



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 FRÉZOVÁNÍ

**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 frézování
2. Způsoby frézování
3. Nástroje při frézování
4. Stroje při frézování
5. Příslušenství frézek a upínání obrobků
6. Použití frézek
7. Řezné síly při frézování
8. Strojní čas při frézování
9. Orientační souhrn rezných podmínek při frézování

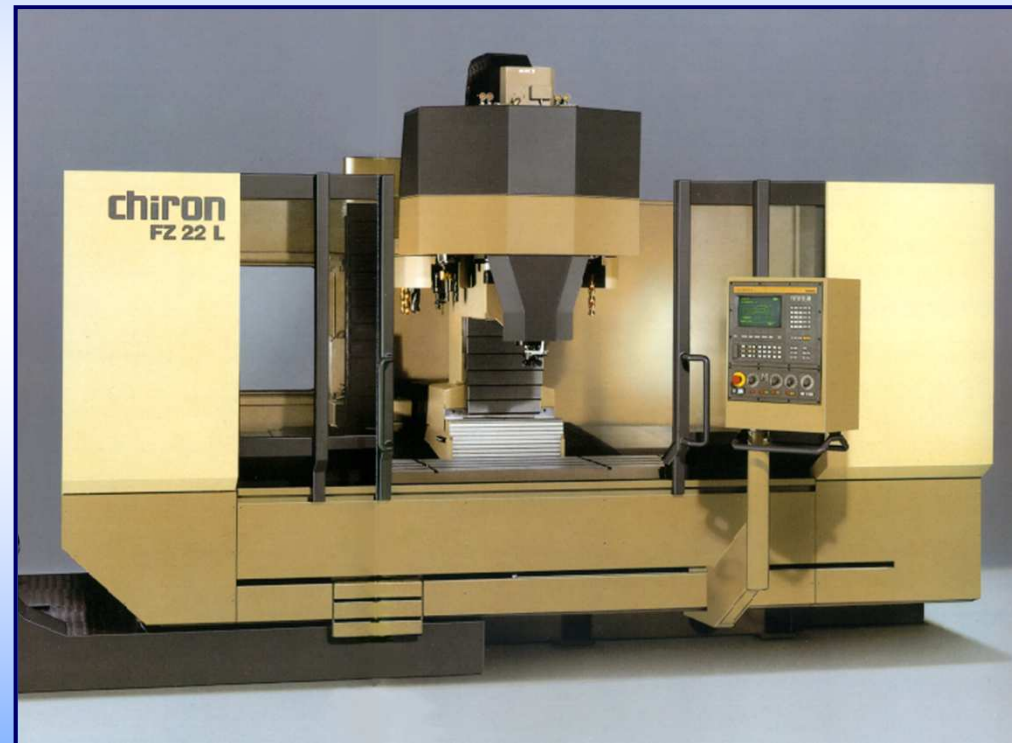
# Frézování

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

- *rotační pohyb*  
- *v podélném, příčném a svislém směru*  
- *v podélném, příčném a svislém směru*



**Nástroje - frézy**

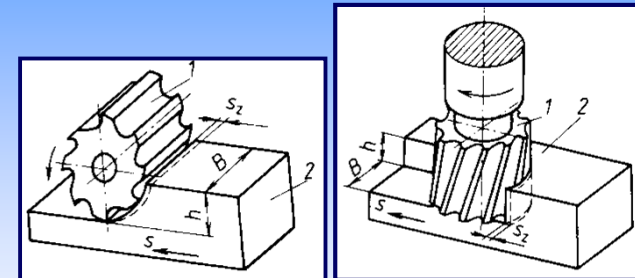
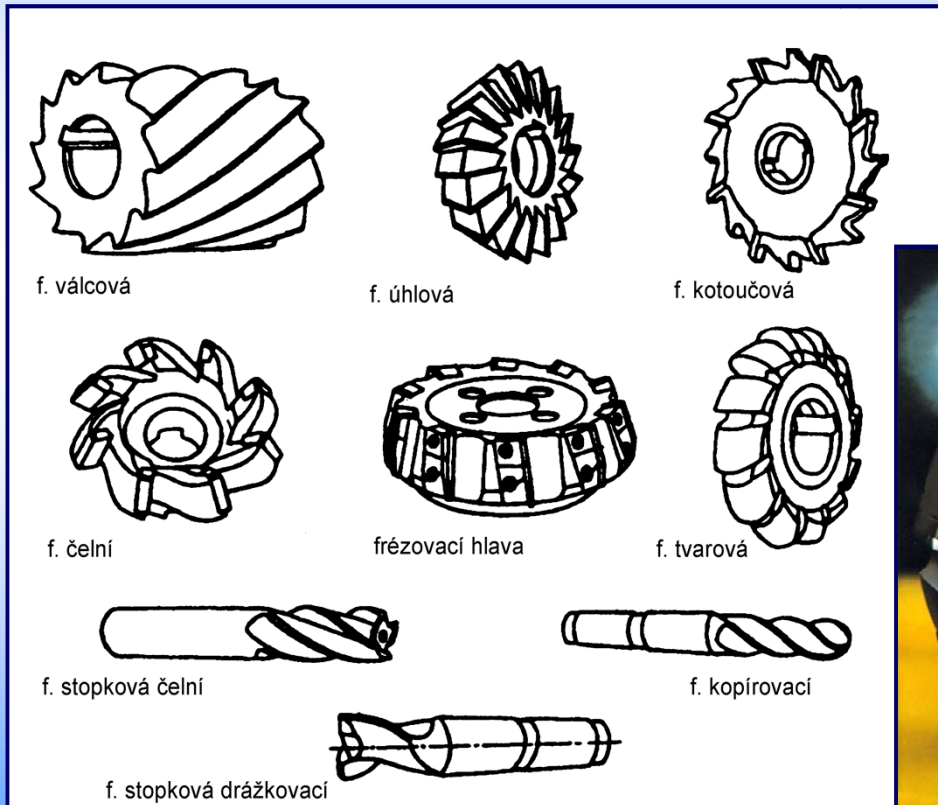


