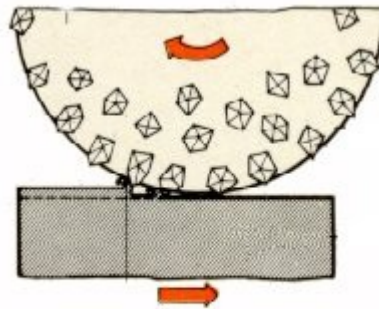


3.8.1.0 BRUŠENJE

Brušenje spada med postopke fine obdelave z odrezavanjem, s katerim lahko dosežemo veliko natančnost in izredno kvaliteto obdelane površine s točkovno omejeno plastifikacijo odrezka.

Spada med postopke odrezavanja, pri katerem ima orodje - brus veliko število rezil (brusnih zrn), ki so nepravilne geometrijske oblike. Tako je lahko vsako abrazivno zrno drugače in drugačno usmerjeno, med seboj- zrna pa so povezana z vezivom. Zrna v brusu so neenakomerno porazdeljena in so v bistvu majhni cepilni klini, s katerimi odrezujemo kovino.



Brusimo takrat, ko hočemo imeti gladko površino. Sloj, ki ga odvezamemo z brušenjem je zelo tanek, zato lahko dosežemo pri brušenju veliko natančnost. Z brušenjem lahko obdelujemo tudi zelo trde materiale, kar je zelo ugodno pri končni obdelavi kaljenih predmetov.

Glavno gibanje opravlja vedno brus, ki se vrti izredno hitro. Podajanje lahko opravlja orodje ali obdelovanec, kar je odvisno od izvedbe brusilnega stroja. Karakteristična za brušenje je velika rezalna hitrost pri relativno majhnem podajanju, zato nastanejo na obdelovancu v tistih točkah, ki se jih dotikajo vrhovi brusnih zrn, velike temperature. Material obdelovanca se zato omehča in zrno ga lahko z lahkoto odrine.

Brusimo lahko vse tiste površine, ki smo jih poprej naredili z znanimi postopki odrezavanja.

● [Rezalno orodje - brusi](#)

Vrste brušenja:

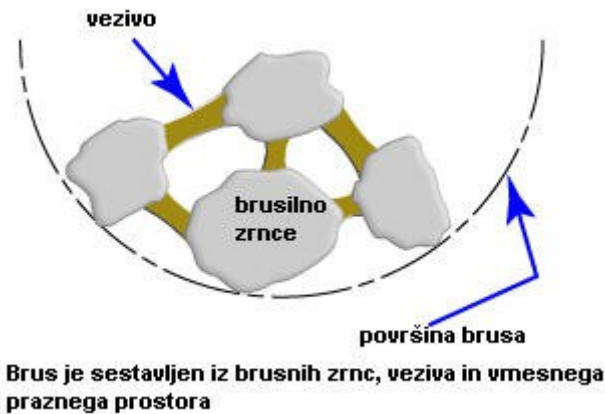
- [Brušenje ravnih ploskev](#)
- [Brušenje rotacijskih ploskev](#)

Brusilni stroji:

- [Preprosti brusilni stroji](#)
- [Stroji za krožno brušenje](#)
- [Stroji za brušenje ravnih površin](#)

REZALNO ORODJE – BRUSI

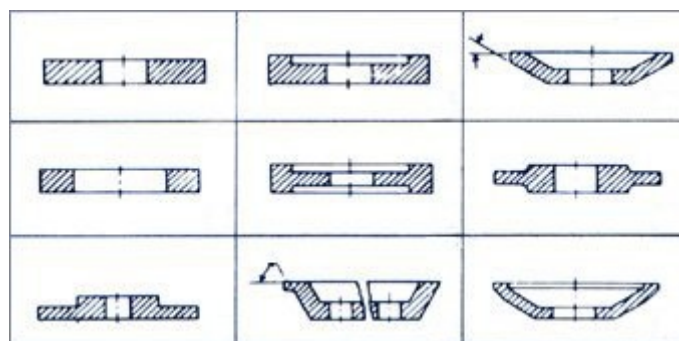
Brus je sestavljen iz velikega števila brusnih zrn, ki jih vezivo veže v brus. Brusni material je lahko nanesen tudi samo na trup v tankem sloju ali pa so na trupu pritrjeni brusni segmenti. Mešanico zrn in veziva stisnemo pod pritiskom od 75 do 250 barov v posebnih kalupih v obliko brusa, ki ga nato žgemo pri temperaturah, ki jih terjajo posamezna veziva.



