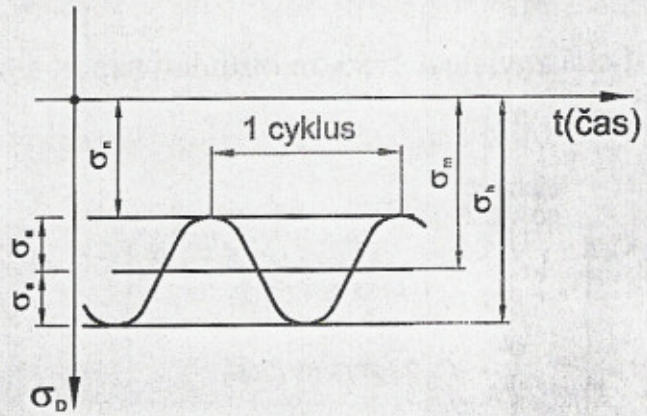
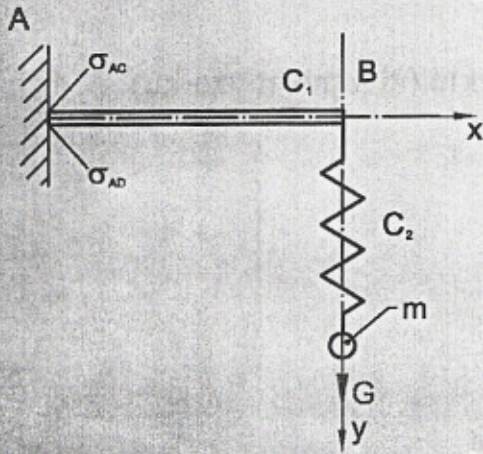


## Cyklické namáhání



kde:

$\sigma_n$ - dolní napětí

$\sigma_m$ - střední napětí

$\sigma_h$ - horní napětí

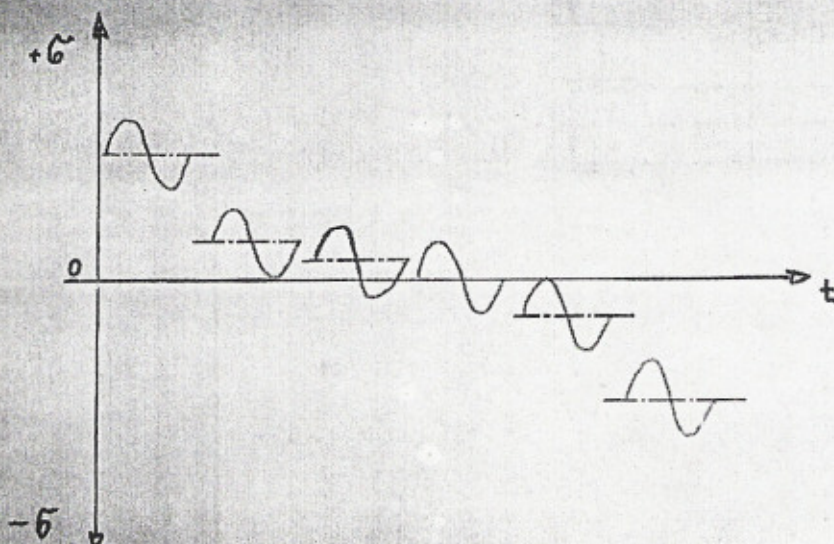
$\sigma_a$ - amplituda napětí

$2\sigma_a$ - výkmit

$$\sigma_m = \frac{\sigma_h + \sigma_n}{2}$$

$$2\sigma_a = \sigma_h - \sigma_n$$

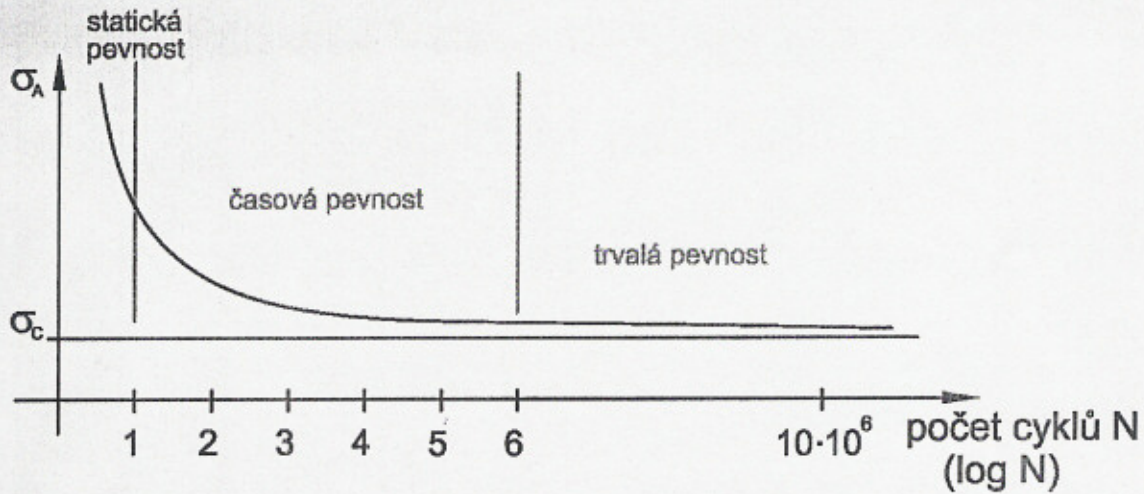
## Cyklické namáhání



Hodnoty napětí  $\sigma$ ,  $\tau$  - jsou funkcí času a předpokládáme ustálené cykly

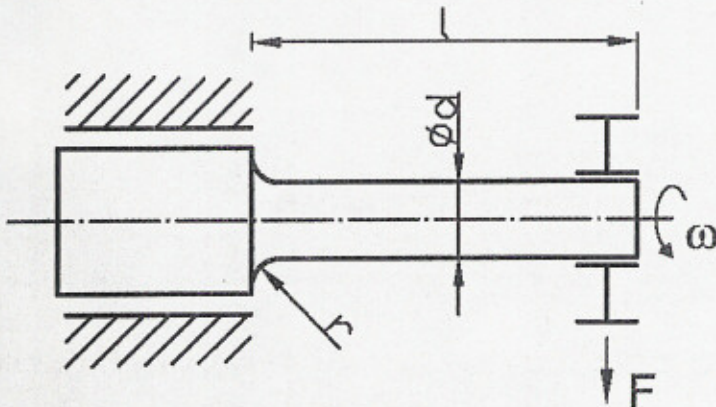
## 1) Wohlerova křivka

Grafická závislost mezi amplitudou napětí a počty cyklů (životností vzorku)



$\sigma_C$  - je nejmenší amplituda napětí, při kterém materiál vzorku vydrží neomezený počet cyklů - ( $\sigma_C$  - mez únavy)

Příklad zkušební tyčky



Pro oceli s pevností ( $\sigma_{P,t} = 500-1500 \text{ MPa}$ ) byly zkouškami určeny hodnoty meze únavy  $\sigma_C$