**Stroje - frézky**

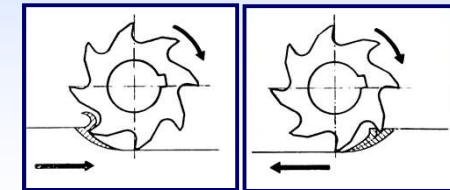
# Frézování

Základní způsoby frézování : • válcové, čelní

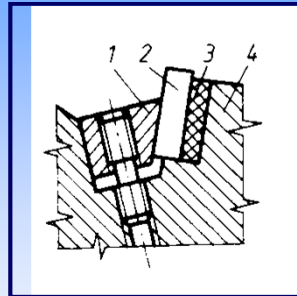
Základní druhy fréz :



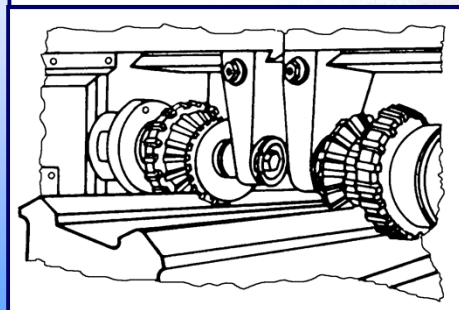
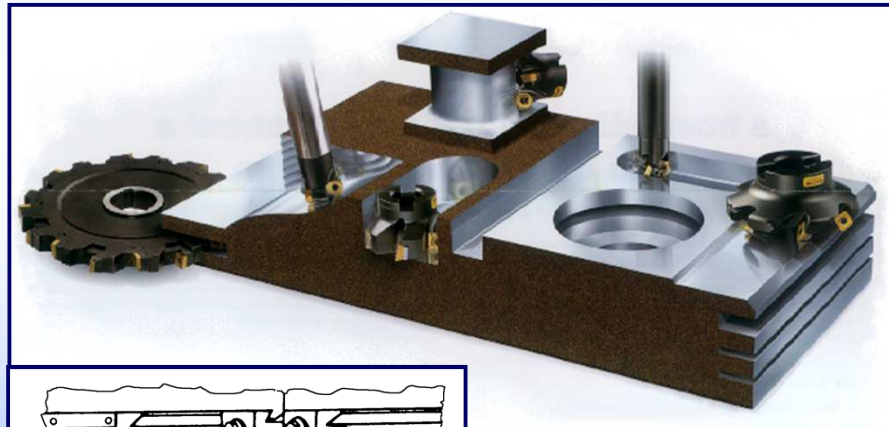
• nesousledné, sousledné



