

# ZÁKLADY OBRÁBĚNÍ

Teorie obrábění, základní druhy třískového obrábění

# Z historie obrábění

Před desítkami tisíc let (50 000let) – ruční obrábění nástroji z pazourku, např. obrábění dřeva, kostí, rohoviny.

5000 př.n.l. obrábění nežel. kovů (měď a její slitiny).

2000 př.n.l. nástroje ze slitin Fe.

Strojní obrábění:

Okolo 1500 n.l. soustruh sestrojený Leonardem da Vincim.

18 stol. - průmyslová revoluce, soustruh s mech. pohonem.

19 stol. – rozvoj obráběcích strojů.

20. A 21. stol – NC stroje, vývoj nových nástrojových materiálů a pokročilých konstrukcí nástrojů (TiC a WC – slinuté karbidy, povlaky a vrstvy zlepšující životnost TiAlN, nanokompozity).

# Základní pojmy z obrábění

**Obrábění** – obráběním získáváme z polotovaru součást splňující konstrukční požadavky (kvalita, rozměry, přesnost).

**Řezání** – je odebírání částic materiálu ve tvaru třísky břitem řezného nástroje.

**Obrobek** – je obráběný nebo obrobený předmět (součást).

**Řezný pohyb** – vykonává nástroj nebo obrobek, za účelem dosažení řezného pohybu (tj. oddělování materiálu z obrobku):

- **Hlavní pohyb** - základní pohyb obráběcího stroje, může být přímočarý, otáčivý, složený.
- **Pohyb vedlejší** (posuv) – pohyb nástroje nebo obrobku, který spolu s hlavním pohybem umožňuje obrábění.

# Základní druhy strojního obrábění

Obrábění:

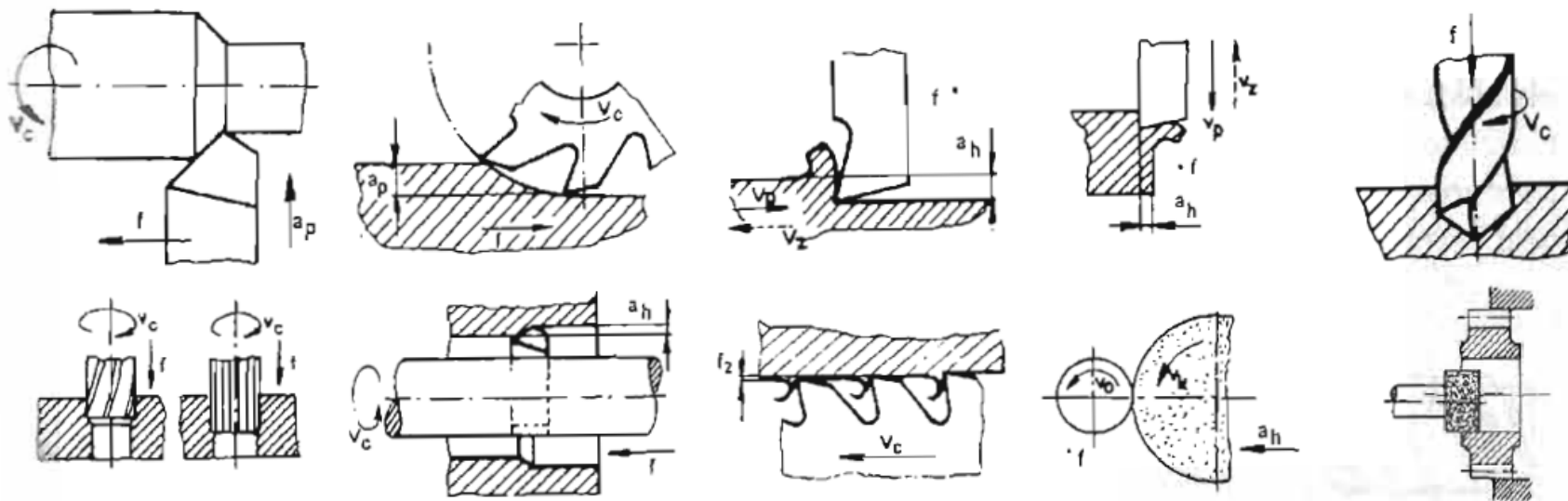
- Výrobní (základní) – hrubování, obrábění na čisto s běžnou přesností.
- Dokončovací (dosažení vyšší kvality a přesnosti).

Dělení podle principu úběru materiálu:

- Třískové (mechanické).
- Nekonvenční (fyzikální a chemické) metody.

# Třískové obrábění

K úběru materiálu dochází odřezáváním třísek materiálu nástroji s definovanou geometrií nebo zrnky brusiva.



Moderní stroje umožňují provádět i dokončovací operace na jedno upnutí.

# Soustružení

Nejpoužívanější metoda pro výrobu rotačních ploch. Lze obrábět vnější i vnitřní válcové i kuželové plochy, tvarové rotační plochy.

Soustružení:

**Hlavní pohyb** – je rotační a koná ho obrobek.

**Vedlejší pohyby** – jsou posuvné a vykonává je nástroj.

**Nástroj** – soustružnický nůž.

Moderní soustružnické nože s břitovými destičkami ze slinutých karbidů nebo keramickými řeznými destičkami.





# Soustružení pojmy

**Rychlost posuvu** – rychlost břitu nástroje proti obrobku ve směru posuvu (mm.min, mm.ot).

**Přísuv** – pohyb, kterým se nástroj nastavuje do pracovní polohy.

**Hloubka řezu** – vzdálenost mezi obrobenou a obráběnou plochou (mm).

Charakteristiky obrábění – řezné síly a řezný výkon.

