija pribora**

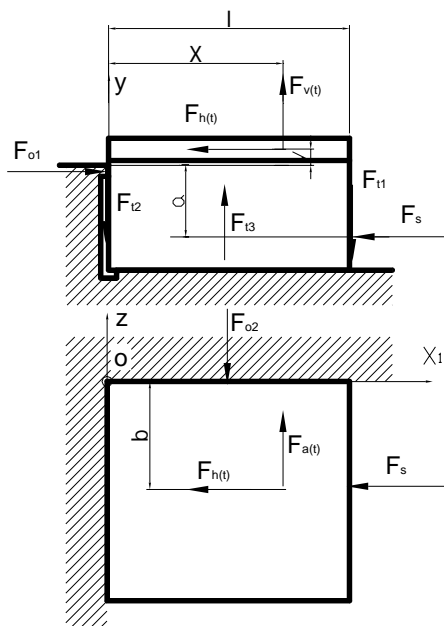
IV. PRITEZANJE PREDMETA OBRADE

Osnovna funkcija pritezanja predmeta obrade jeste obezbeđenje jednoznačno definisanog položaja predmeta obrade u steznom priboru. Predmetu obrade baziranom u steznom priboru treba određenim silama pritezanja obezbediti stabilan kontakt sa baznim površinama. U toku procesa obrade, pri dejstvu određenih dinamičkih opterećenja, pravac, smer i intenzitet sila stezanja treba da onemogući pomeranje predmeta obrade od baznih površina. Takođe, sile stezanja treba da omoguće takvu šemu opterećenja elemenata steznog pribora pri kojoj neće doći do povećanog nivoa vibracija predmeta obrade, što se inače, negativno odražava na tačnost zahtevanih kota i kvalitet obrađene površine.

Polaznu osnovu za definisanje položaja (“ tačaka “) stezanja, veličinu sila stezanja i izbor elemenata i mehanizama za stezanje predstavlja veličina, pravac i smer sila rezanja koje se javljaju u toku procesa obrade. Na osnovu operacione liste kojom se definiše alat, veličina dodataka za obradu i ostali parametri režima rezanja, moguće je, sa zadovoljavajućom tačnošću odrediti veličine, pravce i smerove sila rezanja. Sile rezanja treba posmatrati kao spoljašnje opterećenje predmeta obrade i čitavog sklopa steznog pribora. Poželjno je, pre izbora načina, elemenata i mehanizama za stezanje, razmotriti dinamičku šemu opterećenja steznog pribora, sa silama rezanja kao pobudnim silama. Položaj, smer i pravac sila stezanja treba izabrati tako da se, sa što manjom silom stezanja može uspešno realizovati proizvodna operacija. Takođe treba voditi računa da se pouzdano stezanje ostvari sa što je moguće manjim brojem steznih mesta. Prethodnim se želi reći, da se, bar u gruboj meri, treba izvršiti optimizacija izbora šeme stezanja kao i elemenata i mehanizama za stezanje. U osnovi, proračun napadnih sila i momenata sila rezanja svodi se na određivanje istih preko poznatih obrazaca iz teorije rezanja dok se analiza opterećenja elemenata steznog pribora uglavnom vrši preko statičkih jednačina ravnoteže. Kompleksnija, dinamička analiza konstrukcije vrši se samo u specifičnim slučajevima i zahteva znatno obimnija i teorijska i eksperimentalna istraživanja.

PRORAČUN POTREBNIH SILA STEZANJA

Osnovu za proračun sila stezanja predstavljaju sile rezanja koje deluju na predmet obrade i čitavu konstrukciju steznog pribora. U narednom izlaganju sile rezanja će se smatrati kao poznate veličine koje se na osnovu dodataka za obradu, parametara režima rezanja i ostalih veličina, sa zadovoljavajućom tačnošću, mogu proračunati preko poznatih obrazaca iz obrade metala rezanjem. Na osnovu sila rezanja, kao pobudnih sila, i šeme baziranja radi se statički ili eventualno dinamički model opterećenja predmeta obrade i/ili čitavog sklopa steznog pribora. U prvom koraku treba odrediti najpovoljnije mesto dejstva sile ili sila stezanja i njihovu veličinu. Tek nakon rešenja statičkog ili dinamičkog modela opterećenja vrši se izbor elemenata i mehanizama za stezanje, odnosno izbor materijalnih činilaca kojima je moguće, na najpovoljniji način, ostvariti dejstvo proračunatih sila stezanja na predmet obrade. Na primer, za slučaj obrade suprotnosmernim glodanjem šema opterećenja prikazana je na *slici 1*.



Slika 1. – Mehanički model opterećenja

Kao što se sa slike može primetiti komponente sile rezanja $F_h(t)$, $F_v(t)$ i $F_a(t)$ su složene funkcije vremena dok raspodela opterećenja na predmetu obrade zavisi od koordinata x i y . Vertikalna komponenta $F_v(t)$ sile rezanja teži da predmet obrade podigne duž ose y , dok momenti i vertikalne $F_v(t)$ i horizontalne $F_h(t)$ komponente sile rezanja teže da predmet obrade zakrenu oko ose z koja prolazi kroz tačku O . Aksijalna komponenta sile rezanja teži da predmet obrade zakrene u odnosu na osu x_1 , što takođe čini i vertikalna komponenta sile rezanja. Da bi predmet obrade u procesu rezanja bio stabilan mora postojati ravnotežno stanje između sile rezanja i sile stezanja.

Iz uslova ravnoteže sile po osi x sledi:

$$F_h(t) + F_s = F_{o1}.$$

Otpor oslonca F_{o1} će sigurno uravnotežiti ove dve sile, jer se oslonci normalno izrađuju od kvalitetnog i termički obrađenog čelika.

Iz uslova projekcije sile na osu y sledi:

$$F_v(t) - F_{t1} - F_{t2} - F_{t3} = 0, \text{ odnosno } F_v(t) = F_{t1} + F_{t2} + F_{t3}.$$

Sile trenja F_{t1} , F_{t2} i F_{t3} računaju se prema obrascima:

$F_{t1} = \mu_1 \cdot F_s$, $F_{t2} = \mu_2 \cdot F_{o1}$ i $F_{t3} = \mu_3 \cdot F_a$, gde su: μ_1 , μ_2 i μ_3 odgovarajući koeficijenti trenja.

Zamenom ovih izraza u prethodnu jednačinu dobija se:

$$F_v(t) = \mu_1 \cdot F_s + \mu_2 \cdot F_{o1} + \mu_3 \cdot F_a.$$

Daljim sređivanjem dolazi se do uslova koji mora biti ispunjen, odnosno:

$F_v(t) \leq \mu_1 \cdot F_s + \mu_2 \cdot [F_h(t) + F_s] + \mu_3 \cdot F_a$, odnosno do konačnog izraza:

$$F_s \geq \frac{F_v(t) - \mu_2 \cdot F_h(t) - \mu_3 \cdot F_a(t)}{\mu_1 + \mu_2}, \text{ odnosno:}$$

$$F_s \geq \frac{F_v(t) \text{ max} - \mu_2 \cdot F_h(t) \text{ min} - \mu_3 \cdot F_a(t) \text{ min}}{\mu_1 + \mu_2}.$$

Iz uslova sume sila projektovanih na z osu sledi:

$$F_a(t) = F_{O_2}.$$

Ovaj uslov je takođe ispunjen s obzirom na stabilnost oslonih površina.

Iz uslova sume momenata za tačku "0" sledi:

$F_v(t) \cdot x + F_h(t) \cdot y = F_s \cdot a + \mu \cdot F_s \cdot l = F_s(a + \mu \cdot l)$, odnosno uslov:

$$F_s \geq \frac{F_v(t) \cdot x + F_h(t) \cdot y}{a + \mu \cdot l}.$$

Takođe se iz momentne jednačine za osu x_1 može dobiti zavisnost:

$F_v(t) \cdot b + F_a(t) \cdot y = \mu \cdot F_s \cdot b$, odnosno sila stezanja koja treba da zadovolji nejednačinu:

$$F_s \geq \frac{F_v \text{ max} \cdot b + F_a \text{ max} \cdot y}{\mu \cdot b}.$$

Na osnovu izvedenih uslova može se, za konkretan primer, odrediti minimalna vrednost sile stezanja i položaj njenog dejstva na predmetu obrade. U izloženom primeru prikazan je statički, uslovno rečeno grubi proračun potrebne sile stezanja. Realna vrednost sile stezanja treba da bude znatno veća, prvenstveno zbog niza faktora koje dati proračun nije uključio u razmatranje.

FAKTOR SIGURNOSTI – KOEFICIJENT REZERVE

Koeficijent rezerve "k" je po svojoj suštini faktor sigurnosti koji ima za cilj da obuhvati niz dopunskih uticaja, sistematskih ili slučajnih po svom karakteru, a koji nisu obuhvaćeni osnovnim proračunom napadnih sila i momenata.

Prema literaturnim podacima (prema jednom pristupu), faktor sigurnosti se računa prema obrascu:

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 = \prod k_i, \text{ gde je:}$$

k_0 – osnovni faktor sigurnosti koji iznosi: $k_0 = 1,5$,

k_1 – parcijalni faktor sigurnosti zavisan od vrste površine stezanja predmeta obrade ($k_1=1$ za obrađene površine i $k_1=1,2$ za neobrađene površine),

k_2 – parcijalni faktor sigurnosti zavisan od zatupljenosti reznog alata. Veličina ovog faktora ima jediničnu vrednost ($k_2=1$) pri radu sa oštrim alatom dok je, realno posmatrano, složena funkcija vrste obrade, parametara režima rezanja i stepena pohabanosti alata. Veličinu ovog faktora treba birati na osnovu kritične vrednosti stepena pohabanosti alata, što je poznato iz teorije obrade metala rezanjem,

k_3 – parcijalni faktor sigurnosti zavisan od prekidnosti površine obrade ($k_3=1$ za neprekidno rezanje i $k_3=1,2$ za rezanje sa prekidima),

k_4 – parcijalni faktor sigurnosti zavisan od rasturanja sile ručnog stezanja ($k_4=1$ za mehanizovano stezanje i $k_4=1,3$ za ručno stezanje),

k_5 – parcijalni faktor sigurnosti zavisan od povoljnosti rasporeda elemenata za posluživanje pri ručnom stezanju ($k_5=1$ za povoljan raspored i $k_5=1,2$ za nepovoljan raspored) i

k_6 – parcijalni faktor sigurnosti zavisan od eventualnog dejstva momenata koji teže da pomere predmet obrade iz stegnuto položaja, na primer: pri dejstvu sila rezanja van oslonaca steznog pribora, $k_6=1,5$.

Prema iznetim podacima, u najpovoljnijem slučaju (kada nema posebnih uticaja), faktor sigurnosti iznosi $k=k_0=1,5$, dok pri nepovoljnoj kombinaciji parcijalnih uticaja on može da dostigne vrednost $k=5-9$.

Treba napomenuti da izneti proračun faktora sigurnosti ipak predstavlja samo jedan od mogućih pristupa ovoj, inače dosta složenoj problematici. U praksi se mogu sresti slučajevi kod kojih je znatno teže odrediti optimalnu vrednost faktora sigurnosti. Izneti proračun ne uključuje uticaj krutosti elemenata i mehanizama za stezanje, stabilnost sklopa steznog pribora, vibracije i niz drugih faktora. Realno posmatrano, pomenute uticaje vrlo je teško kvantitativno odrediti i uvrstiti u proračun faktora sigurnosti, ali i pored toga iste na neki način treba uzeti u obzir pri projektovanju i proračunu steznih pribora. Po mišljenju autora, faktor sigurnosti je veličina koja se, kako je izneto, kreće u veoma širokom rasponu, i treba je odrediti, prvenstveno, u funkciji konkretnog konstruktivnog i tehnološkog rešenja steznog pribora kao i načina opsluživanja na proizvodnoj operaciji.

ELEMENTI I MEHANIZMI ZA STEZANJE

U cilju pouzdanog stezanja predmeta obrade kod steznih pribora u obradi metala rezanjem primenjuje se veliki broj različitih elemenata i mehanizama. Osnovna karakteristika ovih elemenata i mehanizama je obezbeđenje samokočivosti i jednoznačno definisanog položaja predmeta obrade u steznom priboru. Kao elementi za stezanje najčešće se primenjuju zavrtnjevi, klinovi, ekscentri, poluge, elastične čaure, tanjiraste opruge i slični elementi. Pored klasičnih, mahom mehaničkih elemenata, u primeni su i različite vrste hidrauličnih i pneumatskih cilindara odnosno odgovarajuće hidrauličke i pneumatske instalacije. U specijalnim slučajevima primenjuje se elektromagnetno, vakumsko kao i stezanje sa elektromotornim pogonom. U budućem izlaganju biće prvenstveno reči o klasičnim mehaničkim elementima i mehanizmima za stezanje, dok će u okviru mehanizacije steznih pribora biti obrađene ostale vrste elemenata i mehanizama za brzodejstvjuće stezanje.

Najširu primenu u izradi mehanizama za stezanje imaju mehanički elementi. Kao osnovne razloge široke primene mehaničkih elemenata kod mehanizama za stezanje treba navesti njihovu stabilnost, jednostavnost izrade i relativno nisku cenu uz mogućnost postizanja visokih vrednosti sila stezanja. Preko mehaničkih komponenti (zavrtnjeva, klinova, poluga i sličnih elemenata) moguće je na relativno jednostavan način rešiti problem stezanja predmeta obrade u većini proizvodnih operacija uz postizanje visokog stepena pouzdanosti sklopa steznog pribora. Pouzdanost stezanja preko mehaničkih komponenti ogleda se, prvenstveno, u mogućnosti rešenja čitavog steznog sistema preko relativno malog broja elemenata.

MEHANIČKI ELEMENTI ZA STEZANJE

STEZANJE ZAVRTNJEM

Može se reći, da od svih mehaničkih elemenata zavrtnanj ima najširu primenu u gradnji steznih pribora. Zavrtnanj se, mada ređe, može koristiti kao direktni stezni element ili pak, mnogo češće, u sklopu različitih poluga i mehanizama. Jedan od osnovnih razloga široke primene zavrtnja kao steznog elementa jeste mogućnost ostvarenja velikih aksijalnih sila pri dejstvu relativno umerenih momenata na glavi zavrtnja uz istovremeno ostvarivanje samokočivosti.

Veličina aksijalne sile koja se ostvaruje zavrtnjem može se proračunati preko obrasca:

$$F_s = \frac{M_t}{\frac{d_m}{2} \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \rho) + C}, \text{ gde je:}$$

M_t – moment kojim se deluje na glavu zavrtnja,

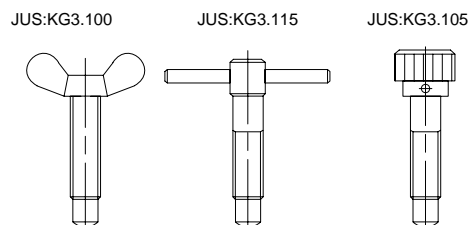
d_m – srednji prečnik zavojnice,

α - ugao zavojnice,

ρ - ugao trenja i

C – konstanta koja zavisi od oblika pritezne površine.

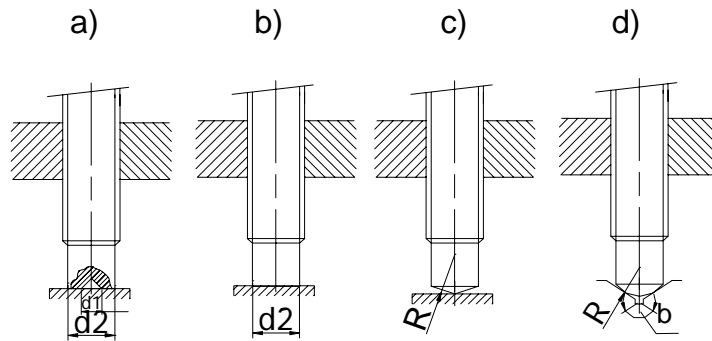
Zavrtnanj može biti izrađen sa standardnom glavom za stezanje ključem ili prema nekom od standardnih oblika prikazanih na slici 2. (stezanje rukom).



Slika 2. Standardni oblici zavrtnja

Pored navedenih oblika najčešće su u primeni standardizovani zavrtnjevi i ručice JUS K.G3.110, JUS K. G3.125, JUS K. G3. 100, JUS K. G3.206, JUS K.G3.205 i JUS K.G3.182.

Čeona stezna površina zavrtnja može biti izvedena na jedan od četiri prikazana oblika (slika 3).



Slika 3. - Oblik čeone površine zavrtnja

Konstanta C koja zavisi od oblika dodirne površine zavrtnja proračunava se preko obrasca:

$$c = 0,33 \cdot \mu \cdot \frac{d_2^3 - d_1^3}{d_2^2 - d_1^2} \text{ - (slika 3a),}$$

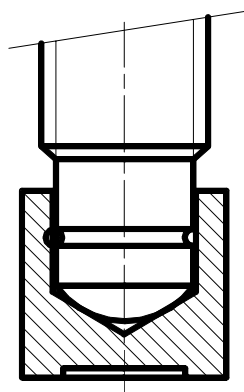
$$c = 0,3 \cdot \mu \cdot d_2 \text{ - (slika 3b),}$$

$$c = 0 \text{ - (slika 3c),}$$

$$c = \mu \cdot r \cdot \text{ctg} \frac{\beta}{2} \text{ - (slika 3d), gde je:}$$

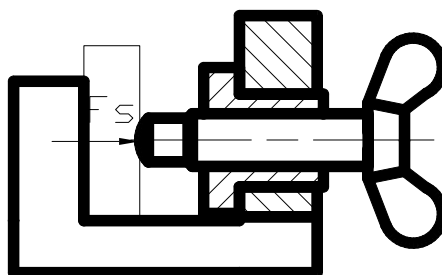
μ – koeficijent trenja.

Proračun samokočivosti zavrtnja, dozvoljenog naprezanja na smicanje i torziju, odnosno proračun maksimalno dozvoljenog momenta na glavi zavrtnja vrši se prema poznatim obrascima iz mašinskih elemenata. U velikom broju slučajeva čeona površina zavrtnja ne steže direktno već preko prilagodljivog steznog elementa čiji je oblik prikazan na slici 4.



Slika 4. - Prilagodljivi stezni element

Zavrtnaj se obično, iz razloga habanja, ne uvrće direktno u telo steznog pribora već u izmenljivu čauru koja je prethodno upresovana ili na neki drugi način pričvršćena u telo pribora (slika 5).

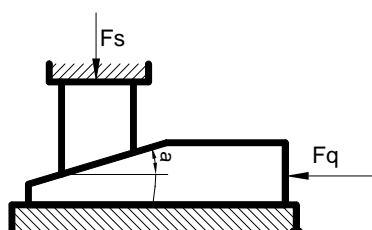


Slika 5.- Čaura upresovana u telo pribora

Zavrtnaj se u velikom broju slučajeva pri stezanju koristi za pomeranje stezne šape, poluge ili nekog drugog steznog elementa, o čemu će u narednom izlaganju biti više reči.

STEZANJE KLINOM

Većina elemenata za stezanje funkcioniše na principu klina (zavrtnjevi, ekscentri, stezne čaure i sl.). Iz tih razloga različite konstrukcije klina našle su široku primenu pri projektovanju i izradi steznih pribora. Osnovne prednosti klina kao elementa za stezanje ogledaju se u mogućnosti ostvarenja samokočivosti, relativno velikih sila stezanja kao i jednostavnoj izradi. Na slici 6. dat je šematski prikaz klina u kontaktu sa elementom za vođenje klina i elementom koji se steže.



Slika 6- Šematski prikaz klina

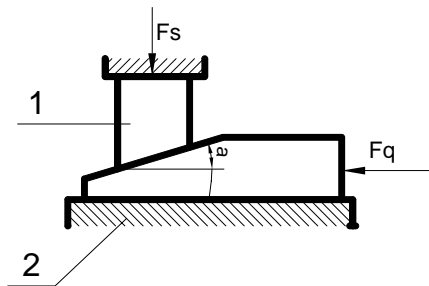
U zavisnosti od veličine ugla klina α kao i uslova trenja između površina klina, površine za vođenje i površine preko koje se vrši stezanje klinom, pri dejstvu spoljašnje sile F_q mogu se ostvariti značajne vrednosti sile stezanja F_s .

Ako se zanemari trenje između pomenutih površina (razmatra se teorijski idealni slučaj funkcionisanja klina) sile F_q i F_s bile bi u sledećem odnosu (slika 6.):

$$F_s = \frac{F_q}{\operatorname{tg} \alpha}.$$

Analizom datog obrasca može se zaključiti da sila F_s može biti izrazito velika za male vrednosti ugla α , na primer: $\alpha = 3 - 5^\circ$. U realnim uslovima neminovno je prisutno trenje na kontaktnim površinama, pa je, s tim u vezi i sila stezanja u određenoj meri manja. Klinom se pri stezanju na predmet obrade može delovati direktno ili indirektno, preko potiskivača, poluga i slično. U principu, stezanje klinom se svodi na tri slučaja prikazana na slici 7 (a-c), gde su uporedo sa šemom stezanja dati i konačni obrasci za proračun sile stezanja.

Prvi slučaj prikazan na slici 7a.) odnosi se na direktno stezanje klinom.

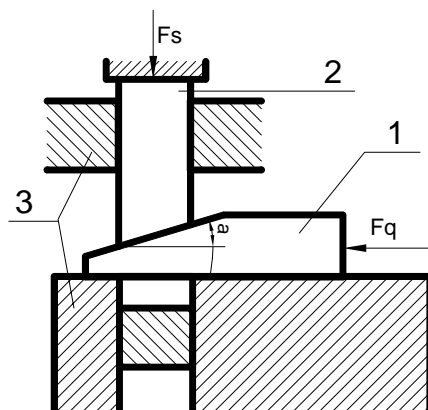


Slika 7a.) – Direktno stezanje klinom

Veličina sile F_s proračunava se preko obrasca:

$$F_s = \frac{F_q}{\operatorname{tg}(\alpha + \rho_1) + \operatorname{tg}\rho_2}.$$

Drugi slučaj odnosi se na stezanje klinom preko potiskivača i dvostrane vođice (slika 7b).

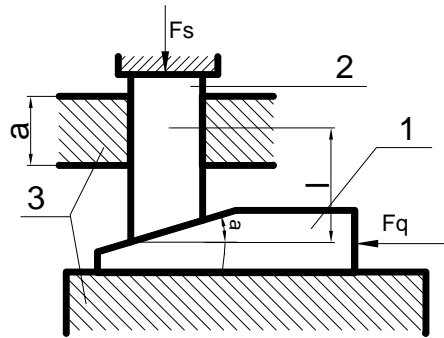


Slika 7b- Stezanje klinom preko potiskivača i dvostrane vođice

Veličina sile stezanja F_s računa se preko obrasca:

$$F_s = F_q \cdot \frac{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \rho_1) \cdot \operatorname{tg} \rho_3}{\operatorname{tg}(\alpha + \rho_1) + \operatorname{tg} \rho_2}$$

Treći slučaja prikazan na slici 7c. odnosi se na stezanje klinom preko potiskivača i jednostrane vođice.



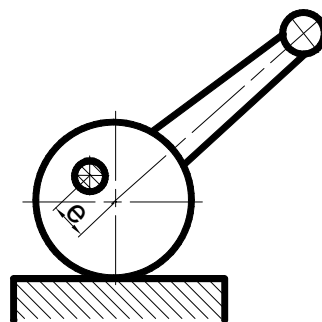
Slika 7c – Stezanje klinom preko potiskivača i jednostrane vođice

Sila stezanja F_s proračunava se preko obrasca:

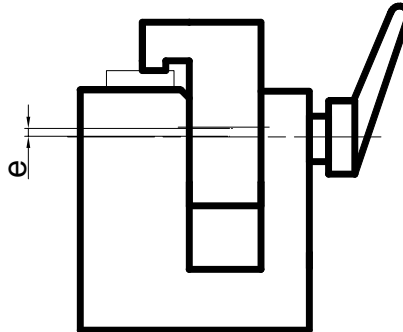
$$F_s = F_q \cdot \frac{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \rho_1) \cdot \frac{3l}{a} \cdot \operatorname{tg} \rho_3}{\operatorname{tg}(\alpha + \rho_1) + \operatorname{tg} \rho_2}$$

STEZANJE EKSCENTROM

Stezanje ekscentrom bazira, takođe, na principu klina – kose ravni. U ovom slučaju kosa ravan nije kao kod zavrtnja obavijena oko cilindričnog tela sa aksijalnim već sa radijalnim prostiranjem. Ekscentar je pločast ili cilindričan (valjkast) element obrtan oko ose koja nije istovremeno i njegova osa simetrije. Na slici 8(a-b) prikazana su dva rešenja stezanja ekscentrom.



Slika 8a– Primer stezanja ekscentrom



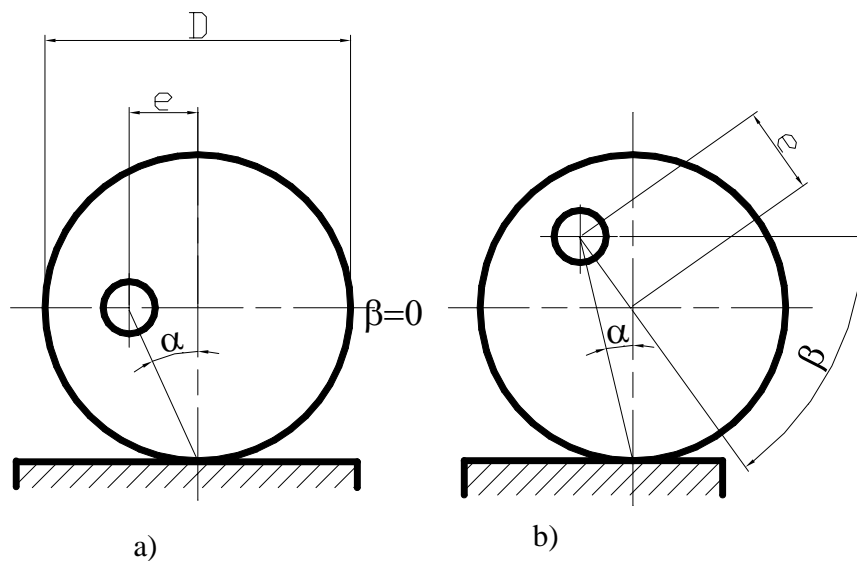
Slika 8b. – Primer stezanja ekscentrom

Ekscentri se izrađuju od čelika za cementaciju i cementiraju na tvrdoću od 55-60HRC dok se radne (kontaktne) površine bruse. Stezanje ekscentrom zahteva manje vremena nego stezanje zavrtnjem (kraći je put posluživanja) ali je primena ekscentra uža. Dok rešenja stezanja preko zavrtnja omogućavaju stezanje predmeta obrade širokih tolerancija prethodne obrade, pri promenljivim silama rezanja, kod ekscentra postoje znatna ograničenja. Ekscentri se uglavnom primenjuju u operacijama koje karakteriše visoka stabilnost steznog pribora i obrada sa neznatnim vibracijama. U principu postoje dve vrste ekscentara i to: kružni i krivolinijski. Kružni ekscentri imaju oblik diska ili vretena kružnog preseka sa ekscentrično raspoređenom osom obrtanja, pa prema tome nije u razvijenom stanju reč o kosoj ravni već o kosoj zakrivljenoj ravni. Kod krivolinijskih ekscentara omotač je u vidu logaritamske ili najčešće Arhimedove spirale. Glavna prednost kružnih ekscentara je jednostavna izrada dok je prednost krivolinijskih ekscentara samokočivost u čitavom dijapazonu radnog hoda.

KRUŽNI EKSCENTRI

Jedan od osnovnih uslova koje ekscentar treba da zadovolji jeste obezbeđenje samokočivosti, prvenstveno iz razloga bezbednosti pri radu. Iz tog razloga treba razmotriti odnose koji trebaju biti ispunjeni da bi ugao trenja ρ bio veći od ugla penjanja ekscentra. Na osnovu slike 9.(a-b)mogu se uspostaviti relacije (zavisnosti) između ugla penjanja ekscentra α i ugla zakretanja ekscentra β , odnosno:

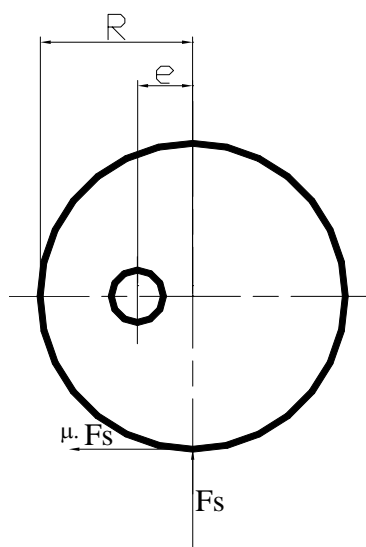
$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{e \cdot \cos \beta}{R + e \cdot \sin \beta}, \text{ gde je } e\text{-ekscentricitet; } R\text{- poluprečnik ekscentra.}$$



Slika 9 (a- b) - Zavisnost ugla zakretanja i ugla penjanja

Ugao penjanja kose ravni se menja od $\alpha = 0^0$ (za $\beta = 90^0$) do $\text{tg} \alpha_{\text{max}} = \frac{e}{R}$ (za $\beta = 0^0$).

Promena ugla α utiče, međutim, na svojstva stezanja i najveći je nedostatak kružnih ekscentara. Ekscentar ima dva granična položaja kojima odgovaraju vrednosti ugla α_{max} i α_{min} . Pri maksimalnoj vrednosti ugla α_{max} može doći do odpuštanja ekscentra u radu, dok pri minimalnoj vrednosti ugla α_{min} nastaje porast sile stezanja i gnječenje na kontaktnim površinama pri čemu je otežano otpuštanje ekscentra (potrebno je udarati na ručicu). S obzirom na samokočivost najnepovoljniji je položaj pri $\alpha = \alpha_{\text{max}}$. Zanemarujući trenje u rukavcu ekscentra (trenje deluje u smislu povećanja samokočivosti), prema slici 10. može se uspostaviti odnos:



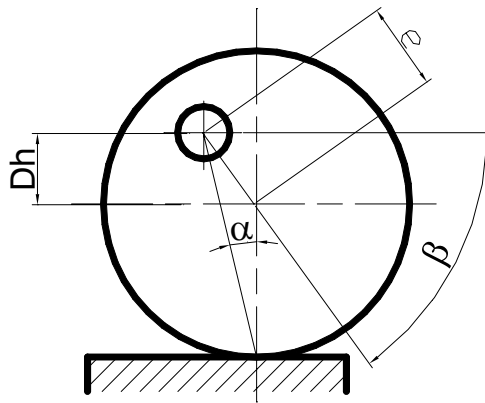
Slika 10.- Uslov samokočivosti ekscentra

$$\mu \cdot F_s \cdot R - F_s \cdot e = 0 \Rightarrow \mu \cdot R = e.$$

Pri $\mu = 0,1 \Rightarrow \frac{R}{e} = 10$ odnosno $\frac{D}{e} = 20$ gde je D – prečnik ekscentra.

Pri ovom odnosu, uz pretpostavku da je $\mu \geq 0,1$, ekscentar je samokočiv u svakom položaju. Međutim, korisni hod ekscentra je suviše mali pri proračunatim prečnicima ekscentra, pa se preporučuje praktična vrednost prethodnog odnosa $\frac{D}{e} = 14$.

Sada treba odrediti ugao zakretanja β pri kome počinje samokočenje. Prema slici 11. ovaj kritični ugao ($\alpha = \rho$) nalazi se iz jednačine:



Slika 11. – Ugao samokočivosti ekscentra

$\beta = 90 - (\alpha + \gamma)$, gde je:

$\alpha = \rho = \arctg \mu$; $\mu = 0,1$ (usvaja se približna vrednost), dok pri

$$\sin \gamma = R \cdot \frac{\sin \alpha}{e} \approx 0,1 \cdot \frac{R}{e} \Rightarrow \beta = \frac{\pi}{2} - (\arctg \rho + \arcsin 0,1 \cdot \frac{R}{e}).$$

Gubitak hoda iznosi: $\Delta h = e \cdot \sin \beta$.

Do potrebne veličine ekscentriciteta dolazi se preko jednačine:

$$h = z + T + k + \frac{F_s}{C}, \text{ gde je:}$$

h – potreban hod ekscentra koji se usvaja ($h = 2 \cdot e$),

z – zazor između radne površine ekscentra u otpuštenom položaju i površine za stezanje predmeta obrade, potreban za neometano postavljanje predmeta obrade na bazni element,

T – tolerancija položaja površine stezanja predmeta obradeu odnosu na tehnološku bazu,

k – potreban minimalni razmak između gornjeg dela predmeta obradei pritezne površine

ekscentra,

C – krutost sistema za stezanje,

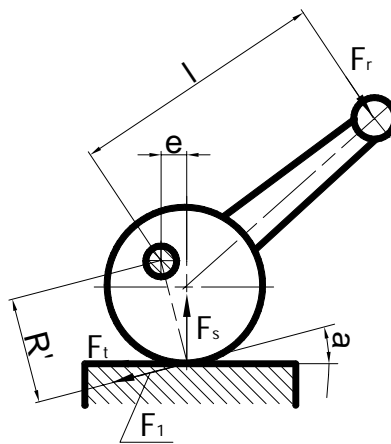
F_s – sila stezanja.

Najčešće se usvaja $z = 0,2-0,4\text{mm}$ i $k = 0,4-0,5\text{mm}$.

Imajući u vidu da je hod ekscentra manji od dvostrukog ekscentriciteta, pri korišćenju ograničenog ugla $\varphi \leq 90^\circ$ može se konačno izračunati veličina ekscentriciteta prema formuli:

$$e = \frac{z + T + k + \frac{F_s}{C}}{2 \cdot (1 - \cos \varphi)}$$

Sila stezanja F_s koja se postiže pri stezanju kružnim ekscentrom može se, sa praktično dovoljnom tačnošću, izračunati uz pretpostavku da ekscentar funkcioniše kao klin. Problem se u principu svodi na statičku ravnotežu sila u odnosu na tačku obrtanja rukavca ekscentra. Prema slici 12. mogu se uspostaviti sledeće relacije:



Slika 12.- Analiza sila na ekscentru

$$F_r \cdot l = F_1 \cdot R' \quad \text{i} \quad F_t = F_1 \cdot \cos \alpha$$

Primenom poznatog obrasca raspodele sila kod klina, odnosno kose ravni, dobija se zavisnost

$$F_s = \frac{F_t}{\operatorname{tg}(\alpha + \rho_1) + \operatorname{tg} \rho_2}$$

Sređivanjem datih izraza dolazi se do obrasca:

$$F_s \frac{F_r \cdot l}{[\operatorname{tg}(\alpha + \rho_1) + \operatorname{tg} \rho_2] \cdot R'}, \quad \text{gde je:}$$

F_r - sila na ručici ekscentra,

l - krak sile,

α - promenljivi ugao penjanja ekscentra,

ρ_1 - ugao trenja na kontaktnoj površini ekscentra i predmeta obrade,

ρ_2 - ugao trenja na rukavcu ekscentra,

R' - odstojanje obrtne tačke ekscentra od tačke dodira i

F_1 - rezultujuća sila koja deluje na predmet obrade.

Kod teže opterećenih ekscentara (većih sila stezanja) potrebno je proveriti da li će na mestu kontakta doći do trajnih deformacija. Proračun se vrši prema obrascu za kontaktna naprezanja poznatom iz teorije elastičnosti. Prema ovom obrascu kontaktni površinski pritisak iznosi:

$$p = 1,77 \cdot \sqrt{\frac{F_s}{R \cdot b \cdot \left(\frac{1 - \mu_1^2}{E_1} + \frac{1 - \mu_2^2}{E_2} \right)}}, \text{ gde je:}$$

p - površinski pritisak na mestu kontakta,

F_s - sila stezanja,

b - širina ekscentra,

μ_1 i μ_2 - Poisson-ov koeficijent za materijal ekscentra i predmeta obrade i

E_1 i E_2 - modul elastičnosti za materijal ekscentra i materijal predmeta obrade.

Ako je $E_1 = E_2 = E$ i $\mu_1 = \mu_2 = \mu = 0,3$ onda prethodni obrazac prelazi u oblik:

$$p = 1,31 \cdot \sqrt{\frac{F_s \cdot E}{R \cdot b}}.$$

Iz prethodnog obrasca, na osnovu maksimalno dozvoljenog površinskog pritiska ($p_{doz} \geq \sigma_v$) može se odrediti širina ekscentra preko izraza:

$$b \geq 1,72 \cdot \frac{F_s \cdot E}{R \cdot p_{doz}^2}.$$

Prečnik rukavca se, takođe na osnovu dozvoljenog površinskog pritiska, računa po obrascu:

$$d = \frac{F_s}{l \cdot p_{doz}}, \text{ gde je:}$$

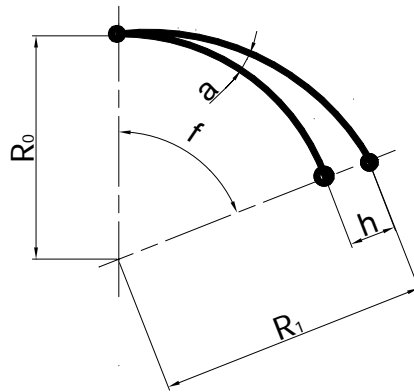
d - prečnik rukavca,

l - dužina rukavca (ako je uležištenje izvedeno preko dva rukavca uzima se ukupna dužina) i

p_{doz} - dozvoljeni površinski pritisak na rukavcu.

SPIRALNI EKSCENTRI

U praksi su od spiralnih ekscentara najčešće u primeni ekscentri sa Arhimedovom spiralom. Osnovna prednost ovih ekscentara je ta što je ugao nagiba ekscentra konstantan (slika 13.).



Slika 13.- Krivolinijski ekscentar

Polazeći od jednačine Arhimedove spirale, odnosno izraza

$$R = a \cdot \varphi, \text{ gde je:}$$

R - radijus vektor,

a - parametar spirale i

φ - ugao zakretanja

radni hod h se, prema slici 13, određuje preko jednačine:

$$h = R_1 - R_0 = a \cdot (\varphi_1 - \varphi_0).$$

Ne uzimajući u obzir dopunsko trenje u rukavcu, uslov samokočivosti je da u svakoj tački periferije spiralnog ekscentra ugao između tangente na spiralu i na krug kroz tu tačku bude manji od ugla trenja, tj. $\alpha \leq \rho$.

Iz slike dalje sledi:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{R_0 \cdot (\varphi_1 - \varphi_0)} = \frac{a}{R_0} \Rightarrow R_0 = \frac{a}{\operatorname{tg} \alpha}.$$

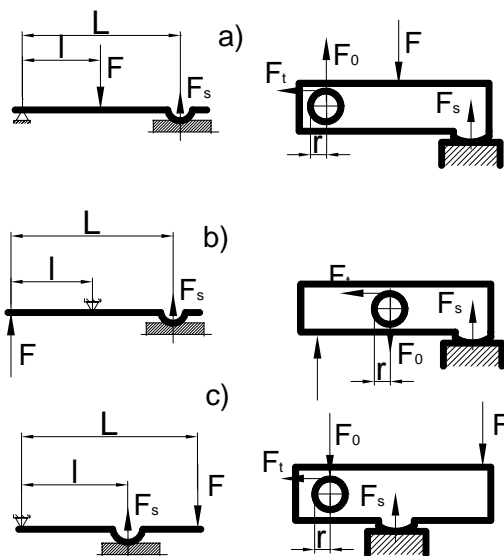
Uzimajući u obzir uslove samokočivosti dobija se:

$$R_0 \geq \frac{a}{\operatorname{tg} \rho}.$$

Ova jednakost određuje minimalni prečnik ekscentra koji obezbeđuje samokočivost. Svi ostali elementi proračuna spiralnih ekscentara su isti kao i kod kružnih ekscentara.

STEZANJE POLUGOM

Dvokraka poluga predstavlja vrlo rasprostranjen element za stezanje. Aktivira se pomoću zavrtnja, klina, ekscentra, hidrauličkog ili pneumatskog cilindra. Stezanje polugom se, u principu, svodi na tri slučaja čija je šema prikazana na slici 14(a-c).



Slika 14 (a-c) – Stezanje polugom

Iz statičkih jednačina ravnoteže mogu se proračunati sile stezanja u zavisnosti od spoljašnjeg opterećenja i geometrijskih odnosa.

Za slučaj poluge prikazane na slici 14a. sledi:

$$\sum M_o = 0 \Rightarrow F_s \cdot L - F \cdot l + F_t \cdot r = 0, \text{ odnosno}$$

$$F_s = \frac{F \cdot l - F_t \cdot r}{L} \quad \text{i} \quad \sum Y_i = 0 \Rightarrow F_0 + F_s - F = 0 \Rightarrow F_0 = F - F_s.$$

Sila trenja na rukavcu izračunava se prema obrascu $F_t = F_0 \cdot \mu$, pa se zamenom u prethodnu jednačinu dobija:

$$F_s = \frac{F \cdot L - \mu \cdot r \cdot (F - F_s)}{L}, \text{ odnosno konačni izraz:}$$

$$F_s = F \cdot \frac{(l - \mu \cdot r)}{(L - \mu \cdot r)}, \text{ gde je: } \mu - \text{ koeficijent trenja u rukavcu; } r - \text{ poluprečnik rukavca.}$$

Na sličan način mogu se odrediti sile stezanja za slučajeve poluge prikazane na slikama 14 (b- c).

$$\text{Slika 14b} \Rightarrow F_s = F \cdot \frac{l - \mu \cdot r}{L - l + \mu \cdot r}.$$

$$\text{Slika 14c} \Rightarrow F_s = F \cdot \frac{L - \mu \cdot r}{L - \mu \cdot r}.$$

Pri proračunu sila stezanja polugom, u većini slučajeva, zanemaruje se sila trenja, s obzirom na veličine L, l, r, μ . S tim u vezi, prethodni obrasci dobijaju oblik:

$$\text{Slika 14a} \Rightarrow F_s = F \cdot \frac{l}{L}.$$

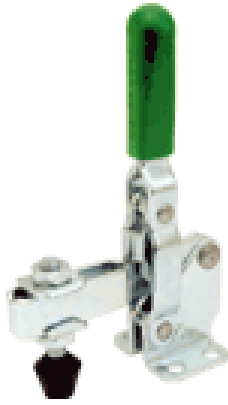
$$\text{Slika 14b} \Rightarrow F_s = F \cdot \frac{l}{L-l}.$$

$$\text{Slika 14c} \Rightarrow F_s = F \cdot \frac{L}{l}.$$

Analizirajući date izraze može se zaključiti da je, sa aspekta iskorišćenja sile F najpovoljniji slučaj stezanja polugom po šemi prikazanoj na slici 14c. Naime, u ovom slučaju dobija se uvećanje sile stezanja u funkciji odnosa $\frac{L}{l}$, što praktično znači da se sila stezanja može uvećati 2, 3 pa i više puta.

a slici 15. prikazani su primeri konstruktivnih rešenja stezanja polugom.





Slika 15.– Primeri konstruktivnih rešenja stezanja polugom

STEZANJE ELASTIČNIM ČAURAMA

Stezne čaure su tipičan predstavnik elastičnih stezača. Izvedene su u obliku razrezanih cevastih konusnih elemenata koji se pri aksijalnom pomeranju radijalno pomeraju, centrirajući i istovremeno stežući predmet obrade. Na slici 16. prikazani su neki standardni oblici steznih čaura.



Slika 16. – Standardni oblici stezne čaure

Elastične čaure se uglavnom primenjuju za stezanje cilindričnih predmeta obrade. S obzirom na relativno užu granicu mogućih elastičnih deformacija elastične čaure se primenjuju za stezanje predmeta obrade sa neznatnim odstupanjem prečnika. Pri radu mogu biti izložene istežanju ili pritisku.

MEHANIZACIJA STEZNIH PRIBORA

U cilju smanjenja ukupnog vremena izrade nekog elementa, od velikog je interesa smanjenje pripremnih vremena koja obuhvataju postavljanje, stezanje, otpuštanje i uklanjanje predmeta obrade iz steznog pribora. S tim u vezi, kao glavni nedostatak ručnog stezanja navodi se, upravo, veliko pripremono vreme. U serijskoj, a posebno u masovnoj proizvodnji skraćenje pripremnih vremena izrade nekog elementa bazira prvenstveno na podizanju nivoa mehanizacije i automatizacije steznih pribora.

Prema stepenu mehanizacije i automatizacije stezni pribori se dele na:

- mehanizovane,
- poluautomatske i
- automatske.

Stepen automatizacije steznih pribora određuje se prema broju operacija i zahvata obuhvaćenih mehanizacijom i automatizacijom.

Mehanizacijom i automatizacijom obuhvata se:

- a) dovođenje radnih predmeta u radnu zonu alata,
- b) baziranje radnih predmeta odnosno dovođenje njihovih baznih površina u dodir sa osloncima na priboru,
- c) stezanje i otpuštanje radnih predmeta,
- d) povremeni obrti radnih predmeta pri obradi na obrtnom stolu, sa naknadnim fiksiranjem i stezanjem,
- e) udaljenje predmeta obrade iz radne zone alata,
- f) čišćenje oslonih elemenata pribora od strugotine i sredstva za hlađenje i podmazivanje strujom komprimovanog vazduha.

Ako se ima u vidu da udeo mašinskog vremena za obradu prosečno iznosi 45-50% od ukupnog vremena obrade, proizilazi da se ostalo vreme troši na pomoćne radove; lokaciju i stezanje predmeta obrade, upravljanje mašinom, kontrolu u procesu izrade itd.

Prema nekim analizama vreme potrebno za određivanje položaja predmeta obrade i stezanje u zavisnosti od vrste obrade odnosno steznog pribora iznosi:

- pribori za struganje 30%
- pribori za bušenje 40%
- pribori za glodanje 60%
- pribori za brušenje 12%.

Iz izloženog se jasno vidi kakvu ulogu ima mehanizacija i automatizacija steznih pribora i uvođenje progresivnih konstrukcija. Prema tome mehanizacija i automatizacija se javlja kao neophodni faktor pri razmatranju koncepcija pojedinih sistema-konstrukcija pribora. Mehanizacija i automatizacija pribora bazira, u većini slučajeva, na primeni pneumatskih, pneumohidrauličnih ili hidrauličnih sistema. Kod mehanizovanih steznih pribora pomoću pneumatskih, hidrauličkih i drugih sistema vrši se stezanje i otpuštanje predmeta obrade. Kod poluautomatskih pribora i deo operacija postavljanja predmeta obrade u stezni pribor izvodi se automatski, bez učešća radnika. Kod automatskih steznih pribora sve operacije počevši od dovođenja predmeta obrade u određeni položaj, stezanja, otpuštanja, uključujući i skidanje predmeta obrade, vrše se automatski, bez učešća radnika. Prednost mehanizacije i automatizacije steznih pribora ogleda se i kroz povećanje nivoa tehnoloških i eksploatacionih mogućnosti mašina. Naime, ako se automatizovani radni ciklus alatne mašine dopuni sa automatizacijom radnog ciklusa pomoćnog pribora, obične univerzalne mašine postaju poluautomati.

UREĐAJI I ELEMENTI

Mehanizacija i automatizacija steznih pribora vrši se na bazi različitih vrsta pneumatskih, hidrauličkih i električnih sistema. Može se reći da je, upravo zahvaljujući potrebama mehanizacije i automatizacije steznih pribora razvijena čitava lepeza proizvoda poput cilindara različitih vrsta. Osnovni zadatak svih brzodejstvujućih mehanizovanih i automatizovanih steznih sistema jeste da korišćenjem energije fluida ili električne energije pokrenu određene mehaničke elemente i obezbede pouzdano i brzo stezanje i otpuštanje predmeta obrade.

PNEUMATSKI UREĐAJI ZA STACIONARNE STEZNE PRIBORE

Pneumatski uređaji dobili su veoma široku primenu u mehanizaciji i automatizaciji pomoćnih pribora, zahvaljujući sledećim osobinama:

- jednostavna konstrukcija i eksploatacija,
- mogućnost široke primene i
- brzo dejstvo uslovljeno velikom brzinom strujanja vazduha kroz sprovodne cevi.

Pneumatski uređaji obezbeđuju neprekidno dejstvo sila stezanja usled čega se normalno mogu koristiti sile stezanja koje su po vrednosti tri do četiri puta manje nego pri ručnom stezanju.

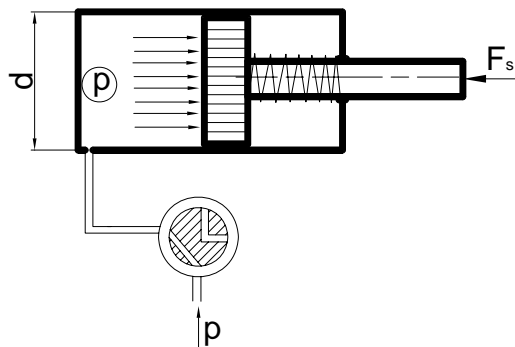
Pneumatski uređaji omogućavaju regulaciju i kontrolu sila stezanja koje deluju na predmet obrade.

Pored cilindara, kao izvršnih organa, u obaveznu pneumatsku instalaciju spadaju:

- pripremna grupa (prečistač vazduha, zauljivač vazduha i brzoispusni ventil),
- ventili (regulatori pritiska),
- prigušnice (regulatori protoka odnosno brzine),
- razvodnici i
- razvodni vodovi (creva).

KLIPNI PNEUMATSKI UREĐAJI (CILINDRI) CILINDRI JEDNOSMERNOG DEJSTVA

Cilindri jednosmernog dejstva (cilindri sa povratnom oprugom) su jednostavnije konstrukcije i ekonomičniji u potrošnji komprimovanog vazduha. Pri radu ovih cilindara deo sile se troši na savlađivanje elastične sile opruge. Uglavnom se primenjuju kada su u pitanju manji radni hodovi (slika 17.).



Slika 17. – Cilindar jednosmernog dejstva

Minimalna sila na klipnjači cilindra proračunava se po obrascu:

$$F = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot p \cdot \eta - F_0, \text{ gde je:}$$

F - minimalna sila na klipnjači cilindra; d - prečnik cilindra; p - pritisak vazduha u cilindru; η - stepen iskorišćenja; F_0 - maksimalna elastična sila povratne opruge.

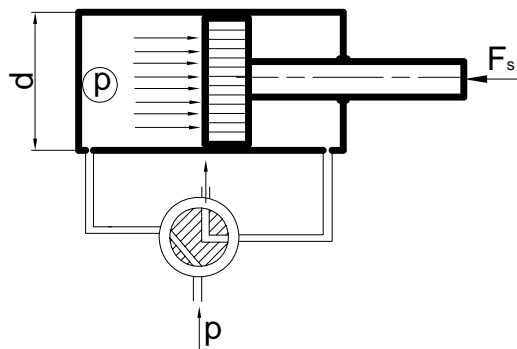
Maksimalna elastična sila povratne opruge izračunava se preko obrasca:

$$F_0 = c \cdot h_{\max}, \text{ gde je:}$$

c - krutost opruge; h_{\max} - maksimalni hod opruge.

CILINDRI DVOSMERNOG DEJSTVA

Kod cilindra dvosmernog dejstva (slika 18.) pomeranje klipa u radni i polazni položaj vrši se pod dejstvom komprimovanog vazduha. Naročito su pogodni kada se, zbog geometrije predmeta obrade, moraju koristiti veći radni hodovi.

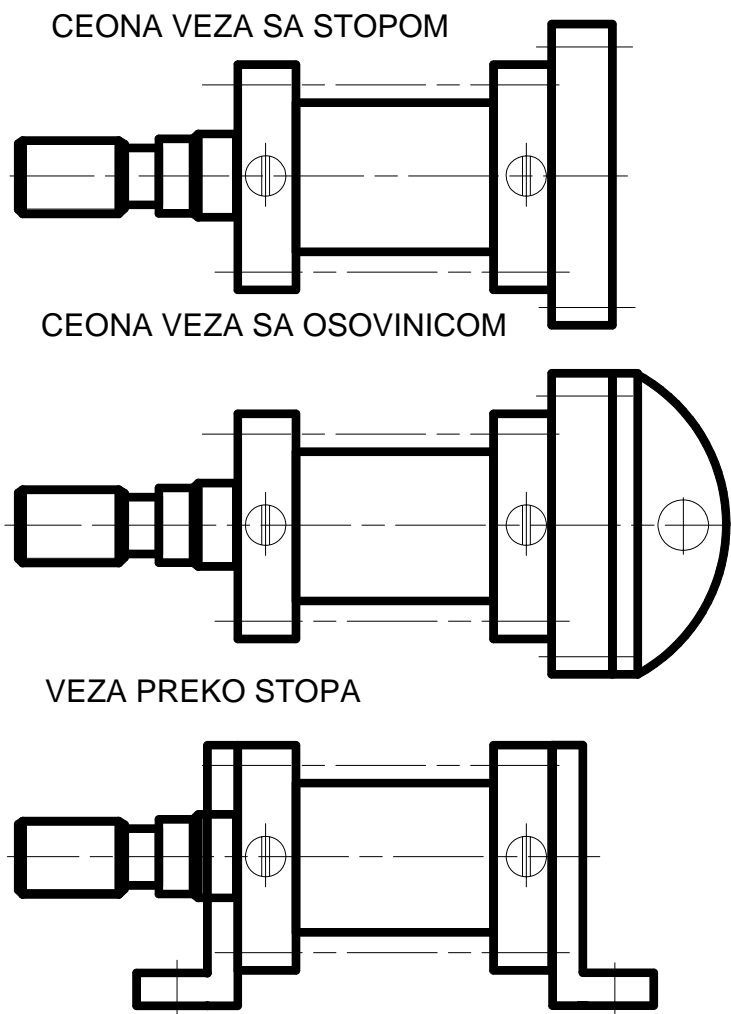


Slika 18. – Cilindar dvosmernog dejstva

Sila na klipnjači cilindra proračunava se po obrascu: $F = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot p \cdot \eta$, gde je:

d - prečnik cilindra; p - pritisak vazduha u cilindru; η - stepen iskorišćenja.

Zbog široke primene pneumatskih cilindara dvostranog dejstva razvijena je čitava familija istih. Oni se u principu razlikuju prema načinu pričvršćivanja na telo pribora, što je i prikazano na slici 19.

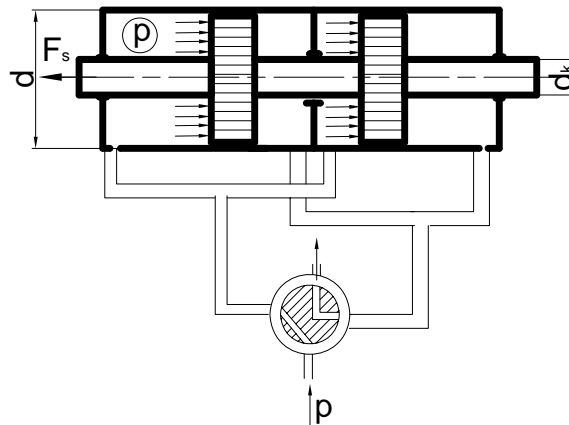


Slika 19. – Konstruktivne izvedbe cilindara dvosmernog dejstva

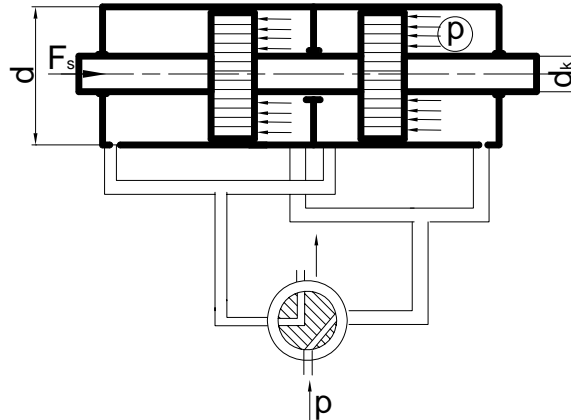
DVOJNI KLIPNI UREĐAJI

U praksi se često sreću zahtevi za povećanjem sila stezanja, bez povećanja prečnika cilindra. Ovakvi zahtevi postavljaju se kada je potrebno cilindre postaviti na bliskom rastojanju (viševretena bušilica i sl.) ili kada se teži smanjenju gabaritnih dimenzija pribora (mašinski stezači za glodanje).

Na slikama 20 i 21. šematski je prikazan dvojni klipni uređaj.



Slika 20. – Dvojni klipni uređaj



Slika 21. – Dvojni klipni uređaj

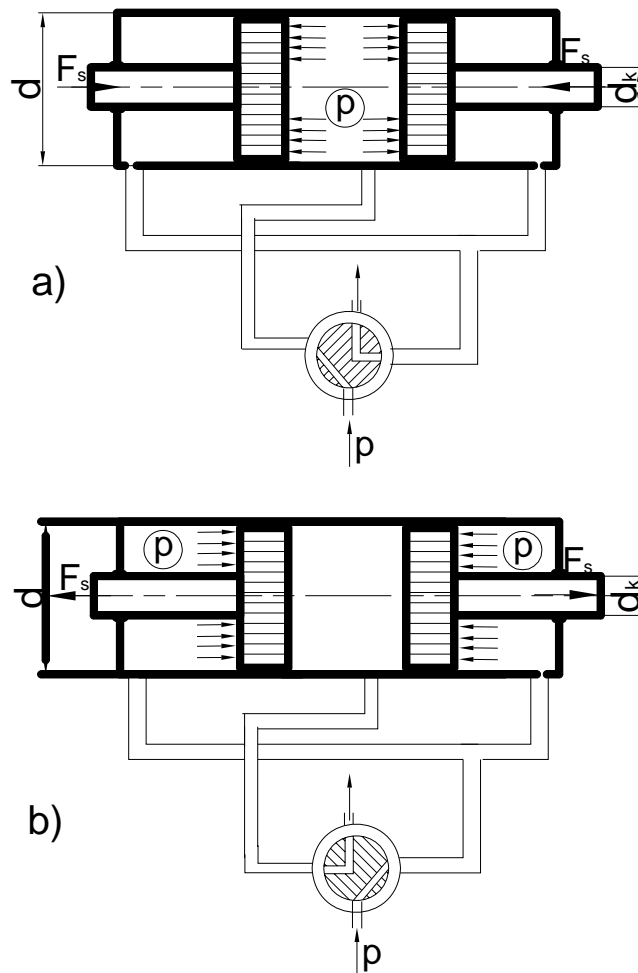
Sila stezanja, odnosno sila na klipnjači dvojnog klipnog uređaja proračunava se po obrascu:

$$F = 2 \cdot \pi \cdot \left(\frac{d^2 - d_k^2}{4} \right) \cdot p \cdot \eta, \text{ gde je:}$$

d - prečnik cilindra; d_k - prečnik klipnjače; p - pritisak vazduha u cilindru; η - stepen iskorišćenja dvojnog klipnog uređaja.

CILINDRI DVOSMERNOG DEJSTVA

Cilindri dvosmernog dejstva nalaze široku primenu kod steznih pribora. Prednost ovih cilindara ogleda se, prvenstveno, u mogućnosti istovremenog ostvarenja sila u dva različita smeru. Na slici 22 šematski je prikazan cilindar dvosmernog dejstva.



Slika 22. – Cilindar dvosmernog dejstva

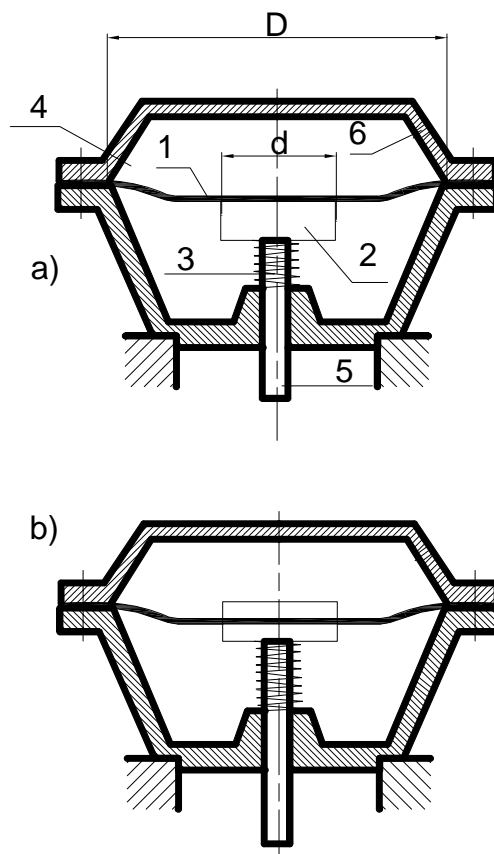
Veličina sile koje se ostvaruju na klipnjačama, pri njihovom izvlačenju, proračunava se po obrascu:

$$F = \pi \cdot \frac{d^2}{4} \cdot p \cdot \eta, \text{ gde je:}$$

d- prečnik cilindra; p - pritisak vazduha u cilindru; η - stepen iskorišćenja cilindra.

MEMBRANSKE STEZNE KOMORE – PNEUMATSKE KOMORE SA DIJAFRAGMOM

Pneumatske stezne komore, takođe, nalaze primenu pri izradi steznih pribora. Membranske komore izrađuju se sa različitim hodovima poluge (klipnjače). Veličina hoda poluge (klipnjače) zavisi od prečnika, debljine i materijala od kojeg je izrađena membrana (dijafragma). Veličina sile stezanja (sila na klipnjači) menja se u funkciji hoda klipnjače. Detaljniji proračuni mogu se naći u odgovarajućoj literaturi. Na slici 23. šematski je prikazan izgled membranske komore.



Slika 23. – Šematski prikaz membranske komore

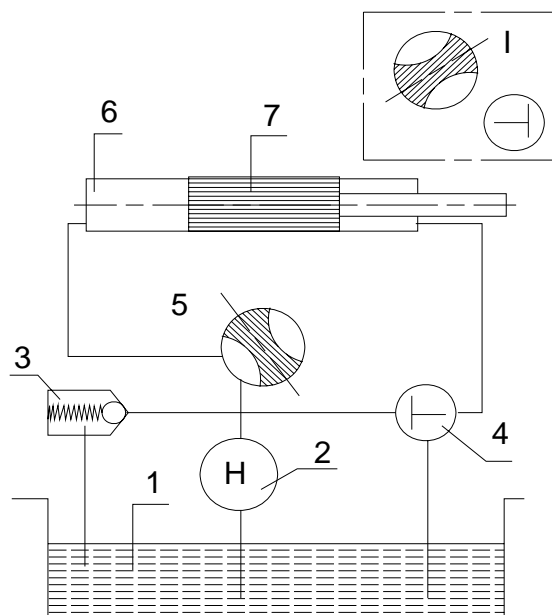
HIDRAULIČNI UREĐAJI ZA STACIONARNE STEZNE PRIBORE

Polazeći od činjenice da većina preduzeća ima kompresorsku stanicu, za mehanizaciju i automatizaciju tehnoloških sistema konstruktori opreme, vrlo često, koriste pneumatske uređaje, zbog njihove jednostavnosti i niske cene. Pošto pneumatski uređaji rade sa niskim pritiscima (5-8) Bara, pri zahtevima za većim silama stezanja potrebno je usvajati velike prečnike cilindara (200, 250 pa i 300 mm). Hidraulični uređaji rade sa pritiscima 100 Bara pa i više, i pokazuju, u poređenju sa pneumatskim uređajima, niz prednosti:

- prečnici cilindara su znatno manji pa su manje i gabaritne dimenzije pribora,
- pošto se radi sa visokim pritiscima koji mogu ostvariti velike vrednosti sila stezanja nije potrebno naknadno uvećavanje sila stezanja preko dodatnih mehanizama,
- radni fluid je ulje, pa nije potrebno naknadno podmazivanje cilindara i
- hidraulični uređaji nasuprot pneumatskim rade potpuno bešumno.

Hidroulična instalacija za stezanje sastoji se od: pumpe sa elektromotorom, uređaja za raspodelu tečnosti (razvodnika) i regulaciju brzine protoka (prigušnica), ventila i cilindara kao izvršnih organa.

Na slici 24 data je šema hidrauličkog steznog sistema.

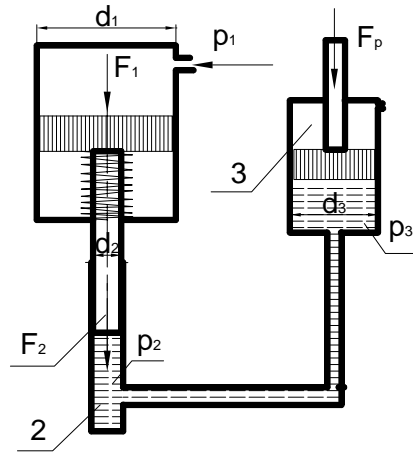


Slika 24. – Hidraulički stezni sistem

PNEUMOHIDRAULIČKO STEZANJE

Pneumohidraulični uređaji se vrlo često koriste pri konstrukciji pomoćnih steznih pribora. Ovi uređaji omogućavaju relativno velike sile stezanja, bez primene posebnih pogonskih agregata. Visoki pritisak tečnosti se postiže transformacijom energije sabijenog vazduha u

visoki pritisak ulja. Konstrukcija se odlikuje jednostavnošću, niskom cenom izrade i lakoćom upravljanja. Na slici 25. dat je šematski prikaz pneumohidrauličnog steznog kola.



Slika25. – Pneumohidraulično stezno kolo

Na osnovu slike 25 se može doći do ukupne sile stezanja na klipnjači trećeg (hidrauličnog) cilindra.

Sila na klipnjači prvog (pneumatskog) cilindra izračunava se po obrascu:

$$F_1 = \frac{D_1^2 \cdot \pi}{4} \cdot p_1 \cdot \eta_1.$$

Sila na klipnjači prvog cilindra, takođe se može izračunati i po obrascu:

$$F_2 = \frac{D_2^2 \cdot \pi}{4} \cdot p_2 \cdot \eta_2.$$

Sile F_1 i F_2 su istog intenziteta, pa se može napisati jednakost:

$$F_1 = F_2 \Rightarrow \frac{D_1^2 \cdot \pi}{4} \cdot p_1 \cdot \eta_1 = \frac{D_2^2 \cdot \pi}{4} \cdot p_2 \cdot \eta_2 \Rightarrow p_2 = p_1 \cdot \frac{D_1^2 \cdot \eta_1}{D_2^2 \cdot \eta_2}.$$

Pritisa u trećem cilindru jednak je pritisku u drugom cilindru, odnosno:

$$p_2 = p_3.$$

Ukupna sila na klipnjači trećeg cilindra računa se po obrascu:

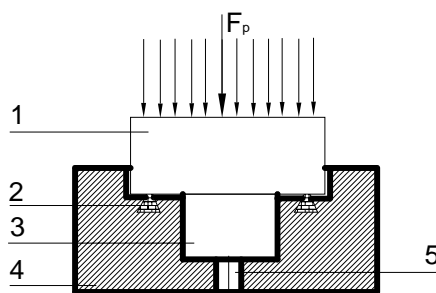
$$F = \frac{D_3^2 \cdot \pi}{4} \cdot p_2 \cdot \eta_3 = p_1 \cdot \frac{D_1^2 \cdot D_3^2 \cdot \pi \cdot \eta_1 \cdot \eta_3}{D_2^2 \cdot \eta_2}.$$

Oznake u izrazima imaju sledeće značenje:

D_1, D_2, D_3 – prečnici cilindara; p_1, p_2, p_3 - pritisci u odgovarajućim cilindrima; η_1, η_2, η_3 - stepeni iskorišćenja odgovarajućih cilindara.

VAKUUMSKO STEZANJE

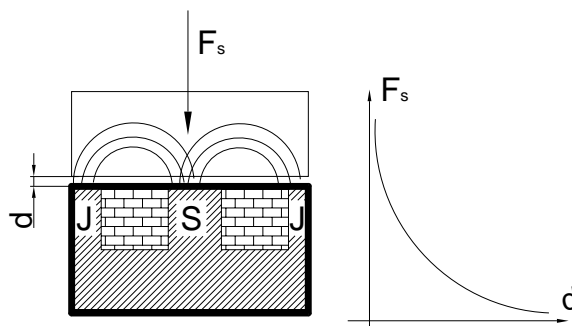
Vakuumsko kolo za stezanje koristi atmosferski pritisak za generisanje sile stezanja. Atmosferski pritisak deluje na predmet obrade oslonjen na osnovnu baznu površinu. Vakuu uređaji se primenjuju za finu obradu delova izrađenih od različitih materijala, koji mogu biti deformisani klasičnim mehanizmima za stezanje. Na slici 26. data je šema vakuu uređaja. Komora 3. je izolovana od atmosfere. Kroz kanal 5. isisava se vazduh vakuu pumpom. Pri otvaranju vakuuma atmosferski pritisak ravnomerno pritikuje predmet obrade na baznu površinu steznog pribora. Pri otpuštanju i skidanju predmeta obrade prostor 3. se spaja sa atmosferom.



Slika 26. – Šematski prikaz uređaja za vakuumsko stezanje

ELEKTROMAGNETNO STEZANJE

Elektromagnetni stezači koriste silu elektromagneta pri korišćenju električne pobude. Primenjuju se za stezanje delova od feromagnetnih materijala relativno velike površine kontakta. Ako se predmet obrade postavi na dva raznoimena pola elektromagneta, zatvaraju se linije magnetne sile kroz predmet obrade, što prouzrokuje silu stezanja F koja nastoji da vazdušni prostor δ učini što manjim (slika 27.).



Slika 27. – Elektromagnetni stezač

Površina stezanja treba da bude fino obrađena zbog uticaja zazora δ na veličinu sile stezanja.

Elektromagnetni stezači nalaze široku primenu pri stezanju delova na radnim stolovima brusilica. Treba naglasiti da su moguća rešenja kod obrtnih kretanja primenom obrtnih magnetnih steznih pribora kao i za stezanje predmeta obrade sa naležućim površinama koje odstupaju od ravni.

V

Standardizacija, unifikacija i tipizacija steznih pribora, grupni i modularni (fleksibilni) stezni pribori

V. GRUPNI I AGREGATIRANI - MODULNI STEZNI PRIBORI

Koncept projektovanja ovih pribora razlikuje se bitno od uobičajenog pristupa u individualnom rešavanju prihvatanja i stezanja predmeta obrade u različitim operacijama nekog tehnološkog procesa. Ovaj sistem pomoćnih pribora karakteriše znatno učešće standardnih delova u odnosu na posebno konstruisane.

Uvažavajući činjenicu da se vreme potrebno za projektovanje tehnološke opreme, uključujući specijalne pomoćne pribore, pri pojedinačnoj proizvodnji penje na 50-70%, pa i više od ukupnog vremena potrebnog za pripremu proizvodnje, a da cena te opreme dostiže vrednost do 20%, a u nekim slučajevima i više, od cene alatne mašine, veoma su značajne mere koje će omogućiti intervencije u dva smera.

Prvi smer se odnosi na skraćanje vremena potrebnog za pripremu opreme, od postavljenog zadatka do početka proizvodnje, a drugi smer na smanjenje cene koštanja opreme.

Na ove zahteve može se sa strane pomoćnih pribora uticati na sledeća tri načina:

- primenom specijalnih pomoćnih pribora projektovanih na principu korišćenja tipiziranih standardnih elemenata,
- primenom grupnih pomoćnih pribora, i
- primenom sistema agregatnih pomoćnih pribora.

Osnovna zajednička karakteristika sva tri puta za intervencije je veoma visok nivo tipizacije elemenata, podsklopova i sklopova pomoćnih pribora, sa čestim tipskim rešenjima brzodejstvujućeg, mahom mehaničkog, rukovanja, pre svega stezanja i otpuštanja.

GRUPNI POMOĆNI PRIBORI

Formiranjem grupe tehnološki sličnih delova, pojedinačna i maloserijska proizvodnja se prevode u serijsku pa čak i velikoserijsku proizvodnju, čime se opravdava ulaganje u projektovanje i primenu opreme povišene proizvodnosti.

Može se istaći da se grupni pomoćni pribori obično projektuju za jednu operaciju zajedničkog tehnološkog postupka grupe predmeta obrade (delova), pa se kao osnovni zahtev za grupni pribor postavlja mogućnost baziranja, stezanja ili vođenja alata za sve predmete obrade date grupe. Ovaj se zahtev može ostvariti na jedan od tri načina i to primenom:

- grupnog pomoćnog pribora sa izmenljivim elementima,
- grupnog pomoćnog pribora sa podešavanjem (regulisanjem) nekih elemenata, i
- kombinovanjem grupnog pomoćnog pribora sa izmenljivim i podešljivim elementima.

Pre prelaska na obradu narednog predmeta obrade iz grupe u prvom slučaju treba izmeniti određeni broj elemenata (za oslanjanje, centriranje, vođenje alata i dr.) a u drugom slučaju treba izvršiti odgovarajuća regulisanja položaja pojedinih elemenata.

Prema tome, kod grupnog pomoćnog pribora postoji osnovni grupni pribor i komplet izmenljivih, odnosno podešljivih elemenata.

Projektovanje grupnih pomoćnih pribora je iz razloga što se izvodi za grupu tehnološki sličnih delova a ne za jedan deo znatno složenije nego kod specijalnih pomoćnih pribora. Projektovanje se zasniva na analizi konstrukcijskih i tehnoloških karakteristika delova koji pripadaju istoj grupi i na proučavanju podataka o tehnološkom postupku izrade, alatima, mašinama i ostalim karakteristikama.

Tok projektovanja grupnih pomoćnih pribora ima nekoliko faza i to:

- prikupljanje i izučavanje polaznih informacija (crteži delova, grupni tehnološki postupak izrade, podaci o alatima i mašinama i ostalo),
- izbor površina za baziranje i stezanje za sve delove iz grupe,
- izrada idejne skice optimalnog osnovnog grupnog pomoćnog pribora kao i izmenljivih i podešljivih delova pribora,
- izvodjenje potrebnih proračuna, ključnih za ispravno funkcionisanje konstrukcije (proračun krutosti, proračun grešaka izrade i dr.), i
- detaljna konstrukcijska razrada grupnih pomoćnih pribora.

Pri koncipiranju rešenja potrebno je koristiti postojeće iskustvo i izvedene, proverene konstrukcije, uz tesnu saradnju konstruktora zadatih predmeta obrade, tehnologa i konstruktora grupnih pomoćnih pribora.

Specifični zahtevi za grupne pomoćne pribore u odnosu na one koji važe kao opšti kada su u pitanju pomoćni pribori su:

- obezbeđenje povećane proizvodnosti rada,
- jednostavnost konstrukcije i lakoća rukovanja,
- lakoća zamene izmenljivih i regulisanje podešljivih elemenata,
- dovoljna krutost i tačnost,
- brzo i tačno stezanje delova grupe, postavljanje na mašinu i skidanje, i
- prisutnost maksimalnog broja standardnih elemenata.

Kvalitativni pokazatelji ekonomskog efekta primene grupnih pomoćnih pribora mogu se sagledati kroz:

- višestruko smanjenje vremena pripreme proizvodnje,
- znatno se smanjuju troškovi konstruisanja i izrade pribora svedeni na jedan deo, pošto se isti pribor koristi za grupu delova,
- smanjuje se potrošnja materijala za izradu pribora,
- potreban je manji magacinski prostor za smeštaj i skladištenje pribora,
- opravdana je primena mehanizovanih (pneumatskih, hidrauličnih i drugih) uređaja za brzo stezanje, i
- u dobro uhodanim uslovima grupne tehnologije, napuštanje nekih proizvoda i njihova zamena novim u principu omogućava primenu postojećih grupnih pomoćnih pribora sa novim izmenljivim elementima.

Ne ulazeći u dublje proračune moguće je na sledeći način ukazati na ekonomičnost primene grupnih u odnosu na specijalne stezne pribore.

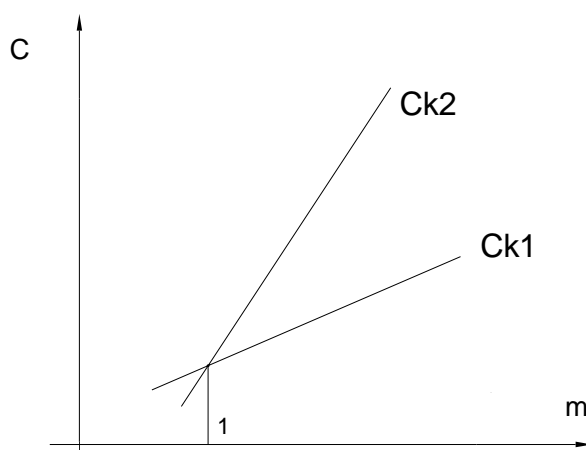
Ako je reč o grupi sa ukupno $z_1+z_2+\dots+z_m=\sum_1^m z$ delova, onda u cenu grupnog pribora C_{k1} ulazi cena osnovnog grupnog pribora C_g kao i cena svih izmenljivih delova C_i koji su potrebni za prilagođavanje pribora svakom članu grupe, pa je:

$$C_{k1} = C_g + \sum_1^m C_i ,$$

dok je u slučaju konstruisanja i izrade specijalnih pomoćnih pribora ukupna cena C_{k2} za svih m delova, odnosno:

$$C_{k2} = \sum_1^m C_s , \text{ gde je } C_s\text{-cena individualnog pribora.}$$

Tendencija kretanja cena C_{k1} i C_{k2} u zavisnosti od broja delova m može se u najjednostavnijem slučaju iskazati dijagramom na slici.



AGREGATIRANI ILI UNIVERZALNI MONTAŽNI PRIBORI

Termin agregatirani pomoćni pribori usvojen je za pomoćne pribore koji se zasnivaju na principu sklapanja (komponovanja, agregatiranja) iz standardnih elemenata, sadržanih u odgovarajućem kompletu (garnituri). Garnitura se sastoji od šireg ili užeg (zavisi od sistema) asortimana delova različitog oblika i podsklopova, oblikovanih, dimenzionisanih i izrađenih tako da se međusobnim vezivanjem rastavljivim vezama mogu sklapati u željenu celinu.

Elementi garniture univerzalnih montažnih pribora izrađeni su od kvalitetnog konstrukcijskog i alatnog čelika, termički su obrađeni a radne naležuće površine brušene i glačane, što obezbeđuje visoku otpornost na habanje i tačnost sklapanja. Tačnost izrade u pogledu vitalnih dimenzija elemenata je vrlo visoka: tačnost dužinskih mera je obično $\pm 0,01mm$, a upravnost i paralelnost $0,01mm$ na dužini od $100mm$, što omogućava da se iz elemenata garniture sklapaju pribori visoke tačnosti.

Sklapanjem iz gotovih elemenata mogu se komponovati pribori za delove različitog oblika i veličine, za gotovo sve postupke obrade rezanjem.

Međusobne veze elemenata su razdvojive, što omogućava da se bez oštećenja delova pribor rasklopi i elementi garniture koriste za formiranje novih pribora.

Bogastvo broja, oblika i dimenzija (ukupan broj elemenata u, na primer nekim garniturama dostiže 30000 elemenata) omogućava da se u isto vreme može agregirati veći broj pomoćnih pribora (150-200).

U pogledu dimenzija i oblika predmeta obrade, reč je, prema nekim informacijama, i do 80% svih delova koji se sreću u mašinogradnji, pri čemu se dimenzije idealnog predmeta obrade kreću u dosta širokim granicama: dužina 50-500mm, širina 30-400mm, visina 10-300mm.

Svi sistemi univerzalnih montažnih pribora mogu se prema površinama prema kojima se određuje međusobni položaj elemenata svrstati u tri grupe :

- sistemi sa žljebovima,
- sistemi sa otvorima (sa urezanim zavojnicom), i
- kombinovani sistemi.

U većini sistema komplet standardnih elemenata sadrži kao grupe:

- osnovne elemente (osnovne ploče, ugaonici, podmetači),
- elemente za oslanjanje i lokaciju,
- elemente za vođenje alata,
- elemente i mehanizme za stezanje, i
- dopunske elemente i različite podsklopove.

Oblast moguće primene univerzalnih montažnih pribora je veoma široka, ali se mogu izdvojiti sledeći slučajevi u kojima njihova primena dovodi do znatnih tehnoloških ekonomskih efekata:

- pojedinačna i maloserijska proizvodnja. Obim proizvodnje je mali i troškovi uvođenja specijalnih pomoćnih pribora su veći od ušteda. Korišćenje univerzalnih montažnih pribora je, međutim, rentabilno,
- razvoj i izrada prototipa mašina i uređaja. U ovim slučajevima se ne isplati uvođenje specijalnih steznih pribora,
- uvođenje novih proizvoda (nulta serija). S obzirom da su u ovoj fazi još uvek moguće izmene proizvoda, izrada definitivnih konstrukcija pribora vezana je sa rizikom. Univerzalni montažni pribori ovde nalaze značajnu primenu, pri čemu se znatno skraćuje period pripreme proizvodnje,
- rasterećenje uskih grla. U slučaju nedostatka specijalnog steznog pribora, čak i u velikoserijskoj proizvodnji, primena dopuskog pribora projektovanog na principu agregiranja je jedan vid rešenja. Ovim se izbegava zastoje u proizvodnji i produženje rokova isporuke,

- provera predloga za poboljšanje postojećih metoda i uviđanje novih metoda rada. Pomoćni pribori u ovim zahtevima obično predstavljaju glavnu prepreku. Brzo komponovanje pribora uz male troškove čini ove intervencije izvodljivim,
- serijska proizvodnja. I pored toga što je za velike serije opravdana izrada specijalnih pribora visokoproduktivnih pribora, ako raspoloživo vreme za pripremu proizvodnje nije dovoljno, primena univerzalnih montažnih pribora predstavlja povoljno rešenje.

Od niza prednosti primene univerzalnih montažnih pribora mogu se navesti i sledeće:

- otpadaju troškovi konstruisanja pribora ili su ti troškovi veoma niski,
- znatno se smanjuju troškovi izrade pribora, pošto je vreme sklapanja pribora veoma kratko, a mogućnost primene elemenata garniture višestruka,
- smanjenje potrošnje materijala za izradu pribora,
- moguće su proste i brze izmene ako se pokaže da komponovani pribor ne odgovara zahtevima,
- u toku eksploatacije oštećeni elementi pribora brzo se i lako zamenjuju,
- brz je povraćaj uloženi sredstava (2-3) godine, uz vek trajanja većine elemenata kompleta 10 pa i više godina.

Treba, međuti, ukazati i na neke nedostatke univerzalnih montažnih pribora, odnosno:

- visoki zahtevi za tačnost i kvalitet izrade elemenata kompleta i korišćenje skupog čelika uslovljavaju relativno visoka početna ulaganja,
- zbog postojanja većeg broja spojeva između elemenata nužno se smanjuje krutost kompletnog pribora, i
- manje su mogućnosti za primenu agregata za brzo stezanje pri čemu je ovaj nedostatak uslovio jedan od glavnih pravaca razvoja univerzalnih montažnih pribora.

Način optimalnog korišćenja univerzalnih montažnih pribora je jedno od važnih praktičnih pitanja. Zbog srazmerno visoke cene korišćenja garniture uvođenje ovih pribora se isplati samo pod uslovom višestrukog iskorišćenja, pa je rentabilno da se organizacija poslovanja sprovede na jedan od sledeća dva načina:

- ako se pri velikim preduzećima sa velikim asortimanom proizvoda korišćenje univerzalnih montažnih pribora pokaže kao rentabilna, onda je moguće za potrebe celog preduzeća osnovati poseban pogon za agregatiranje pomoćnih pribora. Pogon bi se bavio svim pitanjima vezanim za ovu vrstu pribora,
- za potrebe manjih preduzeća u okviru jednog regiona rentabilno je osnivanje centralnog servisa. Servis bi predstavljao samostalno preduzeće koje prema narudžbinama korisnika vrši agregatiranje pomoćnih pribora. Posle upotrebe ,

pomoćni pribori se vraćaju servisu, gde se rasklapaju, a elementi se dalje koriste za komponovanje sledećih pribora.

