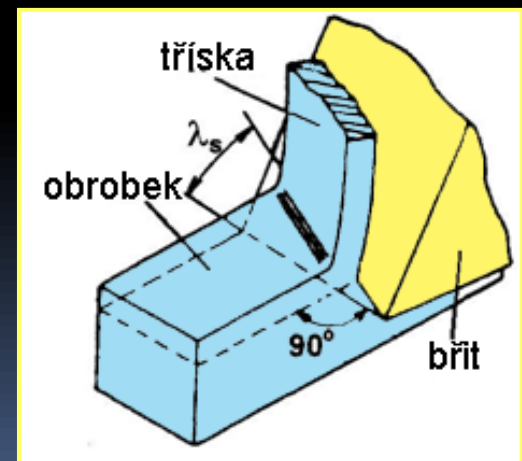
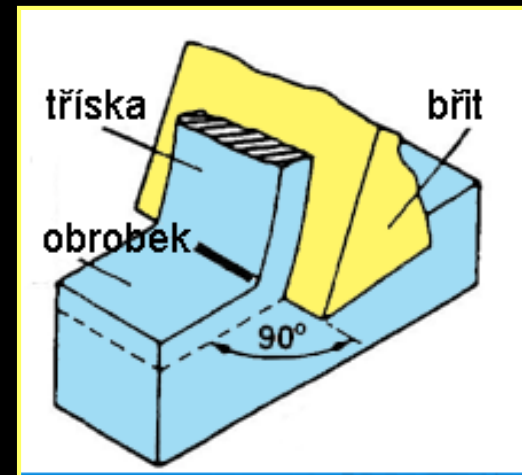


Teorie obrábění

# Práce a síla při řezání

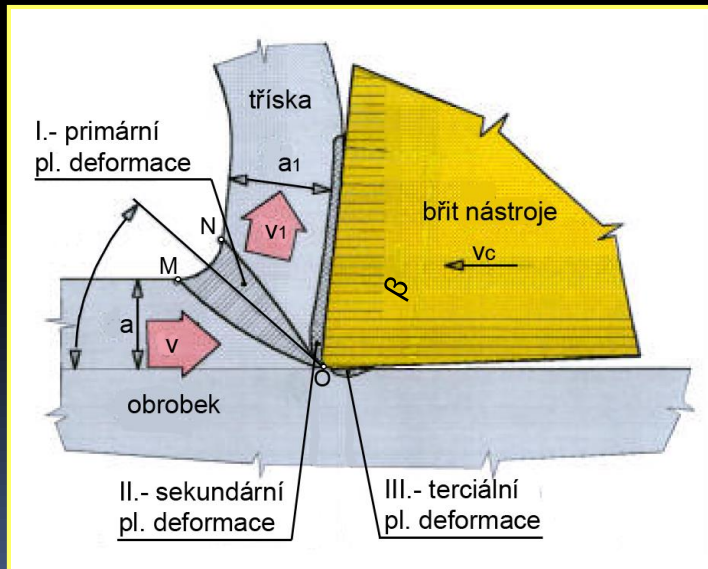
# Fyzikální základy procesu řezání

- **ortogonální řezání**
  - ostří kolmé na směr rezného pohybu (zapichování, protahování, frézování se zuby přímými)
- **obecné řezání**
  - řešení v prostoru (soustružení, vrtání, frézování se zuby ve šroubovici)