Střídavý tah, tlak  $\sigma_C = 0,35 \sigma_{P,t}$

Míjivý tah, tlak  $\sigma_C = 0,61 \sigma_{P,t}$

Míjivý krut  $\tau_{Kh} = 0,49 \sigma_{P,t}$

Střídavý krut  $\tau_{Kc} = 0,25 \sigma_{P,t}$

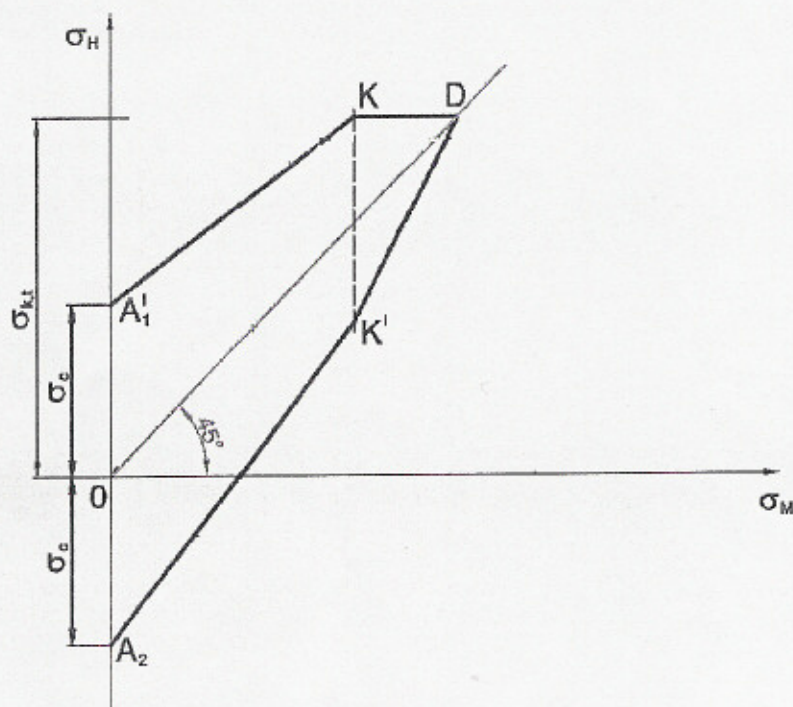
Střídavý ohyb  $\sigma_{OC} = 0,49 \sigma_{P,t}$

Míjivý ohyb  $\sigma_{Oh} = 0,74 \sigma_{P,t}$

Souvislost přípustného statického a dynamického namáhání znázorňuje Smithův nebo Haighův diagram

Smithův diagram

Smithův diagram se používá v technické praxi pro vyjádření odolnosti materiálu proti únavě při dynamickém namáhání s různým statickým předpětím.



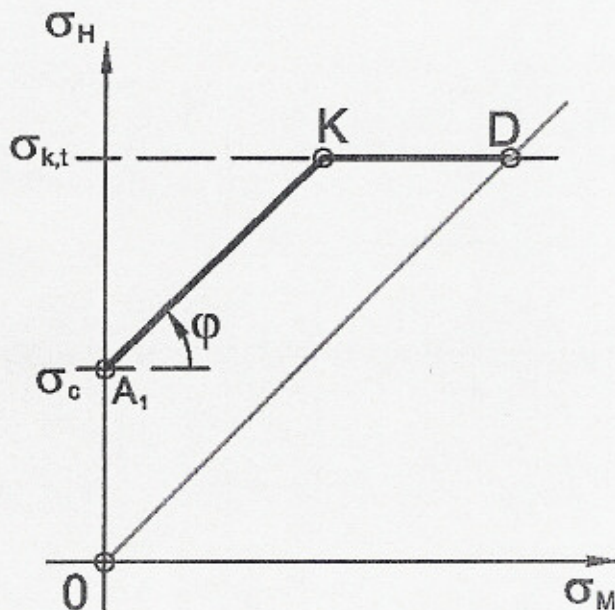
## Konstrukce Smithova diagramu

- Musíme znát :- mez únavy pro střídavě souměrný cyklus  $\sigma_c$
- úhel  $\varphi$ , který svírá čára horních mezních napětí s vodorovnou osou (podle tab.)
  - mez kluzu  $\sigma_{k,t}$

### Mez pevnosti v tahu $\sigma_{P,t}$ (MPa)

	300-500	500-700	700-1000	1000-1200
tg $\varphi$ (tah, tlak)	1	0,95	0,9	0,8
tg $\varphi$ (krut)	1	1	0,95	0,9

*tab.*



Ze Smithova diagramu můžeme ke každému střednímu napětí  $\sigma_m$  určit hodnotu  $\sigma_h$  (případně  $\sigma_n$ ).

Aby nevznikly trvalé deformace nesmí být překročena mez kluzu.

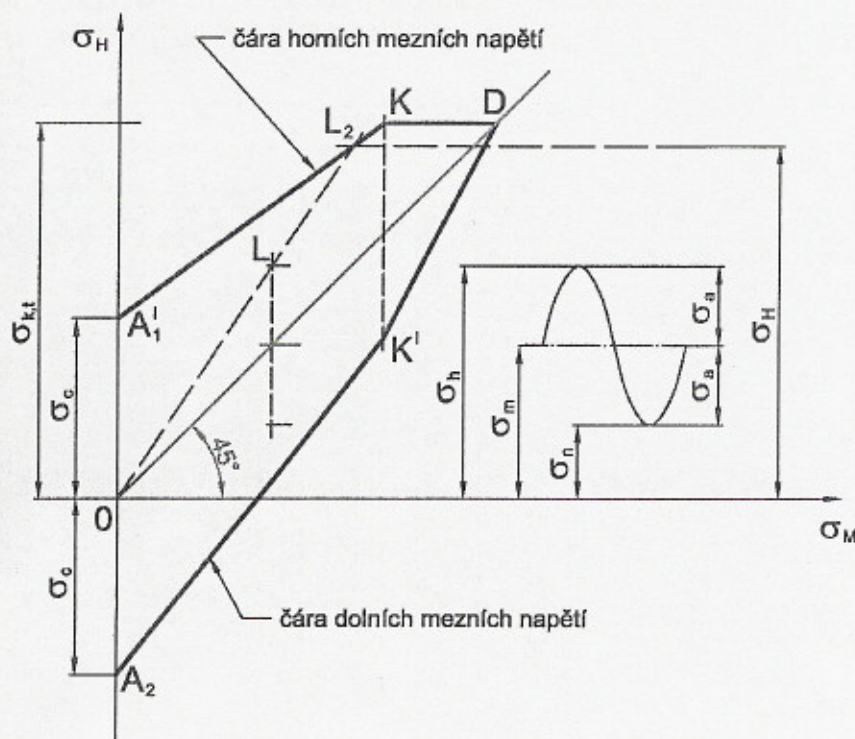
Výchozí hodnotou je mez únavy materiálu  $\sigma_c$ , což je amplituda napětí, kterou vydrží materiál neomezeně dlouhou dobu (platí pro souměrně střídavý cyklus).

Pro obecný cyklus hledáme ze Smithova diagramu takové amplitudy napětí, které součást vydrží neomezeně dlouho.

### Míra bezpečnosti provozního cyklu

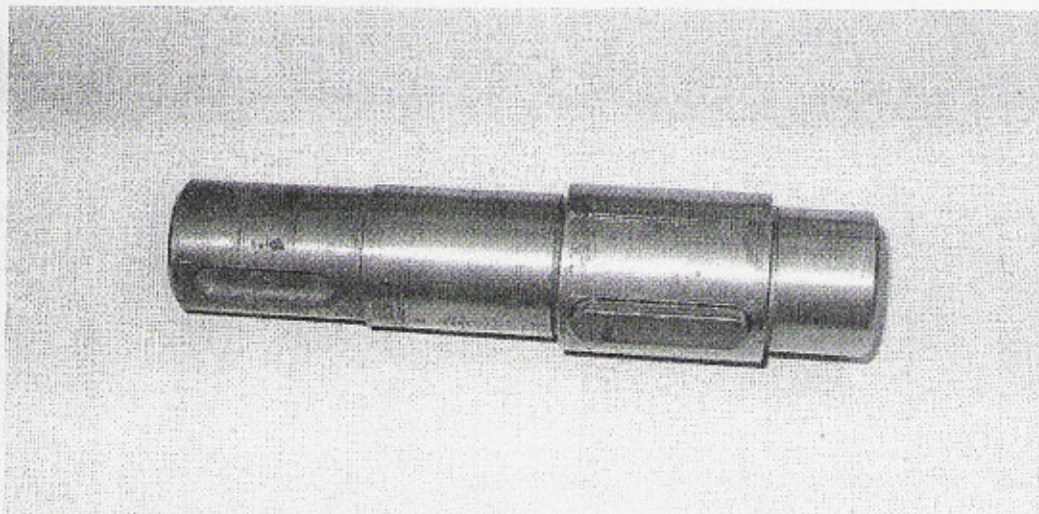
Pro danou hodnotu  $\sigma_m$  a za předpokladu

