



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



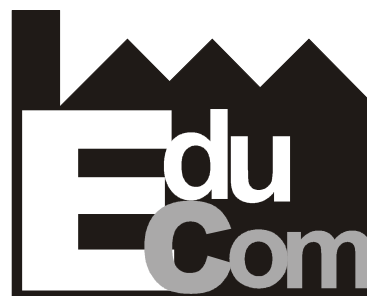
OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

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

Základní konvenční technologie obrábění VRTÁNÍ, VYHRUBOVÁNÍ, VYSTRUŽOVÁNÍ, ZAHLUBOVÁNÍ, VYVRTÁVÁNÍ

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



Vrtání

Hlavní řezný pohyb



nástroj

Posuv



nástroj

Přisuv



nástroj

- rotační pohyb

- ve směru osy nástroje

- dán poloměrem nástroje



Nástroje - vrtáky



Stroje - vrtačky

Vrtání

Způsoby vrtání :

- do plného materiálu
- do předvrtaných otvorů
- na jádro

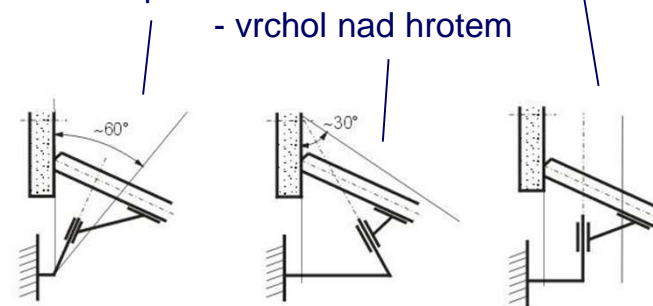


Šroubovitý vrták

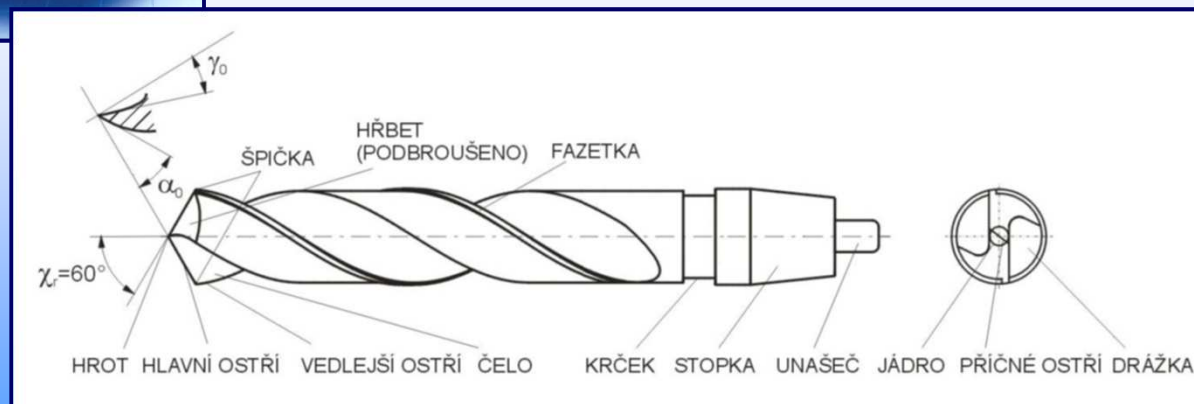
- základní části nástroje

Ostření šroubovitých vrtáků z nástrojové oceli

- a) na kuželovou plochu - vrchol pod hrotem
- b) na válcovou plochu - vrchol nad hrotem



