

7.5.11 Rezkanje

Z rezkanjem lahko izdelamo ravne in ukrivljene površine, profile, zobnike, utore in navoje.

Rezkanje je postopek odrezovanja za izdelavo poljubnih površin obdelovanca z večrezilnim orodjem in s krožnim rezalnim gibanjem.

Orodje za rezkanje

Rezkalo je valjasto oblikovano orodje (slika 1).

Glavni rezalni robovi so **obodni rezalni robovi**, ki so nameščeni na plašču namišljenega valja. Stranski rezalni robovi so **čelni rezalni robovi**, ki se nahajajo na površini kroga.

Rezila za rezkanje imajo obliko klina (slika 2). Znotraj pravega kota (90°), ki ga tvorita površina obdelovanca in os rezkala, se lahko razločno prepoznajo **kot klina β** , **prosti kot α** s prosto ploskvijo in **cepilni kot γ** s cepilno ploskvijo.

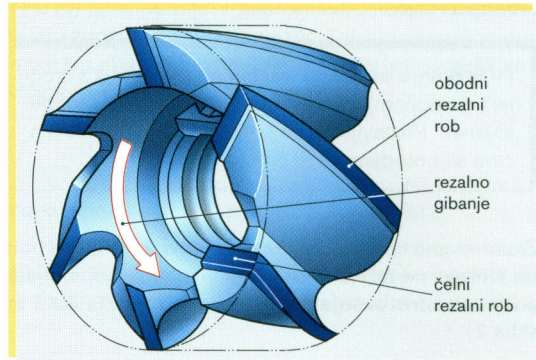
Nagibni kot λ (kot vijačnice) kaže nagib rezalnega roba nasproti osi rezkala (slika 3). Če je $\lambda = 0^\circ$, rezalni rob ne prodira postopoma, ampak sunkovito v površino obdelovanca. S kotom vijačnice λ se večajo rezalne sile. Do $\lambda = 40^\circ$ se sile večajo postopoma, nato je njihova rast občutna. Velikosti kotov α , β in γ se usmerjajo po obdelovanem materialu.

Število rezalnih robov je odvisno tudi od materiala obdelovanca. Pri mehkejših materialih nastajajo velike količine odrezkov. Zaradi tega morajo biti vrzeli med zobmi, po katerih odteka odrezki, večje, kot pri trših materialih. Pri enakem premeru rezkala velja:

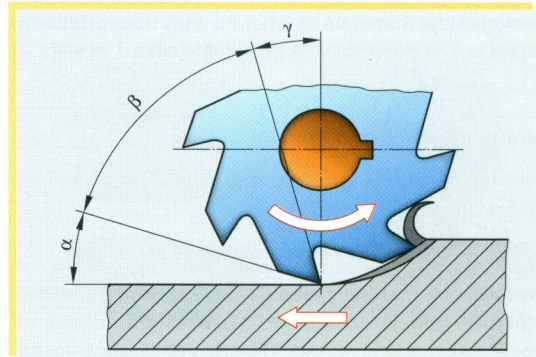
Mehki materiali:	velike zobne vrzeli, majhno število zob.
Trdi materiali:	majhne zobne vrzeli, veliko število zob.

Proizvajalci na osnovi tega ločijo rezkala na tip **N** (normalen), **W** (mehak) in **H** (trd) (slika 4).

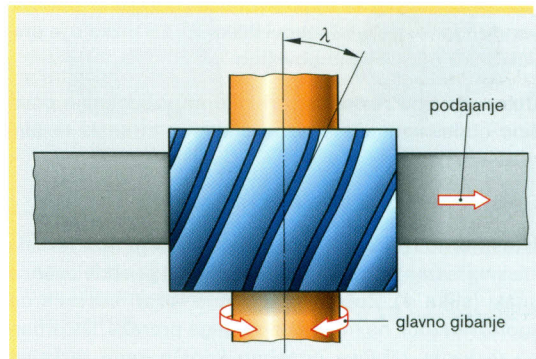
Za **rezalni material** rezkal se praviloma uporablja **hitro-rezno jeklo (HSS)**. To jeklo ima za tako nameščena rezila potrebno žilavost in obstojnost pri temperaturnih spremembah. **Karbidna trdina (HM)** se uporablja za rezilne ploščice na rezalnih glavah in za obračalne rezalne ploščice na rezkalnih glavah (preglednica na strani 191).