$$\frac{\sigma_a}{\sigma_m} = konst$$



$$k = \frac{\sigma_H}{\sigma_m} = \frac{OL_2}{OL}$$

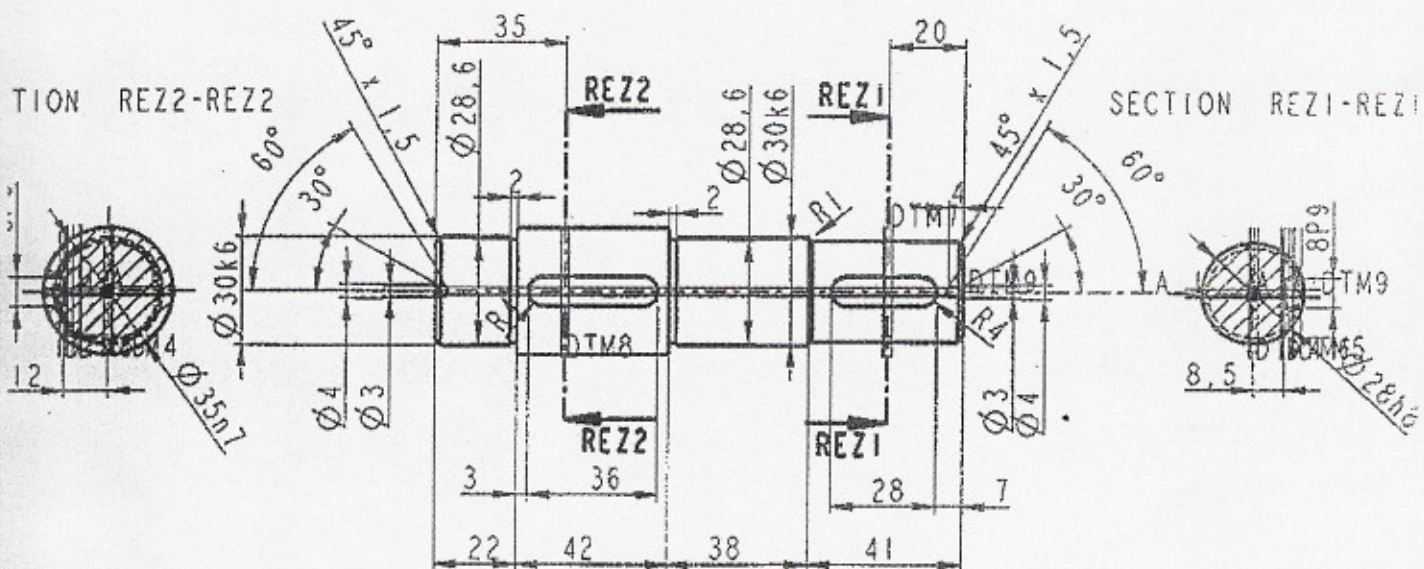
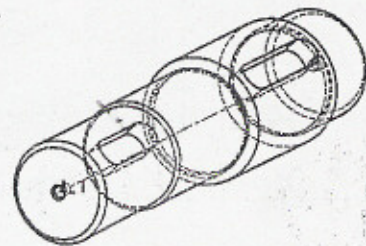
# Vliv tvaru, velikosti a stavu povrchu součásti na rozložená napětí



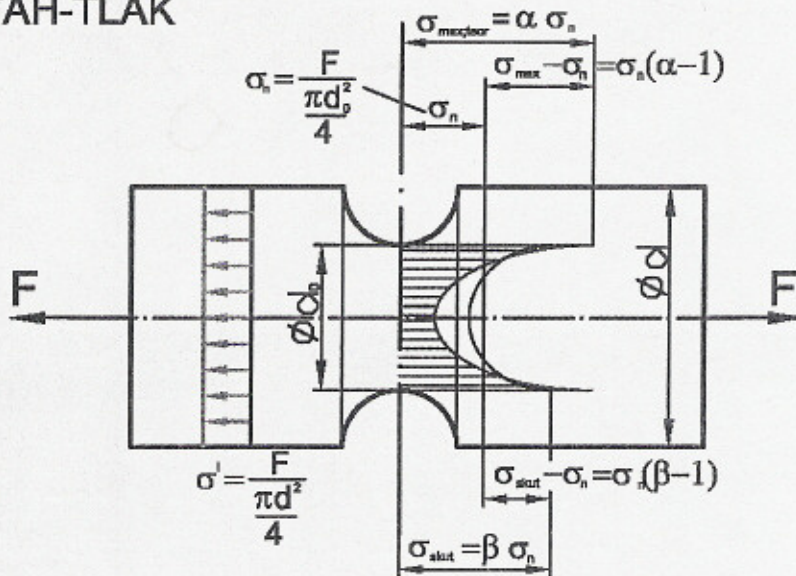
Vliv tvaru, velikosti a stavu povrchu součásti na rozložená napětí  
Skutečná součást má mez únavy nižší, než hladká tyč bez vrubů.

Rozhodující vlivy:

- tvar součásti
- velikost součásti
- stav povrchu součásti



TAH-TLAK



$$\sigma_{skut} = \sigma_n \cdot \beta$$

kde: -  $\beta$  vrubový součinitel koncentrace napětí

$\beta$  - fce(  $D, d, R, \sigma_{Pt}, \dots$  vis diagramy)

$$\beta = 1 + (\alpha + 1) \eta_c$$

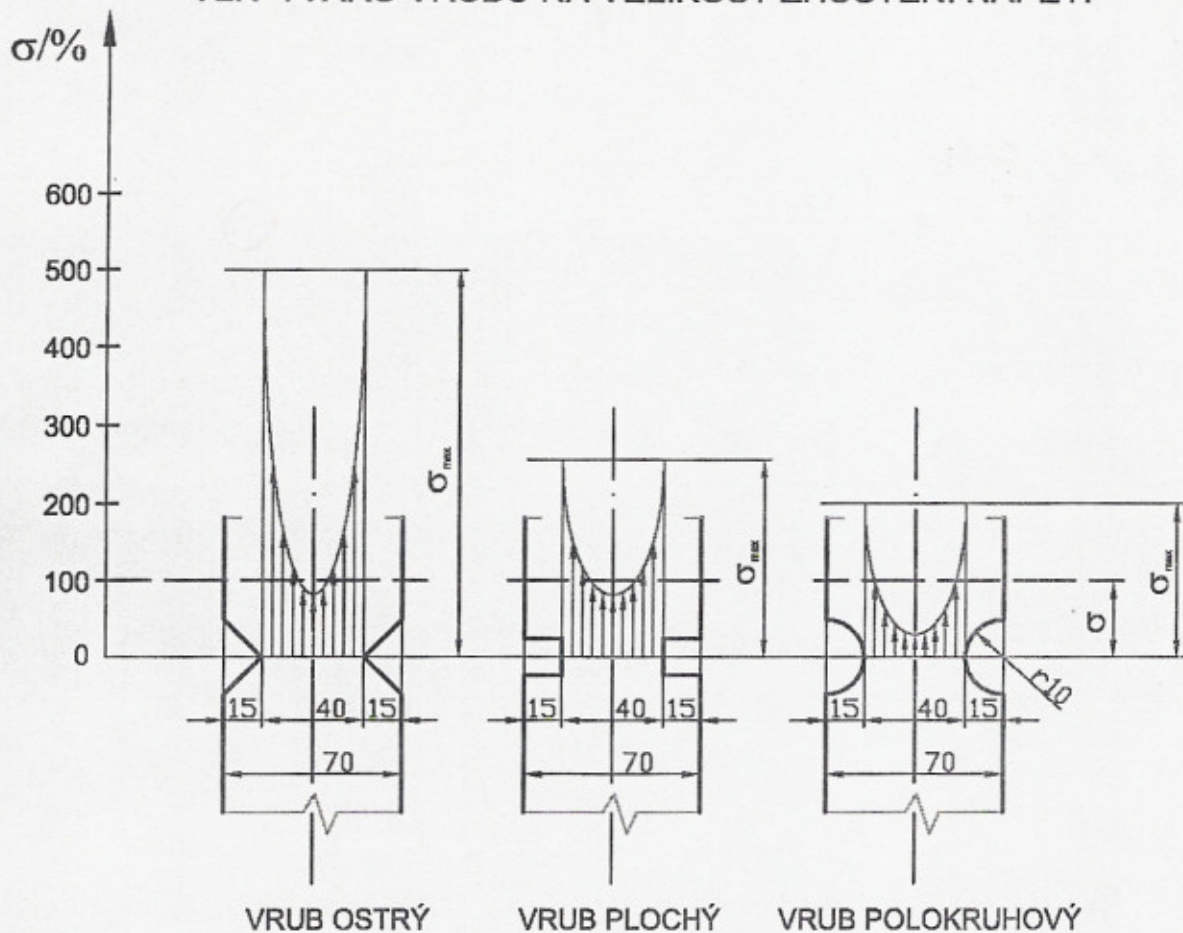
$\eta_c$  - součinitel vrubové citlivosti