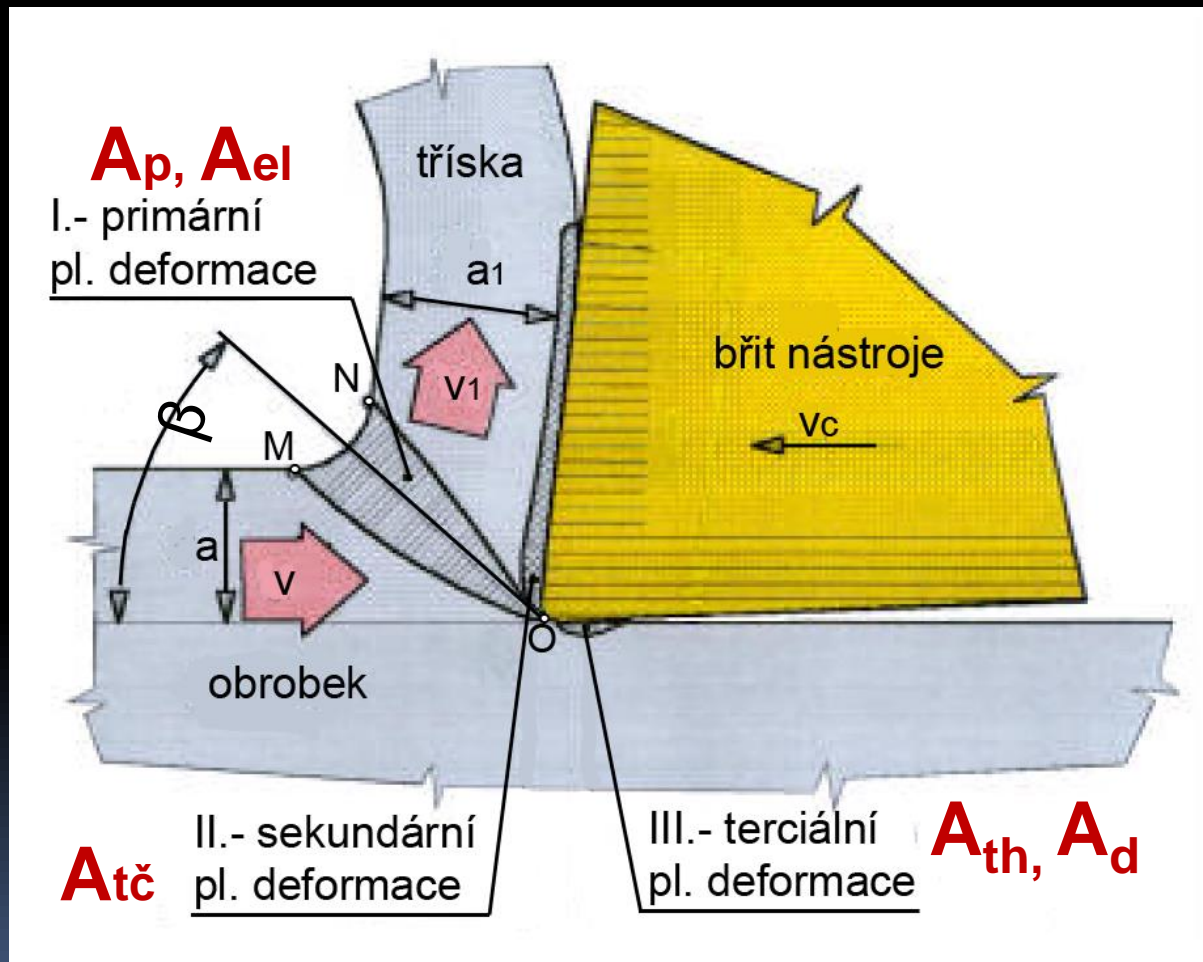


# Vynaložená práce při řezání

- množství práce vynaložené při obrábění - **A**
- obsahuje složky práce vynaložené v oblastech  
- primární, sekundární, terciální  
plastické deformace  
a styčné plochy břitu nástroje s plochou řezu