- vybrané způsoby ostření šroubovitých vrtáků

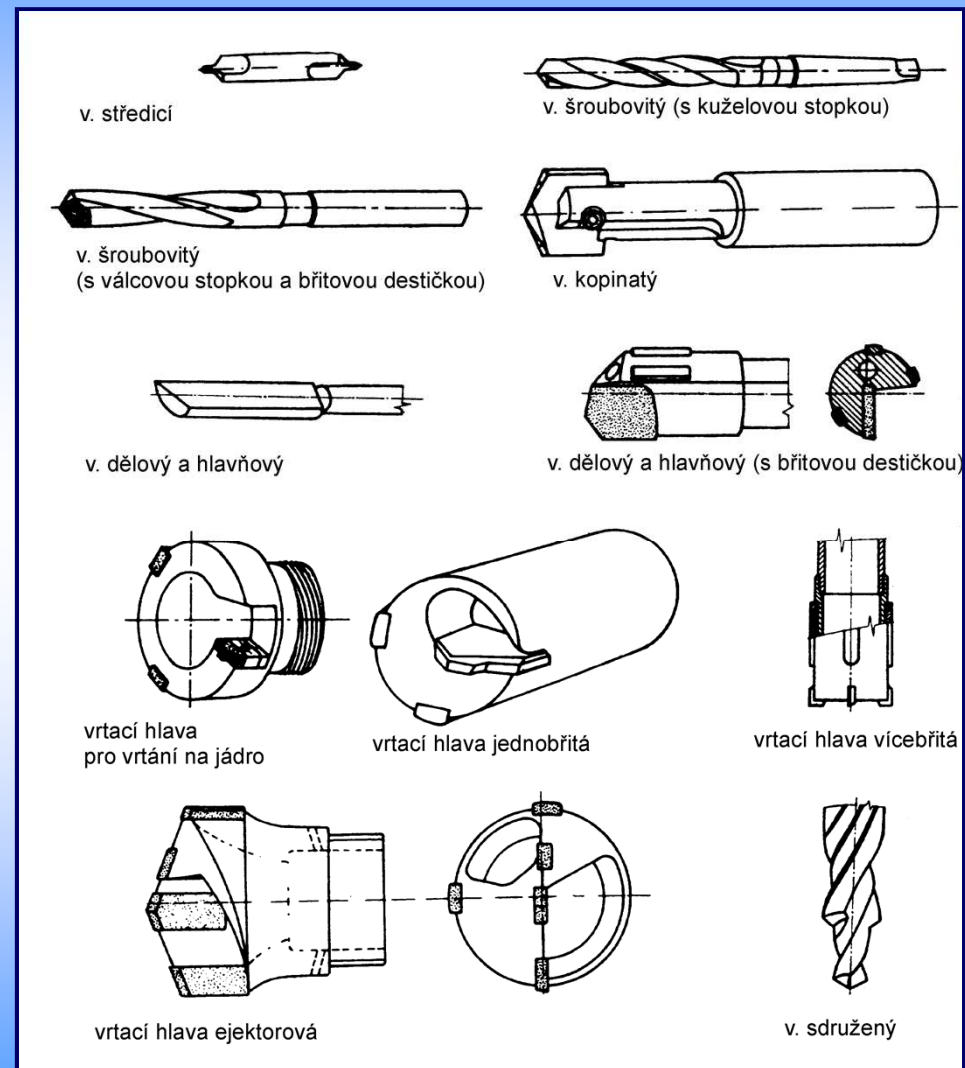


Vrtání

Rozdělení vrtáků :

VRTÁKY ŠROUBOVITÉ

- **dle tvaru stopky**
 - válcová
 - kuželová
- **dle délky (ČSN)**
 - krátké
 - dlouhé
- **dle úhlu šroubovice**
 - $\gamma_f = 12^\circ$ pro bronzi, mosazi
 - $\gamma_f = 25^\circ$ pro oceli, litiny
 - $\gamma_f = 45^\circ$ pro plast. hmoty, slitiny Al, Cu
- **dle smyslu otáčení**
(rozhodující pohled od vřeteníku)
 - pravořezné
 - levořezné



Vrtání

Rozdělení vrtáků (pokračování) :



Dělové vrtáky



Sdružené vrtáky s VBD



Vrták kopinatý

- vrtáky kopinaté
- vrtáky dělové
- též hlavňové
- vrtací hlavice
- speciální hlavice = ejektorové vrtáky

- vrtáky s vyměnitelnými
břitovými destičkami

- vrtáky středící
- tzv. navrtávačky

- vrtáky sdružené



Ejektorová
vrtací hlava
Vrták středící



Vyhrubování, vystružování

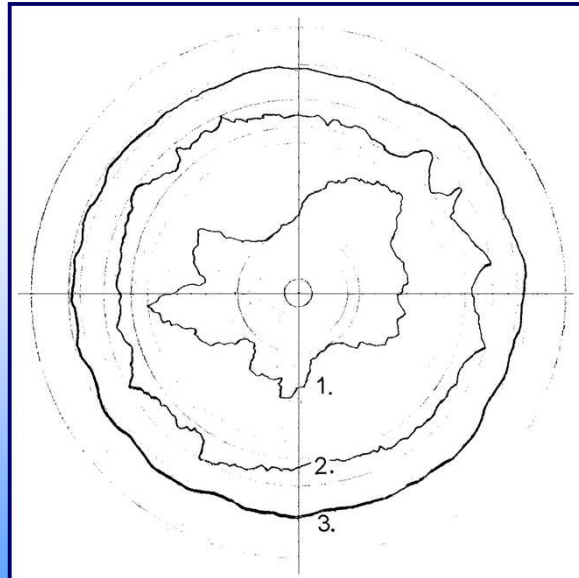
- dokončovací technologie po vrtání

- **Výhrubníky**

- zpravidla 3 - 4 břity (min. 1 břit - VBD)
- dosahovaná přesnost: IT 10 - IT 9

- **Výstružníky**

- zpravidla 4 - 18 břitů (min. 1 břit - VBD)
- dosahovaná přesnost: IT 8 - IT 6



Odchyly kruhovitosti :

- 1 ... po vrtání
 $\text{Ø } 27,5 \text{ mm} , \Delta = 100 \text{ }\mu\text{m}$
- 2 ... po vyhrubování
 $\text{Ø } 29,45 \text{ mm} , \Delta = 30 \text{ }\mu\text{m}$
- 3 ... po vystružování
 $\text{Ø } 30 \text{ H7} , \Delta = 10 \text{ }\mu\text{m}$



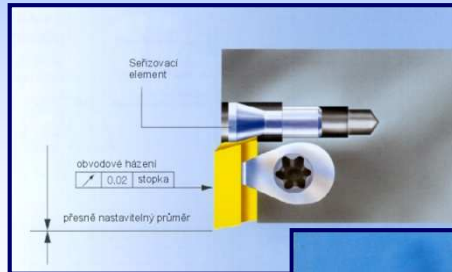
Výhrubníky
s VBD

Jednobřítý
(s VBD)
a konvenční
výstružník



Vyhrubování, vystružování a zahlubování

Základní druhy nástrojů pro vyhrubování, vystružování a zahlubování :