Kvaliteta in uporabnost brusa je predvsem odvisna od materiala in velikosti brusnih zrn, vrste veziva, trdote in strukture brusa. Vsi naštetni elementi so standardizirani, vendar se standardi še vedno razlikujejo in ne uporabljajo enotno. Brusni različnega izvora se utegnejo tudi pri enakih označbah znatno razlikovati, zato je potrebno dobiti priporočila izdelovalca.

Geometrijske oblike brusov

Geometrijska oblika in dimenzije brusov so odvisne od brusnih metod in so standardizirane. Največkrat so rotacijske, nerotacijske oblike lahko najdemo le pri brusnih segmentih in ročnih brusilnih kamnih.



Brusilno (abrazivno) zrno

Izpolnjevati mora naslednje zahteve:

- zadostna rezalnost.
- velika trdota.
- ne prevelika krhkost.
- velika trajnost pri visoki temperaturi.

Zrna so največkrat različne kvalitete, največkrat iz elektro korunda, silicijevega karbida, borovega karbida in diamanta.



brusilno zrno	obdelovani material
normalni korund	nizko legirana jekla
polplemeniti korund	legirana jekla
plemeniti elektrokorund	visoko legirana jekla
zeleni silicijev karbid	karbidne trdine, barvne kovine, siva litina, keramika, steklo...
črni silicijev karbid	barvne kovine , siva in temprana litina, keramika, steklo..

Kubični borov nitrid in diamant sta primerna le za brušenje izjemno trdih materialov. Za brušenje jekla diamant ni primeren. Pogosto uporabljeno naravno brusilno sredstvo je tudi smirek, ki je največkrat prilepljen na papir.

Po standardu je material brusnega zrna označen z velikimi črkami latinice.

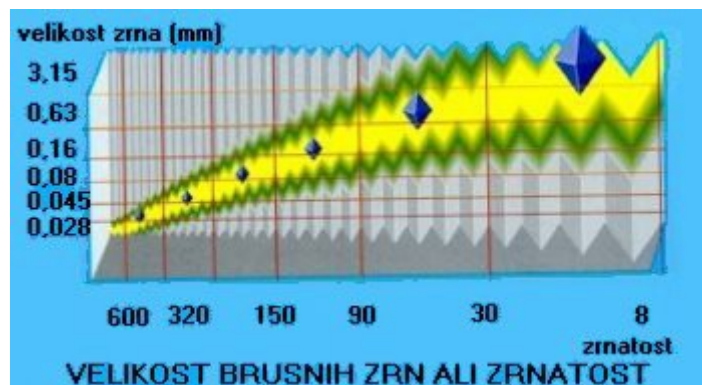
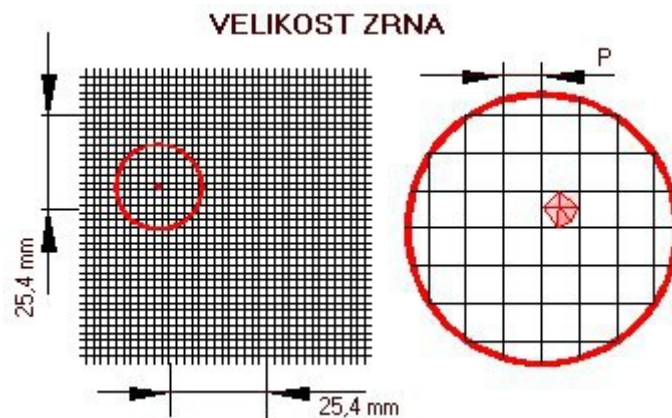
normalni korund	A
plemeniti korund	B
silicijev karbid	C
diamant	D
borov karbid	CBN

Velikost brusnega zrna ali zrnatost

Velikost zrna izbiramo glede na zahtevano kvaliteto površine obdelovanca. Poleg velikosti brusnega zrna vpliva na kvaliteto površine tudi hitrost obdelave.

Velja, da za fino brušenje uporabljamo fino zrno, za grobo brušenje pa grobo zrno.