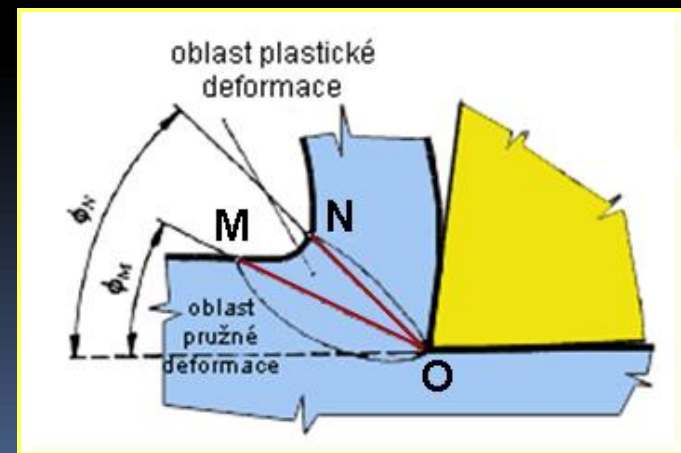


# Vynaložená práce při řezání



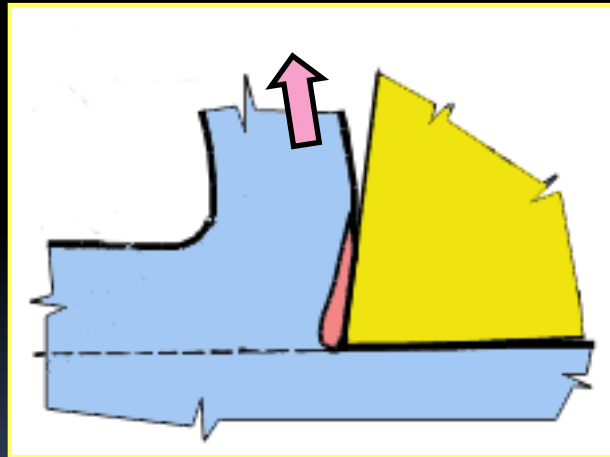
# Primární oblast plastických deformací

- **práce plastických deformací -  $A_p$**   
- vynaložená na plastické deformace obráběného materiálu v oblasti OMN (~80%)
- **práce elastických deformací -  $A_{el}$**   
- spotřebovaná vlivem elastických deformací obráběného materiálu (~2%)



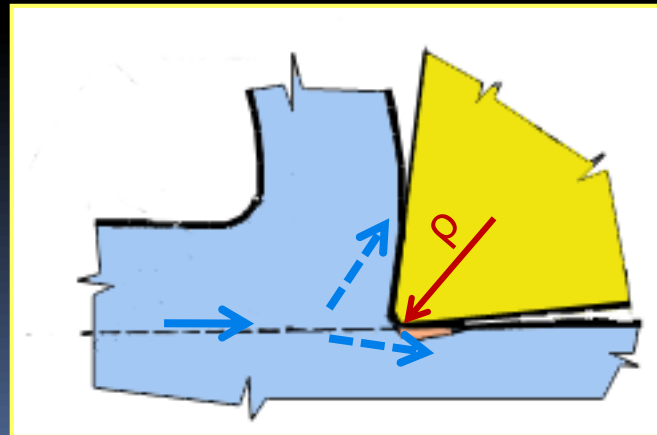
# Sekundární oblast plastických deformací

- **práce tření na čele nástroje -  $A_{tč}$**   
- souvisí s odvodem třísek (až 35%)



# Terciální oblast plastických deformací

- pasivní deformační práce  $A_d$  - vynaložená vlivem nedokonalého ostří o poloměru  $\rho$  (velikost zanedbatelná)
- pasivní práce tření  $A_{th}$  - souvisí s třením plochy hřbetu po ploše řezu (až desítky %)