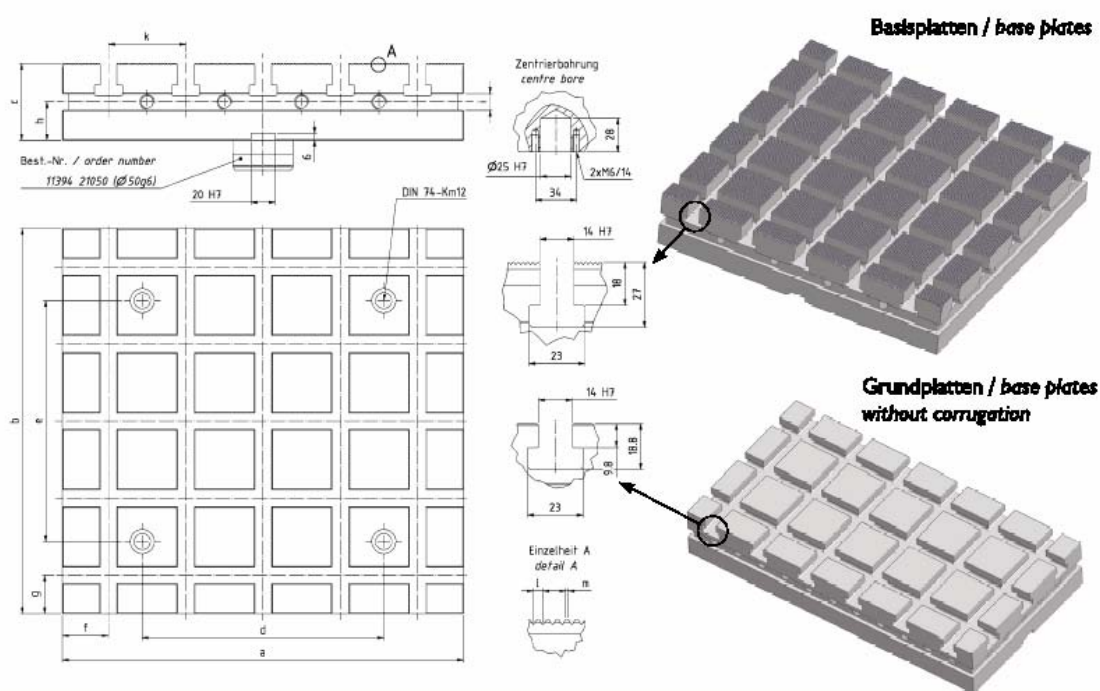
Na kraju ovog informativnog izlaganja može se istaći da postoje pokušaji da se sistem univerzalnih montažnih pribora koristi i u gradnji grupnih pomoćnih pribora. pri čemu se prednosti ovog sistema ogledaju, prvenstveno, u univerzalnosti elemenata garniture za agregatiranje i bogastvo garniture u elementima različitog oblika i dimenzija.

Delovi univerzalnih montažnih pribora dele se, najčešće, u osam grupa u zavisnosti od funkcije koju imaju u sklopu pribora. Grupe se dele na tipove a tipovi se dalje dele po veličinama. Broj tipova i veličina je različit kod različitih kompleta.

Obično se jedan komplet sastoji iz sledećih osam grupa, i to:

I. grupa - BAZNI DELOVI

U ovu grupu spadaju različite ploče pravougaonog, kvadratnog i okruglog oblika. Ovi delovi imaju široku primenu jer se oko 90% pribora formira na bazi ovih delova. Na slici 1. prikazan je primer bazne osnovne ploče.



Bestellnummer order number	a	b	c ±0.015	d	e	f	g	h	i	k ±0.02 a) ±0.04	l ±0.01	m	Anz. der T-Nuten	kg
Basisplatten / base plates														
11100 14001	332	320	64	200	200	38	32	32	14	64	2	0.5	5x5	35.0
11100 14002	332	640	64	200	400	38	32	32	14	a)64	2	0.5	5x10	71.1
Grundplatten / base plates without corrugation														
11261 20204	140	256	64	-	-	38	32	32	14	64	-	-	2x4	13.5
11261 20306	204	384	64	-	-	38	32	32	14	64	-	-	3x6	28.0
11261 20408	268	512	64	200	400	38	32	32	14	64	-	-	4x8	46.0

Maße in mm

Sizes in mm

Slika1. Osnovna ploča modulnog steznog pribora.

II. grupa - OSLONI KUĆIŠNI DELOVI

Ova grupa spada među važnije grupe kompleta pomenutog sistema i njena primena mnogo zavisi od konstrukcije pribora. Iz tog razloga ova grupa po broju tipova zauzima prvo mesto. U okviru ove grupe postoji nekoliko podgrupa, odnosno: razni umetci, prizme, ugaoni elementi, oslonci za lokaciju, vođice za bušenje i slični delovi.

III i IV grupa - DELOVI ZA LOKACIJU

U ovu grupu spadaju delovi za određivanje položaja predmeta obrade i reznog alata. Ovi delovi mogu biti jednostrani i dvostrani. Imaju dimenzije identične osloncima za lokaciju.

V. grupa - ŠAPE ZA STEZANJE

Rade se u različitim oblicima. Obično postoje garniture sa 8 tipova i 32. različite veličine.

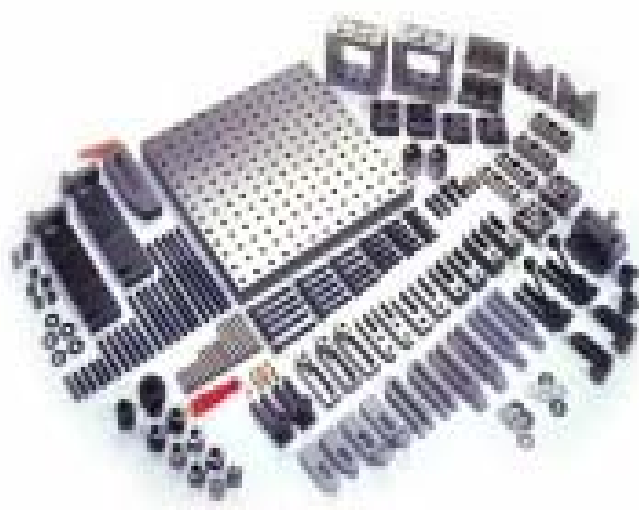
VI. grupa - DELOVI ZA STEZANJE

U kompletu se najčešće nalazi oko 21. različitih tipova sa 260 veličina, zavrtnjeva, navrtki podmetača i sl. Najčešće je u primeni navoj M12X1,5 za montažu i navoj M5 za vezu klinova.

VII. grupa - RAZNI DELOVI

Delovi ove grupe stvoreni su u toku eksploatacije sistema univerzalnih montažnih pribora i javljaju se kao dopunska grupa kompleta. Ovde se mogu ubrojati ekscentri, opruge, ručice i razni slični elementi.

Na slici 2. prikazan je deo kompleta modulnog steznog sistema

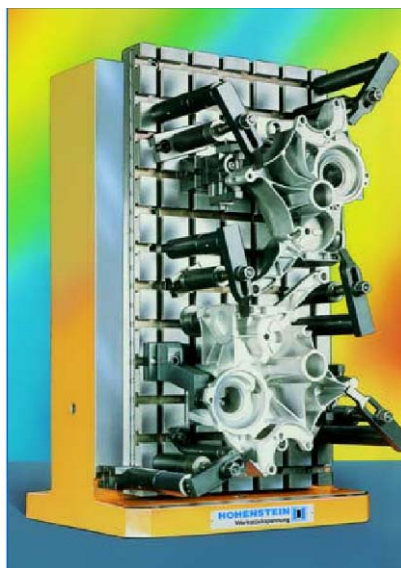


Slika 2. Deo kompleta modulnog steznog sistema.

Na slici 3.i 4. prikazani su sklopovi steznih pribora formirani od izmenljivih modulnih elemenata.

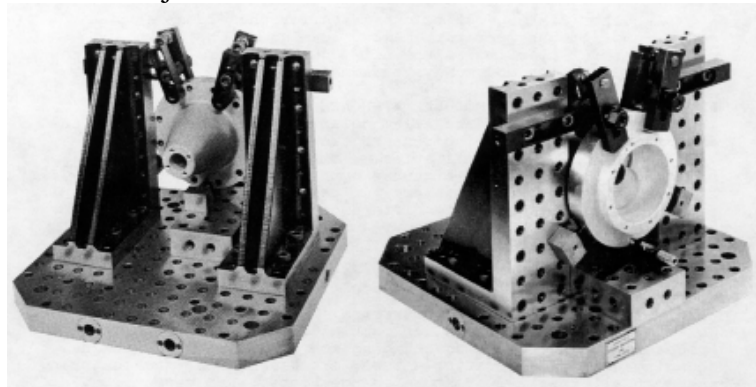


Slika3. - Primer sklopa pribora

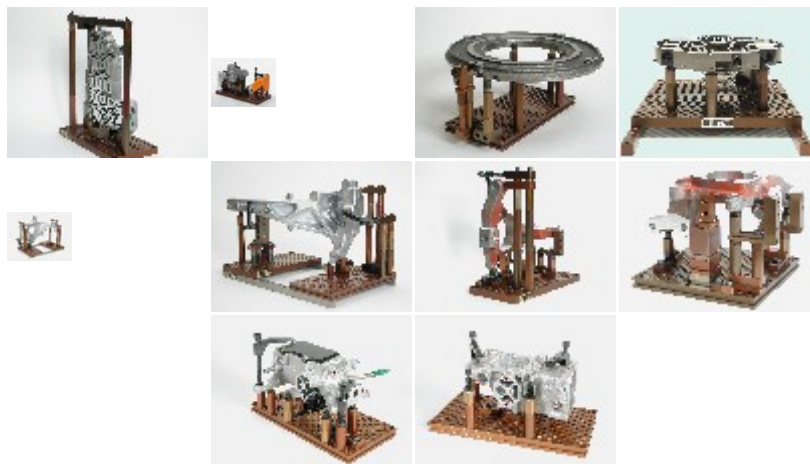


Slika 4.- Primer sklopa pribora

Na slikama 5. i 6. takođe su prikazana rešenja različitih sklopova steznih pribora formiranih na bazi izmenljivih elemenata.

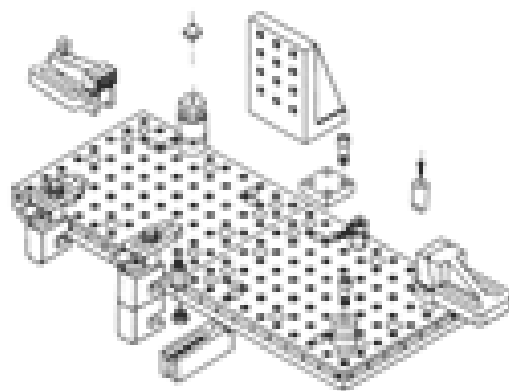


Slika 5. - Primeri sklopova pribora



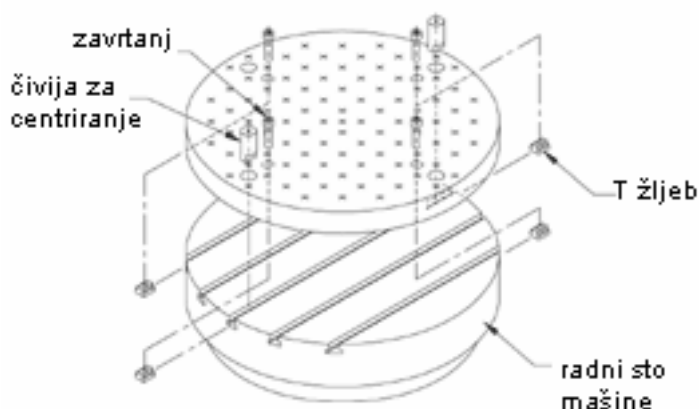
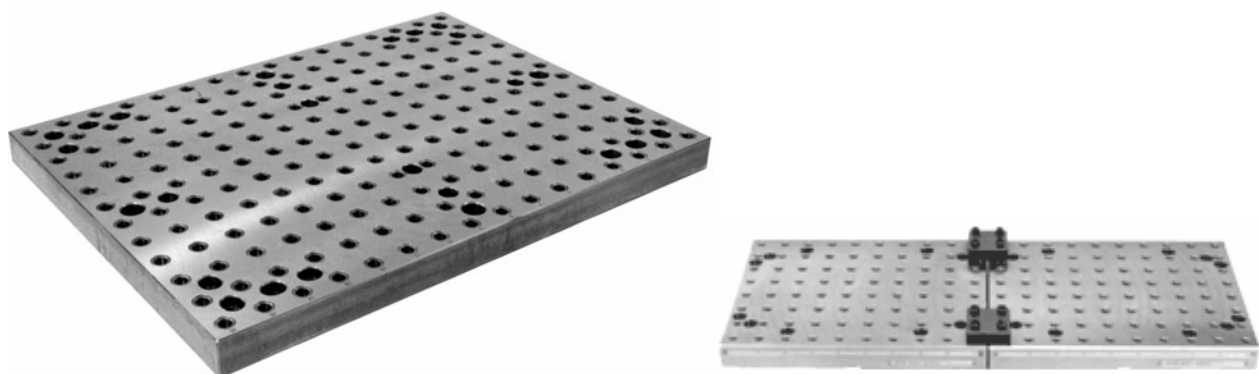
Slika 6. - Primeri sklopova pribora

Na slici 7. i u narednim tabelama prikazani su elementi modulnog steznog sistema koji su najčešće u primeni pri formiranju konstrukcija.



Slika7. - Elementi modulnog steznog sistema

OSNOVNA PLOČA

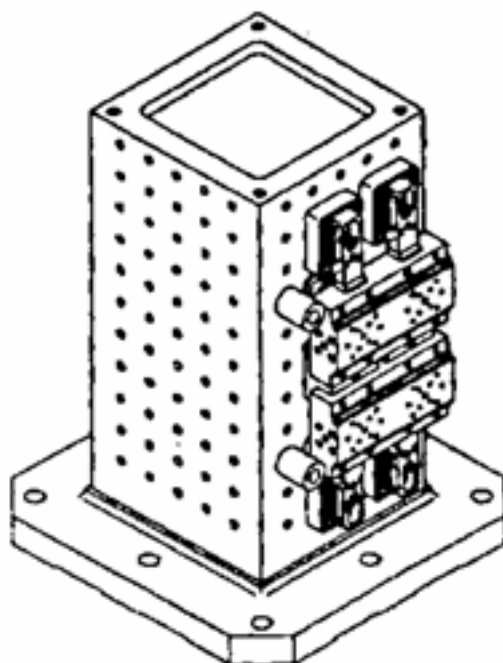
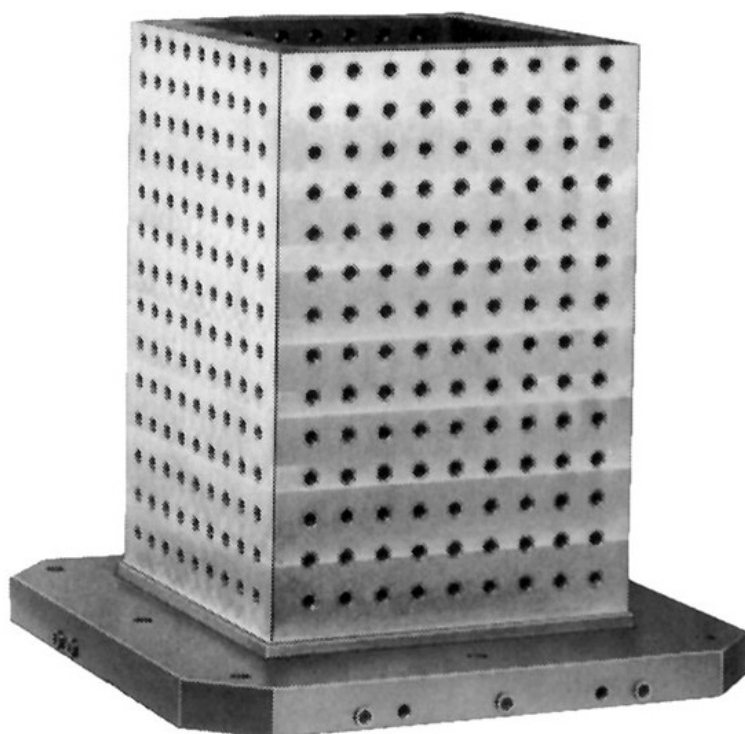


Materijal: ugljenični čelik

Termička obrada i površinska zaštita: cementiranje i kaljene

Opis i namena: Bazna ploča može biti pravougaonog ili kružnog oblika. Za osnovnu ploču se vezuju svi bazni elementi pribora. U tu svrhu, na ploči su izrađeni otvori za centriranje i pričvršćivanje. Ploča se za radni sto mašine pričvršćuje zavrtanjima i centrira čivijama preko otvora. Gornja i donja površina su brušene i izrađene sa tolerancijom paralelnosti 0.02 mm.

TELO PRIBORA

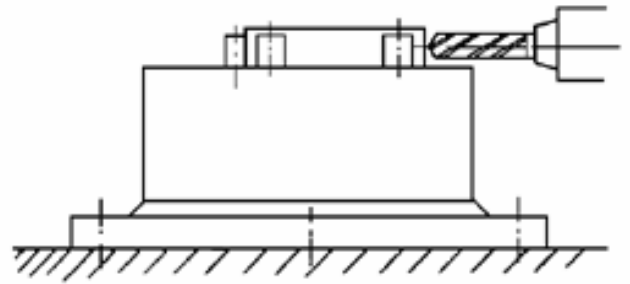


Materijal: ugljenični čelik

Termička obrada i površinska zaštita: cementiranje i kaljene

Opis i namena: Četvorostrana ugaona ploča se koristi za pozicioniranje delova koji se obrađuju na horizontalnim mašinama. Izrađena je sa otvorima za centriranje i pričvršćivanje elemenata za lokaciju i baziranje predmeta obrade. Sve četiri površine za baziranje su vrlo precizno izrađene, sa tolerancijom normalnosti i paralelnosti 0.02 mm. Telo pribora je izliveno iz jednog dela i zahvaljujući tome obezbeđuje veliku tačnost i stabilnost sklopa pribora i prigušenje vibracija pri obradi dela. Ima mogućnost montiranja i prema DIN i prema JIS standardu (vidi poglavlje 6.1.). Na svaku od četiri bazne površine može se montirati poseban pribor za različite predmete obrade. Izrađuje se u 5 različitim visina: 300, 400, 500, 630 i 800 mm.

PLATFORMA

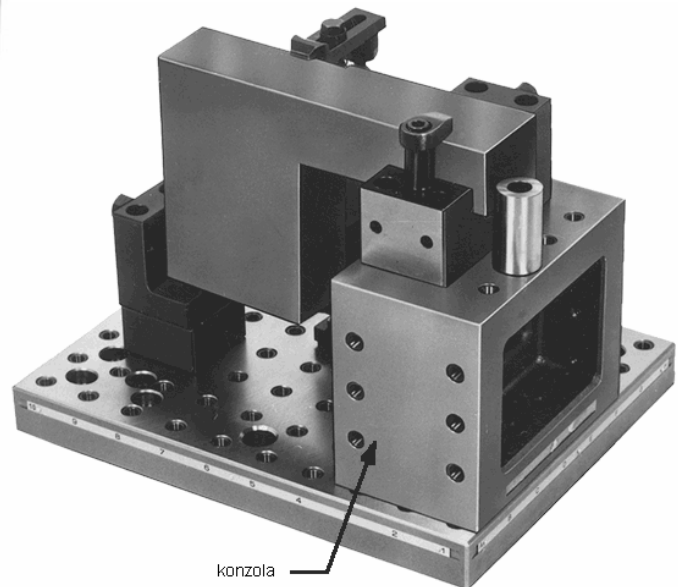
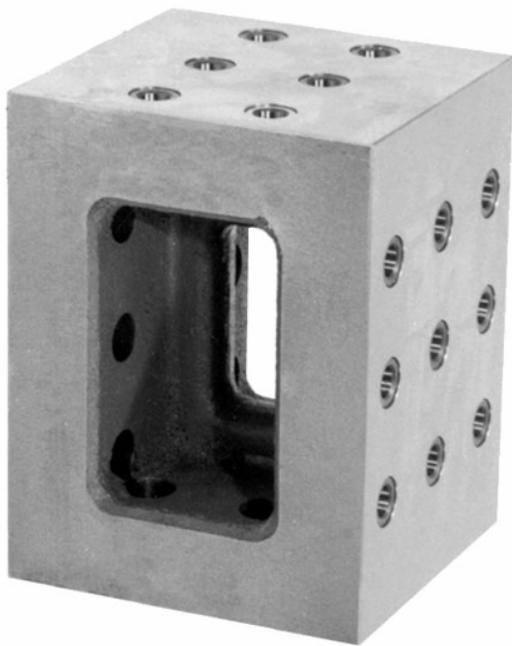


Materijal: ugljenični čelik

Termička obrada i površinska zaštita: cementiranje i kaljene

Opis i namena: Može se koristiti za obradu na horizontalnim i vertikalnim mašinama. Izrađena je sa otvorima za centriranje i pričvršćivanje elemenata za lokaciju i baziranje predmeta obrade. Površina za baziranje je vrlo precizno izrađena, sa tolerancijom paralelnosti 0.02 mm. Izrađuje se u 3 različite visine: 500, 630 i 800 mm.

KONZOLA

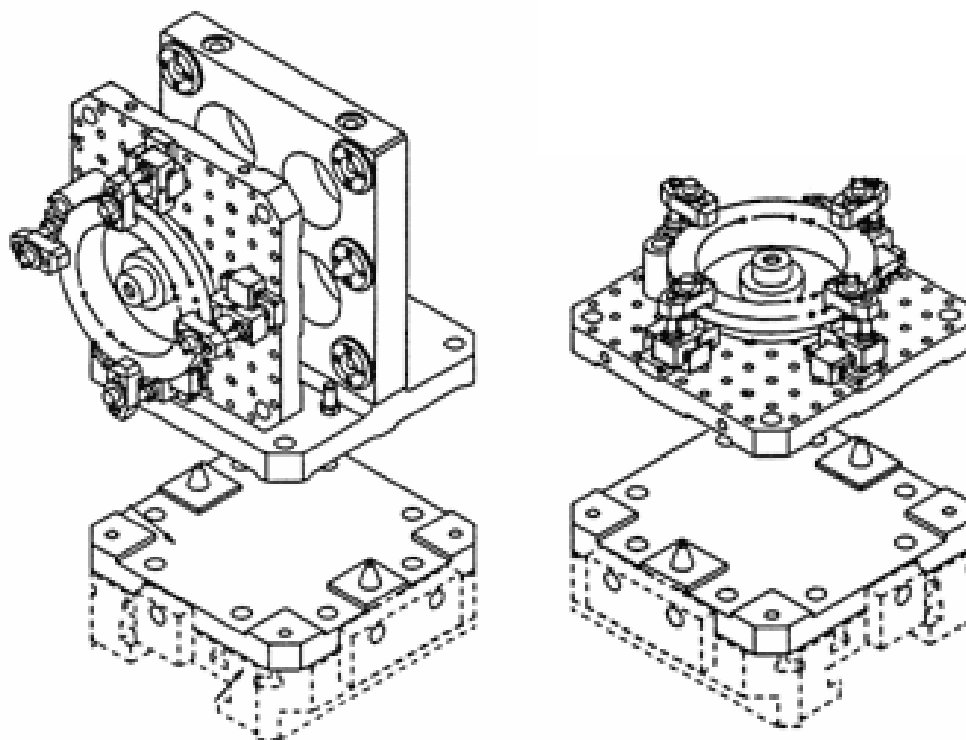
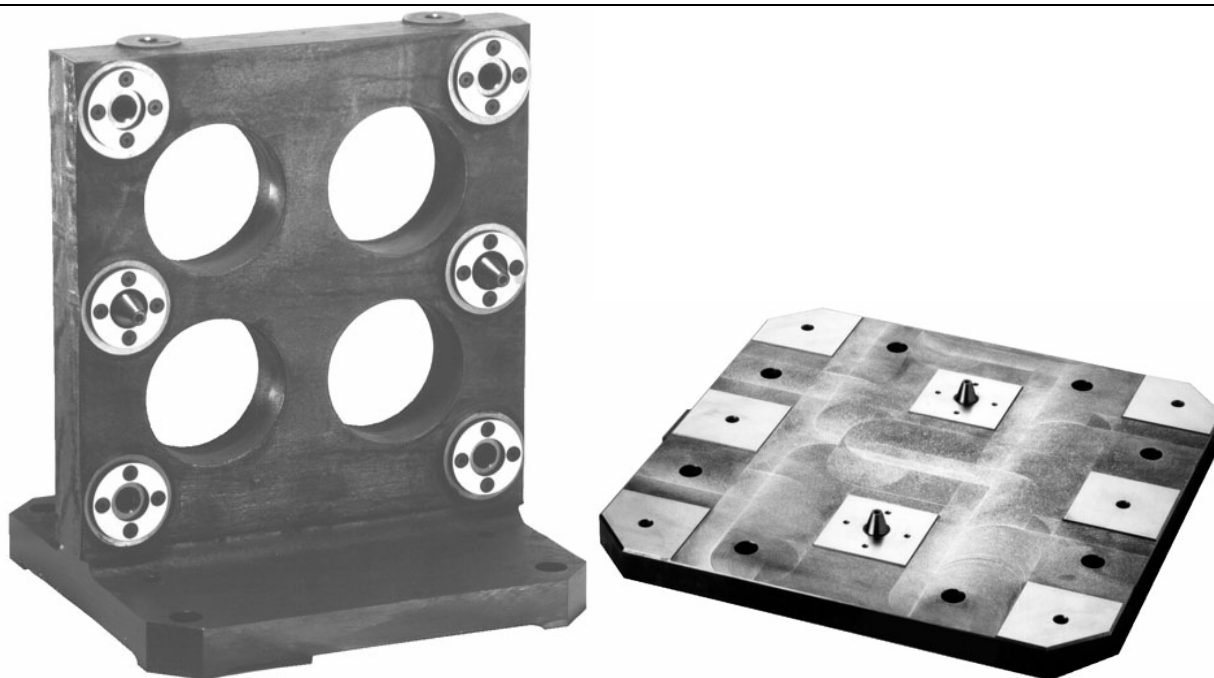


Materijal: ugljenični čelik

Termička obrada i površinska zaštita: cementiranje i kaljene

Opis i namena: Na konzolu se vezuju različiti elementi pribora. Dve strane konzole sadrže otvore za vezu elemenata pribora, a druge dve za vezu sa baznom pločom.

NOSAČ BAZNE PLOČE

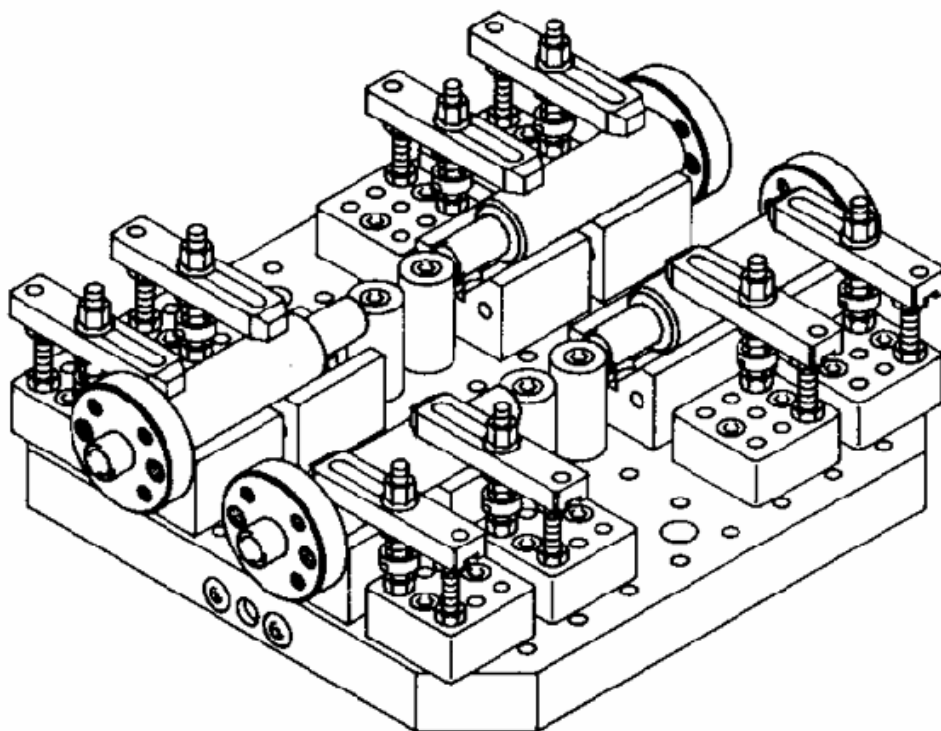
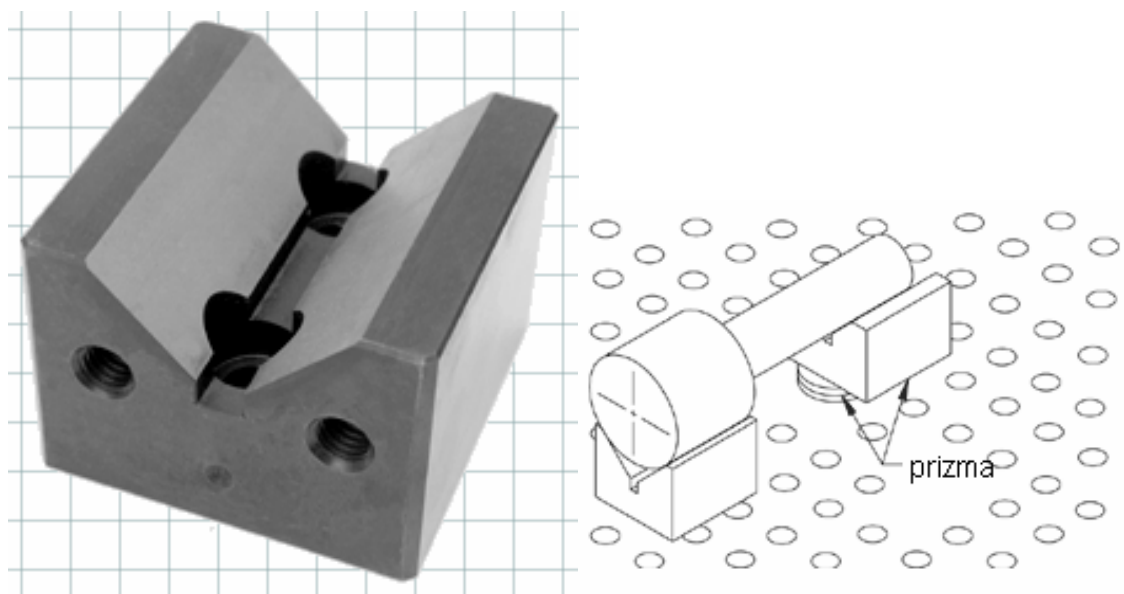


Materijal: ugljenični čelik

Termička obrada i površinska zaštita: cementiranje i kaljene

Opis i namena: Držać ploče se primenjuje kod stezanja delova za obradu na horizontalnim mašinama (ugaoni držać) i vertikalnim mašinama (horizontalni držać). Na držać ploče se preko zavrtnjeva vezuje bazna ploča sa otvorima. Kod ugaonog držaća, ploče sa otvorima se mogu montirati sa obe strane držaća, što omogućava stezanje dva predmeta obrade. Držać se za radni sto mašine vezuje zavrtnjevima i klinovima za T-žljeb. Centriranje držaća na radnom stolu se izvodi preko čivija. Površine za koje se vezuju bazne ploče su precizno izrađene, sa tolerancijom normalnosti i paralelnosti 0.02 mm.

HORIZONTALNA PRIZMA

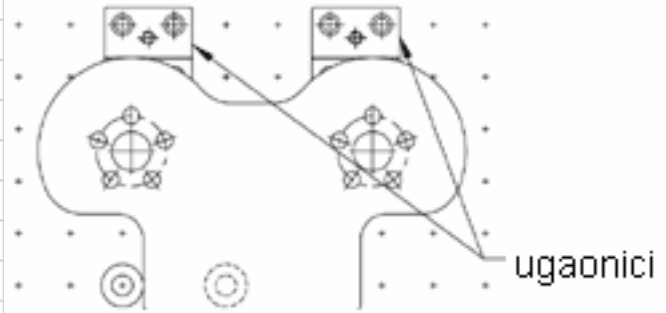
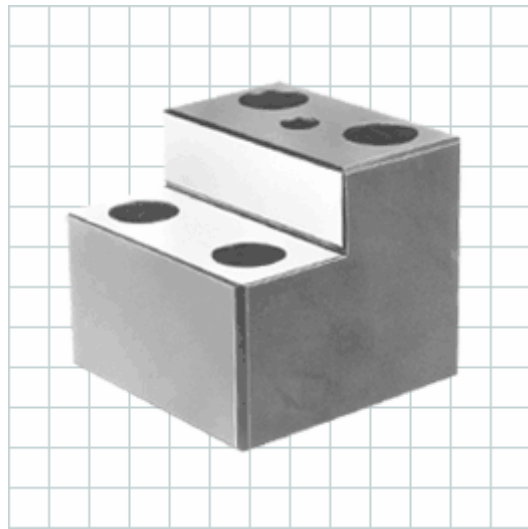


Materijal: čelik za cementaciju

Termička obrada i površinska zaštita: cementiranje i kaljene, bruniranje

Opis i namena: Prizme se koriste za lokaciju cilindričnih predmeta obrade. Ovaj model prizme se koristi za horizontalno pozicioniranje predmeta obrade. Kontaktna površina prizme je obrušena, pojačane tvrdoće. Ugao između kontaktnih površina je 90°. Prizma se za bazni element vezuje sa dva zavrtnja. Otvori na prizmi sa strane mogu se iskoristiti za montiranje graničnika. Garnitura pribora sadrži dve prizme ovog tipa, različitih dimenzija

UGAONIK

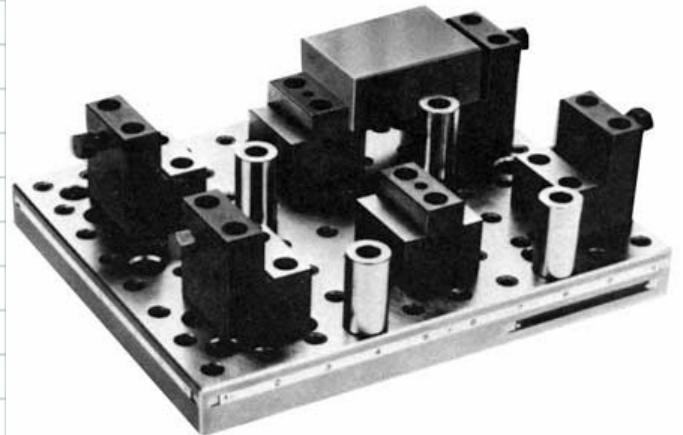
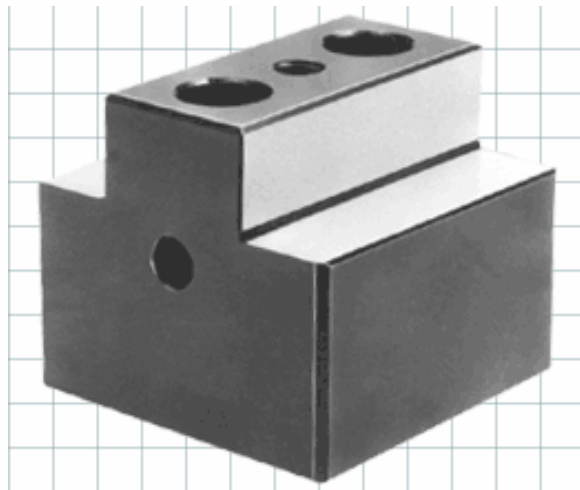


Materijal: čelik za cementaciju

Termička obrada i površinska zaštita: cementiranje i kaljene, bruniranje

Opis: Koristi se za oslanjanje i lokaciju predmeta obrade po pravougaonim ivicama. Za bazni element pribora se vezuje sa i centrira sa dva zavrtnja. Garnitura sadrži 10 ovakvih ugaonika različitih dimenzija.

DVOSTRANI UGAONIK

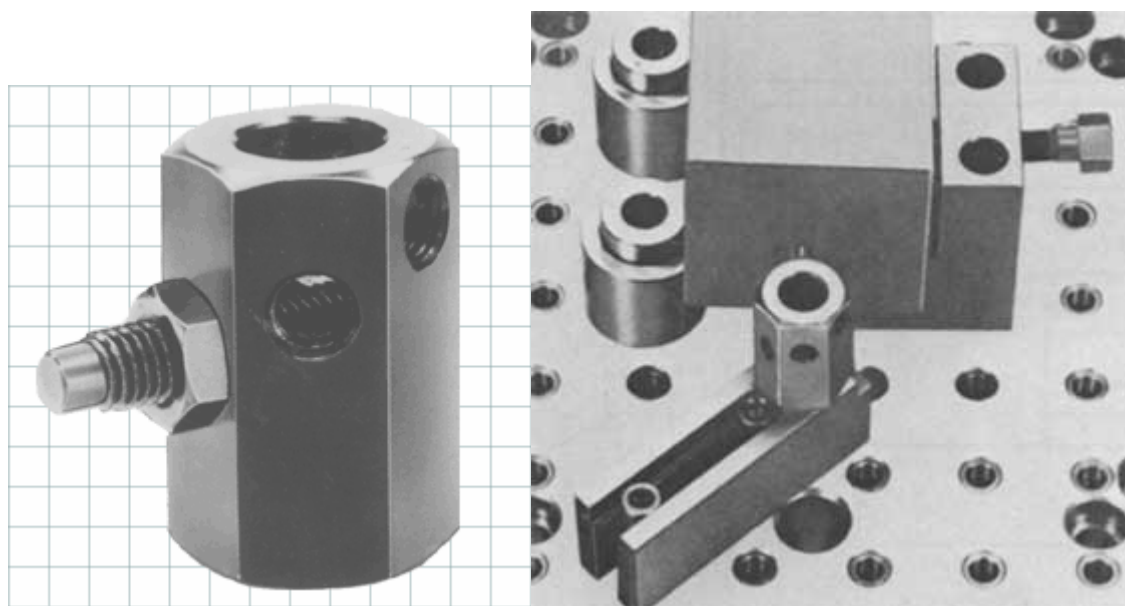


Materijal: čelik za cementaciju

Termička obrada i površinska zaštita: cementiranje i kaljene, bruniranje

Opis: Koristi se za oslanjanje i lokaciju predmeta obrade po pravougaonim ivicama. Z razliku od predhodnog elementa, ima dve strane za oslanjanje. Za bazni element pribora se vezuje sa i centrira sa dva zavrtnja. Garnitura sadrži 10 ovakvih ugaonika različitih dimenzija.

PODEŠLJIVI GRANIČNIK

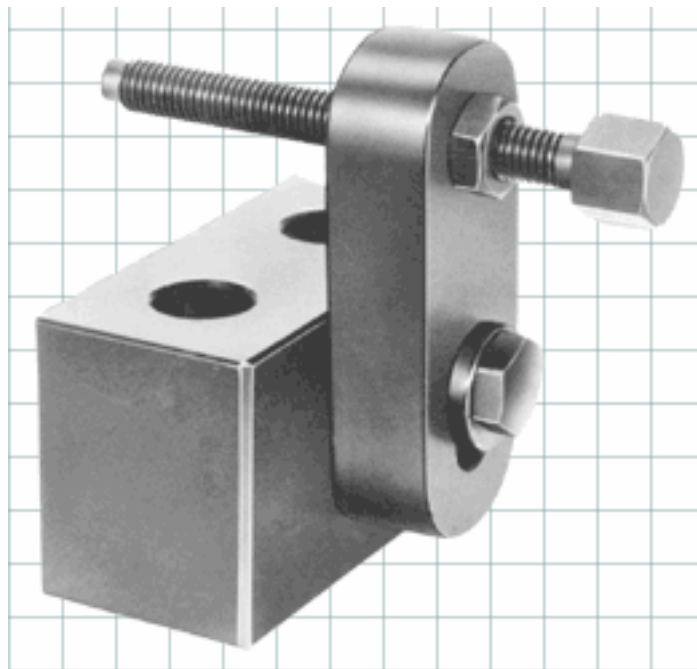


Materijal: ugljeni čelik

Termička obrada i površinska zaštita: cementiranje i kaljenje, telo brunirano

Opis i namena: Graničnik se sastoji iz dva dela: tela i zavrtnja. Zavijanjem i odvijanjem zavrtnja, graničnik se prilagođava predmetu obrade.

PODEŠLJIVI GRANIČNIK



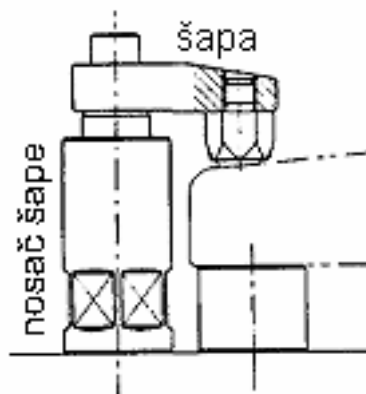
Materijal: ugljeni čelik

Termička obrada i površinska zaštita: cementiranje i kaljenje, telo brunirano

Opis i namena: Graničnik se sastoji iz tri dela: tela, nosača zavrtnja i zavrtnja. Graničnik se preko tela, sa dva zavrtnja vezuje za bazni element. Pomoću zavrtnja i nosača, graničnik se prilagođava predmetu obrade.

Elementi za stezanje

ŠAPA ZA STEZANJE

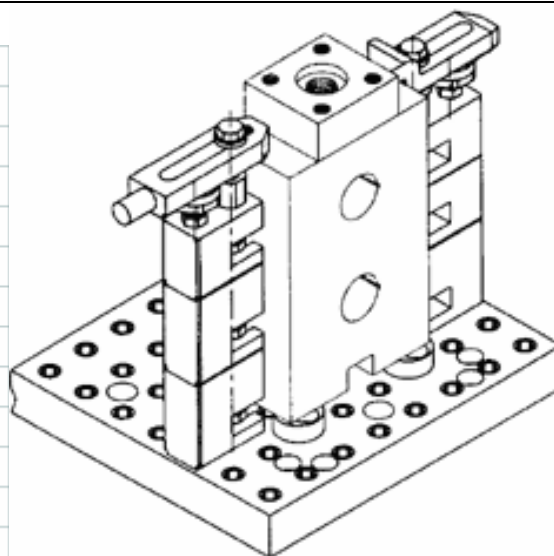
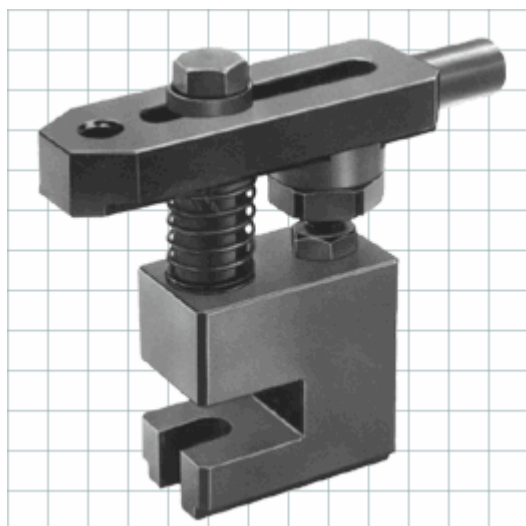


Materijal: ugljenični čelik

Termička obrada i površinska zaštita: kaljenje i bruniranje

Opis i namena: Šape za stezanje se montiraju na bazni element pomoću nosača šape. Korišćenjem različitih modela i dimenzija nosača, može se podešavati visina sa koje će šapa delovati na predmet obrade. Na šapu se montira čep sa podešavajućim sfernim umetkom preko koga se deluje na predmet obrade.

STEZAČ

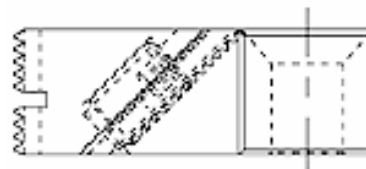
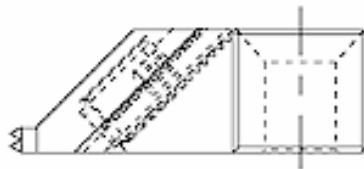
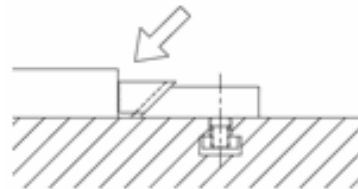
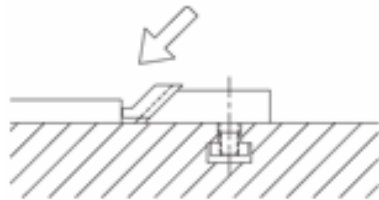


Materijal: ugljenični čelik

Termička obrada i površinska zaštita: kaljenje i bruniranje

Opis i namena: Mehanizam se sastoji od: tela, zavrtnja, opruge i šape. Preko tela, mehanizam se vezuje za bazni element. Dodavanjem podmetača može se regulisati visina, zavisno od visine predmeta obrade. Zavijanjem zavrtnja šapa deluje na predmet obrade, a pomoću opruge se vraća u prvobitni položaj. Šapa ima dve stane za stezanje. Strana sa cilindričnom završetkom je pogodna za stezanje po unutrašnjoj površini predmeta obrade.

STEZAČ



Materijal: ugljenični čelik

Termička obrada i površinska zaštita: cementiranje i kaljenje, bruniranje

Opis i namena: Koristi se za stezanje predmeta obrade sa strane, kada se obrađuje gornja površina predmeta. Po površini za stezanje je izrađen V žljeb tako da je stezač pogodan za stezanje cilindričnih predmeta i stezanje prizmatičnih delova po ivicama. Koristi se stazač sa niskom i visokom površinom za stezanje zavisno od toga koliki je hod alata po z-osi.

VI

**Uvodna razmatranja o reznim alatima
i materijalima reznih alata**

VI. ALATI U OBRADI METALA REZANJEM

1.1. MESTO I ULOGA REZNIH ALATA

Obrada metala rezanjem obezbeđuje najveću tačnost i fleksibilnost, jer je moguć brz prelaz sa obrade delova jednog oblika i dimenzija na obradu drugog oblika i dimenzija. Rezni alati omogućavaju uklanjanje određenog sloja materijala, oblikovanje polufabrikata i formiranje delova zahtevanog oblika i dimenzija. Pored toga, reznim alatima se zatvara unutrašnja veza elemenata tehnološkog sistema (mašina-pribor-predmet obrade-alat). Da bi ispunili svoju ulogu, rezni alati moraju biti izradjeni od takvih materijala i imati odgovarajući oblik i svojstva kako bi obezbedili oblikovanje predmeta obrade.

U prirodi čoveka je svojstvo izrade alata. Jedino uz pomoć alata čovek je mogao dostići današnji stepen razvitka. Zato od alata i njegovog stepena savršenosti zavisi i stepen razvoja društva u celini. Društvo koje koristi savršenije alate poseduje veću ekonomsku moć i ima bolje uslove za podizanje životnog standarda i brži razvoj.

Zavisno od namene alati su različitog oblika, svojstava i materijala. Tokom vremena alat se usavršavao od najjednostavnijih i najprostijih oblika (još iz praistorijskog doba) do najsavremenijih oblika. Posebno je interesantan razvoj alata zadnjih 100-150 godina, naročito u pogledu konstrukcije i materijala. Na primer, strugarski noževi su, zahvaljujući primeni novih materijala, poslednjih 60 godina obezbedili povećanje produktivnosti 60 puta.

Kvalitet, postojanost, rezne sposobnosti i pouzdanost alata obezbeđuju proizvodnost i efikasnost procesa obrade, i mogućnost dobijanja proizvoda zahtevanog oblika, kvaliteta i tačnosti. Rezni alati se, inače, koriste za realizaciju različitih proizvodnih operacija u obradi metala rezanjem (struganje, bušenje, glodanje,...). Neprekidnim-kontinualnim i periodičnim prodiranjem reznog klina alata u materijal predmeta obrade, stvaraju se uslovi za pretvaranje viška materijala u strugotinu i oblikovanje predmeta obrade, u skladu sa oblikom glavne rezne ivice alata i karakterom relativnog kretanja alata i predmeta obrade.

Problematika reznih alata je, jednim delom, definisana JUS standardima serije JUS K.*** i JUS M. A. ***. Standardima su utvrđeni: osnovni oblici reznih alata, dimenzije, namena i tehnički zahtevi-tehnički uslovi kojima je određen kvalitet i rezna sposobnost alata. To su tzv. standardni rezni alati. U masovnoj i visokoserijskoj proizvodnji, posebno u uslovima visoke automatizacije racionalno je koristiti tzv. specijalne rezne alate. To su alati specijalno projektovani i izrađeni za konkretne uslove obrade i konkretnu proizvodnu opremu.

1.2. KLASIFIKACIJA REZNIH ALATA

Opšta podela reznih alata je na:

- ručne i
- mašinske

Podela mašinskih alata se izvodi na bazi različitih kriterijuma i to prema:

- vrsti obrade,

- materijalu predmeta obrade,
- vrsti alatnog materijala,
- broju reznih ivica,
- obliku alata i položaju površina obrade,
- tipu alata,
- načinu postavljanja alata itd.

Prema vrsti obrade razlikuju se rezni alati za: struganje, proširivanje i razvrtanje, glodanje, rendisanje, brušenje i glačanje, provlačenje, izradu zupčanika, izradu navoja i dr. Ako se neki alat koristi za više obrada, svrstava se u grupu alata u kojoj je osnovni (npr. burgije). Glodala i noževi se mogu koristiti i za izradu zupčanika i navoja. Zato se razvrstavaju u grupu alata prema nameni (alati za struganje, alati za glodanje, alati za izradu zupčanika, alati za izradu navoja).

- Alati za struganje su standardni alati izrađeni od brzoreznog čelika, sa zalemljenim pločicama od tvrdog metala ili sa mehanički izmenljivim pločicama od tvrdog metala, keramike i super tvrdih materijala
- Alati za bušenje su **zavojne burgije**, ravne burgije, burgije za duboko bušenje, burgije za zabušivanje, proširivači, upuštači i razvrtači različitih tipova i noževi za bušenje.
- Alati za glodanje su glodala sa glodanim zubima (pločasta i vretenasta), glave za glodanje, kružne testere i sl.
- Alati za rendisanje su noževi za horizontalno i vertikalno rendisanje.
- Alati za izradu navoja su noževi za izradu navoja na strugovima, ureznici za ručnu izradu navoja ili izradu navoja na bušilicama, nareznice, glave za navoj, glodala za navoj, tocila za brušenje navoja i sl.
- Alati za izradu zupčanika su modulna glodala, odvalna glodala za cilindrične ili konične zupčanike, noževi za rendisanje zuba, alati za brijanje (ljuštenje), glačanje i brušenje zupčanika, alati za provlačenje zupčanika i sl.
- Alati za brušenje su brusne ploče (tocila), brusne glave sa segmentima, brusno kamenje za glačanje i superfiniš, brusne trake, brusni prašak, dijamant za oštrenje, ploče i čaure za spoljašnje glačanje, alati za glačanje otvora (honovanje).

Prema vrsti materijala predmeta obrade razlikuju se rezni alati za obradu metala, alati za obradu drveta, plastičnih masa i nemetala (kamen, staklo, hartija, grafit i sl.).

Prema vrsti alatnog materijala alati se dele na alate od alatnog čelika, brzoreznog čelika, tvrdih metala, keramičkih materijala, dijamantske alate, alate od super tvrdih materijala i sl.

Prema broju reznih ivica razlikuju se jednosečni alati (noževi za rendisanje, struganje, bušenje, rezanje navoja i sl.), dvosečni alati (spiralne i ravne burgije i sl.), višesečni alati (proširivači, razvrtači, upuštači, glodala, ureznici,..) i mnogosečni alati (alati za brušenje-tocila).

Prema obliku alata odnosno položaju površina koje se obrađuju podela je na alate za obradu spoljašnjih površina, izradu navoja, izradu otvora, izradu zupčanika i sl.

Prema tipu alata alati se razvrstavaju na alate izrađene iscela-izjedna od alatnog materijala, alate sa lemljenim zubima i alate sa mehanički pričvršćenim pločicama.

Prema načinu postavljanja na mašinu razlikuju se alati sa drškom i nasadni alati ili alati sa otvorom.

Posebno značajna podela alata je prema stepenu univerzalnosti na standardne i specijalne alate.

Standardni alati su rezni alati opšte namene. Definisani su nacionalnim standardima i izrađuju se u serijama od strane specijalizovanih firmi (strugarski noževi, zavojne burgije, razvrtači, ureznici, glodala).

Specijalni alati se koriste samo za određene operacije na konkretnim predmetima obrade i mašinama. Izrađuju se pojedinačno ili u malim serijama. Veoma su skupi, pa se koriste uglavnom u serijskoj i masovnoj proizvodnji. To su na primer, alati za provlačenje, profilni strugarski noževi, profilna glodala i slični alati.

1.3. OSNOVE PROJEKTOVANJA REZNIH ALATA

Rezni alati treba da su tako projektovani i konstruisani da obezbede formiranje predmeta obrade zadatog oblika, dimenzija, kvaliteta i tačnosti i da poseduju visoku reznu sposobnost, postojanost i pouzdanost rada.

Polazni podaci za projektovanje reznih alata su podaci o:

- predmetu obrade (oblik i dimenzije obrađenih površina, potrebna tačnost i kvalitet obrade, materijal i njegova tehnološka svojstva) i
- tehnički podaci o opremi na kojoj se izvodi obrada.

Prema tim podacima utvrđuje se:

- tip alata,
- konstrukcija alata,
- materijal reznog dela i
- ostali relevantni parametri.

A zatim:

- izvode potrebni proračuni konstruktivnih i geometrijskih parametara,
- određuju dimenzije radnog dela,
- utvrđuje potrebna tačnost i određuju dozvoljena odstupanja i
- razrađuje radionička dokumentacija.

Osnovni zahtevi koje alat treba da ispuni su određeni njegovom namenom. To su: obezbeđenje procesa rezanja, obezbeđenje potrebnog oblika, dimenzija, tačnosti i kvaliteta površina, kao i dopunski zahtevi: tehnološki izrade, regeneracija površine i sl.

Mogućnost obrade se, najvećim delom, obezbeđuje izborom materijala reznog dela i njegovim osobinama (vrsta, fizičko-mehaničke karakteristike,..), kao i geometrijskim parametrima reznog dela alata.

Tačnost i kvalitet obrade su, najvećim delom, uslovljeni konstrukcijom alata, kvalitetom reznih površina alata, režimima obrade i vrstom primenjenog sretstva za hlađenje i podmazivanje.

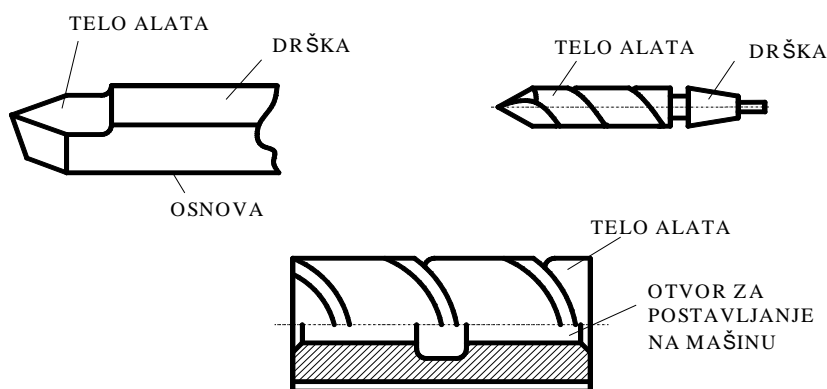
Ekonomska efikasnost alata podrazumeva maksimalnu proizvodnost i minimalnu cenu obrade. Maksimalna proizvodnost zavisi od materijala alata, konstrukcije alata, postojanosti i reznih sposobnosti alata, broja reznih ivica i režima obrade.

Pri projektovanju reznih alata, posebno alata za obradu složenih profila površina, izvode se složeni proračuni geometrijskog oblika reznih elemenata alata, potrebnog oblika i tačnosti obrađenih površina, čvrstoće i krutosti alata, otpora rezanja i sl. Ovi proračuni obuhvataju, pored proračuna profila alata i proračun krutosti konstrukcije.

1.4. OSNOVNI KONSTRUKTIVNI ELEMENTI REZNIH ALATA

Svaki rezni alat se sastoji od najmanje dva osnovna dela:

- tela alata na kome se nalaze rezni elementi alata (rezne ivice-sečiva) i
- drške ili otvora u telu alata, preko kojih se izvodi postavljanje i pričvršćivanje alata na nosač alata u mašinu (slika 1.)

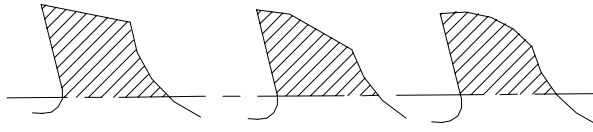


Slika 1.



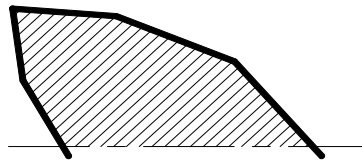
Primeri reznih alata

Rezni deo alata ispunjava osnovnu ulogu reznih alata, obezbeđujući rezanje, odnosno uklanjanje viška materijala. Sastoji se od jedne ili više reznih ivica (glavnih i pomoćnih) utvrđene geometrije, grudne i leđne površine. Grudna i leđna površina može biti ravna ili zakrivljena (slika 2.)



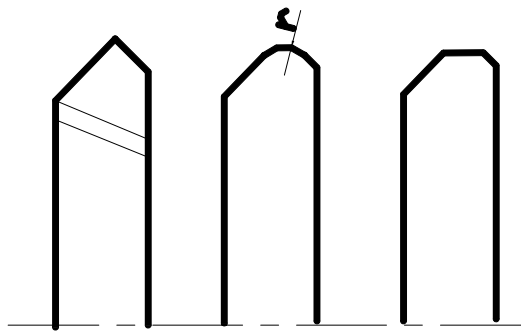
slika 2. Mogući oblici leđne površine zuba alata

Kada se grudna i leđna površina reznog klina sastoje iz više površina, pojedine površine se nazivaju rubovima, koji se dele na rubove na grudnoj i rubove na leđnoj površini (slika3.).



Slika 3. Rubovi na grudnoj i leđnoj površini reznog klina

Glavno sečivo ili glavna rezna ivica je presek grudne i leđne površine, a pomoćno sečivo ili pomoćna rezna ivica je presek grudne i pomoćne leđne površine. Rezni klin je ograničen grudnom i leđnom površinom. Vrh alata je presek glavnog i pomoćnog sečiva i može biti (slika 4.) šiljat, zaobljen i zarubljen.

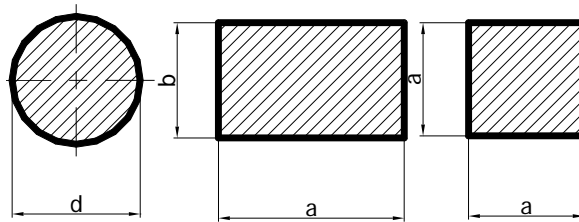


Slika 4. Oblici vrha reznog alata

Telo alata sa reznim delom čini jedinstvenu konstruktivnu i funkcionalnu celinu formiranu na različite načine i to kao alat: iz jednog komada, sa lemljenim ili mehanički pričvršćenom pločicom. Konstrukcija tela reznog alata se izvodi tako da ima odgovarajuće dimenzije koje obezbeđuju potrebnu čvrstoću i krutost reznog alata. Pri mehaničkom vezivanju reznog dela potrebno je obezbediti jedinstvenu, dovoljno krutu i stabilnu vezu.

Drška alata odnosno prihvatni i stezni deo treba svojom konstrukcijom da obezbedi pravilno postavljanje-baziranje, prihvanjanje i pouzdano stezanje alata u odgovarajući pribor mašine, uzimajući u obzir sile rezanja, sile stezanja i sl. U nizu slučajeva ovaj deo alata se koristi i za centriranje alata.

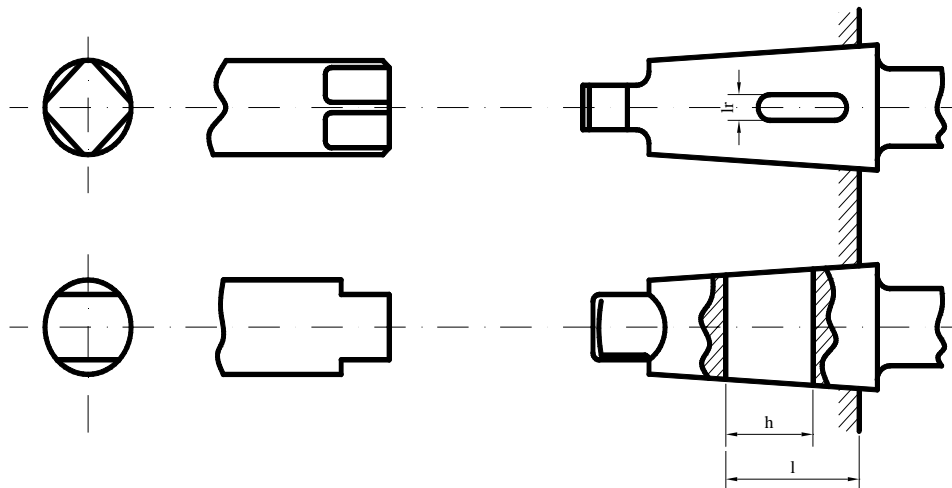
Kod alata sa drškom, oblik drške zavisi od tipa alata. Kod strugarskih noževa drška je kružnog, pravougaonog i kvadratnog poprečnog preseka (slika 5.).



Slika 5. Oblici poprečnog preseka strugarskih noževa

Kod cilindričnih alata (burgije, razvrtači, vretenasta glodala i sl.), oblici drške (slika 6.) se razvrstavaju na:

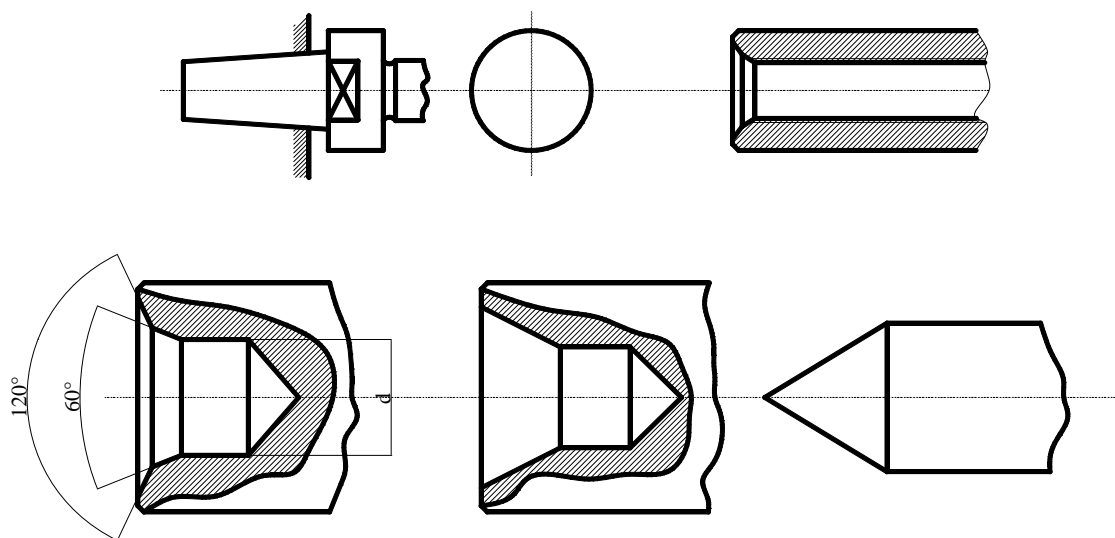
- cilindrične drške i
- drške sa Morze konusom i to
 - sa ušicama i
 - bez ušica.



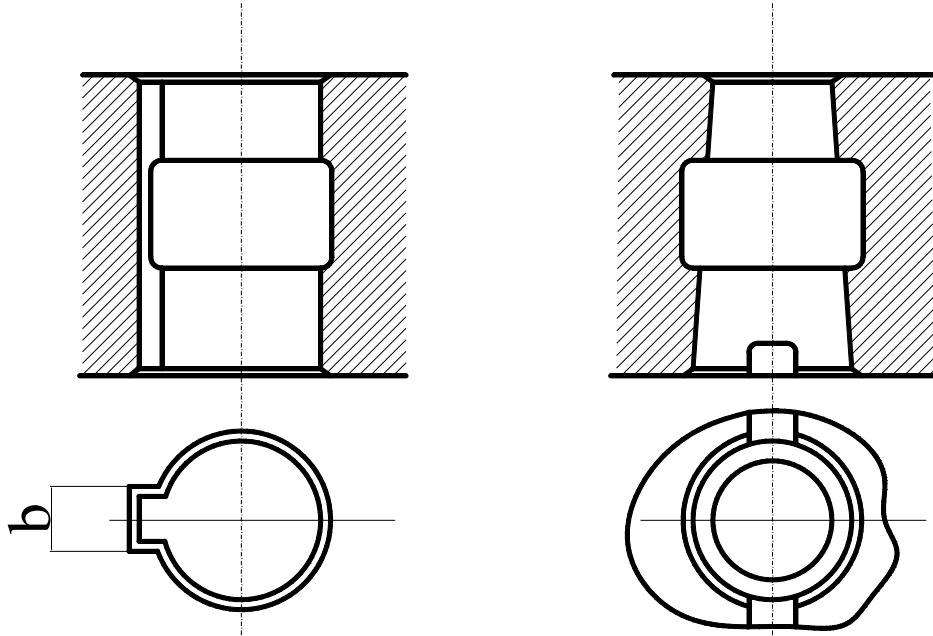
Slika6. Oblici drške cilindričnih alata



Oblici drške reznog alata



Slika7. Oblici središnjih gnezda



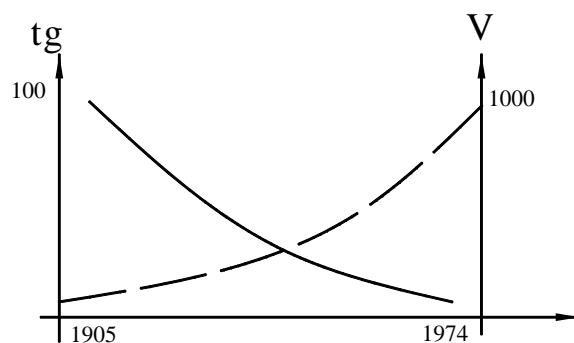
Slika 8. Oblici otvora u telu nasadnih alata

1.5. MATERIJALI REZNIH ALATA

Pri izvođenju procesa rezanja alati su izloženi promenljivim mehaničkim i termičkim naprezanjima. Ova činjenica uslovlila je primenu različitih vrsta alatnih materijala. Alatni materijali treba da poseduju :

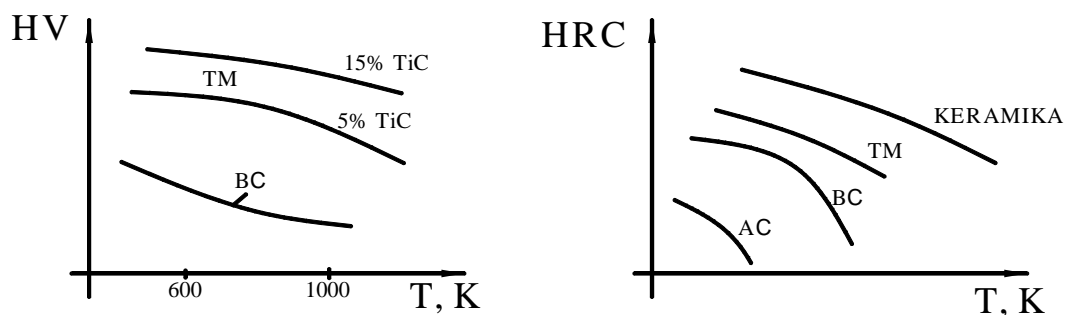
- visoku žilavost-otpornost na udare i vibracije (dinamička opterećenja) i
- visoku tvrdoću (otpornost na habanje).

Rešavanje ova dva suprotna zahteva dovelo je do širokog asortimana alatnih materijala , značajnog povećanja brzine rezanja i skraćanja vremena izrade. Tako je, na primer, za obradu jedne osovine 1903. godine, alatom od alatnog čelika bilo potrebno 100 minuta, a 1974. godine za obradu iste osovine alatom od tvrdog metala sa prevlakom Al_2O_3 , samo 1 minut (slika 9).

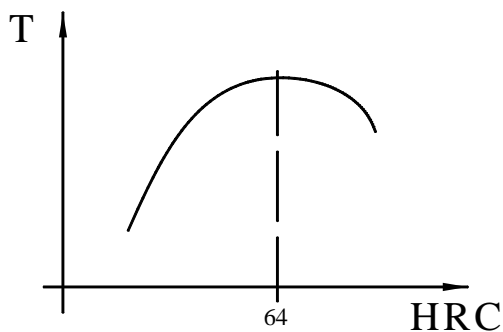


Slika9. Uticaj vrste alatnog materijala na brzinu i vreme obrade

Zavisno od vrste alatnog materijala menja se i ponašanje alata na visokim temperaturama (slika 10), a time i njegova postojanost (slika 11). Sa porastom temperature u procesu rezanja dolazi do pada mehaničkih karakteristika alatnog materijala, smanjenja njegove rezne sposobnosti, a time i postojanosti alata.



Slika10. Uticaj temperature na mehaničke karakteristike alatnih materijala



Slika 11. Uticaj promene tvrdoće alatnog materijala na postojanost glodala

Osnovne osobine alatnog materijala, kao što su:

- visoka tvrdoća i otpornost na visokim temperaturama,
- visoka otpornost na habanje, naročito na visokim temperaturama,
- dovoljna čvrstoća i žilavost (otpornost na udarna dinamička opterećenja) i
- dobre tehnološke karakteristike (obradivost, posebno u uslovima završne obrade alata-brušenje alata pri oštrenju), ne mogu se istovremeno ostvariti, posebno ne visoka tvrdoća i žilavost.

Rešenje ovih zahteva dovelo je do razvoja alatnih materijala različitog tipa i kvaliteta kao što su:

- ugljenični alatni čelici,
- legirani alatni čelici,
- brzorezni čelici,
- tvrdi metali sa i bez prevlaka,
- alatna keramika,
- super tvrdi materijali (sintetički dijamant i dr.).

Pored ovih alatnih materijala za izradu alata koriste se i materijali nedefinisane geometrije, namenjeni izradi alata za brušenje, poliranje, honovanje i sl. To su različiti brusni materijali tipa korunda, silicijum karbida i sl.

Pored osnovnih alatnih materijala za izradu reznih alata koriste se i različiti pomoćni materijali. To su materijali namenjeni izradi drške, tela, nosača, raznih produžetaka, nastavaka i sl.

Kao pomoćni materijali koriste se:

- konstruktivni čelici,
- sivi liv,
- čelični i aluminijumski liv i drugi materijali.

Približna ocena rezne sposobnosti alatnih materijala ostvaruje se preko tvrdoće i žilavosti i njihove zavisnosti od temperature.

Najveću primenu za izradu reznih alata imaju dva tipa alatnih materijala:

- brzorezni čelici i
- tvrdi metali.

Brzorezni čelik se pretežno koristi za izradu alata za prekidno rezanje (bušenje, glodanje, rendisanje, provlačenje, ...)

Tvrdi metal se pretežno koristi za izradu alata koji rade u uslovima neprekidnog rezanja (strugarski noževi, čeona glodala, ...).

1.5.1. UGLJENIČNI ALATNI ČELICI

Sa aspekta izrade reznih alata, ugljenični alatni čelici pripadaju grupi alatnih čelika istorijskog značaja. Koriste se za izradu alata namenjenih obradi metala malim brzinama rezanja (ručni ureznici, ručni razvrtači i sl.) i obradi drveta. Razlozi leže u činjenici da se ovi čelici odlikuju niskom tvrdoćom i niskom postojanošću na povećanim temperaturama. Već na oko 250⁰C dolazi do promene tvrdoće ovih čelika.

Ugljenični alatni čelici su nelegirani čelici sa 0,5-1,35% ugljenika i niskim sadržajem silicijuma i mangana. Pripadaju grupi čelika za hladan rad. To su čelici tipa: Č1530, Č1730, Č1741, Č1840, Č1940, Č1941, Č1944, Č1946, Č1948.

1.5.2. LEGIRANI ALATNI ČELICI

Legirani alatni čelici su čelici poboljšanih karakteristika, posebno u pogledu otpornosti na visokim temperaturama i otpornosti na habanje. Međutim, ni ta poboljšanja nisu dovoljna pa se ovi čelici koriste za izradu alata koji rade sa malim opterećenjima i malim brzinama rezanja, a to znači da se u savremenim proizvodnim uslovima ovi čelici praktično i ne koriste za izradu reznih alata.

Dele se prema osnovnim legirajućim elementima na: hrom, volfram, hrom-volframove, hrom-silicijumove i hrom vanadijumove legirane alatne čelike. To su na primer čelici tipa: Č4140, Č4141, Č4143, ..., Č4149, prokron čelici (Č4170, ..., Č4176), merilo čelici (Č3840, Č4840, Č6440, ...), OCR čelici (Č4150, Č4650, Č4750, ...).

Legirani alatni čelici se znatno češće koriste za izradu alata za isecanje i oblikovanje, kao i za izradu mernih alata i priora.

1.5.3. BRZOREZNI ČELICI

Brzorezni čelici predstavljaju najvažnije i najčešće primenjivane visokolegirane alatne čelike sa većim sadržajem legirajućih elemenata, pre svih: hroma, volframa, molibdena, vanadijuma i kobalta. Variranjem sadržaja legirajućih elemenata menjaju se tvrdoća i otpornost na habanje, žilavost i otpornost na udarna-dinamička opterećenja, otpornost na povišenim temperaturama i sl.

Brzorezni čelici sa povećanim sadržajem volframa su klasični brzorezni čelici sa 18% W, 4% Cr i 1% V. Njihova primena je bila dominantna do II-og svetskog rata, a odlikuje ih normalna otpornost na povišenim temperaturama (to su: Č6880, Č6980 i Č9782).

U savremenim proizvodnim uslovima sve više se koriste molibdenski brzorezni čelici sa smanjenim sadržajem volframa (5% Mo, 6% W), kao što su: Č7680, Č9780 i Č9783. Odlikuju se normalnom otpornošću na povišenim temperaturama ali i većom žilavošću od volframovih brzoreznih čelika.

Brzorezni čelici povećane postojanosti na visokim temperaturama sadrže veći procenat vanadijuma (do 4%), a brzorezni čelici visoke otpornosti na povišenim temperaturama sadrže veći procenat molibdena, vanadijuma i kobalta. To su takozvani super brzorezni čelici- Č9781.

Povećanjem sadržaja volframa povećava se i osetljivost brzoreznog čelika na pojavu defekata pri brušenju-oštrenju.

Povećanjem sadržaja kobalta smanjuje se žilavost brzoreznog čelika.

Prema osnovnim legirajućim elementima brzorezni čelici se razvrstavaju na:

- volframove brzorezne čelike: Č6880, Č6881, Č6883,... namenjene izradi normalno opterećenih reznih alata,
- volfram – molibdenske brzorezne čelike: Č7680,..., namenjene izradi alata povećanog opterećenja,
- molibdenske brzorezne čelike: Č7880,... namenjene izradi alata za prekidno rezanje, jer ih odlikuje povećana žilavost,
- vanadijumske brzorezne čelike: Č8780, Č9681, Č9683, Č6981, Č9880,.. koje odlikuje povećana otpornost na habanje i visoke temperature, a namenjeni su izradi alata za završnu obradu i
- kobaltske brzorezne čelike: Č6980, Č6982, Č9780,.. koje karakteriše otpornost na visokim temperaturama i namenjeni su izradi jače opterećenih alata.

Stalni pratilac brzoreznih čelika je hrom, čiji je sadržaj oko 4%. Hrom obezbeđuje poboljšanje prokaljivosti odnosno tvrdoće. Ostali legirajući elementi imaju sledeću ulogu:

- volfram-obebeđuje visoku postojanost tvrdoće reznih površina,
- vanadijum-poboljšava otpornost na habanje, ali i smanjuje obradivost pri brušenju i oštrenju,
- kobalt- povećava otpornost na visokim temperaturama, ali smanjuje žilavost
- molibden-povećava žilavost.

Brzorezni čelici se praktično koriste za izradu svih alata za obradu otvora (burgije, proširivači, razvrtači,...), izradu navoja, glodala (malih dimenzija iz jednog komada), noževa za rendisanje, provlakača, alata za izradu zupčanika i sl. Kvalitet reznih alata od brzoreznog čelika znatno zavisi od pravilnosti i kvaliteta izvođenja termičke obrade.

U savremenim proizvodnim uslovima koriste se i dve nove tehnologije poboljšanja kvaliteta alata od brzoreznog čelika i to tehnologije:

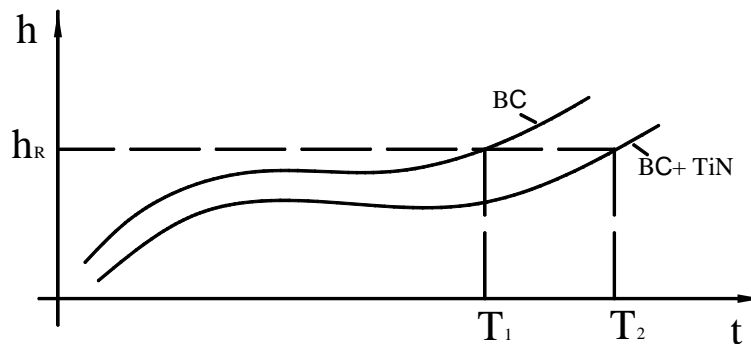
- metalurgije praha i
- nanošenja prevlaka.

1.5.4. METALURGIJA PRAHA

Metalurgija praha je tehnologija kod koje se rastopljeni metal pretvara u prah. Prah se podvrgava presovanju na visokim pritiscima (oko 1000 bara) i visokim temperaturama (oko 1150⁰ C). Nakon presovanja izvodi se obrada deformisanjem (valjanje, kovanje) u cilju dobijanja polufabrikata željenog oblika i dimenzija i poboljšanja osobina materijala.

Osnovne odlike ovih brzoreznih čelika u odnosu na klasične su ravnomerniji raspored sitnih kristala-povećanje žilavosti, poboljšanje obradivosti pri brušenju i smanjenje grešaka nakon termičke obrade (naprsline, deformacije i sl.).

Savremeni brzorezni čelici sa prevlakama, najčešće titan-nitrida (TiN) poskupljuju alat za 20-30%, ali obezbeđuju povećanje postojanosti alata 2-3 pa i više puta (slika12).



Slika 12.

1.5.5. TVRDI METALI

Tvrđi metali su fizičko-metalurška sprega tvrdih karbida osnovnog materijala WC, TiC, TaC, NbC,... i žilavih komponenti vezivnog materijala (Co, Ni,...). Promenom sadržaja osnovnog materijala i variranjem sadržaja vezivnog materijala prilagođavaju se tvrdoća i žilavost tvrdih metala širokom području primene.

Tvrđi metali se odlikuju visokom postojanošću i tvrdoćom na visokim temperaturama (i do 1250°C), što obezbeđuje povećanje brzine rezanja i proizvodnosti, kao i smanjenom žilavošću odnosno otpornošću na udarna dinamička opterećenja.

Prema sadržaju volfram karbida (WC) razlikuju se:

- tvrdi metali sa visokim sadržajem WC i neznatnim dodatkom ostalih karbida (TiC, TaC) namenjeni za obradu tvrdih i krutih materijala kada se formira kidana strugotina, i
- tvrdi metali sa povećanim sadržajem TiC i TaC namenjeni za obradu žilavih materijala kada se formira neprekidna strugotina.

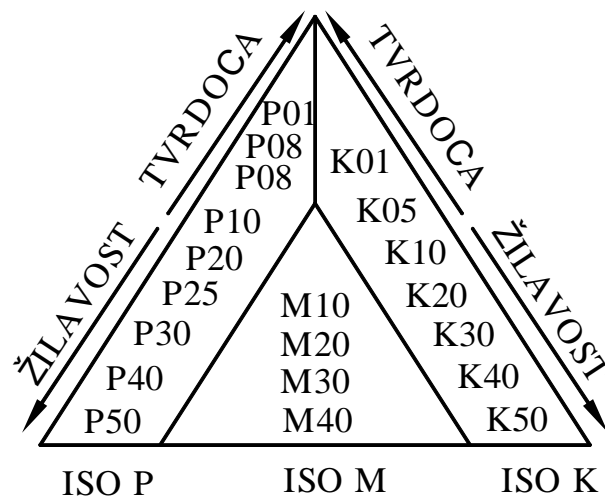
Prema ISO i JUS standardima oznaka tvrdog metala sadrži:

- slovni i
- brojni deo.

Slovni deo oznake (slika 13) ukazuje na osnovnu grupu tvrdih metala.

Prema slovnoj oznaci tvrdi metali se razvrstavaju u tri grupe:

- grupa P (plava)-namenjena obradi čelika, čeličnog liva i temper liva,
- grupa M (žuta)-namenjena obradi čelika, čeličnog, temper i sivog liva i
- grupa K (crvena)-namenjena obradi krutih materijala.



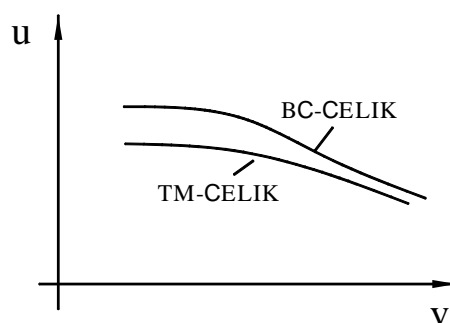
Slika 13. Klasifikacija tvrdih metala-označavanje TM

Brojni deo oznake određuje kvalitet tvrdog metala i sužava oblast njegove primene. Tako, na primer, otpornost na habanje tvrdog metala raste sa porastom sadržaja TiC i TaC (niža brojna oznaka). U tim slučajevima opada žilavost, raste osetljivost ne samo na mehanička, već i na termička napezanja. Otuda se, na primer, kvalitet P tvrdog metala sa većim sadržajem TiC i TaC (P0-P10) koristi za izradu alata namenjenih završnoj obradi sa velikim brzinama rezanja i malim presecima strugotine. Kvalitet P tvrdog metala sa većim sadržajem WC (P0-P50) se koristi za izradu alata namenjenih gruboj obradi sa malim brzinama rezanja i većim presecima strugotine, jer se odlikuje povećanom žilavošću i otpornošću na dinamička opterećenja. Osnovna težnja u razvoju tvrdih metala je povećanje otpornosti na habanje, posebno pri povišenim temperaturama (pri velikim brzinama rezanja). Ta težnja se obezbeđuje:

- povećanjem sadržaja TiC i TaC,
- smanjenjem veličina zrna, formiranjem sitnozrne strukture primenom metalurgije praha i
- primenom tehnologije nanošenja prevlaka.

Zadnjih godina se razvijaju tvrdi metali bez volframa. To su tvrdi metali na bazi TiC i NiMo kao vezivnog materijala. Podesni su za obradu konstruktivnih, ugljeničnih i legiranih čelika, ali ne i visoko legiranih.

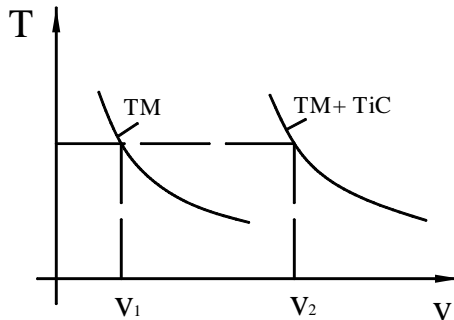
U odnosu na brzorezne čelike tvrdi metali obezbeđuju i smanjenje koeficijenta trenja na kontaktnim površinama reznih elemenata (slika 14).



Slika14. Koeficijent trenja pri obradi TM i BČ

Tehnologijom nanošenja prevlaka (slika 15) se obezbeđuje nanošenjem:

- jednoslojnih i
- višeslojnih prevlaka od TiC, TiN, Al₂O₃.



Slika15. Uticaj prevlake na postojanost alata

Nanošenjem prevlaka obezbeđuje se povećanje tvrdoće površinskih slojeva (otpornosti na habanje) pri nepromenjenoj žilavosti, koja zavisi od kvaliteta osnovnog materijala-tvrdog metala. Time se obezbeđuje značajno povećanje brzine rezanja ili postojanosti alata. Nedostaci prevlaka se ogledaju u nemogućnosti preoštravanja alata.

1.5.6. REZNA ILI ALATNA KERAMIKA

Predstavlja presovani ili sinterovani aluminijum-trioksid Al₂O₃ čistoće 99.98% i vezivnog materijala-oksida ili karbida (SiO₂, B₂O₂, B₄C, TiC...) u različitim količinama, zavisno od kvaliteta rezne keramike.

Presovanjem ili sinterovanjem na temperaturi od 1600-1800°C izradjuju se pločice različitog oblika, koje se isključivo mehanički vezuju za nosač alata.

Rezna keramika se najčešće javlja u dve varijante, kao:

- mineralna (čista ili oksidna) i
- mešana (oksidno-karbidna)

Mineralna keramika je čist Al₂O₃ sa neznatnim dodatkom MgO ili CrO, koji sprečava porast zrna u toku sinterovanja. Ima obično belu boju, pa se često naziva i bela keramika.

Mešana keramika se sastoji od 60% Al₂O₃ i 40% WC, Mo₂C ili TiC.

Prednosti rezne keramike u odnosu na tvrde metale su veća tvrdoća, veća otpornost na habanje i veća otpornost na povišenim temperaturama. Nedostaci su niska žilavost i visoka osetljivost na dinamička-udarna opterećenja i promenu termičkih naprezanja.

