**„EU peníze školám“**

**Projekt DIGIT – digitalizace výuky na ISŠTE Sokolov**

**reg.č. CZ.1.07/1.5.00/34.0496**

|  |  |
| --- | --- |
| **III/2 Inovace a zkvalitnění výuky prostřednictvím ICT** | **VY\_32\_INOVACE\_5\_1\_05** |
| **Název vzdělávacího materiálu** | Výpočty hřídelových čepů |
| **Jméno autora** | Ing. Kateřina Mizerová |
| **Tematická oblast** | Hřídele a uložení |
| **Vzdělávací obor** | **23-45-M/01 Dopravní prostředky**  |
| **Předmět** | Části strojů a mechanismy |
| **Ročník** | 2. |
| **Rozvíjené klíčové kompetence** | Znalost strojních součástí a aplikace základních fyzikálních výpočtů |
| **Průřezové téma** | Funkce hřídelů a jejich částí, výpočty, součásti uložené na hřídeli |
| **Časový harmonogram** | 1 vyučovací hodina |
| **Použitá literatura a zdroje** | Leinveber, J., Vávra, P.: Strojnické tabulky, Úvaly, ALBRA, 2008, ISBN 80--86490-74-2. |
| **Pomůcky a prostředky** | Dataprojektor, vizualizér |
| **Anotace** | Popis, funkce, druhy a použití hřídelů a jejich částí. Základní výpočty hřídelů a jejich částí. Uložení hřídelů v sestavě a popis, funkce, druhy a základní výpočty součástí spojených s hřídelem k přenosu či umožnění otáčivého pohybu hřídele. |
| **Způsob využití výukového materiálu ve výuce** | Výklad, cvičení (výpočty) |
| **Datum (období) vytvoření vzdělávacího materiálu** | Září 2013 |

*Tento výukový materiál je plně v souladu s Autorským zákonem (jsou zde dodržována všechna autorská práva). Autorem materiálu a všech jeho částí, není-li uvedeno jinak, je ing. Kateřina Mizerová.*

**Výklad**

**Výpočty hřídelových čepů**

1. ***Výpočet válcových čepů radiálních***

Radiální čepy se kontrolují na ohyb, otlačení a na oteplení.

* **Namáhání na ohyb:**

Aby nedošlo k deformaci čepů v důsledku zatížení, je nutné zvolit správný materiál a rozměry. Pro výpočet musíme nejprve určit maximální ohybový moment, který je při rovnoměrném zatížení uprostřed délky čepu

$$M\_{O}=\frac{F∙l}{2}$$

$$M\_{O}…ohybový moment$$

$$F…zatěžující síla$$

$$l…délka čepu$$

dále ze vzorce ze strojnických tabulek pro kruhový modul průřezu v ohybu

$$W\_{O}=\frac{π∙d^{3}}{32}$$

$$W\_{O}…modul průřezu v ohybu$$

$$d…průměr čepu$$

a dosazením do vzorce poměru ohybového momentu ku modulu průřezu v ohybu získáme napětí, které musí být menší nebo rovné napětí dovolenému, které lze určit ze strojnických tabulek podle použitého materiálu

$$σ\_{O}=\frac{M\_{O}}{W\_{O}}=\frac{32∙F∙l}{2∙π∙d^{3}}\leq σ\_{DO}$$

$$σ\_{O}…napětí v ohybu$$

$$σ\_{DO }…dovolené napětí v ohybu$$

z této rovnice se ze známých veličin vyjádří a zaokrouhlením výsledku navrhne nejbližší vyšší typizovaný průměr čepu.

$$d\geq \sqrt[3]{\frac{16∙F∙l}{π∙σ\_{DO}}}$$

Navržený průměr čepu se dále kontroluje, zda vyhovuje dalším podmínkám provozu.

