



Tento materiál vznikl jako součást projektu EduCom, který je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem ČR.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Základní konvenční technologie obrábění **BROUŠENÍ BROUSICÍMI KOTOUČI**

Jan Jersák
Technická univerzita v Liberci



EDUCATION COMPANY

Technologie III - OBRÁBĚNÍ

**Technická univerzita v Liberci a partneři
Preciosa, a.s. a TOS Varnsdorf a.s.**

TU v Liberci



PRECIOSA



Obsah přednášky

1. Charakteristika a specifické vlastnosti broušení brousicími kotouči
2. Brousicí kotouče a jejich označování
3. Upínání, vyvažování a orovnávání brousicích nástrojů
4. Způsoby broušení
5. Stroje pro broušení
6. Výpočet řezné síly
7. Výpočet strojního času
8. Orientační souhrn řezných podmínek

Broušení brousicími kotouči

Hlavní řezný pohyb ⇒

Posuv ⇒

Přísuv ⇒

nástroj

obrobek

nástroj

- *rotační pohyb*

- *v podélném nebo v příčném směru*



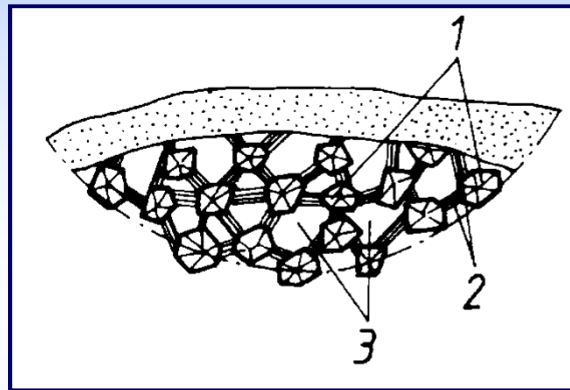
Nástroje – brousicí kotouče



Stroje - brusky

Broušení brousicími kotouči

U nástrojů pro broušení má každé **zrno brusiva** (1) jiný geometrický tvar. Zrna jsou v brousicím nástroji umístěna náhodně a jsou **spojena pojivem** (2). Mezi zrny a pojivem se vyskytují volná místa - **póry** (3).



