

## 7.5.12 Brušenje

Ravne in krive površine, kot tudi pravilne in nepravilne profile, se da izdelovati in obdelovati z različnimi brusilnimi postopki. Brusilno orodje (brus) je sestavljeno iz množice majhnih, zelo trdih brusnih zrn. Zrna imajo nepravilno geometrijsko obliko in so povezana z vezivom v profil brusilnega telesa.

Brušenje je postopek odrezovanja za izdelavo raznolikih površin obdelovanca z večrezilnim orodjem in geometrijsko nedoločenimi rezalnimi robovi.

Brušenje je pogosto dokončna  **fina obdelava**  za izdelavo površin z zelo majhno hrapavostjo in veliko natančnostjo mer ter oblik, ko je predhodno narejena geometrijska oblika obdelovanca z znanimi postopki odrezovanja.

Z ostrenjem oziroma s  **ponovnim brušenjem**  otopelih rezalnih robov tudi obnovljamo rezalne lastnosti ločevalnih orodij.

Brušenje je najvažnejši postopek za  **posnemanje robov**  tudi po mnogih končnih obdelavah (npr. čiščenje odlitkov, rezanje pločevine).

### Brusilno orodje

Lastnosti brusilnega telesa, zgrajenega iz povezanega brusilnega materiala, so določene s strukturo, z vrsto brusilnega materiala in velikostjo njegovih zrn, kot tudi z vezavo ter njeno trdoto ( **slika 1** ).

### Brusilni material

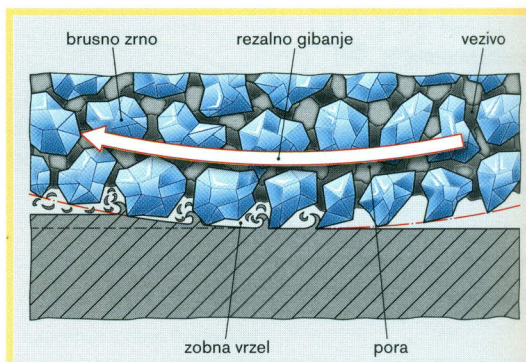
Ustrezen rezalni material so zrna brusilnega materiala, ki štrlijo iz brusa in ločujejo odrezke od obdelovanca.

Pri brušenju se izvaja odrezovanje z velikim številom nepravilno oblikovanih rezalnih robov brusnih zrn. Z zadostno povečavo se lahko tudi na površini brusa prepozna približna oblika cepilnega klina ( **slika 2** ). Praviloma sta  **kot klina  $\beta$**  in  **prosti kot  $\alpha$**  večja od pravega kota ( $\alpha + \beta > 90^\circ$ ).  **Cepilni kot  $\gamma$**  je negativen, zato se pojavlja  **strganje**  materiala.

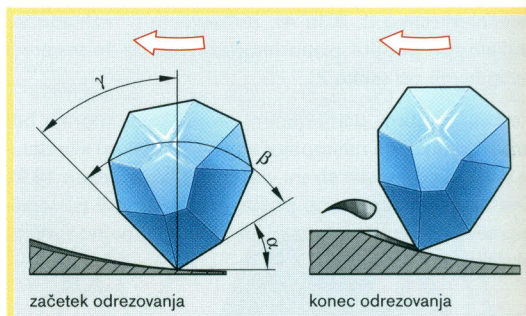
Brusilni material mora biti bistveno trši od brušene-ga materiala.

V ta namen se uporabljajo naravno pridobljeni ali pa umetno izdelani minerali. To so normalni korund (kratka oznaka A), silicijev karbid (C), borov nitrid (B) in diamant (D). Vsako brusilno telo vsebuje samo brusilni material z enotno velikostjo brusnih zrn. Brusilni material se zmele in nato preseje s siti. Velikost zrna je označena s številko, ki pove, koliko luknjic ima prepustno sito na dolžini 25,4 mm. Oznaka 100 npr. pomeni, da to zrno ravno še pade skozi sito s 100 luknjicami ( **preglednica 1** ).

Velikost brusnega zrna vpliva na učinkovitost brušenja in kvaliteto obdelane površine.