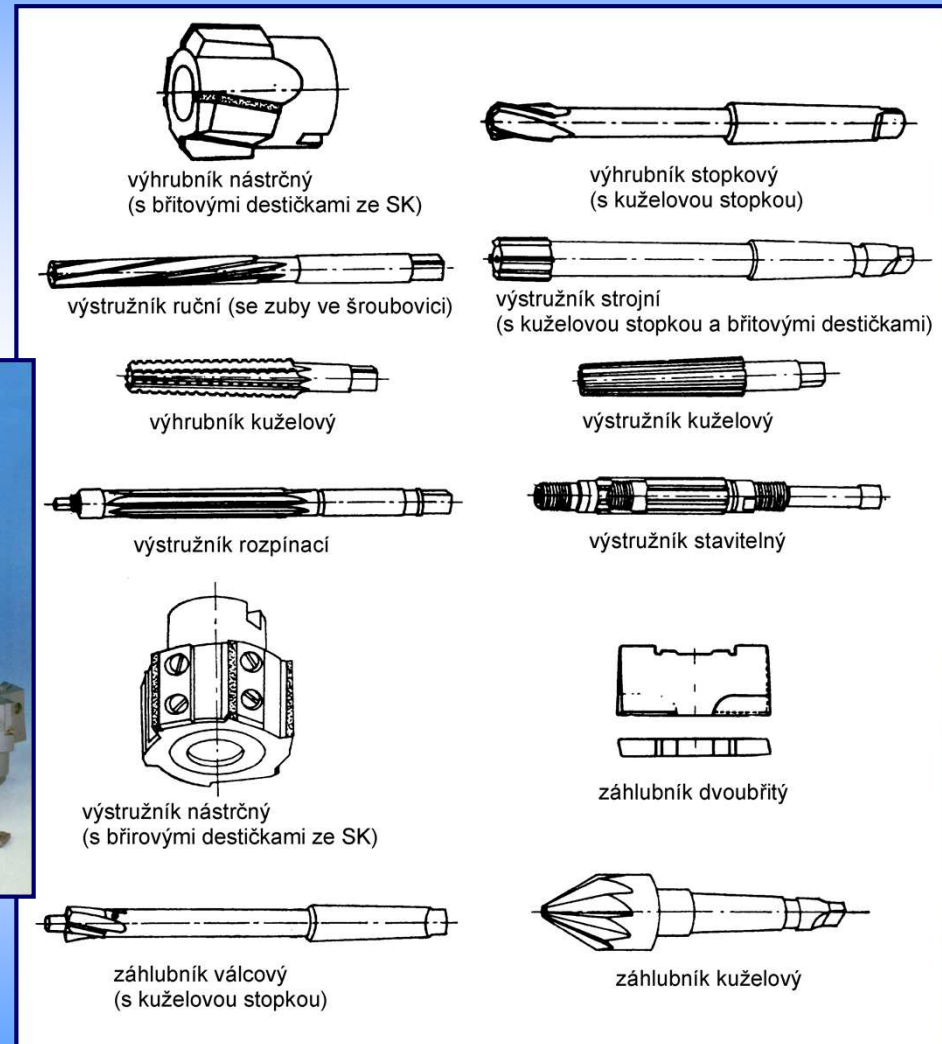
Princip seřizování jednobřitého výhrubníku

Výhrubníky a výstružníky :

- nástrčné
- stopkové



Záhlubníky se používají pro úpravu vstupní části otvorů (zápustné hlavy šroubů, sražení hrany)



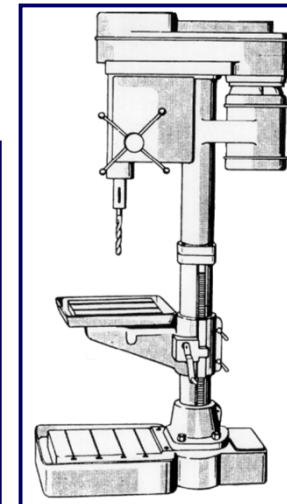
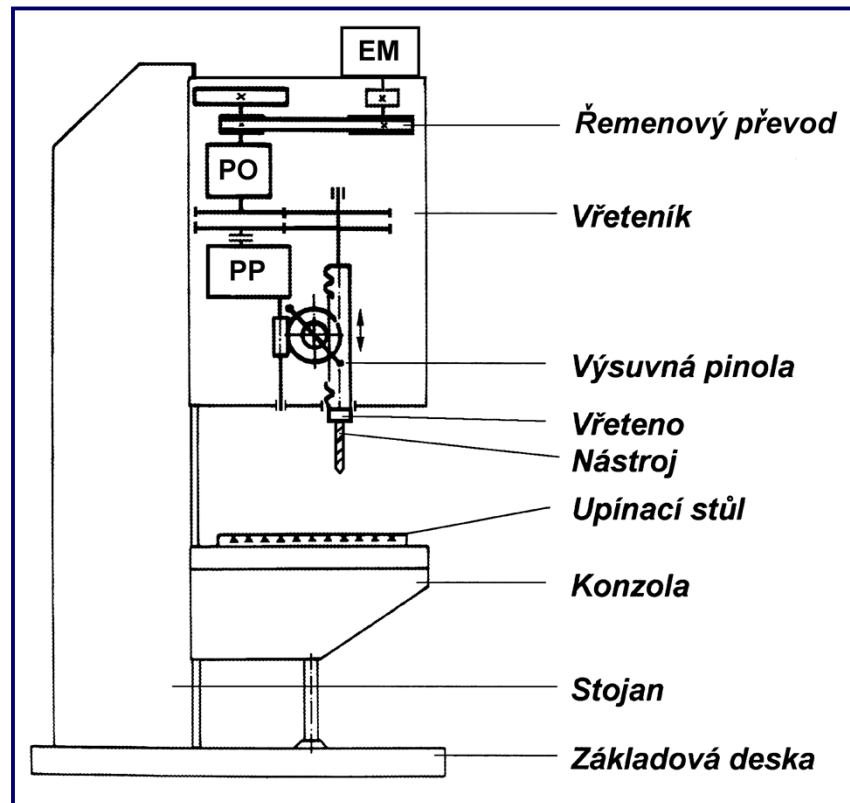
Obráběné plochy a kinematické schéma vrtačky