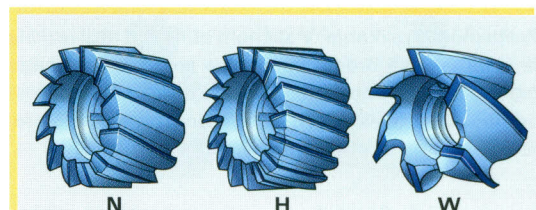
Slika 1: Valjasto-čelno rezkalo



Slika 2: Koti na rezkalu



Slika 3: Nagibni kot rezkala z vijačnico



Slika 4: Tipi rezkal

Gibanja orodja in obdelovanca

Pri **rezkanju** se krožno rezalno gibanje izvaja z orodjem (rezkalom). Podajalna gibanja opravlja obdelovanec. Pristavljanje se lahko izvaja z obdelovancem ali z orodjem.

Zaporedoma uporabljeni rezalni robovi, ki večji del poti po krožnici ne režejo in se zato lahko ohlajajo, izvajajo postopek **odrezovanja** skoraj brez prekinitev (slika 1 in slika 2).

Podajalno gibanje se praviloma izvaja v eni smeri, lahko pa si istočasno sledi tudi v več smereh.

Debelina (globina odreza) in širina (širina odreza) odrezanega sloja materiala se izbereta s takšnim **pristavljanjem**, kot ga dopušča velikost orodja (slika 1 in slika 2).

Vrste rezkalnih postopkov

Raznolikost rezkalnih postopkov se deli na osnovi različnih izhodišč.

Glede na **način delovanja rezkarja** se razlikujejo:

Valjasto ali obodno rezkanje, pri katerem obdelujejo površino obdelovanca samo glavni rezalni robovi, nameščeni po obodu rezkala. Odrezki imajo vejčasto oblikovan presek. Os orodja leži vzporedno z obdelovano površino (slika 1).

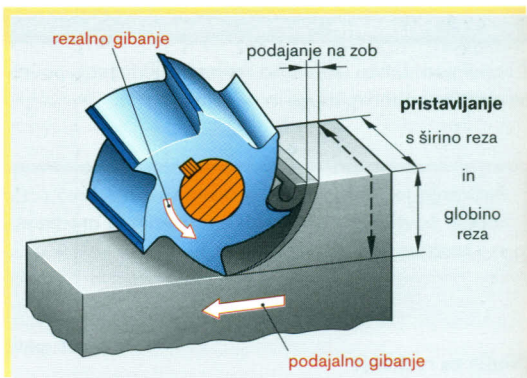
Čelno rezkanje, pri katerem režejo površino obdelovanca stranski rezalni robovi (slika 2). Os rezkala je pravokotna z obdelovano površino.

Čelno-obodno rezkanje, pri katerem obdelujejo površino obdelovanca istočasno glavni in stranski rezalni robovi (slika 3).

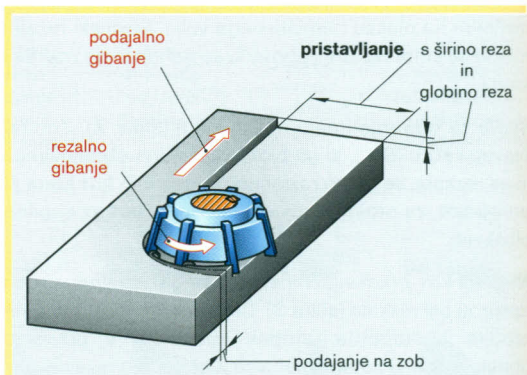
Glede na **smer podajanja** se razlikujeta:

Istosmerno rezkanje: V stičnem območju rezil rezkala sta smer vrtenja orodja in smer podajanja obdelovanca enaki (slika 4). Zob rezkala začne rezati odrezek od zgoraj navzdol, na mestu največjega prereza. Istosmerno rezkanje zahteva posebno konstruirane rezkalne stroje brez ohlapnosti v podajanju, ker rezkalo poskuša obdelovanec sunkovito pospešiti v smeri podajanja. Na navadnih strojih istosmerno rezkanje ni možno.

