

BRÚSENIE

Brúsenie je technológia obrábania vyznačujúca sa tým, že odoberanie obrábaného materiálu sa prevádza nástrojom s nedefinovanou reznou hranou, ktorý predstavujú brusné zrna zhutnené v spojive v tvare brusného kotúča.

Nástrojom nazývame brusný kotúč, ktorý vykonáva hlavný rezný pohyb.

Vedľajšie technologicky nutné pohyby vykonáva obrobok.

Strojné zariadenia pre technológiu brúsenia nazývame brúsky.

Podstatou každej metódy brúsenia je teda úber brúsnym zrnom ako efekt účinku brúsneho zrna na obrábaný materiál. Brúsne zrno chápeme ako rezný nôž, ktorý má náhodnú geometriu a orientáciu. Pri brúsení sa materiál odoberá z obrobku tvrdými brúsnymi zrnami brusiva brúsiaceho kotúča pri rezných rýchlostiach 30 až 80 m.s⁻¹. Veľké rezné rýchlosti sú potrebné preto, aby brúsne zrná, ktoré majú vždy negatívny uhol čela, dobre odoberali triesky. Brúsenie sa v princípe zhoduje s frézovaním, rozdiel je však vo veľkosti triesok, ktoré sú pri brúsení nepomerne menšie - 0,0001 - 0,002 mm². Proces brúsenia prebieha za špecifických podmienok - pri brúsení pôsobí intenzívna plastická deformácia v orezávanej vrstve, dochádza k vysokej intenzite trenia pričom sa vyvíja značné množstvo tepla. Okamžitá teplota v zóne rezania dosahuje až 1500°C. Takáto vysoká lokálna teplota môže spôsobiť prehriatie materiálu, oduhličenie povrchu, vznik trhlín a zmenu štruktúry povrchu. Časť triesky sa taví a z miesta rezu odchádza vo forme roztavených mikrokvapiek. Aby sa zabránilo nepriaznivým tepelným účinkom, musí sa brúsený povrch intenzívne chladiť chladiacou kvapalinou.

Brúsny proces prebieha pri rezných rýchlostiach 30 až 80 m.s⁻¹, teda pri otáčkach brúsiaceho vretena 2000 až 100000 min⁻¹. Akosť povrchu a jeho presnosť sú oproti bežnému trieskovému obrábaniu väčšie. Pri silovom

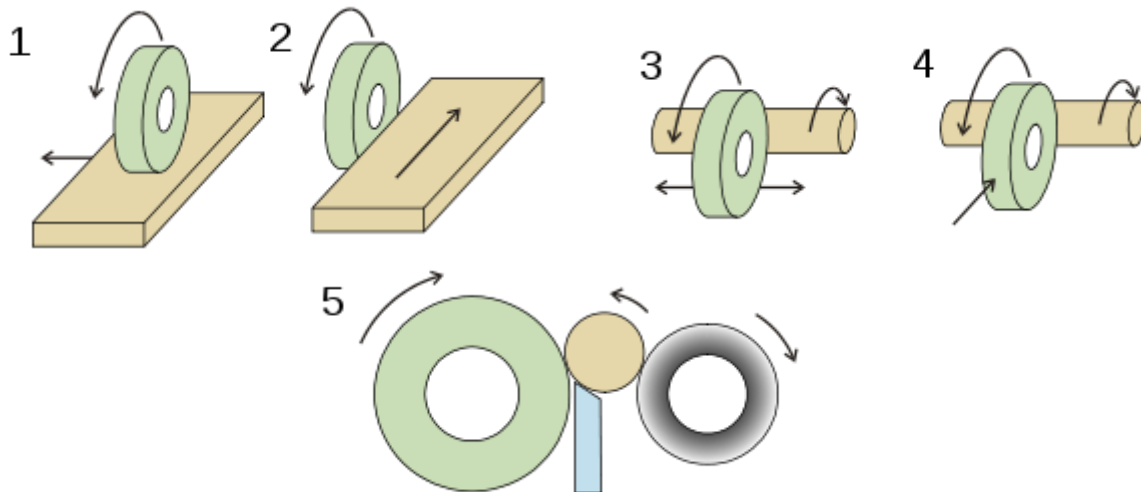
brúsení musí do miesta styku kotúča s materiálom pritekať mnoho reznej kvapaliny pod vysokým tlakom (až 3 MPa). S výhodou sa využíva prívod chladiacej kvapaliny vnútrajškom kotúča.

