



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.*

# ŘEZNÉ PODMÍNKY

**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

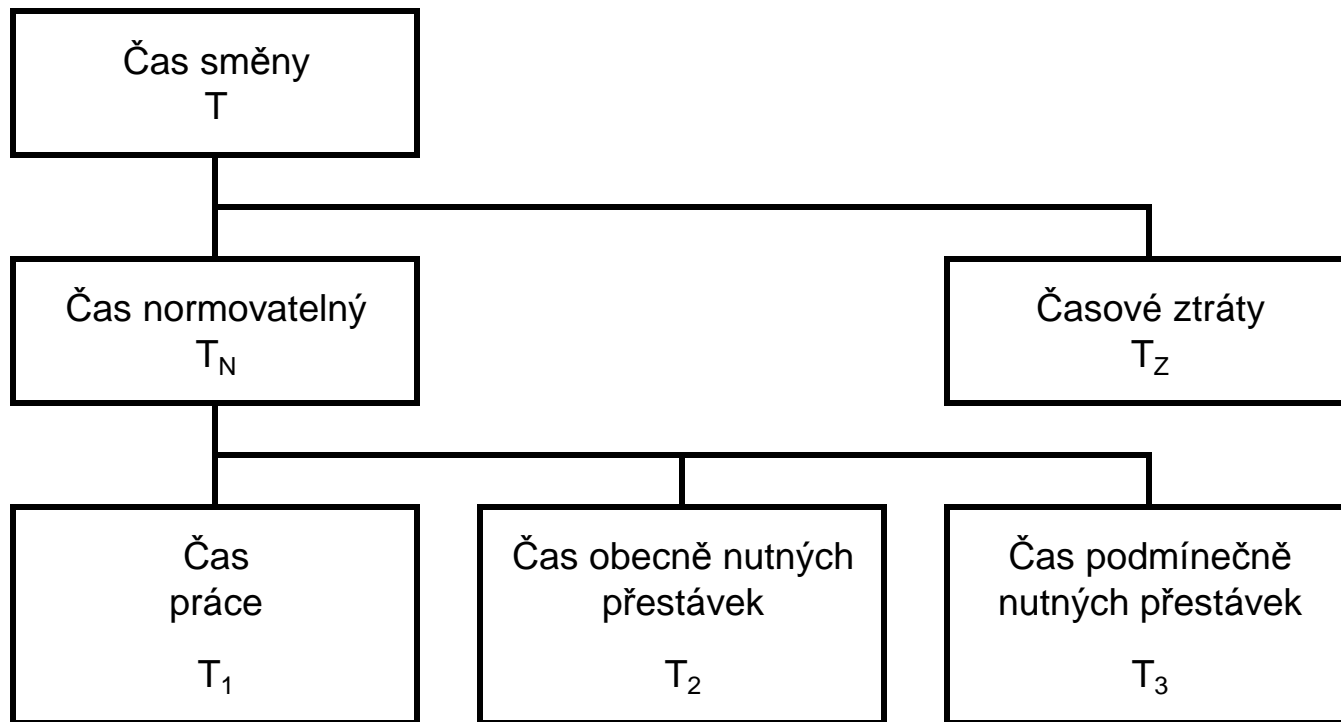


## OBSAH PŘEDNÁŠKY

1. Členění spotřeby času
2. Produktivita obrábění
3. Dosahovaná přesnost a drsnost povrchu
4. Řezné podmínky
5. Optimalizace obrábění

