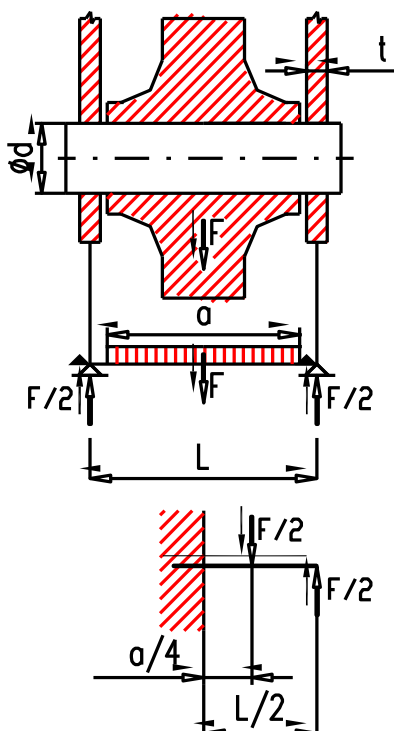


|                                                                 |                                                                                                   |
|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Název a adresa školy:                                           | Střední škola průmyslová a umělecká, Opava, příspěvková organizace, Praskova 399/8, Opava, 746 01 |
| Název operačního programu:                                      | OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost, oblast podpory 1.5                                         |
| Registrační číslo projektu:                                     | CZ.1.07/1.5.00/34.0129                                                                            |
| Název projektu                                                  | SŠPU Opava – učebna IT                                                                            |
| Typ šablony klíčové aktivity:                                   | III/2 Inovace a zkvalitnění výuky prostřednictvím ICT (20 vzdělávacích materiálů)                 |
| Název sady vzdělávacích materiálů:                              | <b>SPS II</b>                                                                                     |
| Popis sady vzdělávacích materiálů:                              | Stavba a provoz strojů II, 2. ročník                                                              |
| Sada číslo:                                                     | <b>C-07</b>                                                                                       |
| Pořadové číslo vzdělávacího materiálu:                          | <b>14</b>                                                                                         |
| Označení vzdělávacího materiálu:<br>(pro záznam v třídní knize) | VY_32_INOVACE_C-07-14                                                                             |
| Název vzdělávacího materiálu:                                   | <b>Hřídele nosné a pohybové</b>                                                                   |
| Zhotveno ve školním roce:                                       | 2011/2012                                                                                         |
| Jméno zhotovitele:                                              | Ing. Hynek Palát                                                                                  |

## Hřídele

Hřídele patří mezi základní strojní součásti. Používají se zejména tam, kde je nutné umožnit rotační pohyb. Podle využití je dělíme do dvou konstrukčních skupin, na hřídele nosné a pohybové.

- **Nosné hřídele** jsou v zásadě namáhány pouze ohybem. Používají se hlavně jako nosné prvky pro kladky, řemenová či řetězová kola apod. Tedy všude tam, kde je potřeba nést takové rotační dílce, které jsou na hřídeli pouze uloženy a mohou se volně otáčet.



Nosné hřídele jsou namáhány pouze na ohyb. Platí tedy pro ně základní pevnostní podmínka:

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} \leq \sigma_{o\ DOV}$$

Tam za ohybový moment  $M_o$  dosadíme vztah vyvozený z výše uvedeného obrázku:

$$M_o = \frac{F}{2} \cdot \frac{l}{2} - \frac{F}{2} \cdot \frac{a}{4}$$

A když za modul průřezu  $W_o$  dosadíme:

$$W_o = \frac{\pi \cdot d^3}{32}$$

Můžeme pak odvodit vzorec pro průměr hřídele:

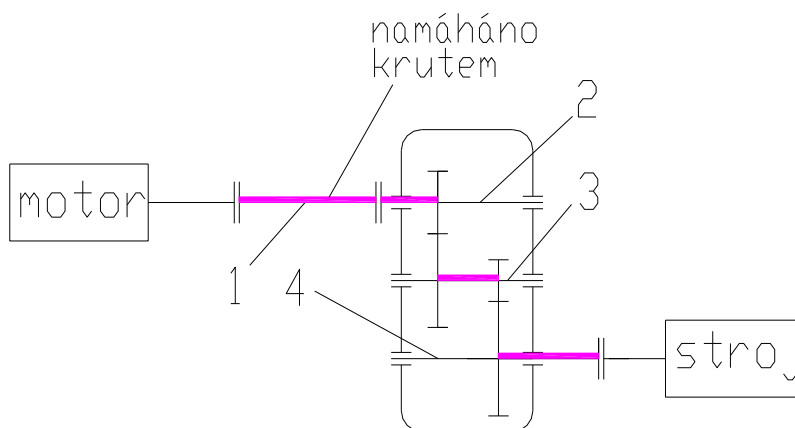
$$d = \sqrt[3]{\frac{M_o \cdot 32}{\pi \cdot \sigma_{o\ DOV}}}$$

Nakonec ještě musíme provést kontrolu hřídele na otláčení:

$$p_1 = \frac{F}{a \cdot d} \leq p_{DOV}$$

$$p_2 = \frac{F}{2 \cdot t \cdot d} \leq p_{DOV}$$

- **Pohybové hřídele** jsou na rozdíl od hřídelů nosných vždy namáhány krutem a často k tomu i ohybem. Přenášejí totiž krouticí moment na nějakou rotační součást (hnací ozubené kolo, řemenici, řetězové kolo apod.), kterou zpravidla samy nesou. Jde zde tedy o kombinované namáhání, pro které musíme zjistit redukované napětí nebo moment.



*schéma běžné převodovky*

Hřídel 1 je namáhán pouze krutem. Přenáší hnací krouticí moment motoru do převodovky, přičemž sám nic nenese. Zde vycházíme z pevnostní podmínky pro krut:

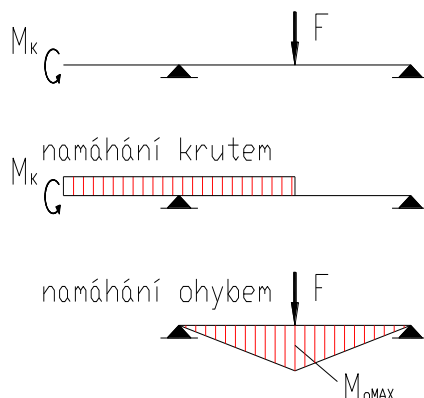
$$\tau_K = \frac{M_K}{W_K} = \frac{M_K}{\frac{\pi \cdot d^3}{16}} = \frac{16 \cdot M_K}{\pi \cdot d^3} \leq \tau_{K DOV}$$

Pokud neznáme velikost kroutícího momentu, můžeme ji určit z hodnoty výkonu motoru:

$$M_K = \frac{P}{2 \cdot \pi \cdot n}$$

Kde  $P$  je výkon motoru a  $n$  jsou jeho otáčky.

Jiný případ je hřídel 2, který je namáhán současně krutem i ohybem. Přenáší krouticí moment od motoru na ozubené kolo, které sama nese.



Zde musíme provést samostatné výpočty ohybového a kroutícího napětí v hřídeli, z nich získat redukované napětí a to pak porovnat s dovoleným napětím v tahu.

Pro ohybové napětí platí:

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o}$$

Pro kroutící napětí platí:

$$\tau_K = \frac{M_K}{W_K}$$

Redukované napětí pak získáme z níže uvedeného vzorce a porovnáme ho s dovoleným napětím v tahu:

$$\sigma_{RED} = \sqrt{\sigma_o^2 + 3 \cdot \tau_K^2} \leq \sigma_{t DOV}$$

Jako alternativu máme k dispozici i možnost postupu výpočtu přes redukovaný moment. Pak platí:

$$M_{o RED} = \sqrt{M_o^2 + 0,75 \cdot (\alpha_B \cdot M_K)^2}$$

kde  $\alpha_B$  je Bachův opravný součinitel zohledňující vlivy způsobu namáhání hřídele. Jeho hodnoty jsou:

pro střídavý ohyb a statický krut –  $\alpha_B = 0,6$ ;

pro střídavý ohyb a míjivý krut –  $\alpha_B = 0,8$ ;

pro střídavý ohyb a střídavý krut –  $\alpha_B = 1$ .