Slika 1: Sestavni deli strukture brusilnega telesa



Slika 2: Koti na brusnem zrnu pri odrezovanju

Preglednica 1: Številčne oznake za velikost brusnega zrna (zrnatost)

Zrnatost		Uporaba
Groba	4 6 8 10 12 14 16 20 24	grobo bruš.
Srednja	30 36 46 54 60	gladko brušenje
Fina	70 80 90 100 120 150 180 220	
Zelo fina	230 240 280 320 400 500 600 800 1000 1200	natančno brušenje

## Vezava

Vezivo veže zmleta brusna zrna v ustrezno obliko brusar (preglednica 1). Ko ta postanejo topa, jih povečane rezalne sile iztrgajo, tako da ponovno režejo ostrejša zrna. Brusilni kolut se zelo hitro obrabi, če zrna prehitro izpadajo. Kadar je vezava preveč trdna, postanejo zrna pretopa in temperature zaradi trenja previsoke.

Trdota brusilnega telesa je mera za silo, s katero vezivo drži skupaj brusna zrna.

Trdna stopnja pri izbiri brusilnega koluta se mora prilagoditi obdelovancu (preglednica 2). Ustrezno izbran brus se mora sam ostriti. Brusna zrna hitreje otople pri trdih in krhkih materialih, zato se morajo lažje iztrgati iz vezave. Pri mehkih in žilavih materialih ostanejo brusna zrna dlje ostra. Za izbiro brusilnega koluta velja:

Za brušenje mehkih materialov se uporabljajo trdi brusi, za brušenje trdih materialov pa mehki brusi, ker pri njih posamezna zrna izpadejo, še preden bi se izrabila in izgubila sposobnost rezanja.

## Struktura

Prostorska porazdelitev brusnih zrn, veziva in por tvori strukturo brusilnega telesa. Brusilno telo ima lahko zaprto ali odprto strukturo (preglednica 3). Številčne oznake izkazujejo poroznost.

Izbira strukture mora upoštevati predvideno količino odrezkov (slika 1, stran 194). Čim več odrezkov nastaja, tem večje morajo biti pore v strukturi.

Pri mokrem brušenju se lahko prenese na mesto oprijema z večjimi porami tudi več hladilne tekočine in tako poveča učinek odrezovanja.

Gosti brusi imajo večjo trdoto, zato se ne obrabljajo tako hitro. Morajo pa biti pogosteje poravnani, saj se lažje in hitreje obložijo z odrezki materiala.

## Oblika brusilnih teles

Brusilna telesa se delijo po osnovni geometrijski obliki in vrsti vpenjanja (brusilni koluti – izvrtina, brusilni čepi – držaj) (slika 1).

Najpogosteje se uporabljajo ravni brusilni koluti, ki so razen normalne valjaste oblike lahko tudi profilirani (slika 2).

## Preglednica 1: Veziva za brusilna telesa

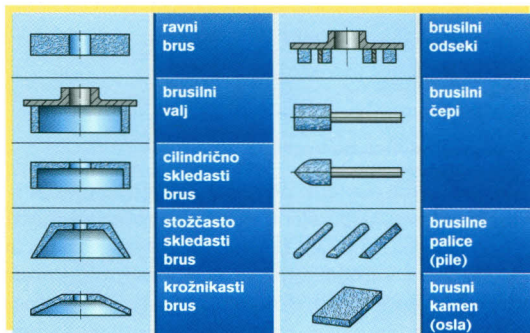
Vrsta veziva	Simbol	Lastnosti in uporaba
Keramično	V	največkrat uporabljeno, krhko, neobčutljivo za vodo, olje in toploto, ni elastično
Guma	R	za visoke obodne hitrosti, zelo elastično in žilavo, občutljivo za toploto, primerno za mokro brušenje, neznatna moč
Z vlaknino ojačana guma	RF	
Um. smola	B	uporabnejše elastično vezivo, velika trdnost in žilavost, za tanke brusilne kolute in visoke obodne hitrosti
Z vlaknino ojačana smola	BF	
Kovinsko	M	velika mehanska trdnost in odpornost proti obrabi, majhna občutlj. za udarce

## Preglednica 2: Črkovne oznake za trdoto brusilnih kolutov

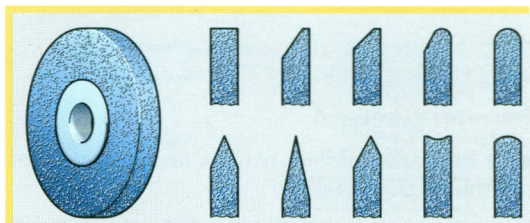
A	B	C	D	.....	M	N	.....	.....	W	X	Y	Z
posebno mehka				..... srednja				..... posebno trda				

## Preglednica 3: Številčne oznake za strukturo brusilnih teles

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
gosta zaprta struktura.....										redka odprta struktura				
majhne pore .....										..... velike pore				



Slika 1: Osnovne oblike brusov



Slika 2: Profilne oblike brusilnih kolutov

## Označevanje brusilnega orodja

Delitev in označevanje brusilnih teles sta določena s standardi. Vsi potrebni podatki se nahajajo na etiketah brusilnih kolotov. Najprej je navedena osnovna oblika, sledijo ji mere in podatki o rezalnem materialu (**preglednica 1**). Podobna pravila veljajo za brusilne trakove, brusni papir in ostala brusilna sredstva.