Kinematika brúsenia

Kinematika je ako pri každom obrábaní určená hlavným a vedľajším pohybom. Hlavný pohyb je pracovný rotačný pohyb brúsneho kotúča, vedľajším pohybom je pohyb obrobku, ktorý môže byť priamočiary posuvný, alebo rotačný. Výsledný rezný pohyb je daný výslednicou týchto dvoch pohybov. Hlavný rotačný pohyb je niekoľko násobne vyšší, ako vedľajší pohyb (aj 100 - 200x), preto za reznú rýchlosť považujeme obvodovú rýchlosť brúsneho kotúča [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]. Posuv je definovaný ako posunutie brúsneho kotúča za jednu otáčku obrobku (pri rotačnom brúsení), alebo priamočiary posun obrobku (kotúča) za časovú jednotku (pri rovinnom brúsení).

Spôsoby vonkajšieho brúsenia:

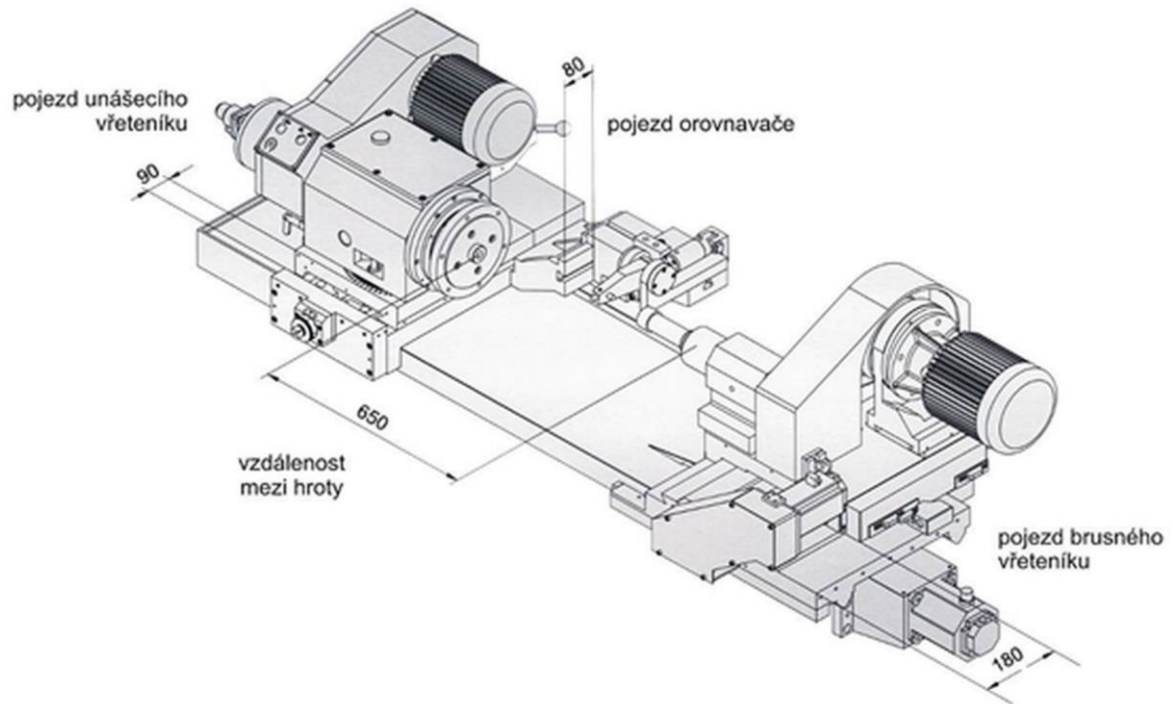
1. Rovinné brúsenie obvodom kotúča.
2. Rovinné brúsenie čelom kotúča.
3. Rotačné brúsenie.
4. Rotačné brúsenie zapichovacím spôsobom.
5. Bezhrotové brúsenie.