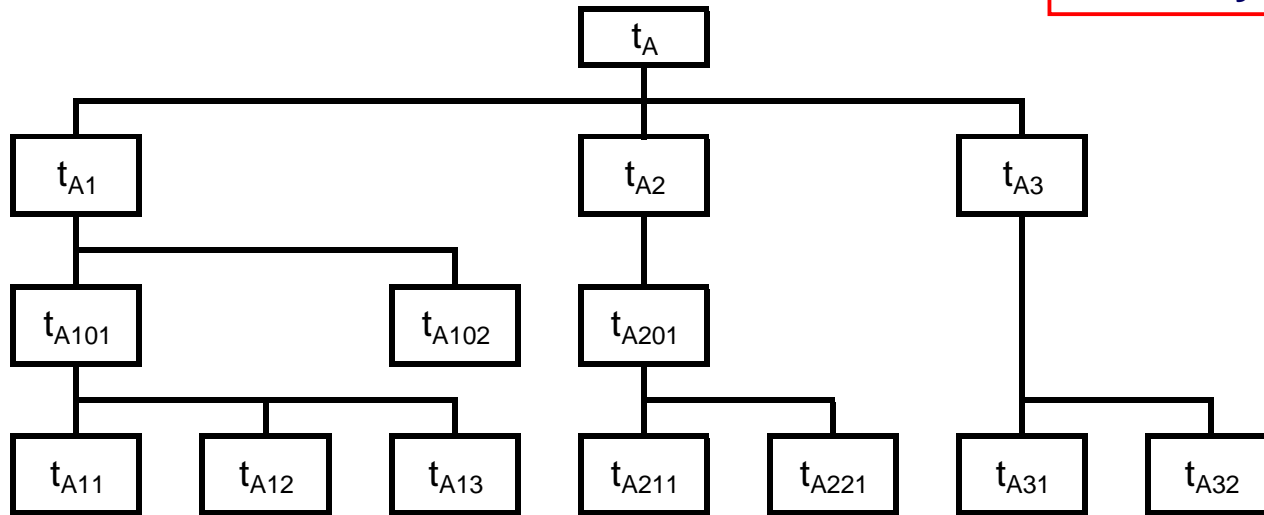
# Členění spotřeby času

- Členění spotřeby času z hlediska pracovníka



# Členění spotřeby času

• Typové schéma normy času jednotkového



Složka času :

Značení časů :  $t_{x x x x}$

Druh času :

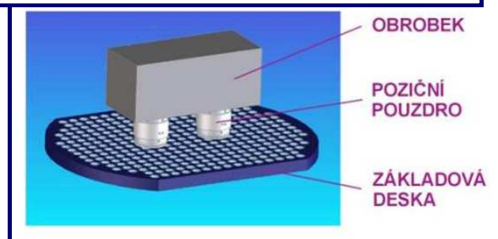
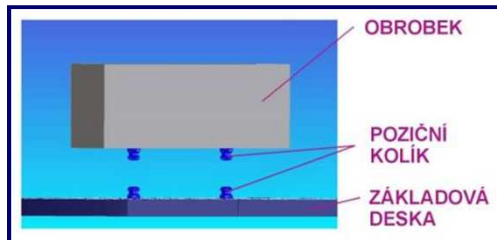
- x A - jednotkový čas ( úměrný počtu kusů )
- B - dávkový čas ( úměrný počtu dávek )
- C - směnový čas ( úměrný počtu směn )

- x 1 - čas práce
- 2 - čas obecně nutných přestávek
- 3 - čas podmíněčně nutných přestávek
- x 1 - čas za klidu stroje
- 2 - čas za chodu stroje
- 3 - čas strojně-ruční
- 0 - úhrnem
- x 1 - čas pravidelně se vyskytující
- 2 - čas nepravidelně se vyskytující

# Členění spotřeby času

## ZKRÁCENÍ VEDLEJŠÍCH ČASŮ - nová metoda upínání obrobků

- princip nové metody upínání:



- **výhody**

- přístup k obrobku z 5-ti stran,
- vysoká přesnost polohování
- vysoká rychlost upínání,
- vysoké upínací síly (tuhost),
- minimální deformace obrobku,
- jednoduchá obsluha

Pozn.: info fy SCHUNK GmbH & Co. KG  
- seminář TU Dresden

- klasické upínání upínacími



KROK 1



KROK 2



KROK 3



KROK 4



KROK 5

- 1 ... otvory na obrobku
- 2 ... poziční kol. na obrobku
- 3 ... poziční kol. na základ. desce