Typ kotouče 1 - 250 x 25 x 76 - A 36 K 6 V - 35 m.s⁻¹

tvar kotouče

Ø kotouče

šířka kotouče

Ø díry kotouče

brousicí materiál

velikost zrna

struktura

stupeň tvrdosti

druh pojiva

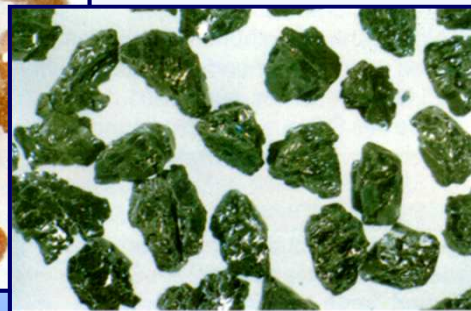
max. pracovní rychlost kotouče

Příklad označení brousicího kotouče z konvenčního brusiva



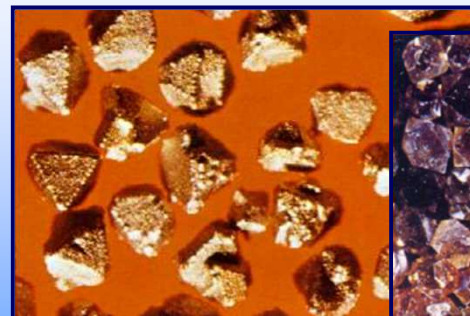
zrna brusiva z Al₂O₃

• konvenční brusiva



zrna brusiva z SiC

• supertvrdá brusiva



zrna brusiva z CBN



zrna brusiva z diamantu

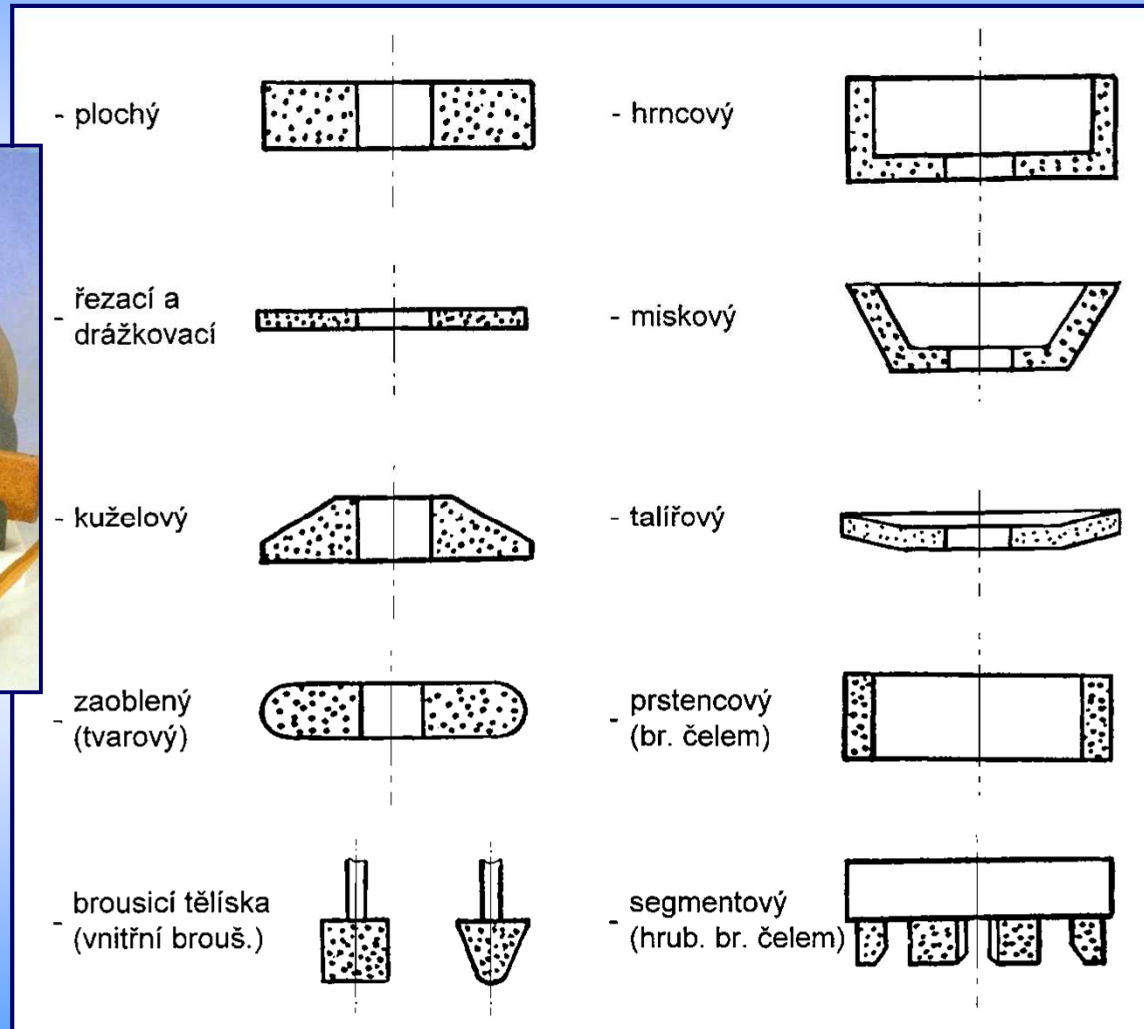
Broušení brousicími kotouči

Základní tvary
brousících kotoučů :



