

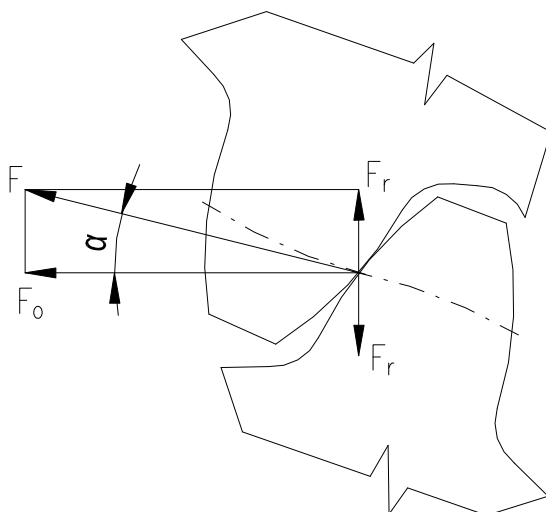
|   |   |
|---|---|
| Název a adresa školy:   | Střední škola průmyslová a umělecká, Opava, příspěvková organizace, Praskova 399/8, Opava, 746 01 |
| Název operačního programu:                                      | OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost, oblast podpory 1.5   |
| Registrační číslo projektu:                                     | 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 III</b>  |
| Popis sady vzdělávacích materiálů:                              | Stavba a provoz strojů II, 3. ročník  |
| Sada číslo:   | <b>C-08</b>   |
| Pořadové číslo vzdělávacího materiálu:                          | <b>09</b>   |
| Označení vzdělávacího materiálu:<br>(pro záznam v třídní knize) | VY_32_INOVACE_C-08-09   |
| Název vzdělávacího materiálu:                                   | <b>Pevnostní výpočet ozubených převodů</b>  |
| Zhotoveno ve školním roce:                                      | 2011/2012   |
| Jméno zhotovitele:  | Ing. Hynek Palát  |

## Pevnostní výpočet ozubených převodů

### Výpočet sil v ozubení

Kroutící moment hnacího kola převodu vyvoluje síly, které se přenesou do kola hnaného. Teoretickou velikost těchto sil řešíme v místě dotyku roztečných kružnic obou ozubených kol.

- Velikost sil u kol s přímými zuby**



Normální síla  $F$  (síla kolmá na povrch zubu v místě dotyku) se rozkládá na dvě vzájemně kolmé složky, na sílu obvodovou  $F_t$  (síla vyvolaná kroutícím momentem) a sílu radiální  $F_r$  (odtláčuje kola od sebe).

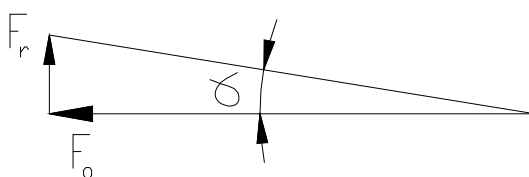
Pro obvodovou sílu platí:

$$F_o = \frac{M_k}{\frac{D}{2}} = \frac{2 \cdot M_k}{D}$$

Kde  $M_k$  je přenášený kroutící moment;

$D$  je průměr roztečné kružnice hnacího kola.

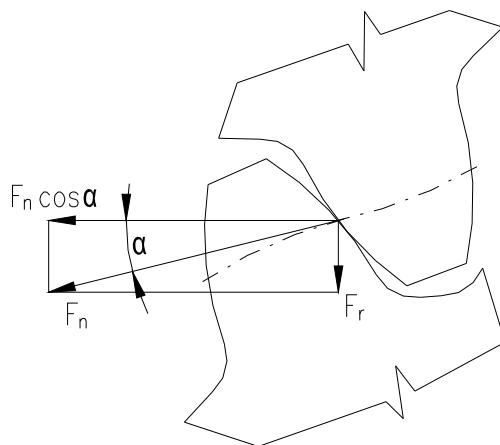
Pro radiální sílu platí:



$$\tan \alpha = \frac{F_r}{F_o} \Rightarrow F_r = F_o \cdot \tan \alpha$$

Síly  $F_o$  a  $F_r$  namáhají hřídel na ohyb a to ve dvou na sobe kolmých rovinách.  $M_k$  namáhá hřídel na krut.

## Velikost sil u kol se šikmými zuby

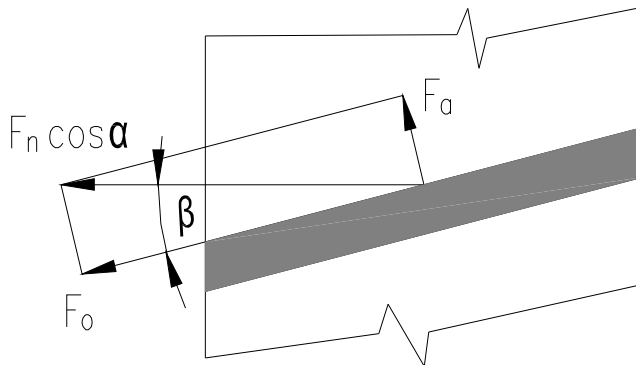


Zde je teorie výrazně složitější, protože normální síla  $F_n$  se rozkládá hned do tří složek. Kromě obvodové síly  $F_o$  a radiální síly  $F_r$  vzniká ještě axiální síla  $F_a$  (je rovnoběžná s osou kola).

