



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

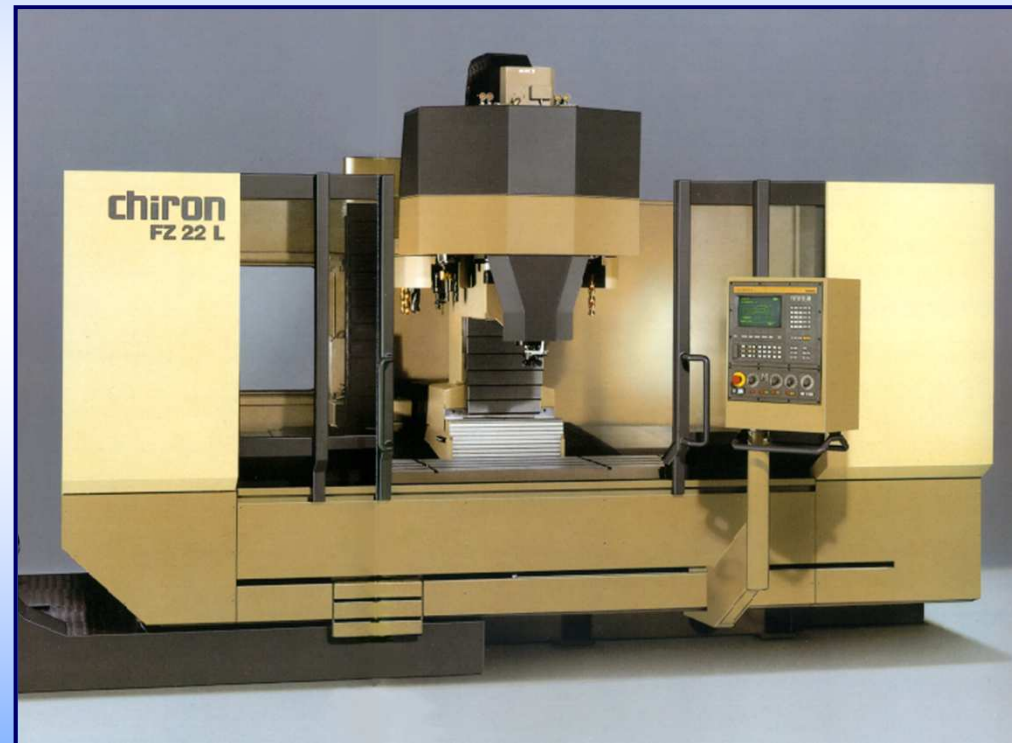
Frézování

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

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



Nástroje - frézy

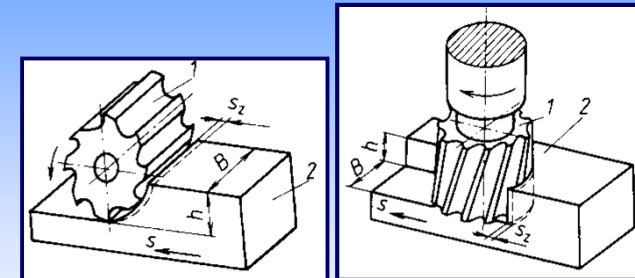
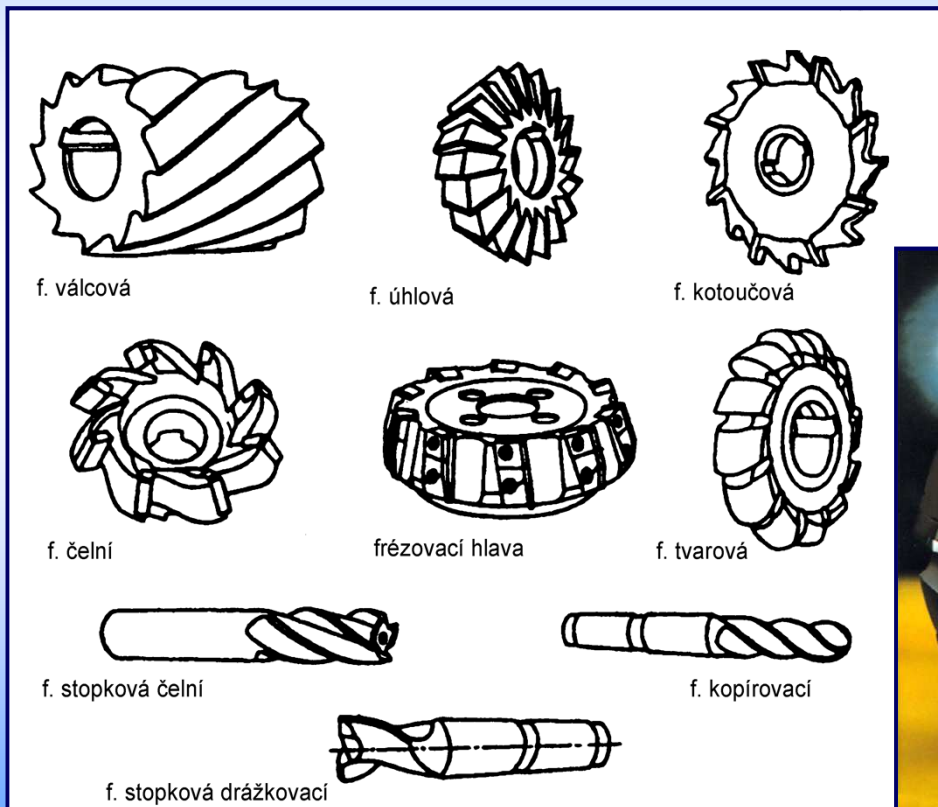