Příklady
brousících nástrojů

Brousící kotouč
segmentový



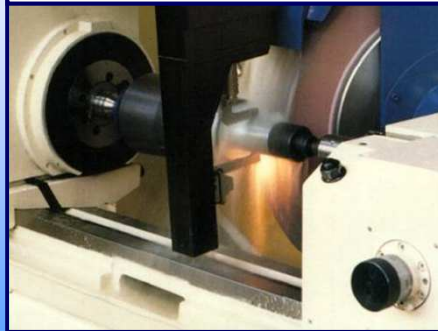
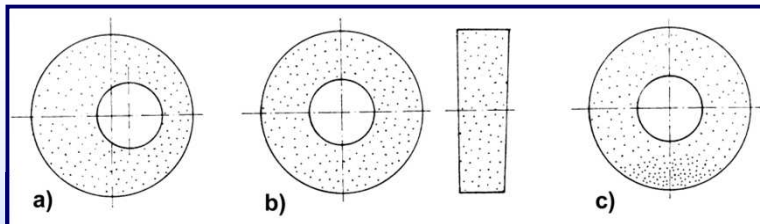
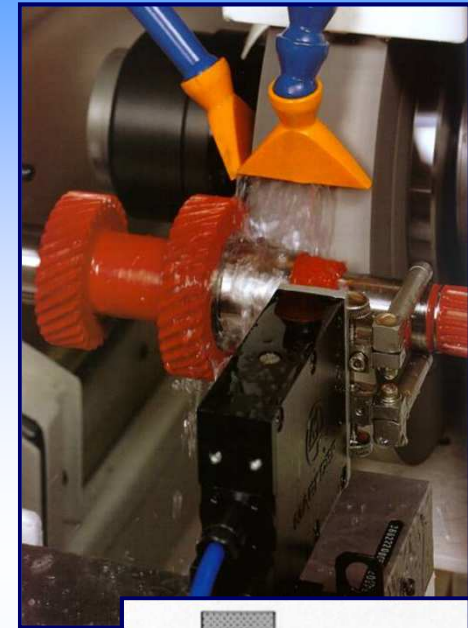
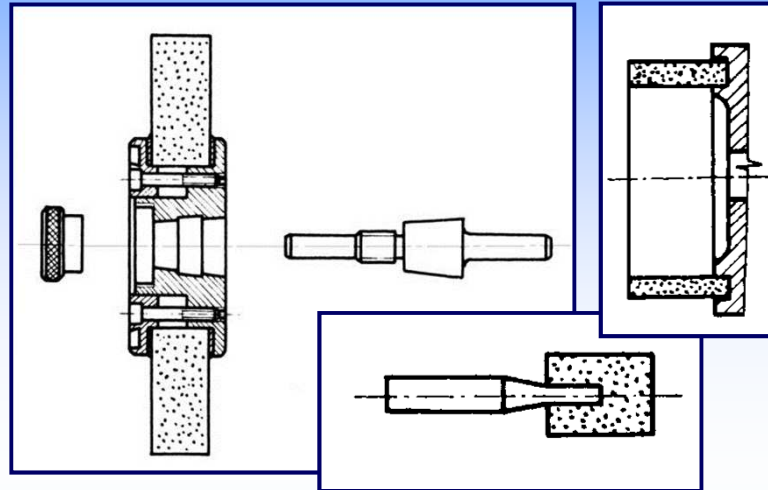
Broušení brousicími kotouči

Upínání brousicích kotoučů :

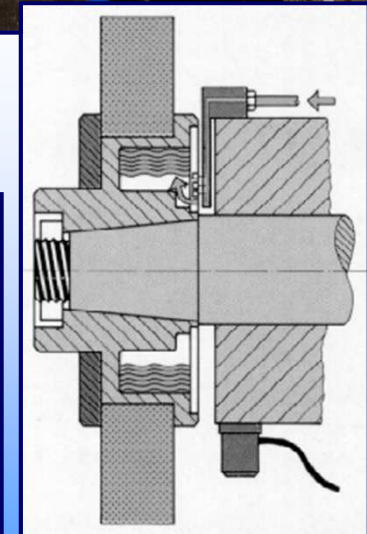
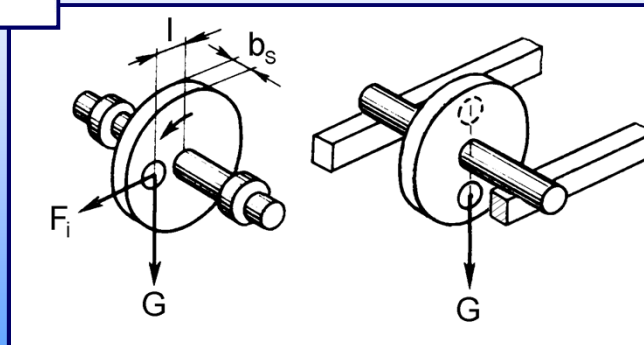
- příruba
- tmel

Vyvažování brousicích kotoučů :

- vyvažování statické
- vyvažování dynamické



Příčiny
nevyváženosti
brousicích
nástrojů



Broušení brousicími kotouči

Zrna brousicího nástroje mohou dobře odebrat materiál pouze tehdy, jsou-li **ostrá** a je-li mezi nimi **dostatečná mezera pro třísky**.

Mikroopotřebení

- při broušení se zrna otupují a vylamují, mezery zanášejí.

Makroopotřebení

- změna geometrického tvaru brousicího nástroje v průběhu procesu broušení.

Obnovení řezivosti brousicích kotoučů dosáhneme orovnáváním.