# Frézování



Příklad mechanického upnutí VBD u frézy



Frézování složitých tvarů skládanou frézou

## Rozdělení fréz :

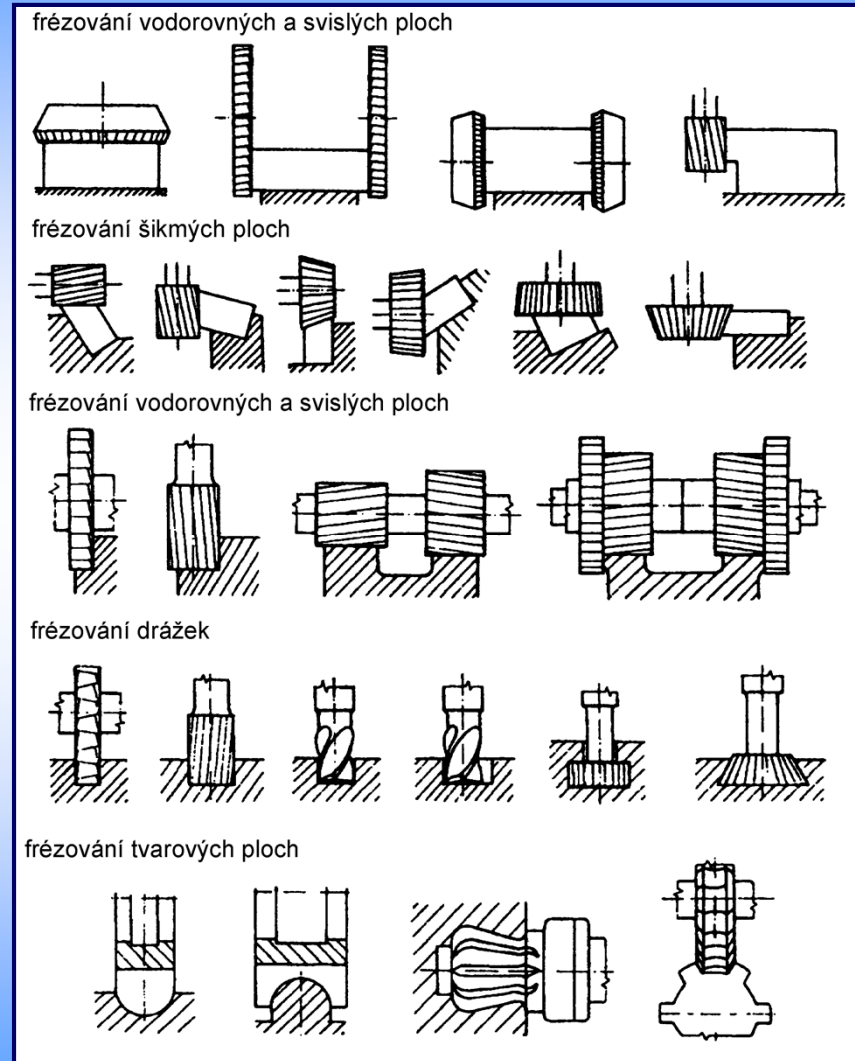
- **dle tvaru plochy na které jsou břity**
  - válcové
  - kuželové
  - kotoučové
  - čelní
  - tvarové
  - frézovací hlavy
- **dle provedení břitů**
  - se zuby frézovanými
  - se zuby podsoustruženými
- **dle poměru mezi počtem zubů  $z$  a průměrem  $D$** 
  - jemnozubé  $z > 1,25 \cdot \sqrt{D}$
  - polohrubozubé  $z = (0,8 - 1,25) \cdot \sqrt{D}$
  - hrubozubé  $z < 0,8 \cdot \sqrt{D}$
- **dle tvaru ostří**
  - zuby přímé
  - zuby šroubovitě (plynulý záběr)
  - zuby střídavě šroubovitě

# Frézování

**Rozdělení fréz (pokračování) :**

- **dle upínání**
  - nástrčné (trn)
  - stopkové
- **dle směru otáčení**  
(rozhodující pohled ve směru od vřeteníku)
  - pravořezné
  - levořezné
- **dle konstrukčního uspořádání**
  - celistvé  
(těleso + zuby z jednoho kusu)
  - skládané  
(několik fréz upnuto na společném trnu)
  - s břitovými destičkami
    - a) pájené
    - b) mechanicky upínané

## Příklady frézování různých ploch



# Frézování

## Označování fréz dle ISO (pro informaci)

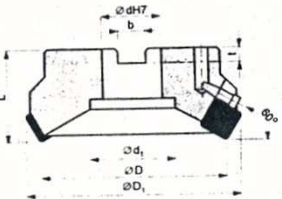
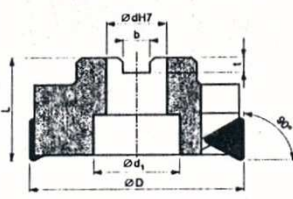