Stroje - frézky

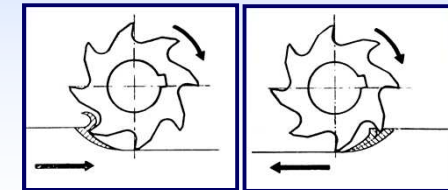
Frézování

Základní způsoby frézování : • válcové, čelní

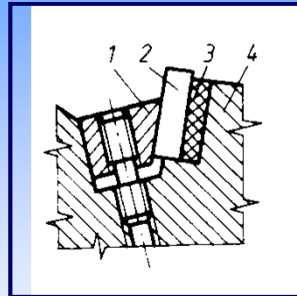
Základní druhy fréz :



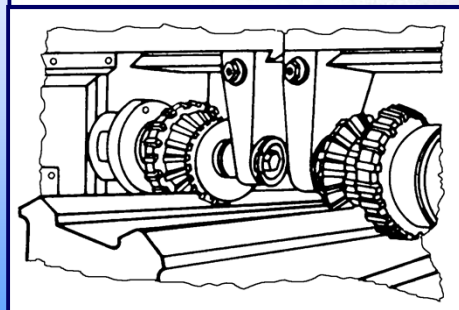
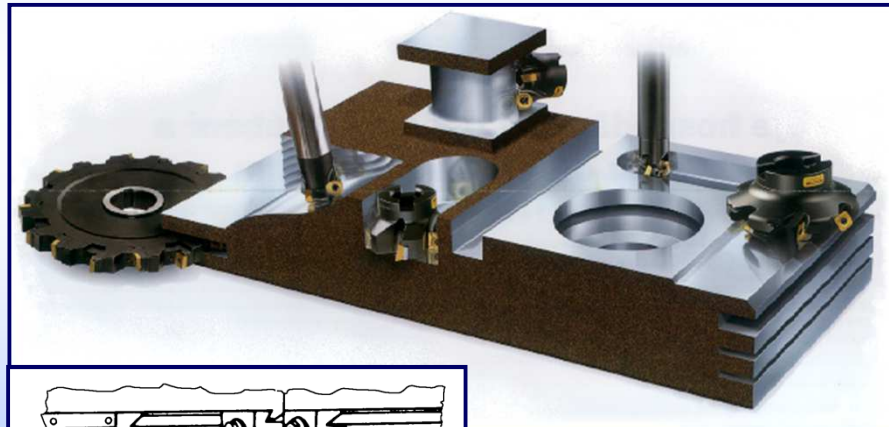
• nesousledné,
sousledné



Frézování



Příklad mechanického upnutí VBD u frézy



Frézování složitých tvarů skládanou frézou

Rozdělení fréz :