Velikost zrna predpisuje standard in je označena s številko. Število pove, koliko luknjic (P) na dolžini 1 cole (25,4mm) ima žično sito, ki še prepušča zrnca. Npr., zrno št. 80 je tisto zrno, ki ravno še pade skozi sito, ki ima na dolžini 1 cole 80 luknjic.



groba	srednja	fina	zelo fina
6	30	70	220
8	36	80	240
10	46	90	280
12	54	100	320
14	60	120	400
16		150	500
20		180	600
24			800
			1000
			1200

Trdota brusa

Trdota označuje odpor, s katerim vezivo preprečuje izbivanje abrazivnega zrna iz brusa. Če je ta odpor velik, pravimo, da je brus trd in nasprotno. Mehke bruse uporabljamo za brušenje trdih materialov, ker pri njih posamezna zrna izpadajo še

preden bi se obrabila in izgubila sposobnost za rezanje. Označevanje trdote je le približno, ker ni natančnih meril. Ni nujno, da bi imela dva brusa z isto označbo isto trdoto, temveč sta si po trdoti le blizu. Trdotne stopnje označujemo z velikimi črkami latinice, odvisne pa so od vrste in količine veziva, od vrste brusnega zrna, od strukture brusca in od načina izdelave brusca.

A	B	C	D	posebno mehka
E	F	G		zelo mehka
H	I	J	K	mehka
L	M	N	O	srednja
P	Q	R	S	trda
T	U	V	W	zelo trda
X	Y	Z		posebno trda

Struktura

Z oznako strukture je označeno razmerje med brusilnim materialom, vezivom in porami.

2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<p>brusna zrna vezivo zaprta struktura</p>						<p>prazen prostor odprta struktura</p>						

Vezivo

Vezivo veže zrnca v obliko brusca. Največkrat je keramično na bazi gline. Za bruse iz kubičnega borovega nitrida in diamanta je kovinsko ali iz trde gume. Označujemo ga z velikimi črkami latinice.

V	keramično
R	guma
RF	ojačana guma

S	silikatno
Mg	magnezitno
B	umetna smola
BF	ojačana umetna smola

Primer oznake karakteristike brusa:

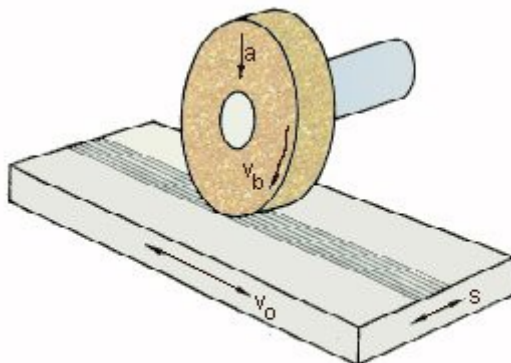


B	80	M	6	V
plemeniti korund	fina zrnatost	srednja trdota	srednja struktura	keramično vezivo

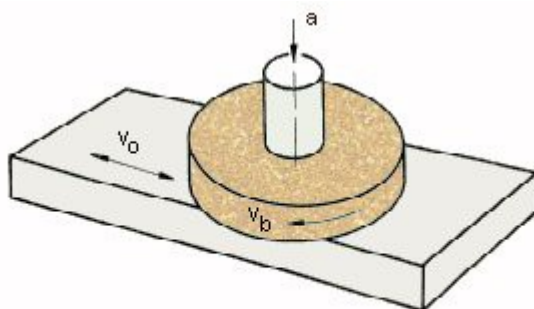
Brušenje ravnih ploskev

Ravne površine lahko brusimo s čelnim ali z obodnim brušenjem.

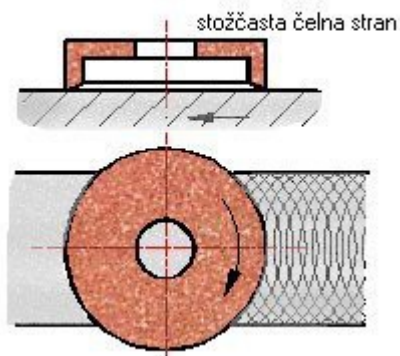
Pri obodnem brušenju ravnih površin opravlja glavno krožno gibanje brus (v_b), vzdolžno (v_o) in prečno (s) gibanje pa obdelovanec.



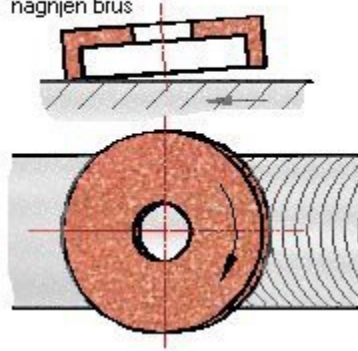
Pri čelnem brušenju ravnih površin opravlja glavno krožno gibanje brus (v_b), premočrtno podajalno gibanje (v_o) pa obdelovanec.