- 4 ... upnutí obrobku pozičními pouzdry
- 5 ... obrábění



- pneumatická poziční pouzdra

# Produktivita obrábění

Produktivitu obrábění hodnotíme :

- a) počtem vyrobených součástí za jednotku času
- b) délkou času potřebného pro jejich výrobu

Měřítkem produktivity při **hrubování** je **objemový výkon obrábění**  $Q_w$  [mm<sup>3</sup>/s]  
- vyjadřuje objem odebraného materiálu (v mm<sup>3</sup>) za jednotku času

- kde :

V ... objem odebraného materiálu  
 $t_s$  ... čas strojní

$$Q_w = \frac{V}{t_s}$$

Měřítkem produktivity při **dokončování** je **plošný výkon obrábění**  $Q_a$  [mm<sup>2</sup>/s]  
- vyjadřuje velikost obrobené plochy (v mm<sup>2</sup>) za jednotku času

- kde :

S ... velikost obrobené plochy  
 $t_s$  ... čas strojní

$$Q_a = \frac{S}{t_s}$$

# Dosahovaná přesnost a drsnost povrchu

## Orientační hodnoty drsnosti povrchu a přesnosti rozměrů

způsob obrábění	drsnost povrchu Ra [ $\mu\text{m}$ ]	přesnost rozměrů IT
Hrubování	> 6,3	$\geq 12$
Obrábění načisto	1,6 - 6,3	9 - 11
Jemné obrábění	0,2 - 1,6	5 - 8
Speciální dokončovací obrábění	< 0,2	< 5

# Řezné podmínky - orientační souhrn

způsob obrábění	hloubka záběru	posuv	řezná rychlost
soustružení	0,03 až 30 mm	0,05 až 2 mm/ot	10 až 600 m.min <sup>-1</sup>
frézování	0,5 až 20 mm i více	0,05 až 0,4 mm/zub	20 až 570 m.min <sup>-1</sup>
vrtání	-	0,05 až 1,1 mm/ot	10 až 300 m.min <sup>-1</sup>
vyhrubování	0,3 až 1 mm	- " -	15 až 45 m.min <sup>-1</sup>
vystružování	0,1 až 0,3 mm	- " -	3,5 až 15 m.min <sup>-1</sup>
broušení	0,001 až 0,075 mm/ot	8 až 35 m.min <sup>-1</sup>	20 až 120 m.s <sup>-1</sup>

Volba **řezných podmínek** je závislá na vlastnostech nástroje, stroje, obrobku i prostředí (materiál řezného nástroje, druh stroje a obráběného materiálu a chlazení a pod.) a na požadovaných vlastnostech obrobku (přesnost rozměrů a tvaru, drsnost obrobeného povrchu, ovlivnění povrchové vrstvy obrobené plochy a pod.). Při obrábění vysokými řeznými rychlostmi vzniká v místě řezu značné množství tepla; při intenzivním obrábění je proto ve většině případů nutné přivádět do místa obrábění dostatečné množství řezné kapaliny. Řezná kapalina splňuje následující základní funkce: odvádí část tepla, vzniklého při obrábění, snižuje tření v místě řezu a tím i množství vzniklého tepla a odplavuje vzniklé třísky. Při volbě řezných podmínek je vhodné se řídit doporučeními výrobce nástrojů, které výrobci uvádí v katalogu nebo v příručkách.



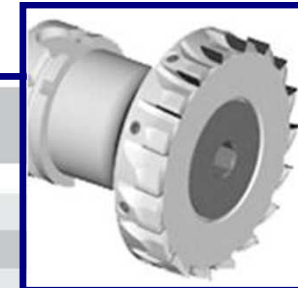
# Řezné podmínky

## VYSOCEPRODUKTIVNÍ NÁSTROJE Z POLYKRISTALICKÉHO DIAMANTU

Pozn.:  
info fy Mapal C&S s.r.o.