Hloubka řezu, posuv, řezná rychlost se předepisují v technologických postupech obrábění!

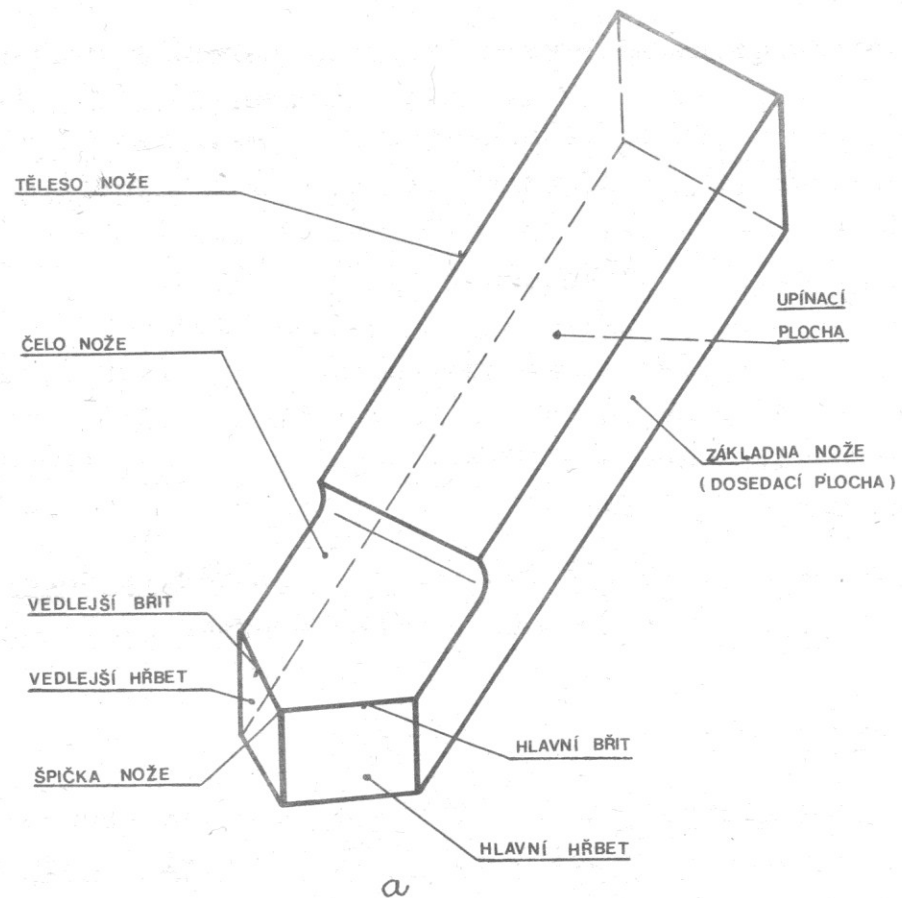


# Řezný nástroj

Řezný nástroj se skládá z těla a břitu.

Břit – pracovní část nástroje,

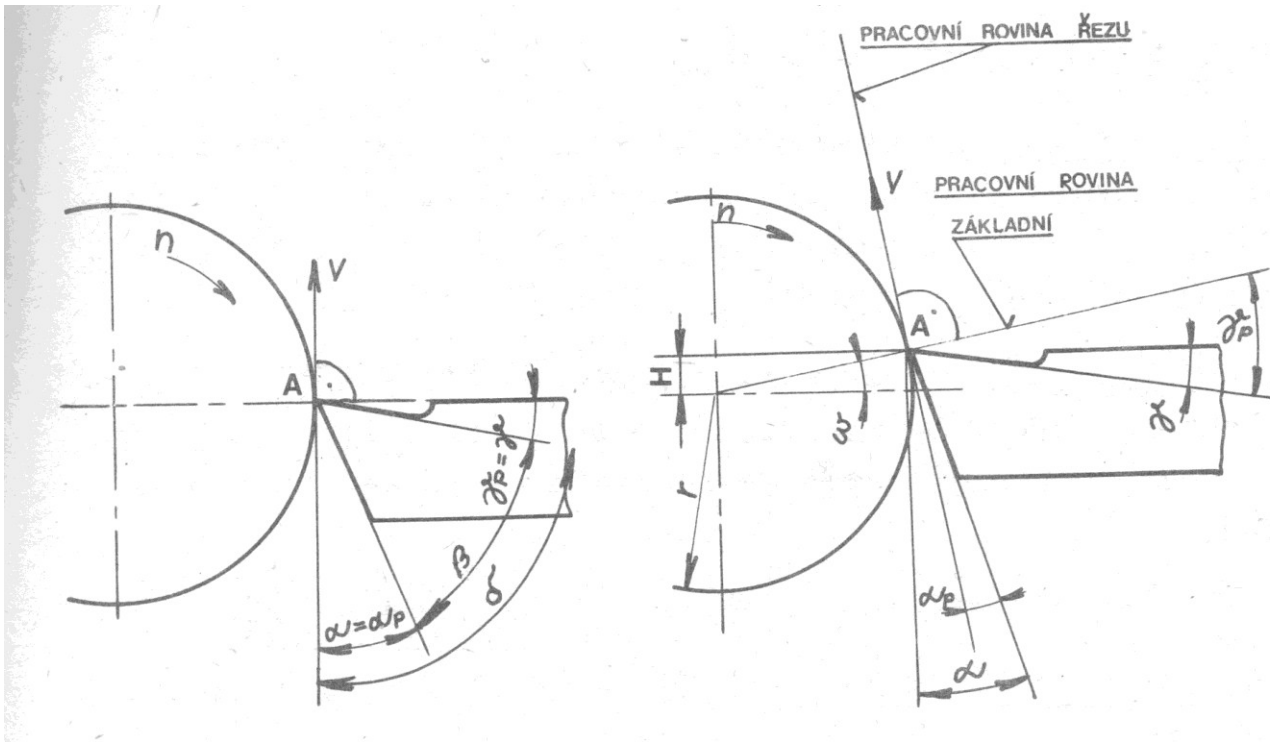
Ostří – průsečnice čela a hřbetu.