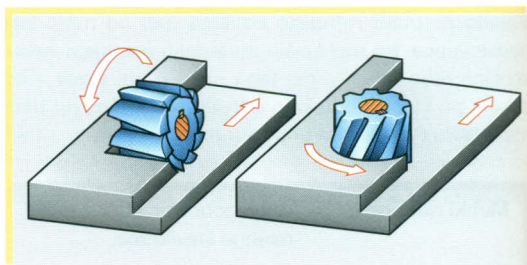
Protismerno rezkanje: V stičnem območju rezil rezkala je smer vrtenja orodja nasprotna smeri podajalnega gibanja obdelovanca. Preden zobje rezkalnika odrežejo odrezek na obdelovancu od spodaj navzgor, najprej rahlo drsijo po že obdelani površini (slika 5).



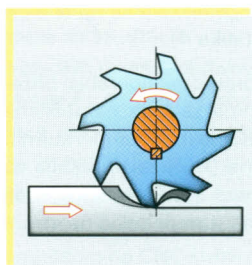
Slika 1: Gibanja pri obodnem (valjastem) rezkanju



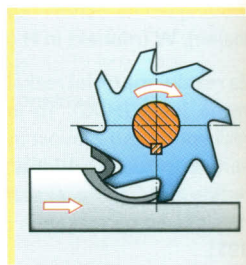
Slika 2: Gibanja pri čelnem rezkanju



Slika 3: Čelno-obodno (valjasto-čelno) rezkanje



Slika 4: Istosmerno rezkanje



Slika 5: Protismerno rezkanje

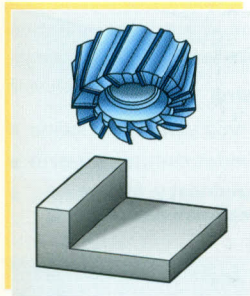
Rezalni robovi pri protismernem rezkanju otopijo prej kot pa pri istosmernem rezkanju. Rezalna sila na zobu, ki reže, je na koncu odrezovalnega postopka največja in se za tem sunkovito zmanjša na nič. Takšno neenakomerno delo lahko vodi do vibracij, ki se pokažejo na obdelani površini kot majhne brazde (sledi). Protismerno rezkanje je koristno samo takrat, kadar se morajo obdelovati trde površine (pri vlitih in kovanih kosih).

Glede na namensko obliko obdelovanca se razlikujejo:

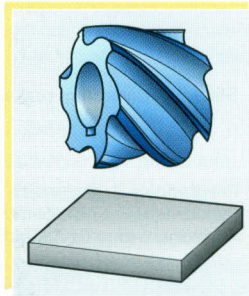
- plano rezkanje za obdelovanje ravnih površin (slika 8),
- stavčno rezkanje, pri katerem se več kolutnih rezkal (slika 6) vpne na daljši trn (slika 2, stran 192),
- profilno rezkanje (slika 4 in slika 5),
- oblikovno rezkanje, kjer krmilna naprava upravlja podajalno gibanje (slika 12).

Vrste rezkal

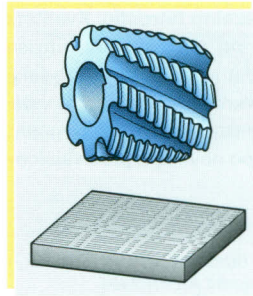
Orodja za rezkanje se glede na njihovo konstrukcijsko zgradbo lahko delijo na **natična rezkala** (slika 1, slika 2 ...), **stebelasta rezkala** (slika 9, slika 10 ...), **rezalne glave** (slika 8) in **rezkalne glave** (slika 7). Glede na način izdelave se delijo na **rezkana rezkala** (slika 1, slika 2), **podstružena rezkala** (slika 4) in **rezkala z vstavljenimi rezili** (slika 7, slika 8).