$\alpha$  - tvarový součinitel

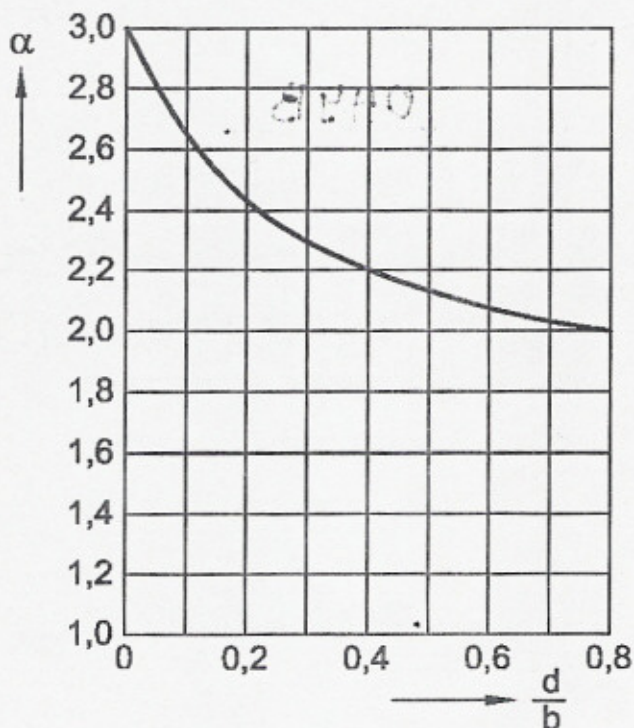
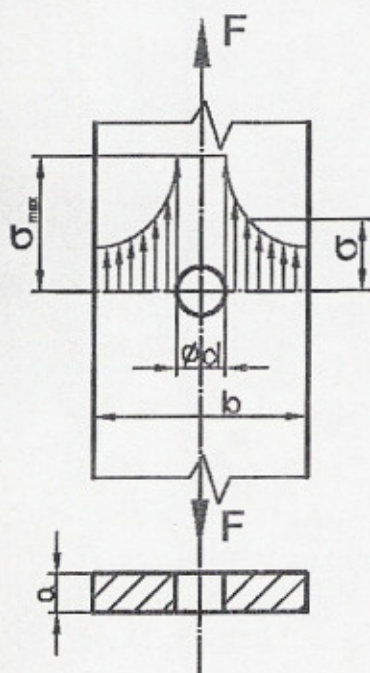
## $\eta_c$ - součinitel vrubové citlivosti

ocel	$\eta_c$
11370	0,1 - 0,3
11500, 11700	0,4 - 0,7
pružinová ocel	1

# VLIV TVARU VRUBU NA VELIKOST ZHUŠTĚNÍ NAPĚTÍ

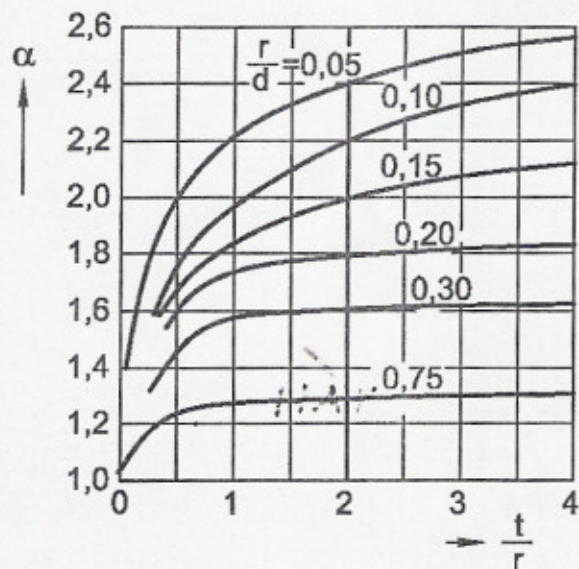
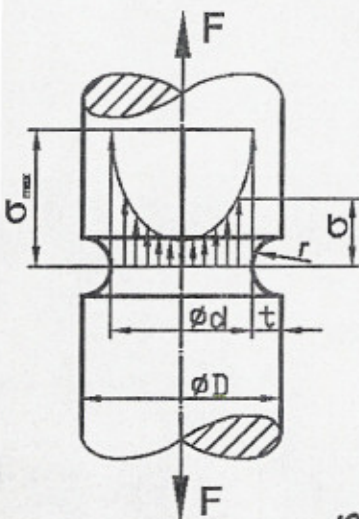
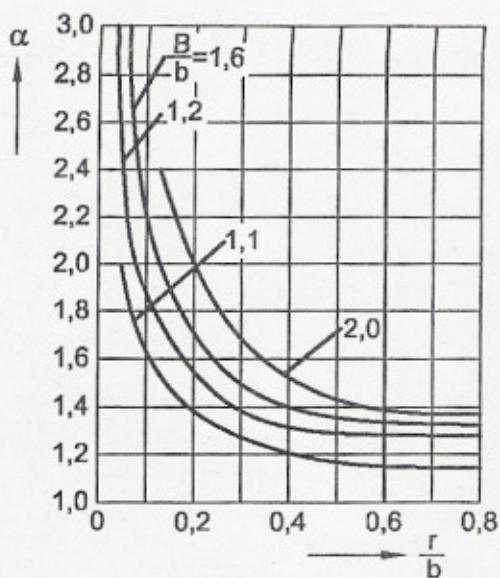
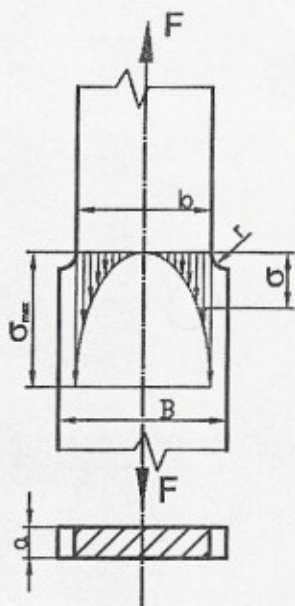