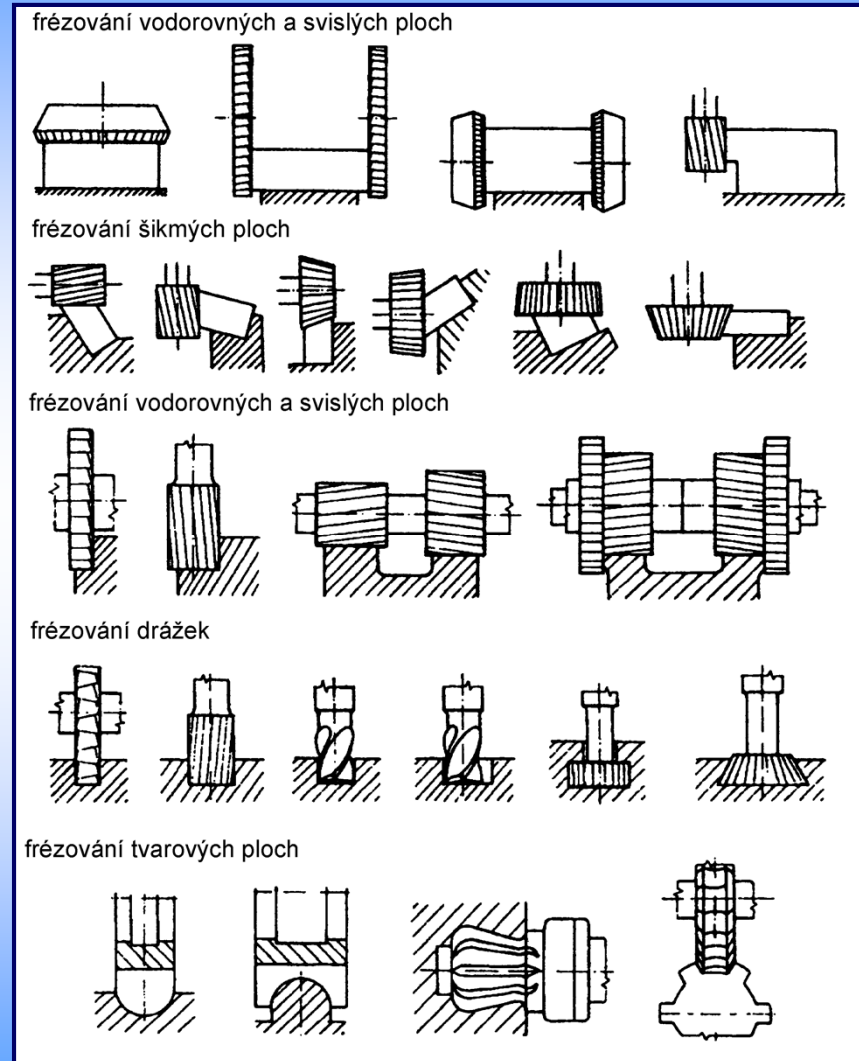
- **dle tvaru plochy na které jsou břity**
 - válcové
 - kuželové
 - kotoučové
 - čelní
 - tvarové
 - frézovací hlavy
- **dle provedení břitů**
 - se zuby frézovanými
 - se zuby podsoustruženými
- **dle poměru mezi počtem zubů z a průměrem D**
 - jemnozubé $z > 1,25 \cdot \sqrt{D}$
 - polohrubozubé $z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

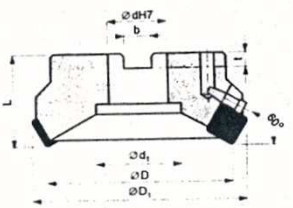
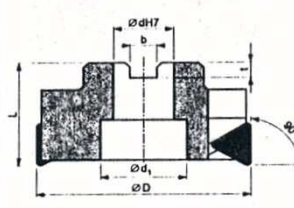

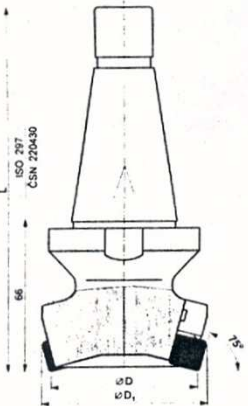
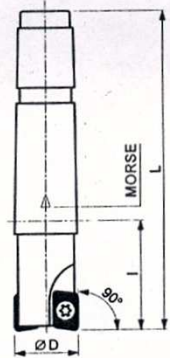
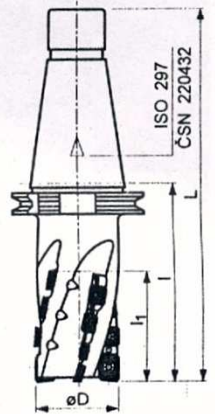
Kód ISO :