### • HSC frézování

Materiál	Řezná rychlost $v_c$ (m/min)	Posuv na zub $f_z$ (mm)	Hloubka záběru (mm)
Al < 4%Si	500 – 5,000	0.05 – 0.2	0.1 – 5.0
Al 4–8%Si	500 – 4,000	0.05 – 0.2	0.1 – 5.0
Al 9–13%Si	400 – 3,800	0.05 – 0.2	0.1 – 5.0
Al > 13% Si	250 – 3,000	0.03 – 0.15	0.1 – 3.0
slitiny hořčíku	300 – 6,000 ●	0.05 – 0.3	0.1 – 4.0
slitiny mědi	300 – 6,000 ●	0.05 – 0.4	0.1 – 3.0
mosaz	300 – 5,000	0.05 – 0.25	0.1 – 4.0
grafit	250 – 2,500	0.05 – 0.2	0.1 – 3.0



•  $v_c$  až  
100 m/s !

### • HSC vrtání

Materiál	Řezná rychlost $v_c$ (m/min)	Posuv na zub $f_z$ (mm)	Hloubka záběru (mm)
Al < 4%Si	300 – 1.200	0,1 – 0,4	0,1 – 4,0
Al 4–8%Si	200 – 1.000	0,1 – 0,4	0,1 – 4,0
Al 9–13%Si	100 – 800	0,08 – 0,2	0,1 – 4,0
Al > 13% Si	100 – 800	0,05 – 0,2	0,1 – 3,0
slitiny hořčíku	200 – 1.000	0,1 – 0,4	0,1 – 4,0
slitiny mědi	100 – 500	0,05 – 0,2	0,1 – 4,0
mosaz	200 – 1.000	0,05 – 0,15	0,1 – 4,0
grafit	250 – 1.500 ●	0,01 – 0,1	0,1 – 2,0

•  $v_c$  až  
25 m/s !

## Řezné podmínky

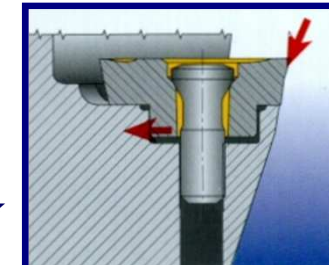
### VYSOCEPRODUKTIVNÍ FRÉZOVACÍ HLAVY HFC

- snížení  
strojního času



- vysoceproduktivní nástroj typu "HELIOCTO" určený pro obrábění s extrémně velkými posuvy -
  - posuv na zub  $f_z = 2,5$  mm/zub ,
  - hloubka záběru  $a_p = 2$  mm

- tvar VBD zajišťuje vysokou tuhost upnutí



- vysoceproduktivní nástroj typu „FEEDMILL“ určený pro obrábění s extrémně velkými posuvy -
  - posuv na zub  $f_z = 3,5$  mm/zub ,
  - hloubka záběru  $a_p = 1,5$  mm

# Optimalizace obrábění

**Optimalizace - dosažení maxima produktivity při minimálních nákladech a při zachování požadované jakosti výrobku**

## **ZÁSADY PRO VOLBU OPTIMÁLNÍCH ŘEZNÝCH PODMÍNEK**

1. řezné podmínky musí zaručit dodržení požadavků na výrobek
2. řezné podmínky musí odpovídat parametrům obráběcího stroje
3. řezné podmínky (konkrétně průřez třísky) je omezen tuhostí soustavy SNOP
4. řezné podmínky musí být voleny co nejehospodárněji

### **Fáze HRUBOVÁNÍ**

1. **volíme co největší hloubku záběru  $a_p$**  (omezení : výkon stroje, tuhost obrobku)
2. **volíme co největší posuv  $f$**  (omezení: výkon stroje, tuhost obrobku)
3. **kontrolujeme výkon obrábění ,  $P_{už} \leq F_e \cdot v_e$**
4. **kontrolujeme složky výsledné řezné síly,  $F_c \leq F_{cDOV}$  ,  $F_p \leq F_{pDOV}$  ,  $F_f \leq F_{fDOV}$**
5. **kontrolujeme zda podmínky obrábění leží v pracovní oblasti výkonové charakteristiky obráběcího stroje**