Pro obvodovou sílu opět platí:

$$F_o = \frac{M_k}{\frac{D}{2}} = \frac{2 \cdot M_k}{D}$$

Pro radiální sílu platí toto odvození:

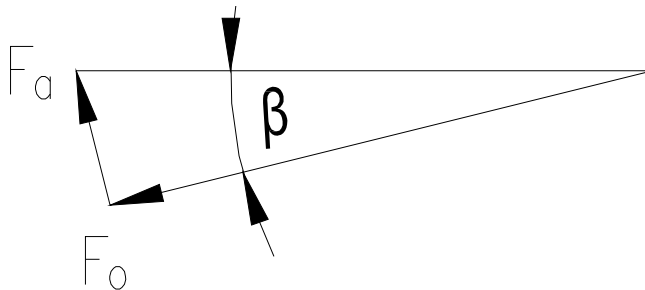


$$F_n \cdot \cos \alpha = \frac{F_o}{\cos \beta}$$

$$F_r = F_n \cdot \cos \alpha \cdot \tan \alpha = \frac{F_o \cdot \tan \alpha}{\cos \beta}$$

*Poznámka: Bude-li  $\beta = 0$ , bude pak i  $F_a = 0$  a výsledná  $F_r = F_o \cdot \tan \alpha$ .*

Pro axiální sílu platí:



$$F_a = F_o \cdot \tan \beta$$

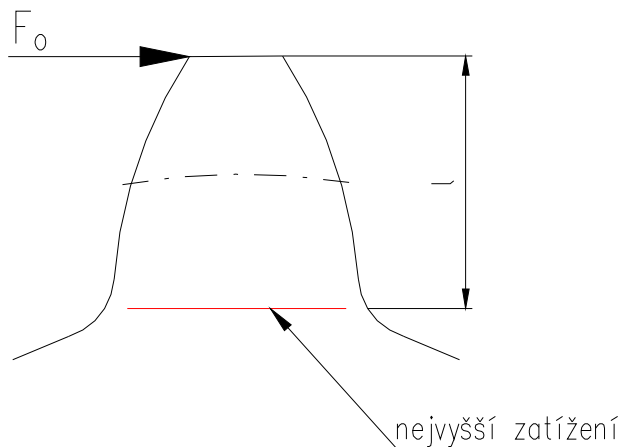
Axiální síla  $F_a$  působí v ose ozubeného kola a musí být zachycena ložisky.

## Pevnostní výpočet ozubených kol

Předmětem této kapitoly jsou pevnostní kontroly čelních ozubených kol s přímými i šikmými zuby. Výpočty ostatních druhů ozubených kol jsou značně složité a jdou nad rámec rozsahu požadovaného učiva.

Provádíme tři druhy kontrol:

## Kontrola únosnosti v ohybu



Protože je zub ozubeného kola vlastně vetknutým nosíkem namáhaným na ohyb. Namáhána je především pata zubu a z hlediska času jde o zatížení mívavé. Díky tomu v patě hrozí vznik únavového lomu.

Pro ohybový moment v patě zubu platí vztah:

$$M_o = F_o \cdot l$$

Následně počítáme **srovnávací ohybové napětí** dle vzorce:

$$\sigma_F = \frac{M_o}{W_{op}} \cdot koef$$

Kde  $W_{op}$  je modul průřezu paty zubu v ohybu;

**koef** je koeficient střídavého zatížení.

Nakonec spočítáme bezpečnost ozubení proti únavovému lomu  $k_F$ , která by měla mít minimální hodnotu 1,7.

$$k_F = \frac{\sigma_{F \lim}}{\sigma_F} \leq 1,7$$

kde  $\sigma_{F \lim}$  je časovaná pevnost v ohybu, která závisí na materiálu a tepelném zpracování kola. Je to vlastně **mez únavy**, určená experimentálně a najdeme ji ve strojnických tabulkách.

## Kontrola únosnosti v dotyku

Při dotyku zubů dochází vlivem otláčení k vydrolování povrchu boků zubů. Vznikají tam jamky, které nazýváme **pitting**.

Počítáme bezpečnost ozubení proti tvorbě pittingu  $k_H$ , která by měla mít minimální hodnotu 1,2.

$$k_H = \frac{\sigma_{h \lim}}{\sigma_h} \leq 1,2$$

## Kontrola proti zatížení

Zjišťujeme, zda v provozu nedochází k nadměrnému zahřívání boků zubů a k navařování částic kola na sebe. Všechna ozubená soukolí, která jsou trvale nebo velmi často v provozu, je **potřeba mazat**. Důležitá je viskozita použitého oleje.

## Opakovací otázky a úkoly

- Urči vzorce pro stanovení velikosti sil v ozubení u čelního soukolí s přímými zuby.
- Urči vzorce pro stanovení velikosti sil v ozubení u čelních soukolí se šikmým ozubením.
- Urči vzorce pro pevnostní kontrolu ozubených kol.

## Seznam použité literatury

- KRÍŽ, R. a kol.: *Stavba a provoz strojů II, Převody*. Praha: SNTL, 1978.
- LEINVEBER, J. – VÁVRA, P.: *Strojnické tabulky*. 3. doplněné vydání. Praha: Albra, 2006. ISBN 80-7361-033-7.