Obráběné plochy :

- vnitřní rotační
 - válcové
 - tvarové
(závity, sražení hran)



○ Kinematické schéma



Posuv nástroje závisí na otáčkách vřetena

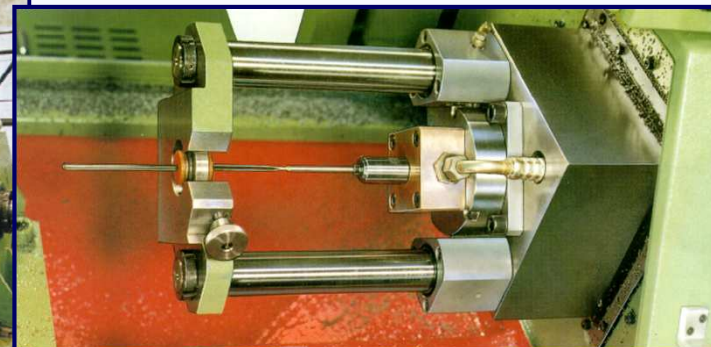
Vrtání

Rozdělení vrtaček :

- stolní
- sloupové
- stojanové
- radiální - otočné
- souřadnicové
- speciální (vícevřetenové, atd.)
- NC, CNC



Vrtačka
- radiální,
- sloupová,
- souřadnicová



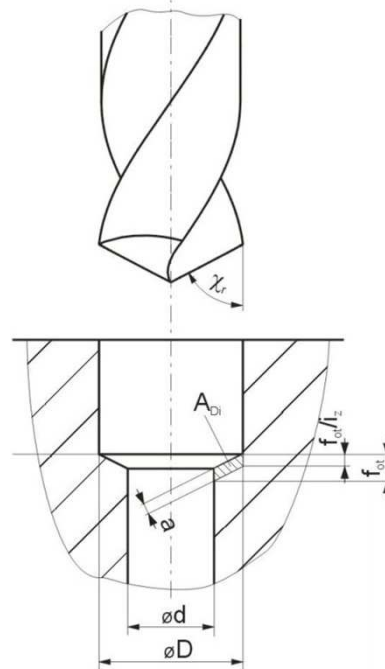
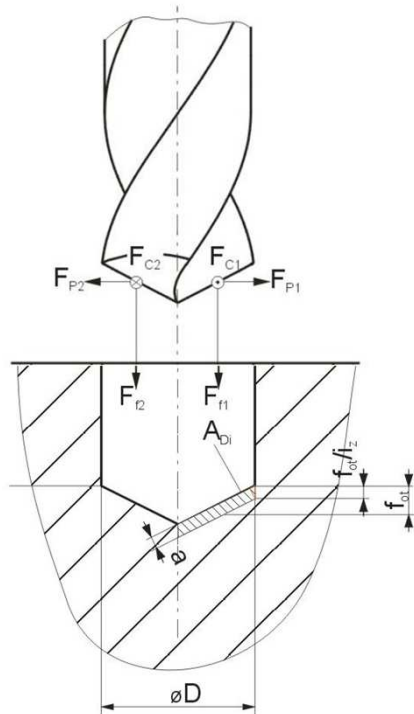
Speciální vrtačky a vrtáky
pro vrtání hlubokých otvorů

VÝPOČET ŘEZNÉ SÍLY

a) vrtání zplna

b) vrtání do předvrtaných otvorů,
vyhrubování, vystružování

průřez třísky - detail :