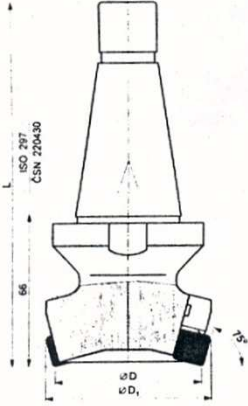
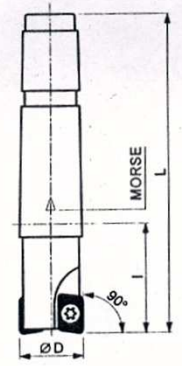
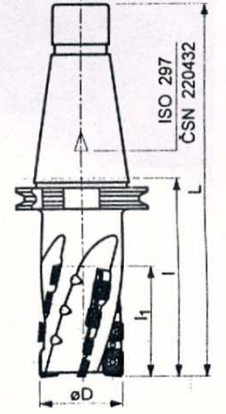
Kód ISO :

**250C16R-W45SE12F**

- platí pro nástrčné frézy

- 250 - Řezný průměr
- C - Typ frézy, druh upínání
- 16 - Počet břitů
- R - Směr řezu
- W - Způsob upínání VBD
- 45 - Úhel nastavení
- S - Tvar VBD
- E - Úhel hřbetu
- 12 - Délka hl. ostří
- F - Úhel hřbetu fazetky

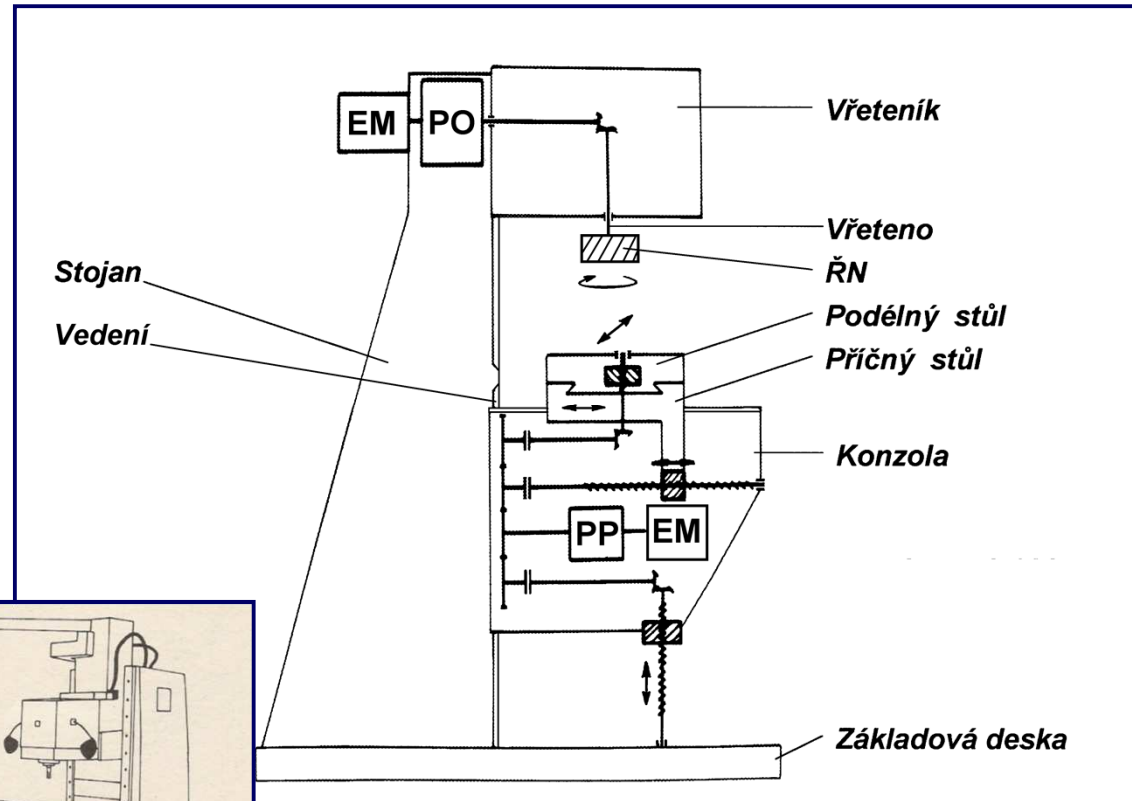
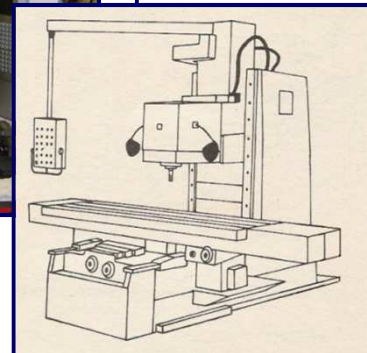
**Příklady označení fréz  
s VBD :**