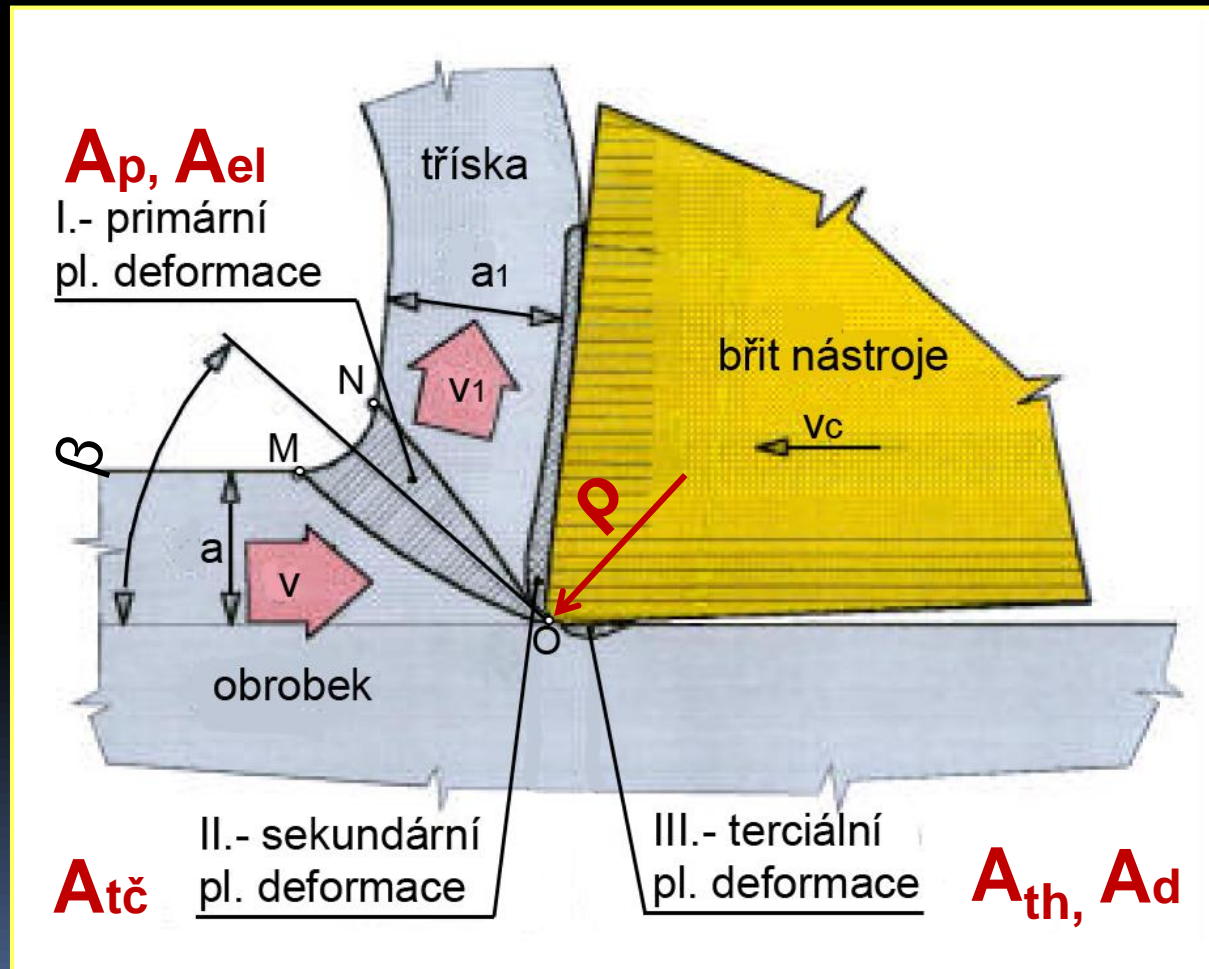
# Výpočet celkové práce - $A$

$$A = A_p + A_{el} + A_{tč} + A_{th} + A_d$$

- práce plastických deformací  $A_p$
- práce elastických deformací  $A_{el}$
- práce tření na čele nástroje  $A_{tč}$
- pasivní práce tření po hřbetu nástroje  $A_{th}$
- pasivní deformační práce  $A_d$