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

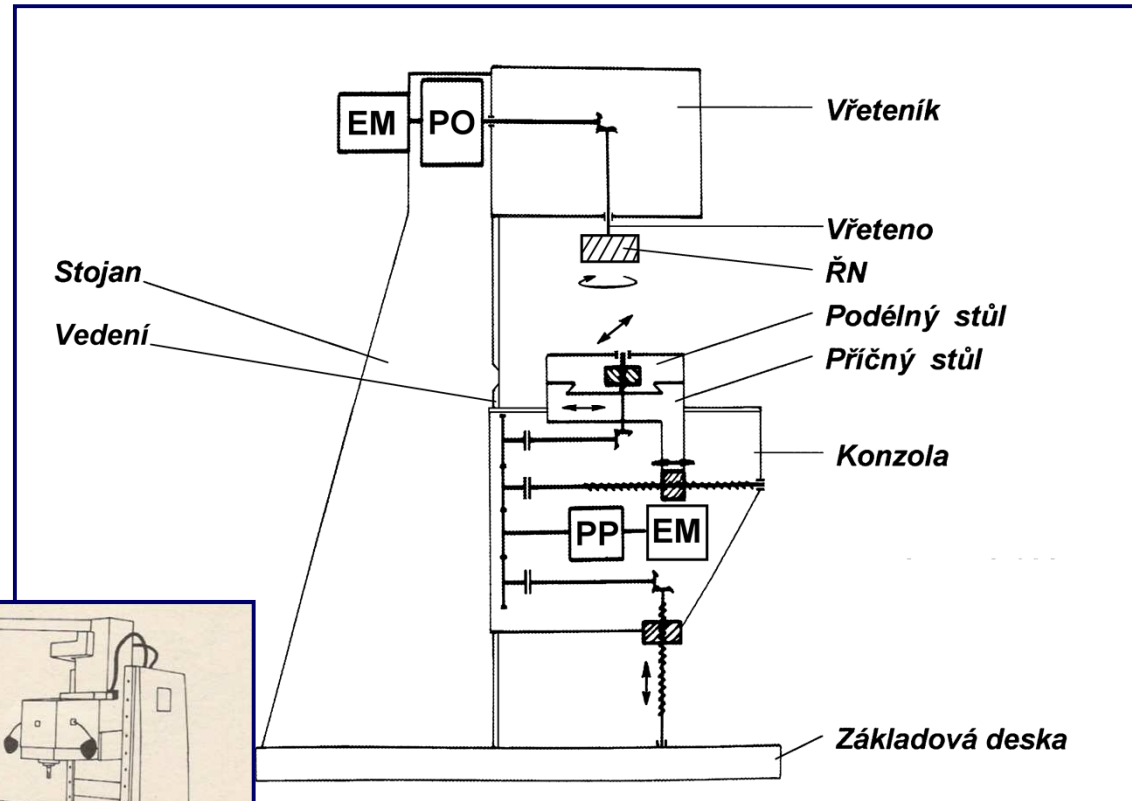
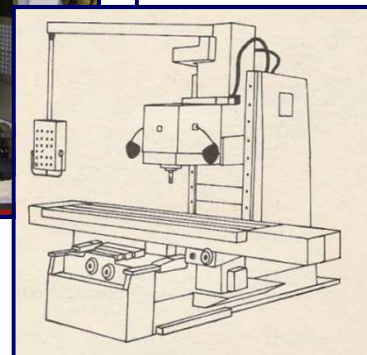
**Příklady označení fréz
s VBD :**

<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>ISO 297 ČSN 220430</p> <p>50B4RO66G40-WSN12N</p>	<p>Rohová fréza stopková</p>  <p>MORSE</p> <p>25A2RO43E03-SAD12</p>	<p>Stopková fréza s břity ve šroub.</p>  <p>ISO 297 ČSN 220432</p> <p>50J4R106X50-SSAP58</p>

Obráběné plochy a kinematické schéma frézky

Obráběné plochy :