TAH

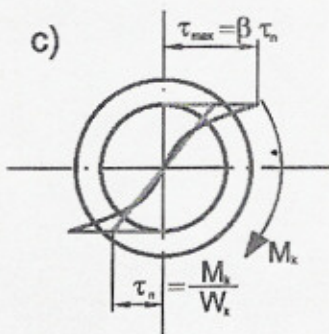
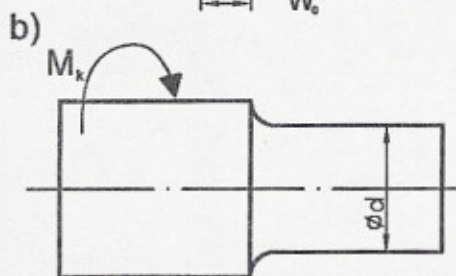
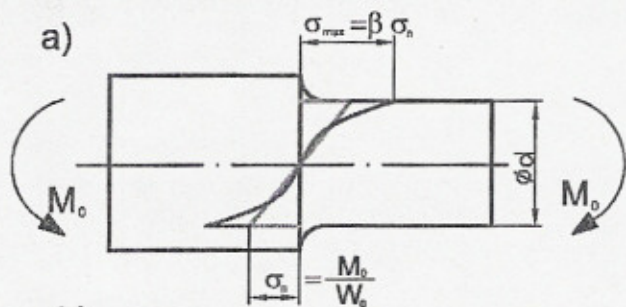




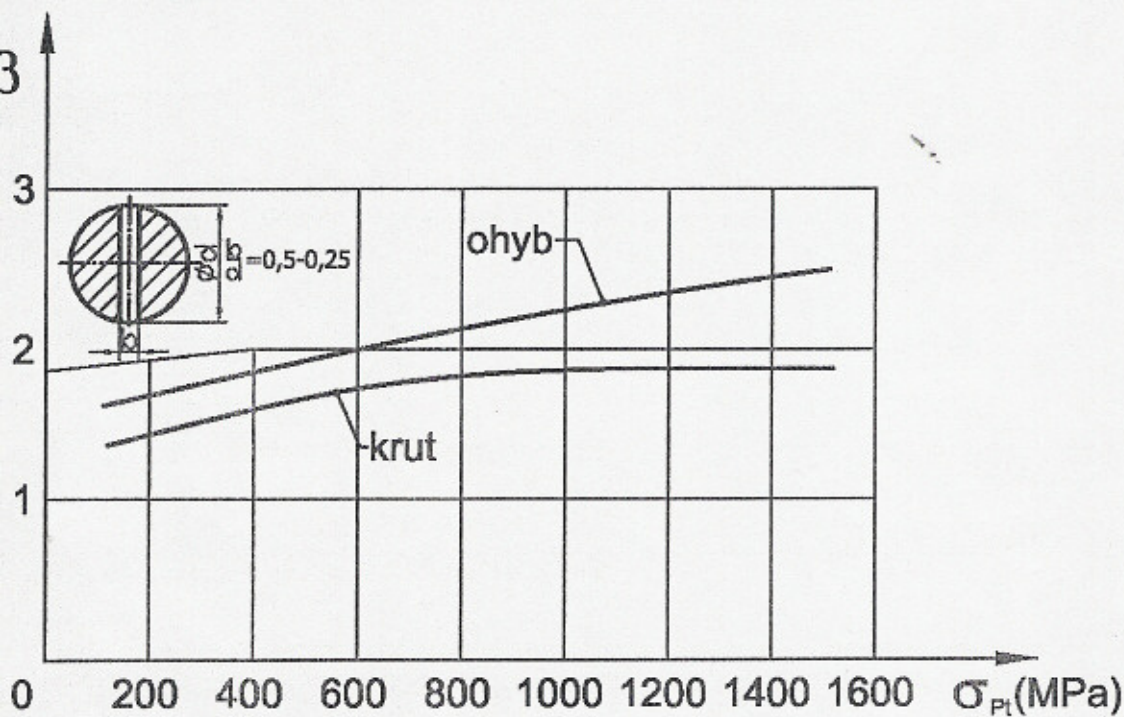
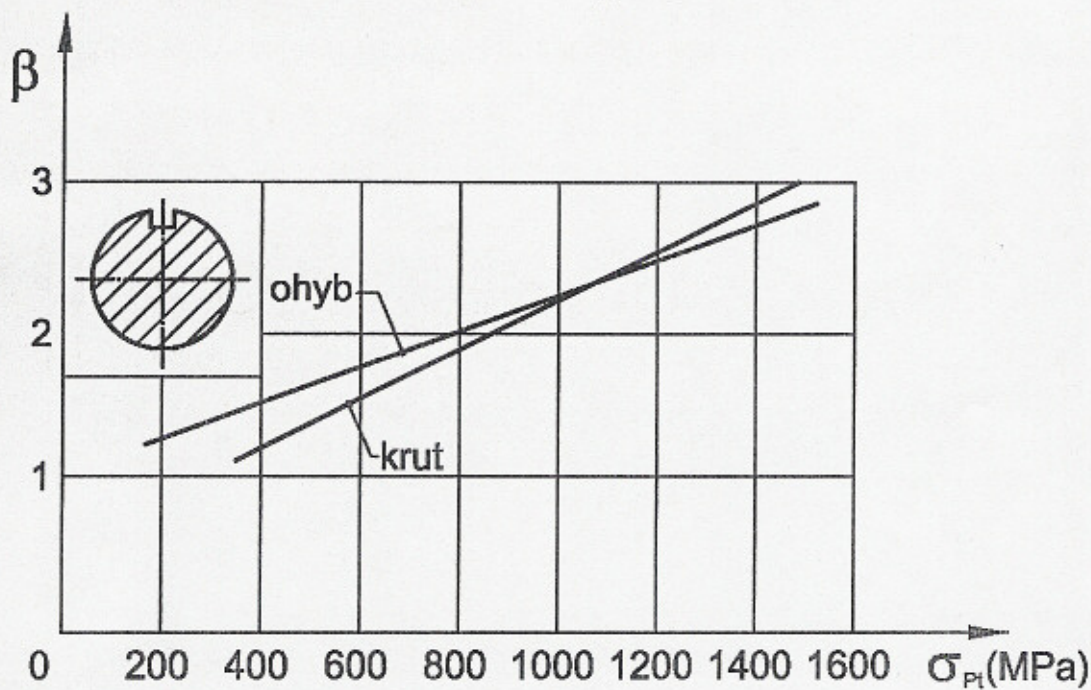
# ТАН