# Optimalizace obrábění

## HRUBOVÁNÍ (pokračování)

6. určíme optimální trvanlivost nástroje  $T_{OPT}$

7. určíme optimální řeznou rychlost  $v_{cOPT}$  (odpovídající optimální trvanlivosti)

$$v_{cOPT} = v_T = \frac{C_v''}{a_p^{x_v} \cdot f^{y_v}} \left[ \frac{\text{m}}{\text{min}} \right]$$

$C_v''$  ... konstanta

$x_v, y_v$  ... exponenty

### Fáze HLAZENÍ

1. hloubka záběru  $a_p$  dána přídavkem na hlazení

2. posuv  $f$  je omezen požadovanou drsností povrchu

3. pro optimální trvanlivost nástroje  $T_{OPT}$  určíme optimální řeznou rychlost  $v_{cOPT}$

$$v_{cOPT} = v_T = \frac{C_v''}{a_p^{x_v} \cdot f^{y_v}} \left[ \frac{\text{m}}{\text{min}} \right]$$

$C_v''$  ... konstanta

$x_v, y_v$  ... exponenty

# Optimalizace obrábění

- Určení optimální trvanlivost nástroje  $T_{OPT}$

## ◆ Celkové náklady vynaložené na výrobu součásti

- nákladová funkce

$$N = N_S + N_V + N_N$$

$$N_S = t_s \cdot \frac{D_S}{60}$$

$$N_V = t_v \cdot \frac{D_S}{60}$$

$$N_N = t_s \cdot \frac{N_P - N_Z + z \cdot N_{OSTR}}{T \cdot z}$$

$N_S$  ... nákl. na strojní práci

$N_V$  ... nákl. na vedlejší práci

$N_N$  ... nákl. na nástroje

$t_s$  ... strojní čas

$t_v$  ... vedlejší čas

$N_{P,Z}$  ... pořizovací, zůstatková hodnota nástroje

$N_{OSTR}$  ... náklady na ostření (výměnu) nástroje

$D_S$  ... náklady na 1 hod. práce stroje

$T$  ... trvanlivost nástroje

$z$  ... počet možných ostření (výměn) nástroje

# Optimalizace obrábění

- Určení optimální trvanlivost nástroje  $T_{OPT}$

- analytické řešení a grafické vyjádření

$$1. \quad N = t_s \cdot \frac{D_s}{60} + t_v \cdot \frac{D_s}{60} + t_s \cdot \frac{N_P - N_Z + z \cdot N_{OSTR}}{T \cdot z}$$