Rezna keramika se koristi za izradu alata namenjenih neprekidnom rezanju na mašinama povećane krutosti i stabilnosti i to za obradu konstruktivnih čelika (ugljeničnih i legiranih), visokokvalitetnih čelika, sivog i temper liva, legura obojenih metala i obradu nemetala. Nije pogodna za obradu lakih metala i njihovih legura zbog difuzionog habanja, odnosno porasta intenziteta difuzionog habanja.

Rezna keramika obezbeđuje brzine rezanja 100-700 m/min, što zahteva alatne mašine odgovarajuće pogonske snage, krutosti i stabilnosti.

1.5.7. SUPERTVRDI MATERIJALI

Supertvrđi materijali su:

- prirodni dijamant,
- sintetički dijamant i
- kubni nitrid bora (borozan ili elbor)

Odlikuju se visokom tvrdoćom i otpornošću na habanje, kao i niskom žilavošću i otpornošću na dinamička-udarna opterećenja.

1.5.7.1. PRIRODNI DIJAMANT

Prirodni dijamant se koristi u obliku monokristala koji se mehanički vezuje za nosač alata. Uglavnom se primenjuje za izradu alata namenjenih završnoj i finoj obradi na strugu, obradi obojenih i lakih metala i njihovih legura, tvrde gume i plastičnih materijala i obradi nemetalnih materijala (kamen, granit i sl.). Ne preporučuje se za obradu legura na bazi Ni i Ti jer se pri obradi ovih materijala intenziviraju procesi difuzionog habanja alata. Monokristal dijamanta je osetljiv na udarna opterećenja pa se prirodni dijamant ne koristi za izradu alata namenjenih prekidnom rezanju.

1.5.7.2. SINTETIČKI DIJAMANT I KUBNI NITRID BORA

Dobijaju se procesima sinterovanja grafita, odnosno nitrída bora na vrlo visokim temperaturama i pritiscima. Sintetički dijamant je sinterovani grafit. Koristi se za izradu brusnih ploča kao brusni materijal, ali i za izradu reznih elemenata sa mehaničkim vezivanjem, i to uglavnom kod alata namenjenih završnoj obradi pri neprekidnom rezanju.

I sintetički dijamant i kubni nitrid bora se danas široko primenjuju kao materijali za prevlake na tvrdim metalima. Time se postiže i visoka žilavost i visoka tvrdoća površinskih slojeva, kao i mogućnost obrade sa većim presecima strugotine i kod prekidnog rezanja.

Kubni nitrid bora-kubni bornitrid u odnosu na dijamant ima nešto manju tvrdoću a veću toplotnu izdržljivost. Široko se koristi za izradu brusnih ploča i alata za obradu kaljenih čelika struganjem i glodanjem umesto brušenja.

Osnovne kompozicije kubnog nitrída bora su:

- elbor i
- borozan.

Elbor se dobija sinterovanjem nitrída bora u specijalnim uslovima. Borozan je supertvrđi materijal na bazi jedinjenja bora (40% B) i azota (50% N) uz dodatak odgovarajućih legirajućih elemenata.

1.5.8. TENDENCIJE RAZVOJA ALATNIH MATERIJALA

U oblasti razvoja i usavršavanja reznih alata dve osnovne tendencije su usmerene na:

- usavršavanje postojećih i razvoj novih konstrukcija alata i
- usavršavanje postojećih i razvoj novih alatnih materijala.

Sa aspekta usavršavanja postojećih i razvoja novih alatnih materijala osnovne tendencije su:

- razrada optimalne kompozicije alatnih materijala za konkretne materijale predmeta obrade,
- formiranje višenamenskih, univerzalnih tipova alatnih materijala i
- primena novih tehnologija u izradi alatnih materijala i oplemenjivanje reznih elemenata alata, sa ciljem povećanja brzine rezanja i otpornosti alata na habanje.

Usavršavanje brzoreznih čelika se usmerava na smanjenje nejednorodnosti rasporeda karbida, poboljšanje termičke obrade, modifikacija hemijskog sastava i tehnologiju nanošenja prevlaka. Posebno je interesantno usavršavanje molibdenskih i molibdensko-kobaltnih brzoreznih čelika kroz primenu metalurgije praha i njihovoj proizvodnji. Povećanje otpornosti na habanje se obezbeđuje nanošenjem prevlaka TiC, TiN, Al₂O₃, a najverovatnije i TaN, kubnog nitrída bora i dijamanta.

Osnovni pravci usavršavanja tvrdih metala su:

- izmena hemijskog sastava, uvođenjem rutenijuma (povećanje otpornosti na habanje i poboljšanje mehaničkih karakteristika) i stvaranjem novih kompozicija tvrdih metala tipa TiC-N-Mo i dr. sa ciljem poboljšanja otpornosti na habanje,
- primena metalurgije praha i usavršavanja tehnologije sinterovanja,
- razvoj različitih tipova prevlaka i tehnologija njihovog nanošenja, posebno prevlaka na bazi borida, kubnog nitrída bora i dijamanta, čime se stvaraju univerzalni tvrdi metali i
- razvoj postupaka prerade i ponovnog oblikovanja-reciklaže tvrdih metala.

Na osnovu izloženog, očigledno je da su osnovne tendencije usavršavanja alatnih materijala usmerena na usavršavanje sastava materijala i usavršavanje tehnologije proizvodnje.

VII

Geometrija reznih alata

VII. OSNOVA GEOMETRIJE REZNIH ALATA

Pravilan izbor geometrije sečiva alata za obradu rezanjem ima dominirajući uticaj na eksploatacijske karakteristike svakog alata. Geometrija alata bitno utiče na proizvodnost i ekonomičnost obrade metala, kvalitet obrade i postojanost alata kao i na pojavu vibracija u procesu rezanja. Masovna proizvodnja alata i njihovo oštrenje pri izradi i eksploataciji zahteva da se geometrija sečiva potpuno i jasno definiše.

Prema starim standardima (JUS.K:A2.010) definisanje geometrije alata se izvodi pomoću dva koordinatna sistema:

- tehnološkog koordinatnog sistema – definisanje geometrije reznog alata kao geometrijskog tela pri njegovoj izradi, oštrenju i kontroli (osnovna geometrija alata) i
- kinematskog koordinatnog sistema – definisanje geometrije alata u procesu rezanja (kinematska geometrija alata).

Tehnološki koordinatni sistem, prema standardima (slika 1.) čine:

- osnovna ravan Pr ,
- uslovna ravan kretanja Pf i
- ravan Pp ,

odnosno:

- osnovna ravan Pr ,
- ravan rezanja Ps
- normalna ravan Po i
- normalna ravan na glavno sečivo Pn .

Osnovna ravan Pr je ravan koja prolazi kroz posmatranu tačku na sečivu alata, a paralelna je ili upravna na neku ravan ili osu alata koja je od značaja za izradu i oštrenje alata ili kontrolu geometrije alata. Ima definisan položaj: kod strugarskih noževa i noževa za rendisanje paralelna je sa osnovom noža, a kod valjkastih glodala, burgija, ureznika i sl. alata prolazi kroz osu alata.

Uslovna ravan kretanja Pf je ravan koja prolazi kroz posmatranu tačku, upravna je na osnovnu ravan i paralelna ili upravna na neku ravan ili osu alata koja je od značaja pri izradi, oštrenju i kontroli geometrije alata. Kod strugarskih noževa uslovna ravan je upravna na dršku – osnovu alata, kod burgija je paralelna osi alata, a kod glodala je upravna na osu alata.

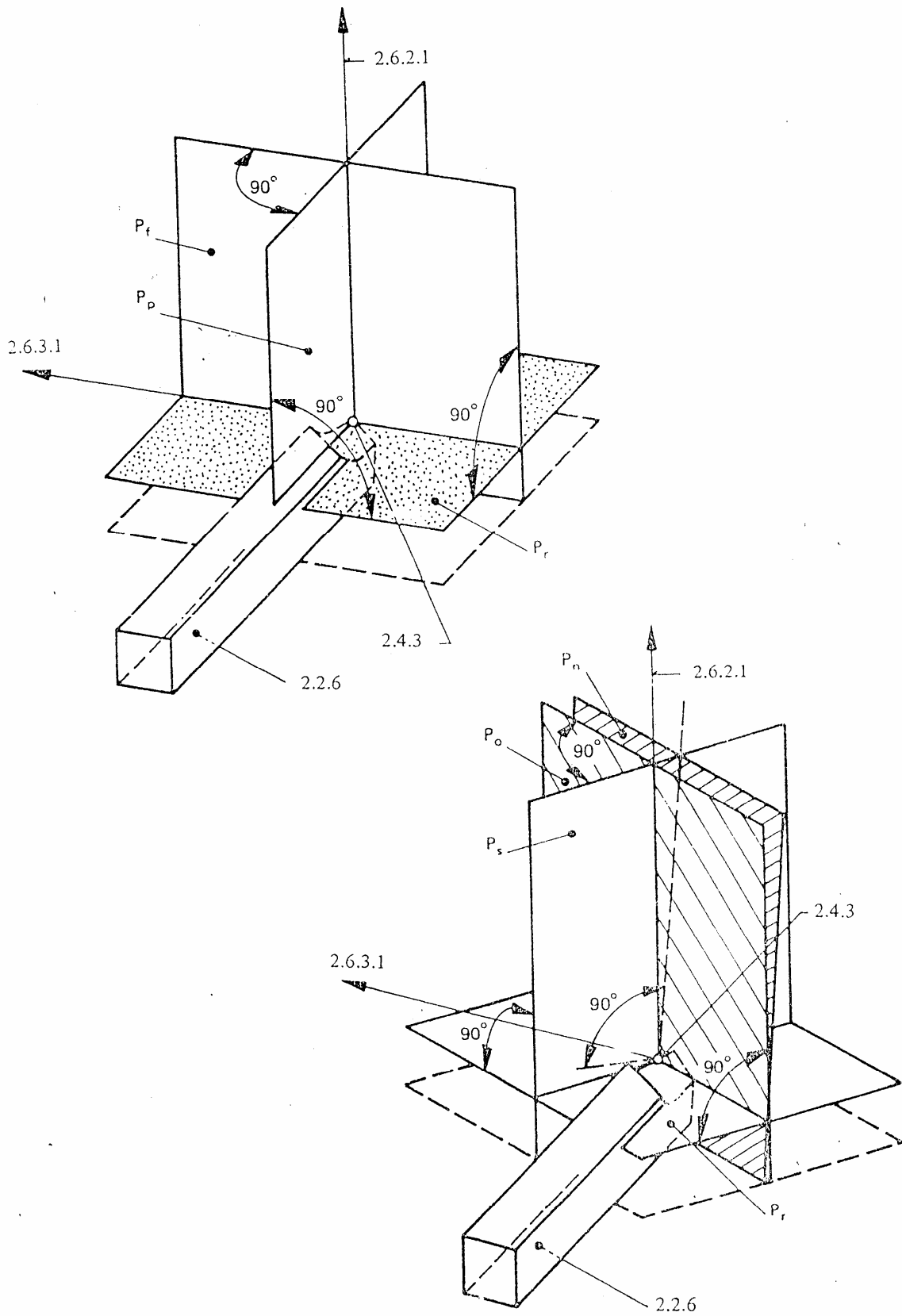
Ravan Pp je upravna na osnovnu ravan i uslovnu ravan kretanja

Ravan rezanja Ps je ravan tangencijalna na glavnu reznu ivicu (sadrži glavnu reznu ivicu) i normalna je na osnovnu ravan.

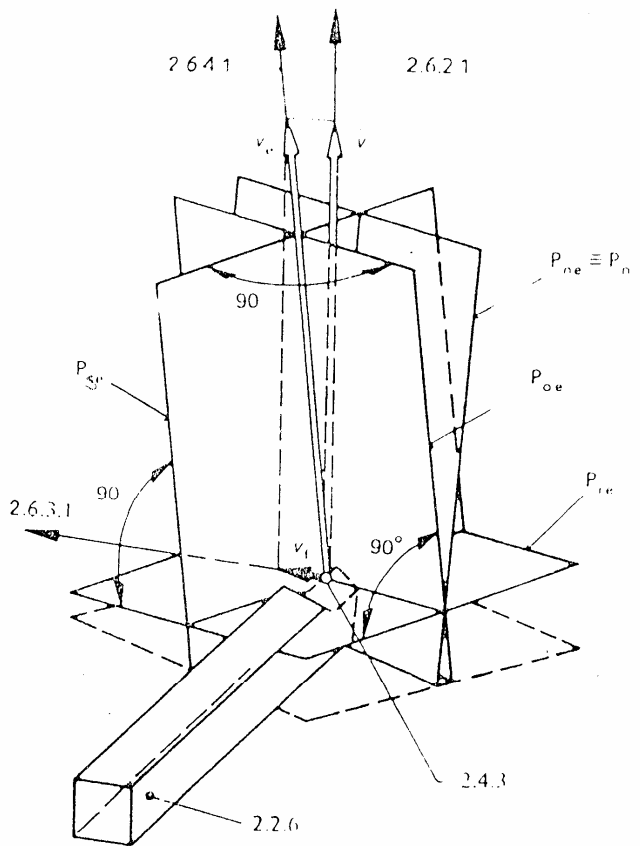
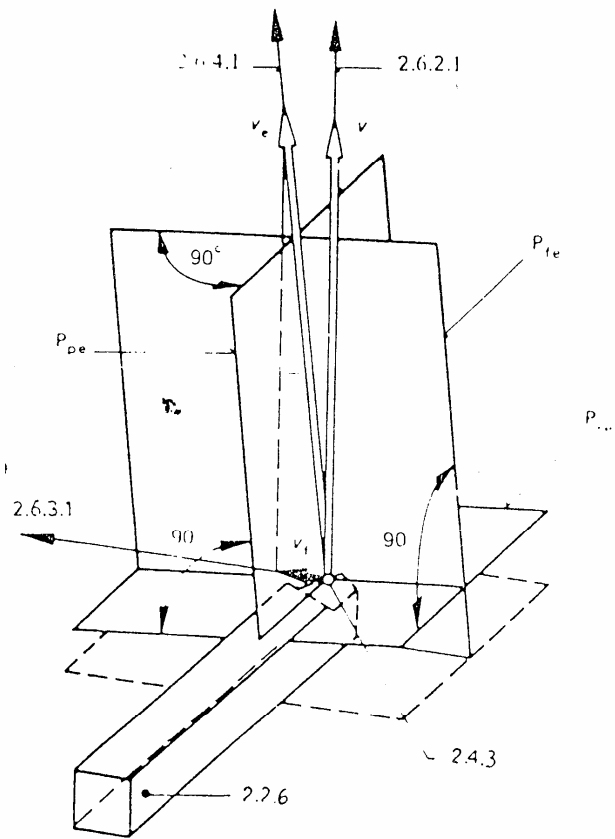
Normalna ravan Po je ravan upravna na osnovnu ravan i ravan rezanja.

Normalna ravan na sečivo Pn je ravan upravna na tangentu glavne rezne ivice u posmatranoj tački.

Kinematski koordinatni sistem, prema standardima (slika 2.) čine:



Slika 1. – Tehnološki koordinatni sistem



Slika 2.- Kinematski koordinatni sistem

- kinematska osnovna ravan Pr_e ,
- kinematska uslovna ravan kretanja Pf_e i
- kinematska ravan Pp_e ,

odnosno:

- kinematska osnovna ravan Pr_e ,
- kinematska ravan rezanja Pse ,
- kinematska normalna ravan Poe i
- kinematska normalna ravan na glavno sečivo Pne ,

što znači da je reč o ravnima koje su slične ravnima kod tehnološkog koordinatnog sistema i ravnima koje se različito označavaju (dodato je slovo e u indeksu).

Kinematska osnovna ravan Pr_e je ravan upravna na pravac rezultujućeg kretanja u nekoj tački rezne ivice. Kinematska osnovna ravan Pr_e je zakrenuta u odnosu na osnovnu ravan Pr .

Kinematska uslovna ravan kretanja Pf_e sadrži pravac glavnog i pomoćnog kretanja pri rezanju i upravna je na kinematsku osnovnu ravan.

Kinematska ravan Pp_e je ravan upravna na kinematsku osnovnu ravan i kinematsku uslovnu ravan kretanja.

Kinematska ravan rezanja Pse je tangencionalna na glavno sečivo u posmatranoj tački, upravna na kinematsku osnovnu ravan i sadrži pravac rezultujućeg kretanja.

Kinematska normalna ravan Poe je ravan upravna na kinematsku osnovnu ravan i kinematsku ravan rezanja.

Kinematska ravan normalna na glavno sečivo Pne je ravan normalna na glavno sečivo u posmatranoj tački i poklapa se sa ravni normalnom na glavno sečivo Pn .

Korišćenjem pomenutih koordinatnih sistema moguće je definisati:

- tehnološke i
- kinematske uglove reznog alata.

TEHNOLOŠKI UGLOVI REZNOG ALATA

Tehnološki koordinatni sistem omogućava definisanje položaja sečiva, grudne i ledne površine reznog klina alata (slika 3.).

Položaj sečiva, na primer, strugarskog noža, je određen:

- napadnim uglom χ_r ,
- pomoćnim napadnim uglom χ_r' i
- uglom vrha ε , tako da je:

$$\chi_r + \chi_r' + \varepsilon = 180^\circ.$$

Položaj grudne površine reznog klina je određen:

- radijalnim grudnim uglom - γ_f (grudni ugao u ravni Pf),
- aksijalnim grudnim uglom - γ_p (grudni ugao u ravni Pp),

- osnovnim grudnim uglom - γ_o (grudni ugao u ravni Po) i
- normalnim grudnim uglom - γ_n (grudni ugao u ravni Pn).

Pri tome je: $tg\gamma_n = tg\gamma_o \cdot \cos \lambda_s$, gde je:

λ_s - ugao nagiba glavne rezne ivice.

Položaj leđne površine reznog klina je određen:

- radijalnim leđnim uglom - α_f (leđni ugao u ravni Pf),
- aksijalnim leđnim uglom - α_p (leđni ugao u ravni Pp),
- osnovnim leđnim uglom - α_o (leđni ugao u ravni Po) i
- normalnim leđnim uglom - α_n (leđni ugao u ravni Pn).

Geometrija reznog klina je određena i uglovima:

- radijalnim uglom klina - β_f (ugao klina u ravni Pf),
- aksijalnim uglom klina - β_p (ugao klina u ravni Pp),
- osnovnim uglom klina - β_o (ugao klina u ravni Po) i
- normalnim uglom klina - β_n (ugao klina u ravni Pn).

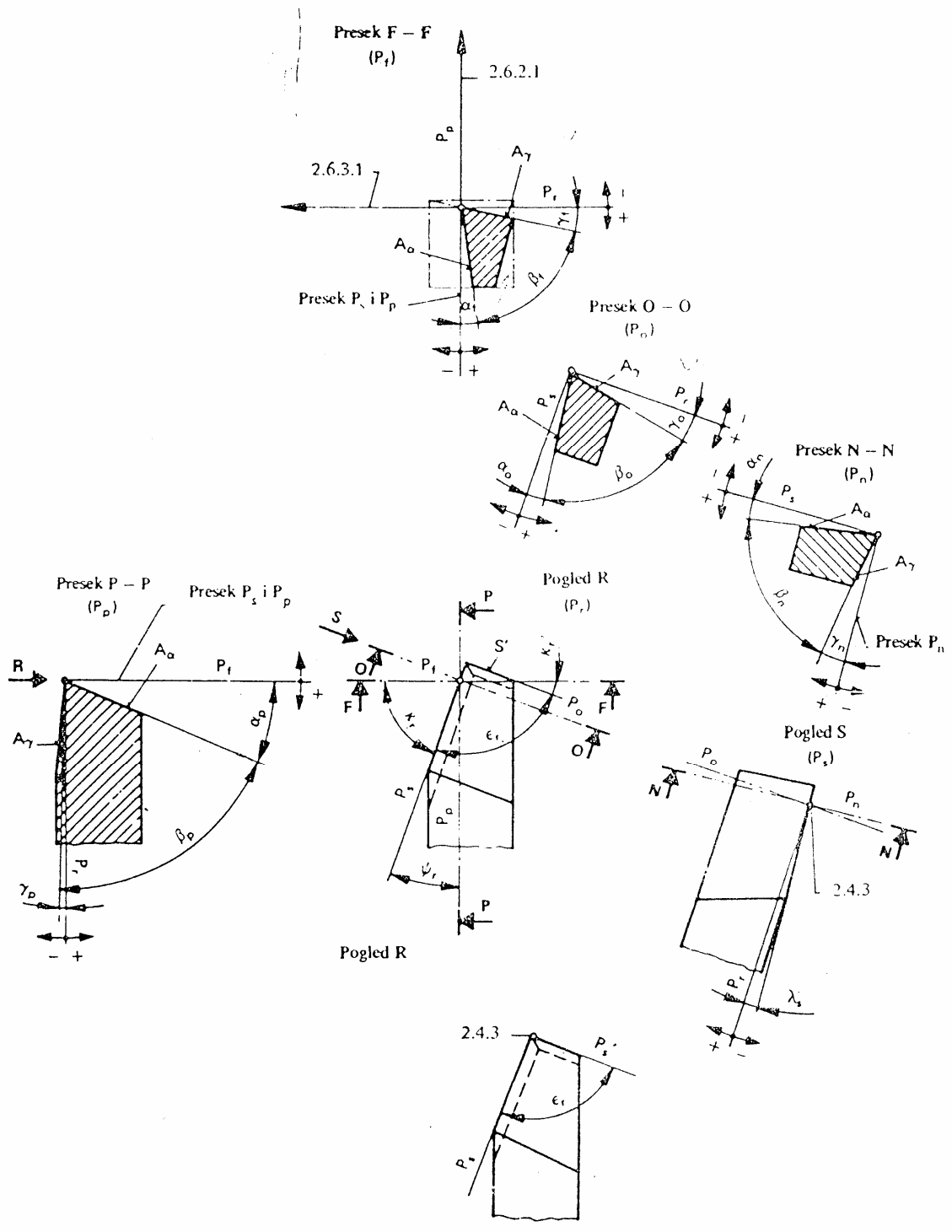
Kada su grudna i leđna površina reznog klina izvedene sa rubovima tada se iza odgovarajućeg indeksa ugla dodaju brojevi 1, 2, 3 , ... koji se odnose na redni broj ruba. (slika 4.)

Preporuke za izbor reznih alata se najčešće daju za uglove:

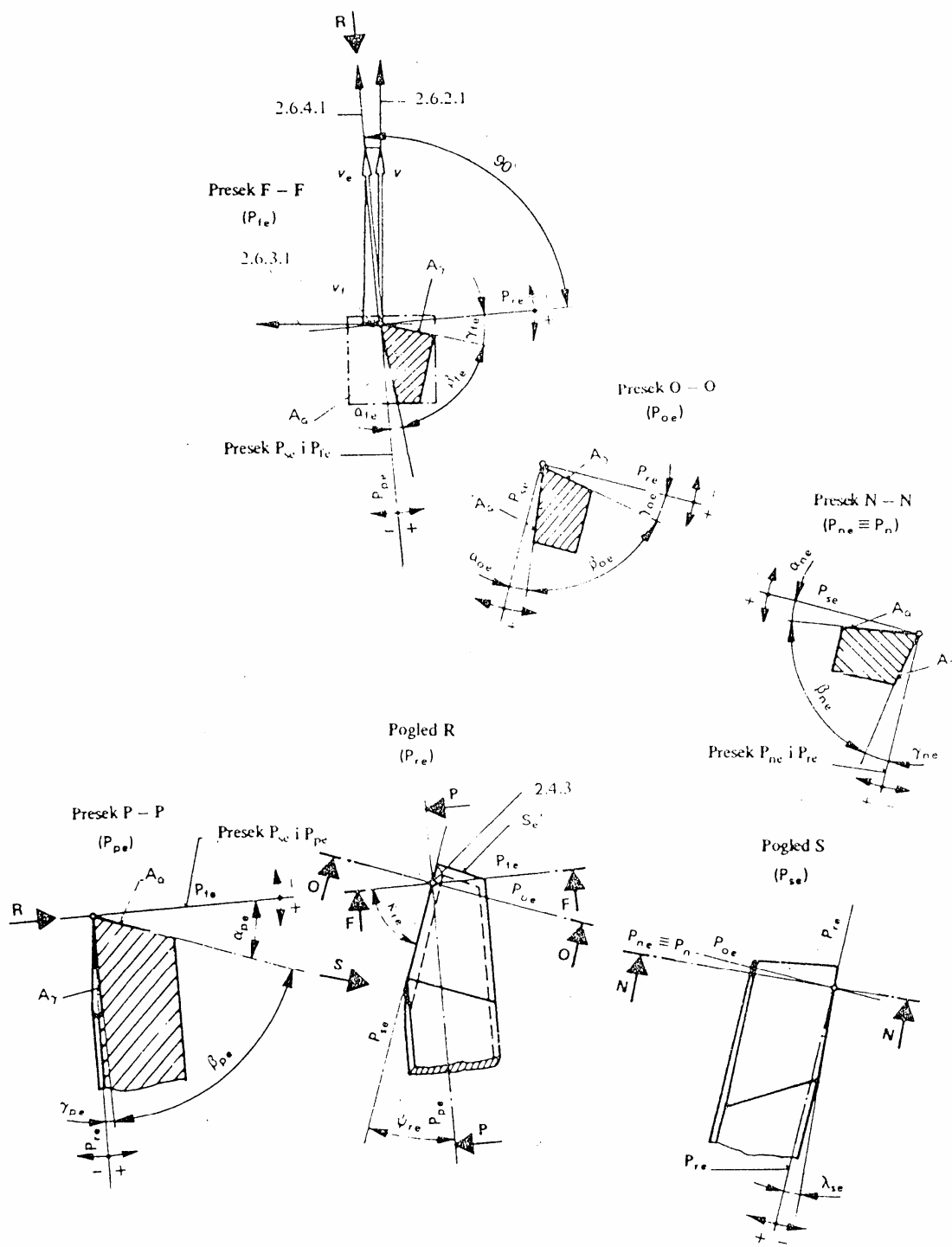
$\chi_r, \chi_r', \lambda_s, \alpha_o, \gamma_o$.

KINEMATSKI UGLOVI REZNOG KLINA

Definicije kinematskih uglova reznog klina slične su definicijama tehnoloških uglova, s tom razlikom što se koriste karakteristične ravni kinematskog koordinatnog sistema i što se u oznaci dodaje indeks e, na primer $\alpha_{fe}, \alpha_{ne}, \dots$



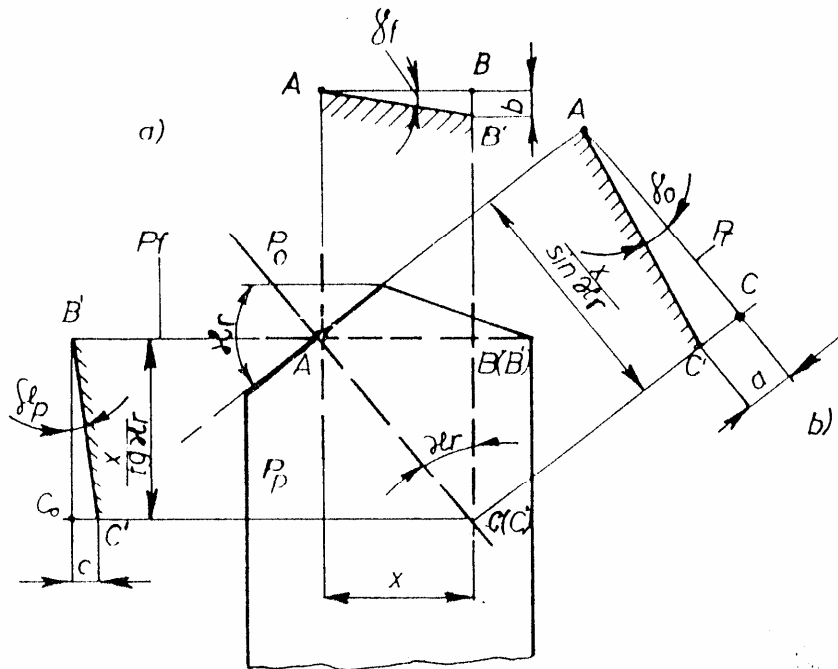
Slika 3. – Tehnološki uglovi reznog klina



Slika 4. – Kinematski uglovi reznog klina

MEĐUSOBNA ZAVISNOST UGLOVA REZNOG KLINA

Za definisanje međusobnog odnosa uglova reznog klina polazi se od prikaza geometrije reznog klina u tehnološkom koordinatnom sistemu, kada je ugao nagiba rezne ivice $\lambda_s = 0$ (slika 5.).



Slika 5. – Međusobna zavisnost uglova reznog klina

Na osnovu slike važe odnosi:

$ABC \in Pr$; $AB'C' \in A\gamma$; $Co \in CC'$ iz čega sledi: $a=b+c$.

$$AB = x; AC = \frac{x}{\sin \chi_r}; BC = B'Co = \frac{x}{\text{tg} \chi_r}.$$

$$a = \frac{x}{\sin \chi_r} \cdot \text{tg} \gamma_o; b = x \cdot \text{tg} \gamma_f; c = \frac{x}{\text{tg} \chi_r} \cdot \text{tg} \gamma_p, \text{ pa posle zamene sledi:}$$

$$\frac{x}{\sin \chi_r} \cdot \text{tg} \gamma_o = x \cdot \text{tg} \gamma_f + \frac{x}{\text{tg} \chi_r} \cdot \text{tg} \gamma_p.$$

Nakon množenja datog izraza sa $\frac{\sin \chi_r}{x}$ dolazi se do konačnog izraza oblika:

$$\text{tg} \gamma_o = \sin \chi_r \cdot \text{tg} \gamma_f + \cos \chi_r \cdot \text{tg} \gamma_p.$$

PREGLED SAVREMENIH GEOMETRIJA ALATA

U današnje vreme najčešće su u primeni izmenljive rezne pločice kod kojih je već formiran lomač strugotine i geometrija grudne i ledne površine. U najvećem broju slučajeva problem izbora geometrije alata svodi se na izbor geometrije prema preporukama proizvođača alata. Na primer, Stellram preporučuje sledeće geometrije za glodanje:

Geometrija -2C



-2C geometrija ima otvoreni lomač strugotine koji smanjuje rezni pritisak dok snaga ostaje nepromenjena. -2C je idealan za obradu niskougleničnih čelika.

Geometrija -3M



-3M ima zavojne rezne ivice koje omogućavaju smanjenje potrošnje energije.

Geometrija -41

-41 je geometrija opšte namene. Ova ekonomična geometrija je dostupna uz brojne varijante pločica, koji se upotrebljavaju za različite prilazne uglove. Geometrija -41 ima jaku reznu ivicu sa veoma velikim pozitivnim napadnim uglom reznog alata i može biti korišćena **i pri manjim brzinama ili pri nižim kapacitetima**.



Geometrija -42

-42 je geometrija opšte namene i koristi se za većinu materijala. Kombinacija pozitivnog napadnog ugla reznog alata i oblik grudne površine čine jaku reznu ivicu. Za glodanje pri 90°, geometrija -42 je najbolji izbor za teže operacije. Sa ovom geometrijom moguće su visoke brzine rezanja pri glodanju sa uglom uspona od 90° i 45°.



Geometrija -421

–421 geometrija se koristi za operacije srednje I završne obrade pri visokim temperaturama legura, titanijuma, nerdjajućeg čelika i teško obradljivih materijala. Veliki pozitivni napadni ugao reznog alata poboljšava obradivost materijala. Uz geometriju -421 dostupni su RPHT i SDHT umetci za operacije glodanja pri 45° i 0°. Geometrija –421 predstavlja poboljšani –42 dizajn, ali primenjuje se najviše za završnu obradu i za legure otporne na toplotu gde se zahteva oštrija rezna ivica.



Geometrija -43

–43 je geometrija opšte namene konstruisana za rad sa čvrstim, lepljivim materijalima kao što su nerdjajući čelici i legure otporne na visoke temperature.



Geometrija -44

Geometrija –44 je periferna **ivična** osnova sa osnovnom brušenom stranom za izradu najboljeg kvaliteta površine kod većine materijala uz smanjenje reznog pritiska i potrošnje energije.



Geometrija -441

–441 geometrija je **ivični osnovni umetak** sa oštrom reznom ivicom za rad sa legurama aluminijuma, titanijuma, bakrom i mesingom. Geometrija –441 omogućava slobodnije rezanje pri operacijama 90° i 45° I smanjuje “usisni efekat” koji je karakterističan za veće zavojne geometrije.



Geometrija -45

Geometrija –45 dizajnirana je za grubu I završnu obradu. Dostupna u brojnim vrstama, ova geometrija omogućava obradu širokog spektra materijala. Upotrebljiva je za dobru završnu obradu. Geometrija –45 omogućava slobodnije rezanje pri operacijama 90° i 45° I smanjuje “usisni efekat” koji je karakterističan za veće zavojne geometrije.



Geometrija -46

Geometrija 46 je geometrija za slobodno rezanje dostupna u vidu radijalnih umetaka za AP..16 varijantu umetaka. Osnovne brušene strane poboljšavaju završnu obradu a brušene ivice omogućavaju precizan radijalni oblik i duži vek trajanja alata.



Geometry -47

Geometrija -47 ima sličnu primenu kao geometrija – 45, karakteriše je malo niži rezni pritisak i dobre performanse kod legura otpornih na temperaturu.



Geometrija -701/ -702

-701 geometrija je veoma prikladna za završnu obradu širokog spektra materijala pri malim brzinama rezanja. Veoma veliki napadni ugao omogućava slobodnije manipulisanje rezanjem posebno kod aluminijuma.



Geometrija -721

Veoma veliki napadni ugao omogućava slobodnije manipulisanje rezanjem kod aluminijuma. Odlična za komponente sa tankim zidovima..



Geometrija -J

-J je ravni umetak sa kružnom linijom u osnovi. Dostupna je sa različitim veličinama radijusa.



Geometrija -M

-M ima mali lomač strugotine koji omogućava male brzine rezanja pri obaranju ivice.



Geometrija N

-N je specijalno dizajniran za obradu čeličnih i gvozdenih materijala. Ovaj profil je dopuna geometrijama-701 i-702 .



Geometrija -RG..S

-RG..S je dizajnirana za završnu obradu 3D odlivaka. Veoma je precizna i omogućava dug radni vek alata. RG..S je sposobna za obradu bočnog zida koji je pod uglom od skoro 90°.



Geometrija -SN

-SN je najjača geometrija u spektru proizvoda i idealna je za nestabilne uslove rezanja, duge izbočine i veoma velike brzine rezanja.



Geometrija ...T

T geometrija je geometrija opšte namene, naročito pri operacijama glodanja od 45° i koristi se u širokom dijapazonu. Ovakav dizajn je čvrst skoro kao **ravni gornji** umetak ali obezbeđuje odličnu sposobnost lomljenja strugotine.



Geometrija -TN

-TN je slična kao -SN, ali ima manju **ivicu**, koja umanjuje potrošnju energije.



Geometrija ...W

W – Stellram nudi brojne **gornje ravne** umetke za različite primene u glodanju i za širok spektar materijala. Ravni **glavni** umetci su najbolji izbor za čvrstinu prilikom glodanja od 90°, 45° i 0°. Ova geometrija ima jaču reznu ivicu od **ožlebljenog umetka**.



Lomač strugotine – Najbolji izbor za **negativnu geometriju**

U tabeli 1. prikazani su oblici preporučene geometrije za struganje - SANDVIK

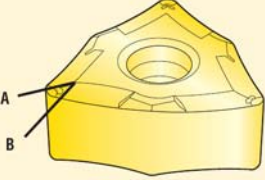
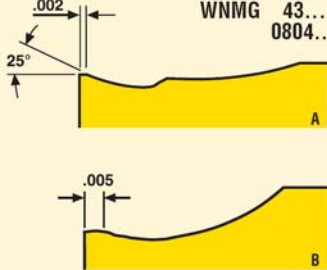
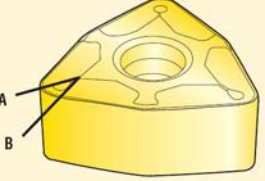
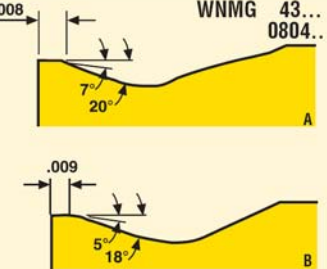
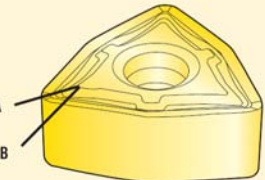
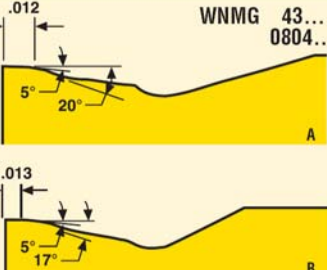
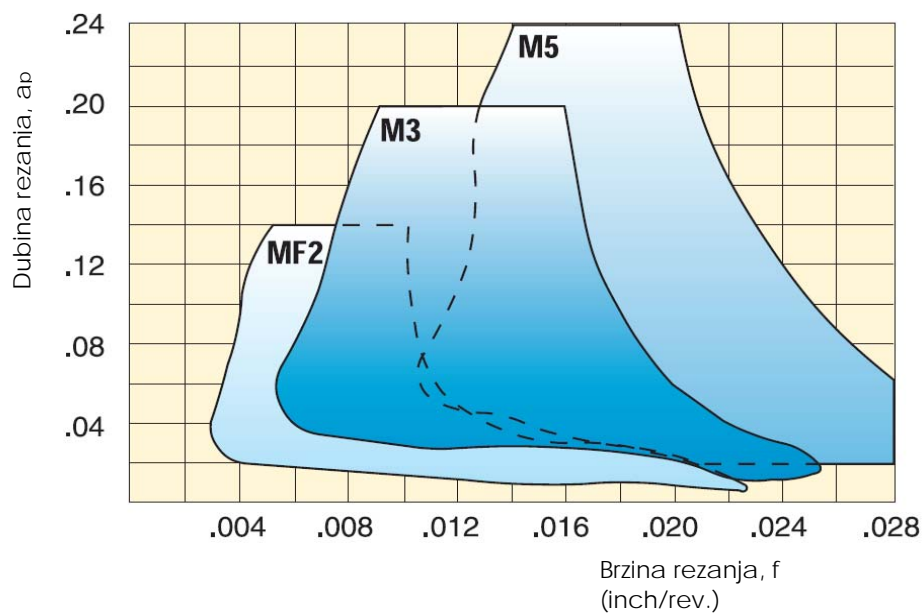
<p>MF2</p> 		<p>Najbolji izbor za finu obradu</p>
<p>M3</p> 		<p>Najbolji izbor za generalnu obradu</p>
<p>M5</p> 		<p>Najbolji izbor za grubu obradu</p>

Tabela 1. – Preporučene geometrije

Na slici 6. dijagramski su prikazane oblasti primene prikazanih geometrija u zavisnosti od koraka i dubine rezanja.



Slika 6. – Dijagramski prikaz izbora geometrije

U tabeli 2. prikazan je veći broj preporučenih geometrija.

Lomači strugotine (program)

	-MF2	Najbolji izbor za finu obradu sa negativnim umetcima. Pogodan za kontrolu strugotine pri dubini rezanja do .010'', nisu potrebne veće brzine rezanja od .010''/rev. Dobar kapacitet za srednje grubu obradu. Domet (okvir) obrade: f = .004 - .016 ipr, ap = .008 - .120''
	-M3	Najbolji izbor za srednje – grubu obradu i najraznovrsniji Seco lomač strugotine. U većini slučajeva to je jedini lomač strugotine koji je potreban. Obezbeđuje najduži radni vek u širokom spektru materijala predmeta obrade kao i najefikasnije lomljenje strugotine. Pogodan za precizno iskovane i livene radne delove (NNS ili ...) zbog toga što poseduje dobro vodjenje strugotine i jačinu rezne ivice.
	-M5	Najbolji izbor za grubu obradu prilikom korišćenja dvostranih umetaka. Namenjen za zahtevne operacije pri velikim brzinama rezanja čelika, nerdjajućeg čelika i livenog gvozdja. Karakterišu ga velika čvrstoća ivice i male sile rezanja. Domet (okvir) obrade: f = .010 - .028 ipr, ap = .060 - .275''
	-FF1	Lomač strugotine pogodan za negativne i pozitivne umetke. Koristi se za postizanje veoma fine završne obrade prilikom okretanja čelika i nerdjajućeg čelika. Domet (okvir) obrade: f = .002 - .010 ipr, ap = .016 - .080''
	-F1	Najraznovrsniji lomač strugotine za pozitivne umetke. Pozitivna geometrija sa oštrom reznom ivicom olakšava rezanje. Pogodan pri velikim brzinama rezanja i pri maloj dubini rezanja za precizno izradjene kovane otkovke i odlivke. Domet (okvir) obrade: f = .004 - .012 ipr, ap = .020 - .100'' Automatizovana obrada na primer: f = .003 - .010 ipr, ap = .04 - .12''
	-F2	Lomač strugotine za pozitivne umetke. Osigurava bezbedan tok strugotine prilikom završne i srednje grube obrade za čelike i nerdjajuće čelike. Domet (okvir) obrade: f = .006 - .016 ipr, ap = .030 - .200''
	-MF1	Lomač strugotine namenjen za obradu nerdjajućih čelika i super legura. Tip GP umetka ima oštru, preciznu osnovnu ivicu. Tip MP umetka ima blago izbrušenu reznu ivicu povećane jačine. MF1 je namenjen kao umetak za srednje finu i finu obradu.
	-MF3	Lomač strugotine sa pozitivnim napadnim uglom rezanja namenjen za srednje teško obradljive nerdjajuće čelike. MF3 je takodje namenjen za blago grubu obradu relativno mekih čelika ako je dubina rezanja ograničena. MF3 se može koristiti i za završnu obradu livenog gvozdja. Domet (okvir) obrade: f = .006 - .016 ipr, ap = .040 - .200''
	-M1	Lomač strugotine namenjen za super legure. Ima pozitivan napadni (ledjni) ugao rezanja i blago je izbrušen da bi se povećala jačina rezne ivice. Koristi se i sa perfektno oštrom ivicom (tip GP umetka). M1 je namenjen za blago grubu obradu i srednje završnu obradu.
	-MR3	Lomač strugotine sa pozitivnim napadnim (ledjnim) uglom rezanja redukuje sile rezanja, i poseduje visoku čvrstoću rezne ivice. Namenjen za srednje grubu i grubu obradu super legura i kaljenih čelika. Domet (okvir) obrade: f = .006 - .022 ipr, ap = .060 - .275''
	-MR4	MR4 ima negativnu osnovu koja daje veoma visoku čvrstoću rezne ivice. Namenjen je za teže aplikacije u obradi super legura kao što je naizmenično rezanje ili obrada delova grube površine. Domet (okvir) obrade: f = .006 - .022 ipr, ap = .060 - .275''

Tabela 2. – Preporučene geometrije

	-MR7	Najjači lomač strugotine za dvostrane umetke. MR7 je pogodan za velike brzine rezanja i dubine rezanja koje obično zahtevaju jednostrane umetke. Lomač ima široku negativnu osnovu koja daje visoku čvrstoću rezne ivice. Domet (okvir) obrade: $f = .010 - .032$ ipr, $ap = .060 - .275''$
	-R4	Lomač strugotine za jednostrane umetke. Ima pozitivnu reznu ivicu koja povećava niske sile rezanja. Domet (okvir) obrade: $f = .008 - .024$ ipr, $ap = .080 - .400''$
	-R5	Lomač strugotine za jednostrane umetke. Preporučuje se za srednje grubu obradu čelika. Domet (okvir) obrade: $f = .012 - .040$ ipr, $ap = .080 - .480''$
	-R6	Lomač strugotine za jednostrane umetke. Preporučuje se za srednje grubu obradu čelika. Domet (okvir) obrade: $f = .010 - .025$ ipr, $ap = .080 - .400''$
	-RR6	Lomač strugotine za jednostrane umetke koga karakteriše veoma lako rezanje. Preporučuje se za grubu obradu čelika i nerdjajućih čelika. Domet (okvir) obrade: $f = .012 - .040$ ipr, $ap = .080 - .480''$
	-R7	Veoma jak lomač strugotine predviđen za jednostrane umetke kao i za slobodno rezanje. R7 je pogodan za isprekidanu obradu nerdjajućih i ugljeničnih čelika. Domet (okvir) obrade: $f = .016 - .040$ ipr, $ap = .070 - .500''$
	-R8	Veoma jak lomač strugotine predviđen za jednostrane umetke. R8 je namenjen za velike brzine rezanja prilikom obrade otkivaka i odlivaka od austenitnih nerdjajućih čelika. Domet (okvir) obrade: $f = .014 - .031$ ipr, $ap = .070 - .500''$
	-RR9	Ekstremno jak lomač strugotine za jednostrane negativne umetke, za korišćenje pri velikim brzinama rezanja. Pogodan za teže obradive odlivke i otkivke kao i za austenitne nerdjajuće čelike. Domet (okvir) obrade: $f = .020 - .048$ ipr, $ap = .100 - .600''$
	-UX	Lomač strugotine za pozitivne umetke. Glatko i lako vodjenje strugotine pri finoj i srednje gruboj obradi čelika i nerdjajućih čelika. Pogodan za obradu tankih komponenta.
	-UX	Lomač za negativne umetke. Pozitivan napadni ugao rezanja alata sa oštom reznom ivicom. Mala sila rezanja. Pogodan za obradu tankih komponenta.

Lomači strugotine za Aluminijum


	-AL	Lomač strugotine za pozitivne umetke. Namenjen za obradu aluminijumskih legura. Površina strugotine je visoko polirana a ledjni ugao veoma veliki. Domet (okvir) obrade: $f = .016 - .024$ ipr, $ap = .020 - .160''$
---	------------	--

Tabela 2. – Preporučene geometrije



SANDVIK- COROMANT

VIII

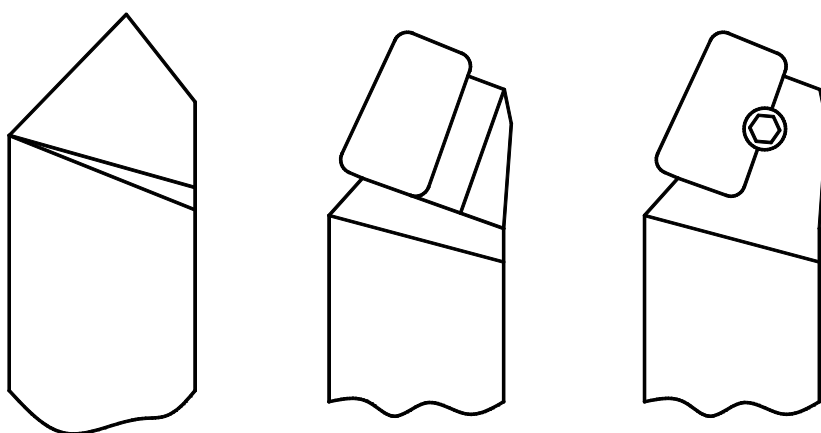
**Alati u obradi struganjem uključujući i
profilne strugarske noževe**

ALATI U OBRADI STRUGANJEM

Strugarski noževi su razvrstani po obliku i dimenzijama, kao i po vrsti alatnog materijala. Predstavljaju najrasprostranjeniju vrstu reznog alata. Široka oblast njihove primene dovela je do mnogobrojnih konstruktivnih oblika noževa.

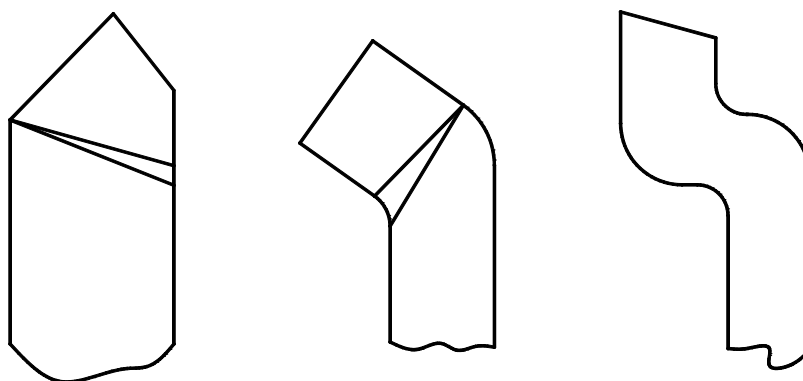
Prema vrsti alatnog materijala razlikuju se strugarski noževi od brzoreznog čelika, sa zalemljenom pločicom od tvrdog metala i mehanički pričvršćenom pločicom alatnog materijala (tvrdog metala, rezne keramike i super tvrdih materijala).

Prema vrsti obrade razlikuju se strugarski noževi za spoljašnju obradu (uzdužnu i poprečnu), unutrašnju obradu, usecanje i odsecanje, izradu navoja i sl. Pri tome se razlikuju strugarski noževi za grubu (prethodnu) i završnu (finu) obradu.



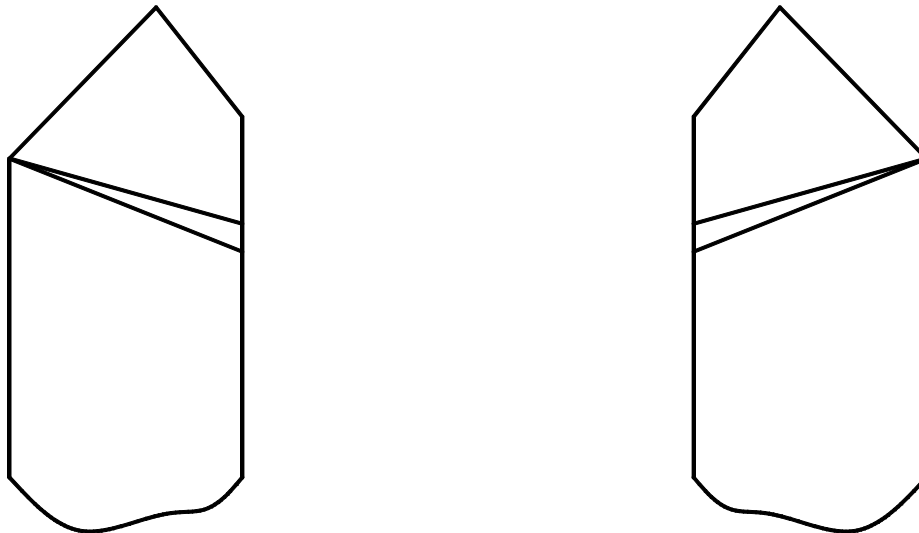
Slika 1. – Strugarski noževi od brzoreznog čelika sa zalemljenom i mehanički pričvršćenom pločicom

Prema obliku razlikuju se pravi, savijeni i kukasti strugarski noževi, a prema obliku poprečnog preseka tela – drške strugarskog noža pravougaoni, kvadratni i kružni.



Slika 2. – Oblici strugarskih noževa

Prema smeru kretanja u toku obrade razlikuju se levi i desni strugarski noževi. Pri tome se orijentacija određuje položajem palca ruke. Kada se šaka postavi na gornju površinu drške noža (desne ili leve ruke) palac ukazuje na položaj glavne rezne ivice.



Slika 3. – Levi i desni strugarski nož

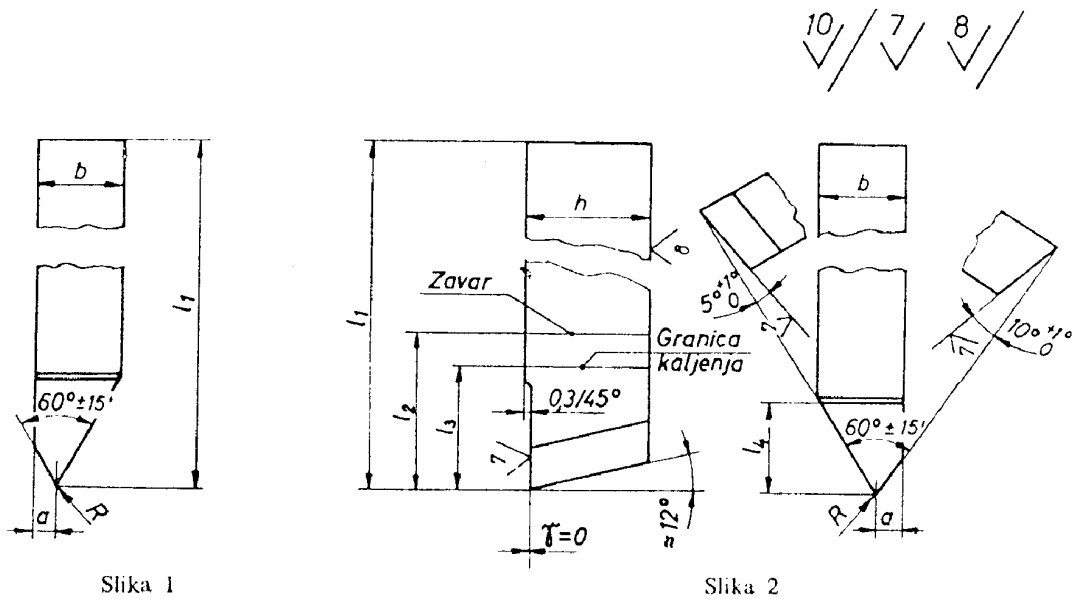
Osnovni oblici i dimenzije strugarskih noževa od brzoreznog čelika i noževa sa zalemljenom pločicom su standardizovani. Takvi strugarski noževi spadaju u grupu tzv. standardnih strugarskih noževa, koje proizvode specijalizovani proizvođači alata.

Pored standardnih strugarskih noževa primenjuju se i specijalni strugarski noževi koji se najčešće projektuju, konstruišu i izrađuju od strane samih korisnika tih noževa. U posebne grupe strugarskih noževa spadaju:

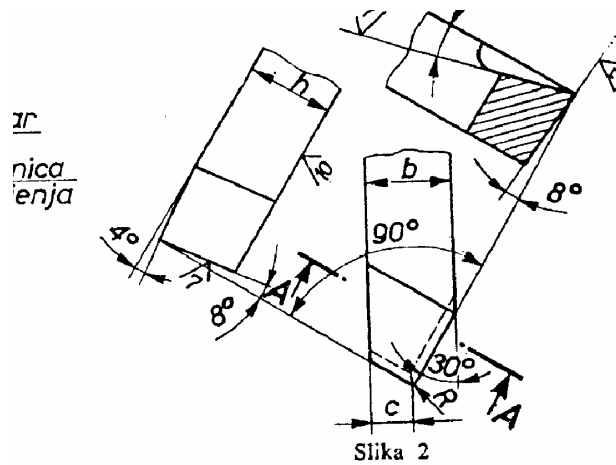
- noževi za proširivanje i
- profilni – fazonski noževi.

STRUGARSKI NOŽEVI OD BRZOREZNOG ČELIKA

Standardizovani su prema starim standardima serije JUS K. C1.003-031. Primeri ovih noževa prikazani su na slikama 4 i 5. Rezni deo noža izrađen je od brzoreznog čelika i spaja se zavarivanjem sa drškom izrađenom od konstrukcijskog čelika zatezne čvrstoće oko 700 MPa. Pri tome drška može biti pravougaonog, kvadratnog ili kružnog poprečnog preseka. Poprečni presek tela strugarskog noža može se proračunati na osnovu poznatih obrazaca iz obrade metala rezanjem, ali se on najčešće usvaja u zavisnosti od poprečnog preseka strugotine, iz odgovarajućih tabela. Strugarski noževi od brzoreznog čelika treba da imaju tvrdoću u blizini sečiva, nakon termičke obrade (kaljenje i opuštanje) od 63-64 HRC. Grudna i leđna površina se završno obrađuju brušenjem. Uslovi brušenja treba da budu takvi da se ne dođe do promene tvrdoće i strukture površinskih slojeva materijala (defekti pri brušenju), što znatno snižava postojanost alata.



Slika 4. - Nož za izradu spoljnog metričkog navoja s trouglastim ISO profilom



Slika 5. - Pravi noževi za grubu obradu

GEOMETRIJSKI PARAMETRI VRHA NOŽA

Izbor geometrijskih parametara- uglovi oštrenja noža, oblik grudne površine i sečiva ima veoma važan uticaj na proizvodnost procesa rezanja, kvalitet obrađene površine, postojanost i otpornost noža na vibracije. Oblik grudne površine i njenih konstruktivnih elemenata može se izabrati iz odgovarajućih tabela, u zavisnosti od uslova obrade – tabela 1.

Veličina lednog i grudnog ugla usvaja se iz odgovarajućih tabela u zavisnosti od vrste materijala predmeta obrade (mehaničke karakteristike materijala), veličine koraka i oblika grudne površine – tabela 2.

Tabela 1.

Oblik	Oznaka oblika	Skica	Oblast primene oblika
Udubljeni sa rubom	I		Noževi svih tipova (izuzev profilnih sa složenom konturom sečiva) za obradu čelika, osobito u slučaju kada je neophodno obezbediti savijanje strugotine
Ravan sa rubom	II		Noževi svih tipova za obradu čelika pri koracima $s > 0,2 \text{ mm/o}$
Ravan	III		Noževi svih tipova za obradu livenog gvožđa. Profilni noževi sa složenim konturama sečiva. Noževi za obradu čelika pri koracima $s \leq 0,2 \text{ mm/o}$, a takođe i u drugim slučajevima kada je neophodan ravan oblik grudne površine bez ruba.
			$\gamma_2 = 0^\circ$ — kod strugarskih noževa $\gamma_2 = 5^\circ$ — kod noževa za rendisanje
			$f = (0,8 \div 1,0) s$ — kod radova sa koracima $s > 0,2 \text{ mm/o}$ ili dvostrukim; kod radova sa koracima $s \leq 0,2 \text{ mm/o}$ je potrebno sečiva oboriti belegijom, pri čemu ne sme da je $f > 0,2 \text{ mm}$
			$R = (10 \div 15) s$ — kod strugarskih noževa za proširivanje i unutarnju uzdužnu obradu; $R = (30 \div 40) s$ — kod noževa za rendisanje; $R = (50 \div 60) s$ — kod noževa za usecanje i odsecanje ali ne manje od $R = 3 \text{ mm}$; $b = 2R \cdot \sin(\gamma - \gamma_3)$

Tabela 2.

Materijal koji se obradjuje	Ugao α°		Ugao γ°	
	$s > 0,2$ mm/o	$s < 0,2$ mm/o	Oblik grudne površine I i II	Oblik grudne površine III
Legure aluminijuma, mesing	10	15	30	25
Bakar	8	12	30	25
Bronza i krti bakar . . .	8	12	25	12
Čelik i čelični liv: $\sigma_M < 50 \text{ kg/mm}^2; H < 140$	8	12	30	25
$\sigma_M = 50 \div 80 \text{ kg/mm}^2$ $H = 140 \div 230$	8	12	25	18
$\sigma_M = 80 \div 120 \text{ kg/mm}^2$ $H = 230 \div 340$	8	12	25	12
Sivo liveno gvožđe i otkovci:				
$H < 160$	8	12	25	18
$H = 160 \div 220$	8	12	25	12
$H > 220$	8	12	—	5

Pr i m e d b a: 1 — Kod noževa za obradu isprekidanih površina i odlivaka sa korom, a takode kod noževa za rendisanje usvaja se da ugao γ umesto 25—30° odnosno 18—25° bude 20° odnosno 12°.

2 — Dozvoljena odstupanja uglova pri brušenju za uglove do 10° su $\pm 1^\circ$, a za veće uglove $\pm 2^\circ$.

Veličina glavnog napadnog ugla usvaja se, u zavisnosti od uslova obrade, takođe iz odgovarajućih tabela. Veličina glavnog napadnog ugla u osnovi zavisi od stabilnosti (krutosti) tehnološkog sistema i vrste obrade – tabela 3.

Tabela 3.

Tip noža	Uslovi rada	Ugao α_1°
Nož za uzdužnu obradu	Rad noževa sa grudnim uglom $\gamma > 25^\circ$ pri krutom tehnološkom sistemu mašina-alat-radni deo	30
Nož za uzdužnu obradu	Rad pri krutom tehnološkom sistemu i uzdužnom struganju, a pri običnim uslovima rada noža	45
Nož za uzdužnu obradu kod revolvera, automata i višesečnih strugova	Rad na revolverima, automatima i višesečnim strugovima a pri običnim uslovima. Rad pri ne tako krutom tehnološkom sistemu	60—75
Nož za poravnavanje, odsecanje i za uzdužnu obradu	Rad na višesečnim strugovima i obrada tankih i dugačkih osovina; uzdužna obrada i proširivanje sa istovremenim poravnavanjem čela dela; odsecanje dela i usecanje kanala	90

Pr im e d b a: 1 — Kod noževa za odsecanje ugao α ponekad se usvaja 80° , što sprečava obrazovanje neravnina na čeonj površini dela.

2 — Dozvoljena odstupanja pri brušenju $\pm 3^\circ$.

Veličina pomoćnog napadnog ugla takođe se usvaja prema preporukama, a u zavisnosti od uslova obrade.-tabela 4.

Tabela 4.

Tip noža	Uslovi rada	Ugao α_1°
Nož za usecanje žljebova određene tačnosti	Obrada žljebova određene tačnosti na radnim delovima	Dobija se proračunom na osnovu $1/2$ tolerancije dimenzije žljeba a pri skidanju ukupne veličine sloja ~ 1
Nož za odsecanje, usecanje i profil. nož	Sečenje materijala, usecanje i profilna obrada delova	1—2
Nož za uzdužnu obradu	Obrada krutih delova bez urezivanja	5—10
Nož za uzdužnu obradu	Obrada delova koji nisu kruti bez urezivanja i krutih sa urezivanjem	10—15
Nož za proširivanje i poravnavanje	Proširivanje i poravnavanje. Obrada delova (koji nisu kruti) sa urezivanjem	20—35

Pr im e d b a: Dozvoljeno odstupanje pri brušenju za uglove do 3° određeno je $\pm 30'$; za veličinu ugla od 3° do 10° — $\pm 1'$, a za veće od 10° — $\pm 2'$.

Ugao nagiba sečiva usvaja se u zavisnosti od uslova obrade (poluzavršna, gruba obrada, ...) iz odgovarajućih tabela – tabela 5.

Tabela 5.

Uslovi rada	Ugao λ°
Poluzavršna obrada	0
Gruba obrada sa neravnomernom dubinom rezanja	0–5
Rendisanje i obrada na strugu isprekidanih površina	10–20

Pr im e d b a: 1 — Za noževe za obradu delova koji nisu kruti ili u slučaju da delovi nisu dovoljno čvrsto stegnuti za mašinu ugao λ mora biti negativan: $-15^\circ \div -20^\circ$.

Prelazno sečivo noža može se izvesti ili sa radiusom ili u vidu zatupljenog vrha. Veličine radiusa prelaznog sečiva za različite preseke tela noža i različite uslove rada daju se u odgovarajućim tabelama. Umesto zaobljenog vrha noža, kod alata sa više noževa (glave za proširivanje) i kod noževa za odsecanje prelazno sečivo se brusi pod uglom $\chi_o = \chi/2$ na dužini 0,5-3mm, a u zavisnosti od dimenzija alata. Standardne dimenzije tela strugarskih noževa prikazane su u tabeli 6.

Tabela 6.

Vrsta obrade	Dimenzije tela noža, mm					
	10 × 16	12 × 20	16 × 25	20 × 30	25 × 40	30 × 45
	12 × 12	16 × 16	20 × 20	25 × 25	30 × 30	40 × 60
Veličina radiusa r , mm						
Gruba	1,0	1,5	1,5	2,0	2,0	3,0
Poluzavršna	1,5	2,0	2,0	3,0	3,0	5,0

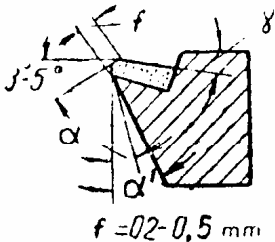
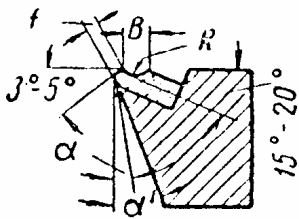
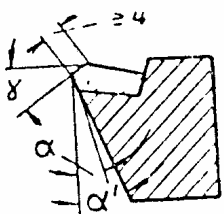
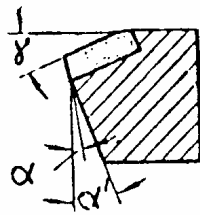
Pr im e d b a: 1 — Kod noževa za poluzavršnu obradu delova koji nisu kruti veličina radiusa r mora biti smanjena.

2 — Kod noževa za odsecanje i usecanje veličina r se usvaja 0,2 ÷ 0,8 mm u zavisnosti od dužine glavnog sečiva.

STRUGARSKI NOŽEVI SA ZALEMLJENOM PLOČICOM OD TVRDOG METALA

Strugarske noževe sa zalemljenom pločicom od tvrdog metala proizvode specijalizovani proizvođači reznog alata. Najčešće se usvajaju, u zavisnosti od uslova obrade iz kataloga proizvođača alata. Njihova primena je, u sadašnje vreme, znatno manja u odnosu na noževe sa mehanički pričvršćenom pločicom. Posebno u uslovima serijske i masovne proizvodnje. Izbor geometrijskih parametara ovih noževa takođe se vrši prema preporukama i može se naći u odgovarajućoj literaturi. Pošto ovi alati rade sa većim brzinama rezanja u odnosu na noževe od brzoreznog čelika poseban problem predstavlja način drobljenja strugotine i stvaranje bezopasnih uslova za rad. To se postiže izborom odgovarajućih uglova brušenja noža, izborom parametara režima obrade, izborom krivolinijskih kanala na grudnoj površini noža i obrazovanjem stalnih ili podešljivih lomača strugotine. U tabeli 7. prikazani su oblici grudne površine strugarskih noževa sa zalemljenom pločicom u zavisnosti od oblasti primene.

Tabela 7.

		Oblik grudne površine	Oblast primene
I. Sa negativnim rubom	a) ravna	 <p>$f = 0.2 - 0.5 \text{ mm}$</p>	<p>Obrada sivog livenog gvožđa i kovanog gvožđa. Obrada čelika $\sigma_M \leq 80 \text{ kg/mm}^2$. Obrada čelika $\sigma_M > 80 \text{ kg/mm}^2$, a pri nedovoljno krutom tehnološkom sistemu. U slučaju obrade čelika treba primeniti lomač strugotine.</p>
	b) sa radijusom	 <p>$f = 0.2 - 0.3 \text{ mm}$ $B = 2 - 2.5 \text{ mm}$ $R = 4 - 6 \text{ mm}$, Dubina ukopa $0.1 - 0.15 \text{ mm}$</p>	<p>Poluzavršna obrada čelika dubina rezanja ($\delta = 1 - 5 \text{ mm}$; $s \geq 0.3 \text{ mm/o}$); σ_M do 80 kg/mm^2. Uvijanje strugotine se obezbeđuje ukopom.</p>
II. Sa negativnom ravni	a) dvostruka	 <p>$f = 4$</p>	<p>Obrada čelika $\sigma_M > 80 \text{ kg/mm}^2$ sa obrazovanjem ukopa na grudnoj površini, a pri dovoljnoj krutosti tehnološkog sistema. Obrada čelika sa udarima; neravnomerno skidanje kore. Radi odvoda strugotine treba primeniti lomač strugotine ili odgovarajuće uglove α i λ.</p>
	b) obična		<p>Obrada čelika $\sigma_M > 80 \text{ kg/mm}^2$ bez obrazovanja ukopa na grudnoj površini, a pri dovoljnoj krutosti tehnološkog sistema.</p> <p>Obrada livenog gvožđa sa udarima, sa neravnomernom dubinom rezanja i korom. Odvod strugotine zahteva primenu lomača strugotine ili odgovarajuće uglove α i λ. Noževi se bruse po leđnoj površini.</p>

U tabeli 8. prikazane su vrednosti grudnog i leđnog ugla dok su u tabeli 9. date vrednosti napadnog ugla.

Tabela 8.

Materijal koji se obrađuje	Uglovi α i α_1 u stepenima		Ugao γ , u stepenima	
	$s < 0,3$ mm/o	$s \geq 0,3$ mm/o	Oblik grudne površine I	Oblik grudne površine II
Konstruktivni čelici ugljenični i legirani:				
$\sigma_M \leq 110$ kg/mm ²	12	8	15	— 5
$\sigma_M > 110$ kg/mm ²	12	—	—	— 10
Sivi liv:				
$H \leq 220$	10	6	12	—
$H > 220$	10	6	8	—
Kovano gvožđe:				
$H = 140 \div 150$	12	8	15	—

Pr i m e d b a: 1 -- Dopunski leđni ugao $\alpha' = \alpha + 5^\circ$.

2 -- Dozvoljeno odstupanje ugla pri brušenju, pri veličini ugla do 10° , $\pm 1^\circ$, pri većem od 10° je $\pm 2^\circ$.

Tabela 9.

Uslovi rada	Ugao α°
Obrada sa malom dubinom rezanja u uslovima posebne krutosti tehnološkog sistema mašina-alat-radni deo	10—30
Obrada pri dovoljnoj krutosti tehnološkog sistema	45
Obrada sa udarima a pri nedovoljnoj krutosti tehnološkog sistema. Obrada na višesečnim strugovima	60—75
Obrada dugih i tankih delova. Obrada na višesečnim strugovima	80—90

Pr i m e d b a: Dopušteno odstupanje pri brušenju za veličine uglova do 30° je $\pm 2^\circ$, a za uglove veće od 30° je $\pm 3^\circ$

Vrednosti pomoćnog napadnog ugla i ugla nagiba sečiva prikazane su u tabelama 10 i 11.
Tabela 10.

završna obrada	0—5
obrada krutih delova bez urezivanja	5—10
obrada delova male krutosti bez urezivanja; obrada krutih delova sa urezivanjem	15—30
obrada delova male krutosti sa urezivanjem	30—45

Pr i m e d b a: 1 — Najveća veličina ugla α_1 primenjuje se pri najvećoj veličini zaobljenja sečiva r .

2 — Dozvoljena odstupanja ugla pri brušenju za uglove do 10° nose $\pm 1^\circ$, za veličinu uglova od $10^\circ - 30^\circ \pm 2^\circ$, a za veći od $30^\circ \pm 3^\circ$.

Tabela 11.

Uslovi rada	Ugao λ°
Obrada delova sa ravnomernom dubinom rezanja bez udara	0—5
Obrada delova noževima sa γ od -5° do -10° i $\alpha = 70^\circ$ (u cilju drobljenja strugotine)	10—12
Obrada delova sa neravnomernim skidanjem i rad sa udarima (obrada površina sa prekidima)	10—30

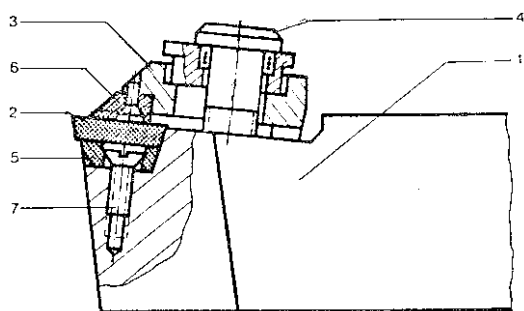
Pr i m e d b a: Dozvoljena odstupanja pri brušenju $\pm 1^\circ$

STRUGARSKI NOŽEVI SA MEHANIČKI PRIČVRŠĆENIM PLOČICAMA

Pločice koje su mehanički pričvršćene za držač predstavljaju tehnološko unapređenje u odnosu na noževe sa tvrdo lemljenim pločicama. Mehaničke pločice imaju za cilj da otklone sve nedostatke tvrdo lemljenih, ne izmenjivih pločica. Sa mehanički pričvršćenim pločicama potpuno su ukinute operacije: brušenja, oštrenja, vremena zamene istrošenog alata. Izbegnuta je pojava nepovoljnih napona i naprezanja u alatu i držaču koje nastaju usled procesa lemljenja.

Na slici 12. prikazana je osnovna sema mehanički pričvršćene pločice sa pozicijama osnovnih elemenata:

1. Držač pločice



2. Rezna pločica
3. Stezač
4. Zavrtanj
5. Podložna pločica
6. Lomač strugotine
7. Zavrtanj

Slika: 12.

Držač pločice 1. se izrađuje od čelika na kome se glodanjem pravi ležište u koje se montira pločica od tvrdog metala 2. Pločica se pričvršćuje sa držačem 3. koji može biti izveden na nekoliko načina i različitih konstrukcija. Kod savremenih rešenja ispod rezne pločice stavlja pločica od tvrdog metala 5. koja mora biti brusena i polirana i otporna na pritisak. Zbog nemogućnosti obrade ležišta za reznu pločicu stavlja se podložna pločica koja ima ulogu da koncentriše pritisak i sile nastale usled rezanja na reznu pločicu od tvrdog metala prenese na celu površinu držača i da zaštiti držač od eventualnog pucanja i loma pločice. Lomač strugotine 6. Konstruktivno je izrađen tako da omogućuje pomicanje i regulaciju načina lomljenja i savijanja strugotine zavisno od parametra i režima rezanja. Kod nekih konstrukcija lomač se izrađuje izjedna sa pločicom.

PRIČVRŠĆIVANJE REZNE PLOČICE

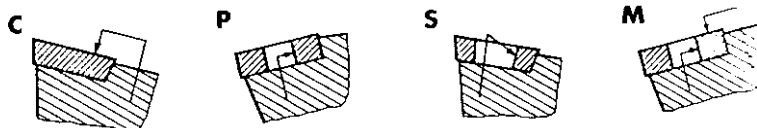
Prema konstrukciji, obliku reznog elementa razlikujemo dva osnovna sistema mehaničkog pričvršćivanja:

1. Sistem sa regeneracijom reznog, umetka najčešće tangencijalne izrade.
2. Sistem sa izmenivom okretnom reznom pločicom bez regeneracije.

Mehanički pričvršćene pločice sa tangencijalnim umetkom sastoji se iz držača na koji se postavlja prizmatični umetak od tvrdog metala obično veće dužine konstantnog profila (okruglog, trougaonog ili kvadratnog). Sve površine kao i radiusi reznog umetka su brušeni i polirani u vrlo uskim granicama tolerancije. Pri regeneraciji brušenje se izvodi po čeonim površinama. Nedostaci ovakvog načina stezanja su u ceni precizne izrade umetka i korišćenja velike količine skupih materijala. Lomovi kod ovih alata su katastrofalni i nije moguća njihova popravka ili zamena. Alati sa ovakvim načinom stezanja najčešće se primenjuju kod kopirnog struganja redje glodanja. Za njihovu primenu potrebno je da se precizno odrede režimi obrade i da se nakon svake upotrebe očiste od ostataka rezanja. Sistem sa imenjivom okretnom reznom pločicom bez regeneracije danas se najčešće primenjuju i predstavljaju najekonomičnije i najsavršeniji alat za obradu rezanjem. Ovaj način omogućuje stezanje i pričvršćivanje pločica različitih oblika, debljina i različitih materijala na drške noževa poprečnog preseka 10mm pa sve do noževa poprečnog preseka 70x70mm za najteže obrade i režime rezanja. Primenuje se za sve režime rezanja od grube do fine obrade kao i za spoljašnju i unitrašnju obradu. Jednostavnost načina pričvršćivanja omogućuje pričvršćivanje na standardnim i na specijalnim alatima, jednoreznim kao i višereznim alatima. Prednosti ovakvog načina stezanja je u eliminisanju operacije brušenja pločica od tvrdog metala, pločice su standardizovane u internacionalnim standardima različitog oblika i različite rezne geometrije. U zavisnosti od rezne geometrije i oblika rezne pločice mogu imati od dve do osam reznih ivica. Nakon iskorišćenja jedne rezne ivice pločice se okreću i koristi se nova rezna ivica. Nakon iskorišćenja svih njenih reznih ivica pločice se bacaju jer se ne vrši naknadna regeneracija rezne pločice, što predstavlja jedinu manu ovakvog sistema reznog alata. Držači za okretne rezne pločice su izrađeni od čelika visoke tvrdoće na 45-65 HRC sa termičkim poboljšanjem čelika radi dobijanja što veće čvrstoće i što veće postojanosti (otpornost na habanje, eroziju, trenje, zavijanje i odvijanje navoja za pritezanje...). U držaču se nalazi ležište u kome se vrši pozicioniranje izmenjive rezne pločice. Ležište za izmenjivu pločicu mora biti potpuno ravno kako bi osiguralo potpuno naleganje pločice, kako nebi došlo do pojave deformacije i vibracija. Izrađuje se u granicama tolerancije visoke tačnosti i uglovnih vrednosti do pola stepena. Kod novijih sistema i kod držača većeg preseka ubacuje se podložna pločica koja služi za precizno naleganje okretne izmenjive pločice, ravnomerne raspodele pritiska, ravnomerne raspodele toplote nastale usled rezanja, takođe u slučaju loma pločice sprečava se oštećenje

držača. Pločice se izrađuju od tvrdog materijala obično legiranog čelika otpornog na habanje koroziju i abraziju. Postoje četiri osnovna sistema stezanja reznih pločica koja su standardizovana i koja se primenuju:

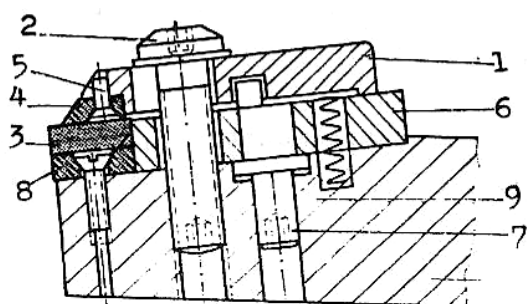
1. Pritezanje odozgo masivnim držačem **C** sistem.
2. Pritezanje pločice preko otvora preko pritezne poluge i ekscentrima **P** sistem.
3. Pritezanje pomoću zavrtnja **S** sistem.
4. Kombinovani sistem pritezanja preko otvora i odozgo **M** sistem.



Sl.6- sistemi pritezanja izmenjivih reznih pločica

1.3 Pritezanje odozgo masivnim stezačem C sistem:

Pritezanje odozgo masivnim stezačem (šapom) predstavlja prošlost, ovakav način pritezanja se danas uglavnom ne koristi. Konstrukcija ovakvog načina stezanja se sastoji iz stezača 1. preko koga se zavrtnjem 2. Pričvršćuje okretna pločica 3. i lomač strugotine 4. pričvršćen na stezač pomoću navrtnja 5.



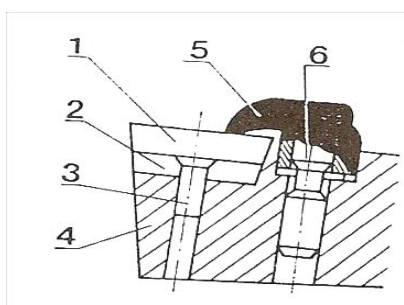
1. Stezač.
2. Vijak.
3. Rezna pločica.
4. Lomač strugotine.
5. Elastična čivija.
6. Stezač.
7. Ekscentar.
8. Podložna pločica.
9. Držać pločice.

Sl.7 C-sistem stezanja

Prilikom izmene ili okretanja rezne pločice zavrtanj se popušta spiralna opruga na stezaču osigurava da rezna pločica ne ispadne sa nosača, pločica se zatim uklanja ili zaokreće. Vijak za pritezanje je sa imbus glavom i omogućuje pritezanje odozgo i po potrebi odozdo. Ovakav način stezanja prihvata rezne pločice sa pozitivnom i sa negativnom reznom geometrijom. Pločice sa negativnom reznom geometrijom su ekonomičnije jer omogućavaju dvostruko veći broj reznih ivica u odnosu na pločice sa pozitivnom reznom geometrijom. Pločice sa negativnom reznom geometrijom zahtevaju jače mašine sa stabilnim držačem dok se kod lošijih i starih mašina koriste pločice sa pozitivnom reznom geometrijom. Prednost ovakvog sistema držanja je u tome što zbog svoje masivnosti pruža veliku stabilnost i preciznost pri rezanju takođe u mogućnosti je da prihvati pločice svih geometrija i oblika ali zbog svoje masivnosti nemože se koristiti kod u svim obradama, masivnost se odražava i na odvođenje strugotine koja se može poboljšati podešavanjem i ubacivanjem drugih lomača. Ovakav sistem stezanja najčešće se koristi kod teških obrada pri teškim režimima obrade.

1.3.1 Pritezanje odozgo sa šapom C-sistem:

Ovaj sistem predstavlja varijantu sistema stezanja sa masivnim stezačem, zbog svojih malih dimenzija omogućava bolje odvođenje strugotine.



1. Rezna pločica.
2. Podložna pločica.
3. Elastična čivija.
4. Držać pločica.
5. Stezna šapa.
6. Vijak.

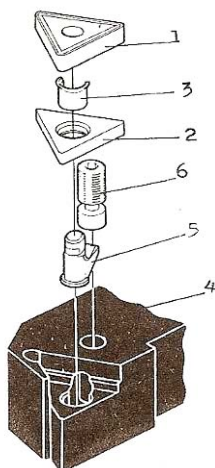
Sl.8. sistem-C sa šapom.

Ovakav sistem stezanja koristi se za pločice sa pozitivnom reznom geometrijom, pri čemu su lomači urađeni izjedna sa pločicom u toku izrade ili naknadnim presovanjem, Ovaj sistem primenjuje se za završnu obradu, obradu otvora. Ovaj sistem je idealan za nestabilne sisteme male snage kod kojih je pozitivna geometrija neophodna.

1.4 Pritezanje preko otvora pomoću poluge P-sistem:

Ovaj sistem se sastoji iz kolenaste poluge pomoću koje se okretna pločica steže. Kod ovog načina stezanja pomoću zavrtnja 6. sila se prenosi na polugu 5. na zid okretno pločice 1. pri čemu se poluga oslanja svojim kolenom na ležište držača noža. Podložna pločica od tvrdog metala 2. obavezan je element kod ovakvog načina stezanja i pričvršćena je zavrtnjem 3.

1. Rezna pločica.
2. Podložna pločica.
3. Elastična čivija.
4. Držač.
5. Kolenasta poluga.
6. Zavrtnj.

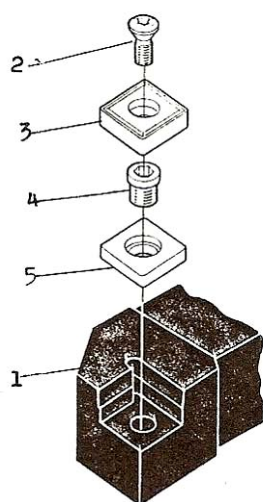


Ovakav sistem stezanja karakteriše vrlo jednostavna konstrukcija sa malim brojem sastavnih elemenata, na ovaj način stezanjem putem centralnog otvora omogućen je nesmetano odvođenje strugotine. Lomljenje strugotine izvodi se uz pomoć lomača izrađenog na samoj pločici (presovanjem ili rezanjem). Ovaj sistem stezanja primenjuje se kod svih vrsta obrada a naročito kod obrada kod kojih je potrebno lagano odvođenje strugotine i kod obrade kod koje je bitna pristupačnost. Primenuje se za različite dubine rezanja i za različite posmake. Primenuje se za finu i za grubu obradu takođe se primenuje za prethodnu i završnu obradu. Oblik pločice može biti okrugao, kvadratan, trougaoni kao romboidan.

Slika 9.-stezanje sa polugom-P sistem

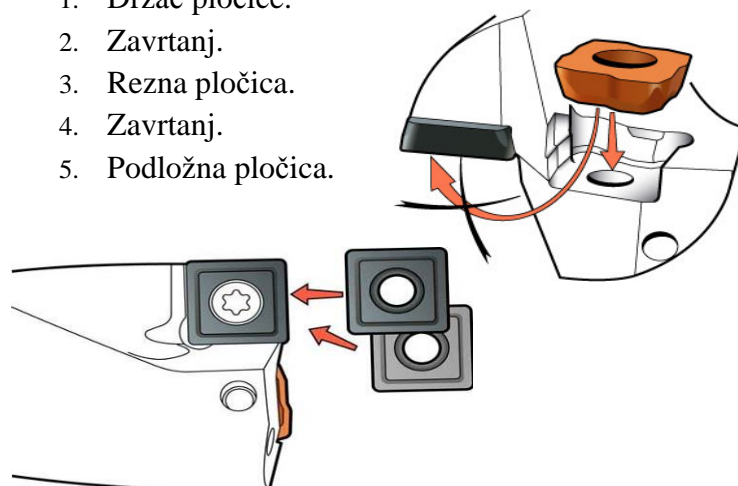
1.5 Pritezanje pomoću zavrtnja S sistem:

Sistem se sastoji u pritezanju pločice pomoću zavrtnja i predstavlja najjednostavniju konstrukciju držača mehaničko pričvršćene okretno pločice i sadrži najmanji broj elemenata. Okretna rezna pločica 3. se uz pomoć zavrtnja 2. učvršćuje u ležište pločice na držaču 1.



Sl.10- S-sistem.

1. Držač pločice.
2. Zavrtnj.
3. Rezna pločica.
4. Zavrtnj.
5. Podložna pločica.



sl.11.-Zamena pločica S sistema.