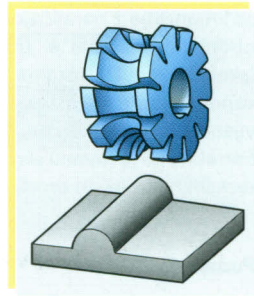
Slika 1: Valjasto-čelno rezkalo



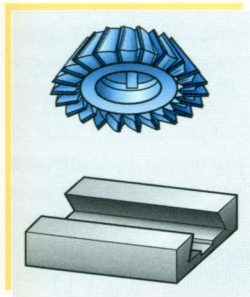
Slika 2: Valjasto rezkalo



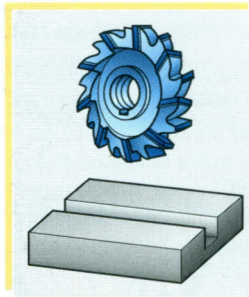
Slika 3: Valjasto rezkalo s stružnim navojem



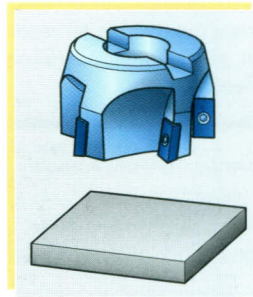
Slika 4: Polkrožno profilno rezkalo



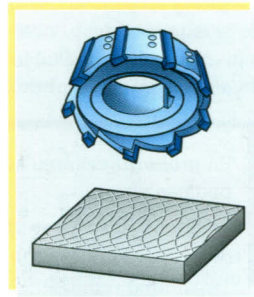
Slika 5: Kotno-čelno rezkalo



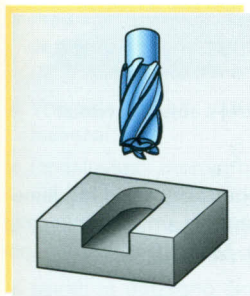
Slika 6: Kolutno rezkalo s križnimi zobmi



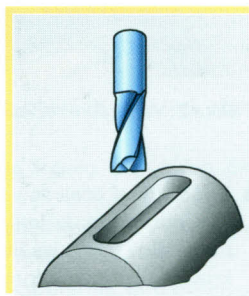
Slika 7: Rezkalna glava z vstavljenimi rezalnimi ploščicami



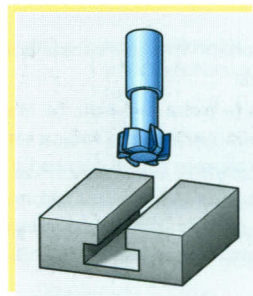
Slika 8: Rezalna glava



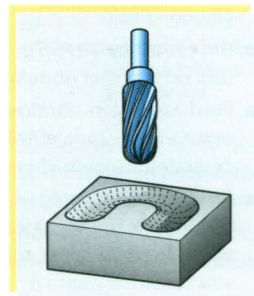
Slika 9: Steblasto rezkalo



Slika 10: Steblasto za dolge ure



Slika 11: Steblasto za T-ure



Slika 12: Oblikovno rezkalo

Delo na rezkalnih strojih

Najbolj razširjena konstrukcija je **konzolni rezkalni stroj** (slika 1).

Pri tej konstrukciji se glede na položaj glavnega vretena proti vpenjalni mizi ločijo **vodoravni rezkalni stroji** (za obodno rezkanje, slika 2) od **navpičnih rezkalnih strojev** (za čelno rezkanje).

Univerzalni rezkalni stroji imajo **nagibno vreteno za orodje** opremljeno z vodoravnim in navpičnim vretenom ter vsestransko vrtljivo in nastavljivo mizo (slika 1). **Univerzalnim orodjarskim rezkalnim strojem** je poleg tega dodana še oprema za vrтанje in pehanje.

Rezalna hitrost

Rezalna hitrost se označuje v m/min. Obstojnost orodja se zmanjšuje z naraščajočo rezalno hitrostjo. Kvaliteta obdelane površine je boljša pri večji rezalni hitrosti (preglednica 1). Rezalna hitrost je odvisna od obdelovanega materiala, rezalnega materiala noža, vrste vstavljenega rezkala, konstrukcije stroja in rezalnih pogojev. Potrebno se je ravnati skrbno po navodilih proizvajalcev rezkalnih strojev in orodij.