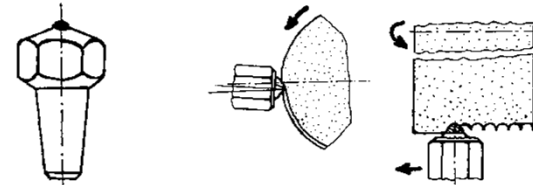


Orovnávání brousicích nástrojů

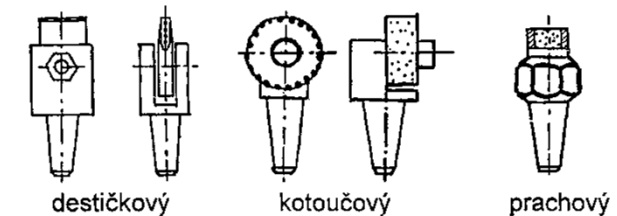


Diamantové orovnávací nástroje :

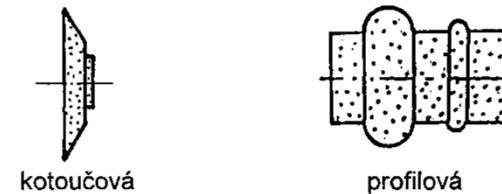
- jednokamenový dia-orovnávač



- vícekamenové dia-orovnávače



- diamantové orovnávací kladky



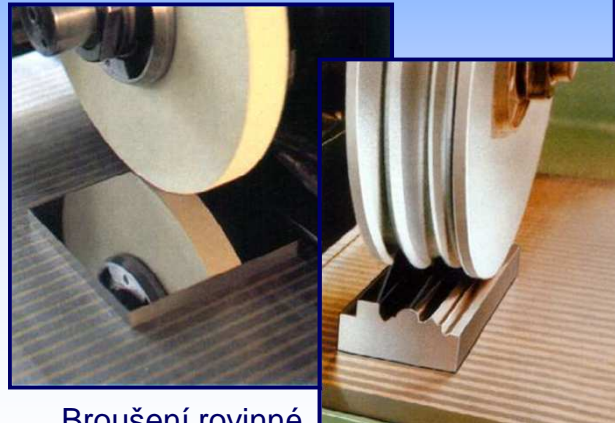
Bezdiamantové orovnávací nástroje :

- orovnávací nástroje

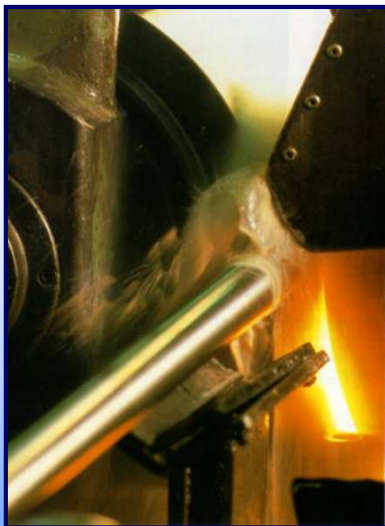


Broušení brousicími kotouči

Broušení je základní dokončovací způsob obrábění všech druhů obráběných ploch.