# Pracovní úhly

**Pracovní úhly** – jejich velikost závisí na postavení břitu proti obrobku.



# Tvorba třísky

Materiál odřezávaný z povrchu břitem nástroje tvoří třísku.

**Tvorbu třísky** předchází intenzivní plastická deformace.

Tříska může být:

- Plynulá (plastické materiály – oceli)
- Vrstvená
- Drobená nebo vytrhávaná (křehké materiály – litiny)

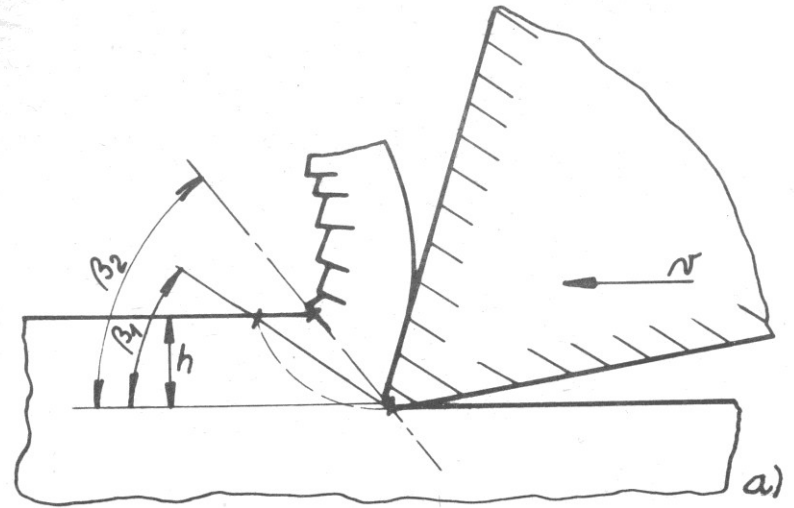
Nárůstek – vytvoření vrstvy materiálu na břitu nástroje:

- zhoršuje kvalitu,
- způsobuje kolísání řez. síly,
- způsobuje nebezpečí vylomení břitu.

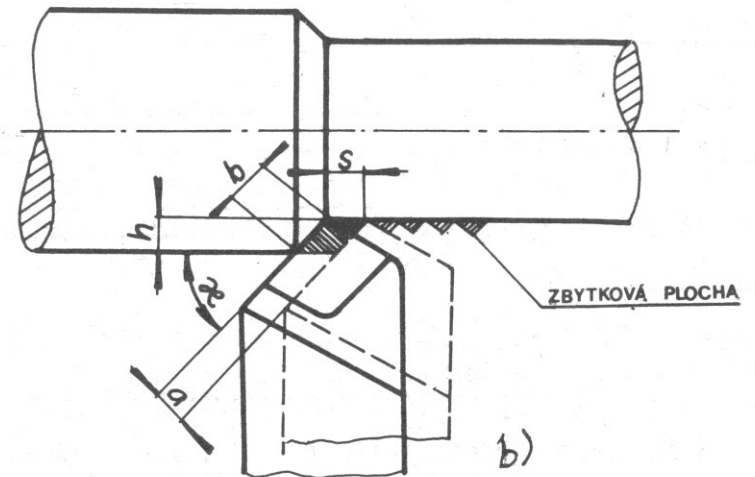
# Tvorba třísky

Teor. průřez třísky:

$$S_t = a \cdot b = s \cdot h \text{ (mm}^2\text{)}$$



113 a)



113 b)

# Řezná síla a řezný odpor

Proces tvorby třísky je komplexní proces zahrnující pružnou a plastickou deformaci, tření ap.