<p>Čelní fréza nástrčná</p>  <p>Ø 100; 125 mm</p> <p>100B05R-W60SP15P</p>	<p>Rohová fréza nástrčná</p>  <p>Ø 100; Ø 125 mm</p> <p>125B07R-W90TP22D</p>	<p>Kotoučová fréza k řez. a drážkov.</p>  <p>160H16N-S90SN12N6</p>
<p>Čelní fréza stopková</p>  <p>50B4RO66G40-WSN12N</p>	<p>Rohová fréza stopková</p>  <p>25A2RO43E03-SAD12</p>	<p>Stopková fréza s břity ve šroub.</p>  <p>50J4R106X50-SSAP58</p>

# Obráběné plochy a kinematické schéma frézky

## Obráběné plochy :

- rovinné
- tvarové
  - drážky
  - úkosy
  - šroubovice,
  - ozubená kola

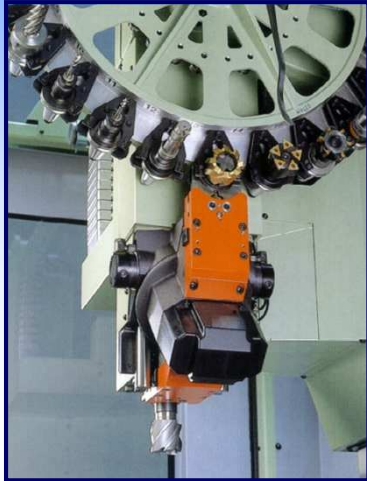


○ *Kinematické schéma*

**Posuv stolu nezávisí na otáčení vřetena**



# Frézování



Systém automatické výměny nástrojů u CNC frézky



Zásobník nástrojů u CNC frézky

## Rozdělení frézek :

- konzolové
  - svislé
  - vodorovné
  - univerzální
  - nástrojařské
- stolové
- rovinné - portálové
- speciální - kopírovací
- NC, CNC