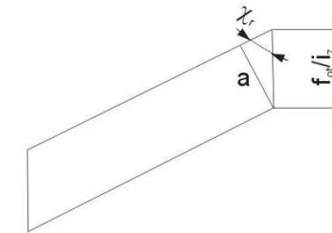


$$F_{C\Sigma} = F_{Ci} \cdot i_z$$

$$F_{Ci} = k_S \cdot A_{Di}$$

$$\sin \chi_r = \frac{a}{\frac{f_{ot}}{i_z}} \Rightarrow a = \frac{f_{ot}}{i_z} \cdot \sin \chi_r$$

$$k_S = k_{S1.1} \cdot a^{-m} = k_{S1.1} \cdot \left(\frac{f_{ot}}{i_z} \cdot \sin \chi_r \right)^{-m}$$



ad a) zplna :

$$A_{Di} = \frac{f_{ot}}{i_z} \cdot \frac{D}{2}$$

ad b) předvrtané otvory :

$$A_{Di} = \frac{f_{ot}}{i_z} \cdot \frac{D-d}{2}$$

a) zplna :

$$M_K = F_{Ci} \cdot \frac{D}{4} \cdot i_z$$

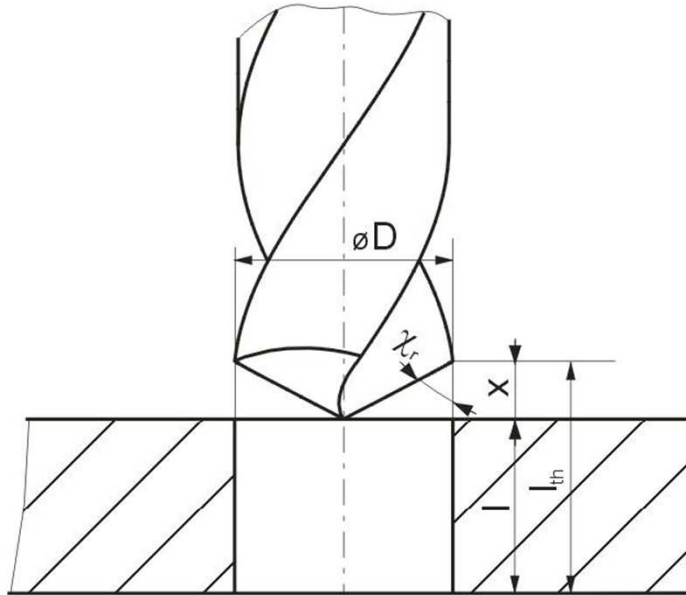
b) předvrtané otvory :

$$M_K = F_{Ci} \cdot \frac{D+d}{4} \cdot i_z$$

• KROUTICÍ MOMENT

- působíště síly ve středu plochy tř. $\left(\frac{1}{2} \cdot \frac{D-d}{2} + \frac{d}{2} \right)$

VÝPOČET STROJNÍHO ČASU



t_s ... čas strojní

L ... délka záběru

v_f ... rychlost posuvu

l_{th} ... teoretická délka záběru

l_n ... délka náběhu (0,5 – 2 mm)

l_p ... délka přeběhu (0,2 – 2 mm)

D ... průměr vrtáku

χ_r ... úhel nastavení

f_{ot} ... posuv na otáčku

n ... otáčky

$$t_s = \frac{L}{v_f}$$

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

$$l_{th} = l + x = l + \frac{D}{2} \cdot \cot g \chi_r$$

$$v_f = f_{ot} \cdot n$$

ORIENTAČNÍ SOUHRN ŘEZNÝCH PODMÍNEK

způsob obrábění	hloubka záběru	posuv	řezná rychlost
vrtání	-	0,05 až 1,1 mm/ot	10 až 300 m.min ⁻¹
vyhrubování	0,3 až 1,0 mm	- " -	15 až 45 m.min ⁻¹
vystružování	0,1 až 0,3 mm	- " -	3,5 až 15 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

Vrtání, vyhrubování a vystružování - řezné podmínky

- řezné podmínky při vrtání se pohybují v širokém rozsahu v závislosti na druhu nástroje,
 - **hloubka záběru** je v případě vrtání do plného materiálu dána poloměrem nástroje, v případě vrtání do předvrtaných otvorů, vyhrubování a vystružování je určena rozdílem poloměru otvoru před a po obrábění; jestliže se má vyrobit otvor s vyšší přesností a jakostí obrobené plochy, je nutno volit průměry nástrojů tak, aby byl pro jednotlivé obráběcí operace k dispozici dostatečný přídavek na obrábění; hloubka záběru je pro výhrubník (dle jeho průměru) v rozsahu **0,3 až 1 mm**, pro výstružník je v rozsahu **0,1 až 0,3 mm**.

- **posuv na otáčku** volíme větší než 0,05 mm; při vrtání, vyhrubování a vystružování se posuv pohybuje obvykle v rozsahu **0,05 až 1,1 mm/ot**, velikost posuvu se volí zejména s ohledem na druh nástroje a obráběný materiál :

vrtání	ocel, slit.mědi a hliníku	0,05 až 0,5 mm/ot,
	šedá litina	0,1 až 0,8 mm/ot,
vyhrubování	všechny mat.	0,2 až 0,8 mm/ot,
vystružování	ocel, slit. mědi a hliníku	0,3 až 1,0 mm/ot,
	šedá litina	0,5 až 1,1 mm/ot.

- **řezné rychlosti** jsou v porovnání se soustružením a frézováním nižší a to vzhledem k nepříznivým podmínkám, ve kterých nástroje pracují; odvod tepla z místa řezu v otvoru je špatný a břit je značně tepelně zatížen, proto se v naprosté většině případů používá chlazení chladicí kapalinou, obvykle emulzí; při vrtání hlubokých otvorů se používá speciálních olejů, při **vrtání** se řezné rychlosti zpravidla pohybují v rozsahu **10 až 300 m.min⁻¹**.