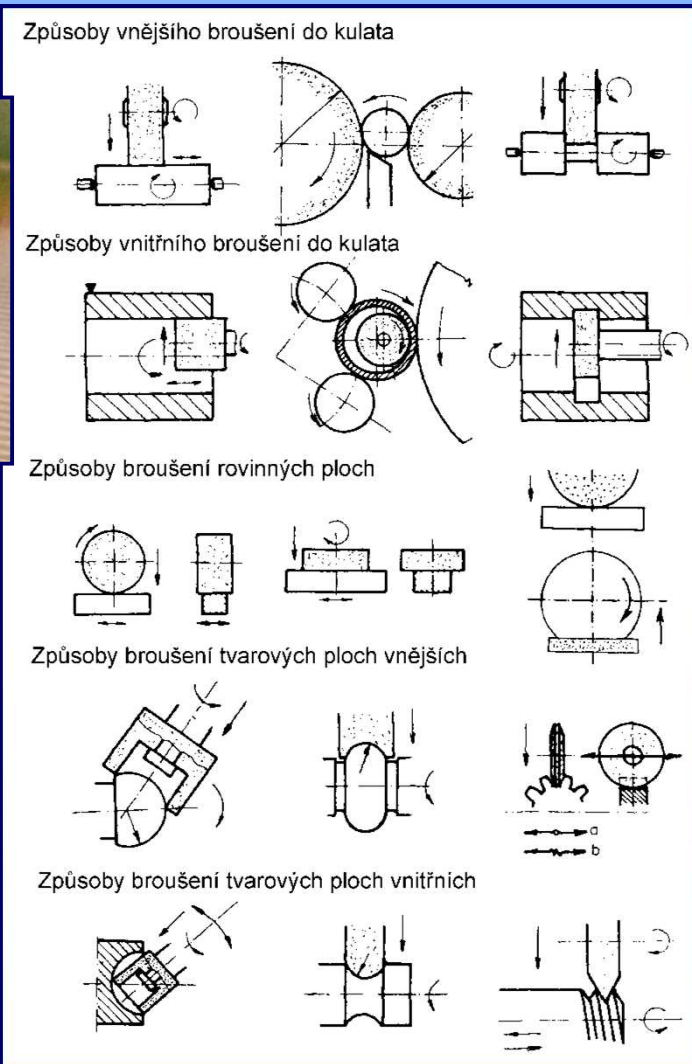
Broušení rovinné a rovinné tvarové



Bezhraté broušení vnější



Broušení do kulata vnější



Broušení brousicími kotouči



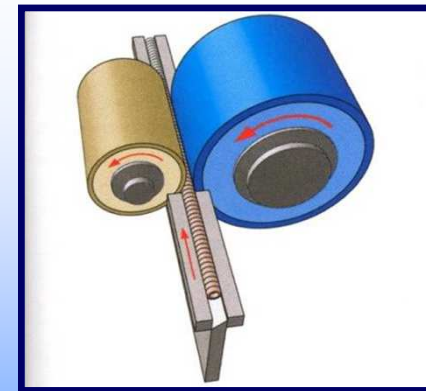
- obrobek upnut LETMO, zesponu je podepřen opěrným pravítkem
- vysoká produktivita
 - pro velké i malé série obrobků
- stejný úběr v celé šíři brousicího kotouče
 - maximální využití nástroje
- snížení četnosti orovnávaní kotoučů
 - zvláště při použití CBN brusiva

○ *Bezhrotá bruska*

**BEZHROTÉ
BROUŠENÍ**



○ *Zapichovací broušení
(vačkové hřídele,...)*



○ *Průběžné broušení
(písty, hřídele, pístní kroužky,...)*

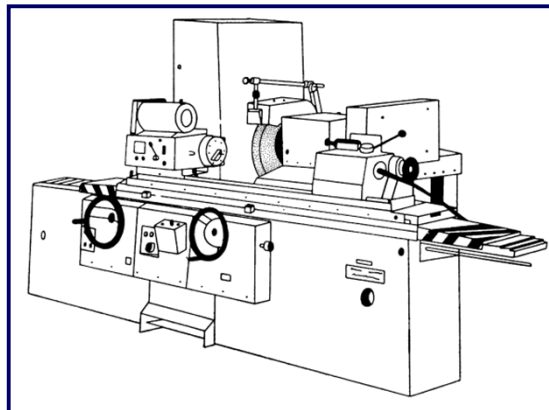
Obráběné plochy a kinematické schéma brusky

Obráběné plochy :

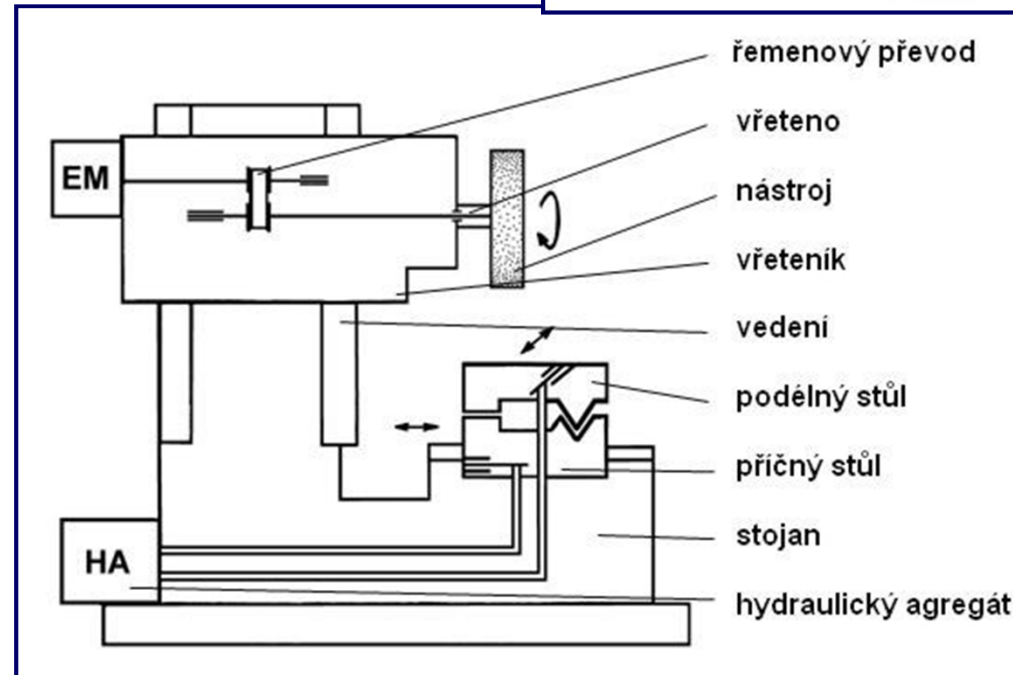
- rovinné
- rotační
 - vnější
 - vnitřní
- kuželové
- tvarové