# Práce při řezání



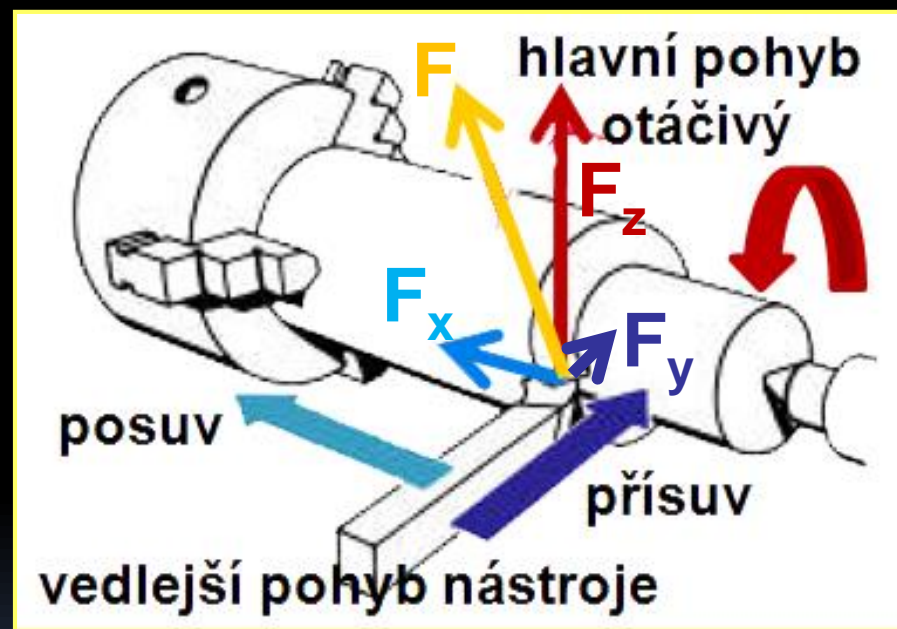
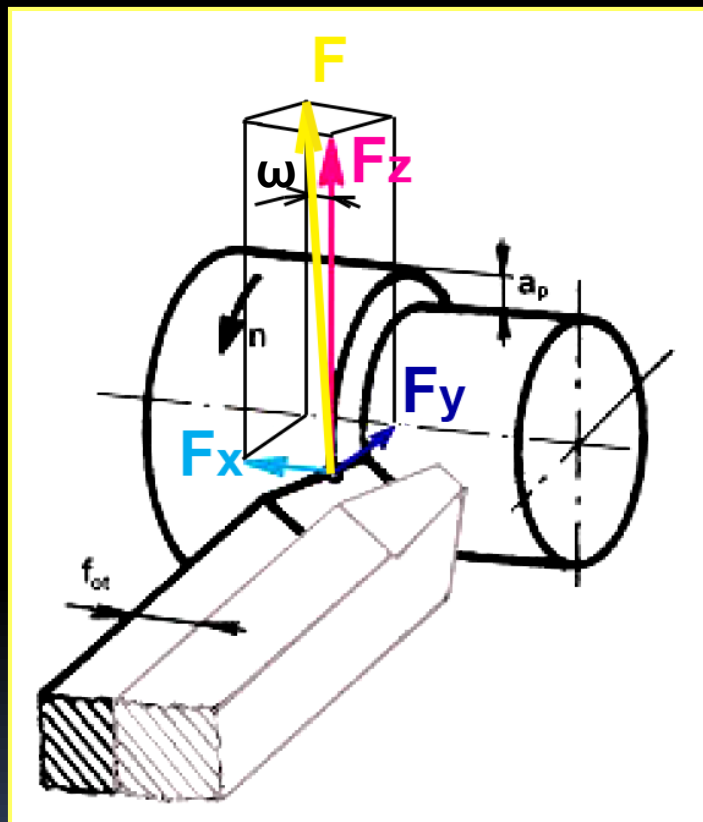
# Výpočet práce při řezání

$$A = F \cdot v \cdot t \cdot \cos \varpi$$

- $F$ ...výsledná řezná síla
- $v$ ...řezná rychlost
- $t$ ...čas obrábění
- $\varpi$ ...úhel, který svírá vektor řezné síly se směrem řezného pohybu
- $F_z$ ..tangenciální složka řezné síly