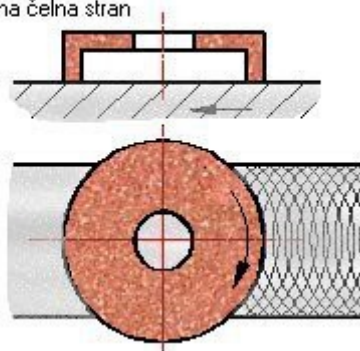
Poznamo več variant čelnega brušenja; kakovost površine in sledovi obdelave so odvisni od tega, kako se brus dotika obdelovanca.



nagnjen brus



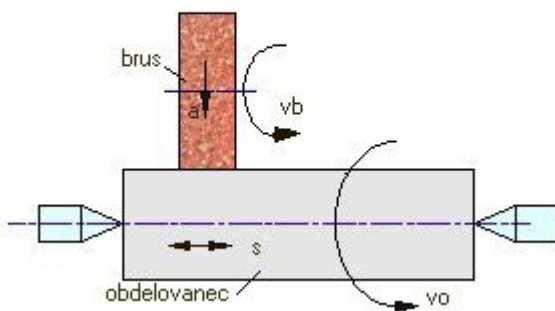
ravna čelna stran



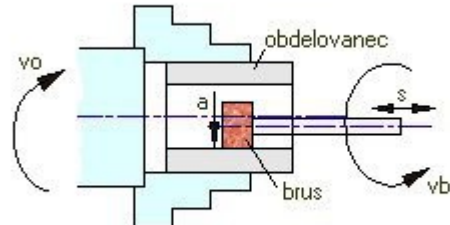
Brušenje rotacijskih ploskev

Rotacijske ploskve je mogoče brusiti le z obodom brusa. Pri tem razlikujemo več postopkov. Poznamo zunanje in notranje brušenje rotacijskih ploskev. Pri daljših obdelovancih potrebujemo tudi vzdolžno podajanje, pri krajših pa ne. Če ni vzdolžnega podajanja, imenujemo tako brušenje tudi zrezno brušenje.