○ Kinematické schéma



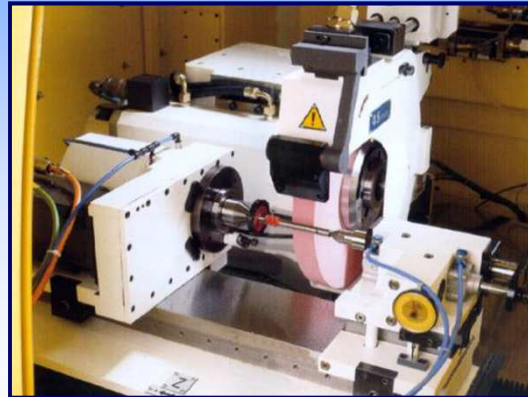
Posuv stolu nezávisí na otáčení vřetena



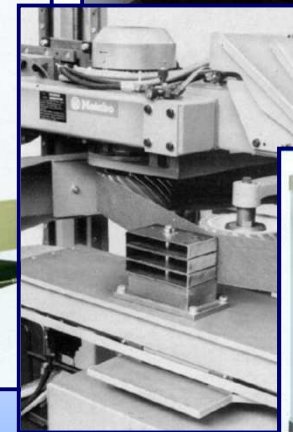
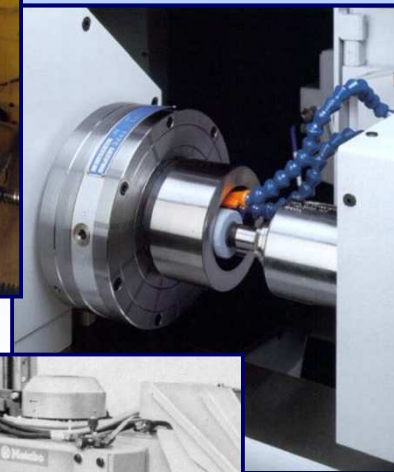
Broušení brousicími kotouči

Rozdělení brusek podle určení :

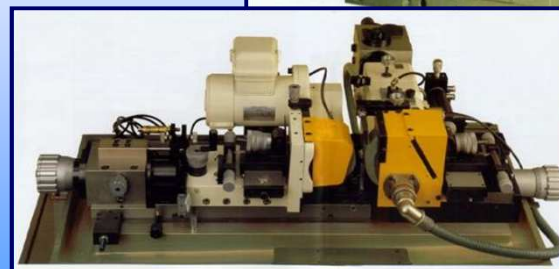
- broušení do kulata
 - vnější
 - vnitřní
 - bezhroté
- broušení rovinné
 - vodorovné
 - svislé
- nástrojařské
- speciální
- pásové
- NC, CNC