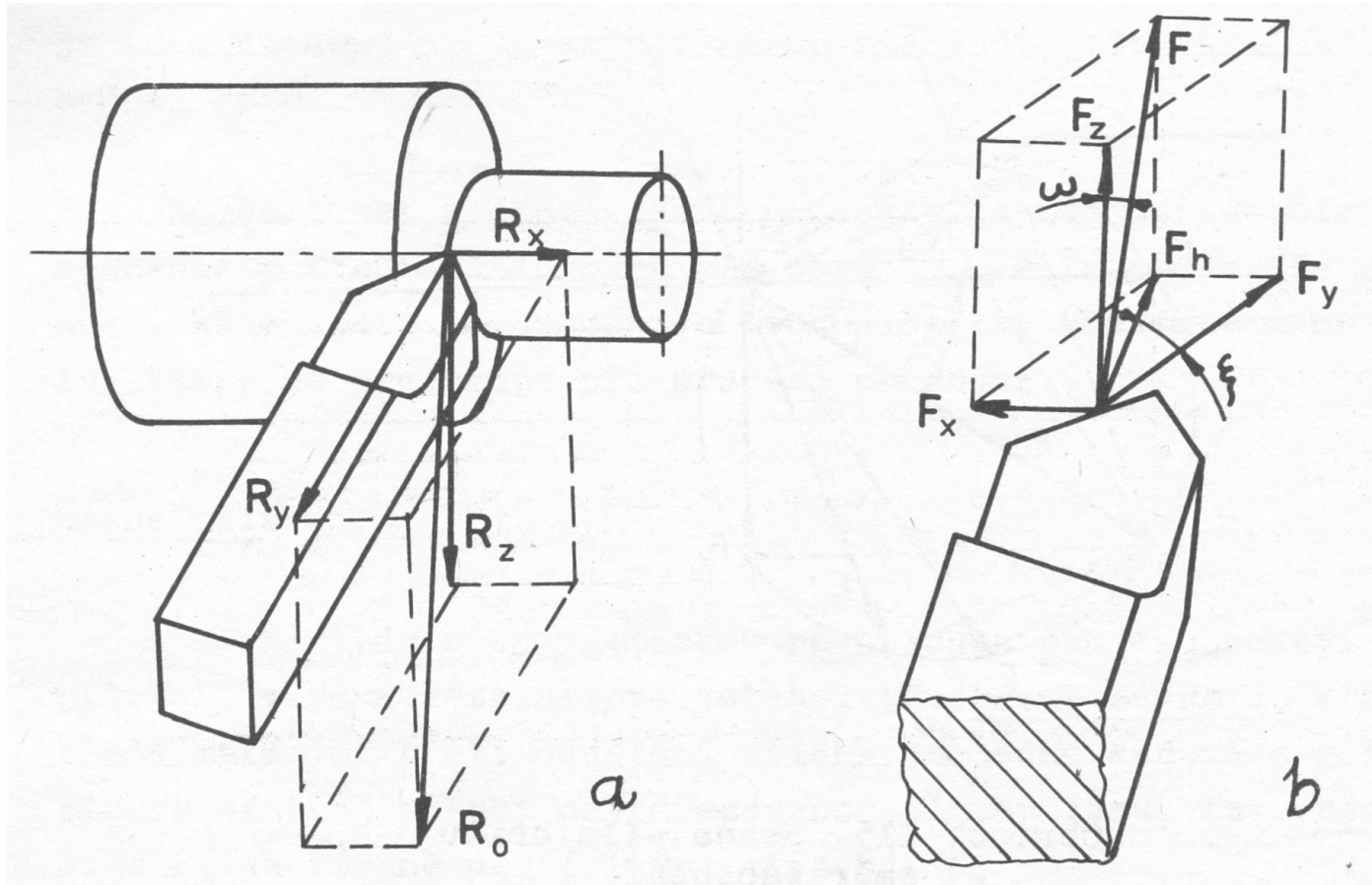
Celková práce řezání (A):

$$A = A_{el} + A_{pl} + A_{tř} + A_{povrch}$$

**Řezná síla (F)** – síla, kterou působí nástroj na plochu řezu.

**Řezný odpor (R)** – odpor, který klade materiál proti oddělení třísky.

# Řezná síla a řezný odpor



# Řezná síla a řezný odpor

**Celková řezná síla (F):**

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2 + F_z^2} \quad (\text{N})$$

$F_x, F_y, F_z$  – axiální, radiální síly a síla ve směru řezného pohybu (složky celkové řezné síly  $F$ )

**Měrný řezný odpor (p):**

$$p = \frac{F_z}{S_t} \quad (\text{N})$$

Průřez třísky při soustružení:  $S_t = a \cdot b = s \cdot h$  (mm<sup>2</sup>)



# Teplo a chlazení při obrábění

**Práce vynaložená na řezání** se přeměňuje z největší části na **teplo** (až z 90%).

Vznikající teplo ovlivňuje proces řezání:

- Obrobek (jakost povrchu, přesnost tvaru).
- Nástroje (tvrdost nástroje, trvanlivost břitu).

**Chlazení při obrábění** – největší část tepla odchází třískou, snaha o odvod tepla chladícím prostředím.

**Řezné kapaliny** (vodní roztoky, řezné emulze, oleje):

- Zlepšení chladících a mazacích účinků.
- Nesmí vyvolávat korozi a reagovat s nástrojem nebo částmi stroje.
- Málo pěnové a hygienicky nezávadné.

# Produktivita práce

Produktivitu práce při obrábění hodnotíme z hlediska pracnosti, tj. výrobním časem potřebným k obrobení součásti.

**Celkový výrobní čas:**

$$t_c = t_v + t_s$$

$t_v$  – vedlejší čas (upnutí obrobku, seřízení stroje, ..)

$t_s$  – strojní čas (čas, kdy nástroj obrábí součást)

Při soustružení  $t_s$  (čas potřebný k soustružení délky  $L$ ):

$$t_s = \frac{L}{s \cdot n}$$

$L$  – soustružená délka (mm)

$s$  – posuv (mm.min<sup>-1</sup>)

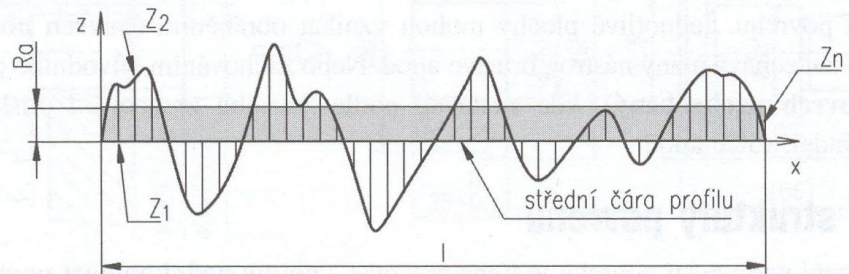
$n$  – otáčky za min

# Kvalita - obrábění

Kvalita výsledků obrábění je dána:

- geometrickým tvarem,
- přesností dosažených rozměrů,
- kvalitou obrobeného povrchu (zpevnění povrchu, drsností, ..).