Da bi se izbeglo netačno naleganje na stranice ležišta držač i pločica se izrađuju u velikom polju tolerancije što omogućava podešavanje i uklapanje pločica. Tipičan primer ovih alata je obrada unutrašnjih otvora ili na strugarskim automatima gde konstrukcije ostalih držača nemogu da priđu. Nedostaci ovog sistema su: nepravilno naleganje, netačnost naleganja i pojava vibracija, zaglavljivanje navoja za pritezanje pločice usled upadanja sitnih čestica i ostataka rezanja, to su sve razlozi zbog kojih se ovaj sistem ne nalazi značajnije u primeni. Ovakav sistem pored podnožne pločice u nekim slučajevima zahteva postavljanje i gornje pločice.

Kombinovano pritezanje:

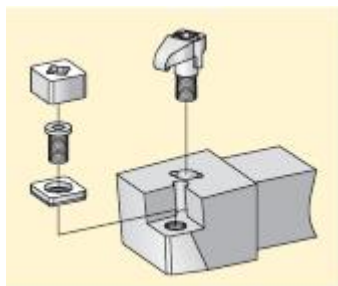
Ovaj sistem kombinuje dva sistema pritezanja, okretna pločica se steže uz pomoć ekscentra 2. i šapom 3. Sistem stezanja pomoću ekscentra ostvaruje se uvrtnjem zavrtnja koji je ujedno i stezač stezanje se ostvaruje zbog ekscentrično postavljenog konusa.

Ostala izvedena rešenja pritezanja izmenjivih reznih pločica (slika 12.) :



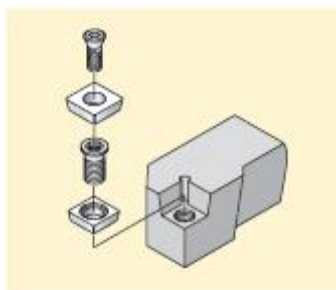
Rešenje stezanja „šiljatom sponom“:

1. Industrijski najbrži način stezanja i promene rezne pločice.
2. Nesigurno podešavanje i stezanje izmenjive rezne pločice.
3. Redukovane vibracije i produžen životni vek alata.



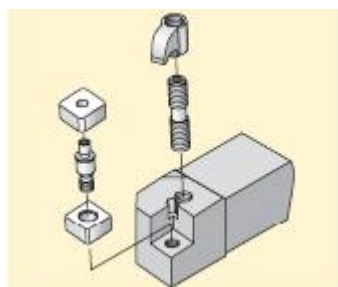
Stezanje pločice u glavnom žljebu:

1. Dokazani sistem stezanja pre svega keramičkih pločica za koje je potreban krut sistem stezanja pri klasičnom i profilnom rezanju.



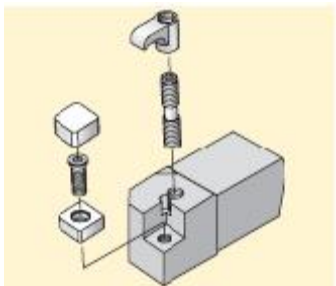
Stezanje uz pomoć zavrtnja:

1. Vrhunski način stezanje pomoću zavrtnja.



KENLOCK način stezanja:

1. Blokiranje pomoću osovine i spone obezbeđuje kruto stezanje izmenjive pločice.



KENDEX način stezanja:

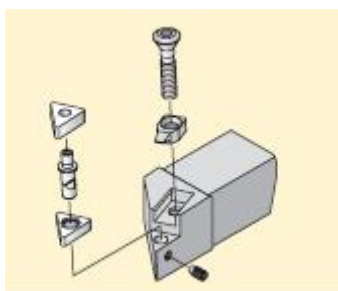
1. Podešen za specijalne KENDEX pločice.
2. Opciono moguće je ugraditi lomač strugotine za izmenjive keramičke rezne pločice.

pločice.

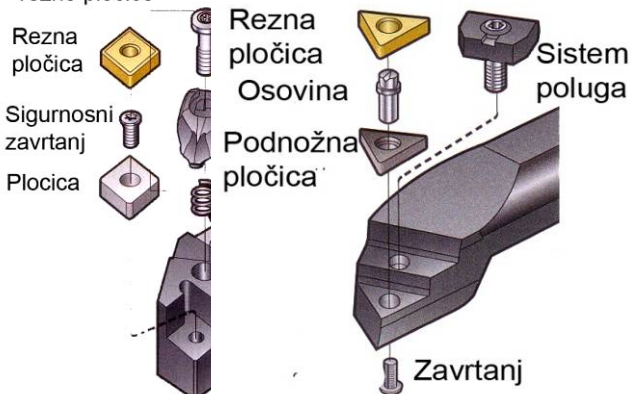
3. Širok spektar oblika i veličina izmenjivih reznih pločica koje se koriste pri ovom načinu stezanja.

Objedinjen način stezanja:

1. Stezanje odozgo sponom i stezanje uz



Krut sistem stezanj rezne pločice Sistem stezanja polugom

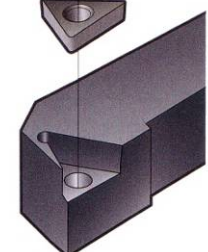


Sistem stezanja širokom sponom

Torax Sistem stezanja centralnim zavrtnjem




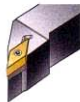




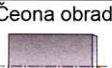
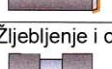
Izmenjiva rezna pločica

Čep za zavrtnj
Podnožna pločica



Slika 12.-ostali sistemi stezanja

Preporuke za izbor vrste i načina stezanja u zavisnosti od tipa obrade:









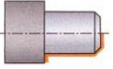



Sistemi stezanja pločica	Negativna geometrija			Pozitivna geometrija	Nosачi za keramičke pločice	
	CoroTurn RC	P-sistem		CoroTurn 107	CoroTurn RC	T-MAX
Način stezanja	 Krut sistem stezanja	 Sistem sa polugom	 Kombinovani sistem sa polugom	 Sistem stezanja centralnim zavrtanjem	 Kruto stezanje	 Stezanje odozgo
Uzdužna i poprečna obrada	 ●●	●	●	●	●●	●
Profilna obrada	 ●●	●	●	●●	●●	●
Čeona obrada	 ●●	●	●	●	●●	●
Žljebljenje i otsecanje	 ●	●	●	●●	●	●●

●● = Preporučeni držač alata i sistem stezanja

● = Alternativno rešenje

SI13- Sandvik preporuke

Izbor oblika i geometrije izmenjive rezne pločice u zavisnosti od vrste obrade:

Spoljašnja obrada	80°	55°	-	90°	60°	80°	35°	55°
								
	●●	●	●	●	●	●		●
		●●	●		●		●	●
	●	●	●	●●	●	●		●
			●●		●			

Sl.14. spoljašnja obrada

Unutrašnja obrada	80°	55°	-	90°	60°	80°	35°
	●	●	●	●	●●	●	
		●●			●		●
	●●	●	●		●	●	

●● = Preporučeni oblik izmenjive rezne pločice ● = Alternativno rešenje

sl.15 unutrašnja obrada

Označavanje izmenjivih reznih pločica prema ISO standardu:

1) OBLIK IZMENJIVE PLOČICE

2) SLOBODNI UGAO

5) DUŽINA REZNE IVICE

6) DEBLJINA

7) RADIJUS

Radius u 1/10 mm

00	Okrugla pločica
01	Oštar vrh
02	0.2 mm
04	0.4 mm
05	0.5 mm
08	0.8 mm
10	1.0 mm
12	1.2 mm
15	1.5 mm
16	1.6 mm
24	2.4 mm
32	3.2 mm
40	4.0 mm

9) SMER REZANJA

16 **03** **08** **S** **N**

3 **2** **2**

Napomena: ISO - oznake obuhvataju samo prvih 7 simbola. Poz. 5 i 9 su dopunjujuće oznake. Provođač može dodati oznake, npr. oblik lomča strugotine i ostale oznake.

3) TOLERANCJE

Simbol	Tolerancija u mm		Tolerancija u inčima	
	m	d	m	d
A	± 0.005	± 0.025	± 0.0002	± 0.001
F	± 0.005	± 0.025	± 0.0002	± 0.001
C	± 0.013	± 0.025	± 0.0005	± 0.001
H	± 0.013	± 0.025	± 0.0005	± 0.001
E	± 0.025	± 0.025	± 0.0010	± 0.001
G	± 0.025	± 0.13	± 0.0010	± 0.005
J	± 0.005	± 0.025	fr ± 0.05	to ± 0.002
K	± 0.013	± 0.025	fr ± 0.05	to ± 0.005
L	± 0.025	± 0.025	fr ± 0.05	to ± 0.005
M	fr ± 0.08	± 0.13	fr ± 0.003	to ± 0.006
U	fr ± 0.13	± 0.13	fr ± 0.005	to ± 0.010

1. Ove tolerancije se obično odnose na pločice sa brušenom ravnom fazom.
2. Tolerancija zavisi od veličine pločice. Mora biti u skladu sa normom za svaku veličinu pločice. Za pravougaone i trouglaste pločice (oblik S i T) navesti vrednosti za klase tolerancije M i U u donjoj tabeli.

Prečnik upisanog kruga	Tolerancija za m ±				Tolerancija za d ±			
	Klasa M		Klasa U		Klasa M		Klasa U	
6.35	± 0.250	± 0.08	± 0.003	± 0.13	± 0.005	± 0.05	± 0.002	± 0.08
9.52	± 0.375	± 0.08	± 0.003	± 0.13	± 0.005	± 0.05	± 0.002	± 0.08
12.7	± 0.500	± 0.13	± 0.005	± 0.20	± 0.008	± 0.08	± 0.003	± 0.13
15.88	± 0.625	± 0.15	± 0.006	± 0.27	± 0.011	± 0.10	± 0.004	± 0.18
19.05	± 0.750	± 0.15	± 0.006	± 0.27	± 0.011	± 0.10	± 0.004	± 0.18
25.4	± 1.000	± 0.18	± 0.007	± 0.38	± 0.015	± 0.13	± 0.005	± 0.25

4) TIP PLOČICE

5) UPISAN KRUG

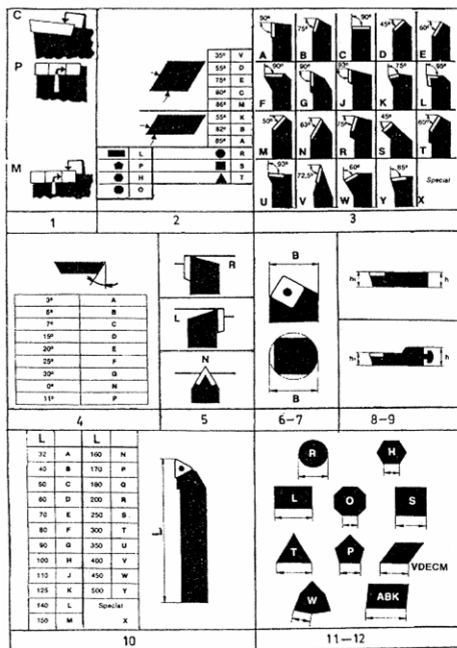
6) DEBLJINA

7) RADIJUS

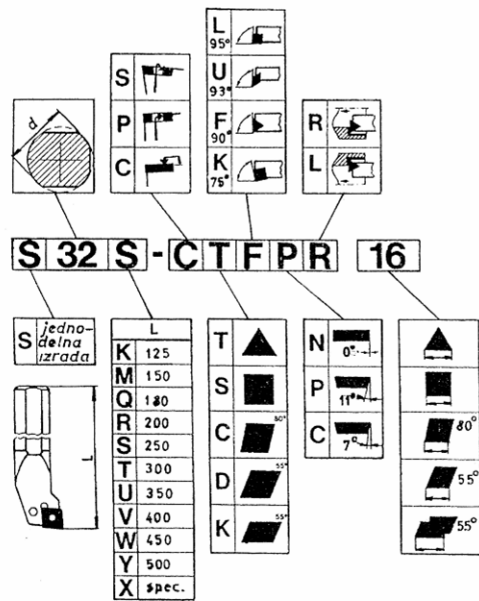
8) OBLIK REZNE IVICE

Slika 16. ISO standard – obeležavanje reznih pločica

Označavanje nosača izmenjivih reznih pločica prema ISO standardu:



Slika 2.28. Šema označavanja držača pločica za spoljašnju obradu na strugu



Slika 2.29. Šema označavanja držača okretnih pločica za unutrašnju obradu na strugu

- 1- Način pričvršćivanja pločice
- 2- Oblik pločice
- 3- Napadni ugao
- 4- Leđni ugao pločice
- 5- Smer rezanja
- 6- Visina držača
- 7- Visina držača
- 8- Širina držača
- 9- Širina držača
- 10- Dužina noža
- 11- Dužina sečiva
- 12- Dužina sečiva

PREPORUKE ZA IZBOR REŽIMA OBRADE

Režimi rezanja za struganje Cutting data turning

Materijal Material	CMC No.	Tvrdća u brinellima HB Brinell hardness HfB	PGP 135		PGP 015		P1P		P4		P6		PGP 170		P2	
			Posmak mm/o Feed mm/rev Posmak in/o Feed in/rev		1.2-0.4-0.2		0.7-0.3-0.1 0.28 0.12-0.04		2.0-0.4-0.2 0.74 0.16-0.08		2.5-1.0-0.4 0.98-0.39-0.16		1.2-0.4-0.2 0.47 0.16 0.08		1.2-0.2-0.15 0.47 0.08 0.06	
			Brzina rezanja Brzina rezanja		Cutting speed m/min Cutting speed ft/min											
Nelegirani ugljenični čelik Non-alloy carbon steel	C 0.15 A C 0.35 A C 0.70 A		01.1	125	95-220-280 110 720 920	180-310-385 590 1020 1270	200-290-410 655 950 1345	80-190-250 260 625 820	45-95-160 150 310 525	160-300-400 525 985 1410	130-260-330 425 855 1090					
			01.2	150	75-170-220 245 560 720	165-285-350 540 935 1150	170-240-350 560 790 1150	65-150-200 210 495 655	40-75-125 130 245 410	140-245-330 460 805 1085	100-210-270 310 640 890					
			01.3	180-250	60-135-175 195 445 575	130-245-300 425 805 985	130-190-280 425 625 920	45-115-160 150 375 525	30-55-95 100 180 310	110-190-260 360 625 855	80 160-210 260 525 690					
Legirani čelik Alloy steel	Žaren Annealed Oplemenjen Hardened and tempered Oplemenjen Hardened and tempered Oplemenjen Hardened and tempered		02.1	125-200	60-135-175 195 445 575	150-250-310 495 820 1020	130-190-280 425 625 920	50-120-160 165 395 525	35-60-95 115 195 310	110-190-260 360 625 855	80-160-210 260 525 690					
			02.2	200-275	50-110-140 165-360-460	110-195-265 360 640 870	105-150-220 345 495 720	40-95-125 130 310 410	85-155-210 280 510 690	125-185-245 400 725 990	65-130-170 215 425 560					
			02.2	220-325	40-90-115 130 295 375	90-155-210 295 510 690	90-155-210 295 510 690	20-40-60 65 130 195	20-40-60 65 130 195	110-190-260 360 625 855	50-100-130 165 310 425					
			02.2	325-450	30-70-90 100 230 295	70-125-170 230 410 560	80-95-140 210 310 460	25 60-80 80 195 290	15-30-50 50 100 165	55-100-130 180 340 440	40 80 105 130 260 415					
Nardajući čelik Žaren Stainless steel Annealed	Marteniški Ferritic Martensitic/ferritic Austeniški Austenitic		05.1	150-270	170-210 160 690	140-220-250 460 655 820	200-280 655 920	95-165-200 310 540 655	65-90-115 210 295 375	125-185 230 400 725 990	120 190 225 310 625 730					
			05.2	150-220	135-165 175 540	100-165-200 330 540 655	225 740	80-125-150 260 410 490	55-80-110 180 260 360	90-150 180 35 495 560	140 175 360 625 855					
Čelični liv Steel castings	Nelegirani Non-alloy Nisko legirani Low-alloy Visoko legirani High alloy		06.1	150	60-120-150 195 395 490	100-185-260 330 605 855	160-200 525 660	55-115-145 180 375 475	40-60-90 130 195 265	80-155-225 260 510 740	80 135-160 260 510 740					
			06.2	150-250	45-80-100 150 260 330	75-135-165 245 445 540	115-160 375 525	35-75-100 115 245 330	25-40-60 80 130 195	60-120-160 195 365 535	55 95-115 140 270 375					
			06.3	160-250	80-95 260 310	130-160 425 525		30-70-90 100 240 295	20-35-50 65 115 165		90 105 395 345					

Materijal Material	CMC No.	Tvrdća u brinellima HB Brinell hardness HB	PGP 015		PGP 1025		K1P		PGP315		K 20 i and K11A	
			Posmak mm/o Feed mm/rev Posmak in/o Feed in/rev		1.0-0.7-0.2 0.39-0.28-0.08		1.0-0.5-0.2 0.39 0.20-0.08		1.0-0.5-0.3-0.2-0.15 0.39 0.20 0.12 0.08 0.06		1.2-0.7-0.4-0.3-0.15 0.47 0.24 0.16 0.12 0.06	
			Brzina rezanja Brzina rezanja		Cutting speed m/min Cutting speed ft/min							
Čelik velike otpornosti Hard steel	Manganski čelik 12 % Manganese steel 12 % Kajlični čelik Hardened steel		06.33	200-300	25-30-40 80 100 130	25-40-70 80 130 230	20-35-55 65 115 180	20-30-40 65 100 130	40 130	10-30 samo za K 20 30 100 160 K 20		
			04	50-65HRC			10-20-35 30 65 115	15-25-35 50 80 115	35 115	10 20 30 65		

Legure otporne na toplotu Heat-resistant alloys ¹	Sadrži gvožđe Iron base	Žaren Annealed Otvrdnut Aged	20.11	200				60-75 195 245		50 60-75 160 195 245		
			20.12	280				35-50 115 165		25 35 50 80 115 165		
	Sadrži nikal kobalt Nickel or cobalt base	Žaren Annealed Otvrdnut Aged Cast	20.21	250				25-35 80 115		15 20 30 40 55 100		
			20.22 20.32 20.24 20.33	350 320				15-25 40 80		10 15 25 30 50 100		
Temperovani liv Malleable iron	Ferritic Ferritic Pearlitni Pearlitni		07.1	110-150	150-215-275 495 705 905	120-140-235 395 460 770	90-140-200 295 460 655	130-165-200 475 540 655	200	60-90-110 195 245 360		
			07.2	150-270	65-110-165 210 360 540	60-95-150 195 310 495	50-95-115 165 310 380					
Niskolegirani sivi liv	Cast-iron, low tensile		08.1	150-220	120-205-330 195 670 1085		90-150-225 295 495 740	90-150-220 295 495 740		65-90-105 215 395 630		
Sivi i legirani liv velike otpornosti	Cast-iron, high tensile		08.2	200-330	85-150-243 260 495 800		65-110-175 215 360 575	70 115-160 180 375 525		45-65-75 140 270 375		
Kuglični grafitni liv Nodular SG iron	Ferritic Ferritic Pearlitni Pearlitni		09.1	125-230	85-135-185 280 440 605	80-110-155 260 360 510	65-110-175 215 360 575	85 135-180 260 445 590				
			09.2	200-300	80-120-165 260 395 540	65-90-130 260 390 540	55-95-160 180 310 525	65-110-140 215 360 480				
Kokilni tvrdi liv Chilled cast iron ²			10	400 600			12-20 40-65 10-15 30 50	9-15-25 30 50 80 10 15 30 50				
Elektrolitski bakar Electrolytic copper				50-85			250-350-475 820 1150-1560	225-320-450 740 1050 1480		150-210-280 490 690 920		
Bronza/mesing legure Bronze-Brass alloys	Olovne legure Lead alloys Mesing, crveni liv Brass, red brass Fosforna bronza Phosphor-bronze		33.1	80-150			350-420-500 1150-1380-1640	305-375-470 1000 1230 1540		220-280-335 730 920 1190		
			33.2	60-110			220-270-360 820 985 1180	220-270-360 720 885 1100		160-200-240 525 655 795		
			33.3	85-110			150-210-275 490 690 900	130-180-250 425 590		100 130-165 340 475 610		
Aluminijumske legure Aluminium alloys	Ne obrađuju se termički Non heat treatable Obrađuju se termički Heat treatable		30.11	30-80			1300-1700-2200 4265-5580-7215			800-1000-1300 2625 4280 4265		
			30.12	80-120			350-480-650 1150-1575-2135			200-270-350 655 885 1150		
Aluminijumske legure (liv) Aluminium alloys (cast)	Ne obrađuju se termički Non heat treatable Obrađuju se termički Heat treatable		30.21	100			300-480-700 985 1575 2300			140 225-320 460 740 1040		
			30.22	130			160-250-380 525 820 1250			85 130-190 280 425 675		
Ostali materijali Other materials	Tvrdi guma Hard rubber Ebonitsko vlakno Fibre Tvrdi sintetički mat Hard plastics		40				230-350 755 1150			115 230 325 525		
			45				115-230 375 755 230-460 755 1510			85 170 280 560 175 350 425 850		

Tabela 12. – preporuke režima rezanja (PP – CORUN)


Materijal predmeta obrade 		CMC No.	Tvrdoća u Brinelima HB Brinell Hardness HB	PGP 135	PGP 015	PIP	P4	P6	PGP 1025	P2	
				Posmak mm/o Feed mm/rev							
				2,0- 0,4- 0,2	1,2- 0,4- 0,2	0,7- 0,3- 0,1	2,0- 0,4- 0,2	2,5- 1,0- 0,4	1,2- 0,4- 0,2	1,2- 0,2- 0,15	
				Brzina rezanja Cutting speed m/min							
Nelegirani Ugljenični čelik Non alloy carbon steel	C=0,15%	01,1	125	95-220-280	180-310-385	200-290-410	80-190-250	45-95-160	160-300-400	130-260-330	
	C=0,35%	01,2	150	75-170-220	285-350-410	240-350-410	150-200-250	40-75-125	140-245-330	100-210-270	
	C=0,70%	01,3	180-250	60-135-175	130-245-300	130-190-280	45-115-160	30-55-95	110-190-260	80-160-210	
Legirani čelik Alloy steel	Žaren Annealed	02,1	125-200	60-135-175	150-250-310	130-190-280	50-120-160	35-60-95	110-190-260	80-160-210	
	Oplemenjen Hardened and tempered	02,2	200-275	50-110-140	110-195-265	105-150-220	40-95-125	30-50-75	85-155-210	65-130-170	
		02,2	220-325	40-90-115	40-90-115	90-155-210	85-120-175	30-70-100	20-40-60	70-125-170	50-100-130
		02,2	325-450	30-70-90	30-70-90	70-125-170	65-95-140	25-60-80	15-30-50	50-100-135	40-80-105
		05,1	150-270	170-210	140-220-250	200-280-225	95-165-200	65-90-115	125-230-230	120-190-225	
Nerdajući čelik Žaren Stainless steel Annealed	Martenitski Feritski Martenitic/ferritic	05,2	150-220	135-165	100-165-200	80-125-150	55-80-110	90-150-180	140-175		
	Austenitski Austenitic										
Čelični liv Steel castings	Nelegirani Non-alloy	06,1	150	60-120-150	100-185-260	160-200	55-115-145	40-60-90	80-165-225	80-135-160	
	Nisko legirani Low-alloy	06,2	150-250	45-80-100	75-135-165	115-160	35-75-100	25-40-60	165-225-120	160-55-95	
	Visoko legirani High alloy	06,3	160-250	80-100-95	80-130-160	160-160	30-70-90	20-35-50	160-160	115-90-105	

Tabela 13. : Preporučeni režimi obrade u obradi struganjem


Materijal predmeta obrade 		CMC No.	Tvrdoća u brinelima HB Brinall hardness HB	PGP 015	PGP 1025	KIP	PGP 315	K20 i/and K13 A
				Posmak mm/o Feed mm/rev				
				1,0-0,5-0,2	1,0-0,7-0,2	1,0-0,5-0,2	1,0-0,5-0,3-0,2-0,15	1,2-0,7-0,4-0,3-0,15
				Brzina rezanja Cutting speed m/min				
Čelik velike otpornosti Hard steel	Manganski čelik 12% Manganese steel 12% Kaljeni čelik Hardened steel	06,33 04	200-300 50-658HRC	25-30-40	25-40-70	20-35-55 10-20-35	20-30-40 15-25-35	10-30 samo za K 20 10-20
Legure otporne na toplotu Heat-resistant alloys	Sadrži gvožđe Iron base Sadrži nikal ili kobalt Nickel or cobalt base	Žaren Anealed Otvrdnut Aged	20,11 20,12 20,21 20,31 20,22 20,32 20,24 20,33 200 280 250 350 320				60-75 35-50 25-35 15-25	50-60-75 25-35-50 15-20-30 10-15-25 8-10-15
Temperovani liv Malleable iron	Feritski Ferritic Perlitski Pearlitic	07,1 07,2	110-150-150-270	150-215-275-875-110-165	120-140-235-60-950150	90-140-200-50-95-115	130-165-200	60-90-110
Niskolegirani sivi liv	Cast-iron, low tensile	08,1	150-220	120-205-330		90-150-225	90-150-220	65-90-105
Sivi i legirani liv velike otpornosti	Cast-iron, high tensile	08,2	200-330	85-150-243		65-110-175	70-115-160	45-65-75
Kuglični grafitni liv Nodular SG iron	Feritski Ferritic Perlitski Pearlitic	09,1 09,2	125-230 200-300	85-135-185-80-120-165	80-110-155-65-90-130	65-110-175-55-95-160	85-135-180 65-110-140	

Tabela 13 : Preporučeni režimi obrade u obradi struganjem – nastavak

Kokilni tvrdi liv Chilled cast iron		10	400 600			12-20 10-15	9-15-25 10-15	
Elektrolitski bakar	Electrolytic copper		50-85			250-350-475	225-320-450	150-210-280
Bronza/mesing legure Bronze-Brass alloys	Olovne legure Lead alloys					350-420-500	305-375-470	220-280-335
	Mesing, crveni liv Brass, red brass	33,1 33,2 33,3	80-150 60-110 85-110			250-300-360	220-270-335	160-200-240
	Fosforna bronza Phosphor-bronze					150-210-275	130-180-250	100-130-165
Aluminijumske legure Aluminium alloys	Ne obrađuju se termički Non heat treatable	30,11 30,12	30-80 80-120			1300-1700-2200 350-480-650		800-1000-1300 200-270-350
	Obrađuju se termički Heat treatable							
Aluminijumske legure(liv) Aluminium alloys (cast)	Ne obrađuju se termički Non heat treatable	30,21 30,22	100 130			300-480-700 160-250-380		140-225-320 85-130-190
	Obrađuju se termički Heat treatable							
Ostali materijali Other materials	Tvrda guma Hard rubber							
	Ebonitsko vlakno Fibre	40 -				230-350 115-230 230-460		115-230 85-170 175-350
	Tvrdi sintetički materijal Hard plastic	45						

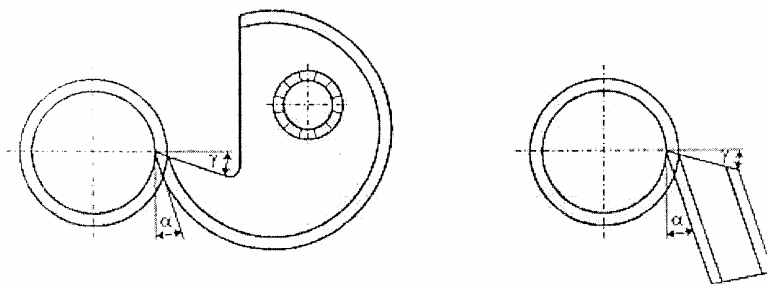
Tabela 13. : Preporučeni režimi obrade u obradi struganjem – nastavak

PROFILNI STRUGARSKI NOŽEVI

Profilni strugarski noževi koriste se uglavnom za obradu delova koji imaju složeni oblik. Najviše se primenjuju u serijskoj i masovnoj proizvodnji. Sečivo (glavna rezna ivica) je složene konfiguracije i odgovara konturi predmeta obrade. Obrada se izvodi jednostavnim primicanjem noža predmetu obrade. Jednostavnost upotrebe ovih noževa sastoji se u jednostavnom brušenju, naime, brusi se gornja strana noža (grudna površina) tako da nož brušenjem ne menja svoj oblik.

Prema obliku razlikuju se (slika 1.):

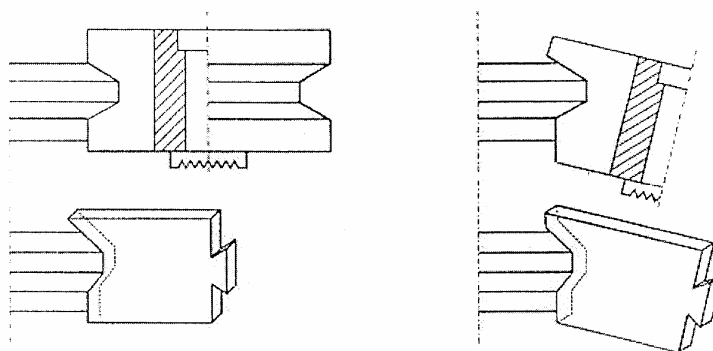
- kružni i
- prizmatični profilni noževi.



Slika 1. – Kružni i prizmatični profilni nož

Prema položaju ose noža (slika 2.), profilni noževi se dele na noževe sa:

- paralelnom osom i
- nagnutom osom.

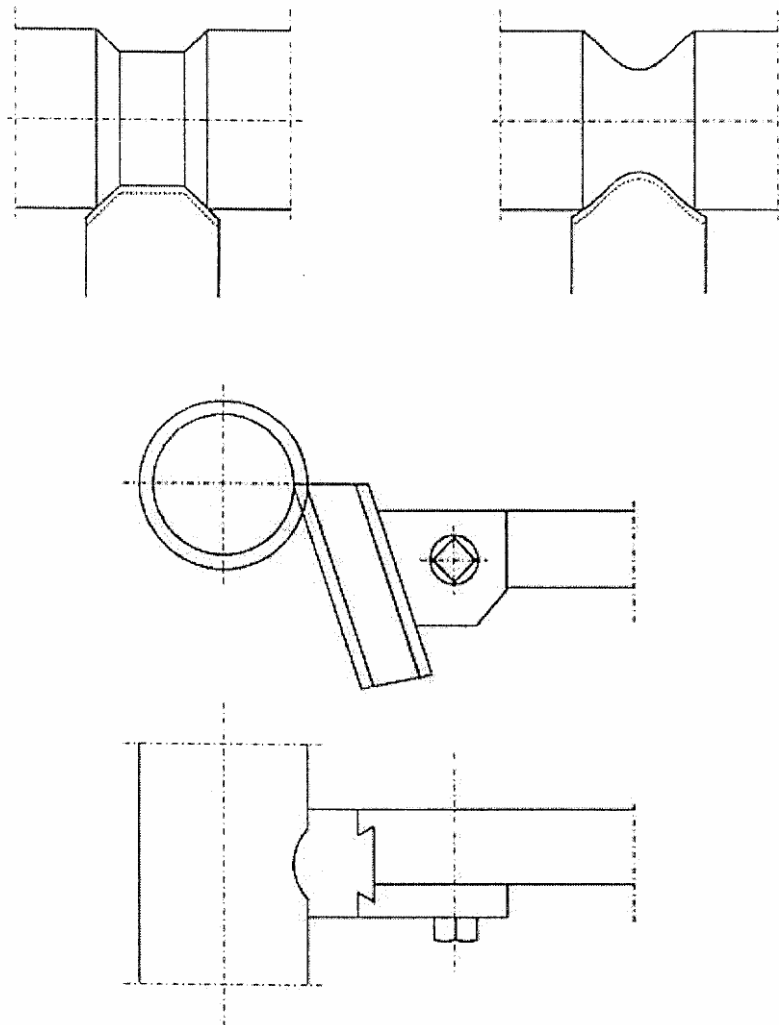


Slika 2. – Profilni noževi sa paralelnom i nagnutom osom

Prema položaju sečiva prizmatični noževi se dele na:

- radijalne i
- tangencijalne.

Na slici 3. prikazani su neki primeri radijalnih i tangencijalnih noževa.



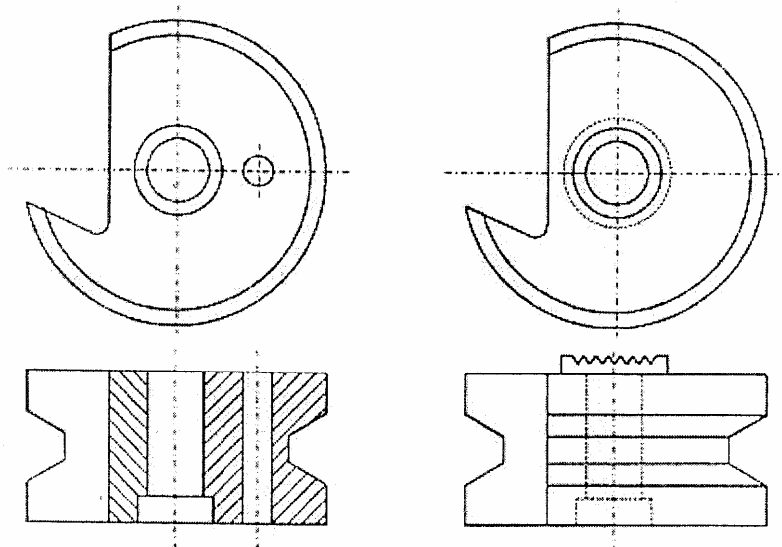
Slika 3. – Radijalni i tangencijalni profilni nož

Kružni profilni noževi se primenjuju za spoljašnju i unutrašnju obradu a prizmatični samo za spoljašnju obradu.

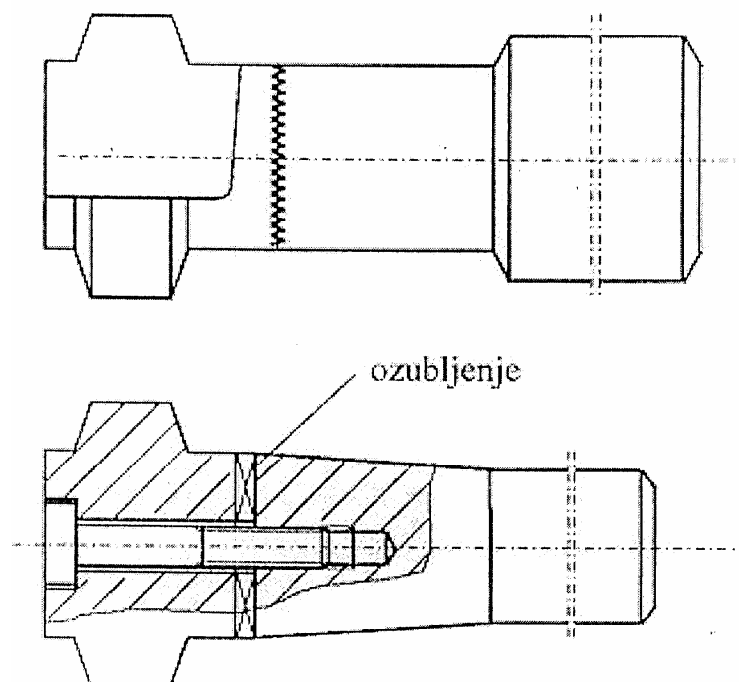
Profilni noževi se učvršćuju u posebne držace koji se postavljaju u nosač alata tako da tačka sečiva najbliža osi predmeta obrade bude u osi predmeta obrade. Kružni noževi se postavljaju preko centralnog otvora a prizmatični preko ispusta u vidu lastinog repa.

Kružni noževi za spoljašnju obradu vezuju se preko centralnog otvora a fiksiraju preko jednog ili više otvora na telu noža zavrtnjevima ili ozubljenjem čeone površine (slika 4.).

Kružni noževi za unutrašnju obradu izvode se najčešće sa drškom, tupo zavarenom kod noževa manjeg prečnika ili vezanom pomoću vijaka preko ozubljene čeone površine kod noževa većeg prečnika (slika 5.).



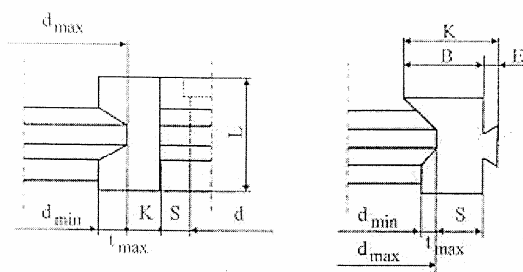
Slika 4. – Način pričvrščivanja kružnih noževa za spoljašnju obradu



Slika 5. - Način pričvrščivanja kružnih noževa za unutrašnju obradu

OSNOVNI KONSTRUKTIVNI ELEMENTI PROFILNIH NOŽEVA

Konstruktivni elementi profilnih noževa usvajaju se iz tabela u zavisnosti od maksimalne dubine profila (slika 6.).



Slika 6. – Kružni i prizmatični profilni noževi

$$t_{\max} = 0.5(d_{\max} - d_{\min})$$

Maksimalni prečnik kružnih noževa za spoljašnju obradu računa se po obrascu: $D_{\max} = 2(t_{\max} + K + S) + d$,
gde su:

$K = 3 - 12$ mm - dubina oštrenja noža $S = 5 - 8$ mm

- debljina zida noža

$d = 13 - 30$ mm - prečnik centralnog otvora

Maksimalni prečnik kružnih noževa za unutrašnju obradu je:

$$D_{\max} = 0.75d_{\min}$$

gde je:

d_{\min} - minimalni prečnik profila otvora (minimalni unutrašnji prečnik) koji se obradjuje.

Debljina prizmatičnog profilnog noža iznosi: $K = t_{\max} + S + E$

gde su:

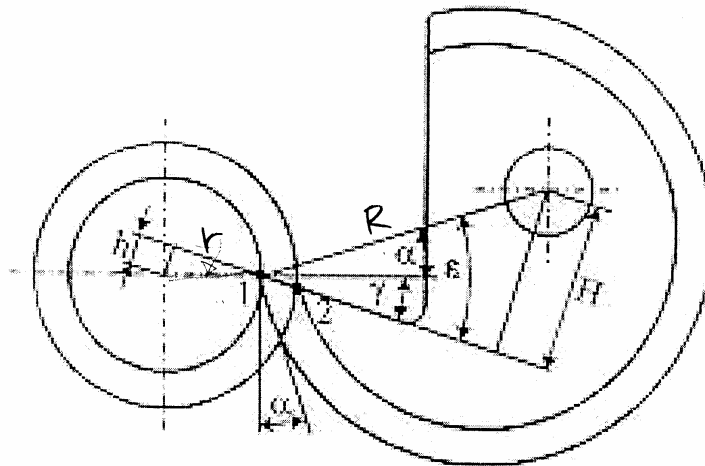
$S = (0.25 - 0.5)K$ - debljina tela noža i

E - visina ispusta za stezanje noža.

Dužina profilnih noževa je najčešće 75 - 100 mm.

KOREKCIJA PROFILA PROFILNIH NOŽEVA

Postojanje grudnog i lednog ugla reznog klina i položaj ose alata u odnosu na predmet obrade (slika 7.) ukazuju na to da su profil alata i predmeta obrade u radijalnom pravcu slični, ali nemaju istu dubinu.



Slika 7.

Sa slike se mogu uočiti veličine koje definišu položaj grudne površine reznog klina profilnih noževa u odnosu na osu predmeta obrade i noža:

$$h = r \sin \gamma$$

$$H = R \sin \epsilon, \text{ gde je } \epsilon = \alpha + \gamma$$

Uglovi α i γ biraju se u zavisnosti od materijala predmeta obrade i kreću se u granicama:

$$\gamma = 0 - 30^\circ$$

$$\alpha = 8 - 12^\circ$$

U tabeli 1. prikazane su preporučene vrednosti grudnog i lednog ugla za različite materijale predmeta obrade.

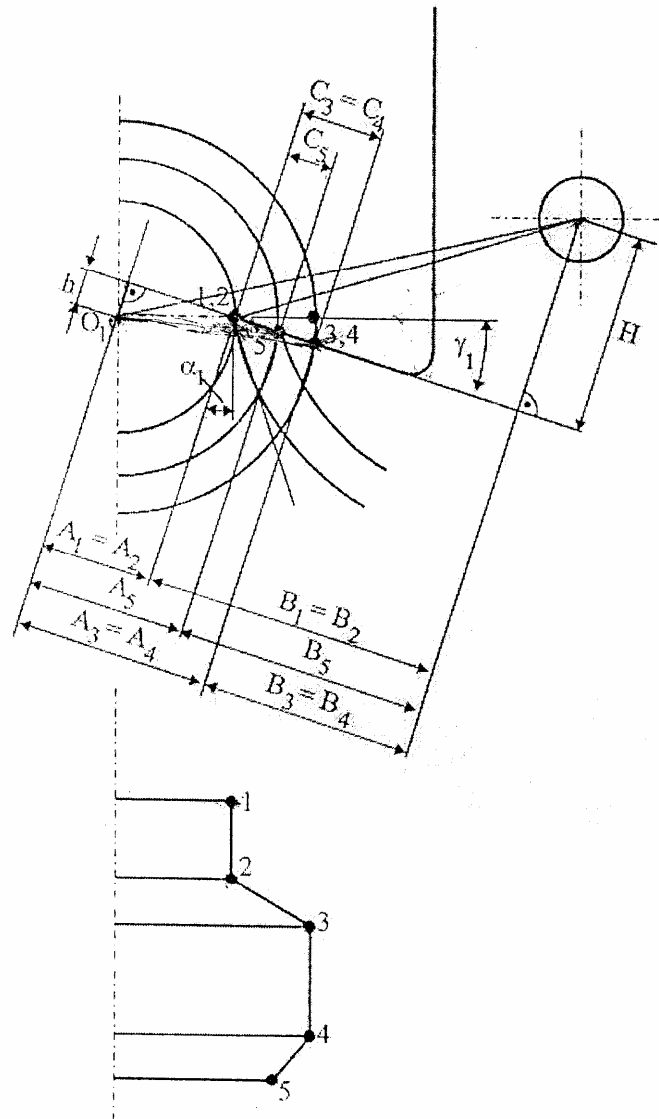
Materijal predmeta obrade	Grudni ugao, γ°	Leđni ugao, α°
AlCu-legure	25-30	8-12
Čelik čvrstoće 34-50 daN/mm ²	20	8-12
Čelik čvrstoće 50-60 daN/mm ²	15	8-12
Čelik čvrstoće 60-70 daN/mm ²	10	8-12
SL 14, SL 18	10	8-12
Čelik čvrstoće 65-75 daN/mm ²	5	8-12
Čelik čvrstoće 80-90 daN/mm ²	5	8-12
SL 22	0	8-12
SL 30, bronza i mesing	0	8-12

Tabela 1.

Sve ovo zahteva korekciju profila noža polazeći od profila predmeta obrade. Zadatak korekcije je određivanje dubine profila u karakterističnim tačkama profila, odnosno, određivanje vrednosti prečnika karakterističnih tačaka profila (R_i) kod kružnih profilnih noževa ili određivanje dubine profila kod prizmatičnih profilnih noževa. Pri proračunu ovih veličina proračun se vrši na najmanje tri decimale, a rezultati se zaokružuju na dve decimale.

KOREKCIJA PROFILA KRUŽNIH NOŽEVA

Kod kružnih profilnih noževa izračunavanje prečnika noža u karakterističnim tačkama profila (R_i) se ostvaruje posredstvom proračuna rastojanja karakterističnih tačaka profila predmeta obrade (A_i) i dubine profila predmeta obrade (C_i) duž grudne površine, kao i rastojanja karakterističnih tačaka profila od prave normalne na grudnu površinu povučenu iz ose noža (B_i), polazeći od utvrđenog maksimalnog prečnika D (slika 8.).

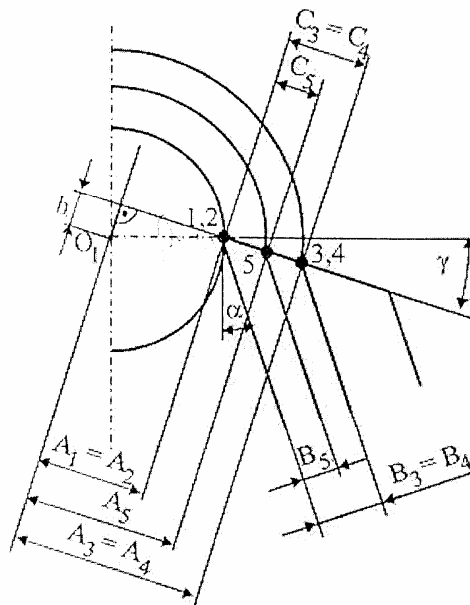


Slika 8.

$$\begin{aligned}
h &= r_1 \sin \gamma_1 = r \sin \gamma \\
A_1 &= A_2 = r_1 \cos \gamma = r \cos \gamma \\
\sin \gamma_3 &= h / r_3 \\
A_3 &= A_4 = r_3 \cos \gamma_3 \\
C_3 &= A_3 - A_1 \\
\sin \gamma_5 &= h / r_5 \\
A_5 &= r_5 \cos \gamma_5 \\
C_5 &= A_5 - A_1 \\
\varepsilon &= \alpha + \gamma \\
H &= R \sin \varepsilon_1 = R \sin \varepsilon \\
R &= D / 2 \\
B_1 &= R_1 \cos \varepsilon_1 \\
B_3 &= B_4 = B_1 - C_3 \\
\operatorname{tg} \varepsilon_3 &= H / B_3 \quad \Rightarrow \quad R_3 = R_4 = H / \sin \varepsilon_3 = B_3 / \cos \varepsilon_3 \\
B_4 &= B_1 - C_5 \\
\operatorname{tg} \varepsilon_5 &= H / B_5 \\
R_5 &= H / \sin \varepsilon_5 = B_5 / \cos \varepsilon_5
\end{aligned}$$

KOREKCIJA PROFILA PRIZMATIČNIH NOŽEVA

Kod prizmatičnih profilnih noževa izračunavanje dubine profila u karakterističnim tačkama profila (B_i) se ostvaruje posredstvom proračuna rastojanja karakterističnih tačaka profila predmeta obrade (A_i) i dubine profila predmeta obrade (C_i) duž grudne površine (slika 9.).

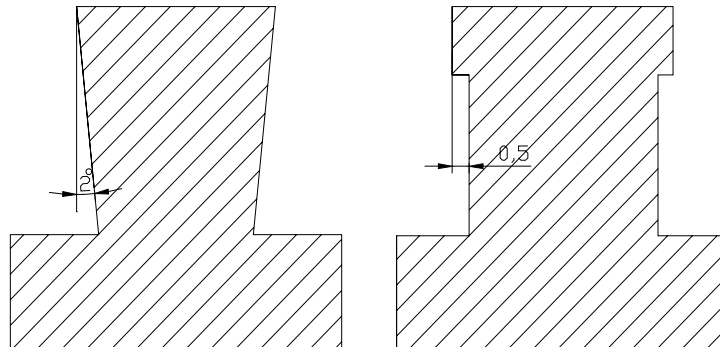


Slika 9.

$$\begin{aligned}
h &= r \sin \gamma \\
A_1 &= A_2 = r \cos \gamma \\
\sin \gamma_3 &= h / r_3 \\
A_3 &= A_4 = r_3 \cos \gamma_3 \\
C_3 &= A_3 - A_1 \\
\sin \gamma_5 &= h / r_5 \\
A_5 &= r_5 \cos \gamma_5 \\
C_5 &= A_5 - A_1 \\
\varepsilon &= \alpha + \gamma \\
B_3 &= B_4 = C_3 \cos \varepsilon
\end{aligned}$$

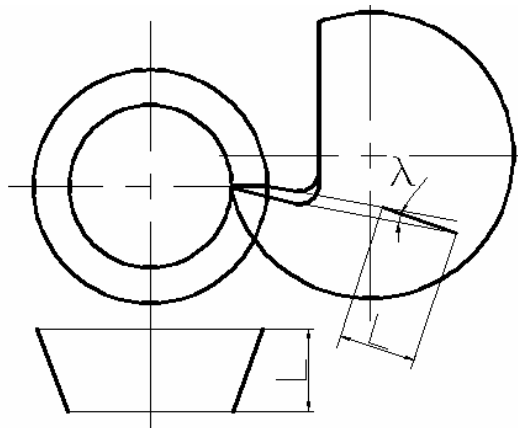
$$B_5 = C_5 \cos \varepsilon$$

Kada je profil noža normalan na osu predmeta obrade onda on ima ledni ugao jednak nuli. U tim slučajevima profil noža na tim površinama izrađuje se prema šemi prikazanoj na slici 10.



Slika 10. Oblik profila noža normalnog na osu predmeta obrade

Na slici 11. prikazan je profilni strugarski nož sa uglom nagiba grudne površine.



Slika 11. – Profilni nož sa uglom nagiba grudne površine

Strugarski noževi sa uglom nagiba grudne površine primenjuju se u slučajevima kada je potrebno što preciznije obraditi deo profila koji sadrži koničnu površinu. U Tom slučaju vrednos ugla nagiba grudne površine ne može se proizvoljno izabrati, već se on proračunava po obrascu:

$$\operatorname{tg} \lambda = (r_s - r_u) \cdot \sin \gamma / L, \text{ gde je:}$$

$(r_s - r_u)$ - razlika poluprečnika krajnjih tačaka konične površine.

Pored navedenih konstrukcija postoje i konstrukcije profilnik noževa sa zavojnim lednim površinama, obično sa uglom zavojnice do 10° . Izrađuju se u slučajevima kada je više površina na profilu predmeta obrade upravno na njegovu osu. Konstrukcije i proračun ovih noževa mogu se naći u odgovarajućoj literaturi.

NASLAGA PRI PROFILNOM STRUGANJU

Pri profilnom struganju moguća je pojava naslage, posebno pri obradi profilnim noževima od brzoreznog čelika. Naslaga dostiže svoje maksimalne vrednosti pri temperaturi od oko 300° C , a zatim se pri daljem

povećanju temperatura postepeno smanjuje. Ustaljeno obrazovanje naslage pri profilnom struganju odgovara zoni brzina rezanja od 30- 70 m/min, nezavisno od materijala alata. Treba napomenuti da na veličinu naslage veoma utiče i veličina koraka-brzine pomoćnog kretanja. Pri obradi sa profilnim noževima od tvrdog metala, pri povećanim brzinama rezanja, nema pojave naslage.

HABANJE PROFILNIH NOŽEVA

Proces profilnog struganja u većini slučajeva obavlja se pri malim debljinama strugotine. U tim uslovima izraženo je trenje i habanje ledne površine, tako da je postojanost ovih alata ograničena maksimalnom širinom pojasa habanja na lednoj površini. Zbog različitih preseka strugotine na određenim deonicama profila, i u principu različite geometrije alata na tim deonicama, habanje nije ustaljeno (ravnomerno) već su izraženi određene oblasti (pikovi) koncentrisanog habanja, uglavnom na prelazima sečiva.

GREŠKE OBRADNE PRI STRUGANJU PROFILNIM NOŽEVIMA

Profilni noževi najčešće su obrađeni tako da su im u radijalnom preseku profili sastavljeni od pravih linija, a ako se brušenje profila vrši na specijalnim brusilicama onda se mogu dati i proizvoljni profili. U prvom slučaju profilni noževi su sastavljeni od konusnih i cilindričnih površina. Pri obrazovanju grudne površine sečiva sečemo te konuse i cilindrične površine sa ravni ne kroz osu konusa već sa ravni paralelnoj ili nagnutoj u odnosu na osu konusa. U tom slučaju stvarno sečivo će biti sastavljeno od konveksnih delova koji predstavljaju krive II reda. To sečivo će dati konkavni presek obrađene površine, tako da razlika u kotama može preći i veličinu dozvoljenog odstupanja.

Najveća tačnost, pri potpunom odsustvu konkavnosti obrazovane konične površine postiže se primenom prizmatičnih profilnih noževa čije je sečivo u baznom položaju na visini centra predmeta obrade. U praksi je moguće postići određenu tačnost i sa prizmatičnim profilnim nožem kod koga je samo jedna tačka rezuće ivice postavljena na visini centra predmeta obrade. Treba napomenuti da u opštem slučaju ledni ugao ne utiče na veličinu konkavnosti.

Najveća greška obrade dobija se pri obradi sa okruglim profilnim noževima postavljenim tako da im je jedna tačka rezne ivice u visini centra predmeta obrade. To znači da najnetočniju obradu daju okrugli profilni nožev kod kojih je grudni ugao veći od nule a ugao nagiba sečiva jednak nuli. Posle njih, sa aspekta grešaka dolaze okrugli profilni noževi sa grudnim uglom većim od nule i uglom nagiba sečiva većim od nule, dok su

prizmatični noževi sa $\gamma > 0$ i $\lambda = 0$ tačniji.

Najtačnija obrada dobija se prizmatičnim noževima sa $\gamma \geq 0$ i $\lambda > 0$.

Kod tangencijalnih profilnih noževa najčešće se primenjuje grudna površina opšteg položaja koja obezbeđuje postepenu obradu raznih tačaka profila, a to veoma smanjuje otpore rezanja. Ako je profil prethodno formiran radijalnim profilnim nožem, a tangencijalni profilni nož se koristi kao završni onda njegova grudna površina treba da bude paralelna osi predmeta obrade.

Posebnu pažnju treba posvetiti pričvršćivanju profilnih noževa u nosače u cilju postizanja što veće stabilnosti (točkici i sl.).

XI

Alati u obradi glodanjem

IX. ALATI ZA OBRADU OTVORA

ZAVOJNE BURGJE

Zavojna burgija je osnovni alat za obradu otvora. U praksi se sreće naziv spiralna burgija. Pravilan naziv je zavojna burgija iz razloga što ima zavojne kanale za odvodjenje strugotine a ne spiralne jer spirala nije prostorna linija. Obrada bušenjem se izvodi na bušilicama, strugovima, revolver strugovima i automatima. Bušenje burgijom može da se izvede kao bušenje otvora i proširivanje otvora. Na bušilicama burgija izvodi dva kretanja i to: glavno kretanje (obrtnje oko svoje ose) i pomoćno pravolinijsko kretanje odnosno pomeranje u vrednosti koraka po obrtaju. Na strugovima burgija izvodi pomoćno pravolinijsko kretanje dok predmet obrade izvodi glavno obrtno kretanje. Zavojna burgija se u toku procesa rezanja nalazi u znatno nepovoljnijim uslovima u odnosu na strgarske noževe i druge rezne alate.

PODELA BURGIIA

Moguća je sledeća podela burgija:

- prema dubini otvora koji se buši
- prema vrsti alatnog materijala i
- prema postupku izrade.

Prema dubini otvora koji se buši razlikuju se burgije za bušenje otvora malih dubina i burgije za duboko bušenje ($L/d \geq 3$).

Prema vrsti alatnog materijala razlikuju se burgije od brzoreznog čelika i burgije sa pločicama od tvrdog metala. Postoje i burgije sa dijamantskim vrhom (obrada stakla i slično).

Prema postupku izrade razlikuju se valjane, glodane i brušene burgije.

U specijalne burgije spadaju zavojne burgije sa kanalima za odvodjenje SHP, produžene zavojne burgije i burgije za duboko bušenje.

STANDARDIZACIJA BURGIIA

- zavojne burgije od brzoreznog čelika standardizovane su nacionalnim starim standardom JUS K.D3.010,
- predmet standarda obuhvata uslove za izradu burgija od brzoreznog čelika

Standardom je propisano:

- smanjenje prečnika burgije ($\delta D = 0,02-0,08 \text{ mm}/100\text{mm}$),
- dozvoljena odstupanja i tolerancije, veličina ojačanja jezgra burgije,
- materijali burgije
 - brzorezni čelik legiran sa vanadijumom HSS (Č6880, Č6882, Č7680, Č7880) i
 - brzorezni čelik legiran sa kobaltom HSS-E (Č6980, Č6981, Č9681, ...)
- tvrdoća burgije i tvrdoća drške,

- kvalitet obrade burgije,
- debljina jezgra burgije
- širina ruba burgije
- korak zavojnice
- odstupanje od kružnosti
- dozvoljene razlike u visini sečiva

Označavanje burgije u dokumentaciji:

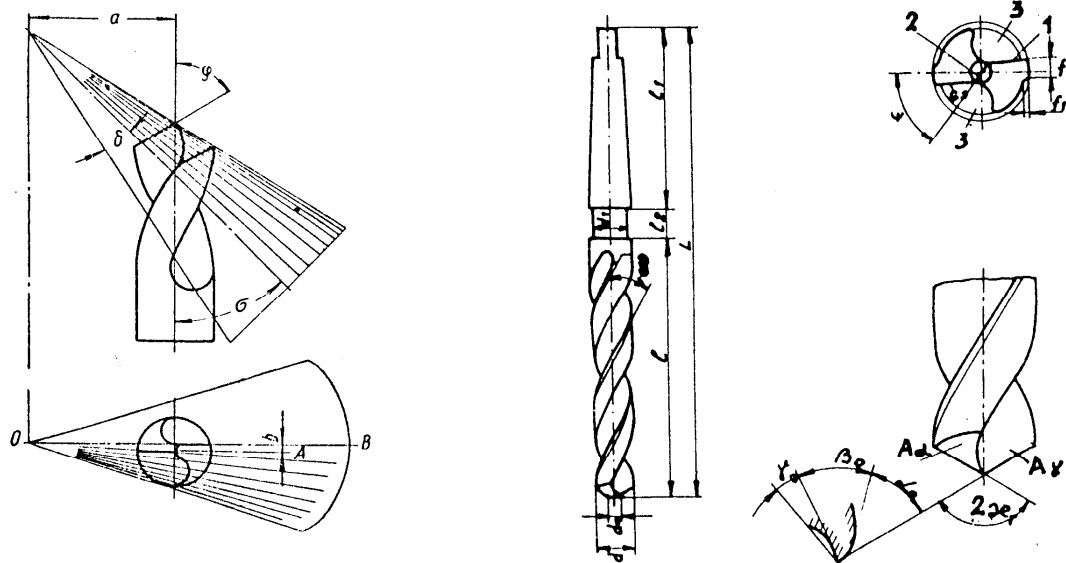
Burgija JUS K.D3.045 – 10x250-HSS

STANDARDNE VRSTE BURGIJA

- burgije sa valjkastom drškom (vrlo kratke) – JUS K.D3.019
- burgije sa valjkastom drškom (kratke) – JUS K.D3.020
- burgije sa morze koničnom drškom – JUS K.D3.022
- burgije sa morze koničnom ojačanom drškom – JUS K.D3.023
- burgije sa morze koničnom drškom (duge) za bušenje kroz vodjicu – JUS K.D3.024
- burgije sa valjkastom drškom i pločicom od tvrdog metala za obradu metala – JUS K.D3.044
- burgije sa morze koničnom drškom drškom i pločicom od tvrdog metala za obradu metala – JUS K.D3.041
- burgije sa valjkastom drškom i pločicom od tvrdog metala za obradu plastičnih masa – JUS K.D3.042
- burgije sa valjkastom drškom i pločicom od tvrdog metala za obradu kamena – JUS K.D3.043
- burgije sa valjkastom drškom vrlo duge – JUS K.D3.046
- stepenaste burgije sa valjkastom drškom za prolazne rupe i upuste za vijke sa upuštenom glavom – JUS K.D3.047
- stepenaste burgije sa morze koničnom drškom za prolazne rupe i upuste za vijke sa upuštenom glavom – JUS K.D3.048
- stepenaste burgije sa valjkastom drškom za prolazne rupe i upuste za vijke sa cilindričnom glavom – JUS K.D3.051
- stepenaste burgije sa valjkastom drškom za prethodne rupe za urezivanje navoja i upuste za ulaz navoja – JUS K.D3.052
- stepenaste burgije sa morze koničnom drškom za prethodne rupe za urezivanje navoja i upuste za ulaz navoja – JUS K.D3.053
- zabušivači za središna gnezda (60°) bez zaštitnog proširenja – JUS K.D3.061
- zabušivači za središna gnezda (60°) sa zaštitnim proširenjem – JUS K.D3.062
- dvostrani upuštači za zaštićena središna gnezda (60° i 90°) – JUS K.D3.063

GEOMETRIJA ZAVOJNE BURGIJE

Zavojna burgija ima oblik cilindričnog štapa koji po obimu ima dva zavojna kanala u obliku zavojnice koji na čelu burgije čine sečiva. Sečiva nastaju kao presek dvaju konusa i zavojnih kanala (slika 1.)



Slika 1. – Geometrijski parametri zavojne burgije

Veličine uglova δ i σ i rastojanja a i b mogu imati različite vrednosti u zavisnosti od modela mašine na kojoj se izrađuje burgija i parametara burgije. Najčešće vrednosti ovih parametara su:

$\delta = (13^\circ - 15^\circ)$, $\sigma = 45^\circ$, $a = (1.8 - 1.9)d$, $b = (0.07 - 0.05)d$, gde je d - prečnik burgije.

Uglovi α_0 i γ_0 su promenljivi duž glavnog sečiva.

$$\operatorname{tg} \gamma_0 = \frac{(1 - \sin \mu_x \cdot \sin^2 \varphi) \cdot \operatorname{tg} \omega_x}{\sin \varphi \cdot \cos \mu_x} - \cos \varphi \cdot \operatorname{tg} \mu_x$$

$\sin \mu_x = \frac{a_x}{r_x}$, gde je a_x - poluprečnik jezgra burgije, r_x - rastojanje od centra burgije do posmatrane tačke na sečivu.

$\operatorname{tg} \omega_x = \frac{r_x}{R}$, gde je R - poluprečnik burgije.

IZBOR DUŽINE I PREČNIKA BURGIJE

Dužina burgije najčešće se izračunava preko obrasca:

$L = l_b + 3d$, gde je:

l_b - dubina bušenja i

d - prečnik burgije

Za burgije prečnika manjeg od 1mm dužina veća od (10d-12d) nije racionalna
 Pri izboru burgije treba voditi računa o sledećem:

- pri bušenju se dobija otvor većeg prečnika od prečnika burgije
- bušenjem zavojnom burgijom ne može se ostvariti kvalitetna obradjena površina i tačnost mera
- za bušenje kroz vodjicu treba birati standardom propisane burgije
- tip drške burgije treba birati u zavisnosti od načina stezanja

Pri obradi bušenjem, proširivanjem i razvrtanjem, zbog brze zamene alata, usvajaju se burgije sa morze koničnom drškom.

IZBOR MATERIJALA BURGIJE

Izbor materijala burgije (HSS ili HSS-E) vrši se u zavisnosti od karakteristika (uglavnom mehaničkih) predmeta obrade.

IZBOR UGLA I VRHA BURGIJE

Veličina ugla vrha burgije 2ϕ vrši važan uticaj na veličinu grudnog i ledjnog ugla burgije, na otpornost njenog jezgra i na veličinu otpora rezanja pri bušenju. Ako je veći ugao vrha, profil burgije je otporniji. Zato se usvaja veći ugao vrha pri obradi tvrdih materijala. Kod standardnih burgija za obradu čelika uglavnom se usvaja ugao vrha (116° - 118°). Sa povećanjem ugla vrha burgije povećava se i otpor rezanja a sa tim u vezi i naprezanje burgije na uvijanje i izvijanje. Zato kod burgija manjeg prečnika ugao vrha treba da bude manji. Kod burgija prečnika do 1mm preporučena vrednost ugla vrha iznosi 112° . Rpreporučene vrednosti ovog ugla mogu se usvojiti u zavisnosti od materijala predmeta obrade iz tabele 1.

Tabela 1.

Materijal predmeta obrade	ugao 2ϕ	ugao ω
čelik Rm do 500 MPa	116	35
čelik Rm = (500-700)MPa	116-118	30
čelik Rm = (700-1000)MPa	120	25
čelik Rm = (1000-1400)MPa	125	20
nerdjajući čelik	120	25
liveno gvoždje	116-120	25-30
bakar	125	34-45
tvrda bronza i mesing	135	15-20
lepljivi mesing i bakarni liv	130	25-30
aluminijumski limovi	140	45
čist aluminijum i Al legure	130-140	35-45

Ugao zavojnih žljebova ω određuje veličinu grudnog ugla γ . Sa povećanjem ω povećava se i γ , poboljšavaju se uslovi rezanja, smanjuje se moment uvijanja i otpori rezanja ali se istovremeno smanjuje krutost burgije i trajnost sečiva.

Kod manjih prečnika burgije smanjenje čvrstoće sečiva je srazmerno veće nego kod većih prečnika burgije. Zato se kod burgija manjeg prečnika usvaja ugao ω manji nego kod velikih burgija. Kod burgija namenjenih univerzalnoj primeni ugao ω bira se u zavisnosti od prečnika burgije iz odgovarajućih tabela.

KORAK ZAVOJNIH ŽLJEBOVA

Korak zavojnih žljebova određuje se po obrascu:

$$H = \pi \cdot d \cdot ctg\omega$$

PREČNIK JEZGRA BURGJE

Prečnik jezgra burgije se usvaja u zavisnosti od prečnika burgije iz odgovarajućih tabela i dijagrama.

ŠIRINA RUBA I VISINA ZALEDNA RUBA

Širina ruba i visina zaledja ruba usvaja se iz odgovarajućih tabela i dijagrama.

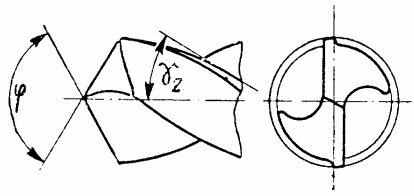
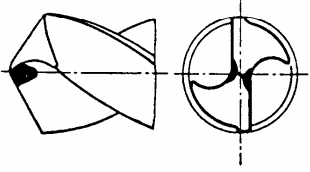
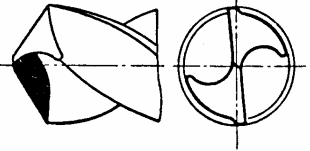
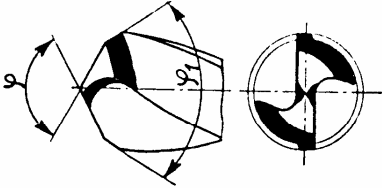
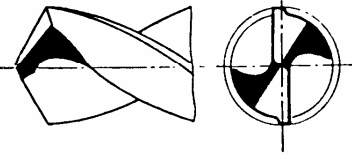
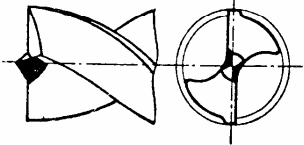
PROFIL GLODALA ZA OBRADU ŽLJEBOVA BURGJE

Profil glodala zavisi od traženog oblika sečiva, potrebnog prečnika jezgra, ugla nagiba žljeba i ugla vrha burgije, od položaja glodala u odnosu na osu burgije, a takodje i od prečnika glodala. Dimenzije profila glodala daju se najčešće tabelarno.

OBLIK VRHA BURGJE

Oblik vrha se usvaja u zavisnosti od njenog nominalnog prečnika kao i od vrste i osobina materijala koji se obradjuje. U tabeli 2. na slikama 1.-6. prikazani su različiti oblici vrha burgije odnosno mogući načini oštrenja zavojnih burgija.

Tabela 2. - Različiti oblici vrha burgije

Vrsta oštrenja	Oblik vrha ¹⁾	Materijal za obradu
Obično ²⁾	 <p>Sl. 1</p>	Svi metalni materijali prečnika do 12 mm
Obično sa odbrusivanjem jezgra	 <p>Sl. 2</p>	Svi metalni materijali prečnika iznad 12 mm
Obično sa ispravljenim glavnim sečivom	 <p>Sl. 3</p>	Svi metalni materijali
Dvojno sa odbrusivanjem jezgra ¹⁾	 <p>Sl. 4</p>	Temperovani liv, čelični liv i liveno gvožđe prečnika iznad 8 mm
Krstasto	 <p>Sl. 5</p>	Čelik zatezne čvrstoće $\sigma_m > 110 \text{ kp/mm}^2$
Ravno sa šiljkom	 <p>Sl. 6</p>	Bakar

Na slici 1. prikazan je standardni oblik vrha burgije. Ovakav način oštrenja burgije primenjuje se kod zavojnih burgija prečnika do 12mm za obradu čelika, čeličnog liva i livenog gvoždja.

Obično oštrenje burgija (slika 2.) primenjuje se pri obradi burgijama prečnika iznad 12mm, različitih metalnih materijala. Ovaj oblik oštrenja preporučuje se za obradu čeličnog liva sa korom, čvrstoće manje od 500 Mpa.

Oštrenje prikazano na slici 3. primenjuje se pri obradi burgijama prečnika iznad 12mm, svih metalnih materijala. Preporučuje se za obradu čelika i čeličnog liva sa skinutom korom, čvrstoće manje od 500 Mpa.

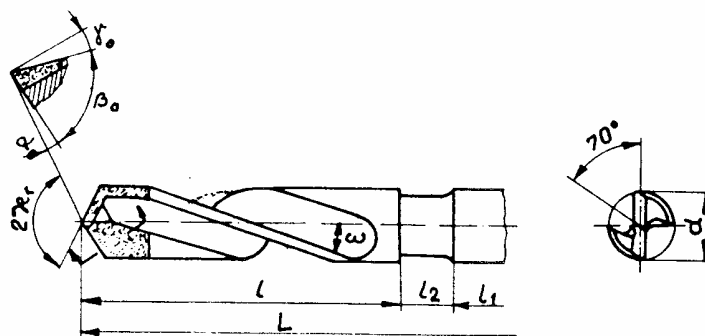
Oštrenje prikazano na slici 4. primenjuje se kod burgija prečnika iznad 8mm pri obradi temperovanog liva, livenog gvoždja i čeličnog liva.

Oštrenje prikazano na slici 5. primenjuje se kod burgija prečnika iznad 12mm pri obradi čelika čvrstoće iznad 1200 Mpa.

Ravno oštrenje burgije, oštrenje burgije sa šiljkom, primenjuje se pri obradi bakra.

ZAVOJNE BURGIIJE SA PLOČICIM OD TVRDOG METALA

Na slici 2. prikazana je zavojna burgija od tvrdog metala, sa označenim osnovnim konstrukcijskim veličinama.



Slika 2. – Zavojna burgija sa pločicom od tvrdog metala

Rezni deo burgije (pločica od tvrdog metala) zalemljen je za telo burgije. Telo burgije i drška izradjuju se od konstruktivnog čelika zatezne čvrstoće približno 700 Mpa.

Burgije sa pločicom od tvrdog metala primenjuju se za obradu metalnih materijala relativno visoke čvrstoće, kamena i drugih nemetalnih materijala.

Izbor geometrijskih parametara burgije, odnosno uglova $\alpha_0, \gamma_0, 2\chi_r$, vrši se u zavisnosti od mehaničkih karakteristika obradivanog materijala. U tabeli 3. date su preporučene vrednosti ovih uglova za najčešće obradjivane materijale.

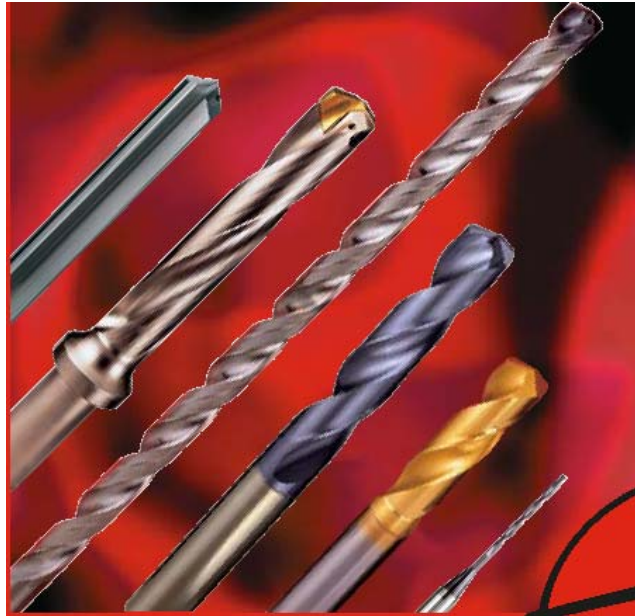
Tabela 3.

Materijal predmeta obrade	α_0	γ_0	$2\chi_r = 2\varphi$
čelik (850-1400)MPa	6	8	115
alatni čelik (1000-1400)MPa	4	3	112
sivi liv do 200 HB	6	0	120
mesing, bronza	8	6	115
legure lakih metala	8	8	120

Konstrukcija burgija sa zalemljenim ili mehanički pričvršćenim pločicama od tvrdog metala je veoma usavršena, tako da se na tržištu mogu naći različiti oblici i preporuke proizvođača. Na slikama 3. i 4. dati su fotografski prikazi savremenih burgija (proizvođač – „TITEX“).



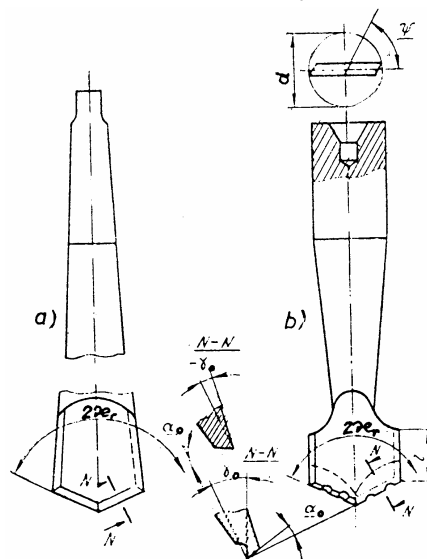
Slika 3. - Fotografski prikaz konstrukcije burgije sa pločicom od tvrdog metala



Slika 4. – Savremeni oblici burgija (proizvođač – „TITEX“)

RAVNA BURGIIJA

Ravna burgija predstavlja najstariji oblik alata za bušenje, koji se čak i danas koristi za bušenje otvora manje dubine u tvrdim i krtnim materijalima kao i za bušenje dubokih otvora većeg prečnika. Jednostavne je konstrukcije a izrađuje se kovanjem ili glodanjem priprema kružnog ili kvadratnog poprečnog preseka. Na slici 5. prikazana je ravna burgija i to konstrukcija sa grudnim uglom $\gamma_0 \leq 0$ (slika 5a.) i sa kanalom pored glavnog sečiva tako da je $\gamma_0 \geq 0$ (slika 5b.). U drugom slučaju sečiva su izvedena sa žljebovima radi sitnjenja strugotine. Veličina ugla vrha burgije ista je kao i kod zavojnih burgija dok se veličina ledjnog ugla kreće u granicama $\alpha_0 = 6-12^\circ$.



Slika 5. – Ravna burgija

BURGIJE ZA BUŠENJE DUBOKIH OTVORA

Izrada dubokih otvora u metalu od prvih pokušaja obrade bušenjem pa do savremenih postupaka visokoproduktivnog bušenja, predstavlja specifičnu oblast obrade metala rezanjem. Kao tehnološki zahtev, najpre se pojavljuje u domenu vojne industrije pri izradi cevi bušenjem. Dugo vremena egzistira u ovoj oblasti, da bi posle drugog svetskog rata našlo primenu i u mašingradnji, auto industriji, brodogradnji, avioindustriji i drugim oblastima.

Dubokim bušenjem se najčešće smatra bušenje otvora kod kojih odnos l/D prelazi neku graničnu vrednost. Na početku se smatralo da je ta granična vrednost $l/d=10$. Danas se smatra da je duboko bušenje svako bušenje gde je $l/d=5$ a po nekim autorima čak i 3. U bilo kom od ovih slučajeva, specifičnost ovog bušenja se ogleda u tome što je uvek prisutan problem odvodjenja strugotine iz zone rezanja, krutost reznog alata, dovodjenje SHP i mnogi drugi problemi.

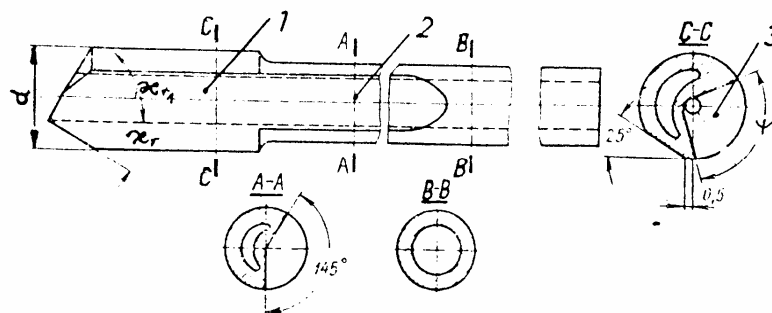
Bušenje dubokih otvora vrši se na više načina i sa različitim alatima, postupcima i režimima, što zavisi od prečnika koji se buši, zahtevane geometrijske tačnosti i kvaliteta obradjene površi kao i od obima proizvodnje i drugih faktora.

Najčešće primenjivani načini bušenja dubokih otvora su:

- bušenje otvora puščanom burgijom
- bušenje otvora topovskom burgijom
- bušenje otvora specijalnom zavojnom burgijom
- bušenje otvora BTA postupkom
- bušenje otvora ejektorskim postupkom.

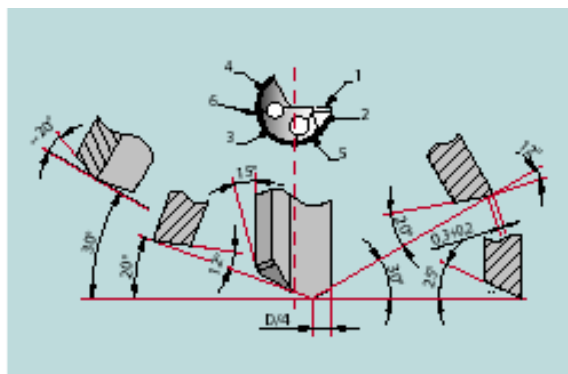
BUŠENJE OTVORA PUŠČANOM BURGIJOM

Puščana burgija se koristi za bušenje otvora do 20mm. Ove burgije mogu biti sa reznim delom od brzoreznog čelika i s apločicom od tvrdog metala pričvršćenom lemljenjem za telo burgije. Na slici 6. prikazana je burgija kod koje je rezni deo -1 spojen za cev kroz koju se dovodi SHP. Odvodjenje strugotine iz zone rezanja vrši se kroz kanal -3. Vrh burgije je pomeren u odnosu na osu za $0,2d$ dok je napadni ugao $\chi_r = 50^\circ$ a $\chi_{r1} = 70^\circ$. Ostali geometrijski parametri se usvajaju u zavisnosti od materijala predmeta obrade i prečnika burgije.

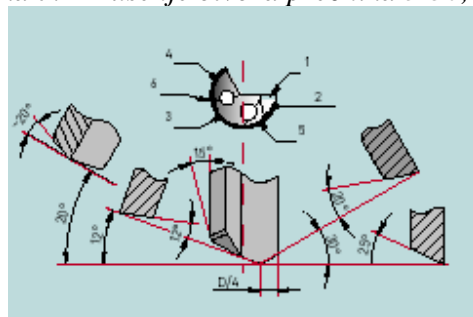


Slika 6. – Puščana burgija

Treba naglasiti da postoje različite konstruktivne izvedbe pušćanih burgija. Na slikama 7. i 8. prikazane su savremene geometrije ovih burgija u zavisnosti od prećnika obraćivanih otvora.

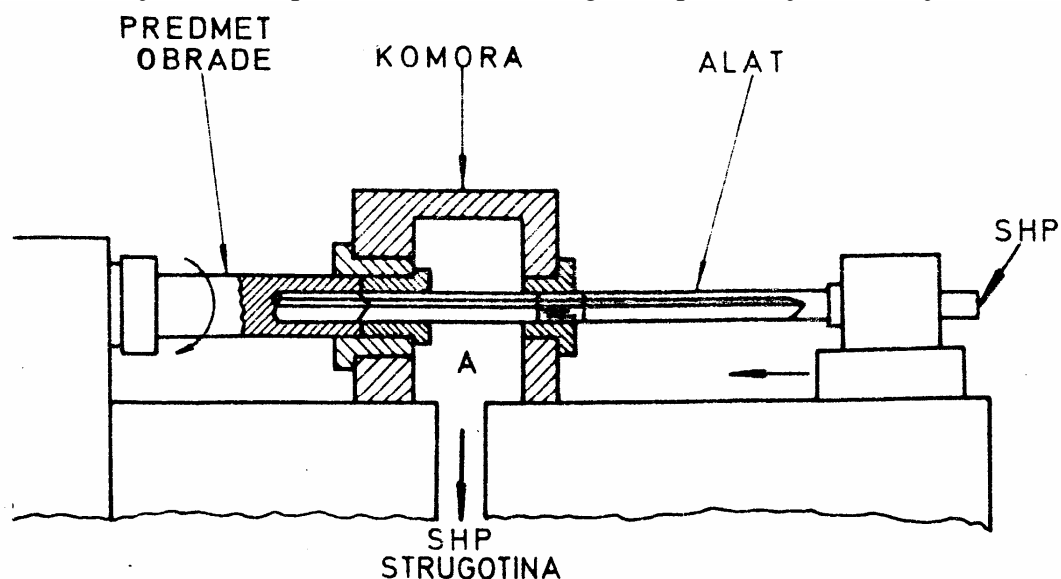


Slika 7. – Bušenje otvora prećnika 5-30, mm



Slika 8. – Bušenje otvora prećnika do 5, mm

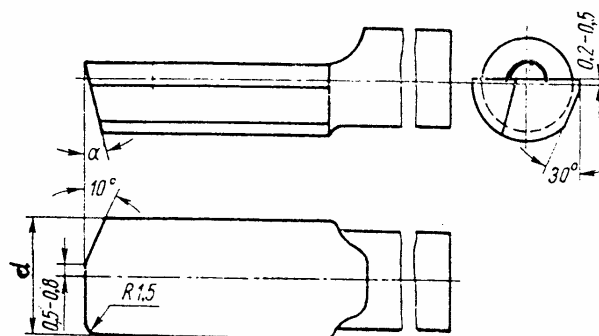
Obrada otvora pušćanom burgijom vrši se na specijalnim mašinama (slika 9.). Predmet obrade izvodi glavno obrtno kretanje a alat pomoćno pravolinijsko kretanje. Postoje mašine kod kojih alat izvodi glavno obrtno kretanje ili i alat i predmet obrade izvode glavno pravolinijsko kretanje.



Slika 9. – Šematski prikaz mašine za obradu dubokim bušenjem

BUŠENJE OTVORA TOPOVSKOM BURGIJOM

Na slici 10. prikazana je topovska burgija prostije konstrukcije. Kod ove burgije glavno sečivo je sa napadnim uglom od 90° i prelazi osu burgije od 0.2-0.5 mm. Rezni deo burgije izradjen je od brzoreznog čelika i vezan je za cev kroz koju se dovodi SHP. U cilju smanjenja trenja, rezni deo burgije je koničan.

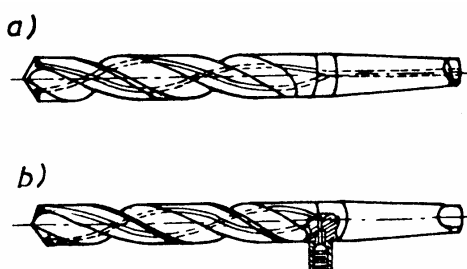


Slika 10. – Šematski prikaz topovske burgije

U primeni je veći broj topovskih burgija složenije konstrukcije sa radnim delom od brzoreznog čelika i pločicom od tvrdog metala, jednosečnih i višesečnih, o čemu se podaci mogu naći u odgovarajućoj literaturi.

BUŠENJE OTVORA SPECIJALNIM ZAVOJNIM BURGIJAMA

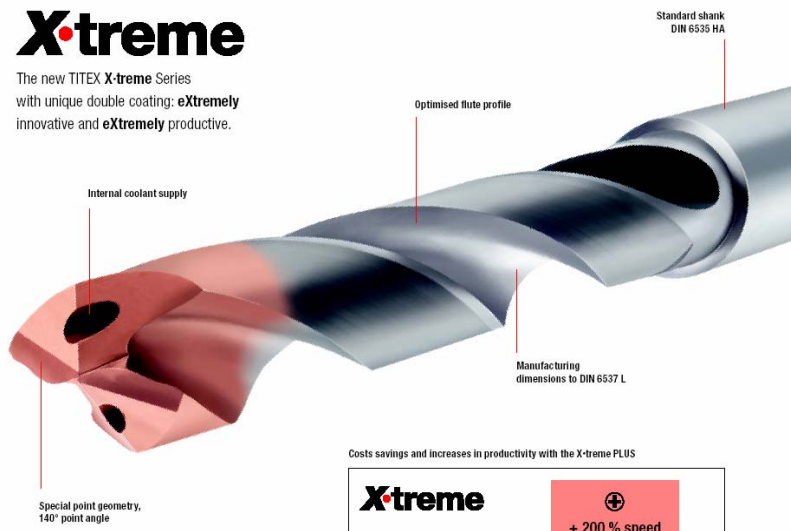
Specijalne zavojne burgije koje se koriste za bušenje dubokih otvora, imaju kanale za dovodjenje SHP u zonu rezanja. Kanali su zavojni i prolaze kroz obe grane burgije od vrha do drške. (slika 11.)