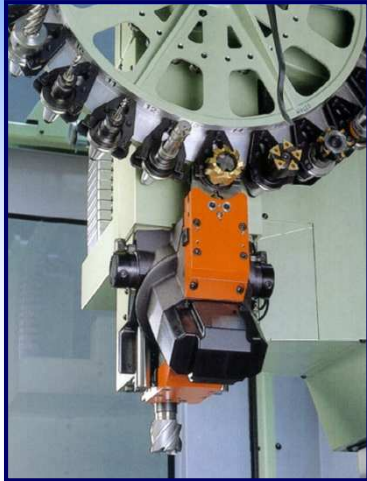
- rovinné
- tvarové
 - drážky
 - úkosy
 - šroubovice,
 - ozubená kola



○ *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



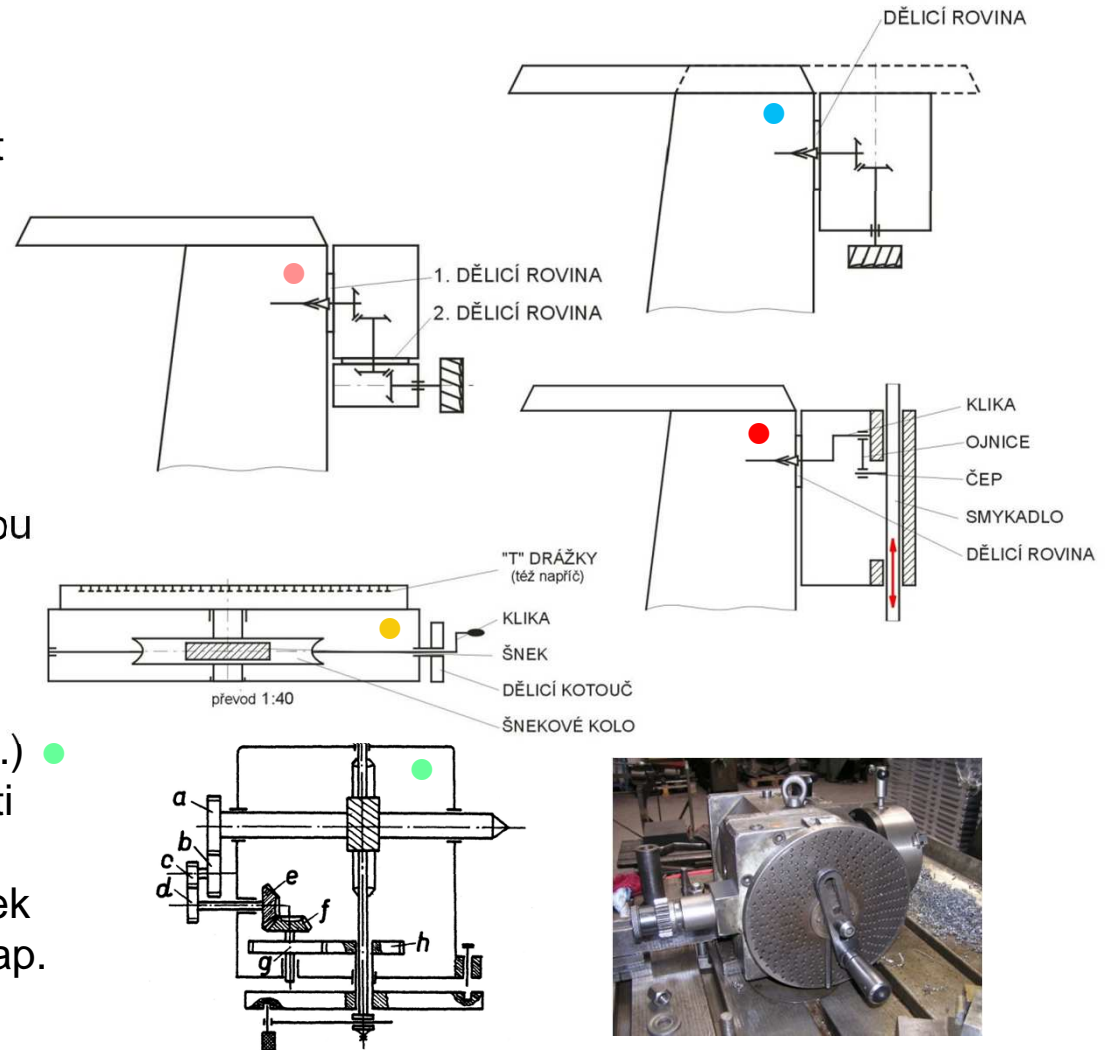
CNC frézovací centrum



Frézka stolová

PŘÍSLUŠENSTVÍ FRÉZEK

- a) svislá frézovací hlava ●
 - osu vřetene (nástroj) lze natáčet okolo dělicí roviny
- b) univerzální frézovací hlava ●
 - osu vřetene (nástroj) lze okolo dvou dělicích rovin natáčet do libovolné polohy
- c) obrážecí hlava ●
 - zajišťuje změnu rotačního pohybu na přímočarý vratný
- d) otočný stůl ●
 - umožňuje frézovat rotační tvary
- e) 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.