**Drsnost povrchu** – nerovnosti na obrobené ploše vytvořené stopami řezného nástroje



Výpočet průměrné aritmetické úchylky profilu  $R_a$ :

$$R_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |z_i| = \frac{|z_1| + |z_2| + |z_3| + \dots + |z_n|}{n}$$
$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |z(x)| dx$$

# Kva

Výrobní metoda	Přesnost rozměrů (stupěň přesnosti)		Drsnost povrchu obrobené plochy	
	střední hospodárná	dosahovaný rozsah	střední hospodárná	dosahovaný rozsah
soustružení - hrubování	13	11-14	12,5	12,5-100
na čisto	10	9-11	3,2	1,6-12,5
vrtání šroubovitými vrtáky - bez vedení	13	12-14	6,3	-
s vedením	12	10-13	3,2	-
vyvrtávání na vyvrtávacím stroji - hrubování	12	11-14	25	12,5- 50
na čisto	10	9-11	3,2	1,6- 6,3
vyhrubování	9	9-11	3,2	-
vystružování - ručně	6	6- 8	1,6	-
strojně	8	7- 9	0,8	-
frézování - válcovou frézou, hrubování				
L do 300 mm	12	10-13	25	12,5- 50
jemné frézování, nástroj SK	6	5- 7	0,8	0,4-1,6
hoblování - hrubování				
L 300 mm	12	12-13	50	25 -100
na čisto L 300 mm	10	9-11	6,3	3,2-12,5
protahování - hrubování	8	7- 8	1,6	0,8- 3,2
na čisto	7	5- 7	0,4	0,1- 0,8
broušení - hrubování čelem obvodem	10	9-11	3,2 1,6	-
lapování - normální	4	3- 4	0,1	0,5- 0,2
superfinišování na čisto	4	3- 5	0,1	0,05- 0,2
honování - dokončovací	6	5- 7	0,2	0,1- 0,2
leštění			0,1	0,0125-0,2
zaškrabávání			0,4	0,2- 0,8

# Hlavní části obráběcích strojů

Části obráběcích strojů:

- Lože, stojany, saně, suporty,
- pohony a převodová ústrojí,
- upínání obrobků,
- přípravky.

# Soustruhy

Soustruhy podle uspořádání:

- Hrotové a univerzální,
- revolverové,
- čelní a svislé (karusely),
- poloautomatické, automatické  
speciální.

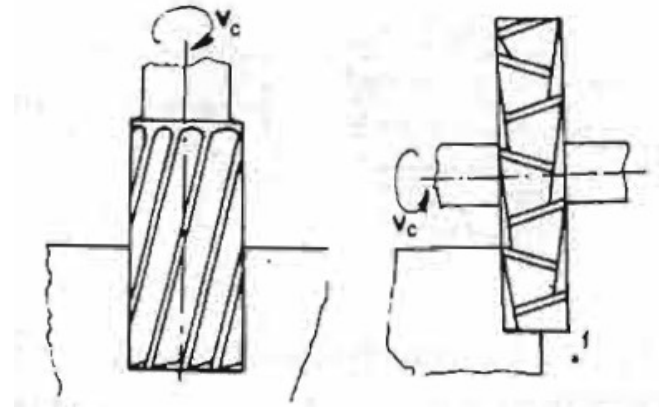


# Frézování

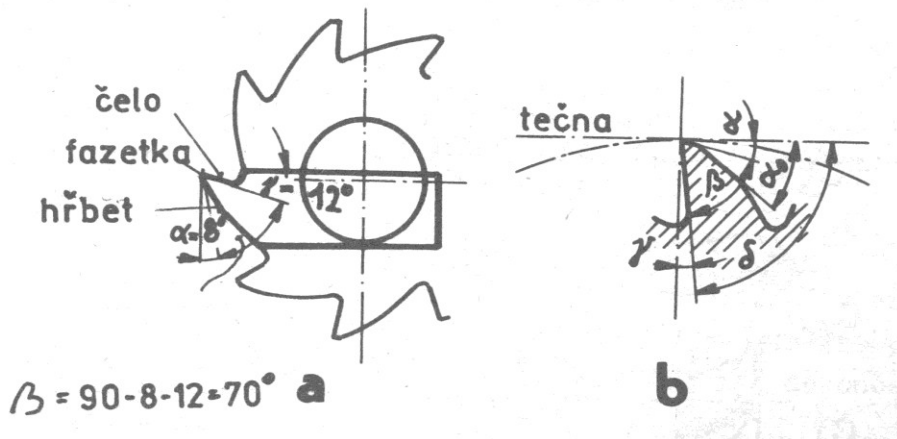
Frézováním se obrábí rovinné plochy, ale i profily a drážky.