* **Otlačení:**

Následná kontrola se týká působení tlaku mezi čepem a ložiskem, čímž může vzniknout deformace otlačením. Skutečný tlak vyjádřený velikostí zatěžující síly na plochu podélného průřezu čepu musí být menší, než tlak dovolený.

$$p=\frac{F}{S}=\frac{F}{d∙l}\leq p\_{D}$$

$$p…tlak$$

$$p\_{D}…dovolený tlak$$

$$S…obsah plochy$$

* **Oteplení:**

Také součin tlaku a vzájemné rychlosti dvou součástí, které se dotýkají, musí být menší než dovolený, aby nedocházelo k přehřátí a deformacím těchto součástí v důsledku tření.

$$p∙v\leq \left(p∙v\right)\_{D}$$

$$v=π∙d∙n$$

$$v…obvodová rychlost$$

$$n…otáčky$$

1. ***Výpočet válcových čepů axiálních***

Axiální čepy se kontrolují na otlačení a na oteplení.

* **Otlačení:**

Maximální tlak (tedy síla na danou plochu) musí být menší než tlak dovolený.

$$p=\frac{F}{S}=\frac{4∙F}{π∙\left(d\_{2}^{2}-d\_{1}^{2}\right)}\leq p\_{D}$$

$$p…tlak$$

$$p\_{D}…dovolený tlak$$

$$F…zatěžující síla$$

$$S…obsah plochy$$

V případě axiálních čepů je silou zatěžováno čelo čepu a výpočtová plocha bude kruhová. Vzhledem k nerovnoměrnému opotřebování čela čepu bývá materiál čepu uprostřed vybrán a tato plocha musí být odečtena.

$$S=S\_{2}-S\_{1}=\frac{π∙\left(d\_{2}^{2}-d\_{1}^{2}\right)}{4}$$

$$S\_{1}=\frac{π∙d\_{1}^{2}}{4}…plocha vybrání$$

$$S\_{2}=\frac{π∙d\_{2}^{2}}{4}…průřez celého čepu$$

$$d\_{1}…průměr vnitřní díry$$

$$d\_{2}…vnější průměr čepu$$

* **Oteplení:**

Aby nedocházelo k přehřátí, musí být součin tlaku a střední rychlosti menší než dovolený.

$$p∙v\_{s}=p∙π∙\frac{\left(d\_{1}+d\_{2}\right)}{2}∙n\leq \left(p∙v\right)\_{D}$$

$$v\_{s}=π∙d\_{s}∙n$$

$$v\_{s}…střední obvodová rychlost$$

$$d\_{s}=\frac{d\_{1}+d\_{2}}{2}…střední průměr$$

$$n…otáčky$$

**Cvičení**

**Výpočet válcového radiálního čepu**

Navrhněte průměr a následně zkontrolujte na otlačení válcový radiální čep. Síla působící na čep je 15 kN, délka hřídelového čepu je 40 mm, délka celé hřídele je 200 mm a materiál čepu i hřídele je 11 500. Dovolený tlak je 12 MPa.

*Řešení:*

Z tabulek je dovolené statické napětí $σ\_{DO}=150 MPa$,

ze vzorců vyjádříme, dosadíme, vypočítáme a zaokrouhlíme průměr d.

$$σ\_{O}=\frac{M\_{O}}{W\_{O}}=\frac{32∙F∙l}{2∙π∙d^{3}}\leq σ\_{DO}, M\_{O}=\frac{F∙l}{2}, W\_{O}=\frac{π∙d^{3}}{32}$$

$$d\geq \sqrt[3]{\frac{16∙F∙l}{π∙σ\_{DO}}}=\sqrt[3]{\frac{16∙15000∙40}{3,14∙150}}=27,3 mm$$

$$d=28 mm$$

Zkontrolujeme na otlačení:

$$p=\frac{F}{S}=\frac{F}{d∙l}\leq p\_{D}$$

$$p=\frac{15000}{28∙40}=13,4 MPa, p\_{D}=12MPa$$

$p\geq p\_{D}$ … této podmínce nevyhovuje, navrhneme větší průměr

$$d\geq \frac{F}{p\_{D}∙l}=\frac{15000}{12∙40}=31,25 mm$$

$$d=32 mm$$