Slika 11. – Specijalna zavojna burgija

SHP se dovodi kroz dršku (slika 7a.) ili sa bočne strane u oblasti vrata burgije (slika 11b.).

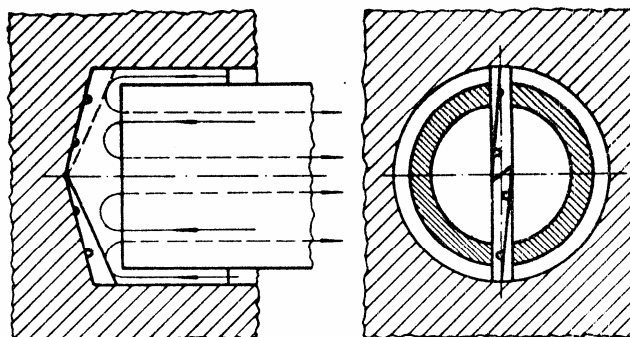
Geometrija ovih burgija je veoma usavršena. Na slici 12. dat je fotografski prikaz ovog tipa burgije gde se veoma jasno može uočiti specijalni oblik oštrenja koji u velikoj meri otklanja negativan uticaj poprečnog sečiva, smanjuje otpor prodiranja i moment rezanja, i uopšte, povećava izlazne efekte obradnog procesa.



Slika 12. – savremena rezna geometrija burgije sa dovodom SHP

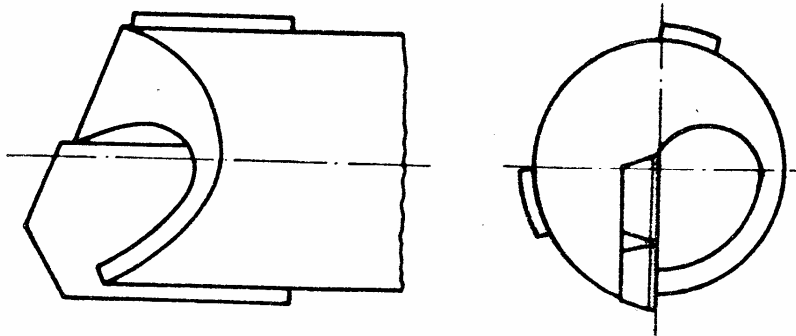
BUŠENJE DUBOKIH OTVORA BTA POSTUPKOM

Bušenje dubokih otvora pomenutim postupcima nije na adekvatan način moglo da reši sve zahteve u smislu produktivnosti, kvaliteta obradjene površi i tačnosti mera. Problemi su uglavnom izraženi kroz nedovoljnu čvrstoću alata pri obradi otvora manjih prečnika i odvodjenje strugotine kod otvora većeg prečnika. Sa tim u vezi postojala su ograničenja parametara režima obrade i pored korišćenja alata sa pločicom od tvrdog metala. Razmišljajući o ovim problemima, Burgsmuller je 1937. god. došao do potpuno nove ideje u pogledu konstrukcije alata. On je zamislio da cirkulaciji SHP i strugotine da suprotan smer. On je predložio da se vrši spoljašnji dovod SHP i unutrašnji odvod strugotine. Telo alata je okrugla cev na čijem čelu je ugrađeno dvostrano sečivo (slika 13.). Kao rashladno sredstvo koristi se vazduh koji se pod pritiskom uduvava kroz prstenasti prostor između zidova otvora i tela burgije do zone rezanja, odakle zajedno sa strugotinom kroz unutrašnjost cevi odlazi van. Da bi se olakšalo odvodjenje strugotine predmet obrade se postavlja vertikalno a bušilo se odozdo na gore. Međutim, ovakva koncepcija uspešno je realizovana samo pri bušenju određenog broja materijala (livenog gvoždja, lakih metala i plastike).



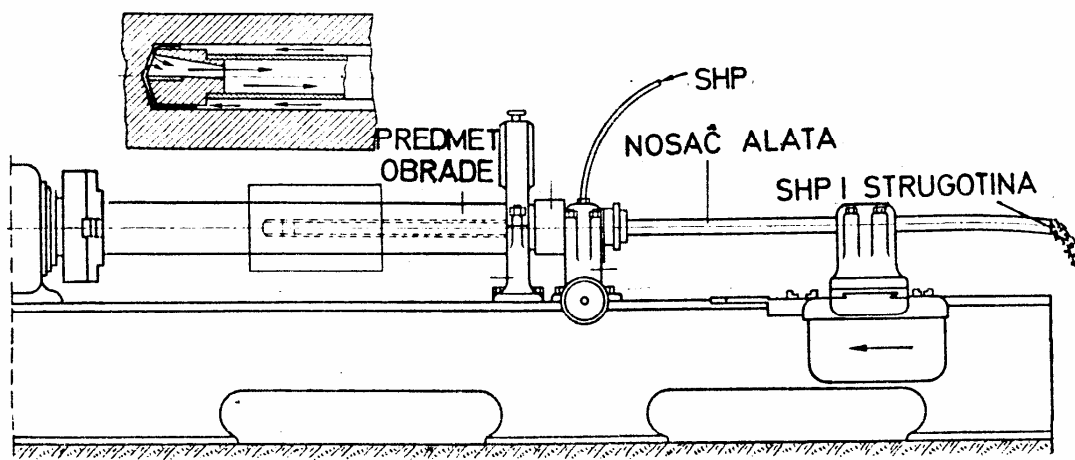
Slika 13. – Alat sa spoljašnjim dovodom SHP i unutrašnjim odvodom strugotine

Nezavisno od Burgsmullerovog postupka, Beisner je 1942. godine došao do slične ideje u pogledu cirkulacije SHP i strugotine ali mnogo bolje u pogledu rezne geometrije alata. On je tada, već uspješno rešenu geometriju jednosečne burgije iskoristio u kombinaciji sa telom u obliku cevi, obezbedivši tako potrebnu krutost alatu. Njegovo rešenje alata prakazano je na slici 14.



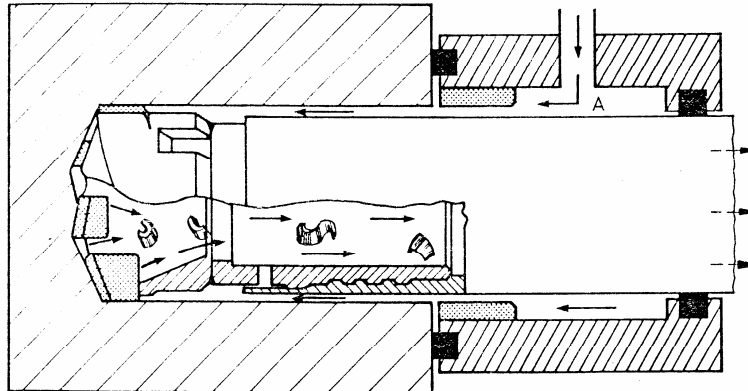
Slika 14. – Burgija za bušenje po BTA postupku

Kao SHP kod ovog alata koristi se ulje pod pritiskom, koje obezbedjuje istovremeno hladjenje i podmazivanje sečiva i vodjica burgije. Predmet obrade se postavlja horizontalno, bez poteškoća sa odvođenjem strugotine jer se transport strugotine vrši snažnom strujom SHP. Obrada otvora BTA postupkom vrši se na specijalnim mašinama (slika 15.).



Slika 15. – Šematski prikaz mašine za bušenje po BTA postupku

Dalji razvoj BTA postupka išao je u pravcu modifikacija rezne geometrije alata i poboljšanja tehničkih karakteristika specijalnih mašina za bušenje ovim postupkom. U pogledu alata poseban značaj ima konstrukcija i primena višesečne burgije koja ima niz prednosti u odnosu na prvobitno rešenje. Principijelna šema BTA postupka višesečnom burgijom prikazano je na slici 16.










Slika 16. - Principijelna šema BTA postupka višesečnom burgijom

Proces rezanja se odvija na tri uzajamno odvojena reznog elementa: centralnom, srednjem i perifernom. Njihov položaj u odnosu na osu burgije i u odnosu na vodjice burgije, preko kojih se ovaj alat oslanja o zidove otvora, je tako određen da se otpori rezanja međusobno uravnotežavaju u značajnoj meri. To doprinosi stabilnosti čitavog sistema, manjem trenju između vodjica i zidova otvora i manje potrebnoj snazi mašine. Zahvaljujući sinterovanim lomačima strugotine na svakom reznog elementu, koji je inače od tvrdog metala, u procesu rezanja se stvara strugotina malih dimenzija koja se lako odvodi iz zone rezanja. BTA postupak sa višesečnim alatom spada u red najproduktivnijih načina izrade otvora prečnika iznad 20mm pa i manjih. Međutim, BTA postupak stavlja pred konstruktora mašina specijalne zahteve. Pre svega, čitav sistem za dovod SHP mora biti potpuno hermetizovan, što predstavlja veliki problem. Pored toga prisutni su i problemi vezani za obezbeđenje visokih protoka i pritiska SHP i mnogi drugi. Na slici 17. dat je fotografski prikaz savremenih glava za bušenje BTA postupkom.



Slika 17. – Savremene glave (alati) za bušenje BTA postupkom

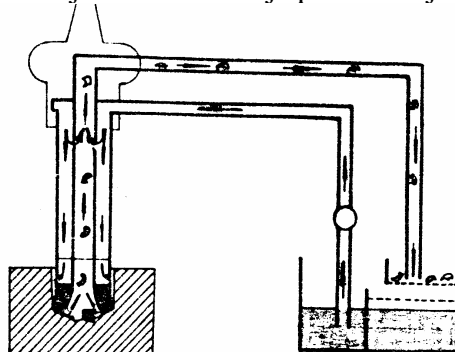
Na slici 18. prikazan je izvod iz kataloga „TITEX“ za izbor tipa BTA glave za duboko bušenje

<p>Type 41 Solid drill head Diameter range: 18,00 - 36,20 mm</p>	
<p>Type 12 Solid drill head Diameter range: 30,00 - 60,99 mm</p>	
<p>Type 64 Solid drill head Diameter range: 30,00 - 60,99 mm</p>	
<p>Type 22 Solid drill head Diameter range: 30,00 - 195,49 mm</p>	
<p>Type 44 Solid drill head Diameter range: 28,71 - 65,00 mm</p>	
<p>Type 42 Solid drill head Diameter range: 65,00 - 231,24 mm</p>	
<p>Counterboring tools</p>	
<p>Type 32 Counterboring head Diameter range: 30,00 - 74,99 mm</p>	

Slika 18. Glave (alati) za bušenje BTA postupkom

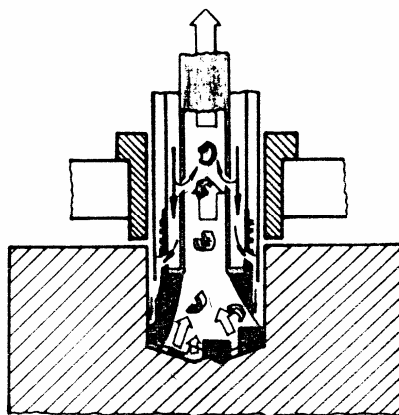
EJEKTORSKO BUŠENJE DUBOKIH OTVORA

Ejektorsko bušenje dubokih otvora razvijeno je u Švedskoj fabrici za proizvodnju alata Coromant. U proizvodnom programu ovog proizvođača alat za ejektorsko bušenje se prvi put pojavljuje 1966. godine. Principsko rešenje sistema za ejektorsko bušenje prikazano je na slici 19.



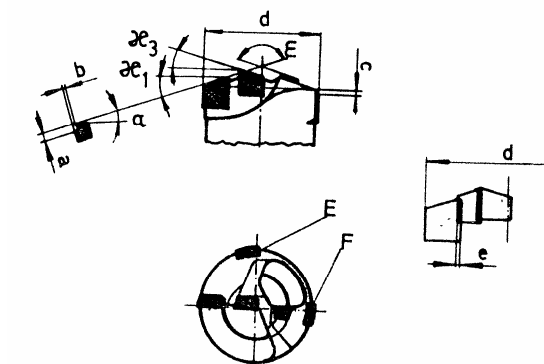
Slika 19. - Principijelna šema ejektorskog bušenja

Kod ejektorskog bušenja primenjen je unutrašnji dovod SHP i unutrašnji odvod strugotine iz zone rezanja što je osnovna razlika u odnosu na BTA postupak. To je postignuto tako što su umesto jedne, primenjene dve cevi kao telo burgije, postavljene jedna u drugoj. Spoljašnja cev prenosi obrtni moment i aksijalnu silu na ejektorsku burgiju, a unutrašnja cev samo fizički razdvaja SHP koja se pod pritiskom dovodi u zonu rezanja, od strugotine i SHP koje se odvođe iz zone rezanja. Na unutrašnjoj cevi su pored toga izradjeni kosi otvori kroz koje jedan deo SHP prodire u unutrašnju cev neposredno po ulasku u međuprostor ovih cevi. Upravo strujanja SHP kroz te otvore i njegovo usmeravanje i kretanje ka izlaznoj strani unutrašnje cevi stvara određeni potpritisak na prednjem delu ovih cevi. Taj potpritisak deluje na struju SHP, koja dolazi u zonu rezanja, čineći je tako mnogo efikasnijom u smislu odvođenja strugotine. Time je smanjen potreban pritisak i protok koji stvara hidraulični uređaj mašine. Pored toga, zahvaljujući dejstvu stvorenog potpritiska u zoni ejektorske burgije i načinu dovodjenja SHP, nije potrebno vršiti bilo kakvo zaptivanje predmeta obrade, što čitav sistem znatno pojednostavljuje. Praktična korist ovog poboljšanja u odnosu na BTA postupak sadržana je u mogućnosti da se ejektorsko bušenje, uz odgovarajuće hidraulične uređaje i pribore, izvodi i na univerzalnim mašinama (strug, bušilica...). Na slici 20. prikazana je šema na kojoj su ucrtani smerovi kretanja SHP i strugotine pri bušenju ejektorskom burgijom.



Slika 20. – Smerovi kretanja strugotine i SHP

U pogledu rezne geometrije, ejektorska burgija u principu odgovara višesečnoj BTA burgiji (slika 21.).



Slika 21. – Rezna geometrija ejektorske burgije

PITANJA

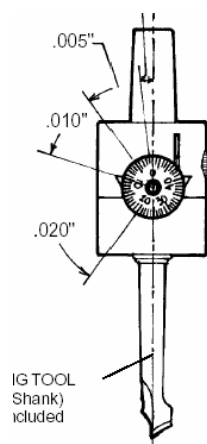
1. Kinematika bušenja i otpori rezanja
2. Podela burgija
3. Standardizacija burgija – šta je propisano standardom?
4. Geometrija zavojne burgije
5. Oblici oštrenja zavojne burgije
6. Burgije sa tvrdim metalom
7. Puščana i topovska burgija
8. Problematika bušenja dubokih otvora
9. Specijalna zavojna burgija
10. BTA postupak bušenja
11. Ejektorski postupak bušenja

ALATI ZA RAZBUŠIVANJE – PRIKAZ SAVREMENIH KONSTRUKCIJA ALATA



Slika 22. – Primeri alata za Precizno razbušivanje

Na slikama 23. - 25. prikazani su alati za razbušivanje sa mogućnošću podešavanje prečnika otvora koji se razbušuje.



Slika 23. – Podešljivi alat za razbušivanje



Slika 24. – Podešljivi alat za razbušivanje



Slika 25. – Podešljivi alat za razbušivanje

X

Alati u obradi razvrtanjem i proširivanjem

X. PROŠIRIVAČI, UPUŠTAČI, RAZVRTAČI I OSTALI ALATI ZA PROŠIRIVANJE

Proširivači i upuštači su rezni alati namenjeni za proširivanje i upuštanje već izbušenih otvora, za proširivanje i upuštanje otvora različitih namena (npr. otvori za glave zavrtnejeva i slično). Proširivanjem i upuštanjem se podstiče znatno veća geometrijska tačnost i bolji kvalitet obrađene površine. Ovom vrstom obrade najčešće se postiže kvalitet obrađene površine koji pripada osmoj klasi hrapavosti. Obrada proširivanjem i upuštanjem izvodi se na bušilicama, strugovima, glodalicama, automatima i drugim mašinama. U odnosu na obradu bušenjem proširivanje i razvrtnje karakteriše:

- manja veličina dodataka za obradu,
- veća geometrijska tačnost obrađenog otvora,
- bolji kvalitet obrađene površine,
- manji utivaj promenljive vrednosti grudnog i lednog ugla,
- manji problemi vezani za odvođenje strugotine i
- izražen oblik koncentrisanog habanja pa sa tim u vezi povećan značaj vrste sredstva za hlađenje i podmazivanje.

PODELA I STANDARDIZACIJA PROŠIRIVAČA I UPUŠTAČA

Proširivači i upuštači se dele na:

- standardne proširivače,
- standardne upuštače i
- specijalne upuštače.

Standardni proširivači mogu biti sa:

- valjkastom drškom,
- MK drškom i
- ekstra dugi.

Standardni upuštači izrađuju se kao čeonni upuštači i kao konusni upuštači. Čeonni upuštači izrađuju se i u varijanti nasadnih čeonih upuštača. Standardni čeonni upuštači izrađuju se sa uglom vrha od 180° i 90° , dok se konusni upuštači izrađuju sa uglom vrha od 60° , 90° i 120° .

U grupu specijalnih upuštača spadaju:

- čeonni upuštači za obradu na nepristupačnim mestima,
- čeonni upuštači sa okretnom vođicom,
- konični upuštači za obradu ventilskih sedišta,

- elastični upuštači za obradu na nepristupačnim mestima,
- konusni upuštači sa poprečnom rupom,
- upuštači za obaranje ivica na cevima,
- kombinovani upuštači,
- ravni upuštači,
- upuštači sa dva sečiva i
- ostali specijalni upuštači.

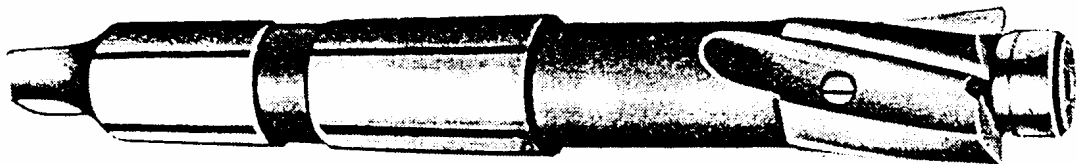
Na slikama 1.-8. prikazani su neki od pomenutih upuštača i proširivača.



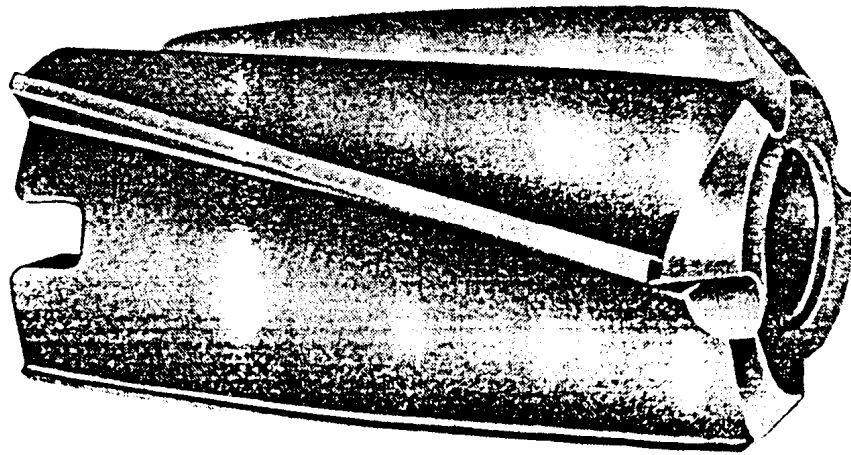
Slika 1.- Proširivač sa valjkastom drškom (JUS K.D3.300)



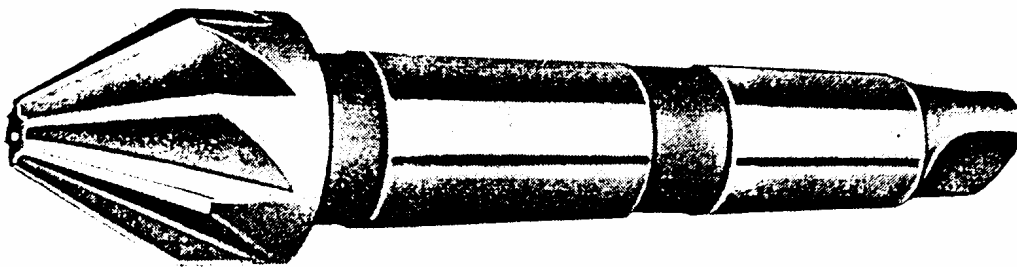
Slika 2. - Upuštač za glavu zavrtnjeva sa stabilnom vođicom (JUS K.D3.317)



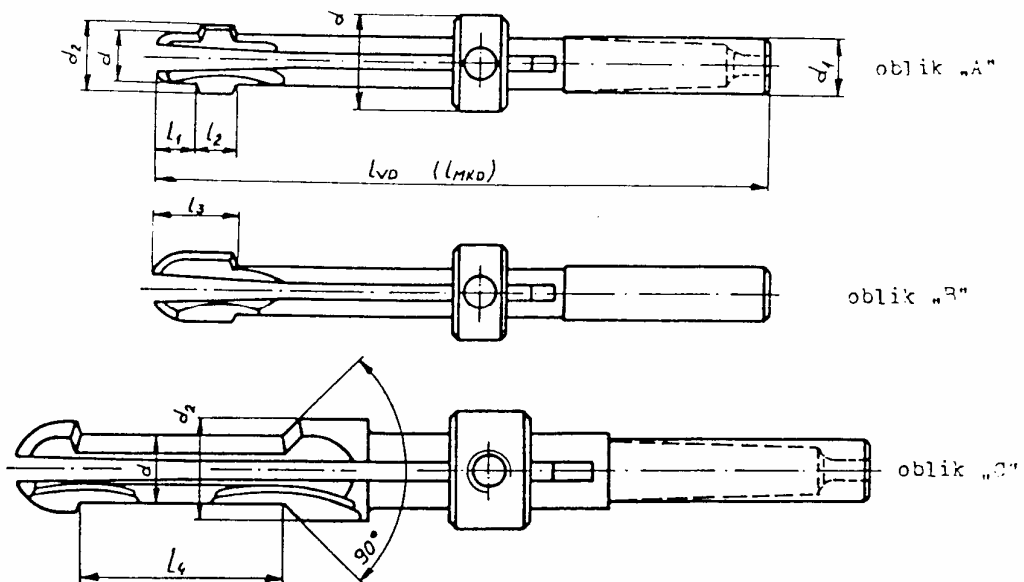
Slika 3. - Vratni upuštač sa MK drškom i izmenljivom vođicom



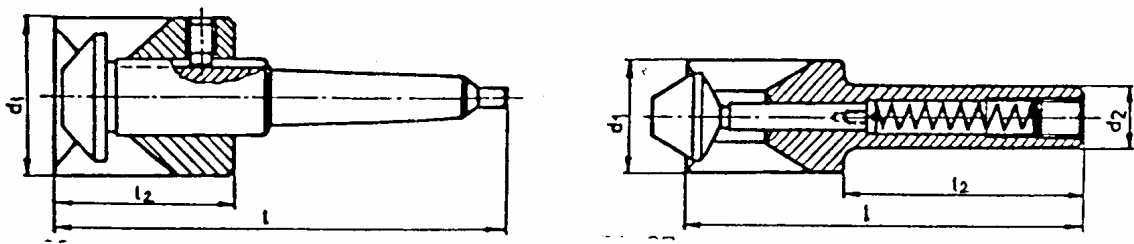
Slika 4. - Mašinski nasadni upuštač (JUS K.D3.340)



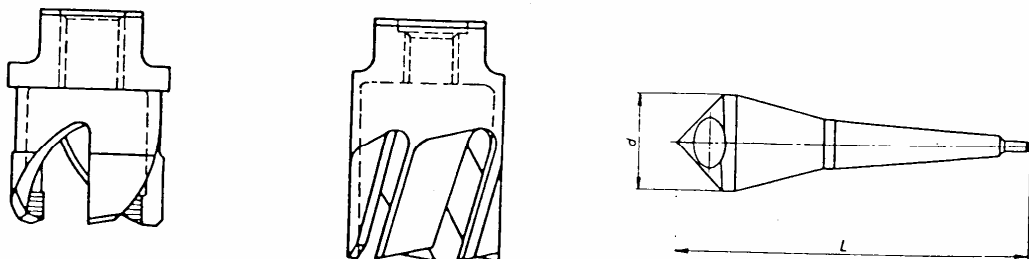
Slika 5. - Konični upuštač 60° sa MK drškom (JUS K.D3.322)



Slika 6. - Specijalni elastični upuštači



Slika 7. - Specijalni konusni upuštači za obaranje ivica na cevima



Slika 8. - Neki od ostalih specijalnih upuštača

ODREĐIVANJE DUBINE REZANJA PROŠIRIVAČA

U cilju postizanja zahtevane geometrijske tačnosti i kvaliteta obrađene površine neophodno je pravilno odrediti dodatke za obradu proširivanjem. U literaturi postoji niz preporuka koje se odnose na preporučene vrednosti dodataka za obradu proširivanjem. Po većini preporuka, kod operacija završne obrade, gde se zahteva visok kvalitet obrađene površine, obrada se izvodi proširivanjem, grubim i/ili završnim razvrtnjem. Pri obradi otvora prečnika do $d=10$ mm, obrada se, najčešće, izvodi samo grubim i/ili završnim (finim) razvrtnjem. Preporučene vrednosti dodataka za obradu proširivanjem date su u tabeli 1.

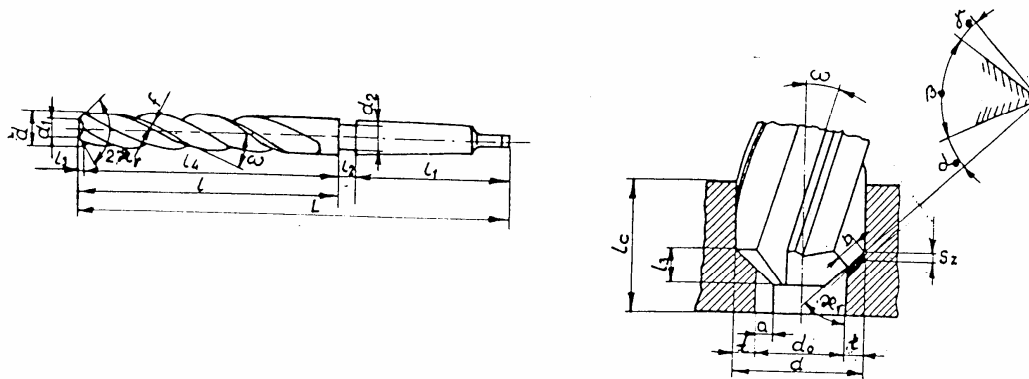
Tabela 1.

nazivni prečnik otvora	dodatak za proširivanje
(10-15) mm	1,5 mm
(15-18) mm	1,7 mm
(18-30) mm	2,4 mm
(30-59) mm	3,0 mm
(50-80) mm	4,0 mm
(80-100) mm	samo razvrtnje (grubo i fino)

KONSTRUKTIVNI ELEMENTI PROŠIRIVAČA

Konstruktivni elementi proširivača (standardnih) definisani su starim JUS standardom. Osnovne dimenzije i geometrija ovih alata prikazana je na slici 9. Oznake na slici imaju sledeće značenje:

L - ukupna dužina proširivača, l - dužina radnog dela, l_1 - dužina drške (konična ili cilindrična), l_2 - dužina vrata, l_3 - dužina reznog dela, l_4 - dužina kalibrirajućeg dela, d - prečnik proširivača, d_1 - prečnik početka sečiva, d_2 - prečnik vrata, χ_r - ugao nagiba sečiva, ω - ugao uspona zavojnih žljebova, α_0 - leđni ugao glavnog sečiva, γ_0 - grudni ugao glavnog sečiva, β_0 - ugao klina glavnog sečiva. Na pomoćnim sečivima proširivača takođe se definišu uglovi $\alpha_0, \beta_0, \gamma_0$.



Slika 9. - Osnovne dimenzije i geometrija proširivača

DUŽINA RADNOG DELA PROŠIRIVAČA

Dužina radnog dela proširivača izračunava se po obrascu:

$l = l_b + 3d$, gde je: l_b - dubina bušenja, d - zahtevani prečnik otvora.

DUŽINA REZNOG DELA PROŠIRIVAČA

Dužina reznog dela proširivača, prema slici 9. računa se po obrascu:

$l_3 = (t+a) \cdot \text{ctg} \chi_r$, gde je: t - dubina rezanja, a - rastojanje zida izbušenog otvora i početka nagiba sečiva.

Veličina a se usvaja u granicama $(0,5-1,0)t$.

UKUPNA DUŽINA PROŠIRIVAČA

Ukupna dužina proširivača izračunava se preko izraza:

$L=l_1+l_2$, gde se dužine l_1 i l_2 uzimaju iz tabela JUS standarda.

PREČNIK PROŠIRIVAČA

Proširivači se izrađuju u tolerantnom polju h8. Nazivni prečnik proširivača meri se na rubu neposredno iza glavnog sečiva, vrha proširivača. U cilju smanjenja trenja proširivači se izrađuju sa smanjenjem prečnika od vrha ka dršci. Smanjenje prečnika iznosi 0,02-0,08 mm na 100 mm dužine ožljebljenog dela proširivača.

PREČNIK JEZGRA PROŠIRIVAČA

Radi povećanja otpornosti proširivača jezgro se povećava od vrha ka dršci u iznosu od 1,4% za manje prečnike proširivača do 1,7% za veće prečnike proširivača. Veličina prečnika jezgra se određuje tako da obezbedi dovoljnu stabilnost proširivača sa jedne strane i dovoljnu dužinu glavnog sečiva za proširivanje maksimalno predviđenog dodatka za obradu proširivanjem, sa druge strane.

Prečnik jezgra približno iznosi:

$$d_0=0,3d.$$

UGAO NAGIBA SEČIVA (UGAO VRHA PROŠIRIVAČA)

Ugao vrha proširivača usvaja se u zavisnosti od materijala predmeta obrade. Pri obradi čelika ovaj ugao iznosi 120^0 , pri obradi sivog liva 90^0-120^0 i 120^0-150^0 kod proširivača sa pločicama od tvrdog metala.

UGAO NAGIBA ZAVOJNICE

Ugao nagiba zavojnice ima veliki uticaj na proces rezanja i definiše se u zavisnosti od vrste obrađivanog materijala. Na osnovu ovog ugla razlikuju se osnovni tipovi proširivača i to:

- tip N sa uglom zavojnice $\omega = 15^0-25^0$ za normalne uslove rada,
- tip M sa uglom zavojnice $\omega = 25^0-40^0$ za obradu mekih metala, lakoobrađivih i
- tip T sa uglom zavojnice $\omega = 3^0-15^0$ za obradu veoma tvrdih metala teškoobrađivih.

KORAK ZAVOJNIH ŹLJEBOVA

Veličina koraka zavojnih Źljebova računa se po obrascu:

$$H = d \cdot \pi \cdot \text{ctg } \omega$$

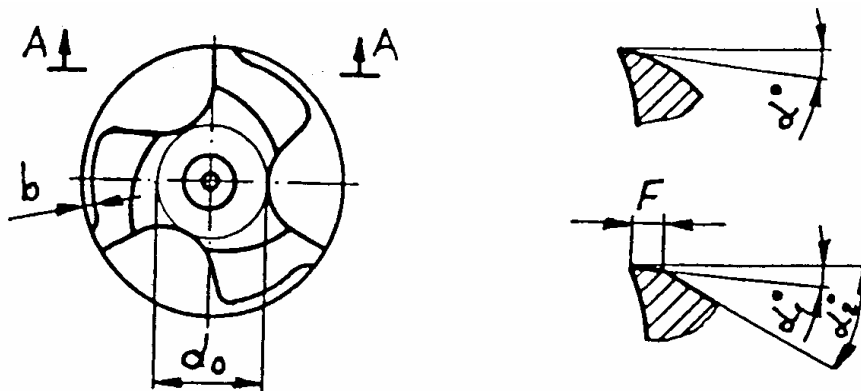
GRUDNI UGAO GLAVNOG SEČIVA

Veličina grudnog ugla glavnog sečiva zavisi od ugla vrha i ugla uspona zavijnice. Može se proračunati preko približnog obrasca:

$$\operatorname{tg} \gamma_0 = \frac{\operatorname{tg} \omega}{\sin 2\chi_r}$$

LEĐNI UGAO GLAVNOG SEČIVA

leđni ugao glavnog sečiva mora biti dovoljno veliki da bi omogućio slobodno rezanje pri uobičajenim vrednostima posmaka. Nije preporučljivo da ovaj ugao bude manji od 5° . Ovaj ugao se izvodi leđnim podbrusivanjem i oštrenjem dva leđna ugla (slika 10.)



Slika 10. - Formiranje (podbrusivanje leđnog ugla proširivača)

GRUDNI UGAO POMOĆNOG SEČIVA

Grudni ugao pomoćnog sečiva ima vrednost 0, a može se kretati u granicama od -3° do 3° .

RUB-FAZETA PROŠIRIVAČA

Rub, odnosno fazeta proširivača, služi za vođenje proširivača kroz prošireni otvor. Meri se na udaljenju 5mm iza preseka glavnog i pomoćnog sečiva. Širina ruba treba da bude u granicama propisanim standardom a u zavisnosti od prečnika proširivača.

PROFIL ŽLJEBA PROŠIRIVAČA

Dimenzije koje definišu profil žljeba u poprečnom preseku daju se u katalozima proizvođača.

DRŠKA PROŠIRIVAČA

Drška proširivača definiše se odgovarajućim standardima a njen oblik je isti kao i kod zavojnih burgija. Kod većih prečnika proširivača, radi uštede materijala, drška se izrađuje od konstrukcijskog čelika a radni deo od brzoreznog čelika, pa se spajaju čeonim zavarivanjem.

MATERIJALI ZA IZRADU PROŠIRIVAČA

Proširivači se izrađuju od visokolegiranog alatnog čelika (brzoreznog čelika). Ovi čelici se razvrstavaju u dve grupe i to:

- grupa brzoreznih čelika legirana vanadijumom, bez sadržaja kobalta, označena sa HSS u koju spadaju čelici: Č6880, Č6881, Č7680, Č7880,
- grupa brzoreznih čelika legiranih kobaltom označena sa HSS-E u koju spadaju čelici: Č6980, Č9681, Č9683, Č9780.

Tvrdoća termički obrađenih proširivača, merena na rubu pomoćne leđne površine, treba da iznosi:

- 780 do 900 HV za proširivače iz grupe HSS,
- 820 do 920 HV za proširivače iz grupe HSS-E.

OZNAČAVANJE PROŠIRIVAČA

Proširivači se označavaju na sledeći način:

Proširivač X-d₁-L-Y

gde je: X-oznaka standarda za oblik i mere odgovarajućeg proširivača, d₁-nazivni prečnik proširivača, L- smer rezanja (desni smer se ne označava), Y- oznaka grupe brzoreznih čelika (HSS ili HSS-E).

Primer: Proširivač JUS K.D3.340-50-L-HSS

UPUŠTAČI SA VOĐICOM

Ovi upuštači imaju cilindričnu vođicu koja služi za centriranje upuštača u odnosu na izbušeni otvor, ili da obezbedi upravnost čeone površine u odnosu na osu izbušenog otvora. Mogu biti sa stabilnom i izmenljivom vođicom. Konstruktivni elementi ovih upuštača mogu se naći u JUS standardima, katalozima proizvođača i odgovarajućoj literaturi.

KONIČNI UPUŠTAČI

Ovi upuštači se izrađuju sa različitim uglovima vrha. Mogu biti izrađeni od brzoreznog čelika ili sa pločicama od tvrdog metala. Detaljnije informacije (konstrukcija i geometrija) mogu se naći u odgovarajućoj literaturi.

NASADNI UPUŠTAČI

Izrađuju se u veličinama prečnika Od 38 do 250mm. Radni deo se izrađuje posebno pa se postavlja na odgovarajuću dršku i za nju mehanički pričvršćuje. Broj sečiva kod ovih alata je znatno veći nego kod proširivača.

ČEONI UPUŠTAČI

Koriste se za obradu čeonih ravnih površina otvora.

UPUŠTAČI I PROŠIRIVAČI SA PLOČICAMA OD TVRDOG METALA

Upuštači i proširivači od tvrdog metala koriste se za obradu tvrdih materijala i pri radu sa strožijim režimima rezanja. Svi oblici proširivača i upuštača koji se rade od brzoreznog čelika mogu biti izvedeni i sa pločicama od tvrdog metala. Pored upuštača sa lemljenim pločicama koriste se i upuštači sa umetnutim (mehanički izmenljivim pločicama).

RAZVRTAČI

Razvrtači su rezni alati koji se primenjuju u završnim operacijama obrade otvora. S obzirom da se u obradi razvrtnjem skida tanak sloj materijala otpori rezanja su srazmerno manji pa se ovom vrstom obrade postiže visoka geometrijska tačnost i kvalitet obrađene površine. Obradom razvrtnjem može se postići kvalitet obrađene površine koji pripada, čak, i četvrtoj klasi hrapavosti, mada se razvrtnjem najčešće postiže peta, šesta i sedma klasa hrapavosti.

Proces obrade razvrtnjem karakteriše:

- proces rezanja sličan kao kod obrade proširivanjem,
- manji dodaci za obradu u odnosu na obradu proširivanjem,
- znatno veći broj zuba u odnosu na proširivače,
- pravilan rad razvrtača je u velikoj zavisnosti od uslova rada,
- izraženo je koncentrisano habanje alata i
- geometrijski parametri veoma bitno utiču na proces obrade.

Razvrtnje se izvodi na bušilicama, strugovima, revolver strugovima, automatima i drugim mašinama za obradu otvora. Takođe se razvrtnje može izvoditi i ručnim putem sa ručnim razvrtačima.

PODELA I STANDARDIZACIJA RAZVRTAČA

Razvrtači se, s obzirom na veoma veliki broj vrsta, mogu sistematizovati po više osnova:

- prema načinu primene,
- prema načinu pričvršćivanja u mašini,
- prema geometrijskom obliku razvrtnute rupe,
- prema vrsti materijala i
- prema tehnologiji izrade razvrtača

Jedna od mogućih podela razvrtača je na:

- ručne razvrtače i
- mašinske razvrtače.

Ručni razvrtači mogu biti izrađeni kao stabilni i sa pomičnim noževima. I u jednom i u drugom slučaju mogu se izrađivati kao standardni i kao specijalni.

Mašinski razvrtači, takođe, mogu biti stabilni i sa pomičnim noževima. Stabilni razvrtači izrađuju se sa drškom i kao nasadni razvrtači. Razvrtači izrađeni sa cilindričnom ili MK drškom mogu biti od brzoreznog čelika ili sa pločicama od tvrdog metala izrađeni kao standardni ili specijalni.

Razvrtači sa cilindričnom drškom mogu biti ručni, mašinski i nasadni dok se razvrtači sa MK drškom izrađuju kao ručni i mašinski. Pored pomenutih vrsta razvrtača postoji i veliki broj specijalnih razvrtača.

RUČNI RAZVRTAČI

Ručni razvrtači se primenjuju za razvrtnanje cilindričnih i koničnih prolaznih otvora ručnim putem. Izrađuju se sa pravim i zavojnim zubima i kako je rečeno mogu biti sa nepodešljivim i sa pomičnim noževima.

NEPODEŠLJIVI CILINDRIČNI RUČNI RAZVRTAČI

Ovi razvrtači obuhvaćeni su standardom JUS K.D3.121 i JUS K.D3.140. Osnovne dimenzije ručnog cilindričnog razvrtača prikazane su na slici 1. Oznake na slici imaju sledeće značenje: L - ukupna dužina razvrtača, l - dužina radnog dela razvrtača, l_1 - dužina drške, l_2 - dužina vrata, l_3 - dužina reznog dela, l_4 - dužina izlaznog dela, l_5 - dužina ulaznog (centrirajućeg) dela, l_6 - dužina četvrtke, d - nazivni prečnik razvrtača, χ_r - ugao nagiba sečiva. Dimenzije se računaju prema sledećim izrazima:

Dimenzije se računaju prema sledećim izrazima:

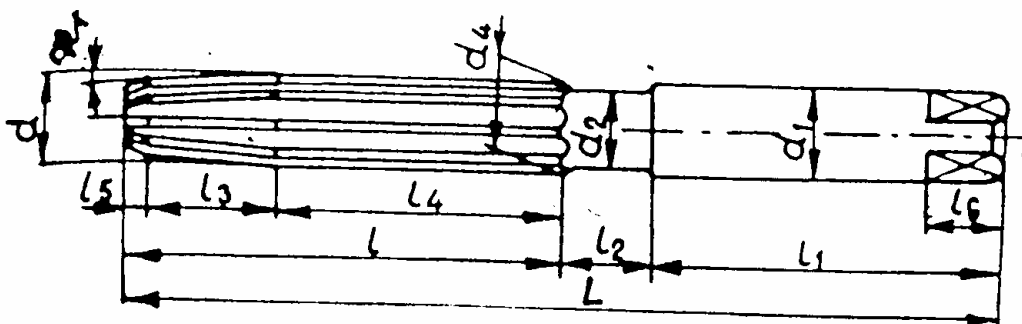
$$d_4 = d - (0,010 - 0,015) \text{ - smanjenje prečnika radnog dela razvrtača,}$$

$$d_5 = d - (1,3 - 1,4)t, \text{ gde je } t \text{ - dubina rezanja, i}$$

$$d_2 = d - (0,5 - 1,0).$$

Dužina rezne ivice računa se preko izraza:

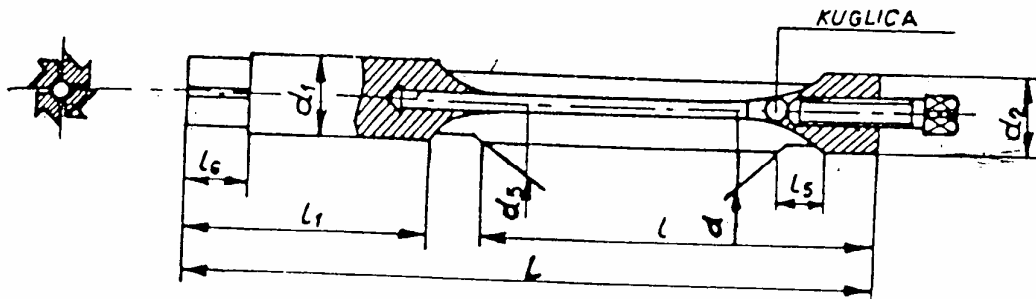
$$l_3 = \frac{d - d_5}{2} \cdot \operatorname{ctg} \chi_r + m, \text{ gde je : } m = (1 - 3) \text{ mm - dodatak za oborenu zaštitnu ivicu.}$$



Slika 1. - Ručni razvrtač sa cilindričnom drškom

PODEŠLJIVI RUČNI RAZVRTAČ

Šematski prikaz podešljivog ručnog razvrtača dat je na slici 2.



Slika 2. - Podešljivi ručni razvrtač

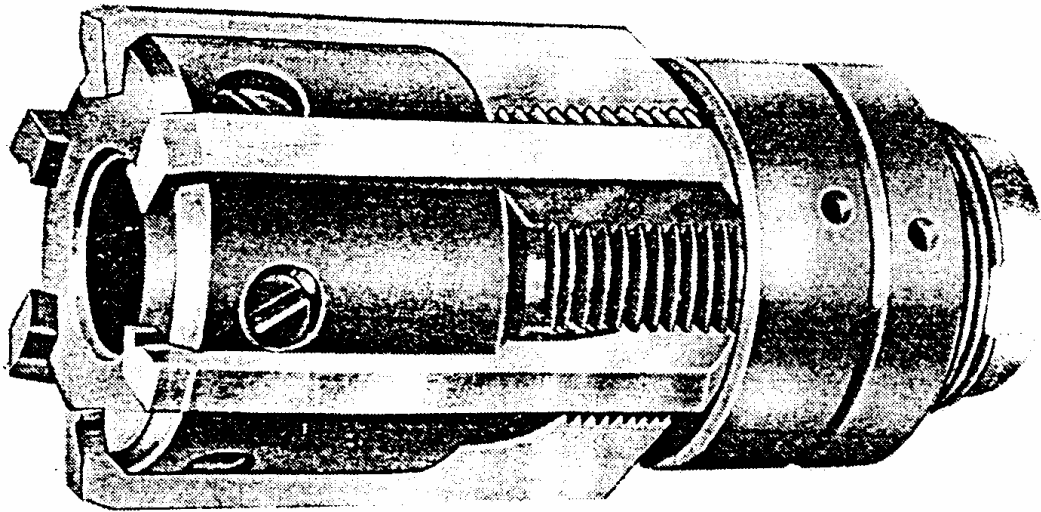
Okretanjem zavrtnja, kuglica pritiska na konični unutrašnji deo noževa čime se povećava prečnik razvrtača. Ovaj razvrtač koristi se za razvrtanje prolaznih otvora

MAŠINSKI RAZVRTAČI

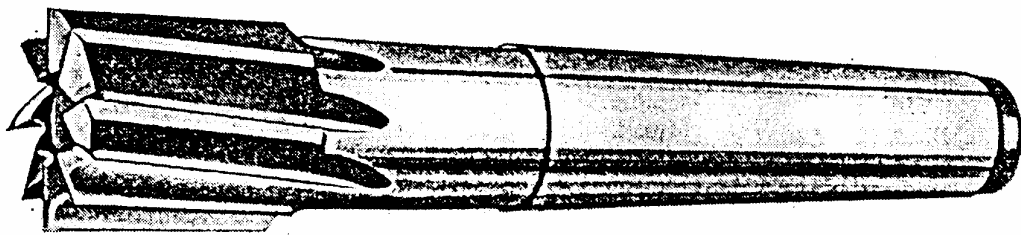
Mašinski razvrtači se upotrebljavaju za razvrtanje prolaznih i neprolaznih cilindričnih i koničnih otvora mašinskim putem. Izvode se sa pravim i zavojnim zubima. Mogu biti nepodešljivi (cilindrični i konični), nasadni (nepodešljivi i podešljivi), podešljivi sa pomičnim noževima, kao i čeoni za obradu neprolaznih otvora, sa pločicama od tvrdog metala i višestepeni i kombinovani. Na slikama 3. - 6. prikazani su neki od ovih razvrtača.



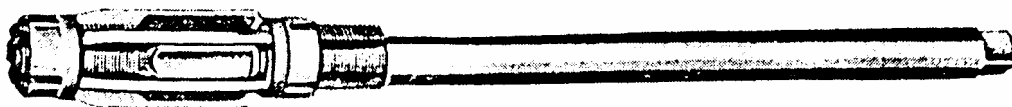
Slika 3. - Mašinski nasadni razvrtač



Slika 4. - Mašinski čeonni nasadni razvrtač sa pomičnim noževima



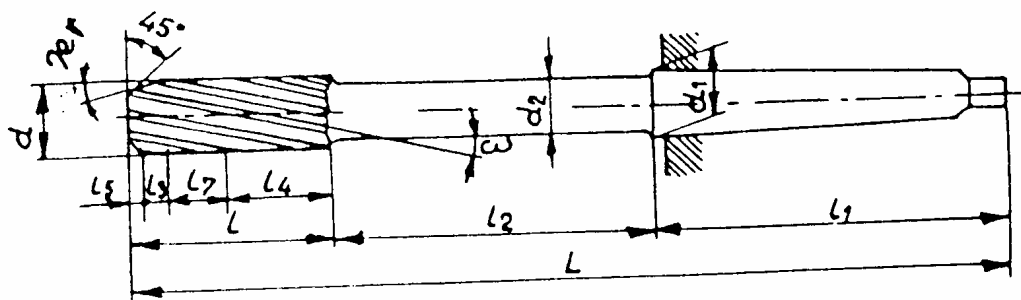
Slika 5. - Mašinski čeonni razvrtač



Slika 6. - Mašinski razvrtač sa pomičnim noževima i valjkastom drškom

NEPODEŠLJIVI CILINDRIČNI MAŠINSKI RAZVRTAČI

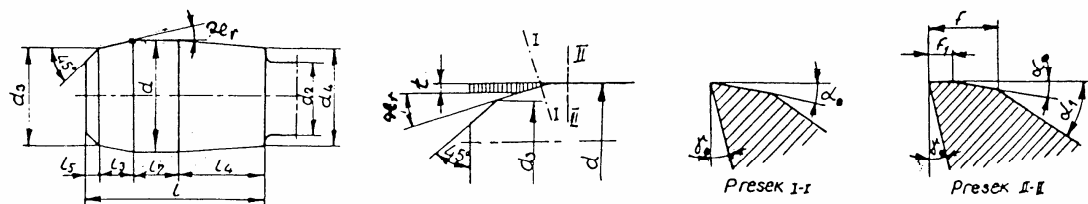
Ovi razvrtači izrađuju se najčešće sa pravim zubima. Pri obradi otvora, naročito otvora sa žljebovima, koriste se razvrtači sa zavojnim zubima, kojima se obezbeđuje ravnomerniji rad a time i tačnija i kvalitetnija obrada otvora. Konstruktivni elementi nepodešljivog cilindričnog mašinskog razvrtača sa zavojnim zubima i MK drškom prikazani su na slici 7.



Slika 7. - Mašinski nepodešljivi cilindrični razvrtač

Oznake prema slici imaju sledeće značenje: L - ukupna dužina razvrtača, l - dužina radnog dela, l_1 - dužina drške, l_2 - dužina vrata, l_3 - dužina reznog dela, l_4 - dužina izlaznog dela, l_5 - dužina ulaznog (centrirajućeg) dela, l_7 - dužina kalibrirajućeg (cilindričnog) dela, d - nazivni prečnik razvrtača, d_2 - prečnik vrata, χ_r - ugao nagiba sečiva.

Šematski prikaz radnog dela cilindričnog mašinskog nepodešljivog razvrtača prikazan je na slici 8.



Slika 8. - Šematski prikaz radnog dela razvrtača

NAZIVNI PREČNIK RAZVRTAČA

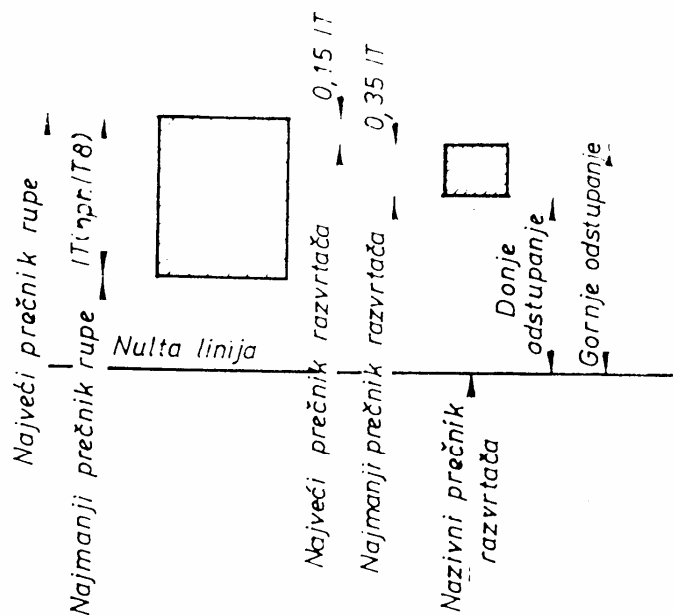
Vrednosti nazivnog prečnika razvrtača utvrđene su standardima za oblik i mere razvrtača. Tolerancije izrade razvrtača, takođe su definisane u odgovarajućim standardima. Mesto merenja prečnika d razvrtača je na rubu (pomoćnoj leđnoj površini) neposredno iza ulaznog konusnog dela. Tolerancija izrade razvrtača određuje se prema dozvoljenim odstupanjima otvora koji se obrađuje, veličini širenja otvora, prečnika otvora, veličini dodatka za obradu i materijala predmeta obrade. Tolerancija izrade razvrtača i njen položaj u odnosu na nominalnu mera treba birati prema toleranciji otvora na predmetu obrade. Pri određivanju tolerantnog polja treba težiti:

- da se razvrtač može što više puta oštiti,
- da uvek daje zahtevanu toleranciju obrađivanog otvora i
- da tolerantno polje ne bude problematično sa aspekta izrade razvrtača.

Pri određivanju položaja tolerantnog polja razvrtača u odnosu na tolerantno polje obrađivanog otvora važnu ulogu ima fenomen širenja otvora pri obradi. Kod većine materijala prečnik obrađivanog otvora je veći od prečnika razvrtača. Ovo je posebno izraženo kod sivog liva, temper liva, mesinga i sličnih materijala. Proširenje prečnika otvora zavisi i od brzine rezanja i primenjenog sredstva za hlađenje i podmazivanje. Iz navedenih razloga nije preporučljivo da razvrtač bude sa prečnikom na najvećoj meri otvora. Treba naglasiti da pri obradi vrlo mekih materijala i vrlo tvrdih materijala sa negativnim grudnim uglovima, nedovoljno ostrim alatima javlja se smanjenje prečnika razvrnutog otvora u odnosu na prečnik razvrtača.

Maksimalni prečnik razvrtača se, u većini preduzeća za masovnu proizvodnju, utvrđuje praktičnim merenjem (probama). Prečnik razvrtača se, najčešće, nalazi u blizini maksimalnog prečnika otvora.

Standard JUS K.D3.112 definiše da se maksimalni prečnik razvrtača nalazi na $0,15IT$ ($0,15$ od širine tolerantnog polja otvora), što znači da je predviđeno maksimalno širenje otvora u iznosu $0,15IT$. Da bi se dozvolilo izvesno smanjenje prečnika usled habanja (preoštravanje razvrtača), donja granična mera razvrtača se standardom definiše na $0,5IT$ od donje mere tolerancije otvora (slika 9.)



Slika 9. - Određivanje tolerancije razvrtača

Prečnik kalibrišućeg dela razvrtača smanjuje se prema dršci radi smanjenja trenja. Ovo smanjenje prečnika, prema standardu iznosi $0,015$ mm do $0,025$ mm na 100 mm dužine reznog dela. Dužina cilindričnog dela razvrtača (l_7) treba da obezbedi potrebni broj oštrenja do potpunog istrošenja prečnika tog dela. Ranije je ova dužina bila definisana standardima i iznosila je: $l_7=(0,25-0,5)l$.

Sada se razvrtači ne izrađuju sa cilindričnim delom već odmah posle ulaznog konusa prečnik razvrtača ima smanjenje ka dršci tako da su i standardi promenjeni i ne definišu cilindrični deo razvrtača. Sa ovim razvrtačima postiže se bolji kvalitet obrađene površine a i jednostavniji su za izradu. Zbog malog smanjenja prečnika moguć je dovoljan broj oštrenja razvrtača pri minimalnom (dozvoljenom) smanjenju prečnika istog.

ULAZNI DEO RAZVRTAČA (UGAO NAGIBA SEČIVA)

Obrada razvrtnjem odvija se na ulaznom delu -reznom delu razvrtača. Veličina ulaznog dela razvrtača utiče ne samo na oblik strugotine već i na njen pravac odvođenja. U zavisnosti od obrađivanog materijala i vrste obrade postoje različite vrste (uglovi) ulaznog dela razvrtača. Veličina ugla χ_r direktno utiče na veličinu preseka strugotine a time i na veličinu otpora rezanja. Manji ugao ulaznog konusa smanjuje debljinu strugotine i sile rezanja, što je posebno važno kod ručnih razvrtača. Veći ugao ulaznog konusa daje lošiji kvalitet obrađene površine razvrnutog otvora. Standard propisuje da ugao χ_r iznosi 45^0 mada isti može imati i drugačije vrednosti (pri obradi mekših materijala ovaj ugao je manji). Detaljniji podaci o obliku i uglovima ulaznog dela razvrtača mogu se naći u odgovarajućoj literaturi.

RADNA I UKUPNA DUŽINA RAZVRTAČA

Radna dužina razvrtača l i ukupna dužina L definisane su standardom. Radna dužina razvrtača približno iznosi:

$$l = (0,8-3)d.$$

Za razvrtače manjeg prečnika ova dužina je veća i obrnuto. Ukupna dužina razvrtača je usaglašena sa odgovarajućim ukupnim dužinama burgija i proširivača koji prethode obradi otvora razvrtnjem o čemu treba voditi računa i pri konstrukciji razvrtača.

BROJ ZUBA RAZVRTAČA

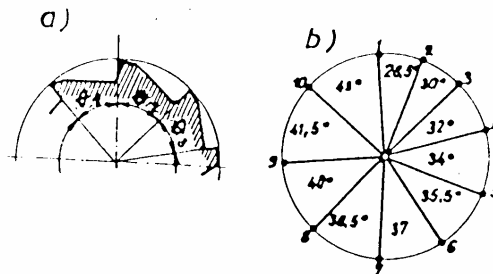
Tačnost obrađenog otvora zavisi u velikoj meri od broja zuba i njihove raspodele. Sa povećanjem broja zuba smanjuje se debljina strugotine po zubu, kvalitet obrađene površine je bolji i razvrtač ima mirniji rad. Razvrtači obično imaju 6-12 zuba. Zbog lakše izrade i lakšeg merenja razvrtači se izrađuju sa parnim brojem zuba. Orjentaciono se usvaja broj zuba za razvrtače povišene tačnosti i za obradu krtih materijala (bronz, livenog gvožđa i sl.) prema izrazu:

$$z = 1,5 \cdot \sqrt{d} + 4.$$

Za obradu ostalih materijala broj zuba se proračunava preko obrasca:

$$z = 1,5 \cdot \sqrt{d} + 2.$$

Zubi razvrtača se izrađuju u nejednakoj podeli jer se na taj način sprečava pojava riseva i nepravilne geometrije otvora. Na slici 10. prikazana je jedna od mogućih ugaonih podela zuba razvrtača.



Slika 10. - Šema nesimetrične podele zuba razvrtača

U slučaju da je podela zuba ravnomerna svi zubi nailaze na male zaostatke strugotine i svi odjednom počinju rezati. Zbog toga dolazi do vibracija, što je veoma nepovoljan slučaj. Kod neravnomerne raspodele ovo se ne događa, jer sledeći zub nikada ne dolazi tačno na mesto prethodnog zuba već ispred ili iza risa koji je prethodni zub napravio.

LEĐNI UGAO RAZVRTAČA

Postoji bitna razlika u geometriji ulaznog dela razvrtača i kalibrirajućeg dela. Leđni ugao na glavnom sečivu mora biti dovoljno veliki da rezni klin pri uobičajenim posmacima slobodno reže. Ovaj ugao ne sme biti manji od 5° . Kod malih razvrtača, kod razvrtača sa levim zavojnicama žljeba i širim zubima ovaj ugao može biti i znatno veći. Kod razvrtača sa prečnikom do 10mm ovaj ugao iznosi 15° - 20° , dok kod razvrtača sa većim prečnikom ovaj ugao ima vrednost 8° - 12° . Veći leđni ugao daje bolji kvalitet obrađene površine mada je nedostatak manja postojanost alata. U praksi se, posebno kod razvrtača većih dimenzija, formiraju dva leđna ugla na ulaznom delu razvrtača. U ovom slučaju prvi leđni ugao ima vrednost 8° - 20° , dok drugi ugao ima vrednost 15° - 20° . Na kalibrirajućem delu razvrtača izrađuju se takođe leđni uglovi kao i na ulaznom delu. Kod većine razvrtača formira se jedan leđni ugao koji ima vrednost 12° - 15° .

GRUDNI UGAO RAZVRTAČA

Grudni ugao γ ima najčešće vrednost od 0° do 5° i može se birati u zavisnosti od obrađivanog materijala i zahtevanog kvaliteta obrađene površine. Obično je grudni ugao za finu obradu 0° dok je za grubu obradu 5° . Povećanjem grudnog ugla iznad 5° naglo dolazi do povećanja krzanja i habanja razvrtača. Formiranjem posebne geometrije razvrtača-takozvane "kose rezne ivice" grudni ugao razvrtača ima sasvim druge vrednosti.

UGAO ZAVOJNICE ŽLJEBA

Najčešće primenjivani razvrtači su sa pravim zubima iz razloga što su lakši za izradu i srazmerno niže cene. Ovim razvrtačima se ne može, u nekim slučajevima, postići

zadovoljavajući kvalitet obrađene površine i tačnost mera. Razvrtači sa zavojnim žljebovima daju bolji kvalitet obrade a i postojanost im je veća. Ugao zavojnice žljebova zavisi od vrste obrađivanog materijala i usvaja se po sledećim preporukama:

$\omega = 6^{\circ} - 8^{\circ}$ za obradu tvrdog čelika i livenog gvožđa,
 $\omega = 12^{\circ} - 20^{\circ}$ za obradu mekog čelika i temper liva,
 $\omega = 35^{\circ} - 45^{\circ}$ za obradu aluminijuma i lakih legura.

Smer zavojnih žljebova se najčešće radi suprotan od smera rezanja, da bi se sprečilo samoprodiranje razvrtača u obrađivani materijal ili sprečilo izvlačenje drške iz vretena mašine. Sa ovakvim smerom zavojnice dobija se znatno bolji kvalitet obrađene površine. U slučaju obrade neprolaznih otvora (slepe rupe) pogodniji su razvrtači sa desnom zavojnicom, iz razloga izvlačenja strugotine unazad.

OBLIK ŽLJEBA RAZVRTAČA

Oblik žljeba razvrtača nema izraženu ulogu kao što je slučaj kod zavojnih burgija. Žljeb se najčešće izrađuje sa jednougaoim ili dvougaoim glodalom. Podaci vezani za profil žljeba razvrtača mogu se naći u katalogima proizvođača alata i u odgovarajućoj literaturi.

ŠIRINA RUBA (FAZETE)

Analizirajući uticaj širine fazete na rad razvrtača utvrđuje se da pri velikoj širini fazete (iznad 0,6mm) dolazi do naglog smanjenja kvaliteta razvrnutog otvora dok sa smanjenjem širine fazete ispod 0,1mm dolazi do brzog smanjenja veka razvrtača. Preporučene vrednosti širine fazete u zavisnosti od prečnika razvrtača daju se u odgovarajućoj literaturi.

VELIČINA DODATAKA ZA OBRADU

Postoji veliki broj preporuka vezanih za veličinu dodataka za obradu razvrtnjem. U tabeli 1., prema preporukama date su veličine dodataka (dodaci po prečniku) za obradu grubim i finim razvrtnjem.

Tabela 1.- Dodaci za obradu razvrtnjem

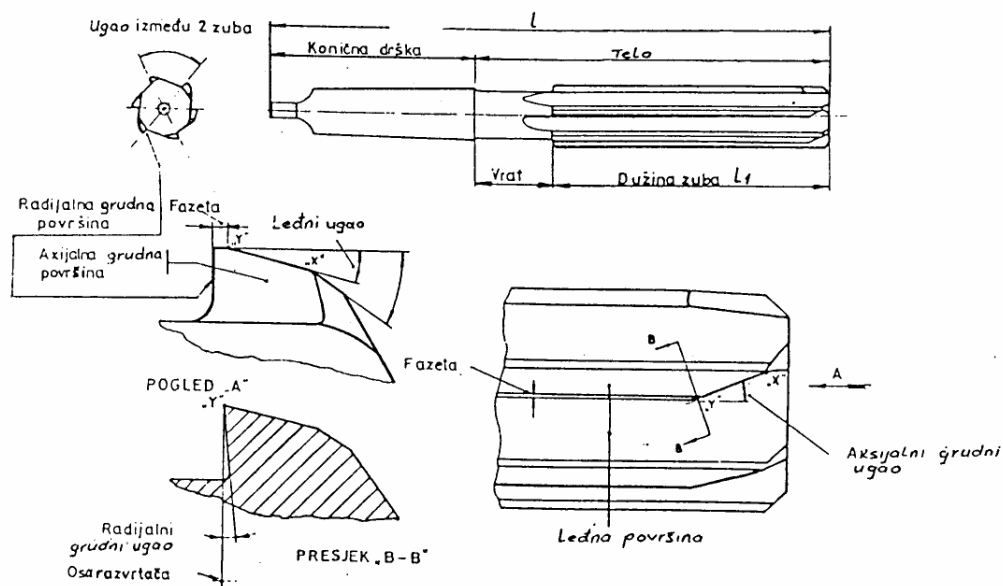
Nazivni prečnik otvora u mm	dodatak za grubo razvrtnje u mm	dodatak za fino razvrtnje u mm
do 6	-	0,03
6 -10	-	0,04
10 -15	0,15	0,04
15 -18	0,15	0,04
18 -30	0,20	0,05
30 -50	0,25	0,06
50 -80	0,30	0,08
80 -100	0,35	0,09

RAZVRTAČI SA KOSOM REZKOM IVICOM

U novije vreme su se pojavili razvrtači sa specijalnom reznom geometrijom koja omogućava niz prednosti u odnosu na standardne razvrtače. Prednost primene ovih razvrtača je višestruka i ogleda se kroz:

- povećanu produktivnost alata za razvrtnanje,
- visoku geometrijsku tačnost obrađivanih otvora,
- visok kvalitet obrađene površine,
- visoka postojanost alata,
- razvrtnuta površina otvora se ne može oštetiti strugotinom jer se strugotina potiskuje ispred razvrtača,
- pogodni su za nanošenje prevlaka pošto kod naknadnog preoštravanja sve ledne površine ostaju prevučene.

Na slici 11. dat je šematski prikaz ovog tipa razvrtača.

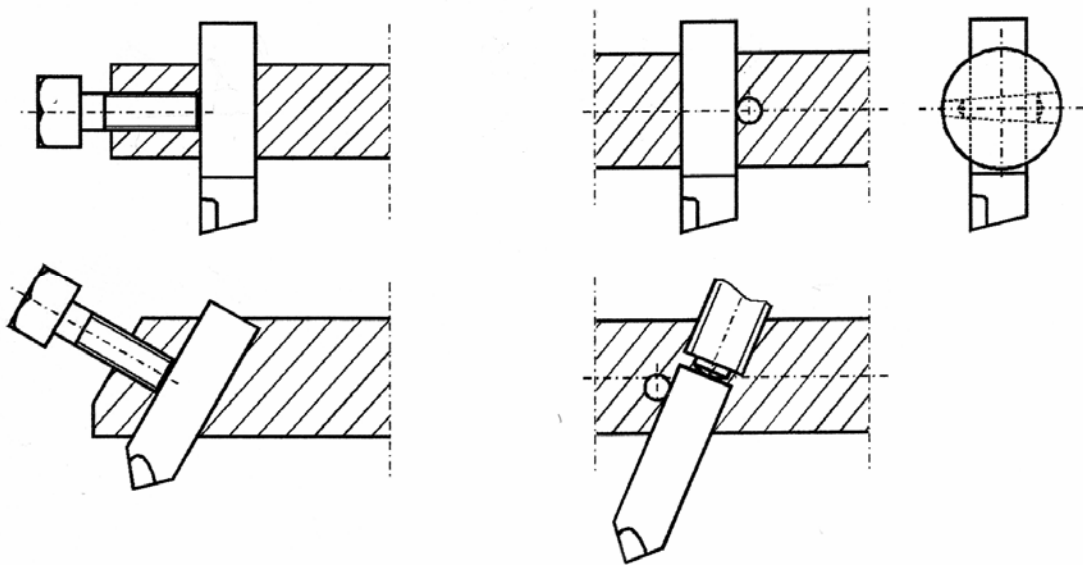


Slika 11. - Razvrtač sa kosom reznom ivicom

ALATI ZA PROŠIRIVANJE – RAZBUŠIVANJE

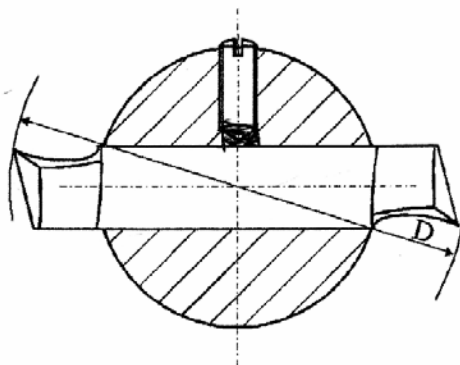
Proširivanje otvora na strugovima, revolver strugovima, bušilicama i mašinama za proširivanje vrši se različitim vrstama alata. U starije, i uslovno rečeno, prevaziđene konstrukcije spadaju: noževi za proširivanje, pločasti noževi, podešljivi noževi i starije konstrukcije glava za proširivanje. Proširivanje se takođe izvodi i različitim vrstama specijalnih i kombinovanih alata.

Na slici 12. prikazana je starija konstrukcija alata za proširivanje. Odlikuje ih niska produktivnost, pa se zbog toga primenjuju samo u uslovima pojedinačne i maloserijske proizvodnje.



Slika 12. – Šematski prikaz starije konstrukcije alata za proširivanje

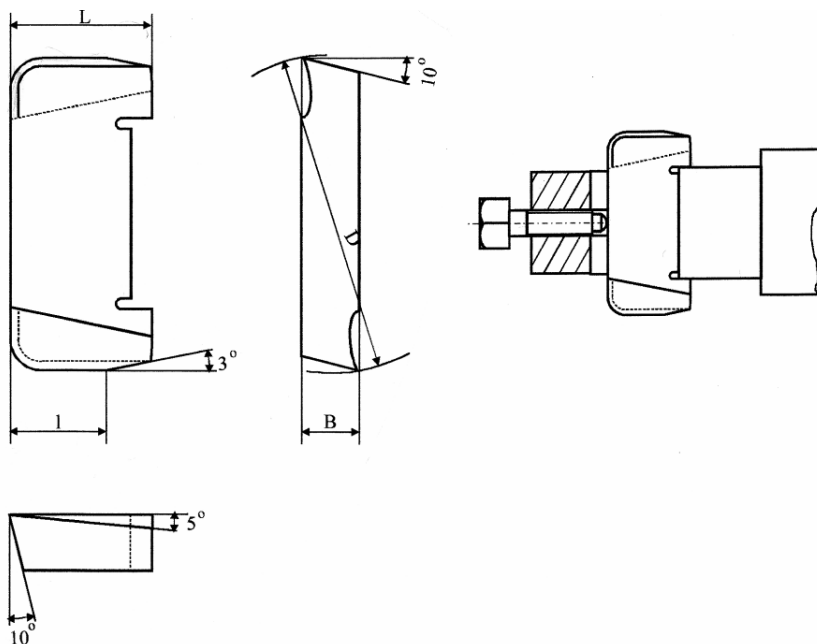
Na slici 13. dat je šematski prikaz starije konstrukcije dvostranog noža za proširivanje.



Slika 13.- Dvostrani nož za proširivanje

Dvostrani noževi (slika 13.) bolje obezbeđuju geometrijski oblik i dimenzije otvora i veću otpornost na vibracije, ali im se usled habanja brzo smanjuje radijalna dimenzija pa zbog toga nisu dobili širu primenu.

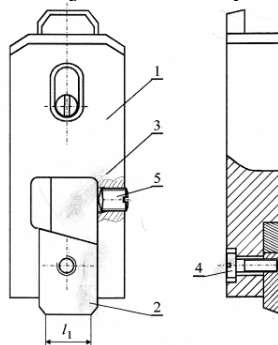
Za prethodno i završno proširivanje otvorenih i zatvorenih otvora prečnika preko 40 mm postoje i starije konstrukcije pločastih noževa (slika 14.).



Slika 14. – Pločasti noževi

Oni režu pretežno čeonim sečivima. Brušenje (oštrenje) pločastih noževa uglavnom se vrši sa strane čeonih sečiva. Na ovim noževima moguće je izvesti veći broj oštrenja a da se pri tome ne menja dimenzija prečnika.

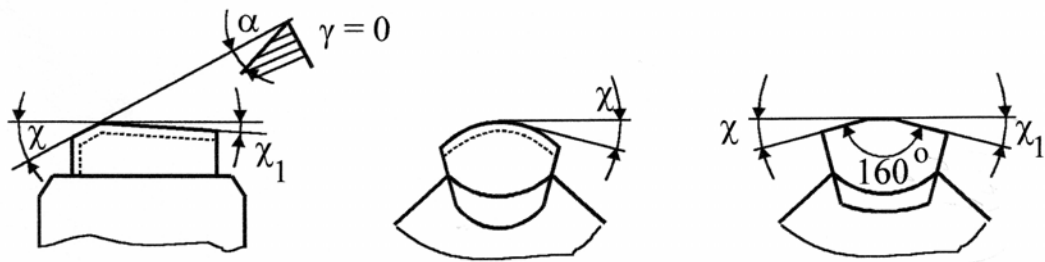
Za završnu obradu otvora primenjivale su se ranije i konstrukcije podešljivih noževa za prečnike od 25-600 mm. Po svojoj geometriji ovi noževi su slični pločastim noževima. Jedna od složenijih konstrukcija podešljivih noževa prikazana je na slici 15.



Slika 15. – Podešljivi noževi

Ovi podešljivi noževi se sami centriraju u prethodno obrađenom otvoru i skidaju dodatak za obradu u granicama 0,2-1 mm po prečniku. Ovim alatima se može podesiti preciznost obrade i do 0,01 mm.

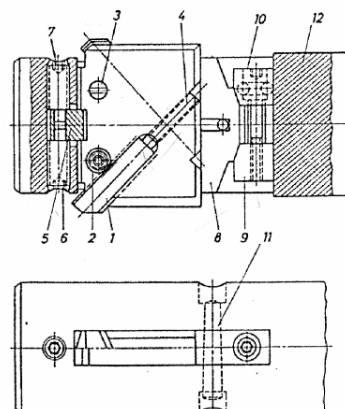
Za fino proširivanje primenjuju se noževi sa dijamantskim vrhom i noževi sa pločicom od tvrdog metala. Dijamantski noževi se koriste za obradu obojenih metala i legura, a noževi sa pločicom od tvrdog metala za obradu livenog gvožđa i čelika. Na slici 16. prikazani su geometrijski parametri dijamantskih oštrica.



Slika 16. – Geometrijski parametri dijamantskih oštrica

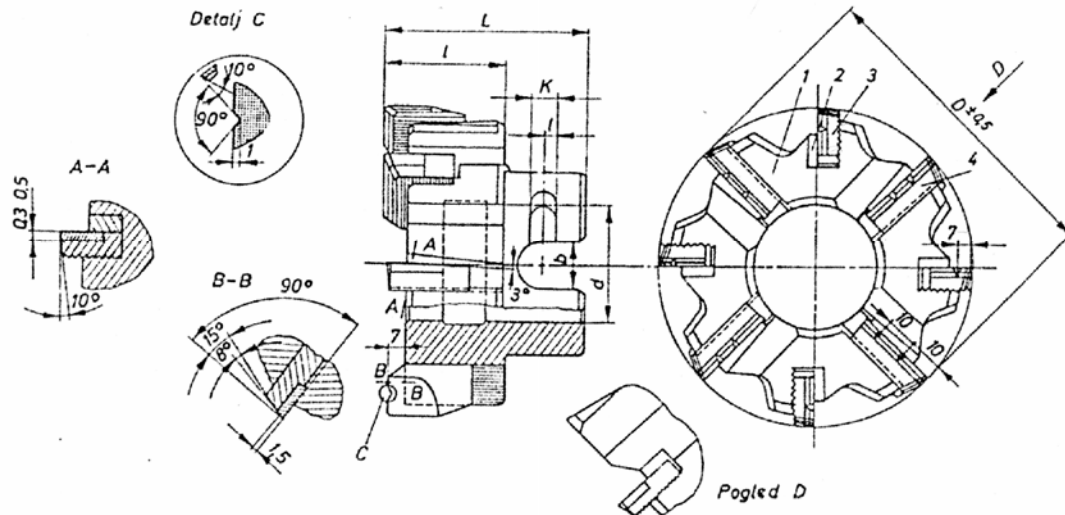
Srednja postojanost dijamantskih noževa iznosi 40-50 časova, a noževa od tvrdog metala 4-8 časova. Nedostatak dijamantskih noževa je njihova visoka cena i velika krtoš. Obrada ovim alatima izvodi se pri velikim brzinama rezanja i malim vrednostima koraka i dubine rezanja ($V=1000$ m/min, $S=0,02 - 0,12$ mm/0, $\delta=0,05-0,3$ mm.)
 Rezni elementi od dijamanta se isključivo mehaničkim putem pričvršćuju za nosače alata.

Blokovi za proširivanje spadaju u starije tipove alata za proširivanje. Primenuju se za prethodnu i završnu obradu na otvorima. Blok za proširivanje (slika 17.) sastoji se od tela 12 i dva dijametralno raspoređena noža (1) koji se pričvršćuju u žljebove zavrtnjem (3) i podmetačem (2). Blok se sa stegnutim noževima centrira u nosač za bušenje klinom (5) a zatim se sve učvršćuje mehanizmom koji se sastoji od klina 10 i 11 i pločice 8. Čivija 11 obezbeđuje pločicu 8 od ispadanja iz nosača za bušenje.



Slika 17. – Šematski prikaz bloka za proširivanje

Za proširivanje otvora primenjuju se u velikoj meri i glave za proširivanje (slika 18 i 19). Glave za proširivanje postavljaju se u posebne nosače. Rezne pločice su pričvršćene za telo najčešće mehaničkim putem (rastavljiva veza).



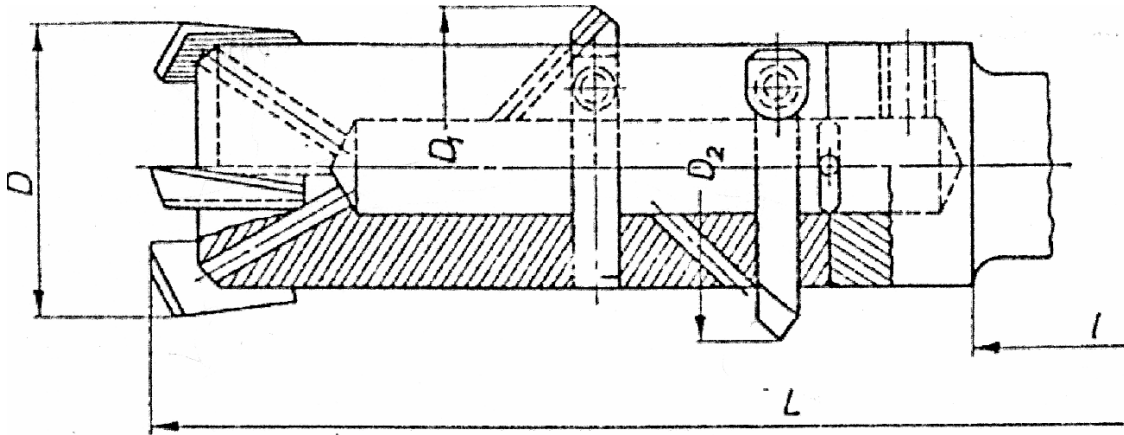
Slika 18. – Stariji tip glave za proširivanje



Slika 19. – Noviji tip glave za proširivanje

Konstruktivne mere glava za proširivanje i njihovih nosača mogu se naći u katalozima proizvođača alata ove vrste.

Na slici 20. prikazan je stariji tip konstrukcije alata za proširivanje višestepenih otvora. Ovi alati primenjuju se za prethodno i završno proširivanje i omogućavaju istovremeno izvođenje više zahvata.



Slika 20. – Kombinovani alat za proširivanje

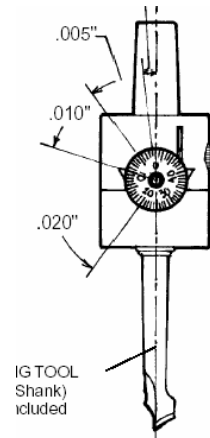
Proširivanje prvog stepena (slika 20.) izvodi se prednjim delom alata koji predstavlja glavu sa 4 noža. Proširivanje drugog i trećeg stepena vrši se noževima za proširivanje. Kroz otvore izrađene na nosaču alata dovodi se do reznih elemenata sredstvo za hlađenje i podmazivanje.

Na slici 21. prikazane su samo neke od savremenih alata za proširivanje otvora.



Slika 21. – Savremene konstrukcije alata za proširivanje (razbušivanje)

Na slikama 22 i 23 prikazane su savremene konstrukcije podešljivih alata za proširivanje (razbušivanje). Ovi alati, zahvaljujući specijalnim mehanizmima omogućavaju veoma precizno zauzimanje položaja noža i visok kvalitet obrađene površine.



Slika 22. – Šematski prikaz podešljivog alata za proširivanje



Slika 23. – Fotografski prikaz podešljivih alata za proširivanje

PITANJA

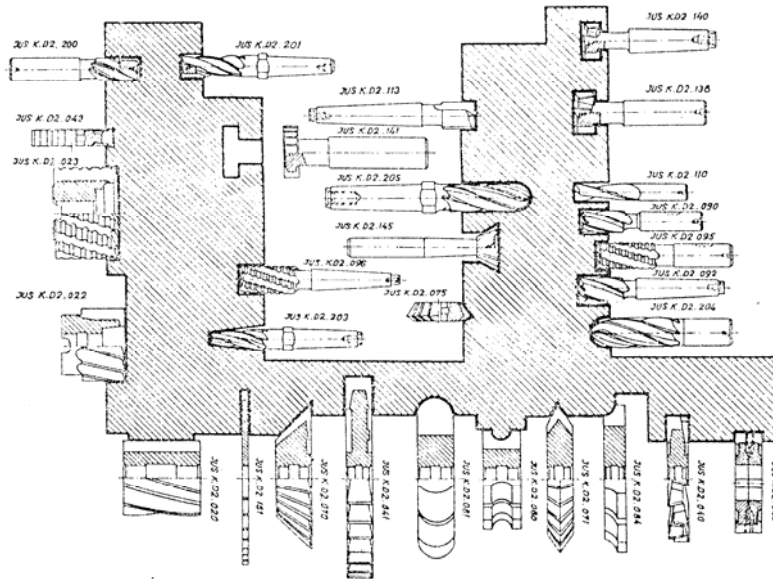
1. Osnove procesa proširivanja – šta karakteriše proces?
2. Podela i standardizacija upuštača
3. Konstruktivni elementi i geometrija proširivača
4. Osnove procesa razvrtnja – šta karakteriše proces?
5. Podela i standardizacija razvrtača
6. Ručni razvrtači
7. Mašinski razvrtači – osnove i geometrija
8. Određivanje prečnika razvrtača
9. Broj zuba razvrtača
10. Alati za proširivanje (razbušivanje)

XI

Alati u obradi glodanjem

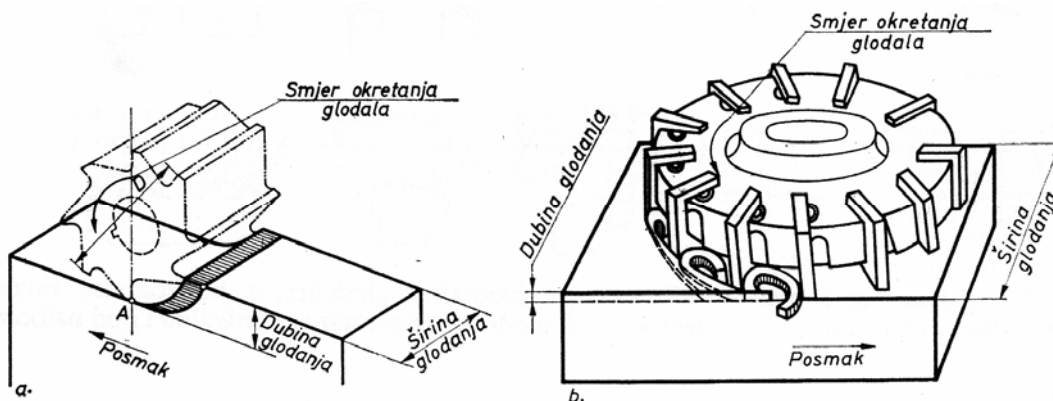
XI. ALATI U OBRADI GLODANJEM (GLODALA)

Glodala su višesečni alati namijenjeni za obradu ravnih, zakrivljenih, stepenastih površina obrađenog profila, žljebova, proreza itd. Usavršavanjem oblika glodala i prilagođavanjem rezne geometrije uslovima rada, može se postići visoka produktivnost obradnih procesa. Glodanjem se postiže širok dijapazon kvaliteta obrađene površine, posebno primenom grubog i završnog (finog) glodanja. Na slici 1. prikazane su neke od operacija i alata u obradi glodanjem.