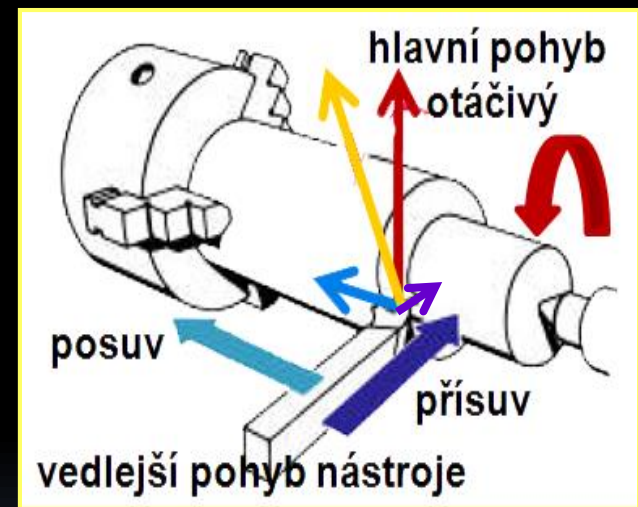
$$F_z = F \cdot \cos \varpi$$

# Řezná síla



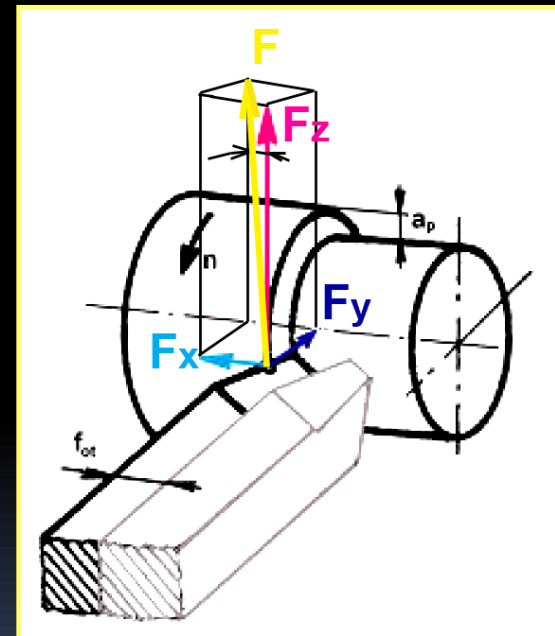
# Řezné síly

- proti vnikání břitu do obrobku působí řezný odpor **R**
- odpor překonává řezná síla **F** (akce a reakce)
- řezná síla se rozkládá do souřadných systémů podle směrů pohybových vektorů



# Složky řezné síly

- $F_z$ ...složka ve směru hlavního řezného pohybu (rotační pohyby - **tangenciální složka**)
- $F_y$ ...složka ve směru přířezu (nastavení břitu na hloubku řezu **a**) - **radiální složka**
- $F_x$ ...složka ve směru posuvu  $f$  - **axiální složka**



