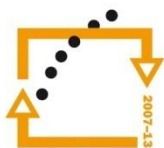




MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



**OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost**

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Střední průmyslová škola a Vyšší odborná škola technická Brno, Sokolská 1

Šablona: Inovace a zkvalitnění výuky prostřednictvím ICT

Název: Součásti točivého a přímočarého pohybu

Téma: Nosný hřídel

Autor: Ing. Magdalena Svobodová

Číslo: VY_32_INOVACE_14 – 05

Anotace: *Vysvětlení pojmu nosný hřídel. Základní druhy hřídelových čepů, jejich dělení a výpočet. Výpočet nosných hřídelů.*

DUM je určen pro studenty druhého ročníku strojírenských oborů.

Vytvořeno: leden 2013

Hřídele

Hřídele jsou strojní součásti většinou kruhového průřezu, které slouží buď k přenosu otáčivého pohybu, nebo jako nosný prvek kladek, bubnů, pojížděcích kol apod.

Z tohoto pohledu hřídele rozdělujeme do dvou skupin:

- ▶ Nosné hřídele (osy)
- ▶ Hybné (pohonné) hřídele

Hřídel má obvykle tvar válce s řadou osazení, drážek a otvorů. Jeho tvar a rozměry jsou dány konstrukčním řešením a pevnostním výpočtem. Části hřídelů, kterými se hřídel opírá přes ložisko o rám stroje se nazývají čepy. Síly vyvolané zatížením hřídele jsou přenášeny stykovou plochou čepů.

Podle směru, kterým zatížení působí, rozdělujeme čepy na:

- ▶ Radiální čepy (síly působí kolmo k ose hřídele)
- ▶ Axiální čepy (síly působí v ose hřídele)

Materiál hřídele se volí s ohledem na způsob, druh a velikost namáhání a podle jeho požadovaných vlastností. Musí zohledňovat i koncepci navrhovaného stroje.

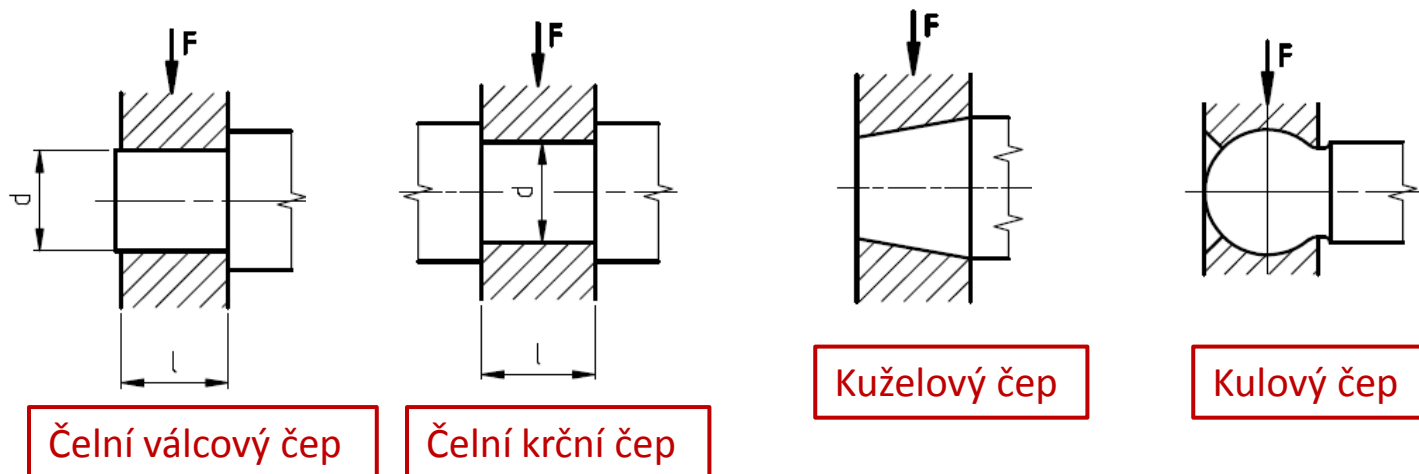
U hřídelů můžeme provádět jak kontrolní, tak i návrhový výpočet.

Radiální čepy

Dle tvaru a rozmístění na hřídeli rozlišujeme:

- ▶ Válcové čepy
 - ▶ čelní
 - ▶ krční
- ▶ Kuželové čepy
- ▶ Kulové čepy

U nosných hřídelů čepy nejsou namáhány kroučícím momentem. Výpočet se provádí pro namáhání ohybem a dále se provádí kontrola na otláčení a dle použitého ložiska i na oteplení.