Slika 1. - Operacije i alati u obradi glodanjem

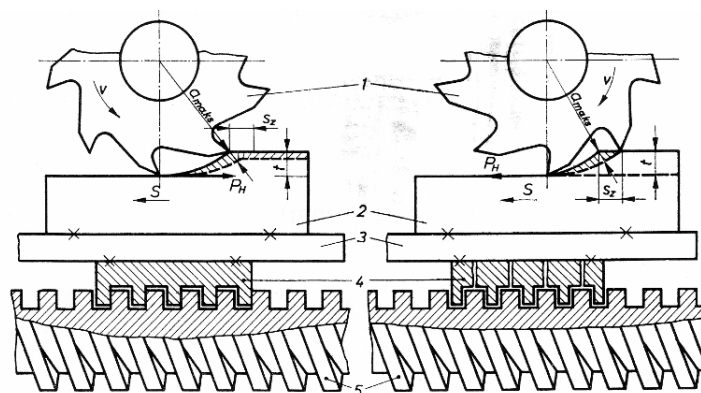
Proces obrade glodanjem izvodi se na horizontalnim i vertikalnim mašinama – glodalicama (slika 2.- a,b).



Slika 2.(a,b)- Šematski prikaz obimnog i čeonog glodanja

PROCES OBRADE I VRSTE GLODANJA (ISTOSMERNO I SUPROTNOSMERNO GLODANJE)

Operacija glodanja je složena vrsta obrade koja se izvodi obimnim i čeonim glodanjem. Pri obradi glodanjem alat izvodi glavno obrtno kretanje dok predmet obrade izvodi pomoćno pravolinijsko kretanje. Na izlazne parametre procesa obrade, pored ostalog veliki značaj ima vrsta glodanja (istosmerno ili suprotnosmerno glodanje). Suprotnosmerno glodanje je znatno više zastupljeno u praksi i pored toga što se istosmernim glodanjem postiže bolji kvalitet obrađene površine i veća postojanost alata. Razlozi veće primene suprotnosmernog glodanja u odnosu na istosmerno, jednim delom, su sadržani u problemima vezanim za alatnu mašinu. Na slici 3. prikazana je šema istosmernog i suprotnosmernog glodanja.



Slika 3. – Šematski prikaz suprotnosmernog i istosmernog glodanja.

Pri suprotnosmernom glodanju vertikalna komponenta sile glodanja teži da predmet obrade podigne iz steznog pribora, što nije slučaj kod istosmernog glodanja. Nedostatak istosmernog glodanja najvećim delom je sadržan u promeni smera prenosa sile kod zavojnog vretena prenosnika za pomoćno kretanje, što je posebno bilo izraženo kod glodalica starijeg tipa (nedostatak uređaja za eliminisanje zazora). Istosmerno glodanje, u principu karakteriše povoljniji oblik oscilovanja zuba glodala što se pozitivno odražava na kvalitet obrađene površine i postojanost alata. U principu, istosmerno glodanje posebno treba koristiti u operacijama završne obrade.

PODELA I STANDARDIZACIJA GLODALA

Podela glodala može se izvršiti po više osnova. U osnovi glodala se mogu podeliti na standardna i specijalna pri čemu i jedna i druga mogu biti izrađena od brzoreznog čelika i sa zalemljenim ili mehanički pričvršćenim pločicama od tvrdog metala. Prema načinu pričvršćivanja na alatnu mašinu razlikuju se glodala sa drškom i glodala sa otvorom. Glodala sa drškom mogu biti cilindrična, konična i profilna glodala sa valjkastom i Morze koničnom drškom. Glodala sa otvorom za pričvršćivanje na alatnu mašinu mogu biti valjkasta, koturasta, čeona, ugaona, polukružna i glodala složenog profila.

Prema načinu izrade zuba glodala mogu biti:

- sa glodanim zubima,
- sa podstruganim zubima kod kojih se žljeb dobija glodanjem, a konačan oblik profila zuba glodala podstrugivanjem na strugu za leđno struganje ili brušenjem (podbrušivanjem) na namenskim brusilicama,

- sa brušenim profilom zuba iz punog materijala (izrada vretenastih glodala do prečnika od 25mm) i
- sa zalemljenim ili mehanički izmenljivim zubima.

Prema obliku zuba glodala mogu biti:

- sa pravim zubima, kod kojih su rezne ivice zuba paralelne sa osom glodala,
- sa ukrštenim zubima, kod kojih su rezne ivice zuba naizmenično nagnute na jednu ili drugu stranu u odnosu na osu glodala i
- sa zavojnim zubima gde se zubi uvijaju pod određenim uglom uspona zavijnice.

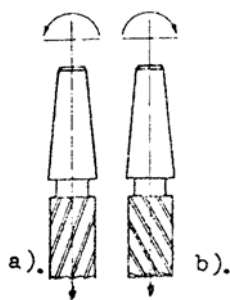
Prema izradi zavojnih žljebova, glodala mogu biti:

- sa desnim zavojnim žljebovima i
- sa levim zavojnim žljebovima.

Prema smeru obrtanja glodala mogu biti:

- desnorezna, ako se obrću u smeru obrtanja kazaljke na satu, posmatrajući od mesta uklještenja (stezanja) u vreteno mašine i
- levorezna, koja se obrću u suprotnom smeru.

Istovremeno i smer žljebova može biti desni ili levi. Ovo je veoma značajno za rad glodala. U slučaju rada desnoreznog glodala zavojnica može biti desna (slika 4.) pri čemu je ugao rezanja povoljniji, a aksijalna komponenta otpora rezanja teži da izvuče glodalo iz ležišta. Kod desnoreznog glodala sa levom zavojnicom ugao rezanja nije povoljan ali glodalo vrši pritisak na vreteno alatne mašine.



Slika 4. - Levi i desni smer zavojnice zuba

IZBOR GRUPE PRIMENE GLODALA

Starim JUS K.A2.013 uveden je „novi“ pojam, izbor grupe primene glodala. Osnovne grupe primene glodala, a koje se odnose i na ostale alate su sledeće:

- grupa primene glodala N za obradu najčešće primenjivanih materijala, pri stvaranju trakaste strugotine,
- grupa primene glodala T za obradu tvrdih i žilavih materijala, pri stvaranju kratke strugotine i
- grupa primene glodala M za obradu mekih i žilavih materijala, pri stvaranju duge strugotine.

Posebna grupa alata, novouvedena samo za glodala za grubu obradu je:

- grupa primene glodala NF i TF, za glodala sa ravnim profilom lomača strugotine (slika 5a.) i
- grupa primene glodala NR i TR, za glodala sa zaobljenim profilom lomača strugotine (slika 5b.).

Izbor grupe glodala odnosno oblika lomača strugotine vrši se u zavisnosti od materijala predmeta obrade, prema preporukama koje se mogu naći u odgovarajućoj literaturi.



Slika 5. - Oblik profila lomača strugotine

IZBOR SPOLJAŠNJEG PREČNIKA GLODALA

Spoljašnji prečnik glodala je veoma važan parametar jer utiče na izbor broja zuba glodala, njihov oblik kao i na izbor veličine otvora ili drške za postavljanje glodala u vretenište alatne mašine. Prednosti primene glodala većeg prečnika su sledeća:

- mogućnost primene vretena većeg prečnika, a u vezi sa tim i mogućnost izvođenja procesa obrade pri većim opterećenjima,
- mogućnost boljeg smeštaja zubaca i većeg broja zubaca,
- poboljšanje uslova za odvod toplote i
- obrada sa manjim brojevima obrtaja glodala.

Nedostatci većeg prečnika su sledeći:

- povećana potrošnja brzoreznog čelika,
- veća angažovana snaga mašine i
- veća cena glodala.

Prema literaturnim podacima postoje preporuke da treba birati što je moguće manji prečnik glodala. Međutim, problematika izbora prečnika glodala je znatno kompleksnija pa je, s tim u vezi, prečnik glodala poželjno birati u zavisnosti od parametara koji definišu konkretnu proizvodnu operaciju.

PREČNIK OTVORA ZA VRETENO MAŠINE

Veličina ovog prečnika se usvaja u zavisnosti od prečnika i konstrukcije glodala kao i od širine i dubine rezanja. Žljeb za klin kod glodala može biti postavljen radijalno ili čeono, što zavisi od vrste glodala. Čeoni žljeb se primenjuje kod konstrukcija koje služe za tešku obradu ili gde je debljina tela glodala ograničena.

BROJ ZUBA GLODALA

Broj zuba glodala određuje se u zavisnosti od vrste obrade, režima rezanja (posmak, broj obrtaja,..), prečnika glodala i broja zuba u zahvatu. Za standardna glodala definisana starim JUS standardom broj zuba glodala daje se u odgovarajućim tabelama. U principu teži se manjem broju zuba radi povećanja prostora za smeštaj strugotine. Na broj zuba glodala utiče i materijal predmeta obrade i zahtevani kvalitet obrađene površine. Pri obradi čelika manje zatezne čvrstoće, lakih i obojenih metala preporučuju se glodala sa manjim brojem zuba. Veoma tvrdi legirani čelici obrađuju se, prvenstveno, krupnozubim glodalima. Kod manjih dubina glodanja i povećanim zahtevima za kvalitetom obrađene površine primenjuju se sitnozuba glodala.

Kod glodala sa pravim zubima, broj zuba u zahvatu računa se iz uslova da minimalno dva zuba budu u zahvatu, što se može izraziti konačnom formulom:

$$Z \geq \frac{2 \cdot 360^\circ}{\arccos\left(1 - \frac{2 \cdot \delta}{d}\right)}, \text{ gde je: } \delta - \text{ dubina rezanja i } d - \text{ pre\u010dnik glodala.}$$

Kod glodala sa zavojnim zubima broj zuba se odre\u010duje u zavisnosti od pre\u010dnika glodala, \u0161irine glodanja i ugla uspona zavojnice, preko obrasca:

$$Z = \frac{C \cdot \pi \cdot \text{ctg}\omega}{B}, \text{ gde je } C \text{ ceo broj (} C = 1, 2, 3, \dots \text{).}$$

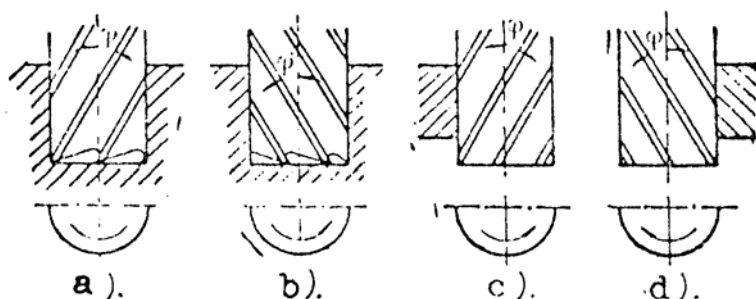
Ceo broj zuba Z dobija se izborom odgovaraju\u0107eg ugla uspona zavojnice. Izlo\u017eeni prora\u010dun se odnosi na namenski konstruisana glodala (specijalna glodala) iz razloga \u0161to je ugao uspona zavojnice kod standardnih glodala fiksirana (standardizovana) vrednost.

UGAO USPONA ZAVOJNICE ZUBA

Glodala sa pravim zubima karakteri\u0161e nemiran rad, \u010dak i kada je ve\u0107i broj zuba u zahvatu. Za miran rad glodala, odnosno mali nivo vibracija posebno je va\u017eno da pri izlasku jednog zuba iz zahvata drugi zub ulazi u zahvat, \u0161to se posti\u017ee glodalima sa zavojnim zubima. Zavojni zubi izazivaju aksijalne otpore rezanja. U cilju uravnote\u017eenja ovih otpora pri $\omega \geq 45^\circ$ nasadna valjkasta glodala se konstrui\u0161u kao garniture od dva glodala sa razli\u010ditim smerom zavojnih zuba. Veli\u010dine uglova nagiba zavojnice daju se u odgovaraju\u0107im tabelama, u zavisnosti od grupe primene glodala (N, M, T) i vrste standardnih glodala.

SMER USPONA ZAVOJNICE ZUBA

Smer uspona zavojnice zuba se usvaja u zavisnosti od konkretnih uslova rada. Na primer, pri glodanju \u017eljebova sa desnim smerom obrtanja glodala (desnorezno glodalo) usvaja se desni smer zavojnice zuba, a pri levom smeru obrtanja glodala (levorezno glodalo) usvaja se levi smer zavojnice zuba. U oba slu\u010daja strugotina se odvodi ka dr\u0161ci glodala odnosno izbacuje se iz \u017eljeba (slika 6a. i 6b.). Pri glodanju vretenastim glodalima na vertikalnim glodalicama primenjuju se desnore\u017eu\u0107a glodala sa levim smerom zavojnice zuba, ili levore\u017eu\u0107a glodala sa desnim smerom zavojnice zuba (slika 6c. i 6d.). Za glodala na horizontalnim glodalicama primenjuju se valjkasta glodala sa levim smerom zavojnice \u017eljeba kod desnoreznih ili glodala sa desnim smerom zavojnice zuba kod levoreznih glodala. Ovakav izbor glodala vr\u0161i se da bi aksijalna komponenta otpora rezanja delovala u pravcu u\u010dvr\u0167enja glodala (vretena ma\u0161ine).



Slika 6. - Ugao uspona zavojnice i smer obrtanja glodala

OBLIK ZUBA GLODALA

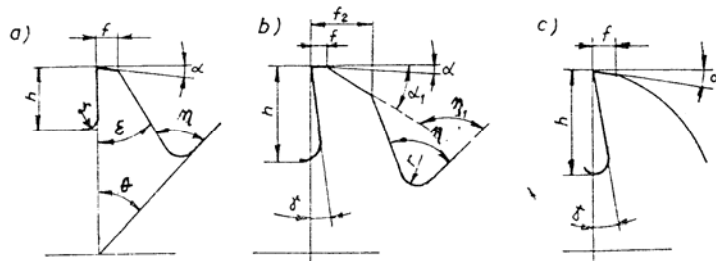
Oblik zuba glodala odnosno profil žljeba treba da omogući:

- dovoljnu čvrstoću zuba glodala,
- dovoljan prostor za pravilno smeštanje i odvođenje strugotine i
- potreban prostor za priliv sredstva za hlađenje i podmazivanje.

Način izrade zuba glodala zavisi od više parametara od kojih su najbitniji zahtevi po pitanju kvaliteta obrađene površine, broj zuba glodala, ugao uspona zavojnice i raspoloživa oprema za izradu glodala (raspoložive mašine). Zubi glodala, kako je rečeno, mogu biti izrađeni:

- glodanjem,
- podstrugivanjem,
- brušenjem iz punog materijala i
- kao zalemljeni ili mehanički izmenljivi.

Na slici 7. prikazani osnovni oblici profila zuba (međuzublja) glodala.



Slika 7. - Osnovni oblici profila zuba i međuzublja glodala

Oblik zuba prikazan na slici 7a. jednostavan je za izradu ali ga karakteriše nedovoljna čvrstoća zuba. Oštrenje ovakvog oblika zuba vrši se po grudnoj i leđnoj površini. U slučaju preoštravanja samo po leđnoj površini zuba dolazi do smanjenja dubine žljeba a time se smanjuje i prostor za odvod strugotine. Vek trajanja ovakvih zuba nije veliki jer nije moguće vršiti veći broj preoštravanja. Glodala sa ovakvim zubima predviđena su za lakše uslove rada, ili teže uslove rada ali pri manjim širinama glodala.

Pri obradi koju karakterišu teži radni uslovi primenjuje se oblik zuba prikazan na slici 7b. koji predstavlja ojačani oblik zuba, aproksimativno blizak parabolničnom profilu.

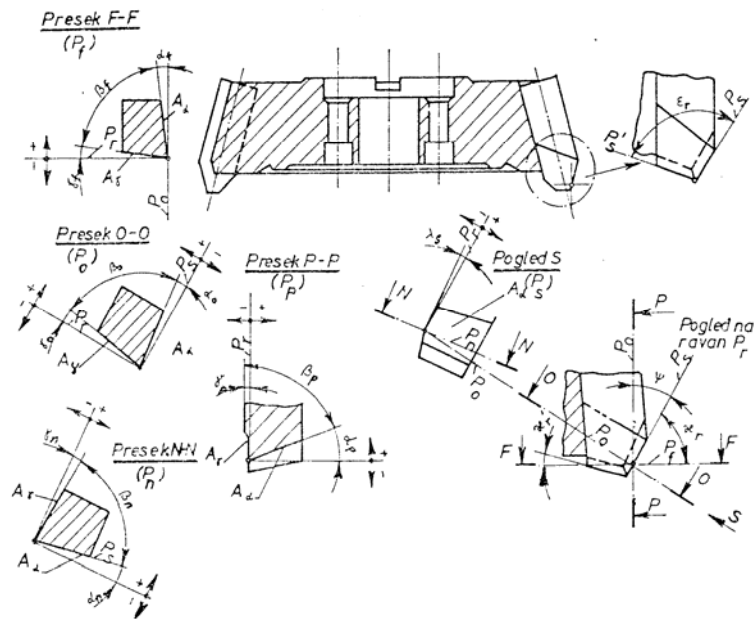
Oblik zuba prikazan na slici 7c. ima profil leđne površine oblika parabole. Na taj način dobija se profil zuba potpunog iskorišćenja u pogledu čvrstoće. Ovaj oblik je najracionalniji ali se zbog složenosti izrade i lošijeg kvaliteta leđne površine zuba primenjuje najčešće kod profilnih glodala. Glodala izrađena sa ovakvim profilom zuba oštire se, najčešće, samo po grudnoj površini, što je jedan od nedostataka ovog oblika zuba.

Proračun elemenata geometrije međuzublja prikazanih profila i izbor potrebnih parametara može se naći u odgovarajućoj literaturi (najčešće u internim standardima proizvođača određene vrste glodala).

REZNA GEOMETRIJA GLODALA

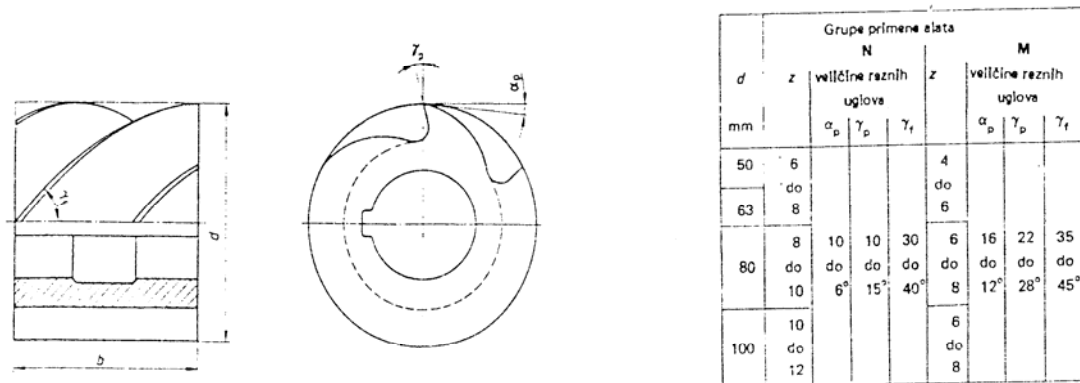
Rezna geometrija standardnih glodala bira se u zavisnosti od vrste glodala i grupe primene glodala (N, M, T, NF i NR) koju definiše i stari standard JUS K. A2. 013.

Na slici 8. prikazani su geometrijski parametri (uglovi) preko kojih se prema standardu JUS K. A2.010 definiše geometrija glave za glodanje.

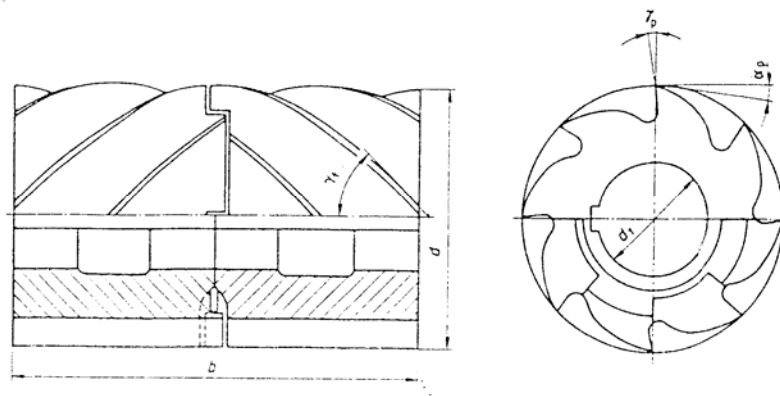


Slika 8. - Definisane geometrije zuba glave za glodanje prema JUS K.A2.010

Na slikama 9.- 12. prikazana je geometrija nekih od standardnih glodala i preporučene vrednosti odgovarajućih uglova.

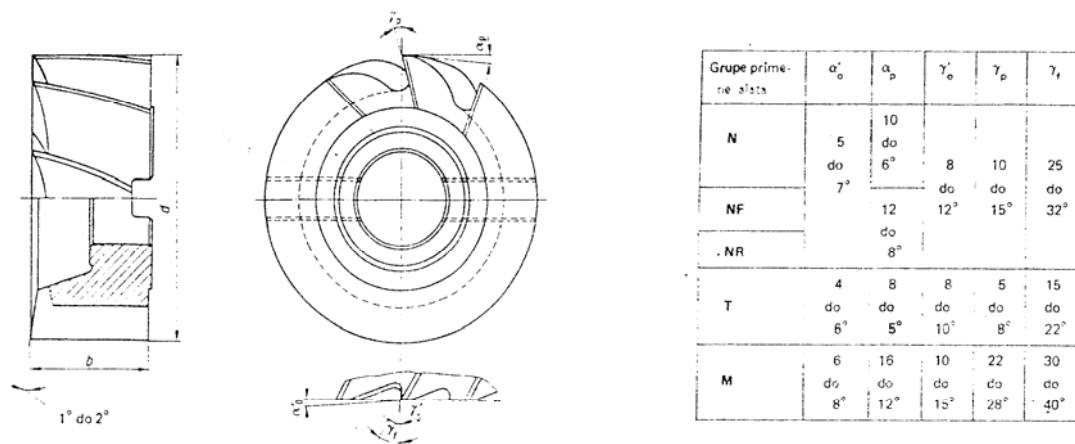


Slika 9. - Geometrija valjkastog glodala (JUS K.D2.019)

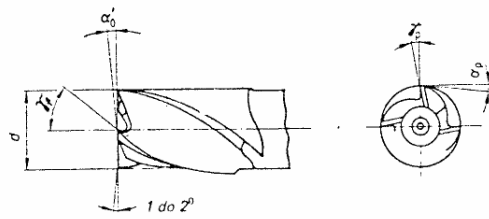


d	z	Rezni uglovi		
		α_p	γ_p	γ_f
80	8 do 10	10 do 6°	10 do 15°	30 do 40°
100	10 do 12			
125	12 do 14			
160	14 do 16			

Slika 10. - Dvodelno valjkasto glodalo (JUS K.D2.026)



Slika 11. - Čeono nasadno glodalo sa poprečnim žljebom (JUS K.D2.027)

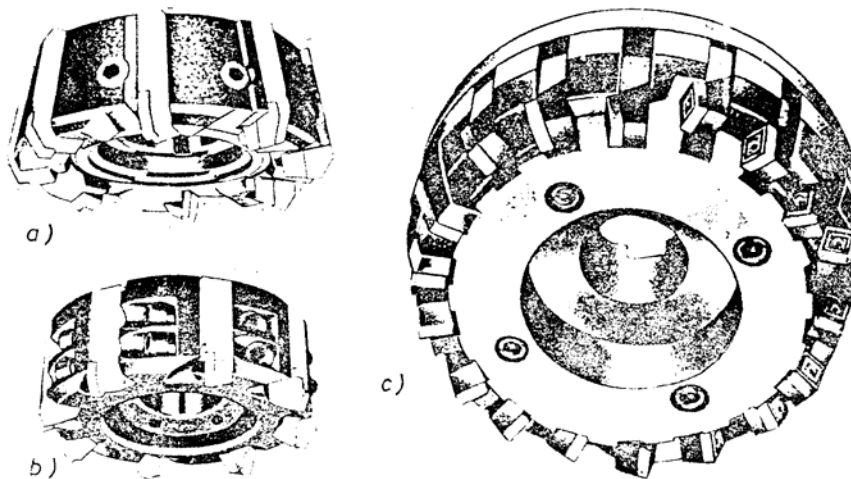


Nazivni prečnik d mm		Broj zubaca z	Veličina reznih uglova			
iznad	do		α_0'	α_p za grupu primene N NR, NF	γ_p	γ_f
30	37,5	4 do 6	4 do 8°	12 do 8°	10 do 15°	22 do 32°
37,5	52	6 do 8		12 do 8°		
53	85	8 do 10		10 do 6°		

Slika 12. - Vretenasto glodalo sa koničnom drškom (JUS K.D2.094)

Grudni ugao γ , ledni ugao α , ugao nagiba zavojnice i ostali uglovi zavise, prvenstveno, od vrste glodala i materijala predmeta obrade, što podrazumeva grupa primene glodala. Pri manjim vrednostima uglova γ i α dolazi do povećanja otpora rezanja dok njihova veća vrednost dovodi do slabljenja rezne ivice i povećanog habanja alata. Veličine ovih uglova usvajaju se prema standardu ili ih, u zavisnosti od uslova obrade, definišu proizvođači alata.

Za obradu ravnih površina, žljebova, površina sa nagibom i sl. u većini slučajeva se može izabrati standardno glodalo. Posebno ako se ima u vidu veliki broj različitih vrsta glodala sa mehanički pričvršćenim pločicama od tvrdog metala (glodačke glave i slični alati). Na slici 13. je prikazana visokoproduktivna glodačka glava sa izmenljivim pločicama od tvrdog metala.



Slika 13. - Glodačka glava sa izmenljivim pločicama od tvrdog metala

Pri obradi ravnih površina velike širine, posebno kada se teži visokoj proizvodnosti, primenjuju se različiti oblici glava za glodanje. Glave za glodanje su alati koji se sastoje iz tela alata u koje se,

najčešće, mehaničkim putem ugrađuju izmenljive pločice od tvrdog metala. Postoji veliki broj konstruktivnih rešenja glava za glodanje i načina vezivanja reznih elemenata (pločica tvrdog metala) u telo glave. Detaljnije informacije o ovim alatima (oblik, konstrukcija, preporuke i sl.) mogu se naći u katalozima i dokumentaciji proizvođača ove vrste alata. Pored glodačkih glava postoji ogroman broj vrsta alata (glodala) čiji su rezni elementi izrađeni od tvrdog metala (vretenasna glodala, koturasta glodala, valjkasta glodala i sl.). Detaljnije informacije o ovim alatima, takođe, se mogu naći u odgovarajućoj literaturi, katalozima i dokumentaciji proizvođača alata.

SAVREMENI- „STANDARDNI“ ALATI U OBRADI GLODANJEM

Razvoj konstrukcija alata i alatnih materijala zadnjih godina doživeo je punu ekspanziju i u oblasti alata za obradu glodanjem. Savremene uslove proizvodnje u obradi glodanjem sve više karakteriše:

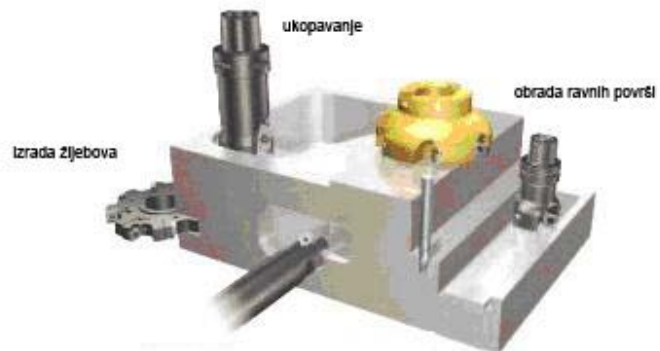
1. Velika primena glodala izrađenih kompletno od tvrdog metala i sa različitim vrstama prevlaka (glodala manjeg prečnika),
2. Velika primena glodala sa mehanički izmenljivim pločicama različite geometrije,
3. Različite specijalne konstrukcije glodala namenjene za posebne uslove rada

Na slici 14. prikazane su neke od operacija obrade glodanjem sa savremenim alatima.

Profilno glodanje gruba obrada



Obrada aluminijuma predhodna obrada



SANDVIK
CORONA 100

Slika 14. Obrada savremenim alatima

Tabela 1. Preporuke za izbor glodala (SANDVIK)

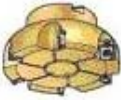
















Glodanje ravnih i ugaonih površi, profilno glodanje i glodanje žljebova


	CoroMill® 245 Page D13	CoroMill® 290 Page D25	CoroMill® 365 Page D29	CoroMill® 390 Page D32 Page D34	
Cutting depth (a _p), mm dubina rezanja	6 / 10	10.7	6	10 / 15.7	36 - 85
D _i	D _i 50 - 250 mm D _i 32 - 80 mm	D _i 50 - 250 mm D _i 40 - 63 mm	D _i 50 - 160 mm	D _i 40 - 200 mm D _i 12 - 42 mm	D _i 32 - 200 mm
Material	P M K N S H	P M K H	K	P M K N S H	P M K N S H
Face milling ravne površi	*** *** **	*** ** *	*** **	*** ** **	*
Shoulder milling ugaone površi		*** ** **		*** *** ***	***
Profile milling profilno glodanje				* *** ***	
Slot milling glodanje žljebova Others		*		** ***	**
Continued ...	<p>*** = Very good General face milling ravne površi</p> <p>** = Good Intermittent machining Isprekidane površi</p> <p>* = Fair Long overhang</p> <p> Thin walls tanki zidovi</p> <p> Back facing</p> <p> General shoulder milling ugaone površi</p>				


D 6




Nastavak


	CoroMill® Century	CoroMill® 790	Coromant Finishing Long Edge Cutter
	Page D20 	Page D45 	Page D48 
Cutting depth (a_p), mm dubina rezanja	0.2 - 10	12, 18	100 - 150
D_c	D_c 40 - 200 mm	D_c 25 - 100 mm	D_c 50 - 80 mm
Material	N	N	P M N S H
 Face milling ravne površi		 ..	 .
 Shoulder milling ugaono glodanje			 ...
 Profile milling profilno glodanje			
 Slot milling izrada žljeba		 ..	 ..
Others		 .	
Continued ...			


 Repeated shoulder milling
ugaono glodanje


 Deep slotting
duboki žljebovi

 Ramping
koso glodanje

 Slotting
izrada žljeba

 Axial / plunge milling
aksijalno glodanje

 Helical interpolation
zavojno glodanje

 Edging / contouring
poravnavanje

 Profiling
profilno glodanje

SANDVIK
CORONA

Nastavak

	CoroMill® 200 Page D68	CoroMill® 300 Page D61	CoroMill® 210 Page D50	CoroMill® Ball Nose Page D54	CoroMill® Ball Nose Finishing Page D58
Cutting depth (a_p), mm dubina rezanja	5 / 6 / 8 / 10	2,5 / 3,5 / 4 / 5 / 6 / 8	1.2 / 2	8.6 – 44.6	1.2 – 4.5
D_c	D_c 25 – 50 mm D_c 50 – 160 mm	D_c 10 – 42 mm D_c 25 – 125 mm	D_c 25 – 100 mm	D_c 10 – 50 mm	D_c 8 – 32 mm
Material	P M K N S H	P M K N S H	P M K S H	P M K	P M K N S H
Face milling ravne površi	** *** **		*** *** ***		
Shoulder milling ugaone površi	*		**		
Profile milling profilne površi	** *** ***	*** *** ***	* ** ***	*** *** ***	*** * *
Slot milling zjebovi	*	**	*	*	*
Others	*	*	**	*	*

Continued ...

*** = Very good

** = Good

* = Fair

General face milling
glodanje ravnih površi

Intermittent machining
isprekidano

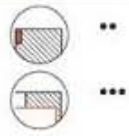
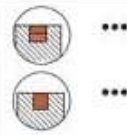
Long overhang

Repeated shoulder milling
ugaono

Deep shoulder milling
duboko ugaono

Edging / contouring
poravnavanje

Nastavak

	CoroMill® 331 Page D72 Adjustable	CoroMill® 331 Page D72 Fixed pockets	T-MAX Q-cutter Page D87	CoroMill® Plura Page D89
				
Cutting depth (a_p), mm dubina rezanja	6 – 33.8	6 / 8 / 10	2 – 6	0.2 – 90
D_c	D_c 80 – 315 mm	D_c 40 – 125 mm	D_c 80 – 315 mm	D_c 0.4-25 mm
Material	P M K N S H	P M K N S H	P M K N S H	P M K N S H
 Face milling ravne površi				
 Shoulder milling ugaone				
 Profile milling profilne				
 Slot milling žljebovi				
Others				
Continued ...				
 Back shoulder milling	 Ramping koso glodanje	 Slotting izrada žljeba		
 Axial / plunge milling akstijalno glodanje	 Helical interpolation zavojno glodanje	 Deep slotting izrada dubokog žljeba		
 Profiling profilno glodanje	 Peck drilling bušenje			

Nastavak

	T-MAX 45 Page D130	AUTO-R Page D139	AUTO-AF / FS Page D142
Cutting depth (a_p), mm dubina rezanja	12	6	1 / 8
D_c	D_c 100 – 400 mm	D_c 80 – 500 mm	D_c 80 – 500 mm
Material	P M K H	K	K
 Face milling ravne površi			
 Shoulder milling ugaone			
 Profile milling profile			
 Slot milling zjebovi Others			
Continued ...			

*** = Very good

** = Good

• = Fair



General face milling
ravno glodanje



Intermittent machining
isprekidano



General shoulder milling
ugaono

Tabela 2. – Preporuke izmenljivih pločica (SANDVIK)

Rezne pločice

CoroMill®								
								
APMT	R/L331.1A	N331.1A	R/L365	R/L590	RCHT	RCKT	R210	R216
30-50	04/05/08/ 11/14	04/05/08/ 11/14	15	11	10/12/16/20	10/12/16/20	09/14	10-50
Page	D56	D82	D30	D23	D70	D70	D52	D56

CoroMill®							T-MAX Q-cutter	
								
R216F	R245	R290	R290.90	R300	R390	R790	N151.2	330.20
8-32	12/18	12	12	5/7/8/10/12/ 16	11/17/18	16/22	2/3/4/5/6	2/2.5/3/4/5/ 6
Page	D60	D17	D27	D64	D41	D47	D68	D88


T-Max®			U-Max®			Long edge cutter		AUTO
								
BG-154.91	LNCX	331.91	R216.2	R216.2	R216.2	SPMT	LDTH	N260.8
3/5	18	3/5	08/10/17	15	07/09	12	15	12
Page	D137	D130	D137	D132	D132	D134	D146	D143







AUTO								
								
SBEN	SBEX	SDKX	SDMX	TNCN	TNEF	TNEN	TNHF	TNJN
12	12	15	15	12	12	12	12	12
Page	D146	D146	D148	D148	D140	D140	D140	D140

Rezne pločice

Inserts for other cutters							
							
CPEW	RCEW	RCMN	RCMW	RDHN	SCEW	SEER	SEKN
12	12/16/20	16/20	12	19	15	12	12/15
Page	D154	D154	D154	D154	D154	D151	D151

Inserts for other cutters							
							
SEKR	SNKN	SPEW	SPKN	SPKR-WH	SPMN	TCEW	TPKN
12	12	9/12	12/15/19	12/15	12/15/19	16/22	16/22
Page	D151	D152	D154	D152	D152	D153	D153

Inserts for other cutters							
							
TPKR	TPMN	009140	009370	190.1	194.1	BPEX	BPKX
16/22	16/22	12/15/19	9/10/12/16/ 19	9/12	9/12/15/19	15	15/19
Page	D153	D153	D155	D155	D155	D153	D153

Inserts for other cutters					
					
SEHN	SEMN	SNEX	SPAN	SPEX	SPKR
12	12	12	12	12/15/19	12/15/19
Page	D151	D151	D152	D152	D152

U narednom delu teksta (slike nisu numerisane) prikazan je veći deo savremenih alata koji se koriste u operacijama obrade glodanjem (izvod iz kataloga-SANDVIK).

CoroMill® 245

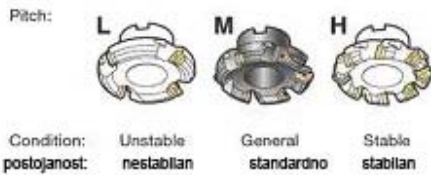
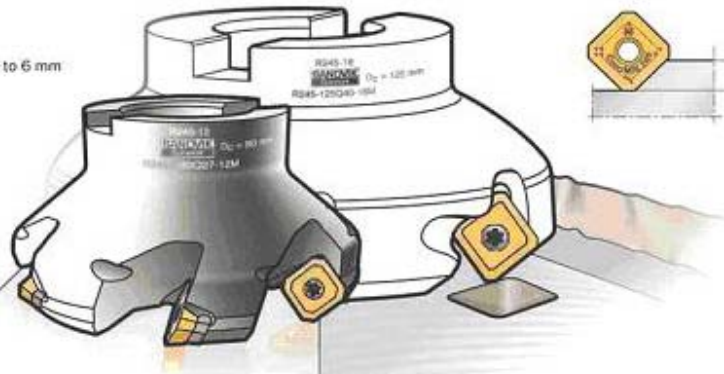
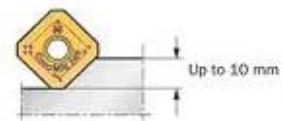
Light cutting face mills

A concept for highest metal removal and mirror finishing

glodala za ravne površi

Roughing to mirror finishing
Insert size -12 mm

Demanding milling with
highest security
Insert size -18 mm



ISO application areas:



Tailor Made

Tool options designed to individual customer requirements are available. For information on our Tailor Made programme see page 12

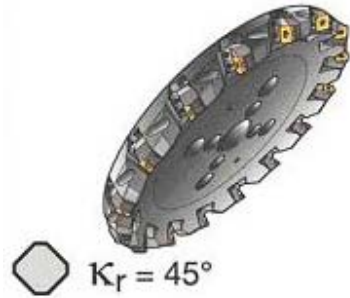


D 13

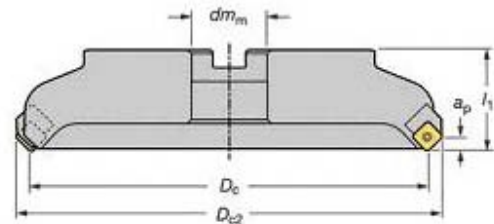
Face mill 45° with cassettes

with exchangeable cassette system for arbor mounting

Glodalo za ravne površi



TO BE QUOTED



$K_r = 45^\circ$

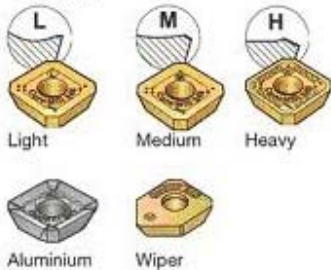
l_1 = programming length

\square 1)	D_c mm	Ordering code				Dimensions, mm					
		Close pitch		Extra close pitch		\square	dm_m	D_{c2}	l_1	Max a_p	$r_{max}^{(2)}$
Metric versions											
18	160	S-R/L245-160Q40CS0-18M	5	S-R/L245-160Q40CS0-18H	7	7.0	40	178.8	63	10	1190
	200	S-R/L245-200Q60CS0-18M	6	S-R/L245-200Q60CS0-18H	9	10.0	60	218.8	63	10	950
	250	S-R/L245-250Q60CS0-18M	8	S-R/L245-250Q60CS0-18H	12	16.0	60	268.8	63	10	760
	315	S-R/L245-315Q60CS0-18M	10	S-R/L245-315Q60CS0-18H	14	26.0	60	333.8	80	10	600
	400	S-R/L245-400Q60CS0-18M	12	S-R/L245-400Q60CS0-18H	18	44.0	60	418.8	80	10	475
	500	S-R/L245-500Q60CS0-18M	14	S-R/L245-500Q60CS0-18H	22	62.0	60	518.8	80	10	380
CIS versions											
18	160	S-R/L245-160J38CS0-18M	5	S-R/L245-160J38CS0-18H	7	7.0	38	178.8	63	10	1190
	200	S-R/L245-200J47CS0-18M	6	S-R/L245-200J47CS0-18H	9	10.0	47	218.8	63	10	950
	250	S-R/L245-250J47CS0-18M	8	S-R/L245-250J47CS0-18H	12	16.0	63	268.8	63	10	760
	315	S-R/L245-315J47CS0-18M	10	S-R/L245-315J47CS0-18H	14	26.0	63	333.8	80	10	600

Inserts for CoroMill® 245

Rezne pločice

Cemented carbide / Cermet karbidne



Ceramic rezna keramika



Cubic boron nitride (CBN) kubni nitrid bora



Two cutting edges

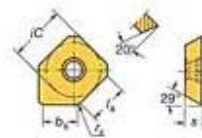
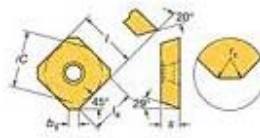
Wiper

Polycrystalline diamond (PCD) dijament



One cutting edge

Wiper



The Wiper inserts can also be used for Turn-Milling.

		P														M							K								N							S							H														Dimensions, mm				
Ordering code		1025	1030	4020	4030	4040	4240	4340	530	1030	2030	2040	4040	4240	530	1020	3020	3040	3220	4020	6080	CB50	H13A	K15W	K20W	1025	1030	CD10	H10	H13A	K15W	1025	1030	2030	2040	H13A	1025	1030	3020	3040	4020	530	6090	CB50	iC	h	s	d ₀	r														
Light	12 R245-12 T3 E-ML	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*											*	*	*	*	*	*															13.4	10	3.97	2.1	1.5													
	R245-12 T3 E-PL	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*											*	*	*	*	*	*															13.4	10	3.97	2.1	1.5													
	R245-12 T3 M-PL	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*											*	*	*	*	*	*															13.4	10	3.97	2	1.4													
	R245-12 T3 E-KL															*	*	*	*	*	*					*	*	*	*	*	*															13.4	10	3.97	2	1.5													
	R245-12 T3 M-KL															*	*	*	*	*	*					*	*	*	*	*	*															13.4	10	3.97	1.5	1.7													
Wiper	12 R245-12 T3 E-W	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					*	*	*	*	*	*															13.4	10	3.97	8.2	1.5													
	12 R245-12 T3 M-PM	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*											*	*	*	*	*	*															13.4	10	3.97	2	1.5													
	R245-12 T3 K-MM															*	*	*	*	*	*					*	*	*	*	*	*															13.4	10	3.97	2	1.5													
Medium	18 R245-18 T6 M-PM	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					*	*	*	*	*	*															18	13.8	6.1	1.5	1													
	R245-18 T6 M-MM															*	*	*	*	*	*					*	*	*	*	*	*															18	13.9	6.1	1.5	1													
	R245-18 T6 M-KM															*	*	*	*	*	*					*	*	*	*	*	*															18	13.9	6.1	1.5	1													
Wiper	18 R245-18 T6 E-W	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					*	*	*	*	*	*															18	13.9	6.1	10.8	1													
	12 R245-12 T3 M-PH	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*											*	*	*	*	*	*															13.4	10	3.97	2	1.5													
Heavy	R245-12 T3 M-KH															*	*	*	*	*	*					*	*	*	*	*	*															13.4	10	3.97	1.5	1.7													
	Ceramic																																													13.4	10	3.97	0.4	2.5													
CBN	12 R245-12 T3 E																									*	*	*	*	*	*															13.4	3.5	3.97	1.4	1.5													
	R245-12 T3 E-W															*	*	*	*	*	*					*	*	*	*	*	*															13.4	3.5	3.97	6.4	1.5													
PCD	12 R245-12 T3 E																									*	*	*	*	*	*															13.4	3.5	3.97	1.4	1.5													
	R245-12 T3 E-W															*	*	*	*	*	*					*	*	*	*	*	*															13.4	3.5	3.97	6.4	1.5													

* = First choice

R245-12 T3 E-PL

E = Highest edge sharpness and precision
 K = Highest edge sharpness
 M = Highest edge security

vrlo oštre ivice i precizno
 vrlo postojane rezne

CBN = Cubic boron nitride
 PCD = Polycrystalline diamond

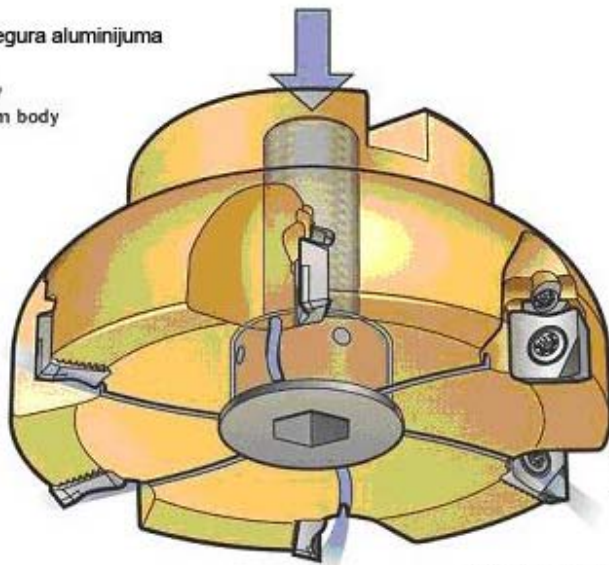
CoroMill® Century

Face mill for non-ferrous materials, cast iron and hardened steel

Designed for high speed machining.

telo od legura aluminijuma

High alloy
aluminium body



telo od čelika
Steel body



Coromant Capto®, HSK or arbor
mountings

Intensified chip evacuation through
accelerated cutting fluid
poboljšano odstranjivanje strugotine iz zone
rezanja

HSM-security by design



0.1

Easy setting to micron precision within
0.1 mm setting range



Serrated location gives a very high speed
security against insert movement

nareckane pločice omogućuju obradu sa većim brzinama
rezanja

PCD and carbide inserts



CD10/CB50



H10



CD10/CB50



H10

Wiper insert option for high feed finishi



Key for correct insert tightening
torques delivered with the tool

ISO application area:



Tailor Made

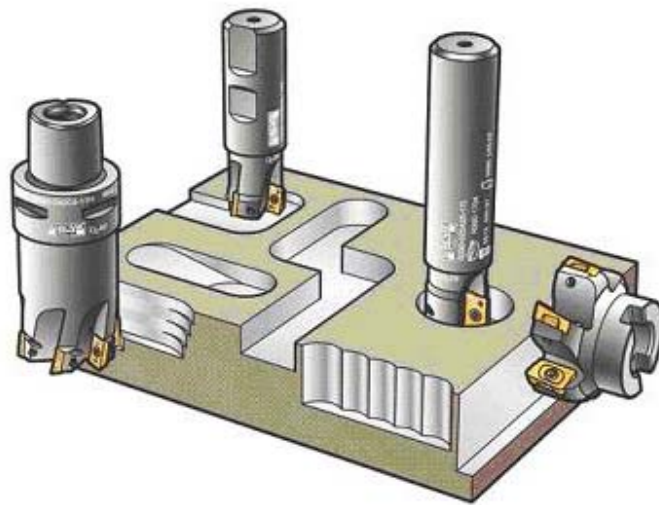
Tool options designed to individual customer
requirements are available. For information on our
Tailor Made programme see page I2

SANDVIK
Coromant

D 19

Versatile shoulder milling

za prethodnu obradu



Geometries:



Condition: Light cutting



General



High security

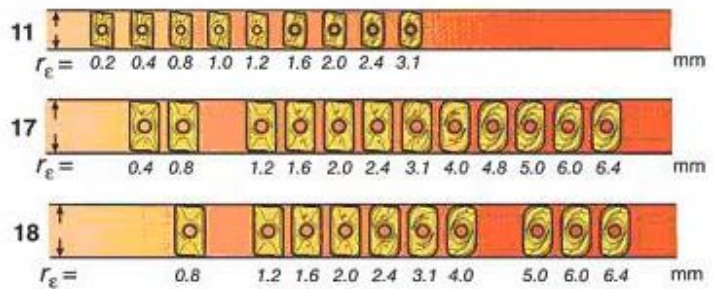
ISO application areas:

P M K N S H

P M K N S H

P M K S

Radius insert options



Tailor Made

Tool options designed to individual customer requirements are available. For information on our Tailor Made programme see page I2

SANDVIK
Coromant

CoroMill® 390

Long edge milling cutters

Options for light and heavy operations

Glodalo za večje dubine rezanja

za standardne režime

Insert size 11 mm



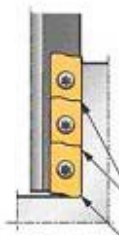
za ekstremne režime

Insert size 18 mm



Light cuts

Heavy cuts



Radius insert for peripheral

r_E max 1.0 mm (insert-11)

r_E max 1.2 mm (insert-18)

Radius insert options for
cutter end seats.

Pitch:



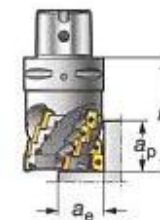
Long set up



General



Short set up



Tailor Made

Tool options designed to individual customer requirements are available. For information on our Tailor Made programme see page I2

ISO application areas:



D 34



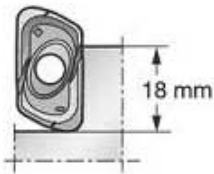
CoroMill® 790

Shoulder milling cutters for non-ferrous materials

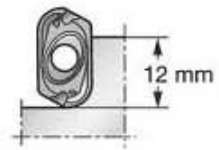
High speed machining performance with high security

Glodalo za lake metale

Insert size 22 mm



Insert size 16 mm



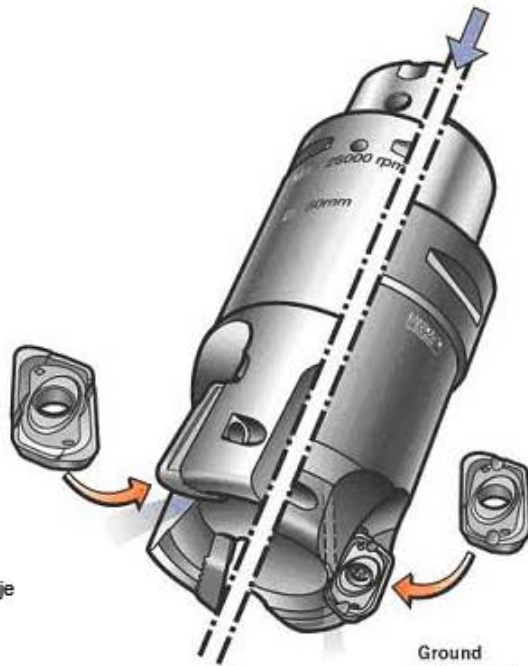
Torque wrench to be ordered separately



alat za pričvrščivanje reznih pločica

Torque wrench delivered together with the tool

alat za pričvrščivanje reznih pločica



Ground
- for precision



Serrated location to achieve high security and to reduce effects of insert tolerance on the cutter diameter



ISO application area:

N

Tailor Made

Tool options designed to individual customer requirements are available. For information on our Tailor Made programme see page I2

SANDVIK
CoroMill

D

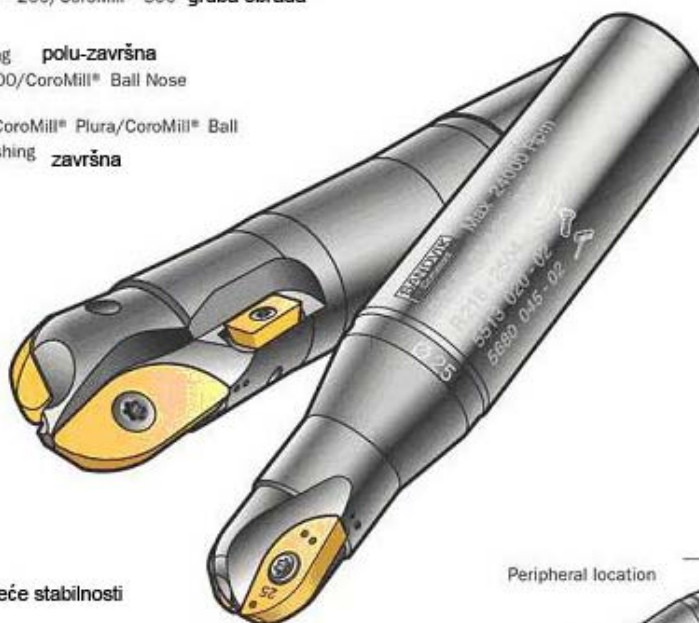
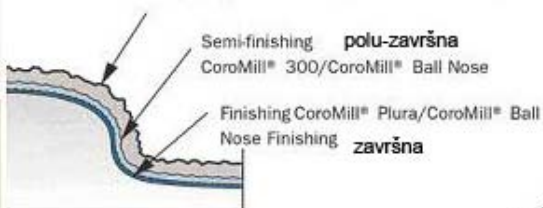
CoroMill® Ball Nose

Robust ball nose end mill

A metal remover for semi-finish profiling

Sferna glodala za polu-završnu obradu profilnih površi

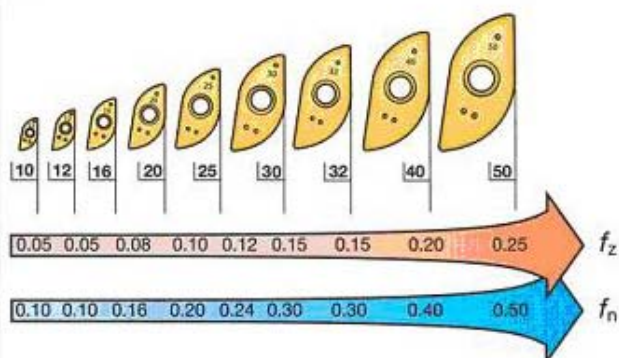
Roughing CoroMill® 200/CoroMill® 300 **gruba obrada**



M - inserts for higher security **pločice veće stabilnosti**



E - inserts with sharper edges and higher precision **oštrije rezne ivice i visoka preciznost**



Feed - start values mm

ISO application areas:

P M K N S H

Peripheral location

Identical inserts

Central location

Flexibility and long reach



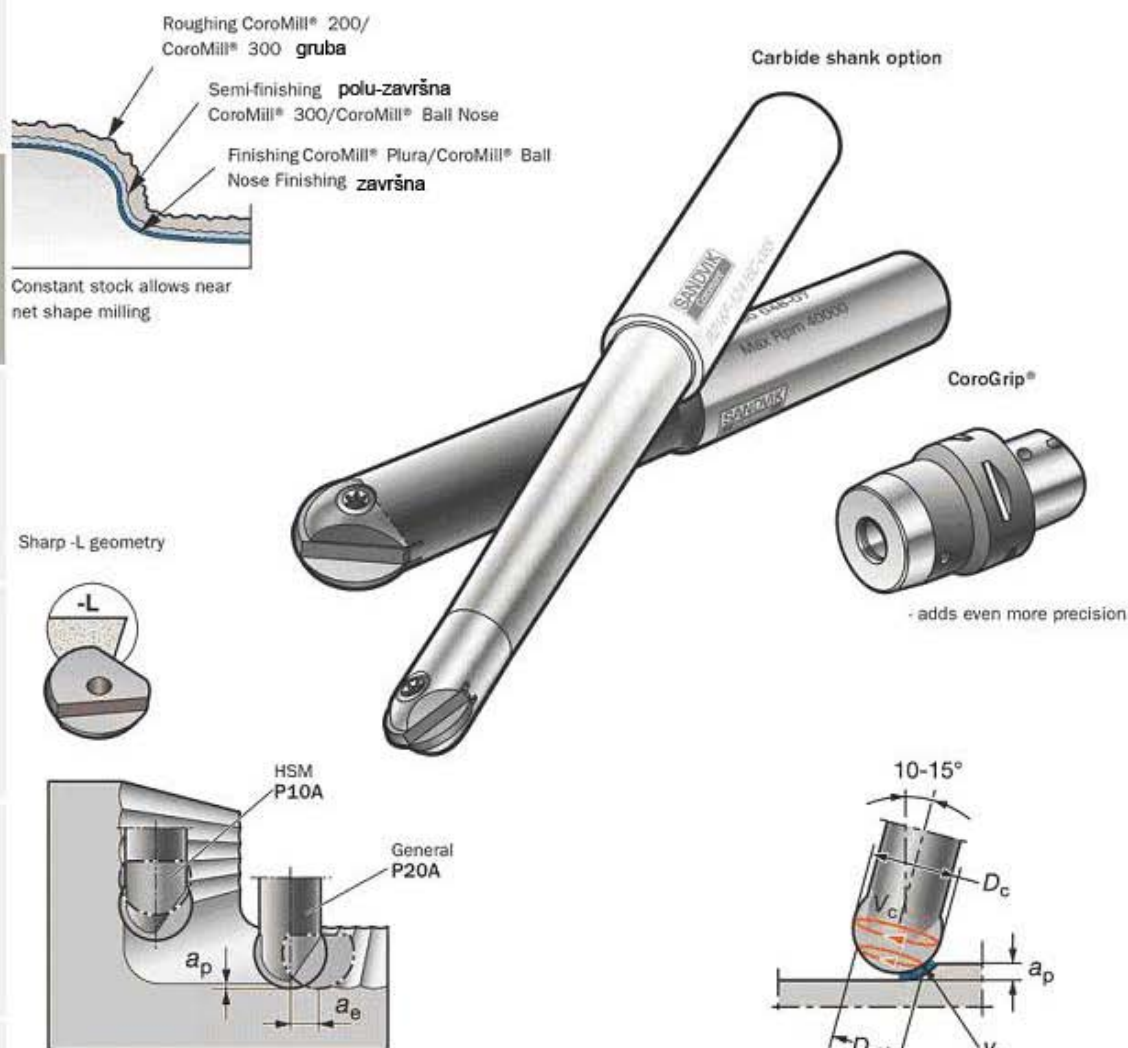
Modular cutting heads in combination with a variety of shanks

CoroMill® Ball Nose Finishing

Ball Nose Finishing end mill

A cutter for high finish profiling

Sferna glodala za završnu obradu profilnih površi



Use shallow axial and radial cuts for safe productivity. Always calculate the true cutting speed (V_c) based on the effective diameter in cut (D_e)

ISO application areas:



D 58

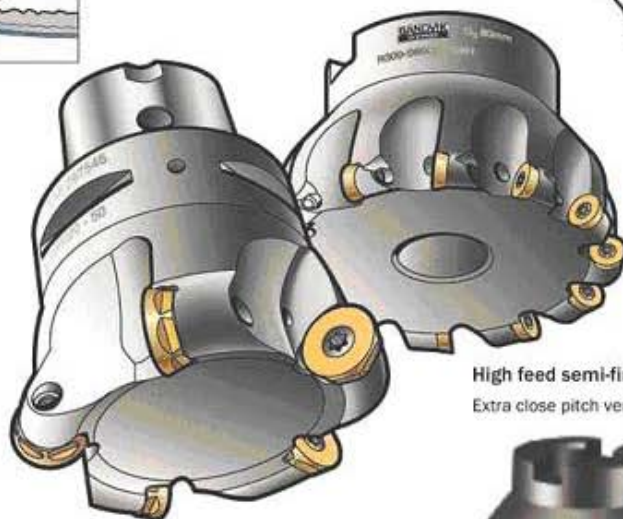


CoroMill® 300

Light cutting face and profile milling cutters

Versatile concept for roughing to high feed semi-finishing

Glodala za grubu obradu većim brzinama rezanja



High feed semi-finishing
Extra close pitch version

Za polu-završnu obradu većim brzinama rezanja



Geometries:



Pitch:

L

M

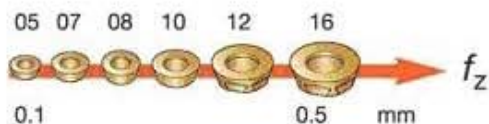
H



Condition: Unstable

First choice roughing

Stable



ISO application areas:



Tailor Made

Tool options designed to individual customer requirements are available. For information on our Tailor Made programme see page 12.

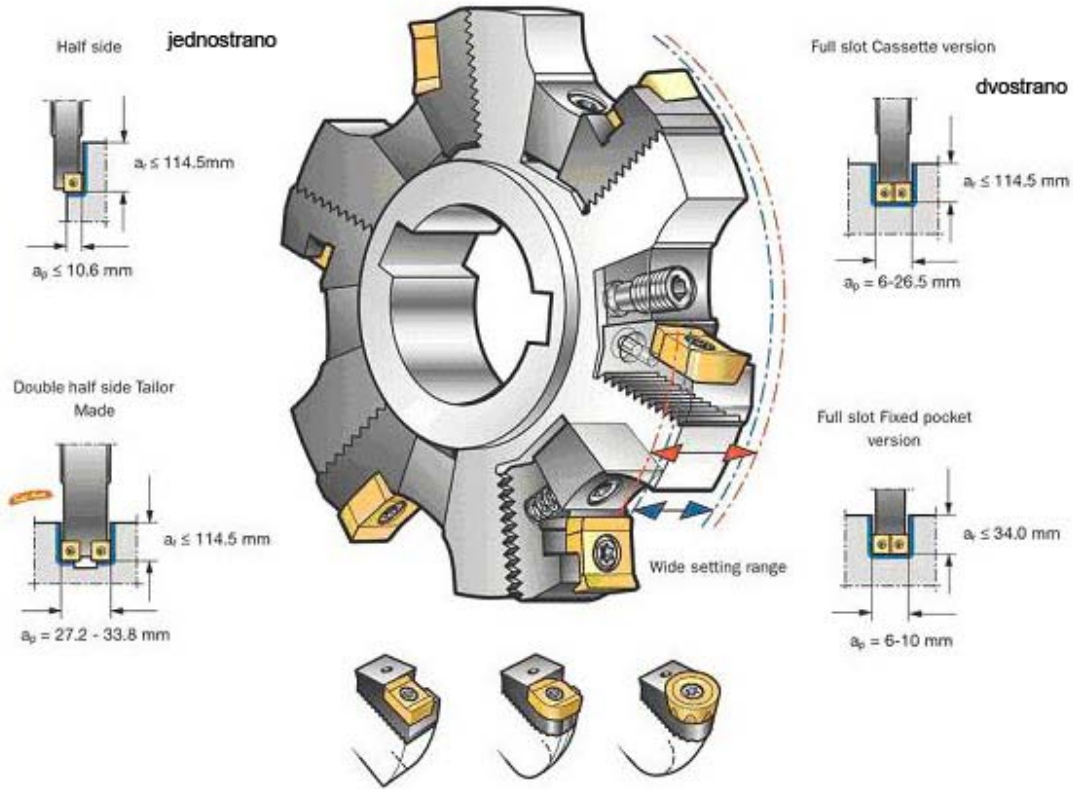


D1

CoroMill® 331

Multi-purpose side and face milling cutter

Za obradu vertikalnih površi



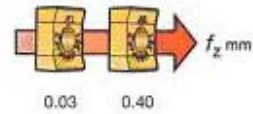
ISO application areas:



Geometries:



General



Tailor Made

Tool options designed to individual customer requirements are available. For information on our Tailor Made programme see page I2

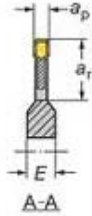
D 72



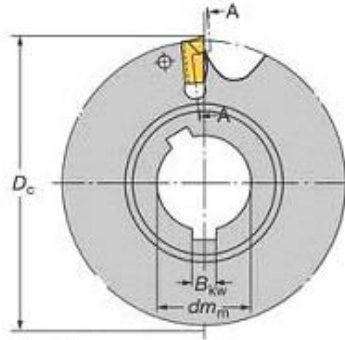
Slitting cutter Testerasto glodalo

Diameter 80-315 mm

Positive geometry



Bore with keyway



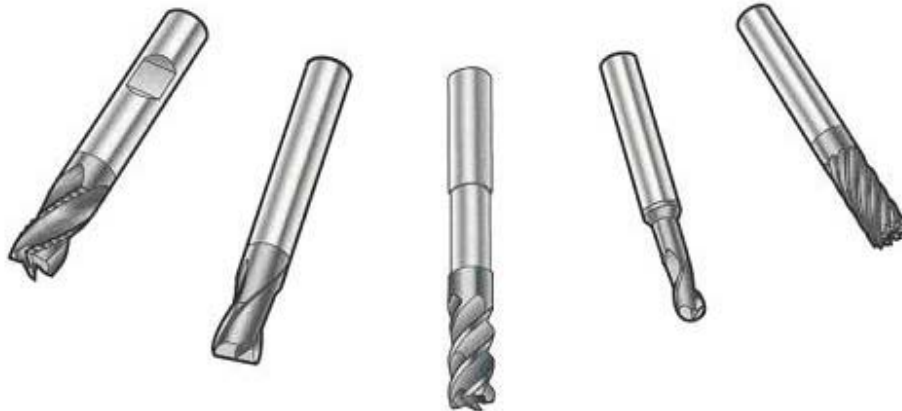
Ø80 mm: One keyway only

Slot width	Max a_p	D_c mm	Ordering code	Dimensions, mm							
				z	a	dm	Seat size	E	B_{kw}	r_{max}	
2.1	80	80	330.20-080020-220	8	0.4	17	27	20	8	7	1000
		100	330.20-100020-220	10	0.5	24	32	20	8	8	800
2.6	80	80	330.20-080025-225	7	0.4	17	27	25	8	7	1000
		100	330.20-100025-225	9	0.5	24	32	25	8	8	800
		125	330.20-125025-225	11	0.3	31	40	25	8	10	640
		160	330.20-160025-225	14	0.5	49	40	25	8	10	500
3.1	80	80	330.20-080030-230	7	0.4	17	27	30	8	7	1000
		100	330.20-100030-230	9	0.2	24	32	30	8	8	800
		125	330.20-125030-230	11	0.3	31	40	30	8	10	640
		160	330.20-160030-230	14	0.5	49	40	30	8	10	500
		200	330.20-200030-230	18	0.6	62	50	30	8	12	400
4.1	80	80	330.20-080040-240	7	0.4	18	27	40	8	7	1000
		100	330.20-100040-240	8	0.2	24	32	40	8	8	800
		125	330.20-125040-240	10	0.4	32	40	40	8	10	640
		160	330.20-160040-240	13	0.5	49	40	40	8	10	500
		200	330.20-200040-240	17	0.9	62	50	40	8	12	400
		250	330.20-250040-240	21	0.6	87	50	40	8	12	320
5.1	80	80	330.20-080050-250	7	0.2	18	27	50	8	7	800
		100	330.20-100050-250	8	0.4	24	32	50	10	8	640
		125	330.20-125050-250	10	0.4	31	40	50	10	10	510
		160	330.20-160050-250	13	1	49	40	50	10	10	400
		200	330.20-200050-250	17	1	62	50	50	10	12	320
		250	330.20-250050-250	21	1.5	87	50	50	10	12	250
6.1	100	100	330.20-100060-260	8	0.3	24	32	60	12	8	640
		125	330.20-125060-260	10	0.4	31	40	60	12	10	510
		160	330.20-160060-260	13	0.7	49	40	60	12	10	400
		200	330.20-200060-260	17	1.1	62	50	60	12	12	320
		250	330.20-250060-260	21	1.8	87	50	60	12	12	250
		315	330.20-315060-260	21	2.7	119	50	60	12	12	200

CoroMill® Plura

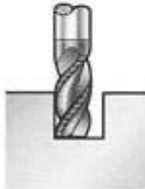
Solid carbide end mills

Highest productivity in all materials and applications



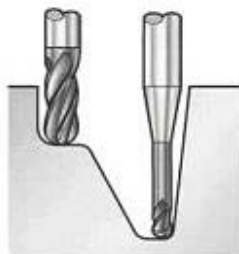
gruba

Roughing



polu-završna

Semi-finishing

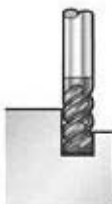


završna

Finishing



Variable flute depth



Cutting data and programming

Use the PluraGuide for selection of tool, correct cutting data and for programming

Order number C-2948-063

ISO application areas:



Tailor Made

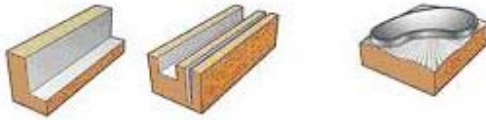
Tool options designed to individual customer requirements are available. For information on our Tailor Made programme see page I2



Selecting CoroMill® Plura end mills

Step 2: Classify your machining operation

Milling of straight surfaces, grooving or profiling.



Step 3: Select your CoroMill® Plura end mill

Roughing



Roughing to finishing, end mills with variable flute depth



Finishing



ISO **P M K S**

ISO **H**

ISO **N**

	Steel HRc ≤ 47	Hardened steel 43 ≤ HRc ≤ 63	Aluminum
Finishing	Page D93, Page D104	Page D106, Page D107	Page D124
Semi finishing		Page D95	
Roughing	Page D96		Page D122

Note: Roughing end mills exposed to chipping in milling steel ≥ HRc 35 and titanium should be replaced by end mills with variable flute depth.

For profiling

End mills with corner radii



Ball nose end mill



ISO **P M K S**

ISO **H**

ISO **N**

	Steel HRc ≤ 47	Hardened steel 43 ≤ HRc ≤ 63	Aluminum
Super finishing			Page D123
Finishing	Page D113	Page D114	
Semi finishing		Page D108	Page D116
Roughing	Page D93	Page D95	

- For best productivity in finishing – choose four or more cutting edges
- For best stability in semi-finishing – choose two cutting edges
- For best surface finish – choose two cutting edges.

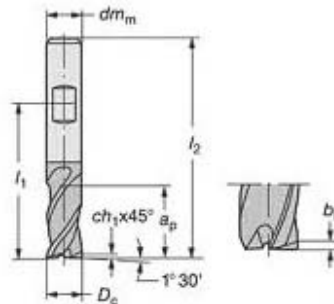
General purpose end mill

Hardness <48HRC kaljenje

Glodalo za završnu obradu



Helix angle: -45°
 Tolerances: D_1 : h10
 d_{m_m} : h6



l = programming length

D_1 mm	Ordering code	Front type, z_n	Dimensions, mm							Max a_p ¹⁾	P	M	K	S	H
			d_{m_m}	l_1	l_2	Helix l_h mm ²⁾	ch_1	b_n	1620		1630	1630	1630	1620	1630
Cylindrical shank															
2	R216.33-02045-AC60P	3	6		57	6.30			6.0	*	*	*	*	*	*
3	R216.33-03045-AC07P	3	6		57	10.00			7.0	*	*	*	*	*	*
4	R216.33-04045-AC08P	3	6		57	12.50	0.1	0.25	8.0	*	*	*	*	*	*
5	R216.33-05045-AC10P	3	6		57	16.00	0.1	0.25	10.0	*	*	*	*	*	*
6	R216.33-06045-AC10P	3	6		57	20.00	0.1	0.25	10.0	*	*	*	*	*	*
7	R216.33-07045-AC13P	3	8		63	22.40	0.1	0.25	13.0	*	*	*	*	*	*
8	R216.33-08045-AC16P	3	8		63	25.00	0.1	0.25	16.0	*	*	*	*	*	*
9	R216.33-09045-AC16P	3	10		72	28.00	0.1	0.25	16.0	*	*	*	*	*	*
10	R216.33-10045-AC19P	3	10		72	31.50	0.1	0.25	19.0	*	*	*	*	*	*
12	R216.33-12045-AC22P	3	12		83	40.00	0.1	0.25	22.0	*	*	*	*	*	*
14	R216.33-14045-AC22P	3	14		83	45.00	0.15	0.35	22.0	*	*	*	*	*	*
16	R216.33-16045-AC26P	3	16		92	50.00	0.15	0.35	26.0	*	*	*	*	*	*
18	R216.33-18045-AC26P	3	18		92	56.00	0.15	0.35	26.0	*	*	*	*	*	*
20	R216.33-20045-AC32P	3	20		104	63.00	0.15	0.35	32.0	*	*	*	*	*	*
Weldon															
6	R216.33-06045-BC10P	3	6	39	57	20.00	0.1	0.25	10.0	*	*	*	*	*	*
8	R216.33-08045-BC16P	3	8	45	63	25.00	0.1	0.25	16.0	*	*	*	*	*	*
10	R216.33-10045-BC19P	3	10	52	72	31.50	0.1	0.25	19.0	*	*	*	*	*	*
12	R216.33-12045-BC22P	3	12	60.5	83	40.00	0.1	0.25	22.0	*	*	*	*	*	*
14	R216.33-14045-BC22P	3	14	60.5	83	45.00	0.15	0.35	22.0	*	*	*	*	*	*
16	R216.33-16045-BC26P	3	16	68	92	50.00	0.15	0.35	26.0	*	*	*	*	*	*
18	R216.33-18045-BC26P	3	18	68	92	56.00	0.15	0.35	26.0	*	*	*	*	*	*
20	R216.33-20045-BC32P	3	20	79	104	63.00	0.15	0.35	32.0	*	*	*	*	*	*

¹⁾ Maximum cutting edge length.

²⁾ Pitch per rev.

For more technical information, see our Metalcutting Technical guide

z_n = number of cutting edges

Plura Guide



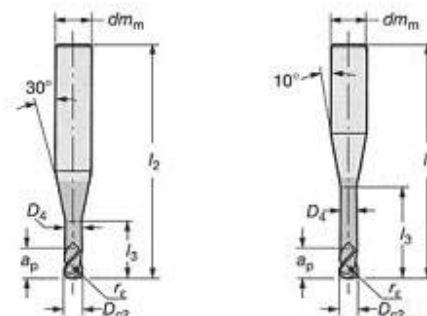
First choice: Use PluraGuide. Order number C-2948-063

Ball nose end mill Sferno glodalo za završnu obradu

Hardness <63 HRc



Helix angle: -30°
Tolerances: D_{c2} : h7
 dm_m : h5



D_{c2} mm	Ordering code	Front type, z_n	Dimensions, mm							Max $a_p^{1)}$	P	M	K	N	S	H
			dm_m	D_c	l_2	l_3	Helix l_{ch} mm ²⁾	r_c	GC		GC	GC	GC	GC	GC	
Cylindrical shank																
0.4	R216.42-00430-AE04G	2	6	0.36	54	1	2.24	0.2	0.4	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆
0.5	R216.42-00530-AE05G	2	6	0.46	54	1.2	2.80	0.25	0.5	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆
0.6	R216.42-00630-AE06G	2	6	0.56	54	1.5	3.55	0.3	0.6	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆
0.8	R216.42-00830-AE08G	2	6	0.76	54	2	4.50	0.4	0.8	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆
1	R216.42-01030-AE10G	2	6	0.96	54	2.5	5.60	0.5	1.0	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆
0.5	R216.42-00530-AJ05G	2	6	0.46	60	5	2.80	0.25	0.5	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆
0.6	R216.42-00630-AJ06G	2	6	0.56	57	6	3.55	0.3	0.6	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆
0.8	R216.42-00830-AJ08G	2	6	0.76	57	8	4.50	0.4	0.8	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆
1	R216.42-01030-AJ10G	2	6	0.96	57	10	5.60	0.5	1.0	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆
0.5	R216.42-00530-AO05G	2	6	0.46	57	2.5	2.80	0.25	0.5	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆
0.6	R216.42-00630-AO06G	2	6	0.56	57	3	3.55	0.3	0.6	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆
0.8	R216.42-00830-AO08G	2	6	0.76	57	4	4.50	0.4	0.8	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆
1	R216.42-01030-AO10G	2	6	0.96	57	5	5.60	0.5	1.0	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆

¹⁾ Maximum cutting edge length.

²⁾ Pitch per rev.

For more technical information, see our Metalcutting Technical guide

z_n = number of cutting edges

Plura Guide



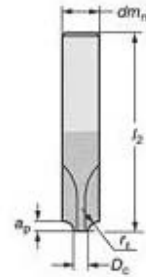
First choice: Use Plura Guide. Order number C-2948-063

Chamfering radius end mill Glodalo za obaranje ivica

Hardness <63HRc



Tolerances: dm_m : h6



D_c mm	Ordering code	Front type, z_n	Dimensions, mm				Max a_p ¹⁾	P	M	K	N	S	H
			dm_m	l_2	r_c			GC	GC	GC	GC	GC	GC
4	Cylindrical shank												
	R215.03-04000BAC01G	3	6	57	0.5	0.5	☆	☆	☆	☆	☆	☆	
	R215.03-04000CAC01G	3	6	57	0.75	0.75	☆	☆	☆	☆	☆	☆	
	R215.04-04000CAC01G	4	8	63	1	1.0	☆	☆	☆	☆	☆	☆	
5	R215.04-04000DAC02G	4	8	63	1.5	1.5	☆	☆	☆	☆	☆	☆	
	R215.04-05000EAC02G	4	10	72	2	2.0	☆	☆	☆	☆	☆	☆	
	R215.04-05000FAC03G	4	10	72	2.5	2.5	☆	☆	☆	☆	☆	☆	
	R215.04-05000GAC03G	4	12	83	3	3.0	☆	☆	☆	☆	☆	☆	
6	R215.04-06000IAC04G	4	14	83	4	4.0	☆	☆	☆	☆	☆	☆	
	R215.04-06000KAC05G	4	16	92	5	5.0	☆	☆	☆	☆	☆	☆	
8	R215.04-08000MAC06G	4	20	104	6	6.0	☆	☆	☆	☆	☆	☆	

¹⁾ Maximum cutting edge length.

For more technical information, see our Metalcutting Technical guide

z_n = number of cutting edges

Plura Guide



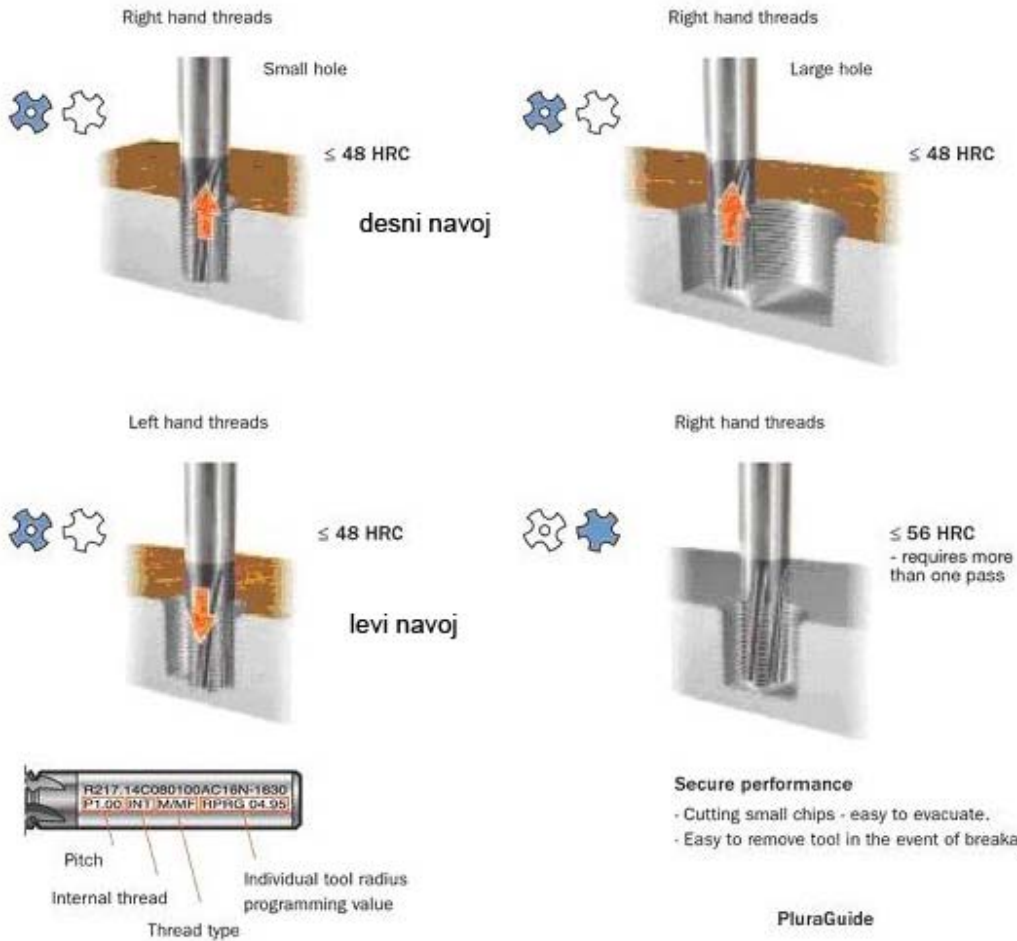
First choice: Use PluraGuide. Order number C-2948-063

CoroMill® Plura

Thread milling cutter

Glodala za izradu navoja

Just one tool for most threads with the same pitch



Secure performance

- Cutting small chips - easy to evacuate.
- Easy to remove tool in the event of breakage.

PluraGuide



For cutting data and tool recommendation, please consult PluraGuide (C-2948-063)

Common machine tool and set-up requirements

- Capability for simultaneous helical interpolation on three axes (x- y- z).
- Tool mounting in conventional chucks.

Cutting data and programming

Use the PluraGuide for selection of tool, and correct cutting data and for programming

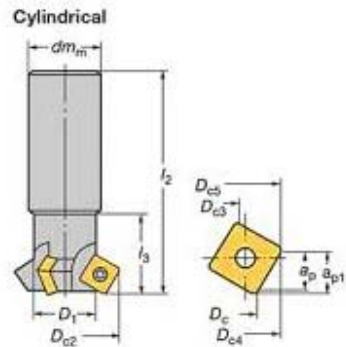
Please contact your local Sandvik Coromant office for more information.

ISO application areas:



U-Max® chamfering end mill Glodalo za obaranje ivica sa pločicama od tvrdog metala

Diameter 11.7-36.5 mm Negative rake



l_1 = programming length

12	Entering angle, K,	D_c mm	Ordering code		Dimensions, mm										Max a_p	Max a_{p1}	$n_{max}^{(2)}$
			Coarse pitch	⊖	⊕	dm_m	D_{c2}	D_{c3}	D_{c4}	D_{c5}	D_1	l_2	l_3	D_{c1}			
45°	11.7	11.7	R215.64-12A12-4512	1	-	20	27.1		26.7		19.4	175	37.8	7.9	8.1	25845	
		32.5	R215.64-32A32-4512	3	-	32	48.6		48.2		31.4	175	36	7.9	8.1	9385	
60°	11.7	11.7	R215.64-12A20-6012	1	-	20	27.1		26.7		19.4	175	37.8	7.9	8.1	25200	
		36.5	R215.64-36A32-6012	3	-	32	47.8	27.79	47.6	47.04	27.2	175	36	9.6	10.0	8855	

¹⁾ Inserts are ordered separately.

²⁾ n_{max} (max. rev/min) for holders must also be considered.