# Řezné síly ortogonální

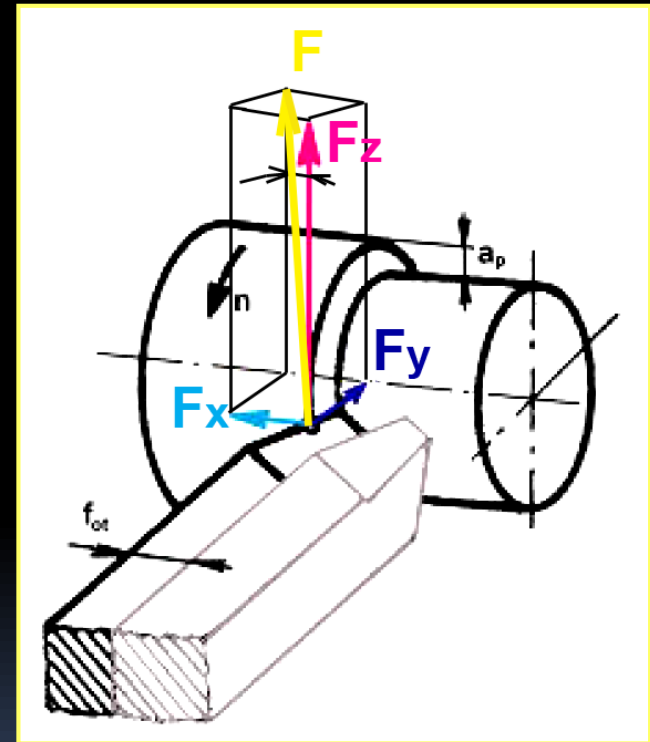
$$F^2 = F_z^2 + F_y^2 + F_x^2$$

$$F = \sqrt{F_z^2 + F_y^2 + F_x^2} \text{ [N]}$$

ISO norma - složky

$F_z$ ,  $F_y$ ,  $F_x$  označovány

$F_c$ ,  $F_p$ ,  $F_f$



# Velikosti řezných sil

- složka  $F_z$  určuje
  - velikost průtažné síly (hoblování, protahování)
  - velikost kroutícího momentu  $M_k$  (rotační pohyb)
- složka  $F_y$  - překonávána tuhostí soustavy (stroj - nástroj - obrobek)
- složka  $F_x$  - překonává posuvový mechanismus
- okrajové podmínky -  $\chi = 45^\circ$ ,  $\gamma > 0^\circ$ ,  $f : a = 1 : 10$   
mezi složkami poměr

$$F_z : F_y : F_x = 1 : 0,45 : 0,25$$

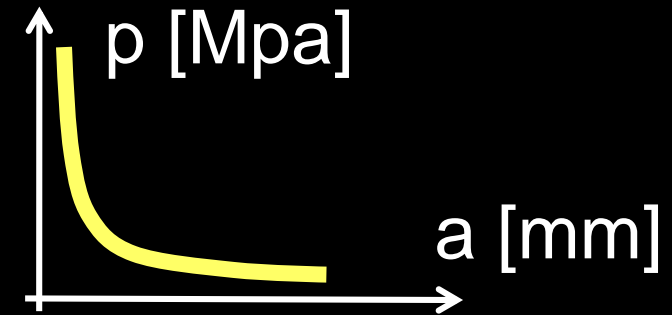
# Metody určení řezné síly

- **praktickým měřením**
  - metoda nepřímá (tj. měření příkonu hlavního elektromotoru obráběcího stroje wattmetrem)
  - metoda přímá (tj. měření řezné síly speciálním siloměrem)
- **výpočtem**
  - z hodnoty měrného řezného odporu **p [Mpa]**
  - z tzv. **empirických vztahů**



# Výpočet - měrný řezný odpor

- $p = f (R_m, HB, v, f, \chi, \gamma \dots)$
- pro střední průřez třísky  
 **$p = (3 \text{ až } 5) \cdot R_m$**



- velikost **p** roste s klesající tloušťkou třísky **a**
- **p** je velikost složky řezné síly **F<sub>z</sub>** vynaložené při odřezávání vrstvy o průřezu **S** = 1 mm<sup>2</sup>

$$p = \frac{F_z}{S} = \frac{F_z}{f \cdot a} [\text{MPa}]$$

$$F_z = p \cdot S [\text{N}]$$

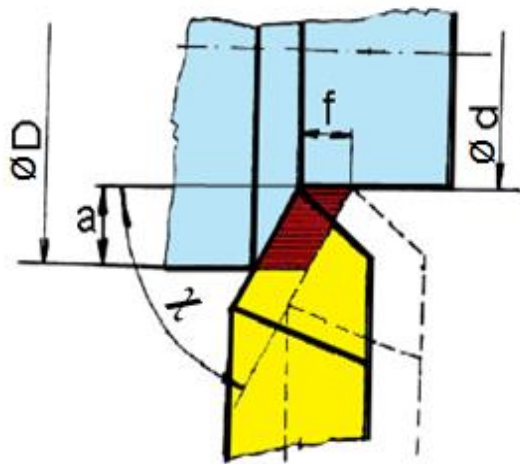
# Průřez třísky

$$S = f \cdot a [\text{mm}^2]$$

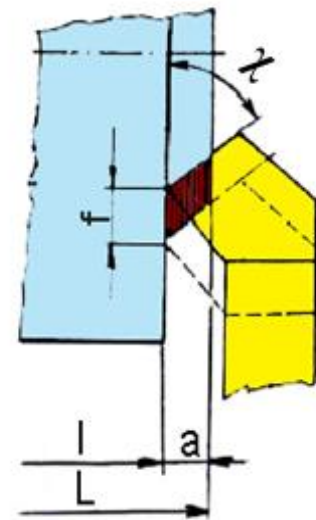
f...posuv [mm]