## Potek odrezovanja

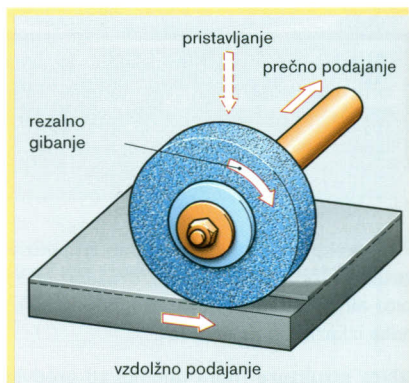
Orodje, splošno imenovano brusilni kolut, opravlja **rezalno gibanje**. Podajalno gibanje in pristavljanje se praviloma izvajata z obdelovancem (**slika 1**). S pristavljanjem se določata globina oz. širina brušenja. Če se z brušenjem zgolj izboljšuje kvaliteta površine, naj se brusilni kolut samo narahlo dotika površine obdelovanca. Brušenje v primerjavi z drugimi postopki odzemanja povzroča pri bistveno višji rezalni hitrosti, med snemanjem odrezkov, **visoko temperaturo**. Pri tem se odrezki lahko raztalijo in zgorijo (iskrenje pri brušenju).

## Delo z brusilnimi stroji

Brusilni koloti imajo zaradi njihove nehomogene strukture razmeroma majhno natezno trdnost. Zato mora biti obodna hitrost omejena, saj bi se drugače pri povečani **sredobežni sili** brus lahko razletel (**preglednica 2**).

**Preglednica 1: Primer označevanja standardnega brusilnega telesa (krajša oblika)**

	Oblika	Mere	Material
	7	400 x 100 x 127	A 60 K 8 V 35
ISO-osnovna oblika	7		
Zunanji premer $d_1 = 400$ mm		400	
Širina kolota $b = 100$ mm		100	
Premer luknje $d_2 = 127$ mm		127	
Brusilni material A (korund)			A
Debelina zrn (sito s 60 luknjami na dolžini 1 cole)			60
Trdotna stopnja K = (mehka)			K
Številčna oznaka strukture 8 (srednja)			8
Vezivo V (keramično)			V
Dopustna obodna hitrost 35 m/s			35



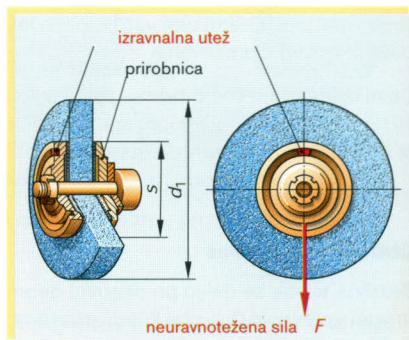
**Slika 1: Postopek odrezovanja pri plano-obodnem brušenju**

**Preglednica 2: Dopustna obodna hitrost brusilnih kolotov**

Barva črte	modra	rumena	rdeča	zelena
hitrost v m/s	50	63	80	100

## Izravnavanje mas na brusih

Neenakomerne sredobežne sile nastanejo v brusilnem klotu zaradi neenakomerno razporejene mase (neuravnovesnost). Te sile neugodno vplivajo na ležaje brusilnega stroja, kvaliteto brušenja in na obrabo brusa. V izogib temu se s centrirnimi napravami ugotovi položaj neuravnovesnosti in nato razporedijo izravnalne uteži v krožni utor stranske prirobnice. Brusilni kolut se pri tako nastalem nestabilnem ravnatežu mirno vrti (**slika 2**).



**Slika 2: Pritrditev in uravnoteženje brusa**

## Preprečevanje nesreč

- Na stroju brez zaščitnih okrovov pri brušenju obvezno nosite zaščitna očala.
- Orodni prislon in zaščitni okrov se smeta nastavljeni samo pri mirujočem stroju.
- Vsakodnevno je potrebno nadzorovati režo med brusilnim klotom, naslonom obdelovanca in zaščitnim okrovom!
- Pri suhem brušenju po možnosti odsesavajte prah.