⊖ = Even pitch

⊕ = Differential pitch

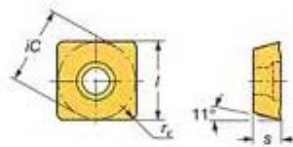
Inserts for U-Max® chamfering end mill rezne pločice za obaranje ivica



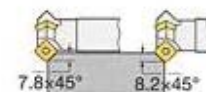
SPMT-WL



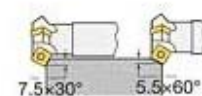
SPMT-WH



Maximum chamfer size
U-MAX 45°



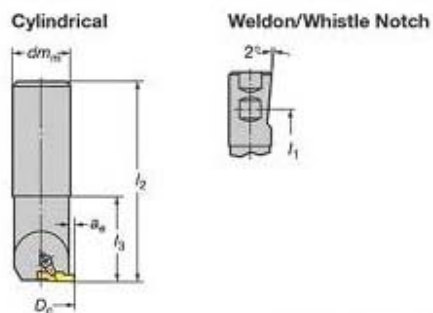
U-MAX 60°



12	Ordering code	Dimensions, mm												
		P	M	K	N	S	IC	l	s	r_c				
12	SPMT 12 04 08-WL	GC	GC	-	GC	-	-	-	-	-	12.7	12.7	4.76	0.8
	SPMT 12 04 08-WH	GC	GC	-	GC	-	-	-	-	-	12.7	12.7	4.76	0.8

T-Max grooving cutter, single edge Glodalo za T-žljebove sa jednom pločicom

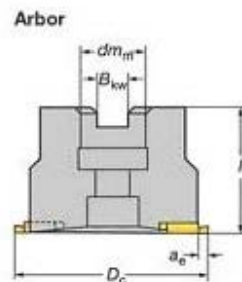
Insert width 3 mm Positive rake



l_1 = programming length

□	D_t mm	Ordering code	⊕	Dimensions, mm				
				⊕	d_{m_1}	l_1	l_2	l_3
Cylindrical shank								
03	21.5	R331.91-022-3-018	1	0.3	18	134.6	30	1.6
	32	R331.91-032-3-028	1	0.8	28	174.6	40	1.85
Weldon/Whistle Notch								
03	21.5	R331.91-022-3-520	1	0.3	20	110.1	84.6	1.6
	32	R331.91-032-3-532	1	0.4	32	138.6	114.6	1.85

T-Max grooving cutter, multi edge Glodalo za T-žljebove sa više pločica



l_1 = programming length

□	D_t mm	Ordering code	⊕	Dimensions, mm				
				⊕	d_{m_1}	l_1	B_{kw}	a_e max
Arbor								
03	63	R331.91-063-3	5	0.6	22	40	10.4	3.8
05	80	R331.91-080-5	6	1	27	50	12.4	5.8

CoroMill® Plura cutting data

Speed recommendations

CoroMill® Plura				GC1620 GC1630 H10F			
				$a_e \times a_p > D_c$	$a_e \times a_p < D_c$	$a_e \leq 0.05 \times D_c$	$a_e \leq 0.05 \times D_c$ or D_{c2}
ISO	CMC	HB	HRC	v_c m/min	v_c m/min	v_c m/min	v_c m/min
P	01.1	125		155	200	375	690
	01.2	150		135	185	340	630
	01.4	200		120	140	255	470
	02.2	250		100	130	245	450
	02.2	300		90	120	220	410
	03.22	400		75	95	180	335
M	05.11	200		60	90	165	300
	05.21	200		60	75	145	270
	05.51	230		45	55	110	200
K	07.1	150		135	180	330	610
	09.2	200		100	130	240	440
	08.1	180		85	110	210	385
N	30.22	90		1000	1100	1250	1300
S	20.22	350		25	35	60	115
	23.22	350		45	60	115	215
H	04.1	50		55	80		GC1610
	04.1	55		-	55		
	04.1	60		-	40		

Feed recommendations

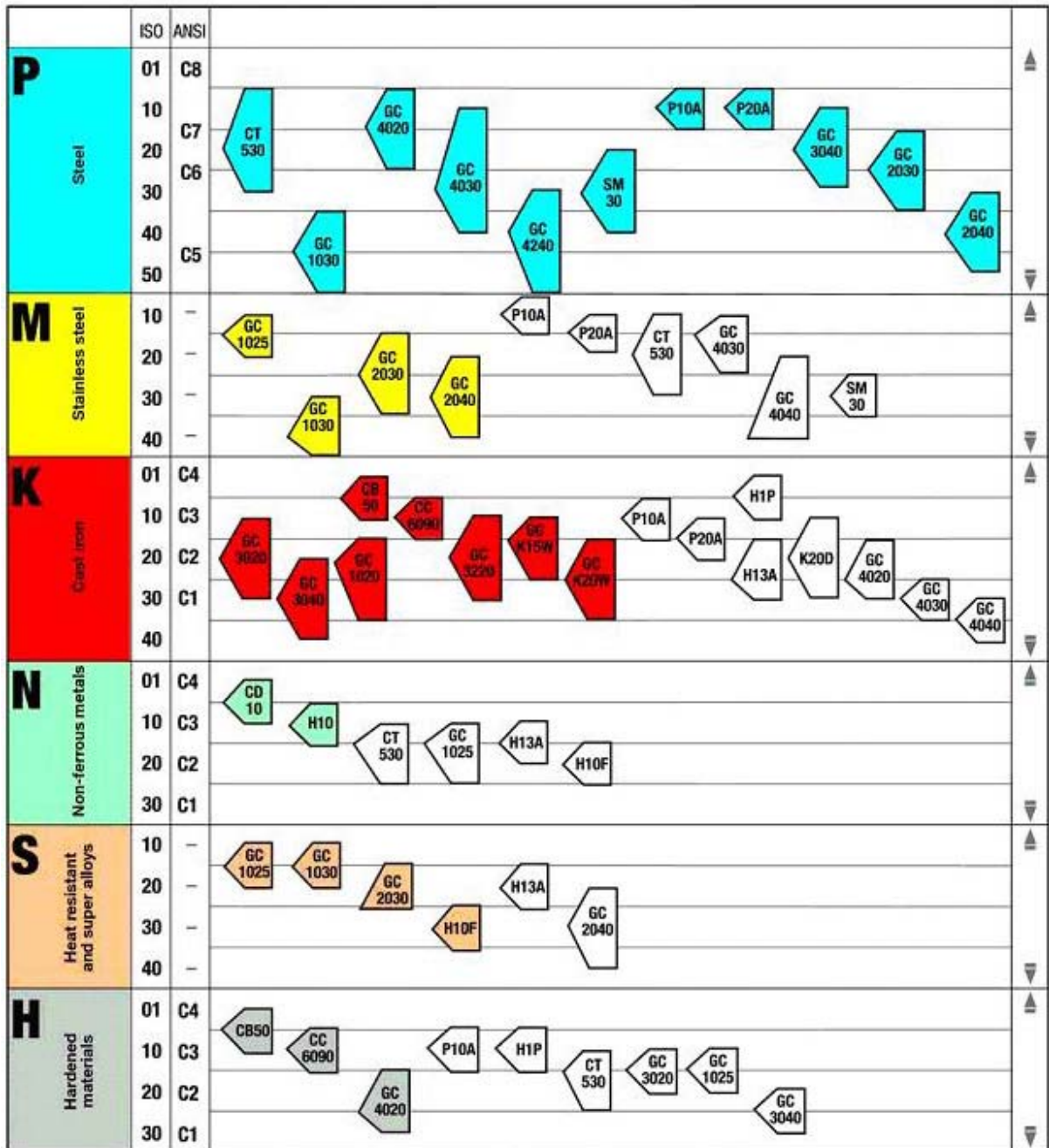
CoroMill® Plura		GC1620 GC1630 H10F					
		D_c or D_{c2}	f_z	f_z	f_z	f_z	f_z
		mm	mm/tooth	mm/tooth	mm/tooth	mm/tooth	mm/tooth
Metric		D_c or D_{c2}	f_z	f_z	f_z	f_z	f_z
$n = \frac{1000 \times v_c}{\pi \times D_c}$ (rpm)		0.5	Plura Guide				
$v_f = n \times f_z \times z_n$ (mm/min)		1	0.002	0.002	0.013	0.023	
$D_e = 2 \times \sqrt{a_p \times (D_{c2} - a_p)}$ (mm)		2	0.004	0.003	0.032	0.056	
Note: In the formula for n the parameters v_c and D_c can be replaced with v_c and D_{c2} .		3	0.006	0.007	0.039	0.07	
		3.175	0.006	0.008	0.040	0.072	
		4	0.008	0.014	0.045	0.08	
		4.76	0.010	0.019	0.046	0.078	
		5	0.011	0.021	0.046	0.078	
		6	0.014	0.03	0.055	0.099	
		6.35	0.015	0.031	0.056	0.102	
		8	0.020	0.033	0.063	0.114	
		9.525	0.025	0.050	0.069	0.124	
		10	0.027	0.055	0.071	0.127	
		12	0.036	0.071	0.077	0.139	
		12.7	0.039	0.074	0.079	0.143	
		15.875	0.054	0.089	0.089	0.160	
		16	0.055	0.09	0.089	0.161	
		19.05	0.073	0.105	0.097	0.175	
	20	0.078	0.11	0.1	0.18		
	25	0.11	0.11	0.11	-		

Plura Guide

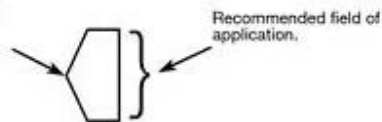


First choice: Use PluraGuide. Order number C-2948-063

Materijali reznih pločica



The position and form of the grade symbols indicate the suitable field of application. Centre of the field of application.



▲ Wear resistance

▼ Toughness



= Basic grades



= Complementary grades

Grades for milling

P Steel

Basic grades

GC4030 (HC) – P25 (P10 – P40)

Coated carbide grade for light to heavy milling (both wet and dry) in unalloyed and low alloyed steels with hardness up to HB 300 at medium to high speeds.

GC4240 (HC) – P40 (P30 – P50)

Coated carbide grade for toughness demanding operation in steel milling. For CM390 concept, grade GC4240 should be used in more stable conditions like short overhang, face milling, shallow shoulder milling etc. For other concepts grade GC4240 is the first or back-up choice in toughness operation. Benefits of security. Suitable for small batch production of mixed material. Works well with or without coolant.

GC4040 (HC) – P40 (P25 – P50)

Coated carbide grade for toughness demanding operations in steel milling. Also very suitable for small batch production of mixed materials. Works well both with or without coolant at low to medium speeds.

GC1030(HC) – P45 (P35 – P50)

PVD-coated carbide grade. CM390 concept, grade GC1030 is the first choice in unstable conditions like longedge, chip jamming, deep shoulder and end milling, long overhang, turnmill operations etc. Can be used as a back-up choice in toughness operation. In combination with periphery ground inserts first choice for sticky materials e.g. low-carbon steel.

GC1025 (HC) – P10 (P05 – P20)

PVD-coated carbide grade for light milling of steel. In combination with periphery ground inserts first choice for sticky materials e.g. low-carbon steels.

CT530 (HT) – P20 (P05 – P30)

Cermets grade for light milling operations mainly without coolant. The high resistance to plastic deformation and smearing/built-up edges makes it suitable for a wide cutting speed range. Ideal grade for wiper inserts.

SM30 (HW) – P30 (P20 – P40)

Uncoated carbide grade for medium to rough milling at low to moderate cutting speed. Good edge security in hard materials and at unstable conditions.

GC4020 (HC) – P15 (P05 – P25)

Coated carbide grade for light to heavy milling of steels at elevated temperatures (e.g. in hardened steels or at very high cutting speeds) for highest possible productivity.

Complementary grades

P10A (HC) – P10 (P05 – P15)

PVD coated grade for light milling of steel. In combination with precision ground edges first choice for finishing in profile milling applications.

P20A P15 (P10-P20)

PVD coated grade for light milling of steel. In combination with precision ground edges first choice for finishing in profiling applications

GC2030 (HC) – P25 (P15 – P35)

PVD-coated carbide grade for milling of low-carbon steels that tends to build up edges. Also very suitable for 90 degree milling in mixed materials.

GC2040 (HC) – P40 (P30 – P50)

Coated carbide grade for milling of steels when a combination of sharp cutting edges and a tough grade is needed at low speeds. Very useful for small batch production of mixed materials.

GC3040 (HC) – P20 (P10 – P30)

Coated carbide grade with very good abrasive wear resistance for rough milling of steel at medium to high speeds.

M Austenitic/ferritic/martensitic stainless steel

Basic grades

GC1025 (HC) – M15 (M10 – M20)

PVD-coated carbide grade for light milling of stainless steel. In combination with periphery ground inserts first choice for sticky and workhardening materials.

GC1030 (HC) – M40 (M30 – M45)

PVD-coated carbide grade for light milling of stainless steel. In combination with periphery ground inserts first choice for sticky and workhardening materials.

GC2030 (HC) – M25 (M15 – M35)

PVD-coated carbide grade for milling of stainless steels (mainly austenitic types) at medium to high speeds. In combination with positive geometries also suitable for heat resistant material and titanium.

GC2040 (HC) – M30 (M20 – M40)

Coated carbide grade for milling of stainless steels with abrasive tendencies e.g. cast components, ferritic/ martensitic stainless steels and PH-steels at medium speeds. Also useful for small batch production of mixed materials.

Complementary grades

P10A (HC) M10 (M05-M15)

PVD coated grade for light milling of stainless steel. In combination with precision ground edges first choice for finishing in profile milling applications

P20A M15 (M10-M20)

PVD coated grade for light milling of stainless steel. In combination with precision ground edges first choice for finishing in profiling applications

GC4040 (HC) – M40 (M20 – M40)

Coated carbide grade for medium to heavy operations of stainless steel castings. Very suitable for small batch production of mixed materials.

CT530 (HT) – M20 (M10 – M30)

Cermets grade for light milling of austenitic/ duplex stainless steels. The high resistance to plastic deformation/ smearing/ built-up edges makes it suitable for a wide cutting speed range in dry conditions.

SM30(HW) – M30 (M25 – M35)

Uncoated carbide grade for medium to rough milling at low to moderate cutting speed. Good edge security in unstable conditions.

GC4030 (HC) – M15 (M10 – M25)

Coated carbide grade for light to heavy milling in martensitic stainless steels.

A

General turning

B

Parting and grooving

C

Threading

D

Milling

F

Drilling

T

Boring

G

Tool holding systems

H

Multi-task machining

I

General information



D 179

A

General turning

MILLING Grade descriptions

Grades for milling

B

Parting and grooving



Cast iron

Basic grades

GC3020 – K20 (K10 – K30)

Coated carbide grade for medium to rough milling of grey cast iron mainly under dry conditions. Long predictable tool life at medium to high cutting speeds.

GC3040 K30 (K20 – K40)

Coated carbide grade for toughness demanding milling of cast iron e.g. nodular cast iron, wet conditions or high tensile iron. Long predictable tool life at low to medium cutting speeds.

GC3220 (HC) – K20 (K05 – K25)

CVD-coated carbide grade for medium to rough milling of grey cast iron mainly under dry conditions. Long predictable tool life at medium to high cutting speeds.

GC1020 (HC) – K20 (K15 – K35)

PVD-coated carbide grade for medium to rough milling of grey and nodular cast iron under wet conditions. To be used at medium to high speeds with predictable tool life.

CB50 (BN) – K05 (K01 – K10)

CB50 is a cubic boron nitride tipped grade. It gives a high edge toughness combined with good wear resistance. CB50 is well suited for machining of cast iron in favourable conditions.

K20W (HC) K25 (K15-K35)

Coated carbide grade for medium to rough milling of grey cast iron in wet conditions. To be used at low to medium speeds.

K15W – K15 (K10 – K25)

Coated carbide grade for milling of grey cast iron in wet conditions. To be used at medium speeds.

D

Milling

Complementary grades

P10A (HC) K10 (K05-K15)

Uncoated carbide grade for finishing of cast iron, bronze and brass. Also suitable for wiper inserts.

P20A K15 (K10-K20)

PVD coated grade for light milling of cast iron. In combination with precision ground edges first choice for finishing in profiling applications

F

Drilling

K20D K20 (K10-K30)

MTCVD coated grade for medium to rough milling of cast iron. Mainly without coolant. Long tool life with high speed capability.

H1P (HW) – H10 (H05 – H15)

Uncoated carbide grade for finishing chilled cast iron at medium speeds.

H13A (HW) – K25 (K15 – K30)

Uncoated carbide grade with wear resistance and toughness for light to medium milling at moderate cutting speeds. Ideal choice for milling of ferritic nodular cast iron.

G

Boring

GC4020 (HC) – K25 (K15 – K30)

Coated carbide grade for light to heavy milling of cast iron at medium speeds. To complement GC3000 grades in operations where a thinner coating gives advantages.

GC4030 (HC) – K30 (K25 – K35)

Coated carbide grade for light to heavy milling of nodular cast iron.

GC4040 (HC) – K35 (K30 – K40)

Coated carbide grade for medium to heavy operations at low speeds where the toughness demand is high.

H

Multi-task machining

I

General information

D 180



Non ferrous metals, plastics, wood

Basic grades

CD10 (DP) – N05 (N01 – N10)

Polycrystalline diamond tipped grade for machining of non ferrous and non metallic materials. Gives long tool life, clean cut and good surface finish.

H10 (HW) – N10 (N05 – N15)

Uncoated finegrained carbide grade, giving excellent edge sharpness, for milling of aluminium.

Complementary grades

CT530 (HT) – N15 (N10 – N25)

Cermet grade mainly recommended at high RPM when milling aluminium thanks to the low tendency to build up edges and low weight of the inserts.

GC1025 (HC) – N15 (N10 – N25)

PVD-coated carbide grade for rough milling of aluminium alloys in combination with ground cutting edges.

H10F (HW) – N20 (N15 – N25)

Uncoated carbide grade suitable for milling of aluminium alloys in combination with "sharp" cutting edges.

H13A (HW) – N15 (N10 – N20)

Uncoated carbide grade suitable for milling of aluminium alloys in combination with "sharp" cutting edges.



Grades for milling



Heat resistant alloys Titanium alloys

Basic grades

GC1025 (HC) – S15 (S10 – S20)

PVD-coated carbide grade for milling of heat resistant super alloys at medium speeds. Good resistance to built-up edges and plastic deformation.

H10F (HW) – S30 (S25 – S35)

Uncoated carbide grade with fine grain sizes. High notch wear resistance makes it suitable for milling of aerospace materials e.g. titanium.

GC2030 (HC) – S25 (S15 – S25)

PVD-coated carbide grade for semi-finishing to light roughing of heat resistant superalloys at low speeds.

Complementary grades

H13A (HW) – S20 (S15 – S25)

Uncoated carbide grade with good abrasive wear resistance and toughness for milling of heat resistant alloys under moderate cutting speeds and feeds.

GC2040 (HC) – S30 (S20 – S40)

Coated carbide grade for milling of cast heat resistant alloys.

GC1030 (HC) – S15 (S10 – S20)

PVD-coated carbide grade for milling of heat resistant super alloys at medium speeds. Good resistance to built-up edges and plastic deformation.



Hardened steel

Basic grades

CB50 (BN) – H05 (H01 – H10)

CB50 is a cubic boron nitride tipped grade. It gives a high edge toughness combined with good wear resistance. CB50 is well suited for machining of hardened steel under favourable conditions.

CC6090 (HC) – H10 (H05 – H15)

Silicon nitride ceramic grade suitable for semi-finish milling of chilled cast iron at medium to high speed.

GC4020 (HC) – H25 (H15 – H30)

Coated carbide grade for light roughing under favourable conditions of hardened steel up to HRC 60. Can take high temperatures.

Complementary grades

P10A (HC) – H10 (H05 – H15)

PVD coated grade for light milling of hardened steel. In combination with precision ground edges it is the first choice for finishing in profile milling applications.

CT530 (HT) – H25 (H10 – H25)

Cermet grade for finish milling of hardened steel components at low to medium speeds.

GC3020 (HC) – H15 (H10 – H20)

Coated carbide grade for rough milling of hardened steel at fair conditions and medium speeds.

GC3040 (HC) – H25 (H20 – H30)

Coated carbide grade for rough milling of hardened steel at fair conditions and low to medium speeds.

GC1025 (HC) – H15 (H10 – H20)

PVD-coated carbide grade for milling of hardened components at low feeds and moderate speeds.

H1P (HW) – H10 (H05 – H15)

Uncoated carbide grade for finishing chilled cast iron at medium speeds.

Letter symbols specifying the designation of hard cutting materials:

Hardmetals:

HW Uncoated hardmetal containing primarily tungsten carbide (WC)

HT Uncoated hardmetal, also called cermet, containing primarily titanium carbides (TiC) or titanium nitrides (TiN) or both.

HC Hardmetals as above, but coated

Ceramics:

CA Oxide ceramics containing primarily aluminium oxide (Al_2O_3).

CM Mixed ceramics containing primarily aluminium oxide (Al_2O_3) but containing components other than oxides.

CN Nitride ceramics containing primarily silicon nitride (Si_3N_4).

CC Ceramics as above, but coated.

Diamond:

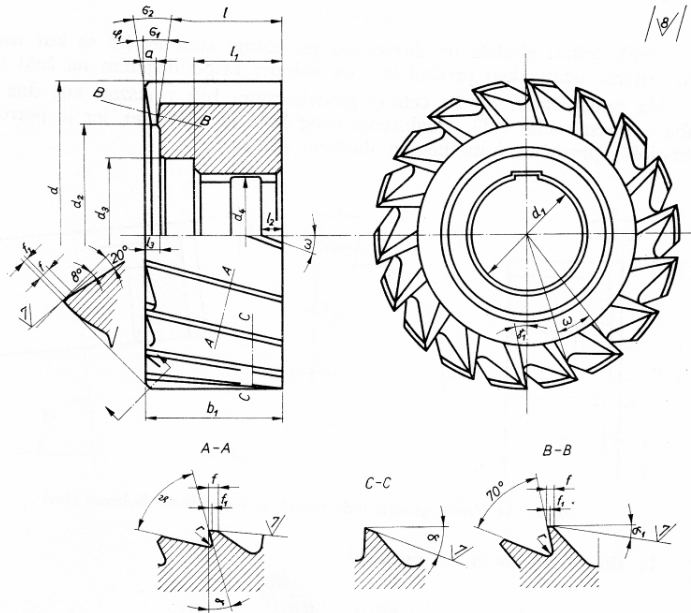
DP Polycrystalline diamond¹⁾

Boron nitride:

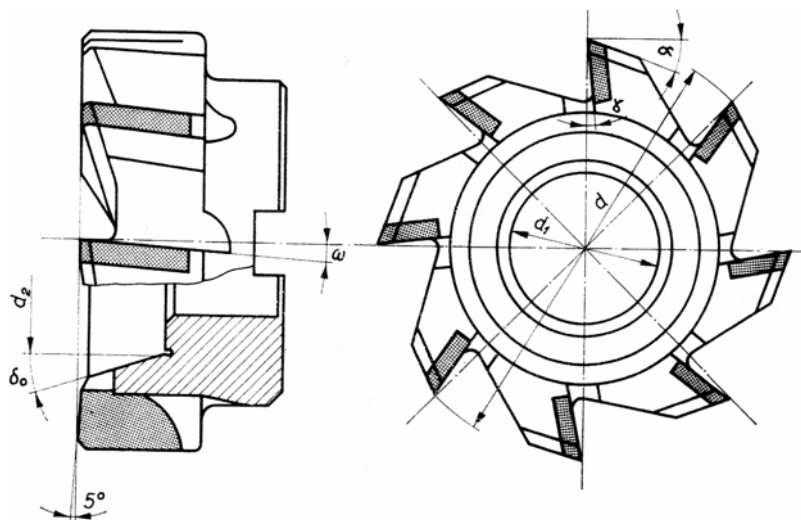
CN Polycrystalline boron nitride¹⁾

¹⁾ Polycrystalline diamond and polycrystalline boron nitride are also named superhard cutting materials.

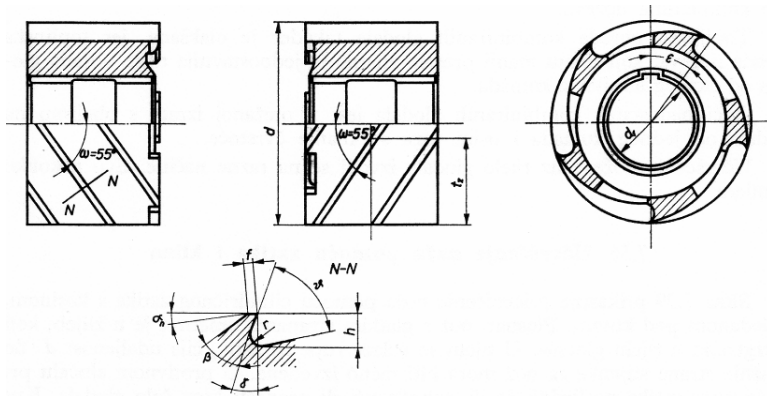
U savremenim uslovima proizvodnje, u odnosu na prikazana glodala, neracionalno je, u većini slučajeva, koristiti glodala izrađena od brzoreznog čelika i glodala sa zalemljenim pločicama (slika 15.-18.).



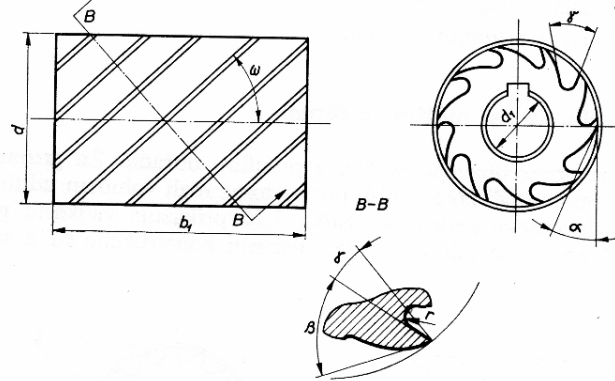
Slika 15. – Čeono nasadno glodalo



Slika 16. – Glodačka glava sa zalemljenim pločicama

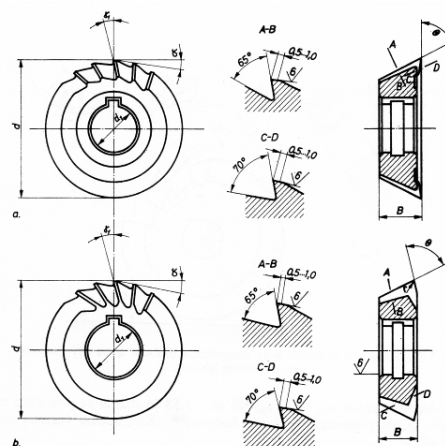


Slika 17. – Garnitura valjkastih glodala



Slika 18. – Valjkasto glodalo

Takođe treba izbegavati i korišćenje ugaonih glodala (slika 19.) izrađenih od brzoreznog čelika, ako je moguće operaciju ugaonog glodanja rešiti na drugačiji način.



Slika 19. – Ugaono glodalo

SPECIJALNA LEDNOSTRUGANA GLODALA

U slučajevima obrade složenih profila na univerzalnim i horizontalnim glodalicama koriste se specijalna leđno strugana glodala tzv. Specijalna glodala.

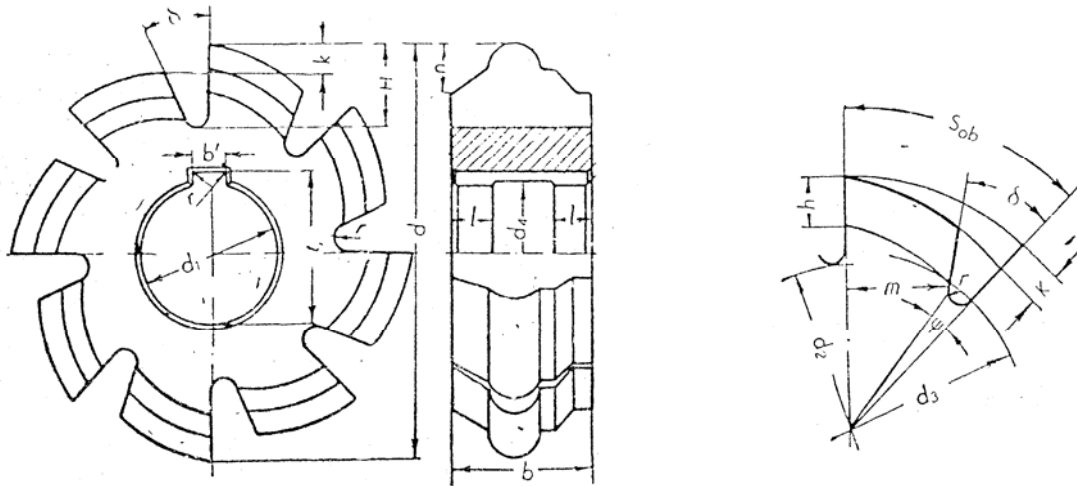
Specijalna glodala se, danas, uglavnom konstruišu i proizvode za potrebe obrade složenih profilnih površina. U ovu grupu glodala spadaju glodala sa leđno obrađenim zubima. Osobnost ovih glodala je nepromenljivost profila glodala pri preoštravanju koje se obavlja samo po grudnoj površini. Na slici 20. dat je šematski prikaz jednog od mogućih oblika ovog tipa glodala.

U većini slučajeva zubi ovog tipa glodala obrađeni su po Arhimedovoj spirali. Najčešće su u primeni leđnoobrađena glodala prečnika $d=45 - 110\text{mm}$. Izbor prečnika d kod leđnoobrađenih glodala zavisi od usvojenog prečnika otvora d_1 i visine zuba H i on iznosi:

$d = d_2 + 2H$, gde se d_2 usvaja u zavisnosti od prečnika otvora d_1 .

Visina zupca H , za orijentaciono određivanje prečnika, usvaja se prema obrascu:

$H = h_1 + (5 \text{ do } 10\text{mm})$, gde je: h_1 - visina profila na predmetu obrade.



Slika 20. - Profilno glodalo

Profilna glodala se obično izrađuju sa grudnim uglom $\gamma=0^0$, kako bi se izbegla korekcija profila. Kod zahteva za većim grudnim uglom (zavisi od materijala predmeta obrade i ostalih uslova obrade) obavezno se vrši korekcija profila.

Broj zuba kod ovih glodala bira se nešto manji nego kod glodala sa glodanim zubima. Za prečnike od 45 do 110mm usvaja se broj zuba $Z=8-16$.

Pri konstrukciji glodala bira se broj zuba Z , zatim se određuje visina H po obrascu:

$H=h+k+r$, gde je: h - visina radnog profila glodala uvećana za 1,5 mm, k - visina leđne obrade zuba i r - poluprečnik zaobljenja žljeba. Veličina k se određuje prema obrascu:

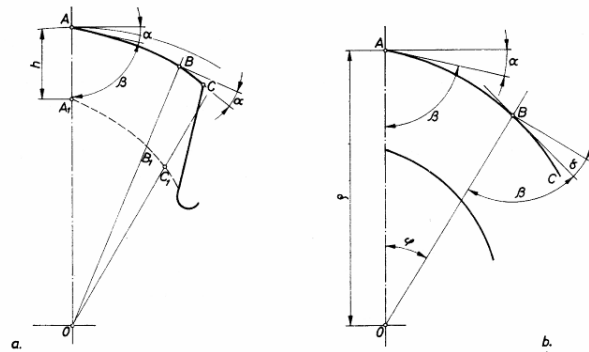
$$k = \frac{d \cdot \pi}{Z} \cdot \text{tg} \alpha, \text{ gde je: } \alpha - \text{leđni ugao.}$$

Leđni ugao najčešće iznosi 10^0-12^0 . Veće vrednosti ugla α pogodnije su, sa aspekta procesa obrade, ali dovode do slabljenja zuba glodala.

Poluprečnik zaobljenja r najčešće se usvaja u granicama $r=1-3\text{mm}$.

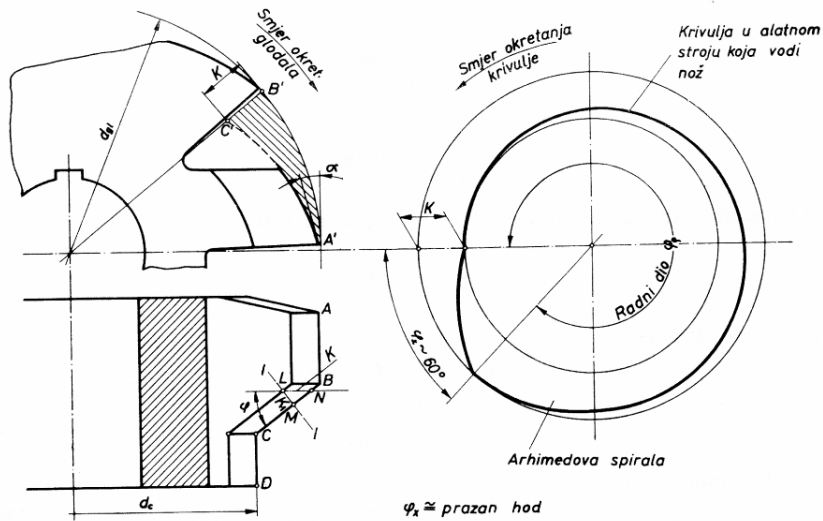
Ugao profila žljeba δ usvaja se u granicama $\delta = 18^0-30^0$.

Na slici 21. prikazana je geometrija zuba ove vrste glodala.

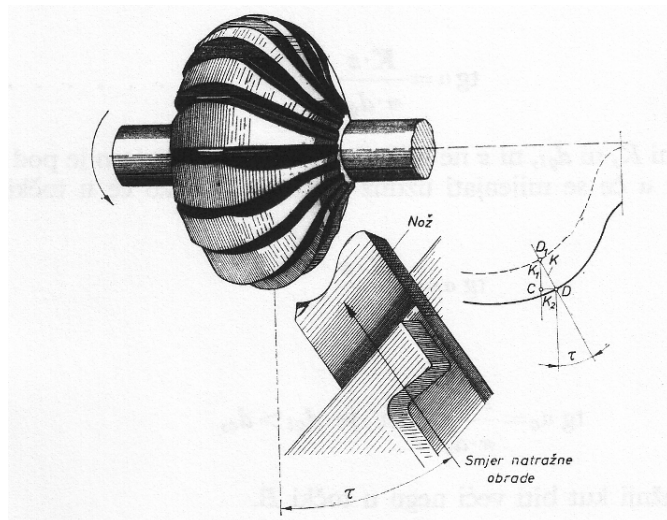


Slika 21. – Geometrija profila zuba glodala

Na slici 22. i 23. prikazan je postupak i geometrija leđnog struganja.

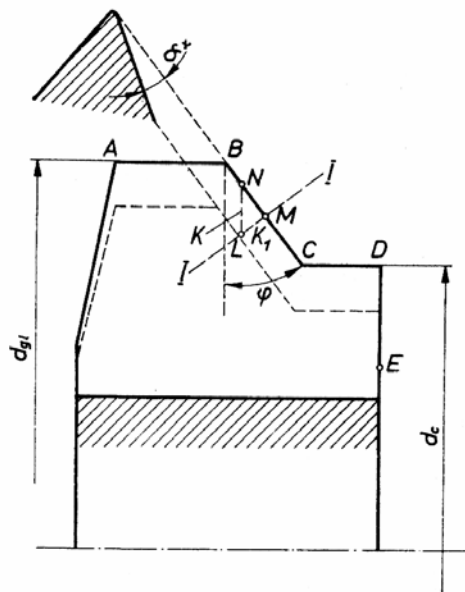


Slika 22. – Postupak obrade leđnim struganjem zuba



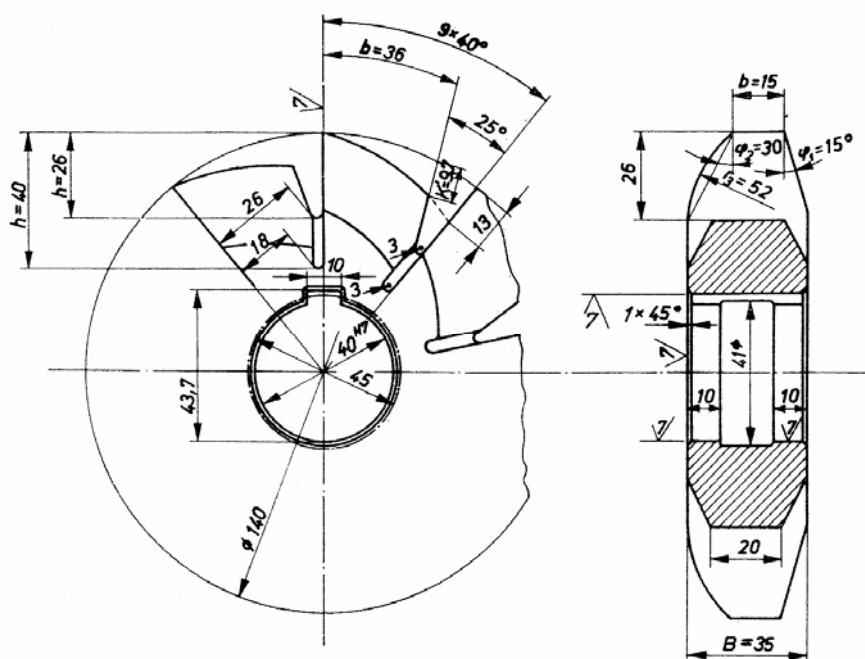
Slika 23. – Postupak obrade leđnim struganjem

Pri leđnom struganju ostvaruje se bočni ugao na čitavoj površini zuba što je jasno prikazano na slici 24.



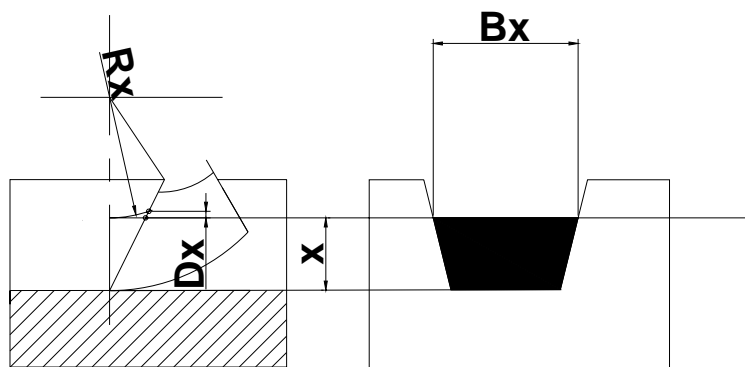
Slika 24. – Geometrija zuba – bočni ugao α_1

Primer konstruktivnog crteža glodala sa leđno struganim zubima prikazan je na slici 25.



Slika 25. – Konstruktivni crtež glodala sa leđno struganim zubima

Sa aspekta procesa rezanja veličina ugla $\gamma = 0$, u većini slučajeva nije pogodna. Ako je ovaj ugao veći od nule mora se vršiti korekcija profila. Korekcija profila vrši se veoma slično postupku korekcije profila profilnih noževa (slika 27.).



Slika 27. – Korekcija profila

Pored prikazanih alata postoji i veliki broj alata različitih proizvođača. Na narednim slikama prikazani su neki od savremenih alata poznatog proizvođača ISKAR.



HP F90AN

HELIPLUS 90° facemills with HP ANKT 0702.. inserts.



FRCM

CHAMMILL multi-functional face mills for four insert shapes.



F90SD-16

90° face mills using SDMT/R inserts.



TANGMILL 90° face mills with tangentially clamped inserts.



H490 F90AX-17

HELIDO 90° face mills using the H490 ANKX 17...double-sided rectangular inserts with 4 helical cutting edges.



HP F90AT-19

HELIPLUS 90° facemills with HP AD.. 1906.. inserts.



FDN-CM

Full width slotting cutters flanged type, using round and octagonal inserts.



ADK

Extended flute cutters using HELIMILL ADKT/R-15.. inserts.



BCM

DROPMILL endmill for BCR ball nose inserts with a tangent straight edge. Used for semi finishing and finishing.



ECR-B-MF

Solid carbide roughing endmills, 45° helix, medium length, for materials up to 65 HRc.



EC-A2

Solid carbide endmills, center cutting, 2 flutes, medium length, 30° helix. Used for hard materials up to 65HRc.



ECA-B-2

Solid carbide endmills, center cutting, 2 flute, 45° helix, medium length. Special design for machining aluminum.



HM90 EAL-22

Endmills for machining aluminum carrying HM90 APCR 2206.. inserts.



TRIB

Groove milling cutters, using TRI - triple edged inserts.



SDN-CALN12

Full width slotting cutter, disk type, with cartridges carrying tangentially mounted inserts.

PITANJA – GLODANJE

1. Osnove procesa i kinematika glodanja
2. Vrste alata u obradi glodanjem
3. Istosmerno i suprotnosmerno glodanje
4. Podela i standardizacija glodala
5. Izbor prečnika glodala i otvora za vreteno mašine
6. Oblik zuba i broj zuba glodala
7. Smer uspona zavojnice – glodanje žljebova i ravnih površi
8. Geometrija glodala izrađenih od brzoreznog čelika i grupa primene glodala
9. Specijalna glodala – glodala sa leđno struganim zubima (korekcija profila)
10. Glodala sa mehanički pričvršćenim pločicama od tvrdog metala
11. Savremena glodala za obradu ravnih površi
12. Savremena glodala za obradu ugaonih površi
13. Savremena glodala za obradu profilnih površi
14. Savremena glodala za obradu žljebova

XII

Alati u obradi provlačenjem

XII. ALATI ZA PROVLAČENJE

PROCES OBRADE PROVLAČENJEM

Proces obrade provlačenjem karakteriše visoka proizvodnja a u uslovima visokoserijske i masovne proizvodnje i visoka produktivnost procesa obrade. I pored jednostavne kinematike procesa obrade ovaj postupak obrade spada među najsloženije postupke obrade metala. Razlozi leže u činjenici da je obrada provlačenjem, najčešće završna obrada i da se proces obrade izvodi pri vrlo visokim vrednostima opterećenja alata i mašine. S tim u vezi, čitav obradni sistem (alat, mašina, stezni pribor) treba da karakteriše visok nivo statičke i dinamičke stabilnosti. Zbog visoke cene alata (provlakača) provlačenje se primenjuje isključivo u serijskoj, visokoserijskoj i masovnoj proizvodnji.

KINEMATIKA PROCESA OBRADE PROVLAČENJEM

U najvećem broju slučajeva proces obrade provlačenjem se izvodi pravolinijskim kretanjem alata. Predmet obrade ne izvodi pomoćno kretanje, jer pomoćnog kretanja faktički i nema izuzev u nekim specijalnim slučajevima (zavojni provlakači). Pomoćno kretanje je na određeni način ugrađeno u sam alat. Obrada se izvodi vučenjem alata, ređe potiskivanjem, duž ose predmeta obrade.

VRSTE PROVLAČENJA

U osnovi postoje dve vrste provlačenja odnosno alata za obradu provlačenjem i to:

- unutrašnje provlačenje (alati za unutrašnje provlačenje) i
- spoljašnje provlačenje (alati za spoljašnje provlačenje).

Sa aspekta konstrukcije alata za provlačenje razlikuju se:

- alati kompletno izrađeni od brzoreznog čelika i
- alati sa mehanički pričvršćenim reznim elementima.

Najčešće su u primeni, naročito u našoj metaloprerađivačkoj industriji, alati kompletno izrađeni od brzoreznog čelika.

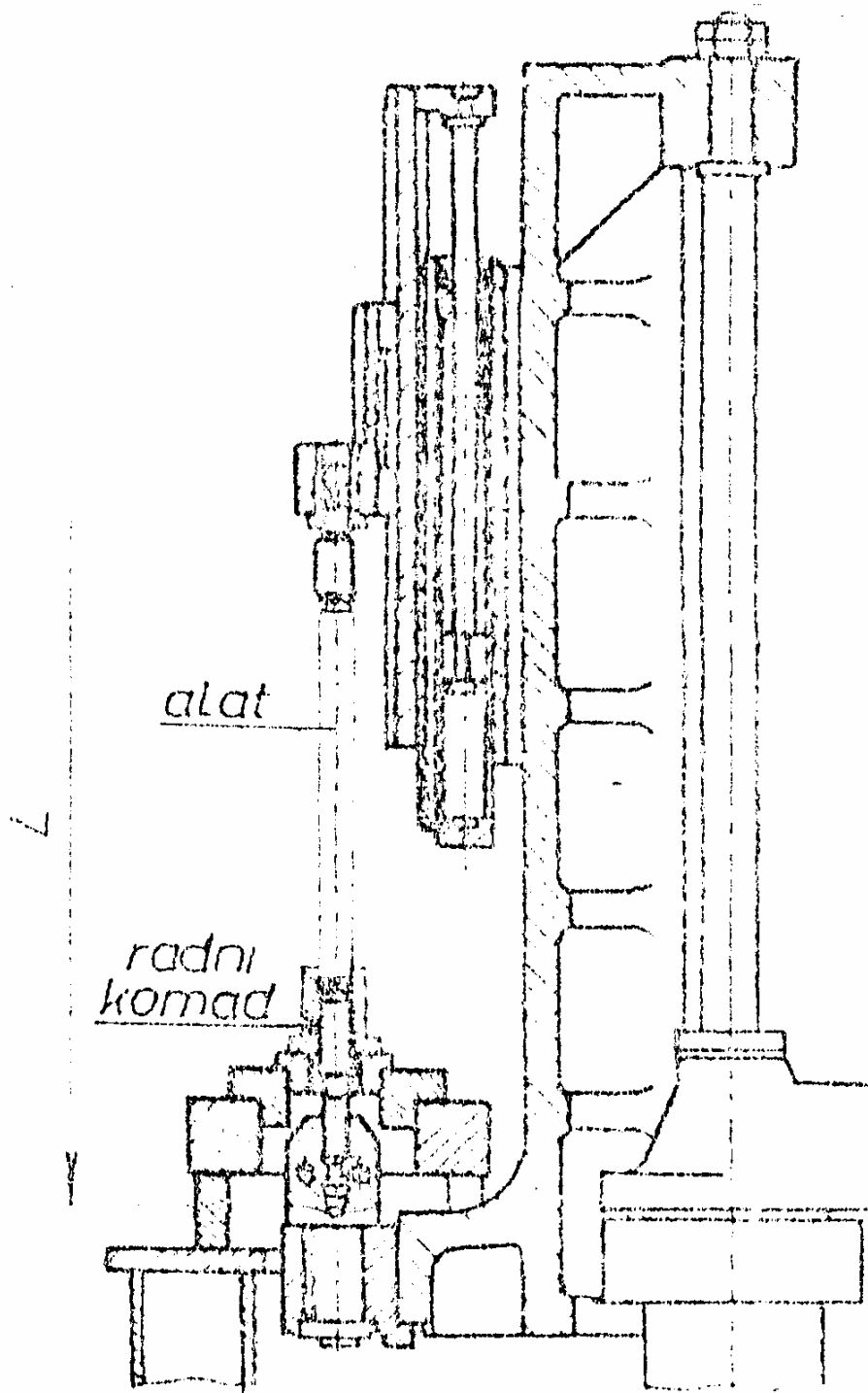
MAŠINE ZA PROVLAČENJE

Postupak obrade provlačenjem izvodi se na vertikalnim i horizontalnim mašinama za provlačenje (provlakačicama). Osnovna karakteristika ovih mašina je:

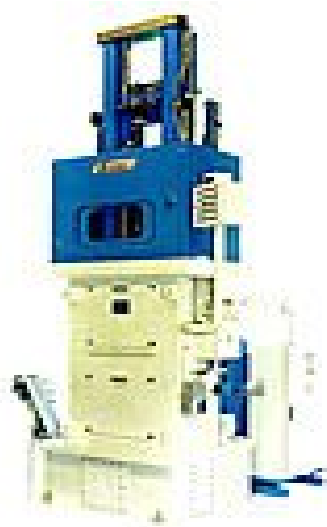
- velika masa mašina,
- raspoložive vučne sile koje najčešće iznose preko 100000 N,
- brzine rezanja reda veličine 30 m/min i
- radni hodovi reda veličine 1500 mm.

Mašine su opremljene uređajima za prihvatanje prednjeg (vučnog) i zadnjeg (vodećeg) dela provlakača).

Na slici 1(a-c). Dati su prikazi mašina za provlačenje.



Slika 1a. - Šematski prikaz vertikalne mašine za provlačenje



Slika 1b) – Fotografski prikaz vertikalne mašine za provlačenje



Slika 1c) – Fotografski prikaz horizontalnih mašina za provlačenje

PROJEKTOVANJE ALATA ZA PROVLAČENJE

Provlakači pripadaju grupi specijalnih alata. Njihove konstruktivne karakteristike zavise od velikog broja faktora vezanih, prvenstveno, za karakteristike (geometrijske, mehaničke i druge) predmeta obrade. Praktično je vrlo teško uopšteno govoriti o projektovanju alata za provlačenje jer se isti u velikoj meri razlikuju u zavisnosti od namene. Iz tog razloga u narednom izlaganju biće izložene samo osnove projektovanja alata i ukazano na neke specifičnosti vezane za pojedine vrste provlakača.

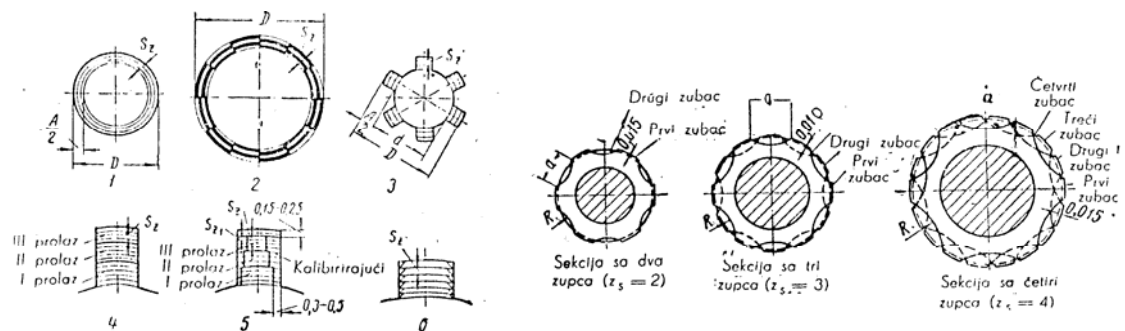
Polaznu osnovu za projektovanje bilo koje vrste provlakača predstavlja profil predmeta obrade odnosno veličine dodataka koje je potrebno obraditi (skinuti) provlačenjem. S tim u vezi, vrši se analiza proizvodne operacije i izbor najpovoljnije šeme rezanja. Pri analizi proizvodne operacije potrebno je, pored dodataka za obradu analizirati i:

- potrebnu dužinu provlačenja,
- mehaničke karakteristike predmeta obrade i
- zahteve po pitanju geometrijske tačnosti i zahtevanog kvaliteta obrade.

U zavisnosti od navedenih faktora tj. karakteristika predmeta obrade treba izvršiti analizu mogućih rešenja odnosno razmotriti mogućnost izrade provlakača sa mehanički pričvršćenim zubima, što je sigurno povoljnije rešenje. Međutim, treba naglasiti da je projektovanje provlakača sa mehanički izmenljivim elementima znatno složenije i u određenoj meri manje pouzdano rešenje.

IZBOR ŠEME REZANJA

Pod šemom rezanja kod provlačenja se podrazumeva usvojeni redosled rezanja (skidanja) celokupnog dodatka za obradu. Postoji veliki broj različitih šema rezanja, što prvenstveno zavisi od oblika i dimenzija profila predmeta obrade o čemu se podaci mogu naći u literaturi. Na slici 2. prikazane su neke od mogućih šema rezanja.



Slika 2. - Šeme rezanja kod provlačenja

Veoma je važno da se izvrši, bar gruba, optimizacija izbora šeme rezanja. To podrazumeva integralno razmatranje i analizu izabrane šeme rezanja i efekata koji se postižu u smislu:

- potrebne vučne sile mašine,

- opterećenja provlakača (kritični naponi istezanja kod provlakača za unutrašnje provlačenje),
- potrebne dužine provlakača ili broja provlakača u kompletu,
- vrednosti dubine rezanja po zubu (koraka po zubu),
- broja zuba provlakača,
- postizanja zahtevane geometrijske tačnosti i kvaliteta obrađene površine i
- mnogih drugih pitanja.

U principu treba, ako je to moguće, primenjivati progresivne šeme rezanja koje omogućavaju izvođenje obrade sa većim dubinama rezanja po zubu. Suštinska prednost progresivnih šema rezanja sastoji se u smanjenju potrebne dužine alata za provlačenje, potrebne vučne sile i boljeg razmeštaja strugotine u međuzublju.

PRORAČUN POTREBNE VUČNE SILE MAŠINE

Potrebna vučna sila mašine određuje se kao suma glavnih otpora rezanja na svim zubima alata, odnosno:

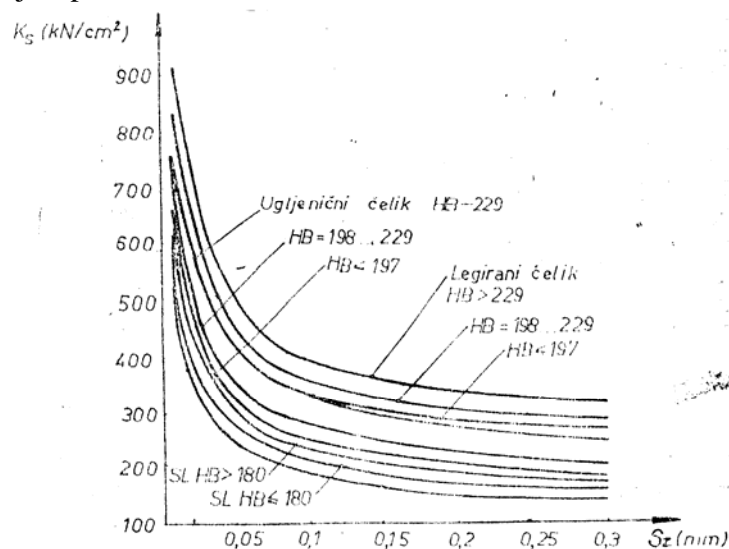
$$F_m = \sum F_1$$

U literaturi postoji ogroman broj empirijskih obrazaca na osnovu kojih se može izvršiti proračun glavnog otpora rezanja po jednom zubu. Za proračun ovog otpora može se, sa zadovoljavajućom tačnošću iskoristiti obrazac koji bazira na specifičnom otporu rezanja tj. izraz:

$$F_1 = k_s \cdot b \cdot s_z, \text{ gde je:}$$

k_s - specifični otpor rezanja; b - širina rezanja zuba; s_z - korak po zubu (dubina rezanja po jednom zubu).

Na dijagramu prikazanom na slici 3. date su vrednosti specifičnog otpora rezanja za različite materijale predmeta obrade.



Slika 3. - Vrednosti specifičnog otpora rezanja

Analizom datog dijagrama može se zaključiti da, za sve vrste materijala, specifični otpor rezanja opada pri porastu dubine rezanja po zubu. Upravo u toj činjenici leži prednost obrade sa većim dubinama rezanja po jednom zubu.

PRORAČUN KRITIČNOG NAPONA

Na osnovu proračunate potrebne vučne sile mašine (ova sila se redovno uvećava za najmanje 30%) vrši se provera napona na kritičnom preseku alata (provlakača) po obrascu:

$$\sigma = \frac{F_m}{A} \leq \sigma_{doz} \text{ , gde je:}$$

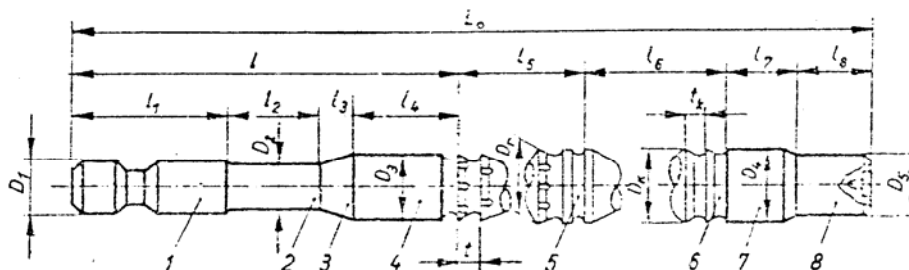
A - veličina kritičnog preseka alata; σ_{doz} - dozvoljena vrednost napona na istezanje. Dozvoljeno naprezanje na istezanje, za provlakače kompletno izrađene od brzoreznog čelika, iznosi (usvaja se): $\sigma_{doz} = 300MPa$. Veličina kritičnog preseka zavisi od same konstrukcije provlakača. Kod provlakača izrađenih kompletno od brzoreznog čelika kritični presek je, najčešće, presek vrata provlakača.

OSNOVNI KONSTRUKTIVNI ELEMENTI PROVLAKAČA ZA UNUTRAŠNJE PROVLAČENJE

Osnovni konstruktivni elementi provlakača definišu se, kako je rečeno, u zavisnosti od njegove namene. Kod provlakača za unutrašnje provlačenje (cilindričnih provlakača) osnovni elementi (celine) su sledeći:

1. Drška provlakača
2. Vrat provlakača
3. Prelazni konus
4. Prednji vodeći deo
5. Rezni deo
6. Kalibrirajući deo
7. Zadnji vodeći deo
8. Prihvatni deo

Na slici 4a) dat je šematski prikaz i raspored nabrojanih elemenata alata za unutrašnje provlačenje, dok su na slici 4b) dati fotografski prikazi provlakača i probijača.

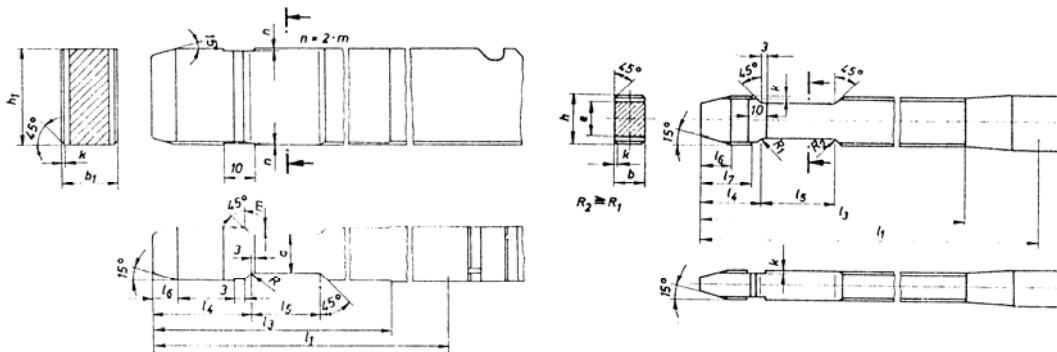


Slika 4a) - Osnovni elementi cilindričnih provlakača



Slika 4b) – Fotografski prikazi provlakača i probijača

Drška provlakača služi za prihvatanje provlakača od strane vučnog sistema mašine za provlačenje. Konstruktivne mere drške zavise, jednim delom, od rešenja mehanizma za prihvatanje alata. Ovi mehanizmi se razlikuju u zavisnosti od proizvođača mašine. Na slici 5. prikazani su neki od standardnih oblika drški alata za provlačenje. Ostali standardni oblici drški provlakača mogu se, sa odgovarajućim merama naći u katalozima proizvođača mašina za provlačenje.



Slika 5. - Standardni oblici drške provlakača

Prednji vodeći deo provlakača služi za vođenje alata kroz prethodno obrađeni otvor ili odgovarajući profil koji je formirao prethodni provlakač (kada se radi sa kompletno provlakača). Oblik i dimenzije ovog dela alata zavise, prvenstveno, od oblika prethodno formiranog profila. U cilju što pouzdanijeg vođenja alata treba težiti ostvarenju minimalnih zazora između prednjeg vodećeg dela i prethodno obrađenog profila. Dužina prednjeg vodećeg dela usvaja se konstruktivno prema preporukama iz literature.

Na reznom delu alata za provlačenje formirani su rezni segmenti (zubi) koji po profilnoj šemi rezanja ili u odgovarajućim sekcijama (progresivne šeme) režu kompletan dodatak za obradu provlačenjem. Dužina reznog dela zavisi od broja zuba, dubine rezanja po zubu, koraka zuba i broja zuba za preoštravanje.

Na kalibrirajućem delu alata formirani su kalibrirajući zubi. Dužina ovog dela alata zavisi od broja kalibrirajućih zuba i njihovog koraka.

Zadnji vodeći deo alata služi za vođenje alata po već formiranom profilu. Dužina ovog dela konstruktivno se usvaja prema preporukama iz literature, po obrascu: $L_7=(0,5-0,7)L$, gde je: L-dužina provlačenja.

Prihvatni deo alata služi za prihvatanje alata od strane prihvatnog mehanizma mašine. Zadnji prihvatni deo obavezno se izrađuje kod težih provlakača. Kod provlakača manjih dimenzija (lakših provlakača) može se vršiti i ručno prihvatanje, što je u praksi čest slučaj. Veličina zadnjeg prihvatnog dela takođe se konstruktivno usvaja.

DUBINA REZANJA PO ZUBU (KORAK PO ZUBU - DEBLJINA STRUGOTINE PO ZUBU)

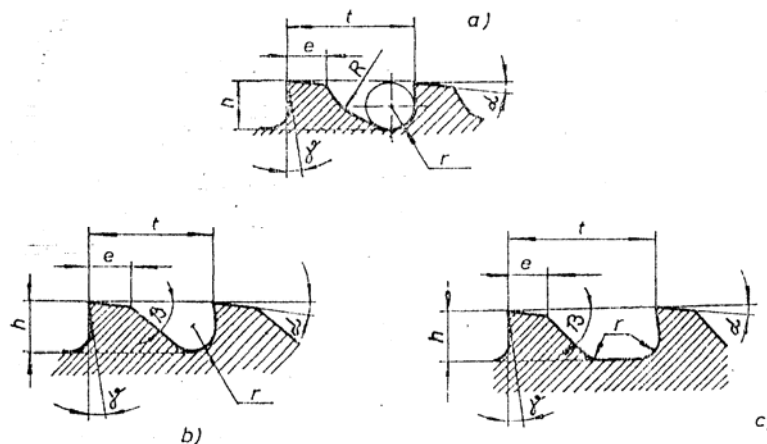
Dubina rezanja po jednom zubu zavisi od velikog broja faktora. Posebno ako se želi vršiti optimizacija konstrukcije alata za provlačenje. U tom slučaju izbor dubine rezanja po zubu ili koraka po zubu, kako se u literaturi sreće, treba razmatrati integralno u sklopu analize koraka zuba i otpora rezanja. Sa tog aspekta proračun optimalnih vrednosti dubine rezanja po zubu je znatno kompleksniji problem koji u velikoj meri prevazilazi predmetnu problematiku. U literaturi postoji određeni broj preporuka na osnovu kojih se dubina rezanja bira u zavisnosti od materijala predmeta obrade i vrste provlakača, što je i prikazano u tabeli 1.

Tabela 1. - Preporučene vrednosti dubine rezanja po zubu

TIP PROVLAKAČA	Konstruktivni i nisko-legirani čelici σ_M [daN/mm ²]			Visokolegirani čelici σ_M [daN/mm ²]		Sivi liv	Aluminijum	Bronza i mesing
	do 50	50÷75	> 75	do 80	> 80			
Cilindričan	0,015÷ 0,020	0,025÷ 0,030	0,015÷ 0,030	0,025÷ 0,03	0,01÷ 0,025	0,03÷ 0,10	0,02÷ 0,05	0,05÷ 0,12
Za žljebove za klin	0,05÷ 0,15	0,05÷ 0,20	0,05÷ 0,12	0,05÷ 0,12	0,06÷ 0,10	0,06÷ 0,20	0,05÷ 0,08	0,08÷ 0,20
Pravougaoni	0,03÷ 0,12	0,05÷ 0,15	0,03÷ 0,12	0,03÷ 0,12	0,03÷ 0,10	0,05÷ 0,20	0,02÷ 0,05	0,06÷ 0,15

IZBOR OBLIKA MEĐUZUBLJA

Kod alata za unutrašnje provlačenje onemogućeno je slobodno odvođenje strugotine. Is tih razloga nastaje čitav niz problema vezanih za smeštaj odrezane strugotine u prostor međuzublja. Prostor međuzublja treba da omogući pravilan razmeštaj strugotine, ali da pri tom alat zadrži odgovarajuću čvrstoću. Na slici 6. prikazane su neke od mogućih konstruktivnih izvedbi međuzublja.



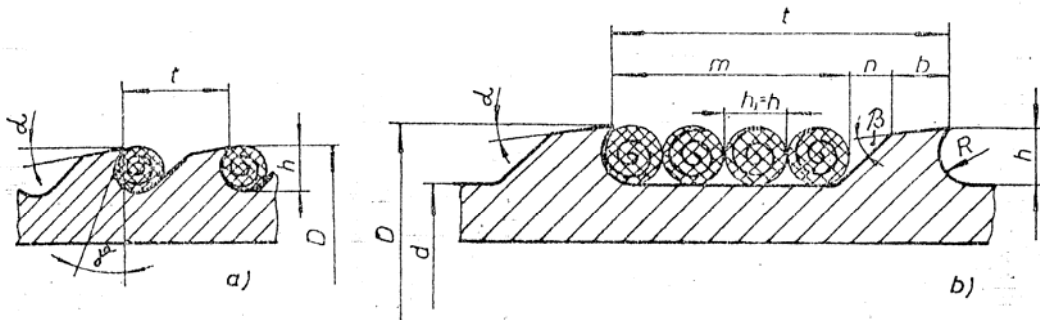
Slika 6. - Neke od mogućih konstruktivnih izvedbi međuzublja

Oblik dvoradijalnog međuzublja (slika 6c.) obezbeđuje najbolji razmeštaj strugotine i manje udare nastale kao posledica oscilovanja spirale strugotine prilikom izlaska zuba iz zahvata. Međutim primena ovog oblika međuzublja je vrlo retka zbog složene izrade profila.

Oblik pravolinijskih leđa međuzublja (Slika 6b.) pogodniji je za izradu i u praksi je vrlo često zastupljen.

Oblik međuzublja sa produženim leđima (Slika 6c.) vrlo često je u primeni pri obradi provlačenjem na dugim otvorima. Prednosti primene ovog oblika međuzublja su sadržane u mogućnosti smeštaja veće zapremine strugotine pri manjoj dubini međuzublja kao i tehnološki izrada u odnosu na dvoradijalni oblik međuzublja.

Na slici 7. prikazan je presek međuzublja (međuzublje sa pravolinijskim leđima i produženo međuzublje) sa formiranim spiralama strugotine.



Slika 7. - Preseci međuzublja sa formiranim spiralama strugotine

KOEFICIJENT ISPUNJENJA MEĐUZUBLJA

Koeficijent ispunjenja međuzublja predstavlja odnos zapremine međuzublja prema zapremini materijala odrezanog jednim zubom. Za međuzublje sa pravolinijskim leđima, u slučaju provlačenja prstenastog dodatka (cilindrični provlakač) ovaj koeficijent iznosi:

$$K = \frac{\pi \cdot (D - h) \cdot h^2}{4 \cdot D \cdot L \cdot s_z}, \text{ gde je:}$$

L - dužina provlačenja; s_z - dubina rezanja po zubu; h - dubina međuzublja; D - prečnik otvora po kome se vrši obrada.

Za provlačenje žljeba na otvoru koeficijent ispunjenja međuzublja određuje se po obrascu:

$$K = \frac{\pi \cdot h^2}{4 \cdot L \cdot s_z}$$

U tabeli 2. date su preporučene vrednosti koeficijenta ispunjenja međuzublja za pravolinijski i dvoradijalni oblik leđa međuzublja. Preporučene vrednosti treba da budu veće od proračunatih.

Tabela 2. - Vrednosti koeficijenta ispunjenja međuzublja

S_z [mm]	Obradivani materijali				
	Čelik HB			liv bronz mesing	bakar aluminijum
	do 197	198-229	iz 229		
Zubac sa pravolinijskim sečivom					
do 0,03	3	2,5	3	2,5	2
0,03 ... 0,07	4	3	3,5	2,5	3
iznad 0,07	4,5	3,5	4	2	3,5
Zubac sa krivolinijskim sečivom					
0,07 - 01	3	-	-	-	-
01 - 015	2,5	-	-	-	-
015 - 04	2,2	-	-	-	-

Obrad. mat.	S_z [mm]	$B = 1,2 \sqrt{d}$						$B > 12 \sqrt{d}$
		$e = 4,5 \dots 8 \text{ mm}$		$e = 10 \dots 14 \text{ mm}$		$e = 16 \dots 25 \text{ mm}$		
		Prof.	Grup.	Prof.	Grup.	Prof.	Grup.	
Čelik	do 0,05	4,12	3,3	3,75	3,0	3,52	2,8	* 1,30
	0,05 ... 0,1	3,75	3,0	3,37	2,7	3,12	2,5	
	iznad 0,1	3,12	2,5	2,75	2,2	2,50	2,0	
Liv		$\geq 1,5$						

Na osnovu usvojenih vrednosti koeficijenta ispunjenja međuzublja iz prethodnih izraza se može izračunati dubina međuzublja.

IZBOR VELIČINE KORAKA PO ZUBU

Približna vrednost koraka zuba određuje se po obrascu:

$$t' = (2,5 - 2,8) \cdot h, \text{ gde je: } h - \text{ dubina međuzublja odnosno visina zuba.}$$

Maksimalni broj zuba koji su istovremeno u zahvatu računa se po obrascu:

$z_{\max} = \frac{L}{t'} + 1$. Pri proračunu z_{\max} odbacuju se decimali a zadržava se ceo broj.

Stvarna vrednost koraka zuba provlakača izračunava se preko izraza:

$$t = \frac{L}{z_{\max} - 0,1}.$$

U cilju dobijanja što boljeg kvaliteta obrađene površine korak zubaca se izrađuje promenljiv i jednak je:

$$t \pm (0,5 - 1)mm.$$

Korak kalibrirajućih zubaca za cilindrične provlakače visoke tačnosti jednak je:

$t_k = (0,6 - 0,7) \cdot t$, dok se za ostale oblike provlakača usvaja isti kao i korak reznih zubaca.

ODREĐIVANJE BROJA KALIBRIRAJUĆIH ZUBACA

Broj kalibrirajućih zubaca određuje se u zavisnosti od tipa provlakača i zahtevanog kvaliteta obrade. Prema preporukama se usvaja:

- za cilindrične provlakače $z_k=(5-8)$,
- za provlakače koji obrađuju trouglaste i evolventne žljebove $z_k=5$,
- za provlakače koji obrađuju pravougaone žljebove i kvadratne provlakače $z_k=4$ i
- za prethodne provlakače (rad sa garniturom provlakača) svih tipova $z_k=(2-3)$.

ODREĐIVANJE DIMENZIJE KALIBRIRAJUĆIH ZUBACA

Prečnik kalibrirajućih zubaca određuje se po obrascu:

$D_k = D_{\max} \pm \delta$, gde je: D_{\max} - najveći prečnik otvora koji se obrađuje; δ - veličina promene prečnika otvora posle provlačenja, proširivanje(-) ili skupljanje (+). Veličina δ zavisi od karakteristika materijala predmeta obrade, kvaliteta izrade provlakača, stepena pohabanosti zuba i drugih faktora. Preporučuje se da se ova veličina odredi eksperimentalnim putem.

ODREĐIVANJE ELEMENATA PROFILA ZUBA

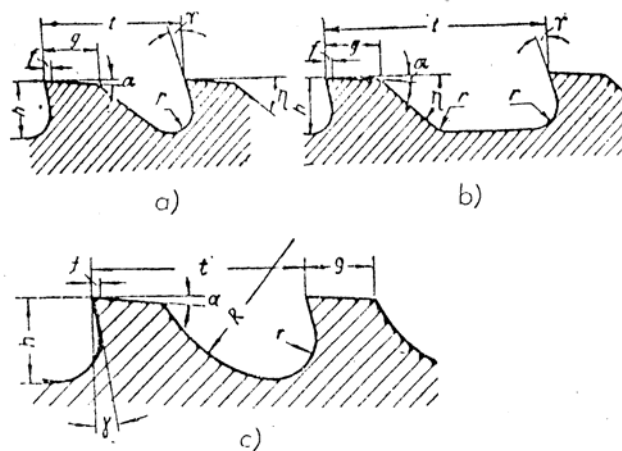
Elementi profila zuba usvajaju se prema sledećim preporukama, a na osnovu šeme profila prikazane na slici 8.

Širina leđa zuba računa se po obrascu:

$$g=(0,25-0,4)t.$$

Poluprečnik zaobljenja međuzublja računa se po obrascu:

$$r=(0,5-0,75)h.$$



Slika 8. – Elementi profila zuba

Ugao zaleđa zuba usvaja se u granicama:

$$\eta = 40 - 60^{\circ}$$

Poluprečnik zaleđa određuje se prema izrazu:

$$R = (0,65 - 0,70)t$$

GRUDNI UGAO

Grudni ugao γ reznih i kalibrirajućih zubaca određuje se prema preporukama, na osnovu tabele 3.

Tabela 3. – Preporučene vrednosti grudnog ugla

Materijal predmeta obrade	Vrednost grudnog ugla (γ°)
čelik zatezne čvrstoće manje od 600MPa	15-18
čelik zatezne čvrstoće 600-1000 MPa	12-15
čelik zatezne čvrstoće preko 1000 MPa	8-10
liveno gvožđe tvrdoće do 150 HB	8-10
liveno gvožđe tvrdoće preko 150 HB	4-8
aluminijum	12-15
bronz	0-5
lake legure	10-15
bakar	15
krti mesing	2
meki mesing	6

LEĐNI UGAO

Glavni leđni ugao α se usvaja u granicama:

2° - 3° $30'$ – za rezne zupce,

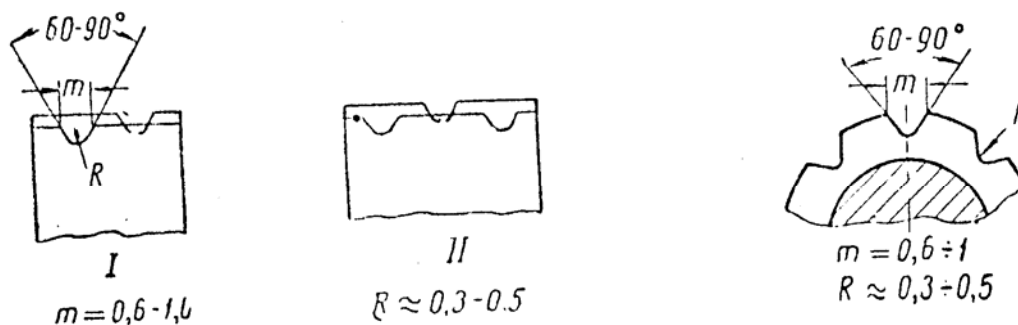
30° - 1° – za kalibrirajuće zupce.

Preporučuje se da ugao α na reznim zupcima bude na gornjoj granici, a na poslednja dva-tri zupca na donjoj granici.

Veličina ruba f na reznim zupcima ne treba da je veća od 0,05mm, dok se na kalibrirajućim zupcima povećava kontinualno od prvog kalibrirajućeg zupca ka poslednjem za po 0,1 do 0,2 mm.

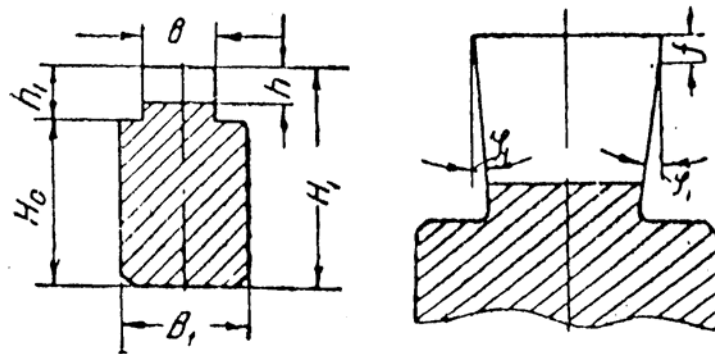
KANALI ZA LOMLJENJE STRUGOTINE

Broj kanala za lomljenje strugotine zavisi od efektivne dužine sečiva provlakača. Na slici 9. prikazani su profili i osnovne dimenzije lomača strugotine. Preporučljivo je da se kanali (lomači strugotine) izrađuju sa leđnim uglom 3° - 5° . Kod pravougaonih provlakača kanali se izrađuju na dužim delovima sečiva ako je njihova dužina preko 6mm. Broj kanala se usvaja tako da korak između njih bude 6-8 mm. Provlakači svih tipova se izrađuju bez kanala za lomljenje strugotine ako su namenjeni obradi livenog gvožđa ili drugih krutih materijala.



Slika 9. – Oblik lomača strugotine

Kod provlakača koji su namenjeni obradi žljebova za klinove (slika 9.) definiše se i bočni ugao φ_1 i širina ruba na vrhu zupca. Preporučuje se da vrednost ugla φ_1 iznosi 1° - 3° . Takođe se preporučuje da širina ruba bude: $f=0,8$ - $1,0$ mm.



Slika 9. – Profil zuba provlakača za obradu žljeba

NAPOMENE:

U prethodnom izlaganju iznete su samo osnove vezane za konstrukciju i proračun provlakača za unutrašnje provlačenje. Pri proračunu i konstrukciji provlakača treba detaljno analizirati:

- zahteve po pitanju proizvodne operacije (tolerantno polje, kvalitet obrađene površine, ..),
- smanjenje dubine rezanja na zadnjim zupcima,
- broj provlakača u kompletu,
- postojanost provlakača,
- dubinu rezanja kalibrirajućih zubaca,
- tehnologiju izrade provlakača i
- mnoga druga pitanja.

Provlakači za spoljašnje provlačenje projektuju se po sličnim principima kao i provlakači za unutrašnje provlačenje o čemu se podatci mogu naći u odgovarajućoj literaturi. U principu je znatno jednostavnije projektovati provlakač za spoljašnje provlačenje, prvenstveno, iz razloga manjih problema vezanih za smeštaj strugotine i čvrstoću provlakača.

XIII

Rezni alati za izradu navoja

XIII. ALATI ZA OBRADU NAVOJA

Izrada navoja rezanjem izvodi se na odgovarajućim mašinama pomoću sledećih alata:

- noževa za rezanje navoja,
- ureznika,
- nareznica,
- glava za rezanje navoja,
- glodala za navoj i
- tocila za brušenje navoj.

Ovi rezni alati, osim tocila, najčešće se izrađuju od brzoreznog čelika.

Osim izrade navoja rezanjem primenjuju se i postupci obrade navoja plastičnom deformacijom. Kod ovih postupaka koriste se sledeći alati:

- valjci za valjanje navoja,
- ploče za valjanje navoja i
- utiskivači navoja.

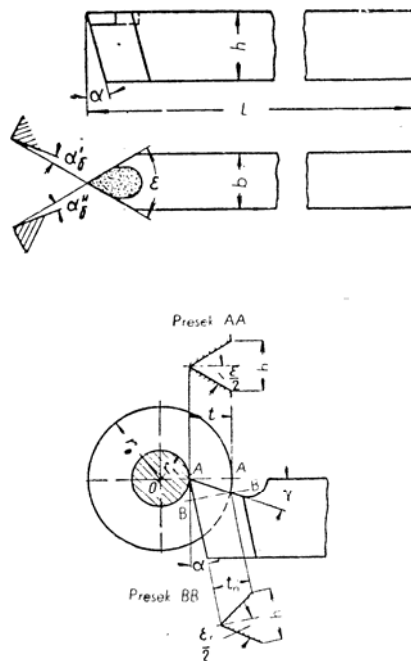
NOŽEVI ZA IZRADU NAVOJA

Noževi za izradu navoja primenjuju se za izradu spoljašnjih i unutrašnjih navoja raznih profila. Obrada sa ovim noževima izvodi se na univerzalnim strugovima, revolverskim strugovima, poluautomatskim strugovima i automatskim strugovima u pojedinačnoj, serijskoj i masovnoj proizvodnji. Noževi se prema konstrukciji dele na:

- standardne (jednoprofilne) noževe,
- prizmatične noževe i
- kružne noževe.

STANDARDNI (JEDNOPROFILNI) NOŽEVI

Standardni (jednoprofilni) noževi izrađuju se od brzoreznog čelika, sa zalemljenom ili mehanički pričvršćenom pločicom od tvrdog metala (slika 1.).



Slika 1. – Jednoprofilni strugarski noževi za izradu navoja

PRORAČUN JEDNOPROFILNIH STRUGARSKIH NOŽEVA ZA IZRADU NAVOJA

Proračun jednoprofilnih strugarskih noževa za izradu navoja vrši se na sledeći način:

1. Vršiti se izbor tela odnosno preseka drške strugarskog noža. Usvajaju se standardno definisani preseci. Nož se pri obradi zakreće za ugao nagiba zavojne linije.
2. Leđni ugao α usvaja se u granicama: $\alpha = (10^{\circ} - 15^{\circ})$.
3. Bočni leđni ugao α_b (slika 1.c.) zavisi od veličine leđnog ugla α i određuje se prema obrascu:

$$tg \alpha_b = tg \alpha \cdot \sin \frac{\varepsilon}{2}, \text{ gde je: } \frac{\varepsilon}{2} - \text{ polovina ugla profila navoja.}$$

U procesu obrade leđni bočni ugao se menja usled relativnog pomeranja sečiva duž nagiba zavojnice i to:

- na levom sečivu za veličinu:

$$\alpha_b' = \alpha_b + \delta'$$

Veličina ugla δ' može se odrediti preko obrasca:

$tg \delta' = tg \tau_1 \cdot \cos \frac{\varepsilon}{2}$, gde je τ_1 - ugao nagiba navoja na unutrašnjem prečniku navoja, a određuje se iz jednačine:

$$tg \tau_1 = \frac{h}{\pi \cdot d_1}$$

Leđni ugao na desnom sečivu određuje se preko izraza:

$$\alpha_b'' = \alpha_b - \delta''$$

$tg \delta'' = tg \tau \cdot \cos \frac{\varepsilon}{2}$, gde je τ - ugao nagiba navoja na spoljašnjem prečniku. Ovaj ugao određuje se preko obrasca:

$$tg \tau = \frac{h}{d \cdot \pi}$$

Ova izračunavanja vrše se kod noževa za rezanje trapezних i pravougaonih navoja, kod kojih ugao nagiba τ dostiže značajne vrednosti. Kod noževa za trouglaste navoje uglovi α_b' i α_b'' su približno jednaki zbog malih vrednosti ugla nagiba zavojnice.

4. Grudni ugao kod noževa za rezanje navoja pri gruboj obradi usvaja se u zavisnosti od karakteristika materijala predmeta obrade i kreće se u granicama: $\gamma = (5^{\circ} - 25^{\circ})$. Grudni ugao kod noževa za završnu obradu obično se usvaja $\gamma = 0^{\circ}$.
5. Kod noževa sa pozitivnim grudnim uglom (slika 2.) profil noža treba definisati u preseku normalnom na leđnu površinu. U tom slučaju visina profila noža t_n i ugao profila ε_n u preseku BB određuju se prema obrascima:

$$t_n = (\sqrt{(r^2 - r_1^2 \cdot \sin^2 \gamma) - r_1 \cdot \cos \gamma}) \cdot \cos(\alpha + \gamma),$$

$$\operatorname{tg} \frac{\varepsilon_n}{2} = \frac{h}{2 \cdot t_n}, \text{ gde je:}$$

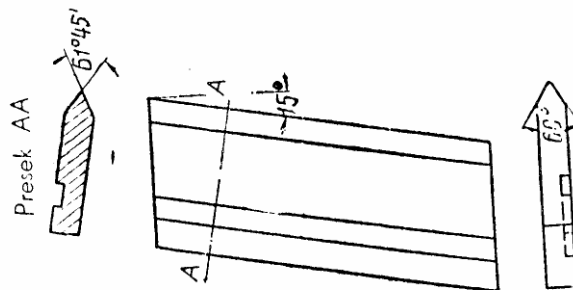
t_n – teorijska visina navoja u preseku BB; r i r_1 poluprečnici spoljašnjeg i unutrašnjeg prečnika navoja; h – hod navoja.

U slučaju kada je $\gamma = 0^0$, dimenzije t_n i ε_n u preseku BB određuju se preko obrazaca:

$$t_n = t \cdot \cos \alpha \quad \text{i} \quad \operatorname{tg} \frac{\varepsilon_n}{2} = \frac{\operatorname{tg} \frac{\varepsilon}{2}}{\cos \alpha}, \text{ gde je: } t \text{ – teorijska visina navoja.}$$

PRIZMATIČNI NOŽEVI ZA IZRADU NAVOJA

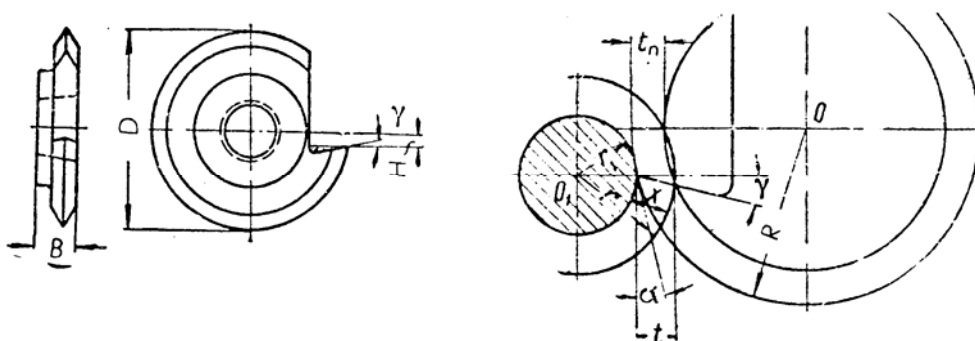
Osnovni podaci za određivanje konstruktivnih mera prizmatičnih noževa za izradu navoja (slika 3.) su sledeći:



Slika 3. – Prizmatični nož za rezanje navoja

1. Leđni ugao α dobija se postavljanjem noža u držač i najčešće se usvaja $\alpha = 15^0$.
2. Grudni ugao γ je kod noževa za završnu obradu $\gamma = 0^0$, a kod noževa za grubu obradu kreće se u granicama $\gamma = (5^0 - 25^0)$.
3. Proračun profila ove vrste noževa izvodi se kao i za jednoprofilne strugarske noževe.
4. Gabaritne dimenzije noževa se određuju prema uslovima koje definiše sama proizvodna operacija.

KRUŽNI NOŽEVI ZA IZRADU NAVOJA



Slika 4. – Kružni (pločasti) nož za rezanje navoja

Konstruktivni elementi kružnih pločastih noževa (slika 4.) određuju se prema sledećim podacima:

1. Spoljašnji prečnik noža konstruktivno se usvaja. Najčešće su u primeni noževi prečnika $D=(40-50\text{mm})$.

2. Širina noža B se određuje u zavisnosti od koraka navoja.

3. Pri oštrenju noža, vrh noža se pomera u odnosu na osu za veličinu H . Ova veličina se proračunava prema obrascu:

$$H = \frac{D}{2} \cdot \sin \alpha = R \cdot \sin \alpha, \text{ gde je: } R - \text{poluprečnik kruga koji odgovara vrhu noža; } \alpha - \text{leđni}$$

ugao koji se usvaja u granicama $\alpha = (10^{\circ} - 12^{\circ})$.

4. Grudni ugao $\gamma = 0^{\circ}$, kod noževa za završnu obradu i $\gamma = (5^{\circ} - 25^{\circ})$, kod noževa za grubu obradu.