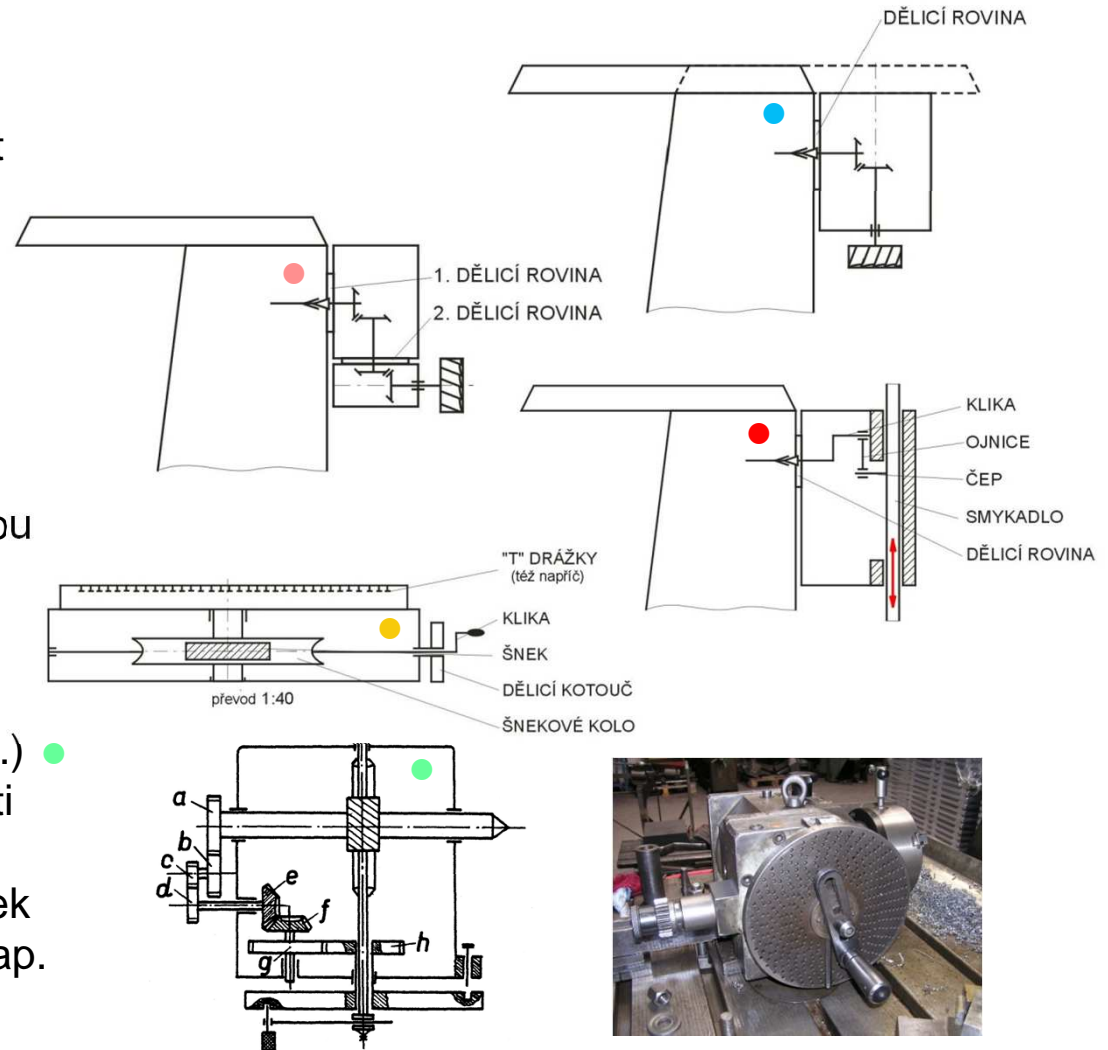
CNC frézovací centrum



Frézka stolová

# PŘÍSLUŠENSTVÍ FRÉZEK

- svislá frézovací hlava ●
  - osu vřetene (nástroj) lze natáčet okolo dělicí roviny
- univerzální frézovací hlava ●
  - osu vřetene (nástroj) lze okolo dvou dělicích rovin natáčet do libovolné polohy
- obrážecí hlava ●
  - zajišťuje změnu rotačního pohybu na přímočarý vratný
- otočný stůl ●
  - umožňuje frézovat rotační tvary
- dělicí přístroje (univerzální děl. př.) ●
  - umožňují rozdělit obvod součásti na určitý (libovolný) počet dílů,
  - použití při výrobě n-hranů, drážek v určitých roztečích, šroubovic, ap.

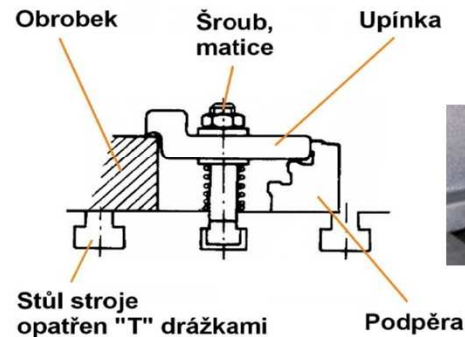


# UPÍNÁNÍ OBROBKŮ NA FRÉZKÁCH

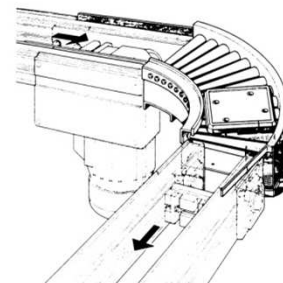
1. do svěráku
  - pro malé obrobky
  - jednoduchých tvarů



2. pomocí upínacích pomůcek
  - upínky, opěrky, podpěry apod.,
  - především pro větší obrobky

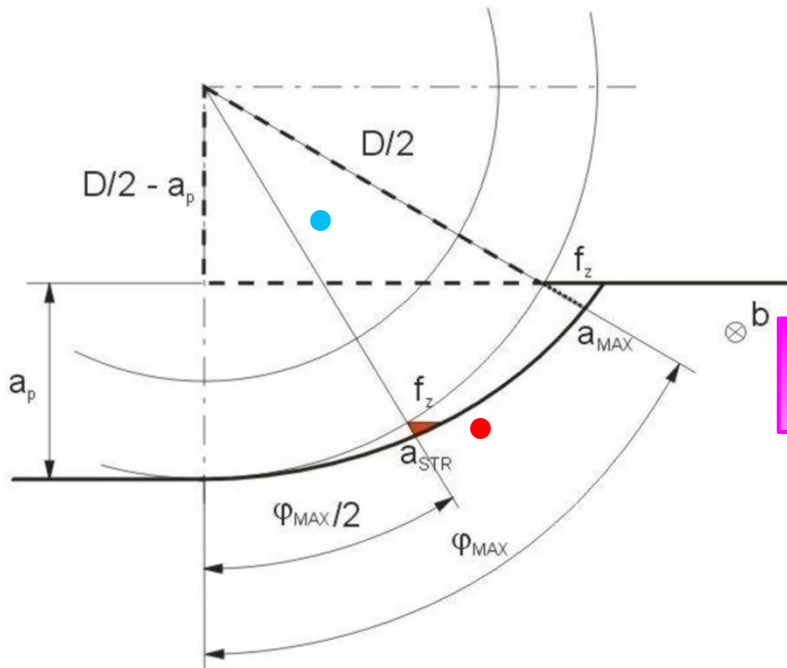


3. technologické palety
  - umožňují ustavení a upnutí obrobku na stroji a přepravu mezi stroji,
  - použití především ve výrobních linkách,
  - výhodou redukce vedlejších časů