Obr.6.1 Spôsoby vonkajšieho brúsenia

Spôsoby vnútorného brúsenia:

- s otáčajúcim sa obrobkom
- s planétovým pohybom brúsiaceho kotúča



Obr.6.2 Brúska na otvory - axonometrický náčrt



Obr.6.3 Brúsenie kľukového hriadeľa (brúsenie medzi hrotmi)



Obr.6.4 Rovinná brúska BRH 20



Obr.6.5 Brúska na otvory BDU 250A

Rozdelenie brúsok podľa spôsobu upevnenia obrobku a spôsobu práce:

- hrotové - hrotové brúsky sa používajú na brúsenie vonkajších rotačných valcových a kužeľových plôch na obrobkoch upnutých medzi hroty
 - s posuvným unášacím vreteníkom

- s posuvným brúsiacim vretenníkom

Na strojoch **s posuvným unášacím vretenníkom** je vretenník a koník upevnený na pracovnom stole. Pri brúsení vykonáva pracovný stôl s obrobkom posuv a brúsiaci kotúč sa otáča a radiálne vykonáva prísuv k obrobku. Pri univerzálnych brúskach sa pracovný stôl skladá z dvoch častí - hornú časť možno natáčať v oboch smeroch, čím je umožnené brúsenie kužeľov. Pracovný vretenník je otočný o 90°. Jeho natáčanie sa využíva na brúsenie strmých kužeľov zapichovacím spôsobom.

Stroje **s posuvným brúsiacim vretenníkom** sú vhodné na brúsenie veľkých a ťažkých obrobkov. Brúsný vretenník sa pohybuje na saniach a vykonáva posuv a radiálny pohyb.

- Bezhrtové brúsenie

Bezhrtové brúsky sú vybavené dvoma vretenníkmi - brúsiacim, na vretene ktorého je brúsný kotúč, a vretenníkom podávacieho kotúča. Brúsiaci vretenník má obvykle konštantné otáčky. Vretenník podávacieho kotúča má otáčky meniteľné a dá sa posúvať po lôžku pre nastavenie kotúčov pre priemer obrobku.

- Brúsenie zapichovacím spôsobom.

Týmto spôsobom sa brúšia súčiastky, ktoré nemožno brúsiť priebežným spôsobom - obrobky s nákrúžkami, kužeľové, tvarové plochy, bez strediacich jamiek. Osi oboch kotúčov sú rovnobežné a súčiastky sa vkladajú medzi kotúče ako pri priebežnom brúsení, ale zhora k dorazu. Spravidla sa brúsi na dva úbery.

- Brúsenie priebežným spôsobom

Pri priebežnom brúsení sa vretenník natočí tak, aby osi oboch kotúčov boli mimobežné, čím sa dosiahne posuvný pohyb obrobku. Obrobok sa pri brúsení nachádza medzi brúsny a podávacím kotúčom, obe sa otáčajú v rovnakom smere. Podávací kotúč sa otáča menšou rýchlosťou ako brúsny kotúč a jeho rýchlosť sa riadi podľa parametrov brúsenia.

- Brúsenie vnútorných plôch (otvory)
 - s otáčajúcim sa obrobkom
 - s planétovým pohybom brúsiaceho kotúča

Brúsenie s otáčajúcim sa obrobkom je vhodné na brúsenie súosých dier s vonkajším povrchom. Posuv vykonáva buď brúsiaci vretenník, alebo obrobok. Brúsky s planétovým pohybom brúsiaceho kotúča sa používajú na brúsenie dier v rozmerných výrobkoch.

- Rovinné brúsenie
 - brúsenie obvodom kotúča
 - brúsenie čelom kotúča

Podľa polohy vretena:

- vodorovné
- zvislé

Najrozšírenejšie sú rovinné brúsky s vodorovnou osou vretena. Používajú sa na brúsenie tvarových nástrojov, šablón a pod. Rovinná brúska so zvislou osou vretena pracuje čelom brúsiaceho kotúča. Priemer kotúča musí byť väčší ako šírka obrobku. Tieto brúsky majú vyšší výkon ako na brúsky s vodorovnou osou vretena. Rovinné brúsky sú obvykle dvoj stojanové, s pohyblivým, alebo pevným upínacím stolom a jedným alebo dvomi brúsiacimi vreteníkmi. Používajú sa najmä na brúsenie kalených plôch alebo na brúsenie mäkkých vedení namiesto zaškrabávania.