- pro šroubovitě a dělově vrtáky se řezné rychlosti podle materiálu obrobku volí obvykle v rozsahu (pro úplnost jsou uvedeny též řezné podmínky při vrtání vrtáky s VBD) :

	RO	SK	(VBD)
ocel, ŠL,	10 až 30 m.min ⁻¹	40 - 100 m.min ⁻¹	(< 300 m.min ⁻¹),
slitiny mědi	40 až 70 m.min ⁻¹	80 - 100 m.min ⁻¹	(< 360 m.min ⁻¹),
slitiny hliníku	120 až 200 m.min ⁻¹	200 - 300 m.min ⁻¹	(< 400 m.min ⁻¹).

- řezné rychlosti pro **vyhrubování** se pohybují v rozsahu **15 až 45 m.min⁻¹**, pro **vystružování** se pohybují v rozsahu **3,5 až 15 m.min⁻¹**, řezné rychlosti se volí podle materiálu obrobku :

	vyhrubování	vystružování
ocel, ŠL,	15 až 20 m.min ⁻¹	3,5 až 7 m.min ⁻¹
slitiny mědi a hliníku	35 až 45 m.min ⁻¹	10 až 15 m.min ⁻¹

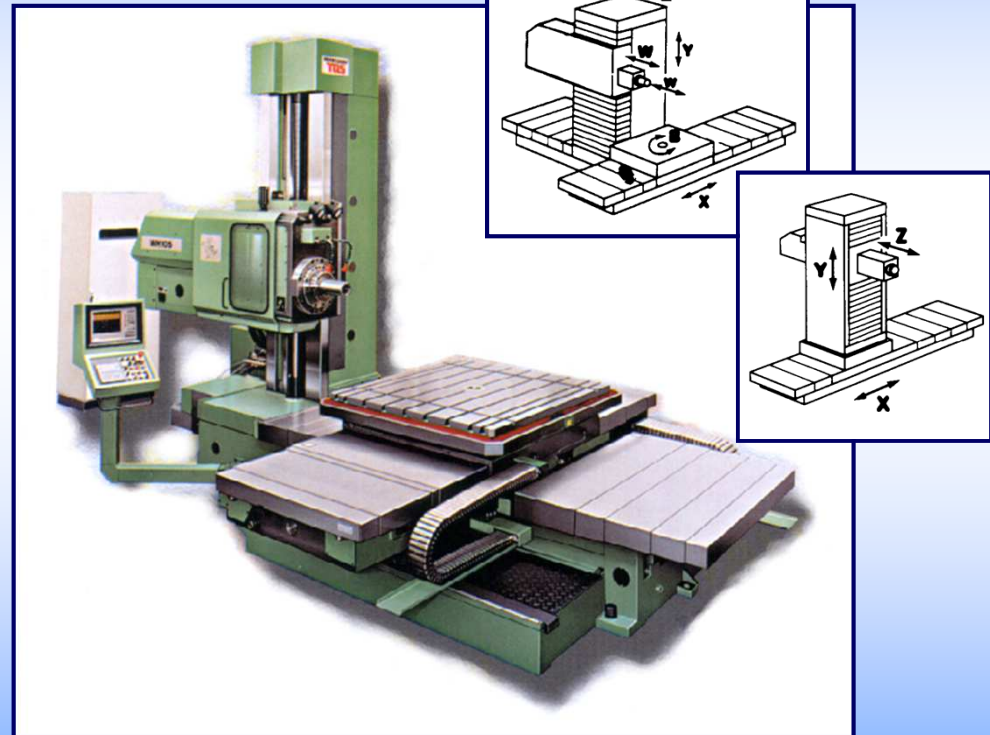
Vyvrtávání

Hlavní řezný pohyb ⇒ nástroj
Posuv ⇒ nástroj
nebo obrobek
Přísuv ⇒ nástroj

- rotační pohyb
- vysouvá se pinola
- posuv pracovního stolu



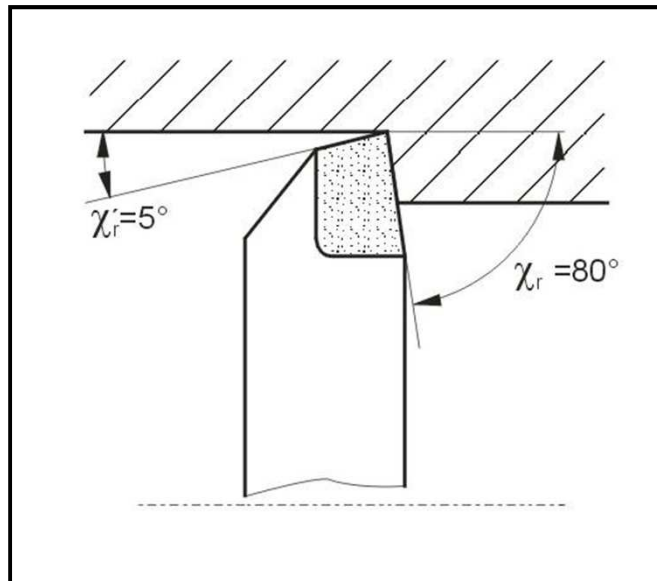
**Nástroje – vyvrtávací nože a vyvrtávací tyče
(nebo vyvrtávací hlavy)**