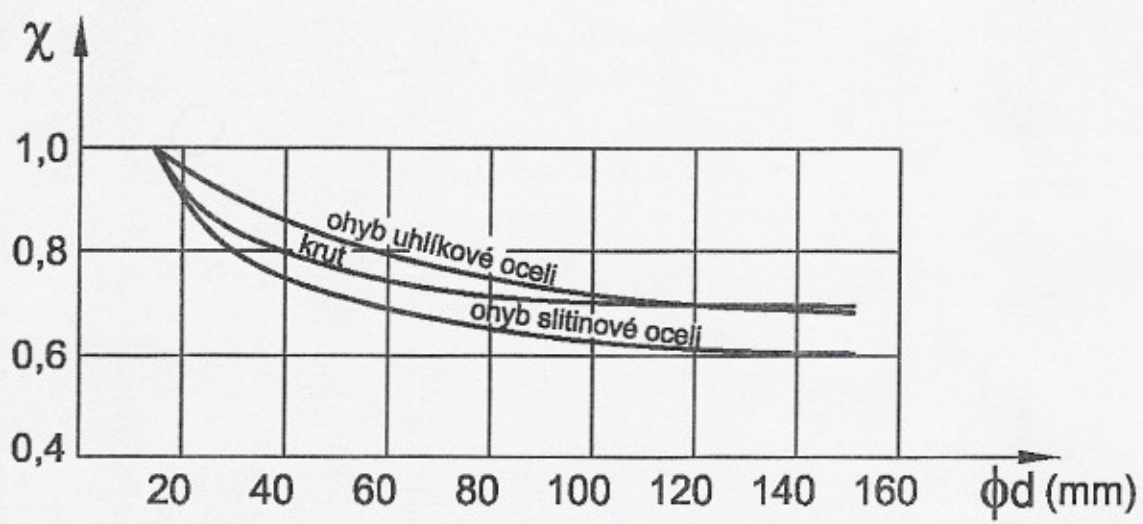
# ОТЧЕТ



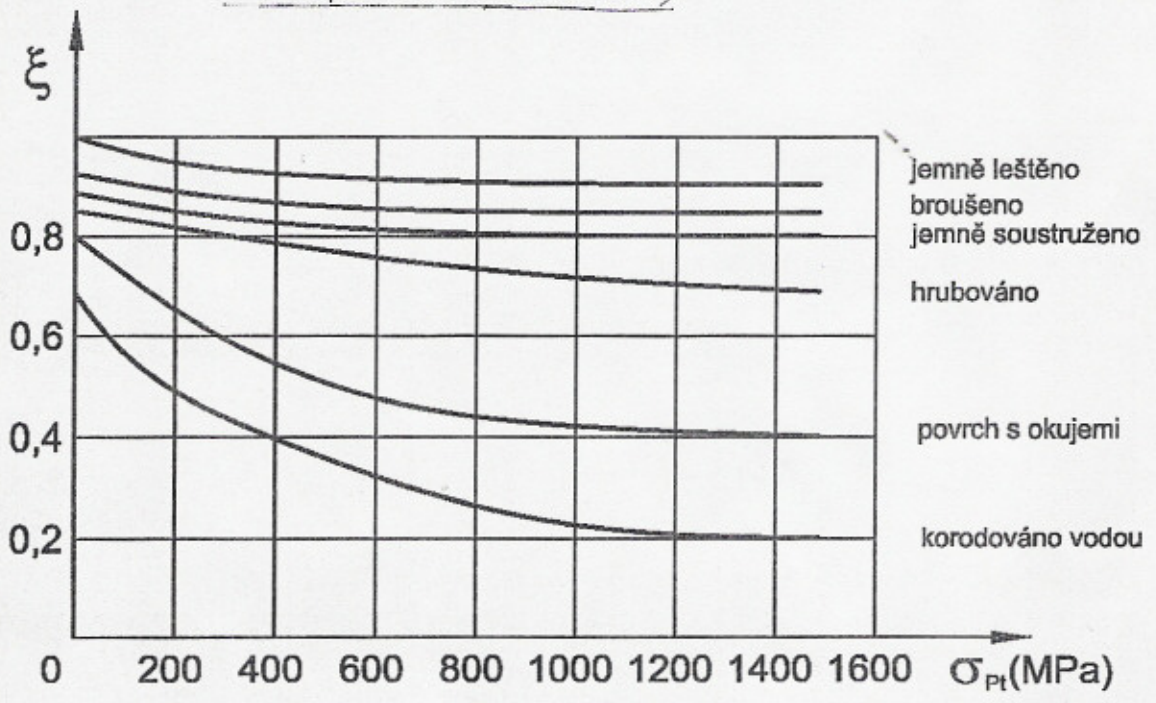
$\beta$  - vrubový součinitel



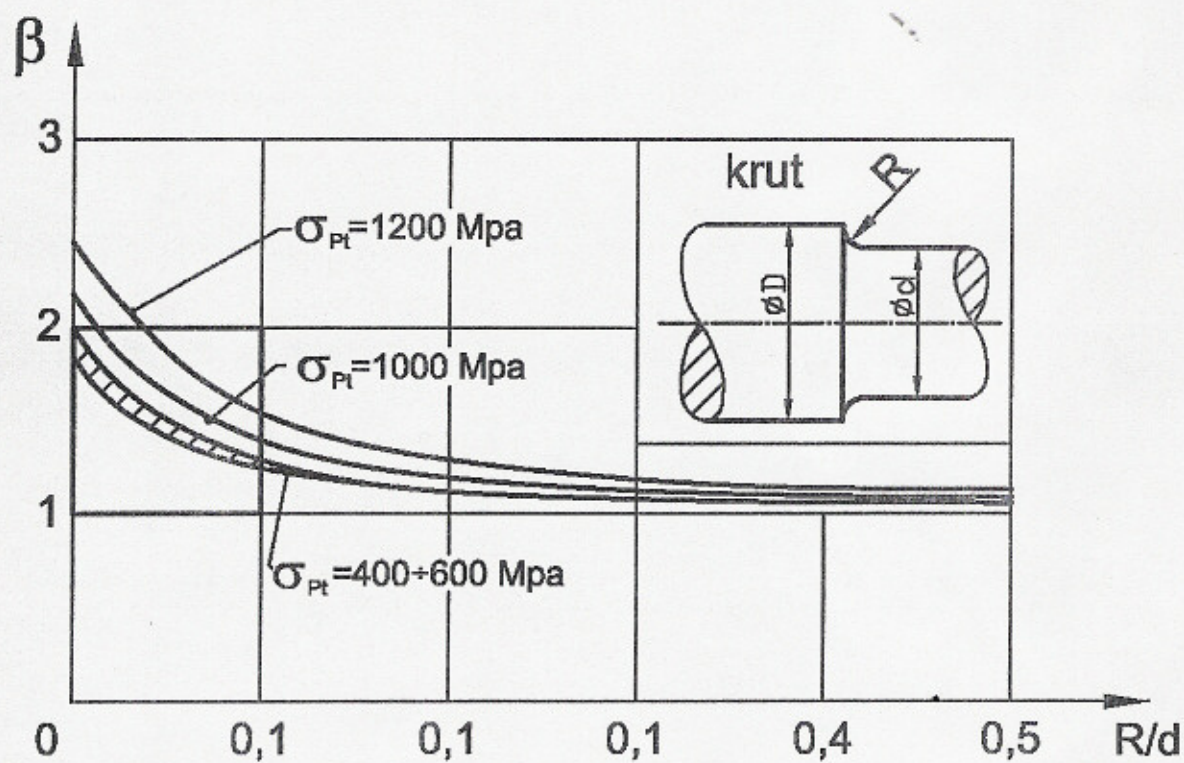
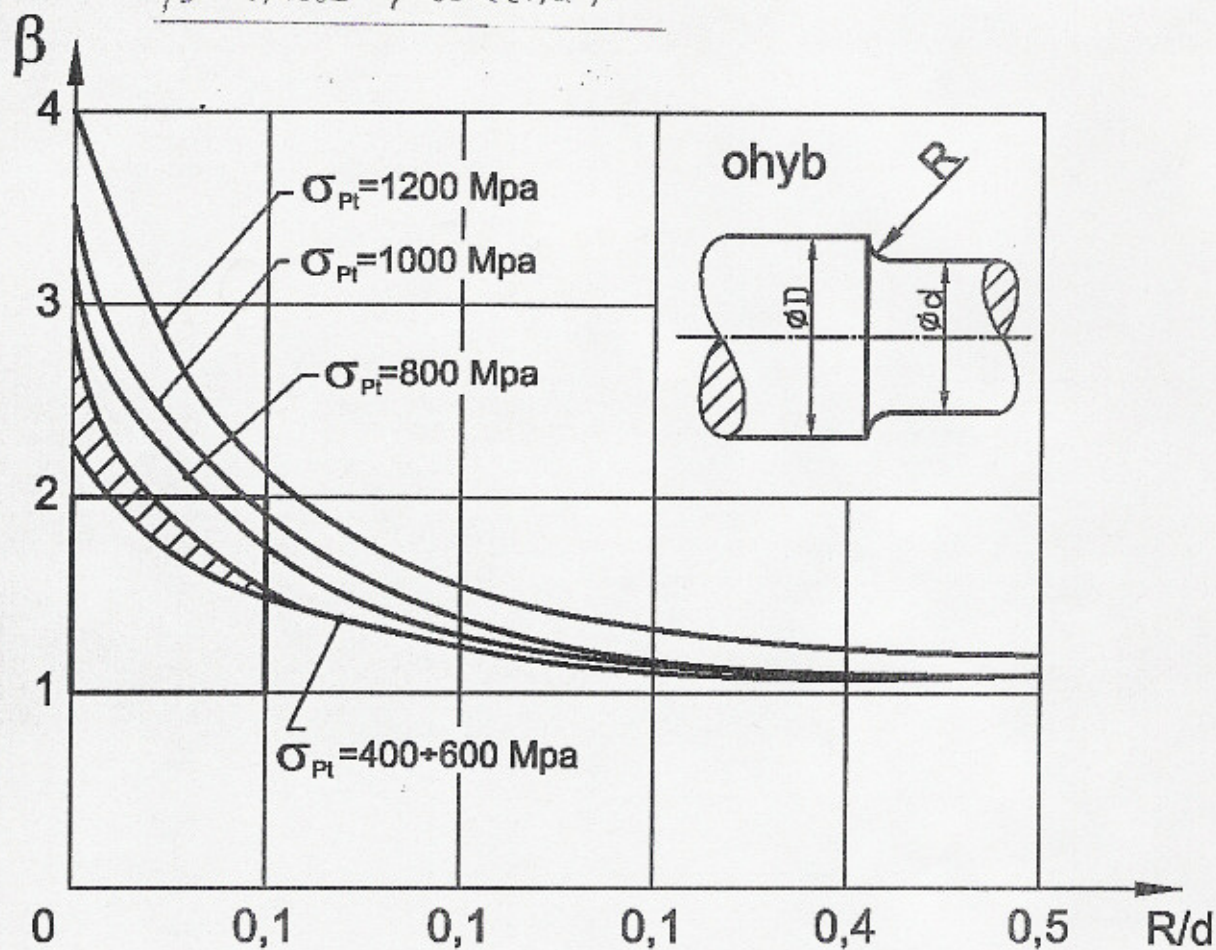
$\chi$  - Součinitele zohrnutí celou velikostí jádra