Podajanje

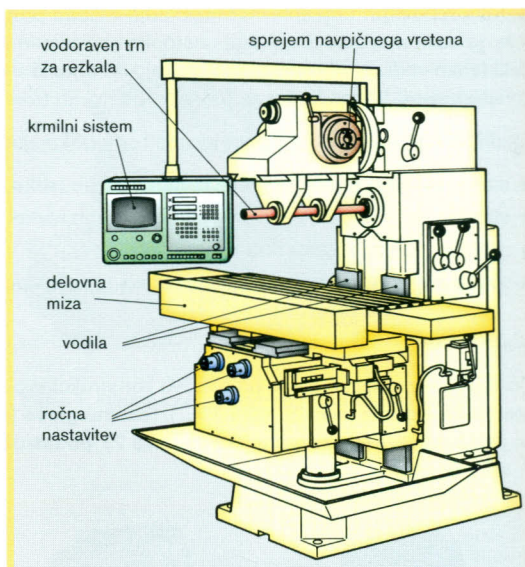
Označuje se v mm na rezkalni zob ali kot podajalna hitrost v mm/min. Izbrano podajanje in tudi globina rezanja sta odvisna od rezalnega materiala rezkala, obdelovanega materiala, vrste rezkala, moči stroja ter rezalnih postopkov. Odločilna pri tej izbiri je **potrebna kvaliteta površine obdelovanca**.

Pri **grobem rezkanju** se obdeluje material z večjim podajanjem.

Pri **finem rezkanju** se izbere tako majhno podajanje, da se doseže zahtevana kvaliteta obdelane površine.

Preprečevanje nesreč

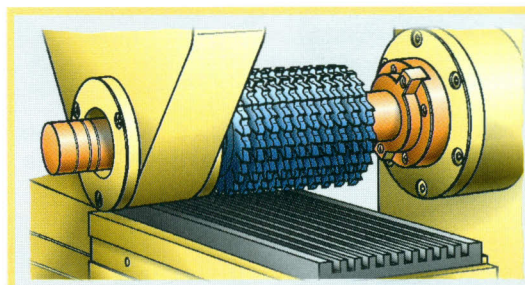
- Pri nameščanju, nastavitvi in čiščenju stroja izključite glavno stikalo.
- Stroj je izklopljen pri meritvah, pri menjavi orodja kot tudi pri menjavi obdelovanca.
- Pred začetkom obratovanja je treba preveriti, če sta odstranjena vpenjalni ključ in naravnalna ročica ter če obdelovanci in vpetje ne morejo zadeti ob orodje.
- Pri delujočem stroju se ne sme posegati v bližino rezalnih nožev in odrezkov odstranjevati s čopičem ali s podobnim pripomočkom. Ne sme se odstranjevati zaščitnih naprav!
- Pri delu na rezkalnih strojih se mora nositi tesno prilagočena se oblačila.



Slika 1: Univerzalni rezkalni stroj

Preglednica 1: Smernice za vrednost v_c in f_z pri rezkalni glavi z obračalnimi rezalnimi ploščicami iz karbidne trdine (izvleček)

Vrsta obdelave		Neleg. jeklo R_m do 700 N/mm ²	Legirano jeklo R_m do 1000 N/mm ²	Lito železo do 180 HB
grobno rezkanje	v_c	100...200	60...200	70...140
	f_z	0,1...0,4	0,1...0,4	0,1...0,5
fino rezkanje	v_c	100...300	80...220	90...300
	f_z	0,1...0,3	0,06...0,3	0,1...0,25



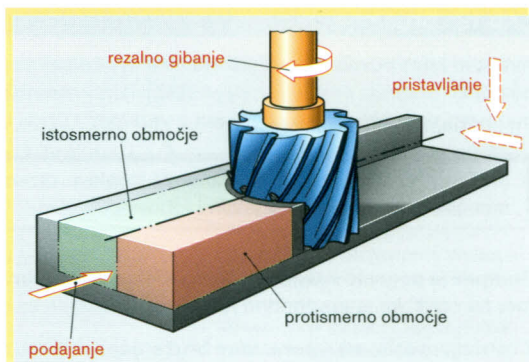
Slika 2: Vodoravni rezkalni stroj s stavkom rezkal

- Z zaščitnimi očali se je treba zavarovati proti lamelnim odrezkom, ki letijo naokrog pri rezkanju trdih materialov (npr. siva litina). Najboljši so zaščitni pokrovi in podobne priprave.

Izbira postopka

S stališča gospodarnosti ima prednost čelno-obodno rezkanje pred obodnim.