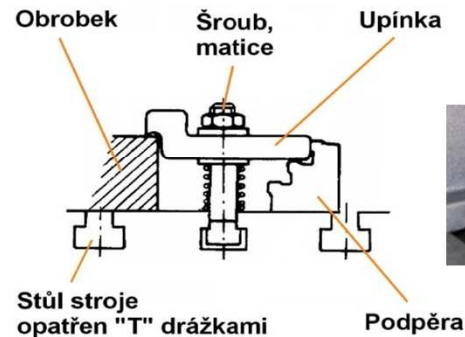


UPÍNÁNÍ OBROBKŮ NA FRÉZKÁCH

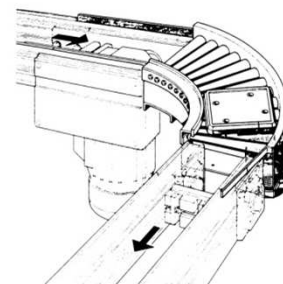
1. do svěráku
 - pro malé obrobky
 - jednoduchých tvarů



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

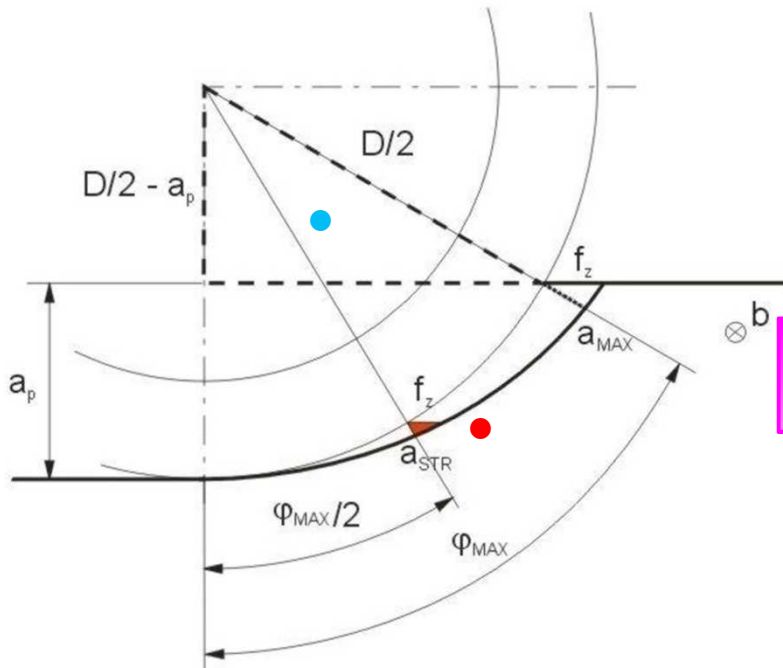


3. technologické palety
 - umožňují ustavení a upnutí obrobku na stroji a přepravu mezi stroji,
 - použití především ve výrobních linkách,
 - výhodou redukce vedlejších časů



VÝPOČET ŘEZNÉ SÍLY PŘI FRÉZOVÁNÍ

Výpočet ze střední síly působící na 1 zub nástroje



$$F_{c\Sigma} = F_{cSTR} \cdot z'$$

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

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

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

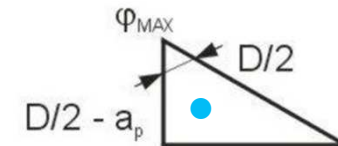
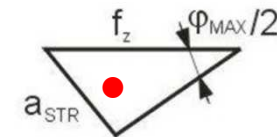
$$\text{platí : } \sin \frac{\varphi_{MAX}}{2} = \sqrt{\frac{1 - \cos \varphi_{MAX}}{2}}$$