$$2. \quad N = f(T)$$

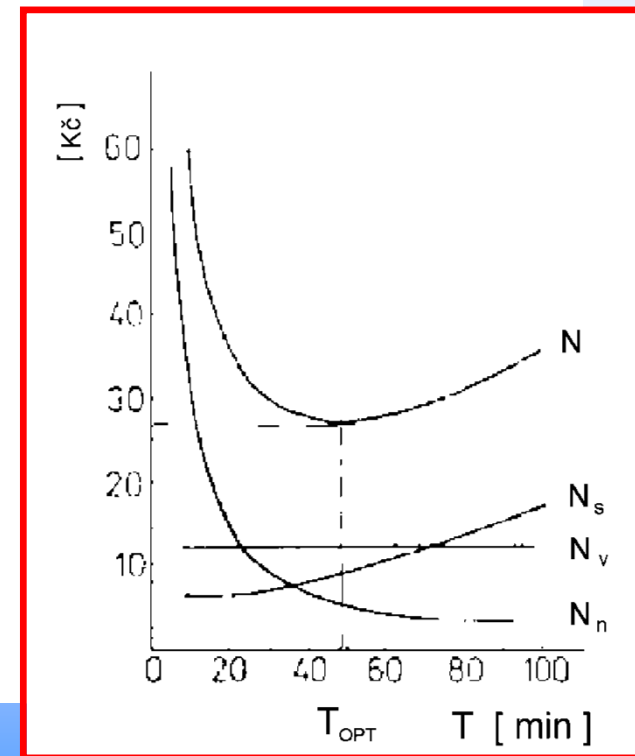
$$t_s = f(T)$$

$$t_s = K \cdot T^{\frac{1}{m}}$$

$$N = K \cdot T^{\frac{1}{m}} \cdot \frac{D_s}{60} + t_v \cdot \frac{D_s}{60} + K \cdot T^{\frac{1}{m}} \cdot \frac{N_P - N_Z + z \cdot N_{OSTR}}{T \cdot z}$$

$$3. \quad \frac{\partial N}{\partial T} = 0$$

$$\Rightarrow N_{MIN} \Rightarrow T_{OPT}$$



# Řezné nástroje s definovanou geometrií břitu - aktuální tendence

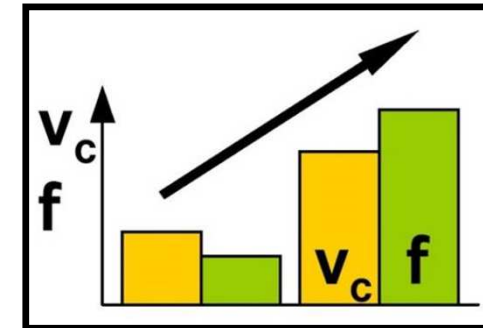
## TECHNOLOGICKÉ KNOW-HOW

### Hospodárnost obrábění

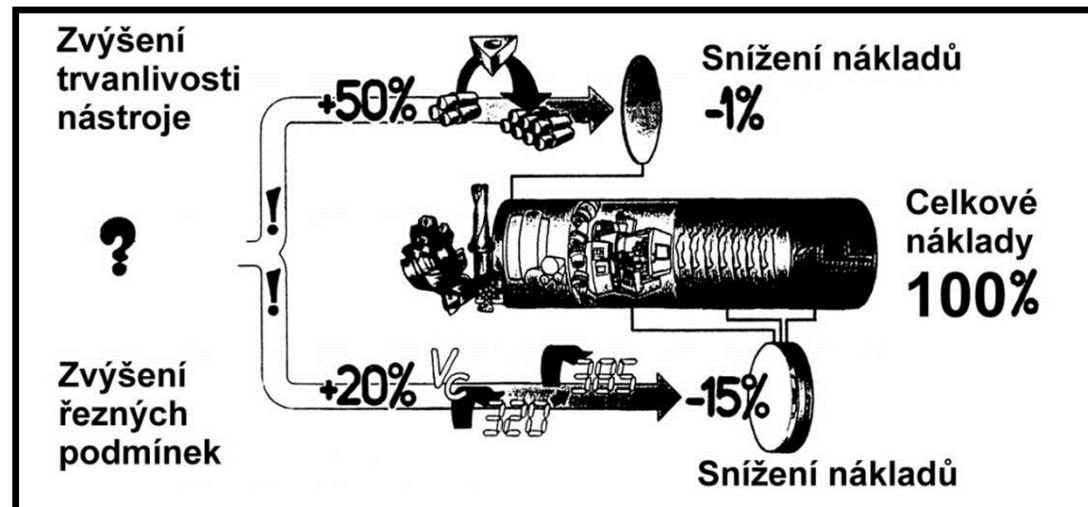
- zvyšování trvanlivosti nebo řezných podmínek ?

- zvýšení trvanlivosti o 50%  
- snížení celkových nákladů o 1 %

- zvýšení řezných podmínek o 20 %  
- snížení celkových nákladů o 15 %



- $v_c$  ... řezná rychlost
- $f$  ... posuv



# 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"