$\xi = f_{ce}(\text{obrobek}, Ra)$

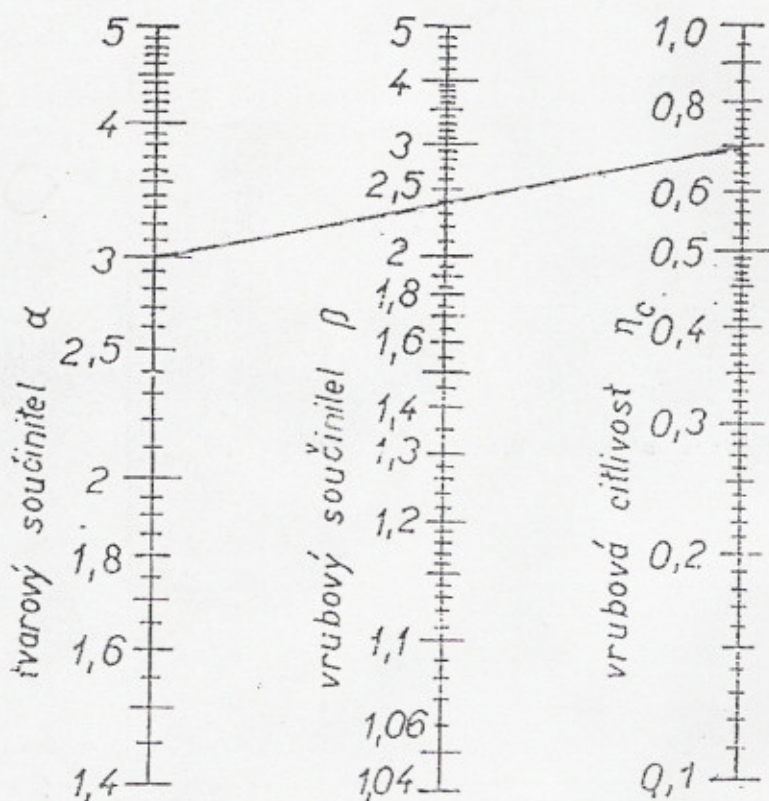


$\beta$  - vrubovú' součiniteľ



Nomogram pro určení součinitele vruby  $\beta$

$$\beta = 1 + (\alpha - 1) \eta_c$$



**Konstrukce Smithova diagramu pro skutečné součásti s vruby**

Výpočet meze únavy součásti s vruby

Střídavý TAH, TLAK

$$\sigma_{C,t}^* = \frac{\sigma_C}{\beta_t} \chi_t \xi_t$$

Kde:

$\sigma_C$  - mez únavy hladké tyče

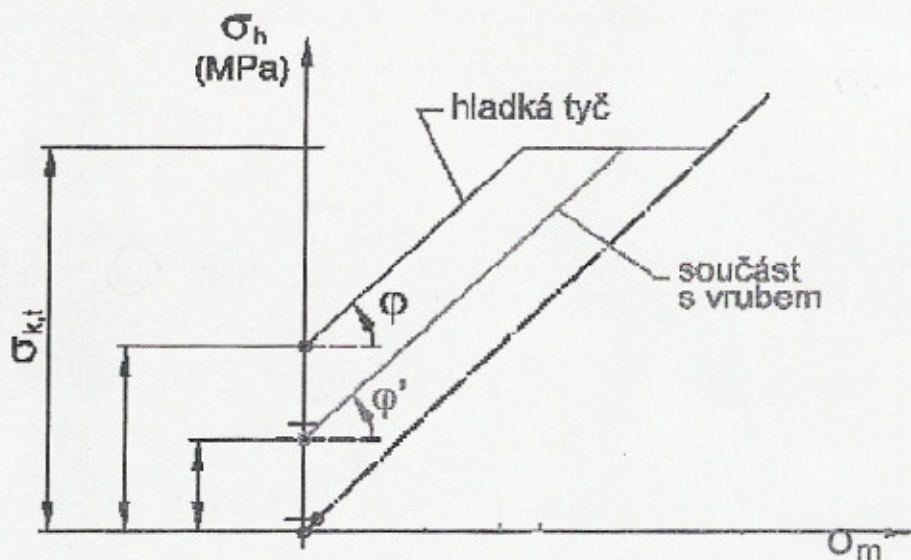
$\sigma_{C,t}^*$  - mez únavy tyče s vruby

$\chi_t$  - součinitel zahrnující vliv velikosti součásti

$\xi_t$  - součinitel zahrnující vliv obrobení

$\beta_t$  - vrubový součinitel koncentrace napětí

Snítkové diagramy pro hladkou tyč a tyč s vrubem



Výpočet meze únavy pro:

OHYB

$$\sigma_{0,c}^* = \frac{\sigma_{0,c}}{\beta_t} \chi_0 \cdot \xi_0$$

KRUT

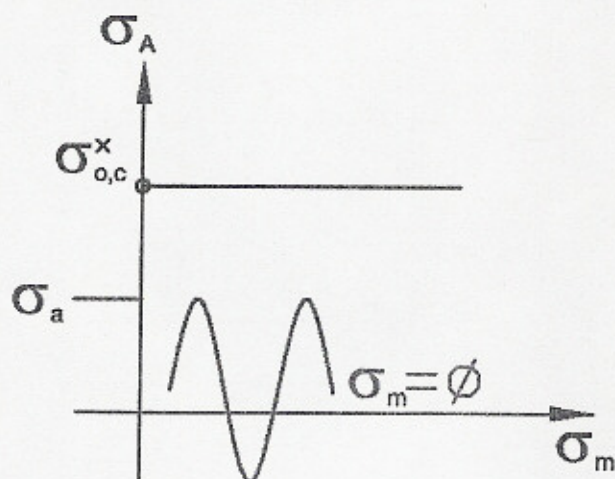
$$\tau_{C,t}^* = \frac{\tau_{C,k}}{\beta_k} \chi_k \cdot \xi_k$$

### Míra bezpečnosti při střídavém namáhání

Aby mohla součást (např. hřídel) s vruby střídavá namáhání trvale přenášet musí platit tato podmínka:

$$\sigma_a < \sigma_{o,c}^*$$

$$\sigma_a = \frac{M_0}{W_0}$$



Míra bezpečnosti při střídavém namáhání – ohyb- součásti s vrubem

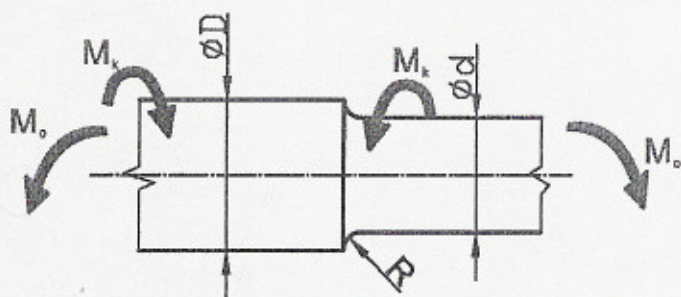
$$k_\sigma = \frac{\sigma_{o,c}^*}{\sigma_a}$$

Hodnotu míry bezpečnosti volíme s ohledem na přesnost určení zatížení, znalosti použitého materiálu a se zřetelem na případné ztráty, které by vznikly při porušení (havárii) součásti nebo celého zařízení.