- Iné druhy brúsenia
 - tvarové brúsenie
 - nástrojové
 - špeciálne
 - kopírovacie
 - brúsenie závitov



Obr.6.6 Brúska na vnútorné tvarové plochy IG 150 NC

1.) Vonkajšie brúsenie:

- s pozdĺžnym posuvom
- s priečnym posuvom
- bezhrotové s pozdĺžnym posuvom

2.) Vnútorné brúsenie

- s pozdĺžnym a priečnym posuvom
- planétové

- bezhrotové

3.) Rovinné brúsenie

- obvodom kotúča

- čelom kotúča

4.) Brúsenie tvarých plôch

Nástroje na brúsenie

- Nástroje na brúsenie sa väčšinou dodávajú ako brúsne kotúče
- Brúsne nástroje sa skladajú z jednotlivých zŕn spojených spojivom v tuhom telese vhodného tvaru
- Akosť brúsnych kotúčov je daná druhom a zrnitosťou brusiva, tvrdosťou nástroja, štruktúrou nástroja a druhom spojiva

Upínanie brúsnych nástrojov a obrobkov

- Brúsne kotúče sa najčastejšie upínajú pomocou prírub, najčastejšie mechanicky alebo lepením
- Na upínanie obrobkov pri rotačnom brúsení vonkajších plôch sa najčastejšie používa upínanie medzi hroty
- Pri brúsení vnútorných plôch rotačných sa používajú predovšetkým skľučovadlá alebo rôzne úpinky na upínaciu dosku

Pri brúsení rovinných plôch sa obrobky upínajú väčšinou na magnetickú dosku alebo do zverák

Dokončovacie technológie a metódy

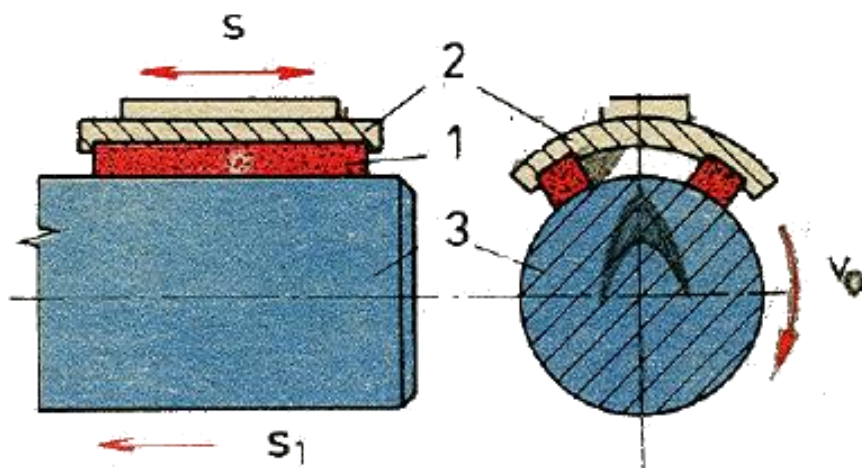
Honovanie je dokončovacia operácia obrábania

- Je to v podstate jemné brúsenie honovacími kameňmi upnutými v honovacej hlave
- Honovacia hlava vykonáva pri práci zložitý otáčavý a priamočiary pohyb v smere svojej osi
- Diera sa pred honovaním jemne vyvŕta alebo vybrúsi
- V honovacej hlave je 3 až 12 honovacích kameňov, ktoré sa počas obrábania rozpínajú pomocou kužeľov alebo hydraulicky
- , kužeľovitost' a vlnitost' plôch.
- Na chladenie a odplavovanie brúsiva sa používa emulzia petroleja s parafínom alebo síreným olejom
- Podľa požiadavky presnosti a drsnosti povrchu honuje sa jednou alebo dvoma honovacími hlavami
- Honovaním sa dosahuje veľká presnosť geometrického tvaru valcových plôch, odstráni sa ovalita