**Hlavní řezný pohyb** koná několikahřitý nástroj – **fréza**

Frézování:           - čelní  
                          - obvodové



Geometrie hřítu vále frézvy



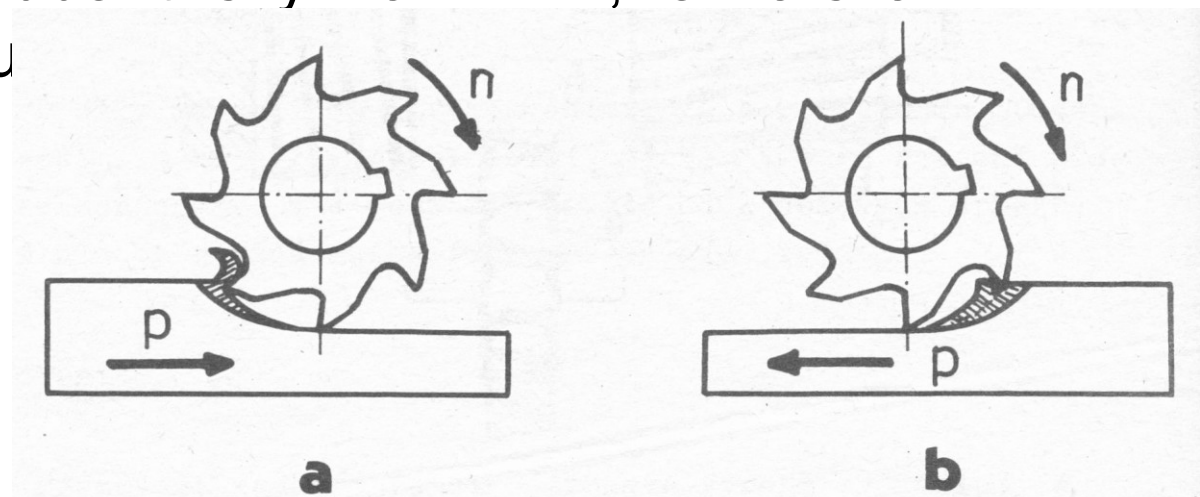
# Frézování sousledné a nesousledné

Podle vzájemného pohybu frézy a obrobku:

- frézování nesousledné (a),
- frézování sousledné (b).

**Nesousledné f.** – odběr třísky min.-max., bez rázů, řezná síla jde nahoru a nepříznivě působí na upnutý obrobek.

**Sousledné f.** – odběr třísky max.-min., řezná síla přitlačuje upnutí frézy.





# Frézky

Stroj používaný k frézování se nazývá **frézka**.

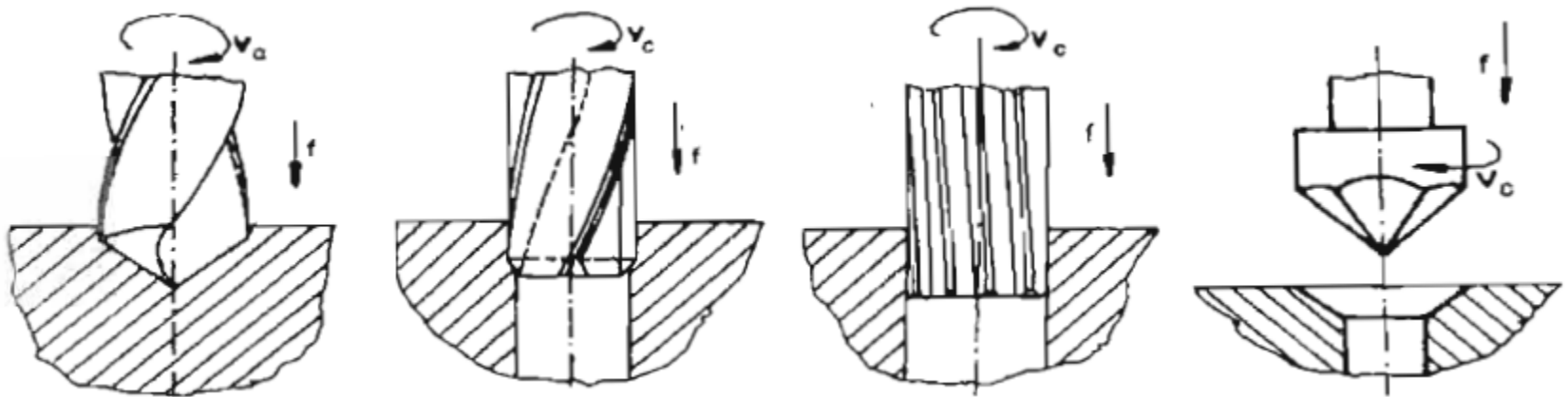
Podle konstrukce lze frézky dělit:

- Frézky konzolové (svislé, vodorovné, univerzální),
- Frézky rovinné,
- Frézky kopírovací,
- Frézky speciální.



# Vrtání a vyvrtávání

Vrtání je jeden z nejstarších způsobů obrábění, zhotovování děr, jejich dokončování a úprava čelních ploch (vrtání, vyhrubování, vystružování,

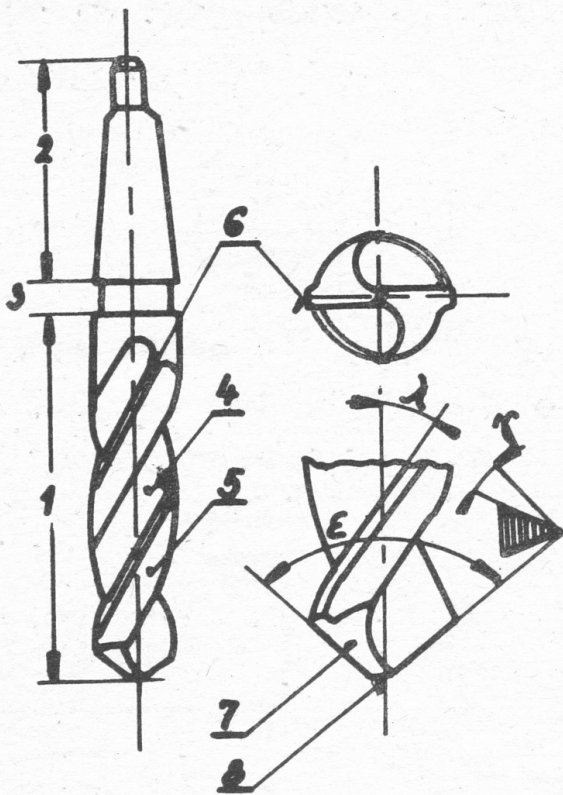


**Hlavní řezný pohyb** koná nástroj – **vrták**.

**Vedlejší pohyb přímočarý posuvný** koná také nástroj.

Nástroj – nejčastěji šroubovitý vrták.