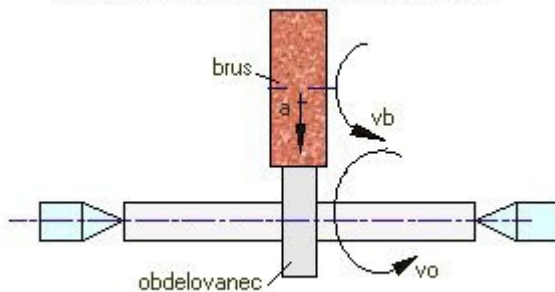
ZUNANJE KROŽNO VZDOLŽNO BRUŠENJE



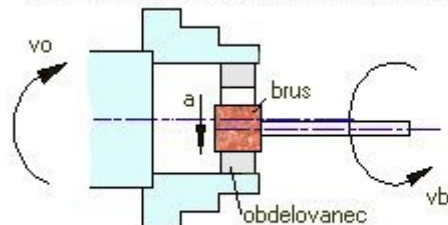
NOTRANJE KROŽNO VZDOLŽNO BRUŠENJE



ZUNANJE KROŽNO ZAREZNO BRUŠENJE

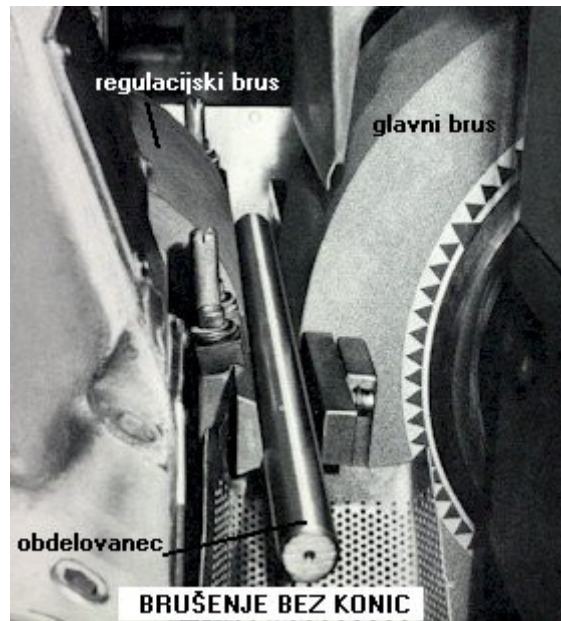


NOTRANJE KROŽNO ZAREZNO BRUŠENJE

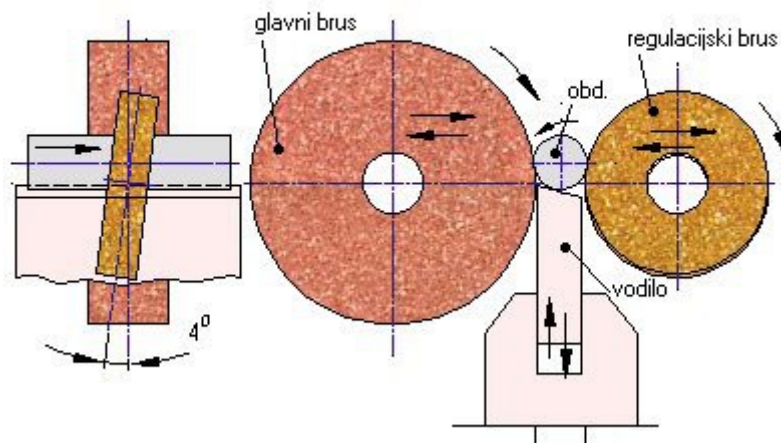


Način brušenja, ki je primeren za majhne obdelovance, ki jim želimo povečati natančnost, je **brušenje brez konic**.

Obdelovanec se vrti med dvema brusoma, ki imata različen premer. Pri daljših obdelovancih, kjer potrebujemo tudi podajalno vzdolžno gibanje, je regulacijski brus nagnjen in s trenjem povzroči vijačno vzdolžno gibanje obdelovanca. Bolj je regulacijski brus nagnjen, hitreje je podajalno gibanje. Večji brus se imenuje glavni brus in se vrti z rezalno hitrostjo. Med obdelavo se obdelovanec naslanja na poševno vodilo.

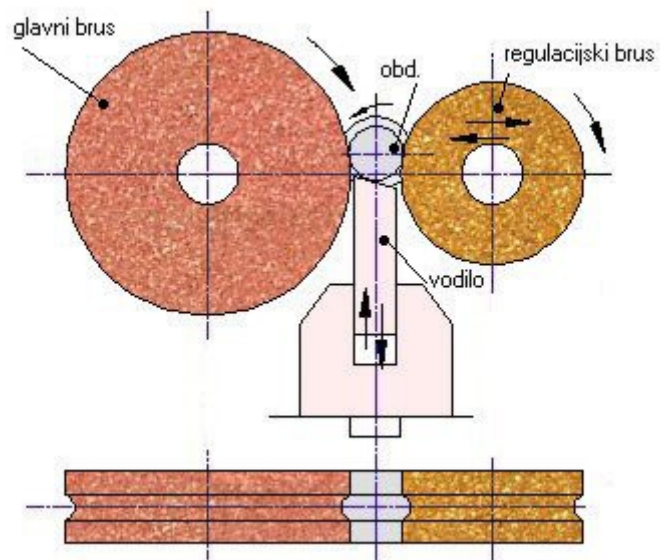


KROŽNO VZDOLŽNO BRUŠENJE BREZ KONIC



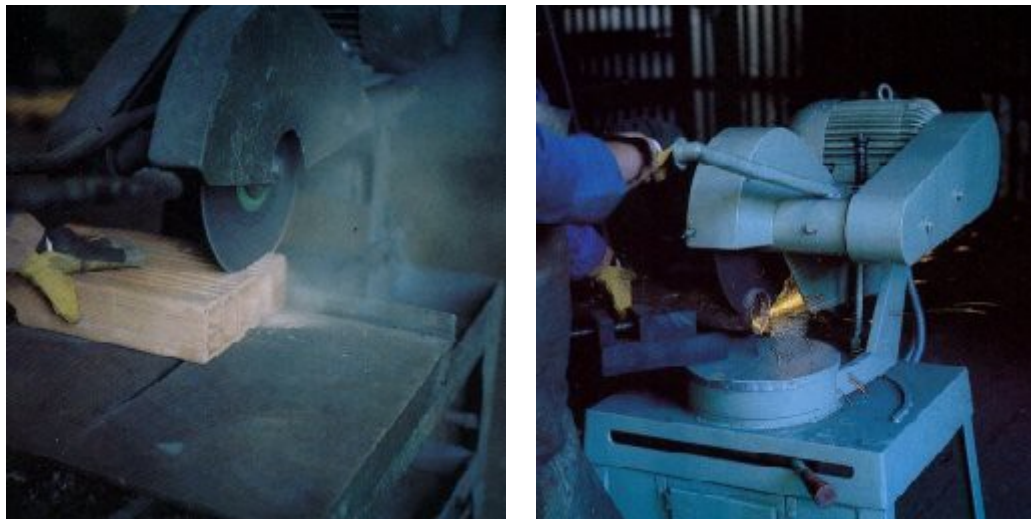
Zunanje zarezno brušenje brez konic omogoča brušenje profilnih obdelovancev. Pri tem je potrebno uporabljati seveda tudi profilne bruse. Obdelovanec se ne giblje več v vzdolžni smeri, vlagamo pa ga od zgoraj med oba brusa.