5. Profil noža treba definisati u radijalnom preseku. Elementi profila noža u radijalnom preseku (slika 4.) određuju se prema obrascima:

Visina profila noža u radijalnom preseku:

$$t_n = R - \sqrt{R^2 + x^2 - 2 \cdot R \cdot x \cdot \cos(\alpha + \gamma)}.$$

U prethodnom obrascu visina profila noža u ravni sečiva, pri rezanju spoljašnjeg navoja, iznosi:

$$x = \sqrt{r^2 - r_1^2 \cdot \sin^2 \gamma - r_1 \cdot \cos \gamma}, \text{ a pri rezanju unutrašnjeg navoja:}$$

$$x = R \cdot \cos \gamma - \sqrt{r_1^2 - r^2 \cdot \sin^2 \gamma}.$$

Polovina ugla profila noža u radijalnom preseku računa se preko obrasca:

$$\text{tg } \frac{\varepsilon_n}{2} = \frac{h}{2 \cdot t_n}, \text{ gde je: } r - \text{poluprečnik spoljašnjeg navoja; } r_1 - \text{poluprečnik unutrašnjeg}$$

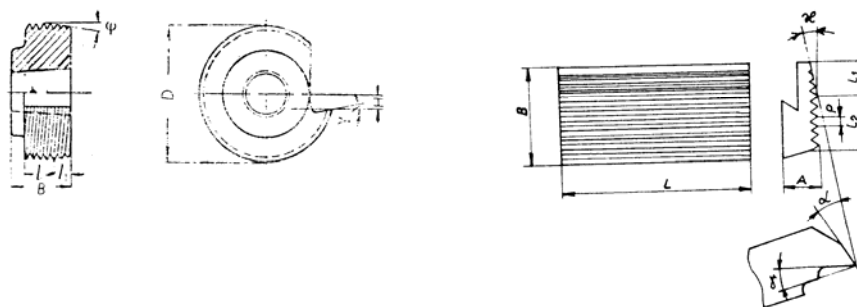
navoja.

Pri $\gamma = 0^{\circ}$ veličina t_n se računa preko izraza:

$$t_n = R - \sqrt{R^2 + t^2 - 2 \cdot R \cdot t \cdot \cos \alpha}, \text{ gde je: } t - \text{teorijska visina navoja na predmetu obrade; } t_n - \text{teorijska visina navoja na nožu.}$$

Kružni (pločasti) noževi, za razliku od standardnih i prizmatičnih noževa, ne obezbeđuju strog pravolinijski bok navoja, čak i pri nultoj vrednosti grudnog ugla. Međutim, odstupanje od prave je nezatno pa se zanemaruje. Ovi noževi se pri rezanju navoja postavlja pod uglom nagiba zavojnice navoja.

VIŠEHODI NOŽEVI ZA NAVOJ (ČEŠLJEVI)



Slika 5. – Šematski prikaz višehodog noža za navoj

Pločasti višehodi noževi (češljevi) izrađuju se sa prstenastim ili zavojnim žljebovima navoja (slika 5.). Češljevi sa prstenastim žljebovima izrađuju se za navoje sa uglom nagiba do 30'.

Konstruktivni elementi ovih noževa usvajaju se na sledeći način.

1. Dužina konusnog dela usvaja se u granicama: $l_1=(1,5-2)h$.
2. Ugao konusnog dela iznosi: $\varphi = 15^0 - 20^0$.
3. Dužina kalibrirajućeg dela usvaja se u granicama: $l=(4-6)h$.
4. Uglovi nagiba narezivanog navoja i navoja češlja, sa aspekta grešaka izrade navoja, ne treba da se razlikuju više od 30'.
5. Visina profila navoja češlja u radijalnom preseku (t_n) proračunava se prema obrascima za kružne pločaste noževe.
6. Pri određivanju polovine ugla profila $\varepsilon/2$ u radijalnom preseku češlja treba imati u vidu da položaj žljebova njegovog navoja u odnosu na nagib zavojne linije prouzrokuje dopunsku deformaciju elemenata profila. Uglovi $\varepsilon/2$ na desnoj i levoj strani profila imaju različite vrednosti i određuju se prema sledećim približnim obrascima:
 - za levu stranu profila

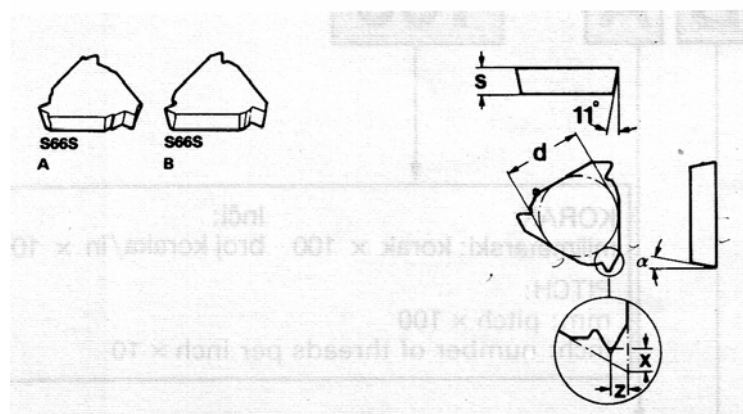
$$tg \frac{\varepsilon_l}{2} = \frac{\frac{h}{2} + H \cdot (tg \tau_1 - tg \tau)}{t_n}, \text{ i za desnu stranu profila}$$

$$tg \frac{\varepsilon_d}{2} = \frac{\frac{h}{2} - H (tg \tau_1 - tg \tau)}{t_n}, \text{ gde je: } h - \text{ korak navoja; } H - \text{ visina vrha noža u odnosu na}$$

njegovu osu; τ_1 - ugao nagiba na unutrašnjem prečniku navoja; τ - ugao nagiba na spoljašnjem prečniku navoja.

Ugao profila češlja sa prstenastim žljebovima određuje se prema obrascima za okrugle pločaste noževe.

Spoljašnji i unutrašnji navoj izrađuje se i izmenljivim pločicama od tvrdog metala (slika 5a)

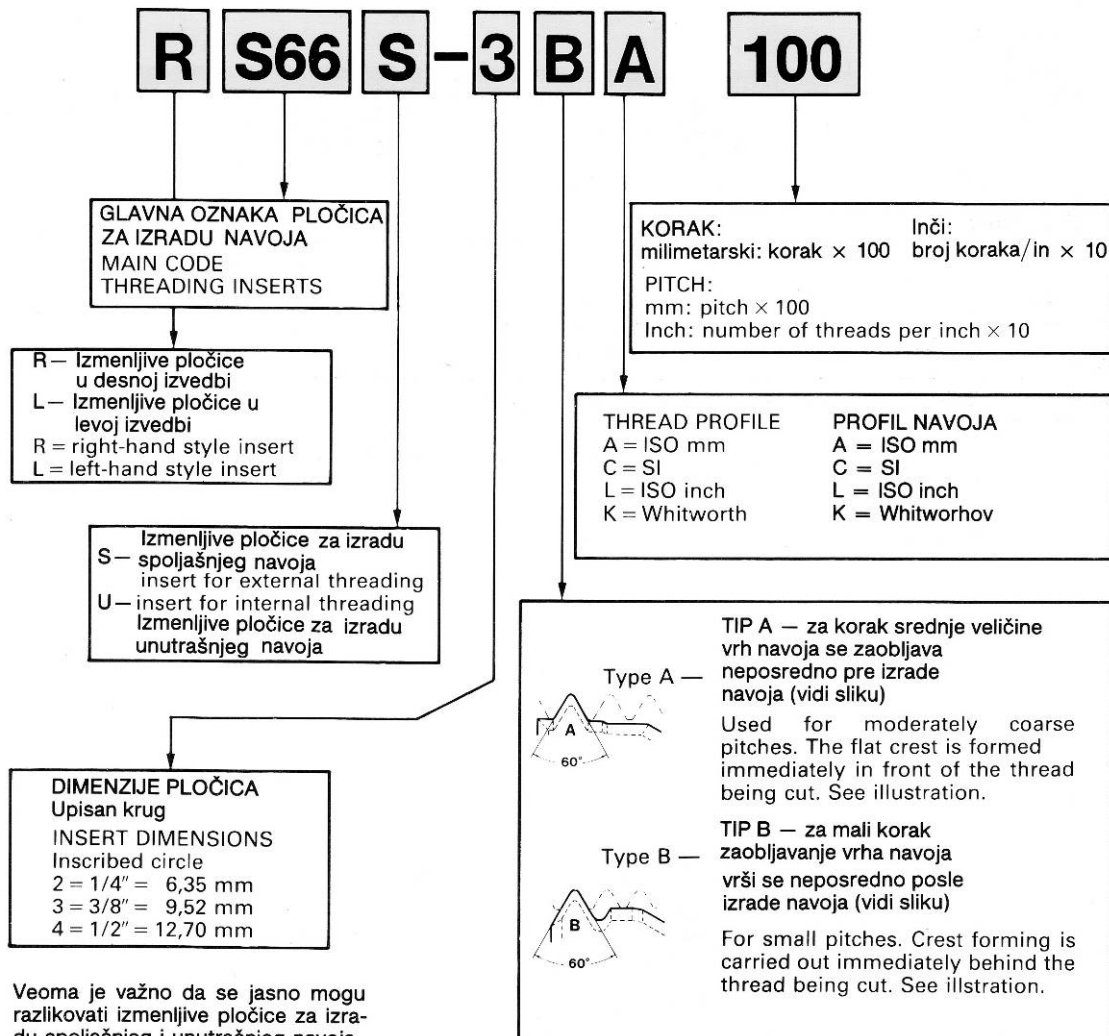


Slika 5a) – izmenljive pločice za izradu navoja

Na slici 5b) data je šema označavanja izmenljivih pločica za izradu navoja prema ISO standardu.

Označavanje pločica za izradu navoja

Threading insert code key



Veoma je važno da se jasno mogu razlikovati izmjenjive pločice za izradu spoljašnjeg i unutrašnjeg navoja. Ni u kom slučaju standardni unutrašnji navoj ne može se izrađivati sa izmjenjivim pločicama za spoljni navoj, a da ne dođe do greške u toleranciji. Zato su pločice označene na sledeći način:

It is very important to distinguish between inserts for external and internal threading. It is impossible to produce internal standard threads that are within tolerances with inserts intended for external machining.

The inserts have therefore been marked with:

Ako je broj koraka u krugu, onda se radi o izmjenljivoj pločici za izradu unutrašnjeg navoja.



A circle containing the pitch marked on the insert indicates internal threading inserts.



A line under the pitch marked on the insert indicates external threading inserts.

A complete description is given on the packet.

Jedna crtica ispod broja koraka govori da je to izmjenjljiva pločica za izradu spoljašnjeg navoja.

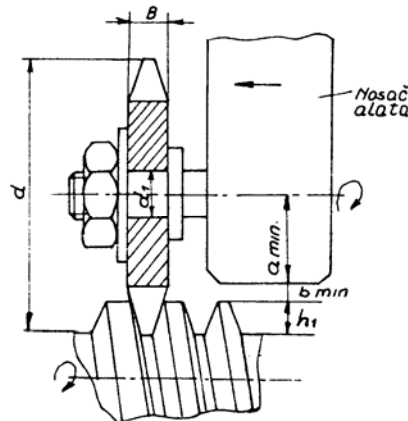
Molimo, imajte u vidu uputstva data na ambalaži alata.

Slika 5b) – Označavanje izmjenljivih pločica za izradu navoja prema ISO standardu

GLODALA ZA REZANJE NAVOJA

Glodala se koriste za izradu spoljašnjih i unutrašnjih navoja, a obrada se izvodi na specijalnim mašinama. Primenuju se tri vrste glodala: koturasta (pločasta), valjkasta i vretenasta glodala za navoj.

KOTURASTA GLODALA ZA NAVOJ



Slika 6. – Obrada navoja koturastim glodalom

Ova glodala se koriste za obradu spoljašnjih navoja svih profila na predmetima obrade velike dužine i za velike korake navoja. Odlikuje ih mala produktivnost obrade pa se primenjuju u specijalnim slučajevima. Na slici 6. dat je izgled koturastog glodala i njegov položaj u odnosu na predmet obrade.

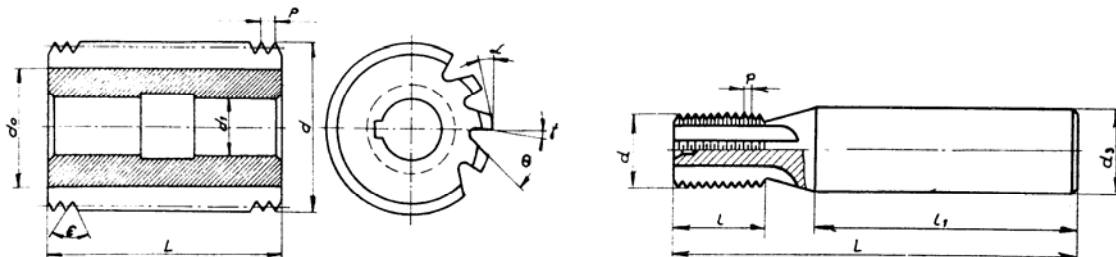
Spoljašnji prečnik glodala, prema slici 6., iznosi:

$$d = 2(h_1 + a_{\min} + b_{\min}).$$

Radi ravnomernosti procesa rezanja zubi glodala se nalaze sa obe bočne strane, naizmenično postavljeni i pomereni za $\frac{1}{2}$ koraka navoja. Prečnik glodala dobijen na osnovu prethodnog obrasca može se smatrati minimalnim. Ova glodala se izrađuju sa spoljašnjim prečnicima od 60-180mm, a prečnik otvora za vreteno (d_1) kreće se u granicama 27-60mm. Širina (debljina) glodala iznosi $B=10-40$ mm.

VALJKASTA I VREtenASTA GLODALA ZA NAVOJ

Ova glodala se koriste za izradu spoljašnjeg i unutrašnjeg navoja, najčešće trouglastog profila. Izrađuju se u dva oblika: kao nasadna i vretenasta, a mogu biti sa pravim i zavojnim žljebovima. Na slici 7. dat je šematski prikaz valjkastog i vretenastog glodala za navoj sa osnovnim konstruktivnim merama.

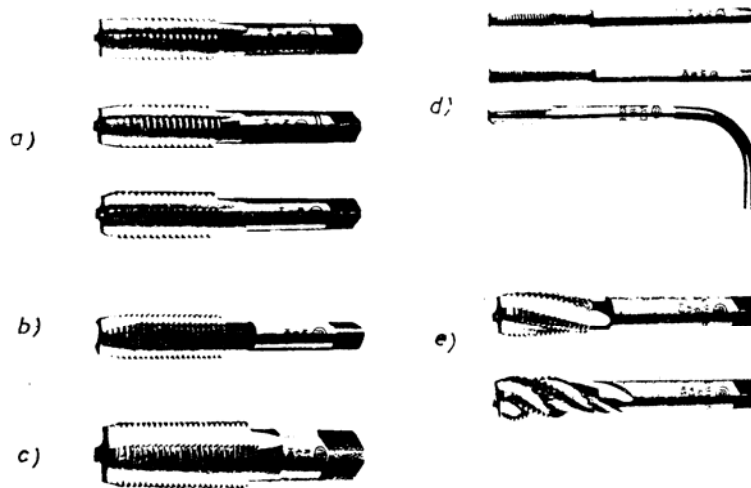


Slika 7. – Valjkasto i vretenasto glodalo za navoj

Veličina grudnog i lednog ugla usvaja se u zavisnosti od materijala predmeta obrade.

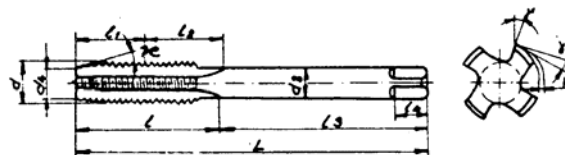
UREZNICI

Ureznici su višeprofilni alati koji se koriste za izradu navoja u otvorima. Izrađuju se, najčešće, od brzoreznog čelika a za obradu tvrdih i teškoobradljivih materijala i od tvrdog metala. Prema načinu rada dele se na ručne i mašinske. Na slici 8. prikazani su osnovni tipovi ureznika.



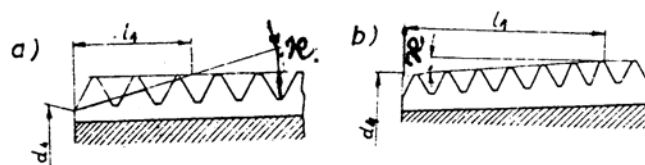
Slika 8. – Osnovni tipovi ureznika

Oblik i karakteristične dimenzije jednog ureznika prikazani su na slici 9. Dimenzije imaju sledeće značenje: l – dužina radnog dela; l_1 – dužina reznog dela; l_2 – dužina kalibrirajućeg dela; l_3 – dužina drške; l_4 – dužina četvrtke; L – ukupna dužina ureznika; d – spoljašnji prečnik ureznika; d_3 – prečnik drške; h – veličina podbrušenja zuba; χ – ugao nagiba ulaznog – reznog dela; γ – grudni ugao; α – leđni ugao. Geometrijske veličine ureznika zavise od materijala predmeta obrade, oblika otvora koji se obrađuje (prolazni ili neprolazni otvor), dužine navoja, načina rada (ručno ili mašinski), vrste stezanja i drugih faktora.



Slika 9. – Oblik i karakteristične dimenzije ureznika

Rezni deo ureznika (dužine l_1) obavlja najveći deo rezanja, dok kalibrirajući deo (dužine l_2) vrši pročišćavanje i konačno oblikovanje profila navoja. Prema obliku profila na reznom delu razlikuju se dva tipa ureznika (slika 10.): sa zarubljenim profilom (slika 10a.) i punim profilom (slika 10b.).



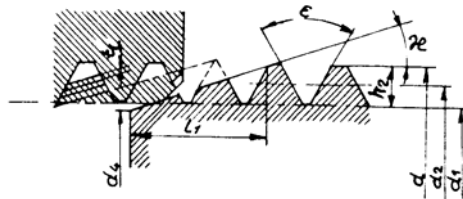
Slika 10. – Rezni deo ureznika

Ureznici sa zarubljenim profilom zuba na reznom delu su češće u primeni od ureznika sa punim profilom zuba (koji se koriste samo u specijalnim slučajevima). Dužina reznog dela l_1 zavisi od debljine strugotine i može se odrediti po obrascu:

$$l_1 = \frac{h_2}{k \cdot z}, \text{ gde je: } h_2 - \text{visina profila zuba; } z - \text{broj žljebova ureznika; } k - \text{koeficijent}$$

(odnos debljine strugotine po zubu i koraka navoja, tj. $k = \frac{t_1}{p}$). Na slici 11. prikazana je

uopšćena šema rezanja zuba ulaznog dela ureznika. Orijentacione vrednosti za koeficijent k su: $k=0,012-0,018$ za ureznike za izradu navoja koraka 2-9 mm i $k= 0,003-0,004$ za precizne ureznike prečnika 4-25 mm.

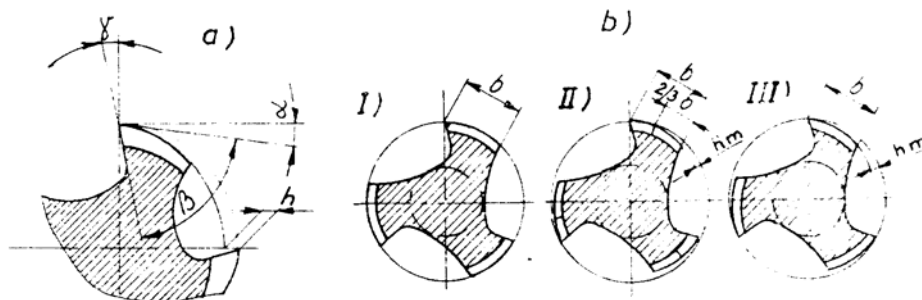


Slika 11. – Uopštena šema rezanja ulaznog dela ureznika

Kod ureznika za ručni rad primenjuju se garniture od tri i dva komada ureznika. U prvom slučaju dužina ulaznog (reznog) dela je: kod prvog ureznika $l_1=5p$, kod drugog $l_2=3,5p$ i kod trećeg ureznika $l_3=2p$. Kod mašinskih ureznika dužina reznog dela zavisi od oblika otvora: kod dugih ureznika za prolazne otvore $l_1=4p$ a kod ureznika za neprolazne otvore $l_1=2p$.

Zubi na reznom delu ureznika imaju oblik reznog klina kao kod strugarskog noža (slika 12.). Leđna površina zuba izvodi se podbrušivanjem, sa veličinom podbrušivanja

$$h = \frac{d \cdot \pi}{z \cdot \text{tg} \alpha}$$



Slika 12. – Oblik zuba na reznom (a) i kalibrirajućem delu ureznika (b): nepodbrušena leđna površina (I), delimično podbrušena leđna površina (II) i potpuno podbrušena leđna površina (III).

Veličina grudnog ugla zavisi od materijala predmeta obrade a preporučene vrednosti su date u tabeli 1.

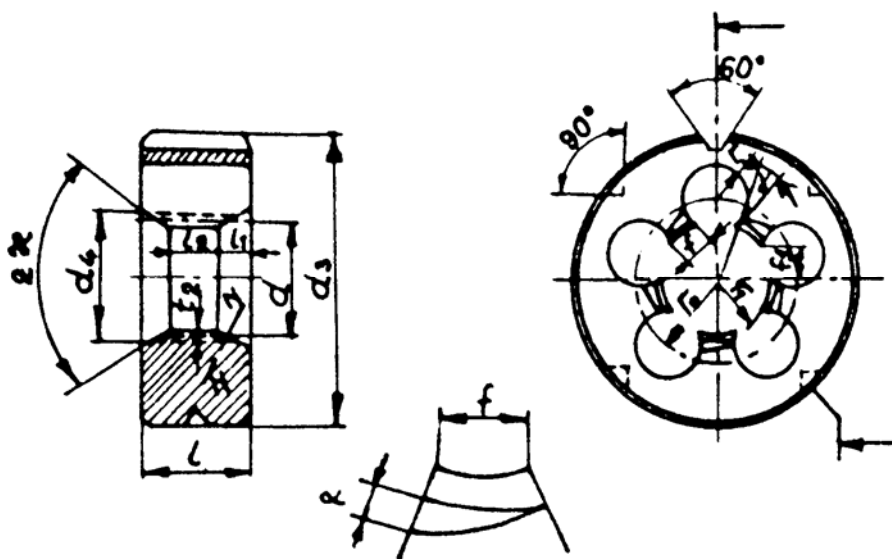
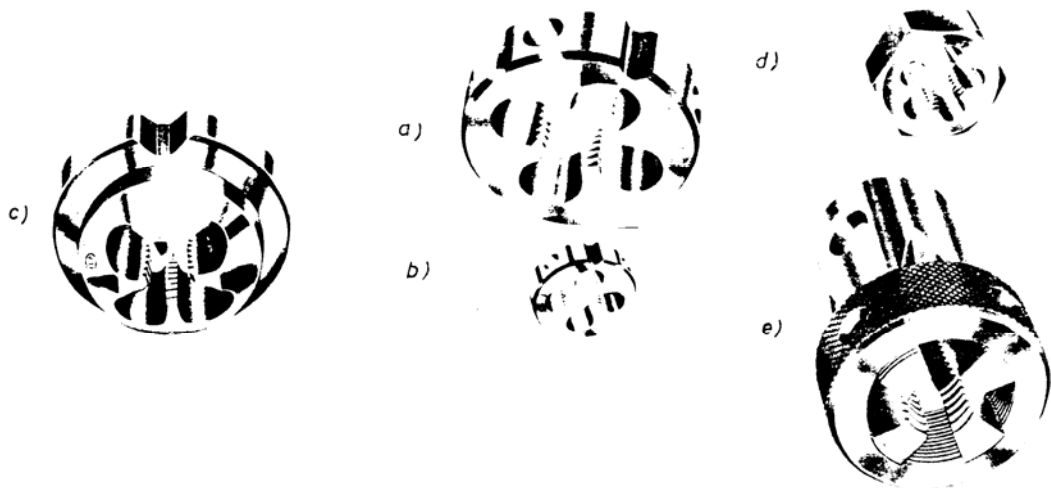
Tabela 1.

Materijal predmeta obrade	Čelik Rm do 450 MPa	Čelik Rm od 450 do 700 MPa	Alatni čelik	Siviliv	Aluminijum	Silumin	Bakar	Mesing	Bronza	Tvrda guma	Plastične mase
$\gamma(^{\circ})$	12-15	8-12	8-10	2-3	15-25	10-15	15-20	2-12	5-8	8-12	4-8

Leđni ugao α na reznom delu ureznika usvaja se u zavisnosti od vrste ureznika, a ostvaruje se podstrugivanjem ili podbrušivanjem leđne površine. Kod ureznika za ručni rad $\alpha = 6 - 8^{\circ}$, a kod ureznika za mašinski rad $\alpha = 10 - 12^{\circ}$. Oblik zuba na kalibrirajućem delu ureznika izvodi se prema slici 12b. Najčešće se koriste ureznici sa podbrušenom leđnom površinom po celoj širini zuba na kalibrirajućem delu (III). Za izradu navoja sa uskim tolerancijskim poljem primenjuju se ureznici sa delimičnim podbrušenjem leđne površine (II), a ureznici malog prečnika i koraka do 0,5mm, sa malom širinom zuba i za rad pri malim brzinama rezanja izrađuju se bez podbrušenja po leđnoj površini zuba (I). Broj i oblik žljebova zavisi od vrste ureznika, prečnika i koraka navoja, materijala predmeta obrade i prečnika i dubine otvora sa navojem. Za krte materijale (pri čijoj se obradi javlja kidana strugotina) primenjuju se ureznici sa većim brojem žljebova u odnosu na obradu žilavih materijala (kada se formira trakasta strugotina). Kod obrade lakih metala i njihovih legura broj žljebova ureznika je manji a širina žljebova veća, čime se obezbeđuje bolje odvođenje strugotine. Žljebovi ureznika mogu biti pravi i zavojni. Ureznici sa zavojnim žljebovima obezbeđuju bolje odvođenje strugotine i mogu biti izrađeni sa levom ili desnom zavojnicom žljeba. Žljebovi sa desnom zavojnicom primenjuju se kod ureznika za neprolazne otvore, usmeravaju strugotinu ka dršci ureznika i omogućavaju rad sa većim brzinama rezanja kod obrade žilavih materijala. Žljebovi leve zavojnice se primenjuju kod ureznika za prolazne otvore i neprolazne otvore sa izlazom (usmeravaju strugotinu u pravcu pomoćnog kretanja).

NAREZNICE

Nareznice su višeprofilni alati koji se koriste za izradu spoljašnjih navoja na vijcima i raznim delovima. I sa njima se rezanje navoja može izvoditi ručnim i mašinskim putem. Spoljašnji oblik im je najčešće kružni a mogu biti i kvadratne i šestougane. Zasečene su ili potpuno rasečene na jednom mestu radi podešavanja prečnika u uskim granicama. Neki osnovni oblici nareznica prikazani su na slici 13.



Slika 13. – Osnovni oblici nareznica: okrugla (a), okrugla-konična (b), okrugla zvončasta (c), šestougaona (d), cevasta (e).

Izbor tipa nareznice vrši se u zavisnosti od sledećih faktora: materijala predmeta obrade, dužine i kvaliteta obrade navoja, vrste mašine i sredstva za hlađenje i podmazivanje. Na slici 13. prikazana je okrugla nareznica sa karakterističnim dimenzijama, gde je: d – nazivni prečnik navoja nareznice; d_3 – spoljašnji prečnik nareznice; d_4 – prečnik ulaznog (reznog) dela; l – širina nareznice; l_1 – dužina reznog dela; l_2 – dužina kalibrirajućeg dela; f – širina ruba; f_1 – rastojanje vrhova rubova; r – poluprečnik otvora za strugotinu; r_0 – poluprečnik podeonog kruga otvora; χ - ugao nagiba ulaznog (reznog) dela; γ - grudni ugao; α - leđni ugao. Ulazni (rezni) deo služi za rezanje navoja i kod prikazanog tipa nareznice izveden je sa obe strane pod uglom 2χ . Dužina ulaznog dela je $l_1 = (t_2 + a_1)ctg\chi$, gde je t_2 – visina profila navoja nareznice a a_1 – koeficijent povećanja, koji obezbeđuje da nareznica lako nailazi na stablo vijka. Ovaj koeficijent se kreće u granicama 0,15-0,4. Prečnik ulaznog dela $d_4 = d_0 + 2a_1$ (d_0 – spoljašnji prečnik navoja vijka koji se izrađuje) je veći od nazivnog prečnika navoja koji se izrađuje, radi boljeg centriranja nareznice u početku narezivanja navoja. Kod cevastih i zvončastih nareznica ulazni deo se izvodi samo sa prednje strane nareznice.

Kalibrirajući deo je unutrašnji deo nareznice, na kome se bušenjem otvora formiraju zubi nareznice. Oni imaju ulogu rezanja navoja, vođenja nareznice i odvođenja strugotine. Dužina kalibrirajućeg dela iznosi $l_2=(3-6)p$.

Grudni ugao γ obrazuju središna ravan koja prolazi kroz vrh zuba i tangentnu ravan otvora za strugotinu, postavljenu kroz vrh zuba. Ovaj ugao je isti sa obe strane zuba, što omogućava korišćenje nareznice sa obe strane i bolje odvođenje strugotine iz narezanog navoja. Grudni ugao je promenljiv po dužini ulaznog dela, i što je njegova vrednost veća efikasnije je rezanje ali i manja postojanost alata. Veličina ovog ugla zavisi od materijala predmeta obrade i približno je ista kao i kod ureznika.

Leđni ugao se ostvaruje podbrušenjem i kreće se u granicama 6^0-8^0 . Veličina podbrušenja iznosi:

$$h = \frac{\pi \cdot d_1}{z \cdot \operatorname{tg} \alpha}, \text{ gde je:}$$

d_1 – unutrašnji prečnik navoja; z – broj zuba nareznice.

Kod standardnih nareznica usvaja se $\alpha = 0^0$, s tim što se usled elastičnog deformisanja zuba u radu dobija $\alpha \neq 0$.

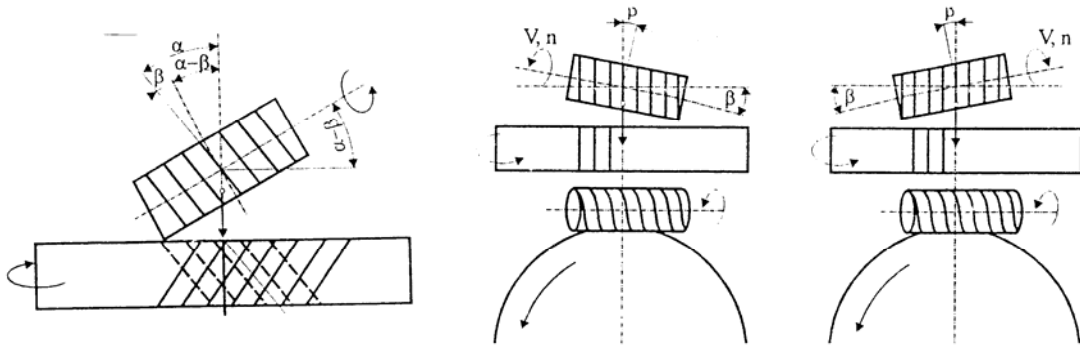
Otvori za strugotinu su namenjeni za smeštaj i odvođenje strugotine i za formiranje zuba nareznice. Broj otvora zavisi od nazivnog prečnika navoja, prečnika nareznice, vrste materijala predmeta obrade i grudnog ugla. Kod manjih prečnika nareznice koriste se i eliptički otvori za strugotinu.

XIV

Alati za izradu ozubljenja

XIV. ODVALNA GLODALA

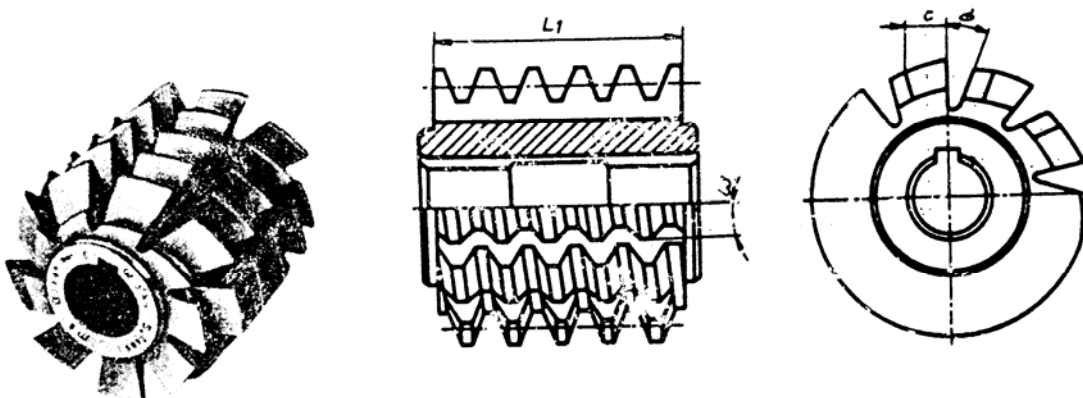
Obrada odvalnim glodanjem predstavlja najproduktivniji postupak obrade zupčanika. Izvodi se na specijalnim mašinama (odvalnim glodalnicama). Šematski prikaz procesa obrade odvalnim glodanjem dat je na slici 1.



Slika 1. – Šematski prikaz procesa obrade odvalnim glodanjem

KONSTRUKCIJA I PRORAČUN ODVALNIH GLODALA

Odvalna glodala su pužna glodala koja mogu biti izrađena sa drškom ili sa otvorom. Znatno više su zastupljena odvalna glodala sa otvorom za centriranje na glavnom radnom vretenu mašine. Na slici 2. dat je šematski prikaz odvalnih glodala. Ova glodala mogu biti izrađena kao integralna glodala (kompletno glodalo je izrađeno od brzoreznog čelika) ili sa umetnutim reznim elementima (češljevim).

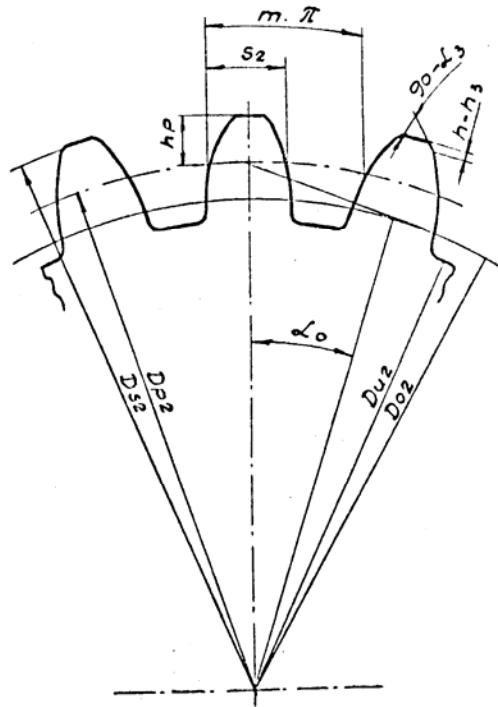


Slika 2. - Odvalna glodala

Polazni podaci za konstrukciju i proračun odvalnog glodala odnose se, u najvećoj meri, na predmet obrade odnosno zupčanik koji treba izraditi postupkom obrade odvalnim glodanjem. Neophodni su sledeći podaci (slika 3.):

- normalni modul (m),
- broj zuba zupčanika (z),
- prečnik podeonog kruga (D_{p2}),
- prečnik temenog kruga (D_{s2}),
- prečnik podnožnog kruga (D_{u2}),
- prečnik osnovnog kruga (D_{o2}),
- prečnik početka evolvente (D_{o2}),

- ugao dodirnice u normalnoj ravni (α_o),
- smer zavojnice zuba zupčanika (levi, desni),
- oborenost ivica na temenu boka zuba ($h-h_3$),
- temena visina zuba zupčanika (h_p),
- debljina zuba zupčanika pre završne obrade (S_{c2}),
- ostali podaci.

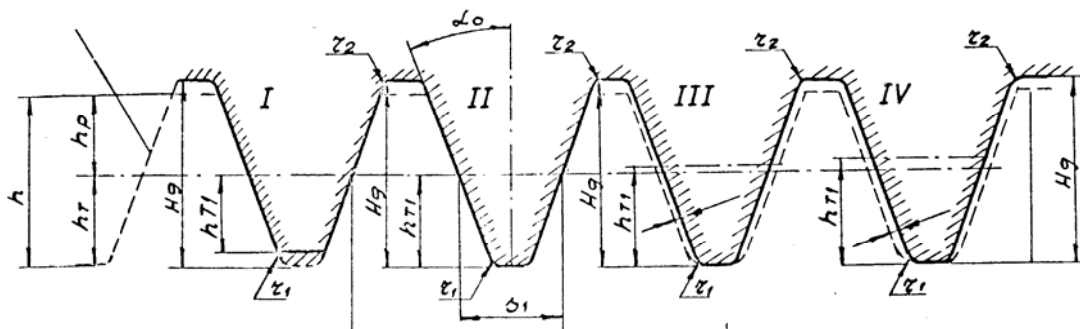


Slika 3.- Bitnije mere na predmetu obrade (zupčaniku)

Proračun se, za primer obrade, cilindričnih zupčanika vrši prema sledećem redosledu:

1. USVAJANJE PROFILA OSNOVNE ZUPČASTE LETVE

Osnovni profil ozubljene letve usvaja se prema nekom od standarda. Na slici 4. dat je šematski prikaz ozubljene letve prema DIN 3972.



Slika 4. – Profil ozubljene letve prema DIN 3972

Teorijski profil zuba označen sa I (slika 4.) definiše se za ozubljenje gde se predviđa završna obrada sa vrlo malim dodacima za završnu obradu. Teorijski profil zuba označen sa II definiše se za slučajevne završne obrade. Najčešće se primenjuje u slučajevima gde se

zahteva veći radijus zaobljenja podnožja zuba zupčanika. Teorijski profil zuba glodala označen sa III definiše se za slučajeve prethodne grube obrade. Teorijski profil zuba glodala označen sa IV definiše se za slučajeve prethodne obrade posle koje dolazi fina obrada na odvalnoj glodalici.

2. PRORAČUN TEMENE VISINE ZUB

Temena visina zuba može se izračunati preko obrasca:

$$h_{T1} = \frac{D_{o2} - D_{u2}}{2} + \frac{T_2}{2}, \text{ gde je } T_2 \text{ –maksimalno odstupanje prečnika } D_{u2}.$$

3. USVAJA SE VREDNOST RADIJALNOG ZAZORA f_r

4. PRORAČUNAVA SE PODNOŽNA VISINA ZUPCA

$$h_p = \frac{D_{s2} - D_{p2}}{2} + f_r.$$

5. PRORAČUNAVA SE UKUPNA VISINA PROFILA ZUPCA

$$H_g = h_{T1} + h_p.$$

6. PRORAČUNAVA SE KONSTRUKTIVNA MERA PROFILA

$$h_3 = H_g - (f_r + (0,1 - 0,5)).$$

7. USVAJA SE UGAO ZANOŠENJA PODNOŽJA ZUBA α_3

8. PRORAČUNAVA SE PRELAZNI RADIJUS OD TEMENOG KA BOČNOM SEČIVU

$$r_1 = (0,2 - 0,3) \cdot m$$

9. PRORAČUNAVA SE DODATAK ZA ZAVRŠNU OBRADU (BRIJANJE) PO JEDNOM BOKU

$$\delta_1 = \frac{S_{c2} - S_2}{2}.$$

10. PRORAČUNAVA SE DEBLJINA ZUBA GLODALA U NORMALNOM PRESEKU PO PODEONOM CILINDRU

$$S_1 = \pi \cdot m - (S_2 + 2 \cdot \delta_1).$$

11. USVAJA SE SMER ZAVOJNICE PUŽA (DEJNI ili LEVI)

Kod glodala za zupčanike sa pravim zupcima smer puža nema značaja. Obično se u ovim slučajevima glodala izrađuju sa desnim smerom puža. Kod glodala sa zavojnim zupcima smer puža glodala se poklapa sa smerom zavoja zuba zupčanika.

12. BROJ ŽLJEBOVA PO OBIMU GLODALA

Broj žljebova se usvaja prema preporukama, na primer: prema DIN 8002. Prema ovom standardu broj žljebova glodala kreće se u granicama od 16-9 za opseg modula 1-20mm i spoljašnje prečnike glodala od 50-250mm. Za odvalna glodala namenjena univerzalnoj primeni broj žljebova se kreće od 12-9 a za precizna glodala 16-12. Manji modul – veći broj žljebova.

13. BROJ HODOVA GLODALA

Broj hodova glodala (broj početaka) može se definisati i na osnovu zahtevanog kvaliteta boka zuba obrađivanog zupčanika. Veći broj hodova glodala daje manju tačnost boka zuba zupčanika. Uglavnom se za izradu preciznih pužnih točkova i cilindričnih zupčanika koriste jednododa odvalna glodala. Sa povećanjem broja hodova odvalnog glodala povećava se i brzina pomoćnog kretanja predmeta obrade.

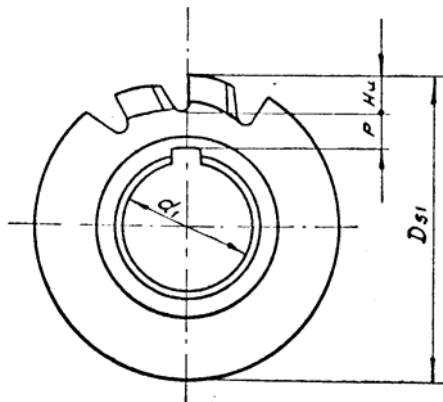
14. SPOLJAŠNJI PREČNIK GLODALA (TEMENOG CILINDRA)

Sa povećanjem spoljašnjeg prečnika glodala smanjuje se ugao nagiba zavojnice puža što pozitivno utiče na tačnost izrade zupčanika. Sa druge strane moguće je formiranje većeg broja aksijalnih žljebova a samim tim i većeg broja zuba glodala što obezbeđuje veću produktivnost istog. Po pitanju izbora i proračuna spoljašnjeg prečnika odvalnog glodala mišljenja su, u velikoj meri, podeljena tako da se u literaturi može naći čitav niz preporuka i izraza za proračun.

Prema jednom od tih izraza spoljašnji prečnik odvalnog glodala (slika 5.) može se proračunati prema obrascu:

$$D_{s1} \geq 2 \cdot H_u + 2 \cdot p + d_1, \text{ gde je:}$$

$$p = (16 + 4 \cdot m) - \frac{d_1}{2}.$$



Slika 5.- Spoljašnji prečnik odvalnog glodala

15. PREČNIK OTVORA ZA GLAVNO RADNO VRETENO

Ovaj prečnik se usvaja prema preporukama.

16. PREČNIK PODEONOG CILINDRA

Proračunava se prema obrascu:

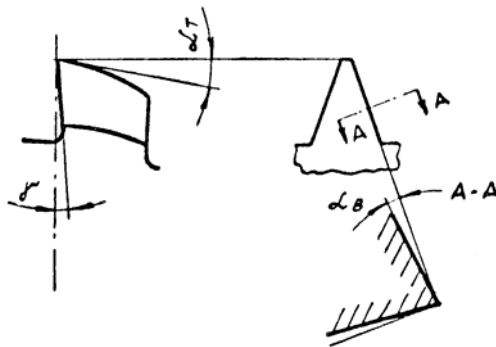
$$D_{p1} = D_{s1} - 2 \cdot h_{t1}.$$

17. GRUDNI UGAO γ

Po zavojnici puža raspoređeni su zubi glodala koji raspolažu reznim klinom ograničenim grudnom i leđnom površinom. Grudni ugao predstavlja ugao između grudne površine glodala i osnovne ravni koja prolazi kroz osu glodala i posmatranu tačku na temenu, sečivu zuba glodala. U najvećem broju slučajeva grudni ugao je jednak nuli, tj. $\gamma = 0^0$. Kod odvalnih glodala namenjenih gruboj, prethodnoj obradi grudni ugao se kreće u granicama: $\gamma = 5 - 12^0$.

18. LEĐNI UGAO α_T, α_b

Leđni ugao na temenom sečivu kreće se u granicama $\alpha_T = 10 - 12^0$, dok na bočnom sečivu (slika 6.) iznosi: $\alpha_b = 3 - 4^0$. Leđni ugao se postiže leđnim struganjem ili leđnim brušenjem.

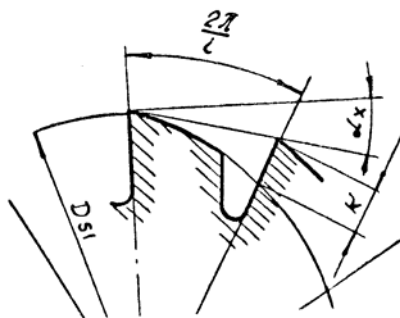


Slika 6. – Grudni i leđni ugao zuba odvalnog glodala

19. MERA OBORENOSTI LEĐNE POVRŠINE

Mera oborenosti leđne površine zuba (slika 7.) računa se preko izraza:

$$K = \frac{\pi \cdot D_{s1}}{i} \cdot \operatorname{tg} \alpha_i.$$



Slika 7. – Oborenost leđne površine zuba

20. DOPUNSKA MERA OBORENOSTI LEĐNE POVRŠINE

Za odvalna glodala sa brušenom leđnom površinom često je neophodno dopunsko obaranje leđne površine za veličinu K_1 , koja iznosi: $K_1 = (1,2 - 1,7) \cdot K$

21. KORAK OBIMNE PODELE GLODALA

Proračun se vrši po obrascu:

$$t_0 = \frac{\pi \cdot D_{s1}}{i}.$$

22. DUŽINA BRUŠENOG DELA ZUBA

Ova dužina približno iznosi: $C \approx \frac{t_0}{2}$.

23. KOEFICIJENT SMANJENJA PREČNIKA TEMENOG CILINDRA

Ovaj koeficijent se usvaja u granicama: $\sigma = 0,1-0,3\text{mm}$.

24. RAČUNSKI SREDNJI PREČNIK

Ovaj prečnik računa se po obrascu:

$$D_{ps} = D_{s1} - 2 \cdot h_{T1} - 2 \cdot \sigma \cdot K.$$

25. UKUPNA VISINA ZUBA GLODALA

Računa se preko obrasca:

$$H_u = H_g + \frac{K + K_1}{2} + 1.$$

26. RADIJUS ZAOBLJENJA DNA ŽLJEBA ZA ODVOD STRUGOTINE

Računa se po obrascu:

$$r_3 = \frac{\pi \cdot (D_{s1} - 2H_u)}{10 \cdot i}.$$

27. NORMALNI KORAK ZAVOJNICE PUŽA

Računa se po obrascu:

$$t_n = \pi \cdot m \cdot z_1, \text{ gde je: } Z_1 - \text{ broj hodova glodala.}$$

28. UGAO NAGIBA ZAVOJNICE PUŽA

Računa se po obrascu:

$$\gamma_0 = \arcsin\left(\frac{t_n \cdot Z_1}{\pi \cdot D_{ps}}\right).$$

Ugao nagiba zavojnice puža meri se po krugu podeonog cilindra glodala. To je ugao između tangente boka zuba glodala na podeonom cilindru i ravni paralelne sa čeonom površinom glodala. Veličina ovog ugla nije direktno merljiva na samom glodalu, već se proračunava na osnovu aksijalne podele.

29. UGAO NAGIBA ŽLJEBOVA ZA ODVOD STRUGOTINE

Smer zavojne linije žljebova za odvođenje strugotine je suprotan od smera zavojnice puža glodala. Najčešći je slučaj da se ovi žljebovi izrađuju normalno na zavojnicu puža. Za relativno male uglove penjanja zavojnice puža (do 5^0) žljebovi za odvod strugotine se izrađuju paralelno osi glodala. Za slučaj kada se želi izrada glodala sa zavojnim žljebovima normalnim na zavojnicu puža ovaj ugao iznosi: $\omega = \gamma_0$.

30. VISINA HODA ZAVOJNIH ŽLJEBOVA ZA ODVOD STRUGOTINE

Računa se po obrascu:

$$H = \frac{\pi \cdot D_{ps}}{tg \omega}$$

31. UKUPNA AKSIJALNA DUŽINA GLODALA

Ukupna aksijalna dužina

glodala mora da obezbedi pravilno profilisanje zuba zupčanika. Minimalna dužina se određuje preko dodirne linije između zuba zupčanika i teorijske ozubljene letve. Analizom ove sprege dolazi se do dužine glodala koje radi bez aksijalnog pomeranja "šiftinga". Ova dužina glodala može da se odredi po obrascu:

$L = 2 \cdot h_{t1} \cdot ctg \alpha_0 + x_1 \cdot t_n + 2(C_1 + C_2 + C_3)$, pri čemu se vrednosti konstante x_1 usvajaju prema preporukama u zavisnosti od modula obrađivanog zupčanika. Veličine C_i ($i=1,2,3$) predstavljaju odgovarajuće konstruktivne mere glodala. Ove konstruktivne mere usvajaju se iz odgovarajućih tabela u zavisnosti od modula obrađivanog zupčanika. Za slučaj obrade zupčanika na mašinama koje rade sa aksijalnim pomeranjem glodala ("šiftingom"), aksijalna dužina glodala se usvaja veća u odnosu na prethodno proračunatu. Aksijalna dužina ovih glodala usvaja se prema odgovarajućim preporukama, takođe, u zavisnosti od modula obrađivanog zupčanika.

32. OSTALE KONSTRUKTIVNE MERE ODVALNOG GLODALA

U ostale konstruktivne mere glodala spadaju mere i upusti otvora ili drške glodala i mere žljeba za klin. Ove mere, kao i mere koje nisu definisane proračunom, usvajaju se prema odgovarajućim preporukama.

XV

Alati za izradu ozubljenja

XV. OSNOVE PROCESA OBRADE BRUŠENJEM

Brušenje je postupak obrade rezanjem, kod koga se odvajanje materijala ostvaruje istovremenim dejstvom većeg broja zrna abraziva vezanih pomodu veziva u jednu celinu (tocilo). Odvija se pri velikoj brzini rezanja (kod konvencionalnih brusilica 30-35 m/s, a kod specijalnih do 100 m/s i više), sa skidanjem sitnih strugotina pri malom otporu rezanja tako da se ostvaruju visoka tačnost i kvalitet obrade.

Brušenje je najekonomičniji postupak završne obrade delova visokog kvaliteta, a sve se više koristi i za skidanje velike količine materijala primenom postupaka visokoučinskog brušenja (istovremena obrada više površina, obrada složenih površina iz punaduboko brušenje) kao zamena za operacije obrade struganjem i glodanjem, kod čišćenja odlivaka, odsecanja i sl.

OSNOVNE OPERACIJE OBRADE BRUŠENJEM

U zavisnosti od oblika površine koja se obradjuje sve operacije (postupci, metode) obrade brušenjem mogu se svrstati u sledeće osnovne grupe:

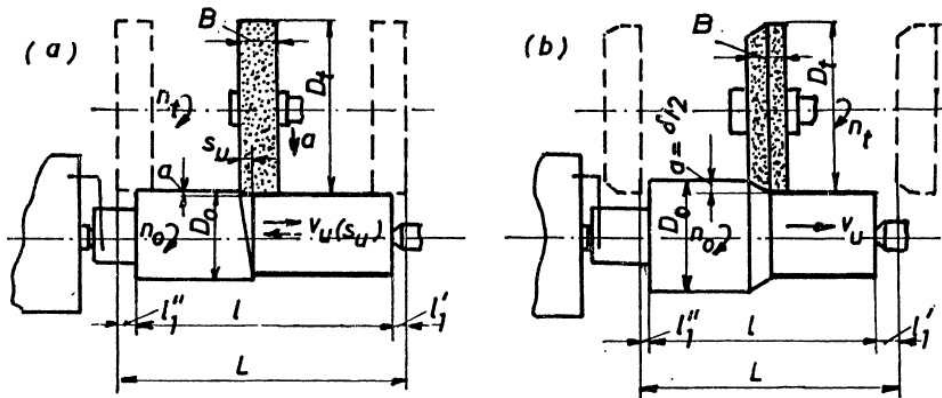
- (1) Brušenje spoljašnjih i unutrašnjih rotacionih površina (spoljašnje i unutrašnje brušenje);
- (2) Brušenje ravnih površina (ravno brušenje) i
- (3) Brušenje složenih površina (brušenje zavojnih površina, brušenje zupčanika, profilno brušenje, kopirno brušenje i drugi postupci).

Pri tome se svaka od ovih grupa postupaka brušenja može dalje klasifikovati prema sledećim osnovama:

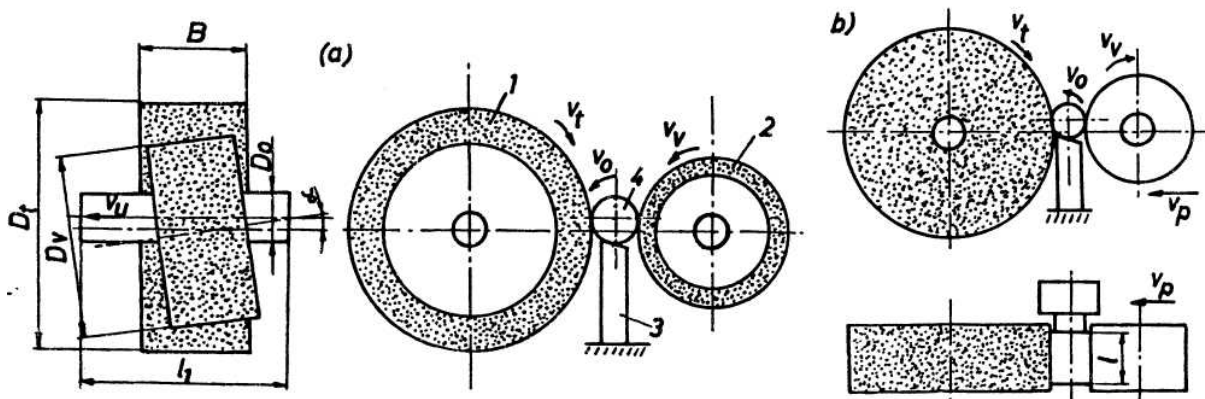
- u zavisnosti od položaja radne površine tocila (površina koja izvodi obradu) brušenje se može izvoditi obimnom površinom tocila (obimno brušenje), čeonom površinom tocila (čeoeno brušenje) ili površinom tocila složenog oblika (profilno brušenje);
- prema obliku tocila razlikuje se brušenje koturastim tocilima, lončastim tocilima, segmentnim tocilima, valjkastim tocilima i td.;
- u zavisnosti od pravca pomoćnog kretanja brušenje može biti sa uzdužnim pomoćnim kretanjem (uzdužno brušenje) i sa poprečnim pomoćnim kretanjem (poprečno ili radijalno brušenje);
- Prema veličini dubine brušenja u odnosu na dodatak za obradu razlikuje se brušenje u više hodova pri maloj dubini brušenja (višeodno brušenje) i brušenje sa povišenom dubinom brušenja (brušenje iz punog ili jednohodo, odnosno tzv. duboko brušenje)
- u zavisnosti od načina oslanjanja i stezanja obratka postoji brušenje između šiljaka, brušenje sa stezanjem obratka u steznu glavu (ili drugi stezni pribor), brušenje sa stezanjem obratka na radni sto mašine, brušenje bez šiljaka (protočno brušenje) i dr.;
- u zavisnosti od veličine brzine rezanja i proizvodnosti (učinka) obrade razlikuje se brušenje pri uobičajenoj veličini brzine rezanja (oko 30m/s) i brušenje pri povišenoj brzini rezanja (obično preko 45m/s), odnosno brušenje pri uobičajenoj proizvodnosti obrade (u slučajevima brušenja kao završne obrade) tzv. visokoučinsko brušenje kada je učinak (proizvodnost) obrade reda veličine kao kod obrade struganjem ili glodanjem (npr. brušenje iz punogduboko brušenje, istovremeno brušenje više površina).

Na narednim slikama su prikazane šeme pojedinih postupaka brušenja, svrstane prema nekim od pomenutih osnova podele.

$$Q' = Q/B \text{ [mm}^3\text{/s.mm]}. \quad (2.4)$$

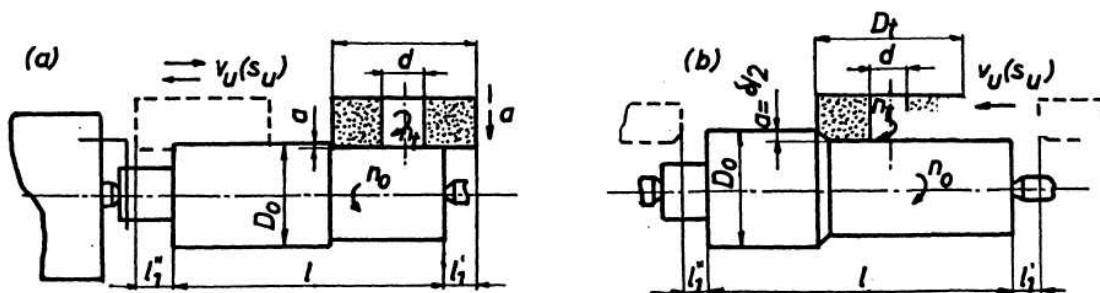


Slika 1. Šema spoljašnjeg kružnog uzdužnog brušenja izmedju šiljaka: višehodo(a) i jednohodo, odnosno duboko brušenje(b)

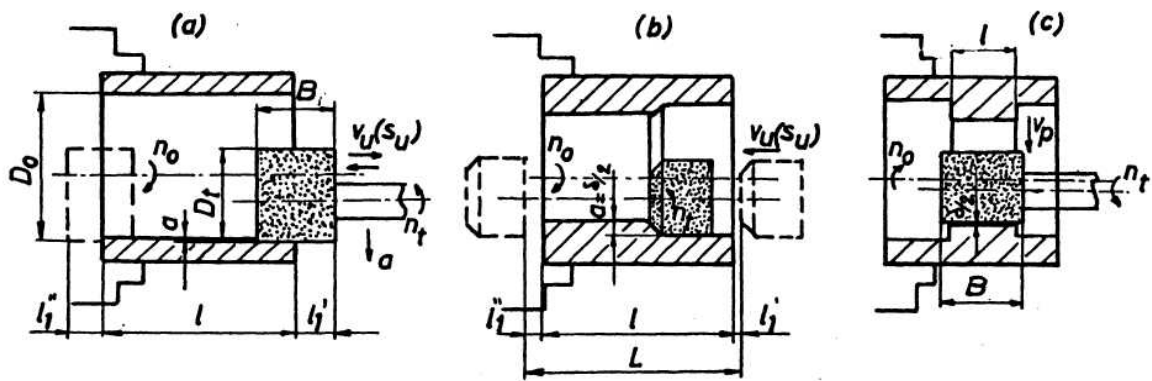


Slika 2. Šema spoljašnjeg kružnog uzdužnog brušenja čeonom površinom tocila: višehodo(a), jednohodo(duboko) brušenje(b)

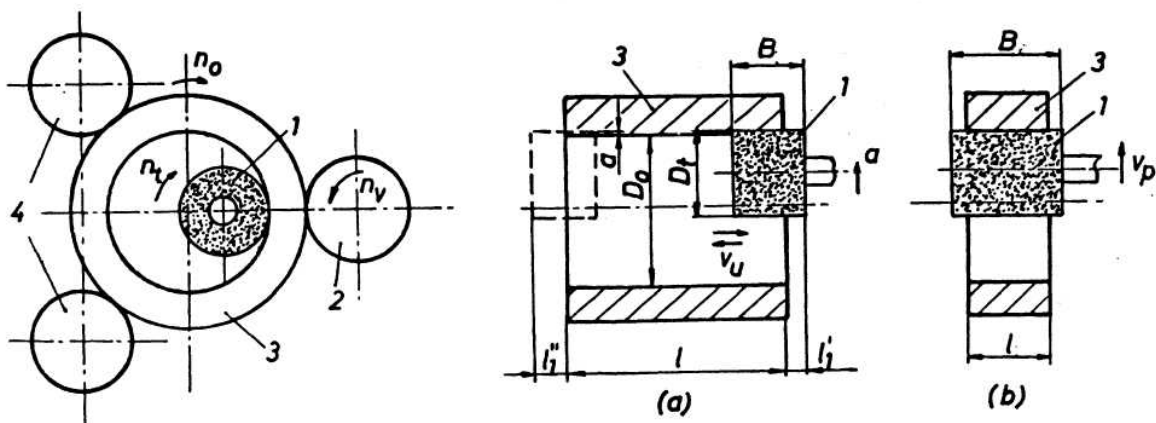
Kod poprečnog brušenja bez šiljaka ose točila i vodećeg točka su paralelne, a vodeći točak se primiče točilu brzinom v_p [mm/min] .



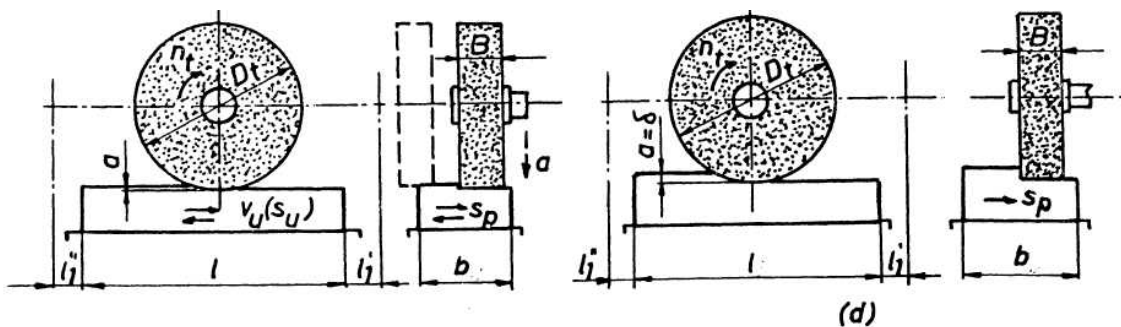
Slika 3.- Šeme spoljašnjeg kružnog brušenja bez šiljaka: a) uzdužno, b) poprečno (1-tocilo, 2- vodeći točak, 3-podupirač, 4-obradak)



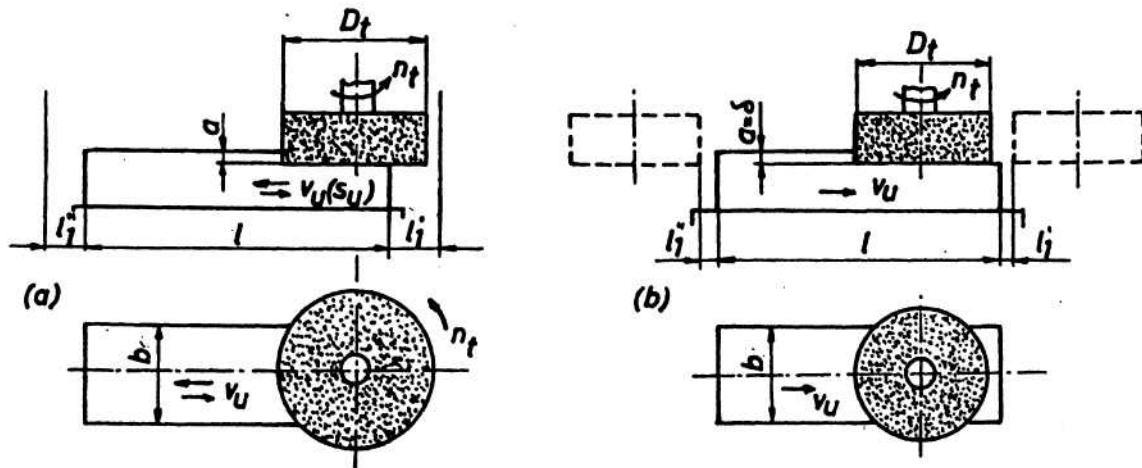
Slika 4. Šema unutrašnjeg kružnog uzdužnog brušenja: a) jednohodo, b) duboko i c) poprečno brušenje pri stezanju obratka u stezni pribor



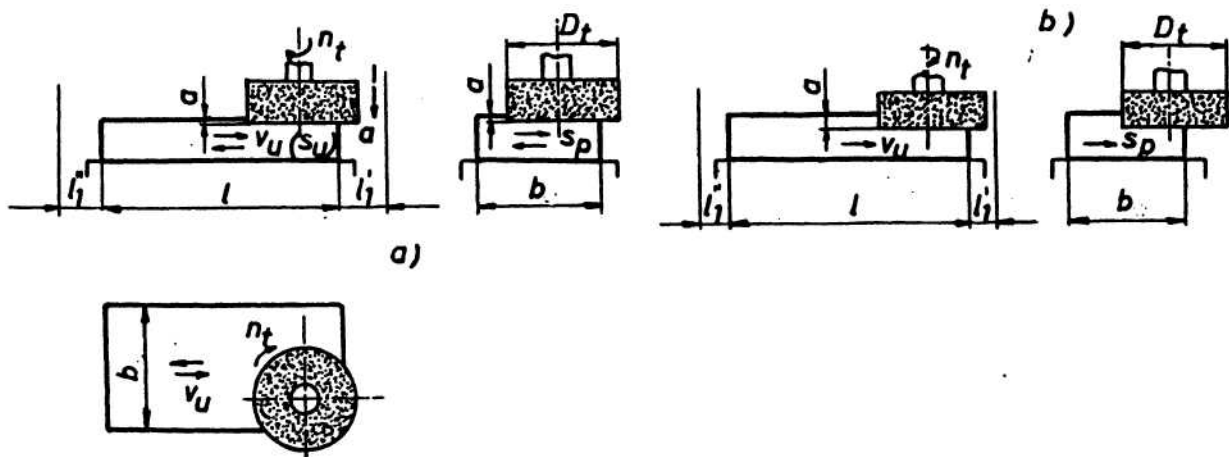
Slika 5. Šema unutrašnjeg kružnog brušenja bez šiljaka: a) uzdužno, b) poprečno (1-tocilo, 2-vodeći točak-valjak, 3-obra-dak, 4-osloni valjci).



Slika 6. Šema ravnog brušenja obimnom površinom koturastog tocila na brusilici sa pravougaonim radnim točilom (a, c-višehodo bez i sa poprečnim pomakom, b, d-jednohodo tj.duboko brušenje)



Slika 7. Šema ravnog brušenja čeonom površinom tocila sa uzdužnim pomoćnim kretanjem: a) višehodo, b) jednohodo (duboko)



Slika 8. Šema ravnog brušenja čeonom površinom tocila sa uzdužnim i poprečnim pomoćnim kretanjima: a) višehodo, b) jednohodo.

KARAKTERISTIKE TOCILA I ABRAZIVNIH MATERIJALA GRAĐJA TOCILA

Tocilo je aglomerat, abrazivnog materijala (sredstva za brušenje) i vezivnog materijala (veziva), koji povezuju abrazivna zrna u jednu cjelinu. Ove dvije vrste materijala se međusobno miješaju u određenom odnosu, presuju u kalupe odgovarajućeg oblika a zatim se vrši pečenje da bi alat za brušenje dobio neophodnu čvrstoću. Tako formirana struktura tocila je dosta porozna. Na primjer, za tociilo 60 K6 na zapreminu abrazivnog materijala otpada približno 50%, na zapreminu vezivnog materijala 9%, dok preostalih 41% otpada na zapreminu pora. Prema tome, tociilo (ili drugi alat za brušenje) sastoji se od velikog broja abrazivnih zrna, uglavnom nepravilnog oblika, koji po svom obimu posjeduju veći broj oštih ivica koja u kontaktu sa materijalom obradka pri obradi skidaju strugotinu. U rezanju učestvuju istovremeno veći broj zrna, te se uzima da je ovo mnogosječni alat.

Karakteristike abrazivnog materijala i veziva definišu alat za obradu brušenjem zajedno sa dimenzijama i oblikom predodređuju mu namjenu.

OSNOVNE KARAKTERISTIKE TOCILA

VRSTE ABRAZIVNIH MATERIJALA I NJIHOVE FIZIČKO-MEHANIČKE KARAKTERISTIKE

Osnovne karakteristike alata za brušenje koje proizvođač daje preko oznake su: materijal, oblik i veličina zrna abraziva, materijal i mehaničko-fizičke osobine vezivnog sredstva, struktura i tvrdoća točila.

Abrazivni, materijal (sredstvo za brušenje) je u obliku zrna, i prema načinu dobijanja može biti prirodni i vještački. Prvi korišćeni alati za obradu brušenjem imali su abrazivna zrna od prirodnih materijala (nalaze se u prirodi): korunda, kvarca i dijamanta.

Korund koji u svom sastavu ima veliki sadržaj aluminijum-oksida nalazi se u prirodi u vidu blokova; pored velike tvrdoće, ima i dobru lomnu sposobnost.

Prirodni dijamant ima znatno veću tvrdoću i krtoću od korunda i predstavlja najtvrdji mineral koji se nalazi u prirodi. Korund nalazi primjenu za poliranje stakla i drugih materijala, dok je primjena dijamanta znatno šira. Koristi se za brušenje i rezanje tvrdih metala, poluprovodničkih i drugih materijala, vrlo tvrdih i krutih materijala i td. I drugi prirodni abrazivni materijali imaju odgovarajuću primjenu. *Kvarc* se koristi za brušenje stakla i drveta, a *kremen* za brušenje plastičnih materijala i kože.

Prvi vještački abrazivni materijali (proizvode se određenim postupkom od odgovarajuće sirovine) je *silicijum karbid* koji je razvijen 1891. godine a nazvan je karborundum i označava se sa C. Silicijum karbid se dobija topljenjem kvarcnog pijeska i koksa, a u zavisnosti od sadržaja razlikuje se crni (sa 95-98% SiC) i zeleni sa (97-98,5% SiO). Kada je pronađen predstavljao je najtvrdji abrazivni materijal poslije dijamanta. Tvrdoća silicijum karbida se kreće od 3300 do 3600 daN/mm² a toplotna izdržljivost od 1300-1400°C. Zeleni silicijum karbid posjeduje veliku tvrdoću i dobru reznu sposobnost, te se kao takav koristi pri brušenju tvrdih materijala (tvrdi metal, tvrde legure, nemetalni materijali: staklo, kamen, granit, mermer, keramika i dr.). Ovaj materijal u obliku pasta koristi se za poliranje nerđajućih čelika, aluminijuma, duraluminijuma i drugih materijala. Crni silicijum karbid koristi se sa svim vezivnim materijalima a nalazi primjenu kod brušenja sivog liva, obojenih metala, plastičnih masa i drugih nemetalnih materijala. Slično zelenom silicijum karbidu, ovaj materijal u obliku praha primjenjuje se za izradu pasta za glačanje i poliranje navedenih materijala.

Ostali vještački abrazivni materijali su: elektrokorund, borkarbid, sintetički dijamant i kubni nitrđ bora,

Elektrokorund se dobija u elektroćima iz boksita, a u zavisnosti od sadržaja Al₂O₃ razlikuje se normalni (oznaka A), bijeli ili plemeniti (oznaka B), monokorund i legirani elektro-korund (u kasnijim poglavljima korišćiće se oznake Ek, sa navodjenjem vrste).

Normalni elektrokorund sadrži 92-95% Al₂O₃, a najveću primjenu nalazi kod brušenja konstrukcijskih legiranih čelika. Koristi se u toćilima sa organskim vezivnim materijalima.

Bijeli ili plemeniti elektrokorund sadrži veći procenat Al₂O₃ (oko 98-99%). Pošto ima veću ćvrstoću od normalnog elektrokorunda, primjenjuje se za brušenje legiranih i alatnih čelika.

Monokorund sadrži izmedju 97-98% Al₂O₃. Posjeduje dobru ćvrstoću i veliku rezn

sposobnost, koja se ostvaruje relativno lakim krzanjem zrna čime se postiže veći broj reznih ivica koje nastaju u rezanju. Nalazi primjenu kod brušenja teško obradivih nerđajućih i visokolegiranih čelika i legura kao i u vidu pasta za poliranje istih materijala,

Legirani elektrokorund sadrži 97% Al_2O_3 uz dodatak hrom oksida, oksida titana ili oksida cirkonijuma. Prvim legirajućim dodatkom postiže se veća čvrstoća a drugim žilavost u odnosu na bijeli elektrokorund. Elektrokorund legiran sa titanom primjenjuje se za brušenje konstrukcijskih čelika a s hromom za brušenje čelika pri intenzivnim režimima.

Tvrdoća elektrokorunda je od 1800-2800 daN/mm^2 a toplotna izdržljivost od 1700-1800°C.

Bor karbid (B_4C) ima tvrdoću od 4000-5000 daN/mm^2 i toplotnu izdržljivost od 700-800°C a dobija se sinterovanjem. Primjenjuje se za brušenje i glačanje prirodnog rubina i svih materijala velike tvrdoće, a uglavnom je pogodan za brušenje gdje se traži velika tačnost dimenzija.

Sintetički dijamant i kubni bornitrid dobijaju se sintezom od grafita, odnosno nitrida bora pri visokom pritisku (oko 100000 bara i temperaturi od oko 2000°C). Sintetički dijamant nalazi primjenu kod obrade vrlo tvrdih i krutih materijala (tvrdi metali, mineralokeramika, staklo i sl.) a kubni nitrid bora za obradu teško obradivih čelika i specijalnih legura

Abrazivni materijali se označavaju sa brojevima i slovima. Oznaka materijala varira od proizvođača do proizvođača, odnosno različitih standarda u pojedinim zemljama. U Tablici 1. date su uporedne oznake za klasične abrazivne materijale, koje se koriste u pojedinim zemljama.

Tabela 1.

Vrsta abraziva	Gustina $[g/cm^3]$	Mikrotvrdoća HV $[daN/mm^2]$	Jačina na Savij. $[daN/mm^2]$	Pritis. $[daN/mm^2]$	Provodljiv. toplote $[W/m \text{ } ^\circ C]$	Toplotna izdržljiv. $[^\circ C]$
Prirodni dijamant	3,05-3,56	10000	20,5-48	200	146,5	900
Sintetič. dijamant	3,48-3,54	8600-10000	29,5	200	146,5	900
Kubni nitrid bora	3,45-3,54	7300-10000	49	49	42	1200
Elektrokorund	3,93-4,16	1800-2780	8-9	75	19,7	1800
Silicijumkarbid	3,16-3,39	2800-3600	14,5-15,5	150	10,9	1400
Borkarbid	2,48-2,52	4000-5000	24,5	180	10,4	860

Vrsta abraziva		SSSR	SAD (Norton)	Engleska	Japan	DDR	Jugoslavija
Elektrokorund	normalni	14A, 15A	A, 44A	A	K, S	NK	A
	bijeli	24A	19A	AA	WA	HK (EK)	B
	monokor.	45A	32A		DA		
Silicijumkarbid	crni	55C	37C	C	C	SC	9C
	zeleni	63C	39C	GC	GC	SC	C

OBLIK I KRUPNOĆA ABRAZIVNIH ZRNA

Poređ vrste materijala, abrazivna zrna karakteriše njihova veličina i oblik.

Veličina zrna (krupnoća ili finoća) definiše se na osnovu broja petljica na situ na dužnom colu, pomoću kojeg se vrši sortiranje zrna. Tako postoje vrlo gruba zrna (od 8-12) gruba (od 14-24), srednja (**od 36-60**), fina (**od 70-120**) i vrlo fina zrna (od 150-240).

U tabeli 2. uporedo su prikazane oznake za veličine zrna u sistemu ASTM (stara), odnosno FERA (nova) koja odgovara jugoslovenskom standardu (JUS) i prema GOST-u (SSSR), kao i veličina zrna u mikrometrima. Veličina zrna značajno utiče na izbor tocila. Tocila manje poroznosti izrađuju se sa sitnim zrnima i obratno, Sltinija zrna se slabije drže u vezivu nego krupnija, te je prisutno i veće trošenje tocila u toku brušenja.

Tabela 2.

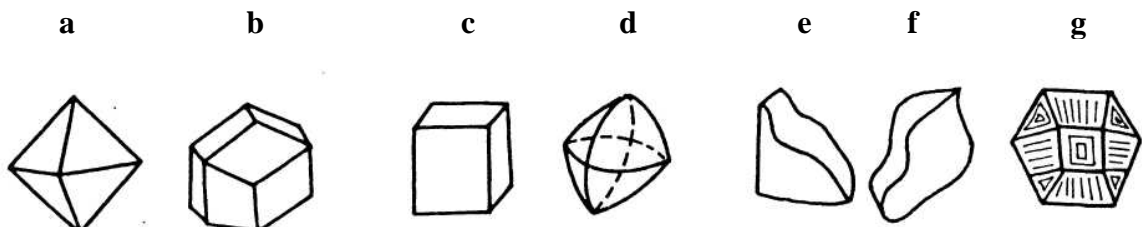
PO STANDARDU FEPA 32 GB 1971		PO GOST-u 3647-71		PO STANDARDU FEPA 32 GB 1971		PO GOST-u 3647-71	
OZNAKA	VELIČINA (μm)	OZNAKA	VELIČINA (μm)	OZNAKA	VELIČINA (μm)	OZNAKA	VELIČINA (μm)
8	2800-2350	(250)	-	70	250-212	20	250-200
10	2360-2000	200	2500-2000	80	212-180	16	200-160
12	2000-1700	160	2000-1600	90	180-150	-	-
14	1700-1400	-	-	100	150-125	12	160-125
16	1400-1180	125	1600-1250	120	125-106	10	125-100
20	1180-1000	100	1250-1000	150	106-65	8	100-80
24	850-710	80	1000-800	180	90-63	6	80-63
30	710-600	63	800-630	220	75-53	5	63-50
36	600-500	50	630-500	-	-	4	50-40
46	425-355	40	500-400	-	-	3	40-28
54	355-300	32	400-315				
60	300-250	25	315-250				

Oblik zrna abraziva je zavistan od vrste i odnosa dimenzija zrna abraziva. Oblik zrna u određenom stepenu zavisi od uslova kristalizacije pri proizvodnji. Poznato je da mnogi kristali imaju geometrijski nepravilan oblik (primera radi, prirodni korund nakon procesa drobljenja). Na slici 9. prikazana su zrna različitih abrazivnih materijala posmatrana pod mikroskopom. Za razliku od zrna karbida bora i silicijum karbida koja su više pločasta, zrna elektro korunda su izdužena.



Slika 9. Oblici zrna abrazivnih materijala: sintet.dijamanta(a) kubnog nitrida bora(b), elektrokorunda(c) i silicijumkarbida(d) krupnoće 100

Istraživanja pokazuju da abrazivna zrna imaju najčešće oblik: oktaedra, tetraedra, kvadra ili valjka kao i složenije oblike od kojih su neki prikazani na slici 10.



Slika 10. Oblici zrna; oktaedar(a), romboedar(b), heksaedar(c), oktaedroid(d), nepravilan oblik(e i f) i složen oblik(g)

U tabeli 3. prikazane su srednje vrednosti ovih parametara geometrije

Tabela 3.

Vrsta abraziva	Krupnoća [μm]	ρ [μm]	ϵ [°]
Elektrokorund	500/400	28	110
Silicijumkarbid	200/160	13	106
Prirodni dijamant	200/160	5,8	87
	125/100	4,0	85
	100/80	3,0	80
	63/50	2,5	75
Sintetički dijamant (tip ASO)	200/160	5,0	80
	125/100	3,0	70
	100/80	2,5	60
	63/50	2,0	55
Kubni nitrud bora (elbor IO)	125/100	10,1	96,8
	80/63	6,3	95,6
	63/50	5,0	94,9

Vidi se da veličine poluprečnika i ugla vrha zrna ρ i ϵ zavise od vrste i krupnoće abraziva.

VRSTE I KARAKTERISTIKE VEZIVNOG MATERIJALA TOCILA

Drugi važan sastavni materijal alata za brušenje je *vezivni materijal*. Za veziva tocila se primjenjuje više materijala neorganskog i organskog porijekla. Vezivni materijali na bazi prirodne i vještačke smole, gume, kaučuka i dr. spadaju u organska vezivna sredstva a neorganska vezivna sredstva su od gline, stakla, metala, porcelana ili sličnog keramičkog materijala.

Organeki vezivni materijali posjeduju veliku čvrstoću i žilavost, otporna su na udare (nose obično oznaku 0), a nalaze primjenu kod brušenja sa velikim brzinama i kod završnog brušenja.

Tebnički podaci i stvarni sastav vezivnog materijala vrlo teško se dobijaju, jer predstavlja tajnu proizvođača. Slično je i sa utvrđivanjem kvaliteta, mada je poznato da se proizvođači trude da unaprijeđe kvalitet veziva.

Vezivni materijali *neorganskog* sastava imaju veliku čvrstodu i neporoznost a neosjetljiva su na hemijske reakcije. Danas se koristi više vrsta ovih veziva: keramičko, magnezitno, silikatno, metalno itd.

Keramičko vezivo (oznaka V) se najčešće koristi kao vezivni materijal a sastoji se od gline, kaolina feldšpata i kvarca. Karakteriše ga dobra toplotna otpornost, održavanje profila i nalazi primjenu kod tocila koje rade sa maksimalnom obimnom brzinom do 65 m/s.

Silkatno vezivo (oznaka S) je na bazi tečnog stakla. Osjetljivo je na sredstvo za hladjenje a nalzi primjenu kod tocila velikog prečnika.

Magnezitno vezivo (oznaka Mg) je osjetljivo na vlagu, a služi za brušenje sa manjim brzinama (do 20 m/s) bez hladjenja.

Metalna veziva (oznaka M) predstavljaju legure bakra, kalaja, gvoždja, aluminijuma, nikla i drugih metala. Koriste se najčešće kod đijamantskih tocila.

Keramičko vezivo se koristi sa skoro svim abrazivnim materijalima, a magnezitno i silikatno sa silicijum karbidom.

Osim osnovnog materijala veziva sadrže i punioce, koji poboljšavaju fizičko-mehaničke osobine veziva i tocila.

Osnovne osobine veziva su tvrdoća i frikciona svojstva, i od njih zavise veličina otpora rezanja, temperature brušenja, kao i kvalitet obrade. Frikciona svojstva veziva određuju se preko koeficijenta trenja u zoni rezanja.

Struktura alata za brušenje je mjerilo zapreminskog udjela sredstva za brušenje. Struktura se označava brojevima od 1-12, a razlikuje se: zatvorena struktura (1-3), srednja (4-6), otvorena (7-9) i vrlo otvorena struktura (10-12). Kod tocila zatvorene strukture veći je procentualni sadržaj sredstva za brušenje nego kod tocila otvorene strukture. Takođe, na strukturu utiče i veličina zrna abrazivnog materijala, i to tako da se sa zrnima veće veličine ostvaruje otvorena struktura i obrnuto.

OPTIMIZACIJA IZBORA ALATA

Adekvatan izbor alata za određenu proizvodnu operaciju predstavlja izuzetno složenu problematiku, posebno kada je reč o alatima u obradi struganjem. Skoro svaka proizvodna operacija u obradi struganjem može se obaviti sa velikim brojem različitih alata (standardni noževi od brzoreznog čelika, noževi sa zalemljenom pločicom od tvrdog metala, noževi sa

mehanički pričvršćenim pločicama različitog alatnog materijala sa ili bez različitih vrsta alatnih prevlaka). Vrlo je teško u konkretnim proizvodnim uslovima naći optimalno rešenje. Optimalno rešenje faktički i ne postoji, već se uključivanjem velikog broja uticajnih faktora optimumu možemo u određenoj meri približiti. Uvažavajući ovu činjenicu treba imati na umu da je u najvećem broju slučajeva optimalno rešenje upravo ono rešenje koje nam omogućava da realizujemo određenu proizvodnu operaciju uz uslov minimalnih troškova obrade. Dakle, treba zadovoljiti funkcije cilja (ostvariti određene kote, kvalitet obrađene površine i drugo) uz minimalne troškove obrade. Apsolutno je pogrešan pristup izbora alata isključivo na bazi preporuka proizvođača alata. Te preporuke u velikom broju slučajeva imaju i određenu komercijalnu dimenziju. Što ni u kom slučaju ne znači da preporuke treba eliminisati. Naprotiv, uvek treba, u cilju optimizacije izbora alata na raspolaganju imati što veći broj mogućih rešenja.

Na primer, određenu proizvodnu operaciju možemo izvesti sa alatima:

A1, A2, A3, , An.

Svaki od ovih alata ima određenu cenu koštanja:

Ac1, Ac2, Ac3,, Acn.

Takođe svaki od ovih alata ima i određenu postojanost, koja je u većini slučajeva nepoznata, tj:

Ta1, Ta2, Ta3,, Tan.

Neke od ovih alata posedujemo a neke treba nabaviti.

Svaki od navedenih alata obezbeđuje i određenu proizvodnost, tj:

Pa1, Pa2, ..., Pan, itd.

Imajući u vidu navedene činjenice jasno se može zaključiti da se problem optimizacije izbora alata svodi na višekriterijumsku optimizaciju. Ovom prilikom neće se detaljnije obrađivati ovo pitanje već se u najkraćim crtama daju smernice za izbor alata, odnosno:

1. Jasno utvrditi funkcije cilja odnosno zahteve po pitanju proizvodne operacije.
2. Izvršiti klasifikaciju alata kojima se može izvesti proizvodna operacija.
3. Izvršiti uži izbor alata uzimajući u obzir veličinu finansijskih ulaganja.
4. Proceniti ili eksperimentalno doći do veličine postojanosti alata.
5. Proračunati troškove obrade.
6. Izvršiti probno ispitivanja.
7. Konačno izabrati alat.