Stroje - vyvrtávačky

POŽADAVKY NA GEOMETRII a ORIENTAČNÍ SOUHRN ŘEZNÝCH PODMÍNEK

• Nástroje - požadavky na geometrii :



• velký úhel hřbetu

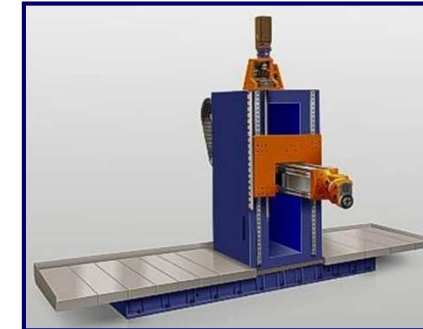
- $\alpha_0 = 15 - 20^\circ$
- aby v otvoru nedřel hřbet

• velký úhel nastavení

- $\chi_r = 80$ až 90°
- malá radiální složka řezné síly F_p
- malý průhyb vyvrtávací tyče
- ! důležité zejména při letném uložení !

• malý vedlejší úhel nastavení

- $\chi_r' = 5^\circ$
- výhodné z hlediska drsnosti povrchu



• Orientační souhrn řezných podmínek :

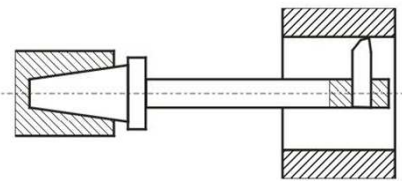
způsob obrábění	hloubka záběru	posuv	řezná rychlost
vyvrtávání dokončovací	0,1 až 0,5 mm	0,005 až 0,3 mm/ot	až 600 m.min ⁻¹

Vyvrtování

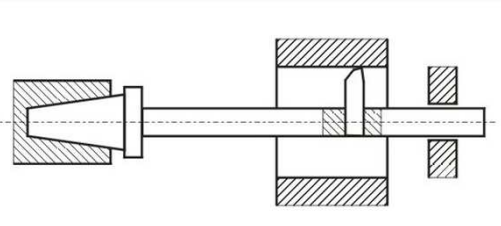
- **Uložení vyvrtávací tyče :**

- a) letmo
- b) podepření opěrným ložiskem
- c) se dvěma opěrnými ložisky

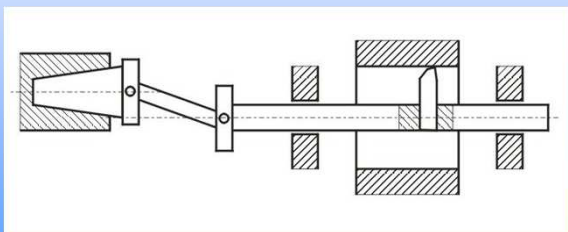
a)



b)

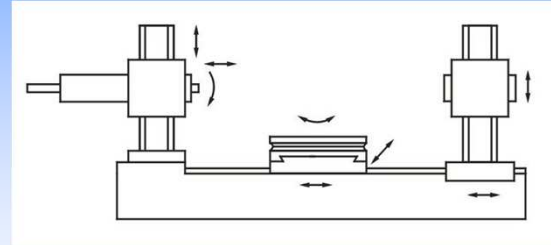


c)

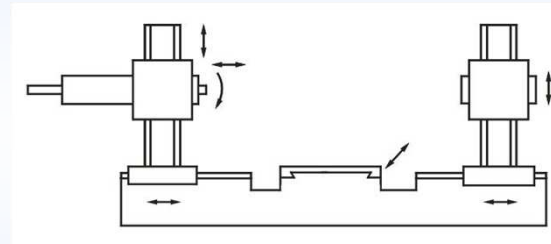


- **Vyvrtávačky :**

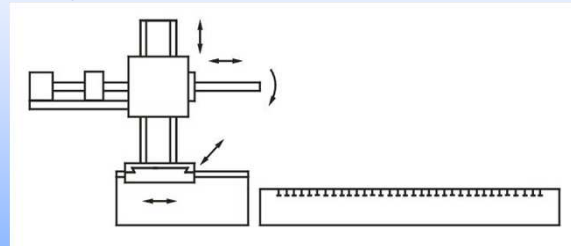
a) vyvrtávačky stolové
s křížovým stolem



s příčným stolem



b) vyvrtávačky deskové



c) vyvrtávačky jemné

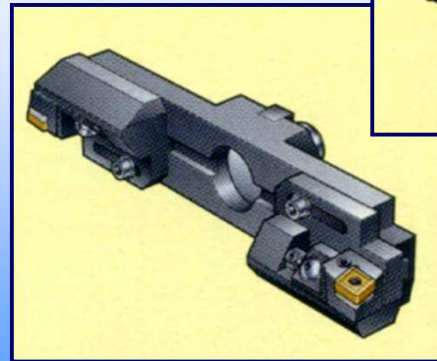
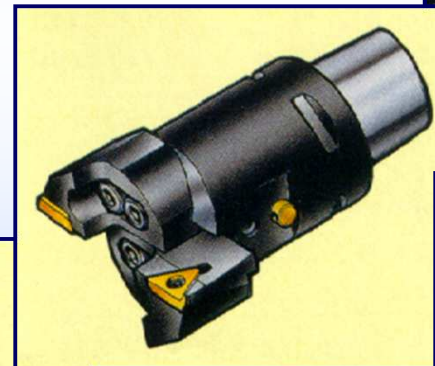
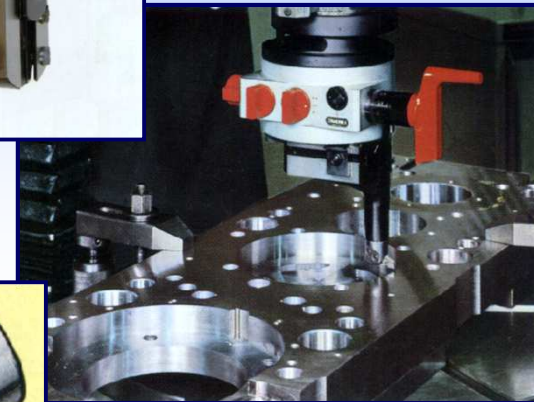
d) vyvrtávačky souřadnicové (přesnost až IT4)