KROŽNO ZAREZNO BRUŠENJE BREZ KONIC



Preprosti brusilni stroji

Znan preprost brusilni stroj je **stroj za ročno razrezovanje**. Sestavljen je iz elektromotorja, brusne plošče, zaščitnega pokrova in delovne mize z vpenjalno napravo za obdelovanec.



Stroj za ročno brušenje je tudi dobro poznan stroj v vsaki delavnici. Na tem stroju brusimo dobesedno ročno, kar pomeni, da obdelovanec držimo v roki in ga naslanjamo na naslon ter pritiskamo proti brusni plošči. Kvaliteta obdelave je predvsem odvisna od znanja in izkušenj delavca. Stroj je namenjen predvsem za brušenje stružnih nožev.



Brusilni stroj na brusni trak

Preprost tračni brusilni stroj je namenjen predvsem za brušenje lesa. Brušenje z brusilnimi trakovi je v zadnjem času pridobilo na veljavi predvsem v domačih delavnicah.



Stroji za krožno brušenje



Stroj za zunanje in notranje brušenje rotacijskih ploskev. Glavna brusna plošča, ki opravlja glavno gibanje, je pritrjena na glavno vreteno. Glavno vreteno se mora vrteti v posebno natančnih ležajih, ki so v večini primerov drsni in delujejo na principu hidrodiamičnega ali hidrostatičnega mazanja. Vz dolžni pomik in pozicioniranje glave glavnega vretena je lahko ročni ali hidravlični. Glavno vreteno ima lahko različne vrtljaje, kar omogočajo različne jermenice, ki jih menjavamo in s tem prilagajamo hitrost brusa.



Stroj za brušenje brez konic

Stroj je razmeroma preprost. Glavno brusno ploščo poganja elektromotor, ki je skrit v notranjosti. Regulacijsko brusno ploščo lahko sukamo okrog vodoravne osi, kar nam omogoča podajalno gibanje obdelovanca. Pritrjena je na regulacijski vretenjak, ki je nameščen na sani. Stroj uporabljamo za brušenje drobnih preprostih obdelovancev.

Dodatek za obdelavo mora biti majhen, tako da je delo končano v enem oziroma maksimalno dveh prehodih.



Stroji za brušenje ravnih površin

Po načinu dela jih lahko ločimo na stroje za čelno in stroje za obodno brušenje.

Čelni brusilni stroj z vzdolžno delovno mizo je namenjen za dolge obdelovance. Pogon delovne mize je hidravličen. Obdelovance vpenjamo na delovno mizo s pomočjo magnetne plošče.



BRUSILNI STROJ ZA ČELNO BRUŠENJE

Stroj za obodno brušenje ima glavno vreteno vodoravno. Ker ima brus premajhno širino, je podajalno gibanje sestavljeno iz dveh komponent: vzdolžne in prečne. Krmiljenje poteka s pomočjo mikroprocesorja, kar omogoča strojno premikanje brusne plošče po korakih, v normalnem hodu ali v hitrem hodu. Ravno tako je omogočen avtomatski dvig brusa in vrnitev v začetni položaj.



STROJ ZA OBODNO BRUŠENJE

Za najtežje obdelovance je namenjen **togi brusilni stroj** za obodno brušenje. Stroj ima masivno delovno mizo, kar nam omogoča brušenje najtežjih obdelovancev.



TOGI BRUSILNI STROJ ZA NAJTEŽJE OBDELOVANJE

Stroj za ostrenje orodja. Ostrenje je pravzaprav čelno brušenje. Ostrilni stroji so specializirani in prilagojeni posamezni vrsti orodja.