Superfinašovanie patrí medzi dokončovacie operácie obrábania valcových plôch, najčastejšie vonkajších

- Vykonáva sa brúsiacimi kameňmi uchytenými v špeciálnej superfinašovacej hlave, ktorá je na obrábanej ploche pritláčaná malým tlakom
- Vykonáva kmitavý pohyb pozdĺž obrábanej plochy

- Medzi stykové plochy brúsiacich kameňov a obrobku sa privádza kvapalina, ktorá vytvára film
- Superfinašovaním znížime drsnosť povrchu na $R_a = 0,025$ až $0,15$
- Rotačné plochy sa superfinašujú na špeciálnych superfinašovacích strojoch alebo na sústruhoch či brúskach so superfinašovacíou hlavou
- Výkonnosť superfinašovania je vysoká
- Najčastejšie sa superfinašujú čapy a konce hriadeľov pre klzné ložiská, valivé prvky ložísk, časti rozvodových hydraulických zariadení a pod.



Obr.6.7 Principiálna schéma superfinašovania

1 – brúsiace kamene, 2 – superfinašovacia hlava, 3 - obrobok

Lapovanie dokončovacie obrábanie, pri ktorom vzniká úber materiálu voľným brúsivom rozptýleným v kvapaline alebo paste a dodávaným do priestoru medzi obrobok a lapovací nástroj.

Charakteristika tejto technologickej operácie:

- Zmenšovanie drsnosti povrchu obrobku sa dosiahne rezným pohybom brúsiva, vyvolaným lapovacím nástrojom a súčasne plastickou deformáciou nerovností povrchu
- Lapovacie nástroje majú negatívny tvar lapovanej plochy

Sú ploché alebo valcové liatiny, medi, mäkkej alebo kalenej ocele ale aj z plastov

- Pri obrábaní vykonávajú nepravidelný pohyb voči obrábanej ploche, takže sa zrná brúsiva pohybujú po ustavične sa meniacich dráhach a tým zanikajú stopy po predchádzajúcom obrábaní
- Kvapalina je zmes petroleja s olejom



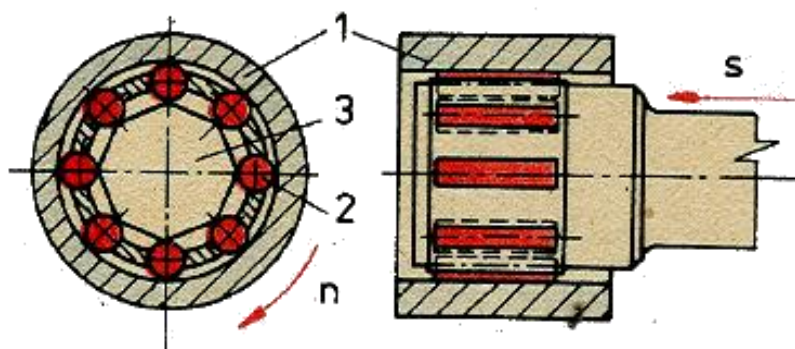
Obr.6.8 Princíp lapovania

1 – obrobok, 2 – lapovací nástroj, 3 - brúsivo

Valčekovanie patrí medzi dokončovacie operácie povrchu obrobkov aj keď sa nevykonáva úberom materiálu

- Podstatou je plastická deformácia povrchových nerovností spôsobená pritláčaním jedného alebo viacerých valčekov veľkej tvrdosti na obrobenú plochu
- Valčekovať možno sústružené a brúsené plochy, ale aj hobľované alebo frézované
- Východisková drsnosť má byť asi $R_a = 3,2$
- Súčasne sa do určitej hĺbky spevní materiál povrchovej vrstvy a zvýši sa medza únavy
- Plochy dokončené valčekom majú tiež väčšiu odolnosť voči korózii
- Najčastejšie sa valčekuje na sústruhoch

Vnútorne valcové plochy sa valčekujú špeciálnymi valčekovacími hlavami



Obr.6.9 Princíp valčkovania

1 – obrobok, 2 – valčeky, 3 - trň