Výpočet radiálních čepů nosných hřídelů

Namáhání ohybem:

$$M_o = \frac{F \cdot l}{2} \quad W_o = \frac{\pi \cdot d^3}{32}$$

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{32 \cdot F \cdot l}{2 \cdot \pi \cdot d^3} \leq \sigma_{DO}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot F \cdot l}{\pi \cdot \sigma_{DO}}}$$

Kontrola na otláčení:

$$p = \frac{F}{S} = \frac{F}{d \cdot l} \leq p_D$$

Kontrola na oteplení:

$$p \cdot v \leq (p \cdot v)_D$$

F	zatěžující síla
M_o	maximální ohybový moment čepu
W_o	modul průřezu v ohybu
d	průměr čepu
l	délka čepu
n	otáčky hřídele nebo ložiska
v	obvodová rychlost ($v = \pi \cdot d \cdot n$)
σ_{DO}	dovolené napětí v ohybu
p_D	dovolený tlak



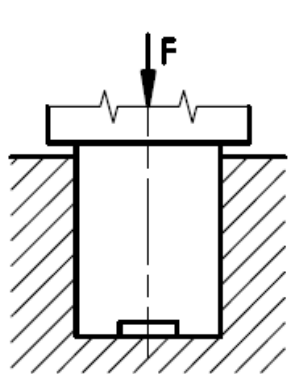
Pro stanovení poměru λ , který se využívá i při návrhu kluzných ložisek, lze vycházet z podílu σ_{DO} a p_D , to umožní správnou volbu materiálu čepu i ložiska.

$$\lambda = \frac{l}{d} \quad \frac{\sigma_{DO}}{p_D} = \frac{\frac{16 \cdot F \cdot l}{\pi \cdot d^3}}{\frac{F}{d \cdot l}} = \frac{16 \cdot l^2}{\pi \cdot d^2} \triangleright \lambda = \sqrt{\frac{\pi \cdot \sigma_{DO}}{16 \cdot p_D}}$$

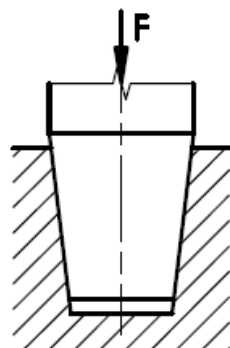
Axiální čepy

Dle tvaru a rozmístění na hřídeli rozlišujeme:

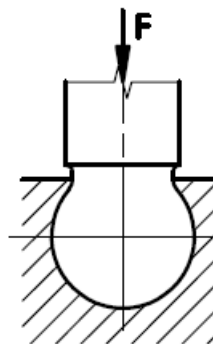
- ▶ Nožní (patní) čepy
 - ▶ válcové
 - ▶ kuželové
 - ▶ kulové
- ▶ Prstencové čepy
- ▶ Hřebenové čepy



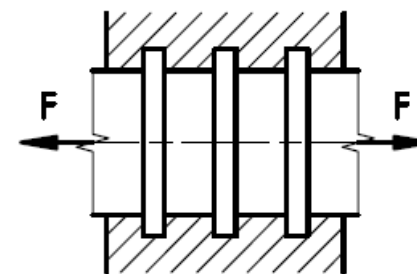
Patní válcový čep



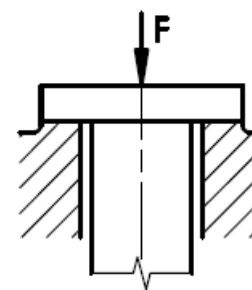
Patní kuželový čep



Patní kulový čep



Hřebenový čep



Prstencový čep

Výpočet axiálních čepů

Kluzná rychlost axiálních čepů roste směrem k obvodu nosné plochy a proto na obvodu dochází k většímu opotřebení. Naopak v okolí osy čepu nadměrně stoupá tlak a dochází zde k zadírání. Řešením je vybrání střední části čepu. Při návrhu axiálního čepu se provádí kontrola na otláčení a oteplení.