# Šroubovitý vrták



Obr. č. 178. Šroubovitý vrták


1 - tělo vrtáku, 2 - stopka,  
3 - krček, 4 - drážky,  
5 - hřbet, 6 - fazetka,  
7 - hrot, 8 - příčné ostří



# Vrtačky a vyvrtávačky

Vrtání se provádí **na vrtačkách**.

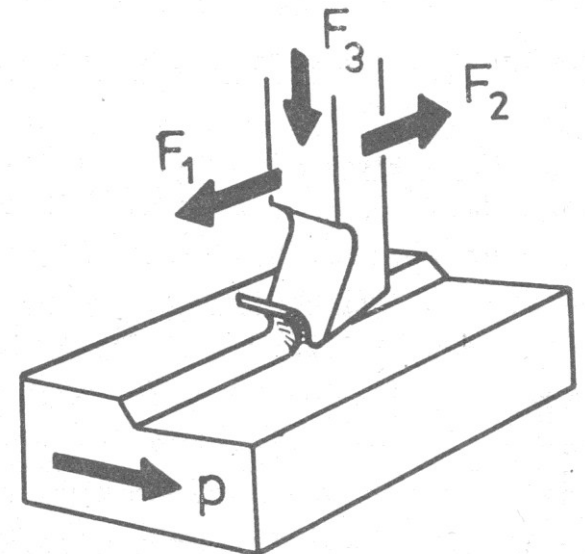
Vrtačky mohou být:

- ruční (malé otvory při montáži, běžné elektrické vrtačky)
- stolní,
- sloupové a stojanové,
- několikavřetenové vrtačky,
- lé vyvrtávačky apod.

# Hoblování

**Hoblování** se používá k vytváření delších vodorovných, svislých nebo šikmých ploch.

**Hlavní řezný pohyb** vykonává obrobek upevněný na loži hoblovky, zpětný pohyb lože je naprázdno (břit nože se zvedne a pohybuje se nad obráběnou plochou) a následně dochází k posuvu nože do záběru.



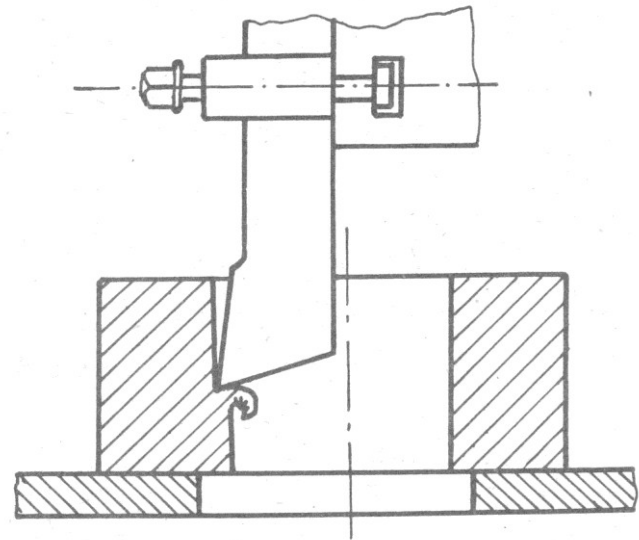
# Obrážení

Podobné použití jako hoblování, vhodné pro výrobu tvarových drážek ap.

**Hlavní řezný pohyb** vykonává nůž.

Obrážečky:

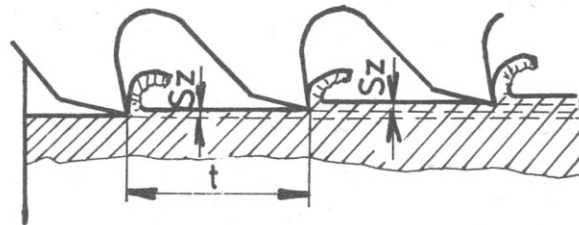
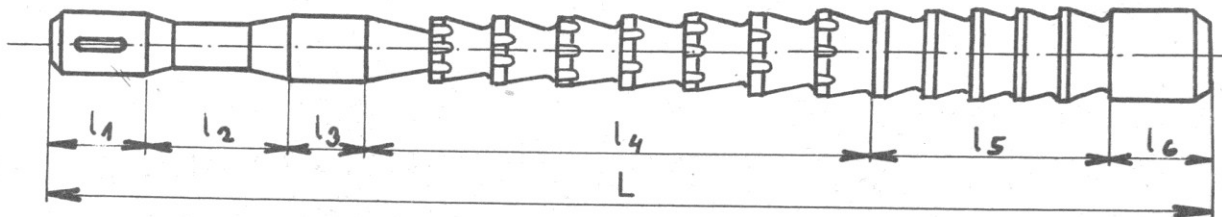
- vodorovné,
- svislé.



# Protahování

**Protahování** produktivní způsob obrábění, ve velkosériové výrobě nahrazuje frézování, hoblování a obrážení. Lze vyrábět tvarové otvory i plochy.

Nástrojem je mnohabřitý protahovací trn.