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

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

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

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

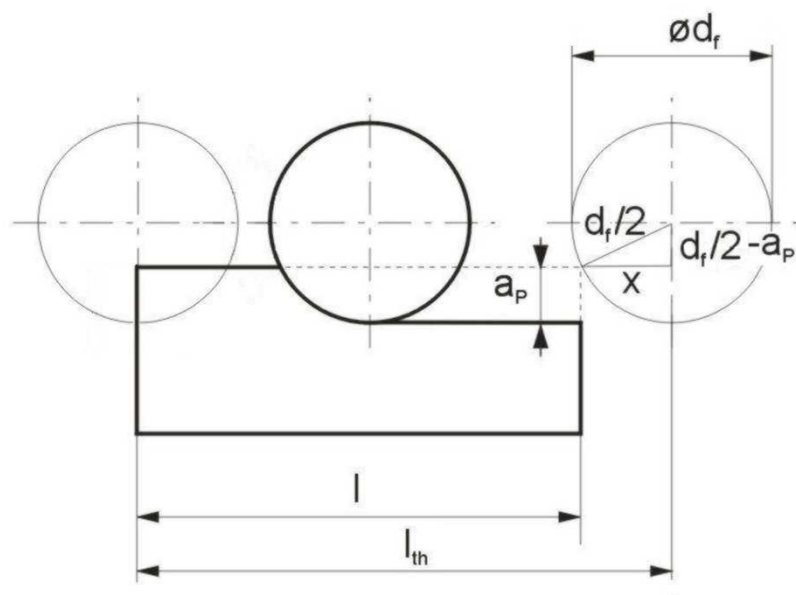


platí :

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

VÝPOČET STROJNÍHO ČASU PŘI FRÉZOVÁNÍ

I. Frézování válcovou frézou



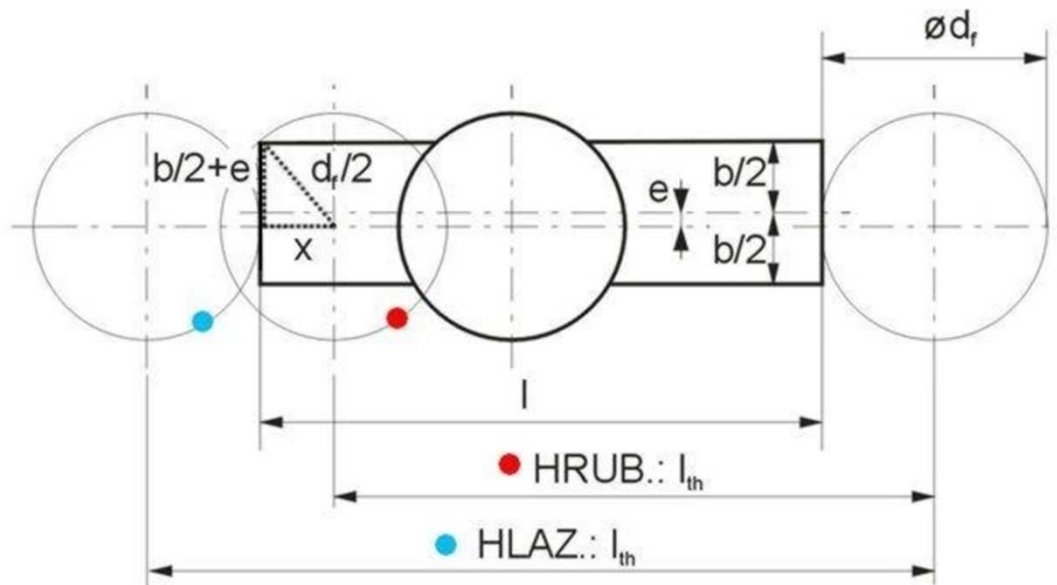
- t_s ... čas strojní
- L ... délka záběru
- v_f ... rychlost posuvu
- l_{th} ... teoretická délka záběru
- l_n ... délka náběhu (0,5 – 2 mm)
- l_p ... délka přeběhu (0,2 – 2 mm)
- f_z ... posuv na zub
- z ... počet zubů frézy
- n ... otáčky frézy
- l ... délka obráběné plochy
- d_f ... průměr frézy
- 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 ⁻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

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⁻¹** 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 ⁻¹	120 až 200 m.min ⁻¹
měď	40 až 60 m.min ⁻¹	240 až 280 m.min ⁻¹
hliník	120 až 250 m.min ⁻¹	450 až 570 m.min ⁻¹

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"