S vypočteným redukovaným momentem pak zacházíme jako s momentem ohybovým:

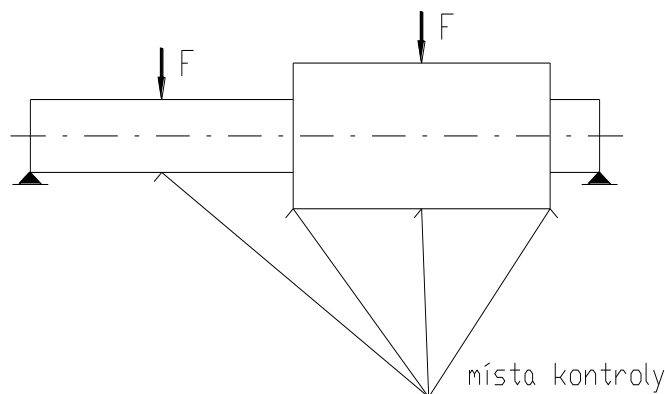
$$\sigma_o = \frac{M_{o RED}}{W_o} \leq \sigma_{o DOV}$$

$$\sigma_o = \frac{M_{o RED}}{\frac{\pi \cdot d^3}{32}} \leq \sigma_{o DOV}$$

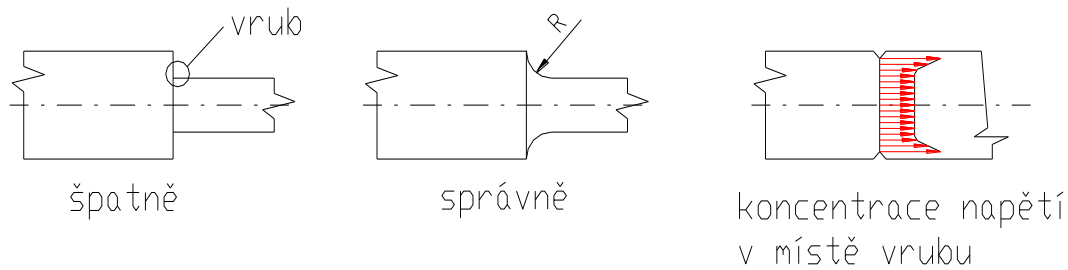
Odtud pak získáme vzorec pro minimální průměr hřídele:

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_{o RED}}{\pi \cdot \sigma_{o DOV}}}$$

Hřídele obvykle nemají po celé své délce konstantní průřez. Nemají tedy všude stejnou pevnost. Kontrolujeme je tedy vždy v několika průřezech, ve kterých předpokládáme její největší ohybové napětí.



Hřídele, které jsou vystaveny velkým provozním otáčkám, trpí únavou materiálu. Na jejich únavovou životnost má přitom velký vliv jejich tvar, především množství tzv. vrubů. Abychom odstranili vznik koncentrace napětí v místech vrubů, nahrazujeme vruby zaobleními.



Ze stejného důvodu není ani vhodné umísťovat do exponovaných míst hřídelů zápichy nebo drážky – např. zápichy pro pojistné kroužky.

U dlouhých tenkých hřídelů hrozí vznik nežádoucích torzních kmitů v důsledku jejich zkroucení. Kontrolujeme je proto na dovolené zkroucení výpočtem, se kterým jsme se již setkali v kapitole o torzních tyčích.

$$\varphi = \frac{M_K \cdot l}{G \cdot J_p} \cdot \frac{180}{\pi} \leq \varphi_{DOV} \quad [^\circ]$$

Dovolené zkroucení hřídelů bývá obvykle v rozmezí 0,25° až 1° na 1 m její délky.

## Opakovací otázky a úkoly

- Charakterizuj nosné i pohybové hřídele z hlediska způsobu jejich namáhání.
- Proveď odvození pevnostního výpočtu nosné hřídele pro stanovení jejího průměru; proved' i kontrolu na otláčení.
- Proveď odvození pevnostního výpočtu pohybové hřídele namáhané na krut i ohyb; proved' i kontrolu na dovolené zkroucení.
- Co je Bachův opravný součinitel?

## Seznam použité literatury

- KŘÍŽ, R. a kol.: *Stavba a provoz strojů I, Části strojů*. Praha: SNTL, 1977.
- LEINVEBER, J. – VÁVRA, P.: *Strojnické tabulky. 3. doplněné vydání*. Praha: Albra, 2006. ISBN 80-7361-033-7.