Vyvrtávání

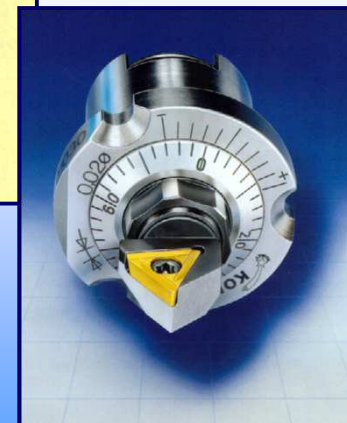
- zvyšování přesnosti a zlepšování drsnosti povrchu u předvrtaných otvorů
- **práce na vyvrtávačkách**
 - vyvrtávání
 - vrtání
 - vyhrubování a vystružování
 - řezání závitů
 - soustružnických nožem
 - závitníkem
 - čelní frézování
 - soustružení
 - čelní plochy
 - válcové plochy



- Vyvrtávání s použitím vyvrtávací hlavy

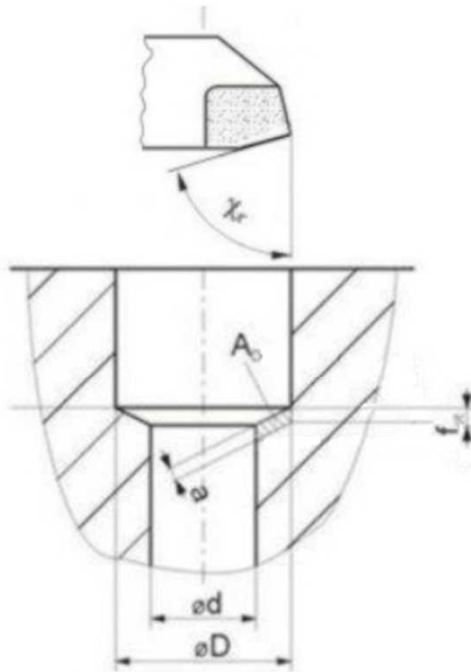


- Příklady vyvrtávacích nástrojů

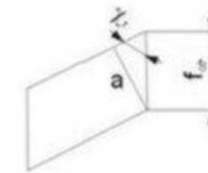


VÝPOČET ŘEZNÉ SÍLY

Výpočet pro jednobřítý nástroj



průřez třísky - detail :



$$F_C = k_S \cdot A_D$$

$$k_S = k_{S1.1} \cdot a^{-m}$$

$$\sin \chi_r = \frac{a}{f_{ot}} \Rightarrow a = f_{ot} \cdot \sin \chi_r$$

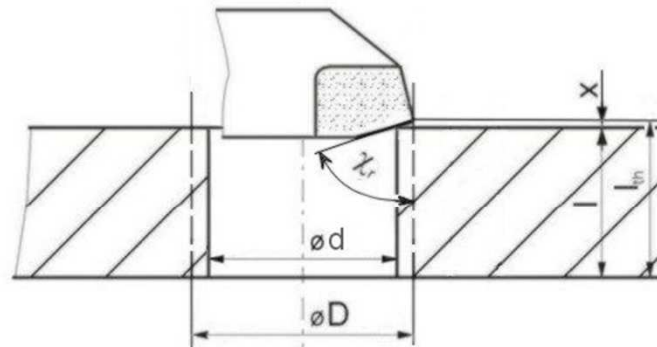
$$A_D = f_{ot} \cdot \frac{D-d}{2}$$

• KROUTICÍ MOMENT

- působíště síly ve středu plochy tř. $(\frac{1}{2} \cdot \frac{D-d}{2} + \frac{d}{2})$

$$M_K = F_C \cdot \frac{D+d}{4}$$

VÝPOČET STROJNÍHO ČASU



- t_s ... čas strojni
- L ... délka záběru
- v_f ... rychlost posuvu
- l_{th} ... teoretická délka záběru
- l_n ... délka náběhu (0,5 – 2 mm)
- l_p ... délka přeběhu (0,2 – 2 mm)
- d ... průměr před obráběním
- D ... průměr po vyvrtávání
- χ_r ... úhel nastavení
- f_{ot} ... posuv na otáčku
- n ... otáčky

$$t_s = \frac{L}{v_f}$$

$$L = l_{th} + l_n + l_p \quad l_{th} = l + x = l + \frac{D - d}{2} \cdot \cot g \chi_r$$

$$v_f = f_{ot} \cdot n$$

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"