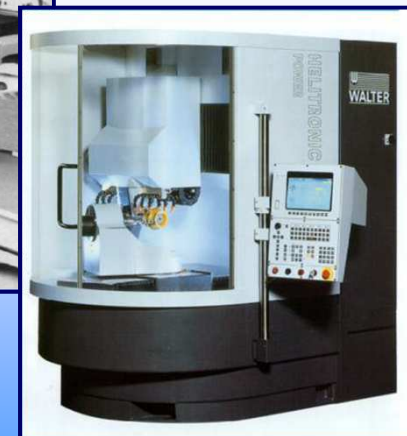
Brusky pro broušení do kulata



Brusky pro broušení rovinných ploch



Bruska pro bezhroté broušení

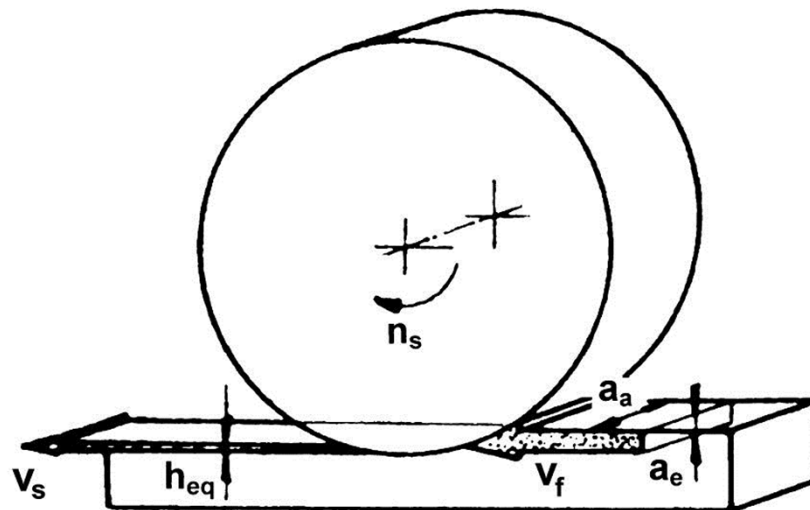


Bruska nástrojařská

VÝPOČET ŘEZNÉ SÍLY

Pojem ekvivalentní tloušťka třísky h_{eq}

Platí : objem materiálu vstupující do místa řezání je roven objemu materiálu, který odchází ve formě třísek



h_{eq} ... ekvivalentní tloušťka třísky

a_e ... hloubka záběru

a_a ... šířka záběru

v_f ... rychlost posuvu

v_s ... obvodová rychlost

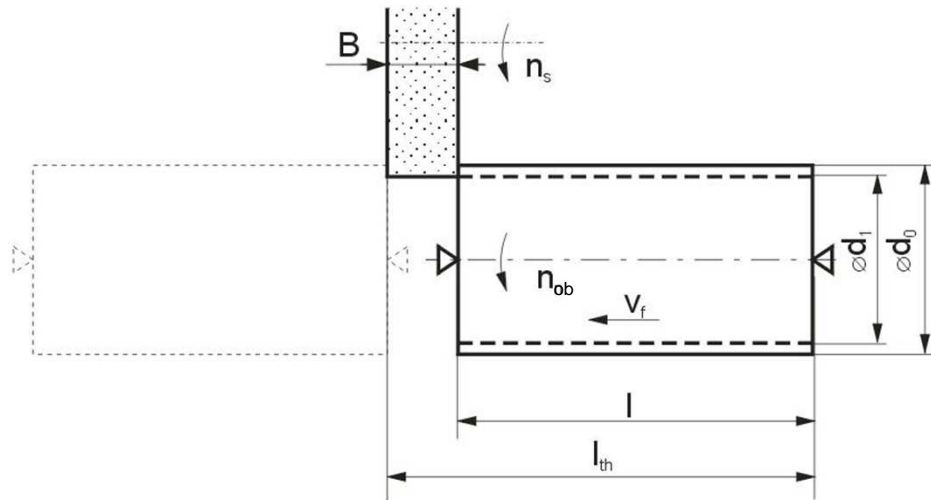
brousicího nástroje

$$a_e \cdot a_a \cdot v_f = h_{eq} \cdot a_a \cdot v_s$$

$$h_{eq} = \frac{v_f}{v_s} \cdot a_e$$

VÝPOČET STROJNÍHO ČASU

Vnější broušení do kulata



$i_{HR,HL}$... počet třísek (záběrů) hrubovacích, hladicích

i_v ... počet vyjiskřovacích třísek (záběrů)