a...hloubka třísky [mm]

podélné soustružení



čelní soustružení



# Výpočet - empirické vztahy

- odvozeny z výsledků laboratorních měření
- hodnoty konstant **C**, exponentů **X**, **Y** a opravných součinitelů **K** zjištěny experimentálním měřením (udány v normativech)

$$F_z = C_{F_z} \cdot a^{X_{F_z}} \cdot f^{Y_{F_z}} \cdot K_z [\text{N}]$$

$$F_y = C_{F_y} \cdot a^{X_{F_y}} \cdot f^{Y_{F_y}} \cdot K_y [\text{N}]$$

$$F_x = C_{F_x} \cdot a^{X_{F_x}} \cdot f^{Y_{F_x}} \cdot K_x [\text{N}]$$

# Obrobitelnost materiálu

- nejdůležitější vlastnost materiálu
- schopnost materiálu být zpracován některou z metod obrábění
- hlavní činitel ovlivňující volbu řezných podmínek pro správnou funkci nástroje
- vlastnost relativní, určuje se porovnáním s jiným materiálem za stejných podmínek
- závisí na mnoha faktorech

# Faktory ovlivňující obrobiteľnosť

- spôsob výroby a tepelného zpracování mat.
- chemické složení a mikrostruktura materiálu
- fyzikální a mechanické vlastnosti materiálu
- metoda obrábění
- řezné podmínky a prostředí
- geometrie nástroje
- druh a vlastnosti řezného materiálu

# Základní skupiny obrobiteľnosti

- **a - litiny**
  - **b - oceli**
  - **c - těžké neželezné kovy**
  - **d - lehké neželezné kovy**
  - e - plastické hmoty
  - f - přírodní nerostné hmoty
  - g - vytvrzené hmoty
  - h - pryže
  - v - tvrzené litiny pro výrobu válců
- v každé skupině vybrán etalon - **referenční materiál**
  - dle něho relativní obrobiteľnost

# Index obrobitelnosti

- v každé skupině vybrán etalon  
- **referenční materiál**
- dle něho relativní obrobitelnost
- třída obrobitelnosti dána indexem
- třídy označovány číslem před  
písmenem - např. 10a, 14b, ...
- odstupňování indexu obrobitelnosti  
dle kvocientu  $q = \sqrt[10]{10} \approx 1,26$
- nižší číslo horší obrobitelnost a naopak

$$i_o = \frac{V_{c15}}{V_{c15_{ref}}}$$

# Třídy obrobitelnosti

Třídy obrobitelnosti (výběr)						
kvocient	střed	rozsah	litiny	oceli	těžké	lehké
$1,26^{-5}$	0,32	0,29-0,35	6a	9b	6c	5d
$1,26^{-4}$	0,40	0,36-0,44	7a	10b	7c	6d
$1,26^{-3}$	0,50	0,45-0,56	8a	11b	8c	7d
$1,26^{-2}$	0,63	0,57-0,71	9a	12b	9c	8d
$1,26^{-1}$	0,80	0,72-0,89	10a	13b	10c	9d
$1,26^0$	1,00	0,90-1,12	11a	14b	11c	10d
$1,26^1$	1,26	1,13-1,41	12a	15b	12c	11d
$1,26^2$	1,59	1,42-1,78	13a	16b	13c	12d
$1,26^3$	2,00	1,79-2,24	14a	17b	14c	13d
$1,26^4$	2,50	2,25-2,82	není	18b	15c	14d
$1,26^5$	3,15	2,83-3,55	není	19b	není	15d