# VÝPOČET ŘEZNÉ SÍLY PŘI FRÉZOVÁNÍ

Výpočet ze střední síly působící na 1 zub nástroje



$$F_{C\Sigma} = F_{CSTR} \cdot z'$$

$$F_{CSTR} = k_c \cdot A_{DSTR}$$

$$k_c = k_{c1.1} \cdot (a_{STR})^{-m}$$

$$a_{STR} = f_z \cdot \sin \frac{\varphi_{MAX}}{2}$$

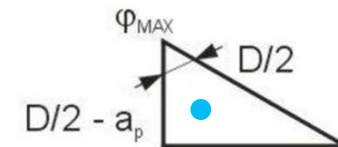
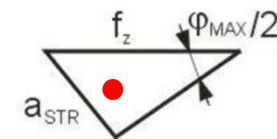
$$\text{platí : } \sin \frac{\varphi_{MAX}}{2} = \sqrt{\frac{1 - \cos \varphi_{MAX}}{2}}$$

$$\cos \varphi_{MAX} = \frac{D - 2 \cdot a_p}{D}$$

$$\Rightarrow a_{STR} = f_z \cdot \sqrt{\frac{a_p}{D}}$$

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n \Rightarrow f_z = \frac{v_f}{z \cdot n} \Rightarrow a_{STR} = \frac{v_f}{z \cdot n} \cdot \sqrt{\frac{a_p}{D}}$$

$$A_{DSTR} = a_{STR} \cdot b$$

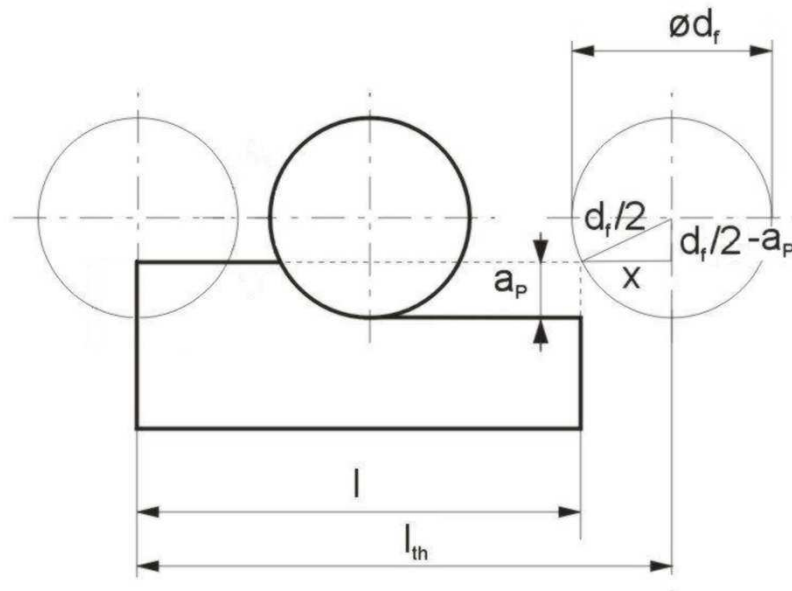


platí :

$$\frac{z'}{z} = \frac{\varphi_{MAX}}{360} \Rightarrow z' \dots \text{zaokrouhlit nahoru}$$

# VÝPOČET STROJNÍHO ČASU PŘI FRÉZOVÁNÍ

## I. Frézování válcovou frézou



$t_s$  ... 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)