Glavni rezalni robovi na obodu orodja odvezemajo odrezke, medtem ko stranski rezalni robovi poravnava površino obdelovanca. Pri takšnem rezkanju bo stroj enakomerno obremenjen, ker se istočasno pojavljata istosmerno in protismerno delovanje (slika 1). Tudi pogonska moč je lahko manjša kot pri obodnem rezkanju, saj je rezkalo s krajšim vpetjem bolj obremenljivo. Valjasto-čelna rezkala so lahko vpeta tako vodoravno kot tudi navpično.



Slika 1: Gibanja pri čelno-obodnem rezkanju

Izbira rezkala

Čim manjši je zunanji premer rezkala, tem manjši bo potrební vrtilni moment in s tem tudi manjša obremenitev glavnega vretena. Razen tega se pri izbiri upoštevajo:

- oblika in kvaliteta površine obdelovanca,
- material rezalnih robov in število nožev na rezkalu,
- postopek rezkanja in smer podajanja.

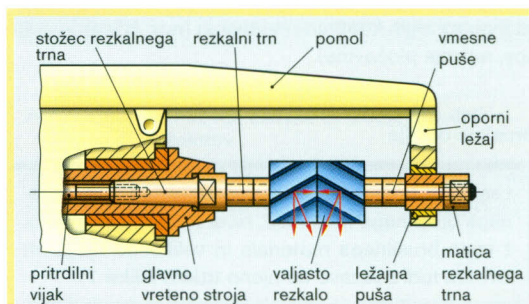
Vpenjanje rezkal

Za vpenjanje in pritrjevanje rezkal se uporablja posebna vpenjalna oprema. Vanjo spadajo rezkalni trni s pušami, natični (kratki) trni, prosto vpeti trni in vpenjalne stročnice (slike 2, 3 in 4). Pri valjastem rezkanju se rezkalni trn podpre z opornim ležajem, da se prepreči upogibanje osi (slika 2).

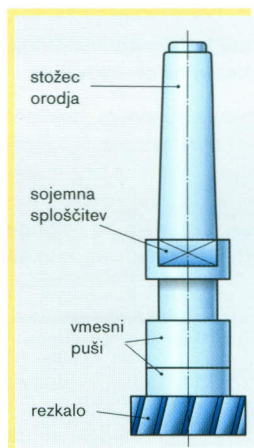
Rezkala z zobmi, usmerjenimi po vijahnici, morajo biti pritrjena tako, da nastopajoča osna (aksialna) sila deluje v smeri pogonske strani vretena (slika 3, stran 189). Dve rezkali z nasprotno postavljenimi zobmi po vijahnici se pritrđita v celoto tako, da se medsebojno izničita aksialni sili (slika 2).

Delovna pravila

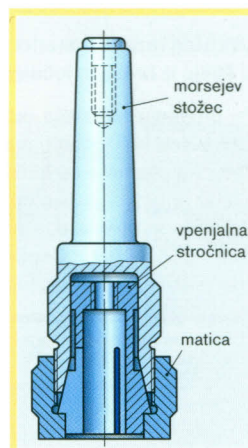
- Pred vpetjem se mora obdelovancem posneti robove, jih očistiti in tako zagotoviti zanesljivo naleganje na podlago.
- Vpenjala morajo ustrezati obliki in velikosti obdelovanca.
- Obdelovanci morajo biti na stojalo vpeti trdno, čim nižje in bližje vretenu.
- Majhne in kratke obdelovance vpenemo v strojni prirež, večje neposredno na mizo stroja.
- Izbrati je potrebno čim večji premer pritrjevalnega



Slika 2: Vpetje valjastih rezkal na vodoravnem rezkalnem stroju



Slika 3: Natični (kratki) trn za steblasto rezkalo



Slika 4: Vpenjanje steblastega rezkala s stročnico

- trna in tako zmanjšati možnost njegovega upogiba.
- Pri vpenjanju je treba paziti, da zanesljivo nalegajo tesni mozniki, ki rezkalo spajajo z rezkalnim trnom.
- Rezkala brusimo pravočasno. Brušenje močno otoplega rezkala ni gospodarno, saj dodatno znižuje obstojnost orodja.