Obr. č. 209. Protahovací trn

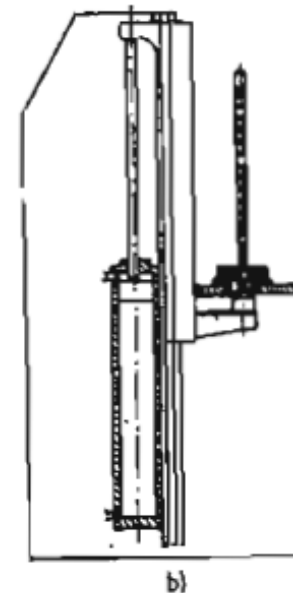
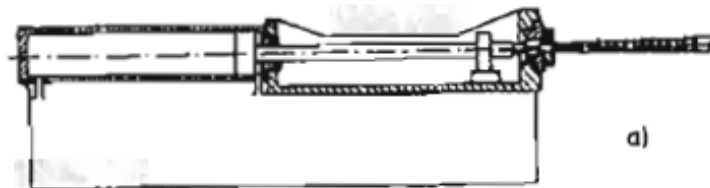
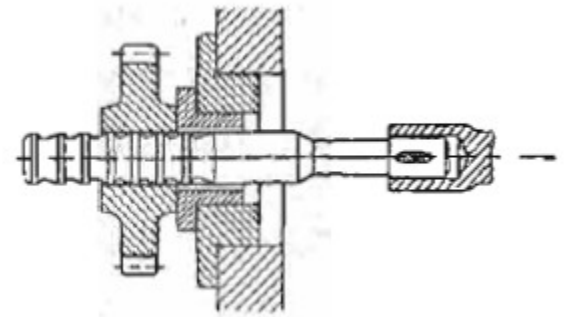
$l_1$  - upínací část,  $l_4$  - řezací část,  $l_3$  - vodící část,  $l_5$  - kalibrovací část

# Protahování

Stroj – **protahovačka**:

- vodorovná (a),
- svislá (b).

Protahovačky s hydraulickým pohor

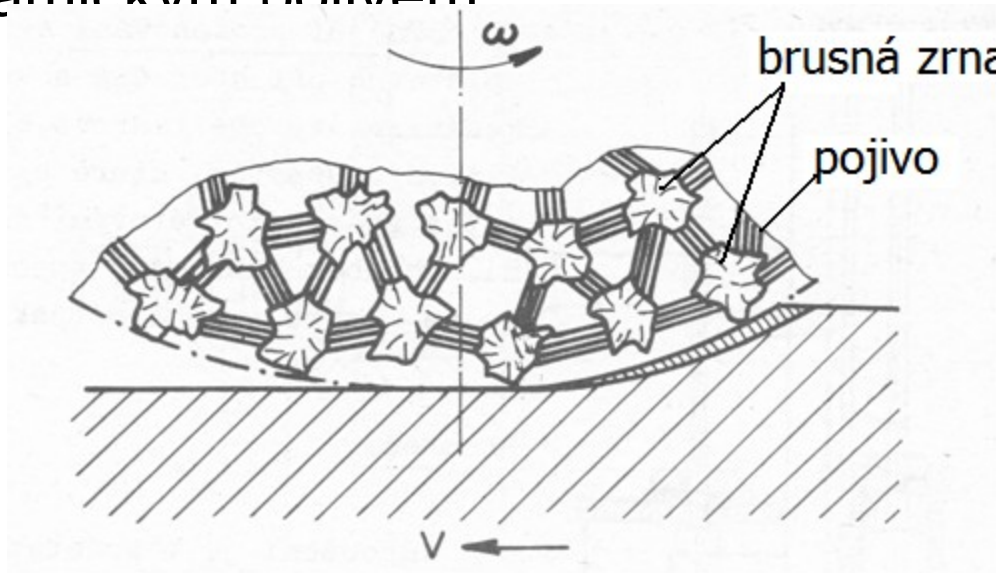




# Broušení

**Broušení** je třískové obrábění mnohabřitým nástrojem. Zrna brusného kotouče tvoří nepravidelně rozložené břity.

Jednotlivá brusná zrna stmelena organickým nebo keramickým pojivem



# Brusné kotouče

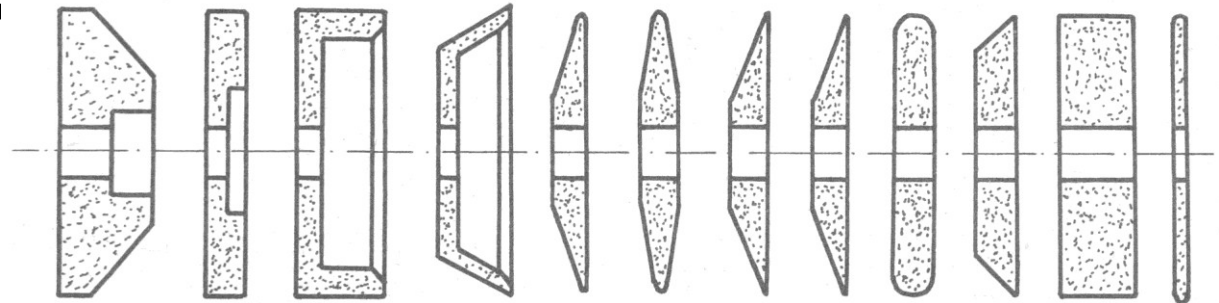
Řezné rychlosti broušení se pohybují v rozmezí 10-100 (200) m.s<sup>-1</sup>.

Vlastnosti brusných kotoučů:

- velikost zrn brusiva,
- tvrdost (odpor zrn proti vylomení).

Optimální tvrdost kotouče – tvrdé (otupování zrn),  
měkké (vydrolování zrn).

Při přesném broušení – chlazení (zabrání se deformacím :



# Brusky

Přídavky na broušení 0,3 - 0,1 mm.

Brusky:

- ruční (hrubé broušení),
- brusky pro přesnou výrobu: hrotové, bezhroté, rovinné, brusky na otvory, zvláštní brusky např. na závity, ozubení.
- brusky k ostření nástrojů.



# Závěr

## Literatura:

- [1] Vondráček, F. *Materiály a technologie I a II*, 1985, 243+244s.
- [2] Mádl, J. a kol. *Technologie obrábění III*. ČVUT, 2000, 81 s.
- [3] Hluchý, M., Kolouch, J. *Strojírenská technologie 1*. Scientia, 2007, 266 s.