B ... šířka broušícího kotouče

d_0 ... výchozí průměr součásti

d_1 ... průměr součásti po broušení

H ... přídavek na obrábění

a_e ... hloubka záběru

$$t_s = \frac{L}{v_{fHR}} \cdot i_{HR} + \frac{L}{v_{fHL}} \cdot i_{HL} + \frac{L}{v_{fv}} \cdot i_v$$

$$L = l_{th} + l_n + l_p$$

$$l_{th} = l + B$$

$$v_f = f_{ot} \cdot n_{ob}$$

$$H = \frac{d_0}{2} - \frac{d_1}{2}$$

$$H = H_{HR} + H_{HL}$$

$$i_{HR} = \frac{H_{HR}}{a_{eHR}}$$

$$i_{HL} = \frac{H_{HL}}{a_{eHL}}$$

i_v ... volíme dle tuhosti stroje

ORIENTAČNÍ SOUHRN ŘEZNÝCH PODMÍNEK

způsob obrábění	hloubka záběru	posuv	řezná rychlost
obvodové broušení	0,001 až 0,075 mm/ot	8 až 35 m.min ⁻¹	20 až 120 m.s ⁻¹
rovinné broušení	0,005 až 0,04 mm	8 až 18 m.min ⁻¹	- " -

Orientační hodnoty drsnosti povrchu a přesnosti rozměrů

způsob obrábění	drsnost povrchu	přesnost rozměrů
	<u>Ra</u> [μm]	<u>IT</u>
Hrubování	> 6,3	≥ 12
Obrábění načisto	1,6 - 6,3	9 - 11
Jemné obrábění	0,2 - 1,6	5 - 8
Speciální dokončovací obrábění	< 0,2	< 5

Broušení brousicími kotouči - řezné podmínky

- **hloubka záběru** je při broušení oproti hloubkám při obrábění nástroji s definovanou geometrií břitu velmi malá, při obvodovém broušení se obvykle pohybuje v rozsahu **0,001 až 0,075 mm/ot**; hloubka záběru závisí na tvaru broušené součásti a na způsobu broušení :

	hrubování	na čisto
obvodové broušení	0,075 mm/ot	0,001 mm/ot
rovinné broušení	0,04 mm	0,005 mm
zápichové broušení	v závislosti na druhu brouš., mater., tvaru obrobku a brous. stroji se volí přísuv. rychl. $v_f = 0,5 - 2,0 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$	

Pro zpřesnění rozměru broušené plochy se provádí tzv. vyjiskřování, kdy se brousicím kotoučem obrobek několikrát přebrousí bez přísuvu. V soustavě stroj - nástroj - obrobek - upínač se tak vyrovnají pružné deformace způsobené vlivem řezných sil.

- **posuv** při broušení se pohybuje v rozsahu **8 až 35 m.min⁻¹**, závisí na způsobu broušení a na druhu obráběného materiálu, obecně se volí :

	hrubování	na čisto
obvodové brouš. - obvodová rychlost obrobku	15 - 35 m.min ⁻¹	8 - 16 m.min ⁻¹
- podélný posuv obrobku	5/6 (0,83) šířky BK/ot	1/10 (0,1) šířky BK/ot
rovinné broušení - rychlost posuvu stolu	8 - 18 m.min ⁻¹	8 - 18 m.min ⁻¹
- příčný posuv stolu	4/5 (0,8) šířky BK	1/10 (0,1) šířky BK

- **řezná rychlost** (obvodová rychlost kotouče) je při broušení značně vysoká, obvykle se pohybuje v rozsahu **20 až 120 m.s⁻¹**, volí se podle způsobu broušení a podle druhu pojiva; u běžného keramického pojiva se pro vnější broušení používá řezných rychlostí 20 až 35 m.s⁻¹; u řezacích kotoučů z pryskyřičným pojivem, vyztužených skelnými vlákny, lze použít rychlostí až přes 100 m.s⁻¹; pro rychlostní broušení se vyrábějí speciální kotouče s keramickou vazbou, umožňující brousit rychlostí i nad 120 m.s⁻¹.

- velmi vysoká řezná rychlost při broušení způsobuje, že v místě řezu vzniká značné množství tepla; je proto ve většině případů při broušení nutné použít chladicí kapalinu; chladicí kapalina by měla být přiváděna v dostatečném množství; při běžném broušení asi 1 l kapaliny za minutu na 1 mm šířky kotouče, při rychlostním broušení je třeba přivádět kapalinu pod vysokým tlakem až 2 MPa a ve větším množství; pro běžné broušení se používá roztoků elektrolytů a emulzí, pro náročnější broušení se používají speciální chladicí kapaliny a řezné oleje určené pro broušení.

Děkuji za pozornost



Tato přednáška byla inovována v rámci projektu EduCom
CZ.1.07/2.2.00/15.0089

EduCom - Inovace studijních programů s ohledem na
požadavky a potřeby průmyslové praxe zavedením inovativního
vzdělávacího systému "Výukový podnik"