Kontrola tlaku:

$$p_{\max} = \frac{F}{S} = \frac{F}{2 \cdot \pi \cdot (r_2 - r_1) \cdot r_1} \leq p_D$$

$$p_S = \frac{F}{S} = \frac{4 \cdot F}{\pi \cdot (d_2^2 - d_1^2)}$$

Kontrola na oteplení:

$$p_S \cdot v_S \leq (p \cdot v)_D$$

$$v_S = \pi \cdot d_S \cdot n = \pi \cdot \frac{d_1 + d_2}{2} \cdot n$$

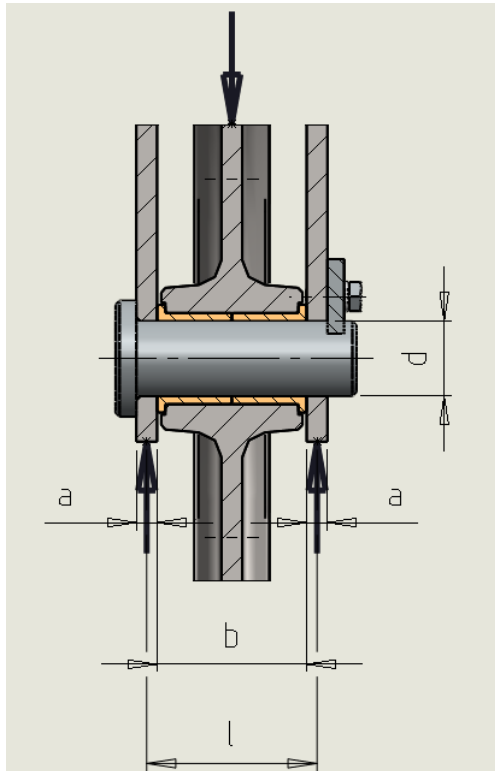
F	zatěžující síla
d_1	vnitřní průměr čepu
d_2	vnější průměr čepu
d_S	střední průměr čepu
r_1	vnitřní poloměr čepu
r_2	vnější poloměr čepu
n	otáčky hřídele nebo ložiska
v_S	střední obvodová rychlost ($v_S = \pi \cdot d_S \cdot n$)
p_{\max}	maximální tlak
p_S	střední tlak
p_D	dovolený tlak



Výpočet nosných hřídelů

Pevné osy

Na pevné ose (nosném hřídeli), která je zajištěná proti otáčení je na valivém nebo kluzném ložisku nesený díl. Příkladem je uložení kladky, bubnu zdvihadla, napínacích kotoučů i kyvadel.



Z namáhání v ohybu je nutné vypočítat průměr hřídele a provést kontrolu na otláčení pod kotoučem a v ložiskách rámu.

F	zatěžující síla
F_a, F_b	reakce v podporách
M_o	maximální ohybový moment
W_o	modul průřezu v ohybu
d	průměr hřídele
σ_{DO}	dovolené napětí v ohybu
p_D	dovolený tlak

Výpočet nosných hřídelů

Pevné osy

Výpočet na ohyb:

1. Stanovíme reakce v podporách – F_a , F_b .
2. Vypočítáme maximální ohybový moment.
3. Z největšího ohybového napětí navrhne průměr hřídele.

$$M_o = \frac{F_a \cdot l}{2} \quad W_o = \frac{\pi \cdot d^3}{32}$$

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{32 \cdot F_a \cdot l}{2 \cdot \pi \cdot d^3} \leq \sigma_{DO} \quad d = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot F_a \cdot l}{\pi \cdot \sigma_{DO}}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_o}{\pi \cdot \sigma_{DO}}}$$

Výpočet na otláčení:

tlak pod kotoučem

$$p = \frac{F}{S} = \frac{F}{b \cdot d} \leq p_D$$

tlak v ložiskách rámu

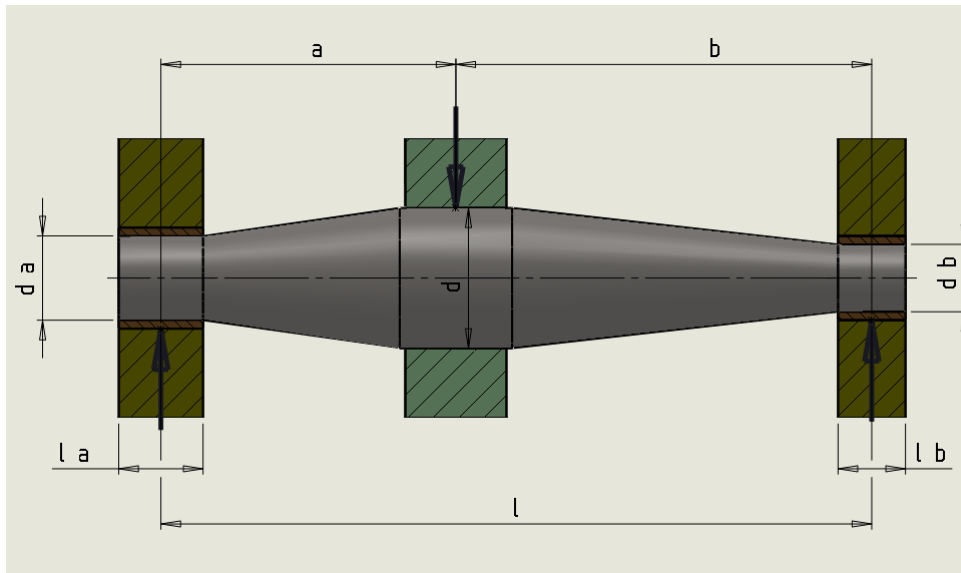
$$p = \frac{F}{S} = \frac{F}{2 \cdot a \cdot d} \leq p_D$$



Výpočet nosných hřídelů

Otočné osy

Otočná osa (nosný hřídel) tvoří s otočnými díly pevný celek. Otočná osa se otáčí na ložiskách v rámu a nepřenáší kroutící moment. Příkladem je osa železničního vagónu s koly nebo buben automatické pračky. Tyto osy se někdy konstruují jako nosníky stejné pevnosti.



F	zatěžující síla
F_a, F_b	reakce v podporách
M_o	maximální ohybový moment
W_o	modul průřezu v ohybu
d	průměr hřídele pod kolem
l_k	délka uložení pod kotoučem
d_a, d_b	průměr hřídele v ložiskách
σ_{D0}	dovolené napětí v ohybu
p_D	dovolený tlak

Výpočet nosných hřídelů

Otočné osy

Výpočet na ohyb:

1. Z rovnováhy momentů a sil stanovíme reakce v podporách – F_a , F_b .
2. Vypočítáme maximální ohybový moment.
3. Z největšího ohybového napětí navrhne průměr hřídele pod kolem.
4. Vypočítáme průměry čepů v ložiskách – tím je určeno uložení hřídele v rámu.

$$M_o = F_a \cdot a \quad W_o = \frac{\pi \cdot d^3}{32}$$

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{32 \cdot F_a \cdot a}{\pi \cdot d^3} \leq \sigma_{DO} \quad d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot F_a \cdot a}{\pi \cdot \sigma_{DO}}}$$

Výpočet na otláčení:

Tlak pod kotoučem

$$p = \frac{F}{S} = \frac{F}{l_K \cdot d} \leq p_D$$

Kontrolní otázky

- ▶ Charakterizujte nosné a hybné hřídele?
- ▶ Jaké radiální čepy znáte?
- ▶ Jaké rozlišujeme axiální čepy?
- ▶ Jakým způsobem počítáme nosné hřídele?
- ▶ Jak se liší způsob výpočtu axiálních a radiálních čepů?

Použitá literatura

1. KŘÍŽ, Rudolf a kol. *Stavba a provoz strojů I: Části strojů*. SNTL - Nakladatelství technické literatury. Praha: SNTL, 1977. L13-C2-V-43f/25559.
2. SHIGLEY Joseph E., Charles R. MISCHKE a Richard G. BUDYNAS. *Konstruování strojních součástí*. Vysoké učení technické v Brně. Brno: VUTIUM, 2010. ISBN 978-80-214-2629-0.
3. LEINVEBER, Jan, Jaroslav ŘASA a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky*. Druhé, zcela přepracované vydání. Praha: Scientia, 1998. ISBN 80-7183-123-9.
4. DILLINGER, Josef a kol. *Moderní strojírenství: pro školu i praxi*. Vydání první. Praha: Europa-Sobotáles, 2007. ISBN 978-80-86706-19-1.
5. FISCHER, Ulrich, Roland GOMERINGER, Max HEINZLER, Roland KILGUS, Friedrich NÄHER, Stefan OESTERLE, Heinz PAETZOLD a Andreas STEPHAN. *Tabellenbuch Metall*. 44., neu bearbeitete Auflage. Haan-Gruiten: Europa Lehrmittel, 2008. ISBN 978-3-8085-1724-6.
6. SKF podpora vzdělávání. *Materiály pro výuku*. Praha: duben 2009.