U strojních součástí obvykle volíme míru bezpečnosti

$$k_\sigma > 1,5$$

## Výpočet míry bezpečnosti při složeném namáhání



Pro součást namáhanou složeným namáháním (např. ohyb a krut) určíme výslednou míru bezpečnosti ze vtahu

$$k_d = \frac{k_\sigma \cdot k_\tau}{\sqrt{k_\sigma^2 + k_\tau^2}}$$

kde:

míra bezpečnosti v ohybu

$$k_\sigma = \frac{\sigma_{o,c}^x}{\sigma_a}$$

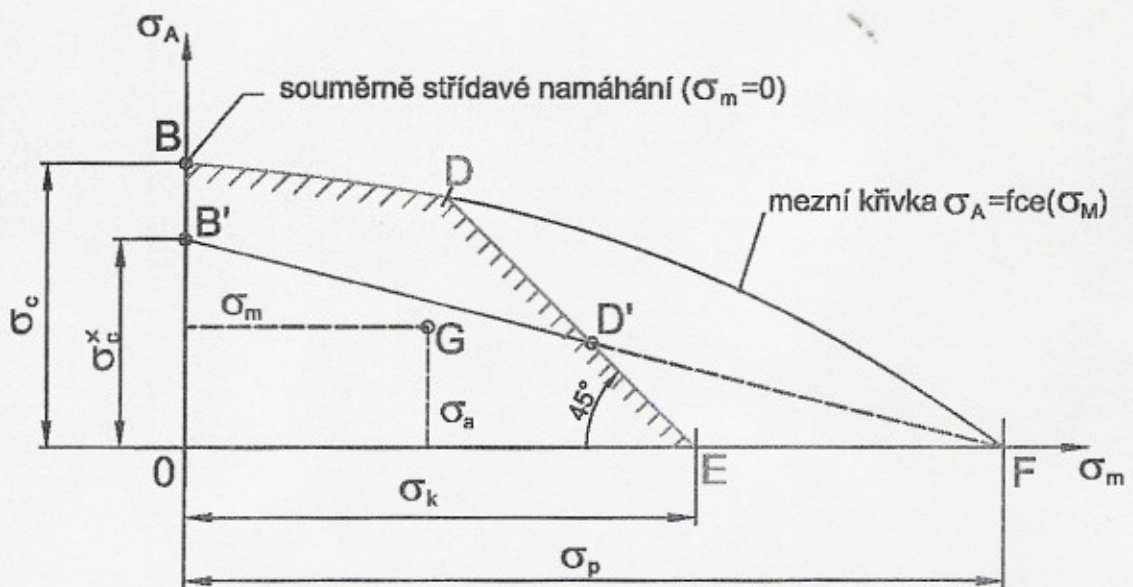
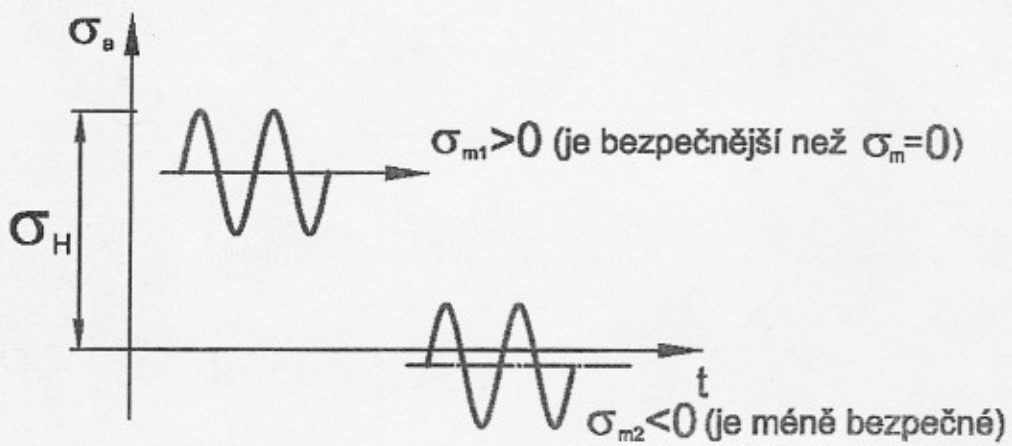
míra bezpečnosti v krutu

$$k_\tau = \frac{\tau_{k,c}^x}{\tau_a}$$

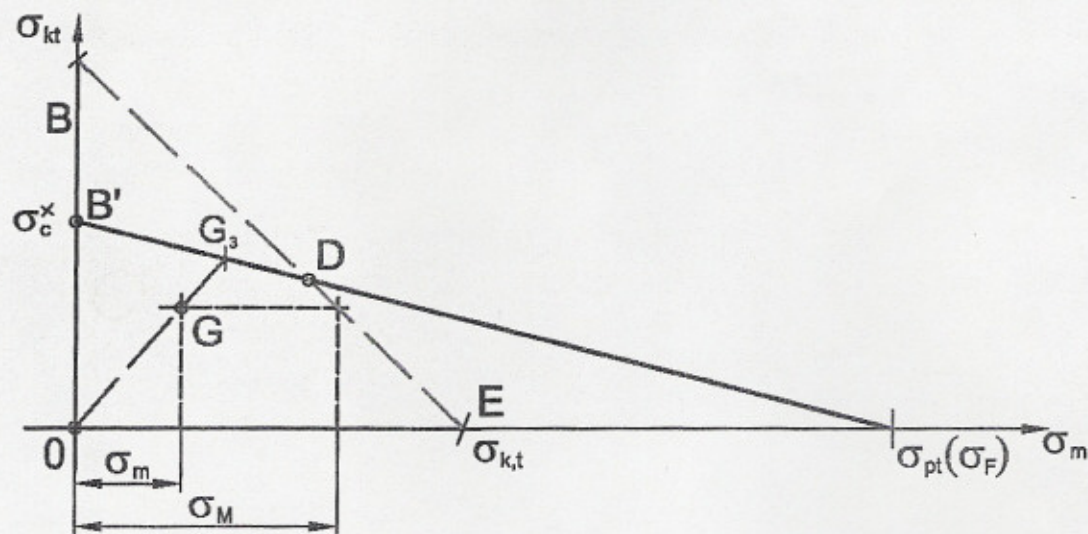


# Haighův diagram

Závislost mezi amplitudou napětí  $\sigma_a$  a středním napětím  $\sigma_m$



Pokud bod  $G(\sigma_m, \sigma_a)$  je uvnitř plochy  $OB'D'E$  je součást s vrubem schopna přenést trvale provozní cyklus napětí a nedojde k únavovému lomu ani ke vzniku trvalých plastických deformací



Míra bezpečnosti  $k$  pro :  $\frac{\sigma_a}{\sigma_m} = konst$

$$k = \frac{OG_3}{OG} = \frac{\sigma_M}{\sigma_m}$$

$$k > 1$$