$f_z$  ... posuv na zub

$z$  ... počet zubů frézy

$n$  ... otáčky frézy

$l$  ... délka obráběné plochy

$d_f$  ... průměr frézy

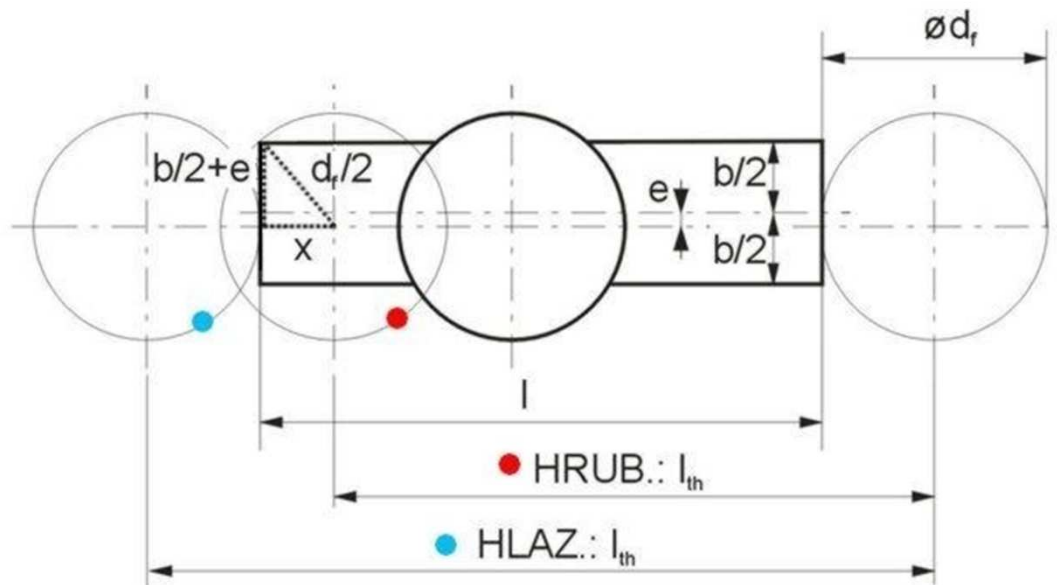
$a_p$  ... hloubka záběru

$$t_s = \frac{L}{v_f} \quad L = l_{th} + l_n + l_p \quad l_{th} = l + x = l + \sqrt{\left(\frac{d_f}{2}\right)^2 - \left(\frac{d_f}{2} - a_p\right)^2}$$

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n$$

# VÝPOČET STROJNÍHO ČASU PŘI FRÉZOVÁNÍ

## II. Frézování čelní frézou



$t_s$  ... 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)

$f_z$  ... posuv na zub

$z$  ... počet zubů frézy

$n$  ... otáčky frézy

$l$  ... délka obráběné plochy

$d_f$  ... průměr frézy

$b$  ... šířka obráběné součásti

$e$  ... přesazení osy frézy vůči středu  
obráběné součásti (excentricita)

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

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

● a) hrubování

$$l_{th} = \frac{d_f}{2} + l - x \quad x = \sqrt{\left(\frac{d_f}{2}\right)^2 - \left(\frac{b}{2} + e\right)^2}$$

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n$$

● b) na čisto

$$l_{th} = \frac{d_f}{2} + l + \frac{d_f}{2} = l + d_f$$

## ORIENTAČNÍ SOUHRN ŘEZNÝCH PODMÍNEK

způsob obrábění	hloubka záběru	posuv	řezná rychlost
frézování	0,5 až 20 mm i více	0,05 až 0,4 mm/zub	20 - 570 m . min <sup>-1</sup>

### 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

# Frézování - řezné podmínky

- **hloubka záběru** při frézování se pohybuje v rozsahu **0,5 až 20 mm i více**, pro jednotlivé fáze frézování se volí obvykle v rozsahu :

pro hrubování	10 až 20 mm i více,
pro středně těžké obrábění	2 až 10 mm,
na čisto	0,5 až 2 mm,

- **posuv na zub** by neměl klesnout pod 0,05 mm, protože pak už se začíná projevovat vliv poloměru ostří břitu nástroje, to platí zejména pro nástroje s břitzy z povlakovaných slinutých karbidů; posuv na zub se obvykle pohybuje v rozsahu **0,05 až 0,4 mm**, pro běžné a tvarové frézování se posuv na zub obvykle volí v rozsahu :

běžné frézování	0,1 až 0,4 mm,
frézování tvarovými frézami	0,05 až 0,2 mm;

- **řezné rychlosti** pro frézování se obvykle pohybují v rozsahu **20 až 570 m.min<sup>-1</sup>** a jsou závislé zejména na druhu obráběného materiálu, na materiálu nástroje a na způsobu frézování. Pro středně těžké frézování nástroji z RO a SK jsou v následujícím přehledu uvedeny orientační hodnoty řezných rychlostí :

	RO	SK
ocel, ŠL	20 až 40 m.min <sup>-1</sup>	120 až 200 m.min <sup>-1</sup>
měď	40 až 60 m.min <sup>-1</sup>	240 až 280 m.min <sup>-1</sup>
hliník	120 až 250 m.min <sup>-1</sup>	450 až 570 m.min <sup>-1</sup>



# 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"