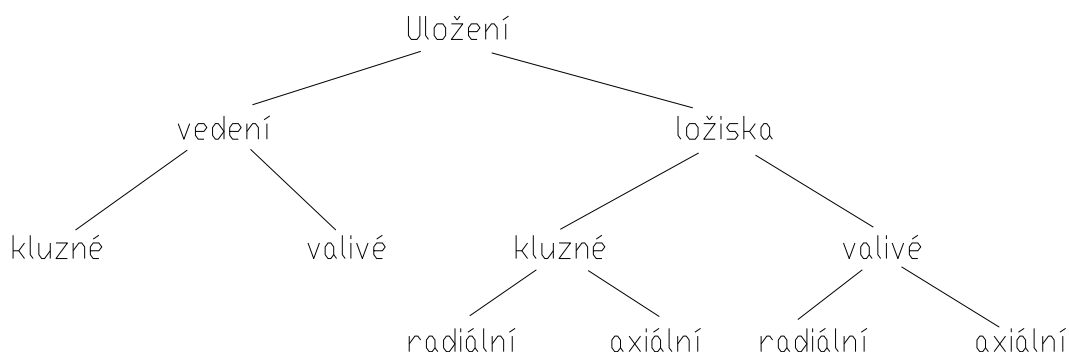


Název a adresa školy:	Střední škola průmyslová a umělecká, Opava, příspěvková organizace, Praskova 399/8, Opava, 746 01
Název operačního programu:	OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost, oblast podpory 1.5
Registrační číslo projektu:	CZ.1.07/1.5.00/34.0129
Název projektu	SŠPU Opava – učebna IT
Typ šablony klíčové aktivity:	III/2 Inovace a zkvalitnění výuky prostřednictvím ICT (20 vzdělávacích materiálů)
Název sady vzdělávacích materiálů:	SPS II
Popis sady vzdělávacích materiálů:	Stavba a provoz strojů II, 2. ročník
Sada číslo:	C-07
Pořadové číslo vzdělávacího materiálu:	16
Označení vzdělávacího materiálu: (pro záznam v třídní knize)	VY_32_INOVACE_C-07-16
Název vzdělávacího materiálu:	Vedení a valivá ložiska
Zhotoveno ve školním roce:	2011/2012
Jméno zhotovitele:	Ing. Hynek Palát

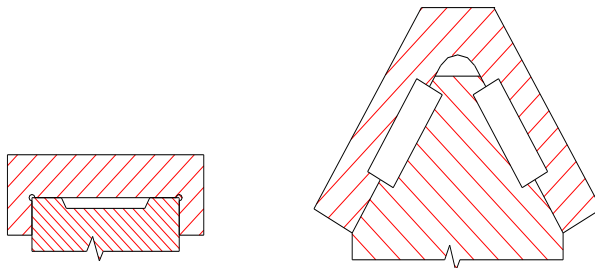
Uložení

Uložení je takové spojení strojních součástí, které umožňuje jejich vzájemný rotační (pomocí ložisek) nebo posuvný (pomocí vedení) pohyb.



Vedení

Umožňují vzájemný posuvný pohyb strojních součástí. Typickým příkladem jsou suporty obráběcích strojů. Vedení jsou zpravidla kluzná – je nutné je mazat.



Na obrázku vlevo je obdélníkové vedení, vpravo pak prizmatické vedení.

Valivá ložiska

Ložiska nazýváme strojní součásti, které umožňují vzájemný rotační pohyb spojovaných dílců. Dělí se na dvě velké skupiny – na ložiska **valivá** a **kluzná**. Kluzná ložiska jsou vkládána měkká pouzdra odolávající smykovému tření, valivá ložiska disponují vloženými tělísky překonávajícími tření valivé.

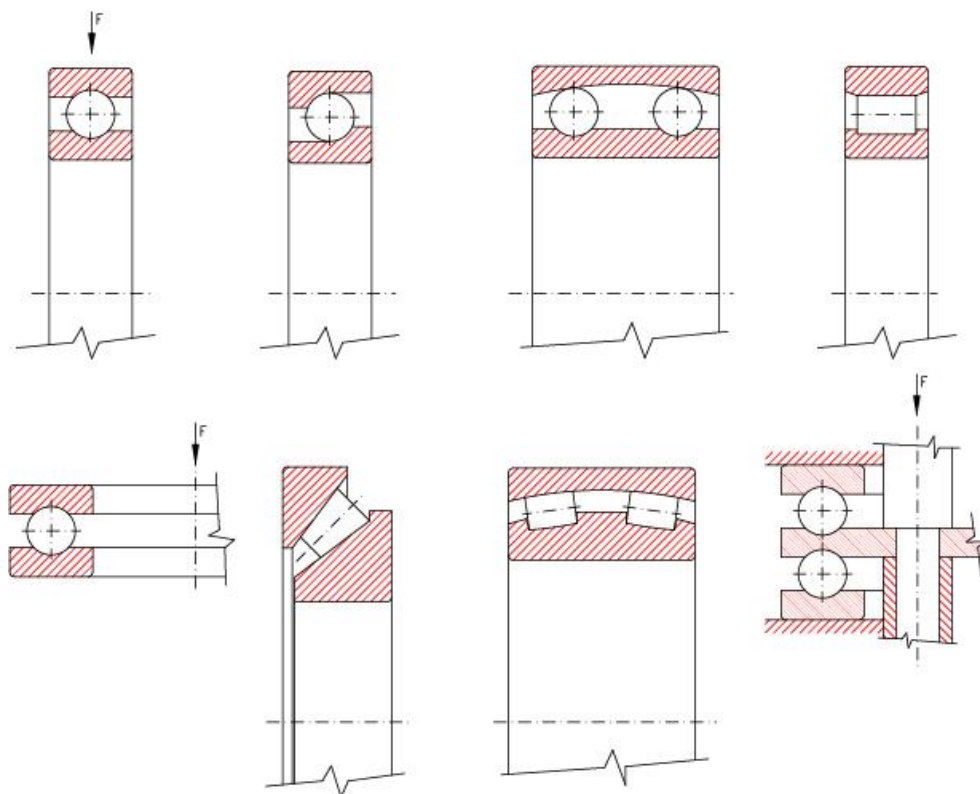
Valivá ložiska mají tyto výhody:

- Valivý odpor je menší než třecí – valivá ložiska mají tedy vyšší účinnost.
- Jednoduché použití – jsou vhodná pro větší rychlosti.
- Delší životnost, protože nedochází k opotřebení třením.
- Vyrábějí se i ve zcela uzavřeném provedení s náplní maziva, které vydrží po celou dobu životnosti ložiska.

Nevýhodou je vyšší hlučnost a vibrace oproti kluzným ložiskům.

Valivá ložiska disponují **vnitřním kroužkem**, **vnějším kroužkem** a **valivými elementy** umístěnými do **klece**. Valivými elementy mohou být kuličky, válečky, soudečky, kuželíky nebo jehly. Podle nich také valivá ložiska rozdělujeme a nazýváme.

Tvary valivých ložisek:



Na obrázku je v horní řadě zleva:

- jednořadé radiální kuličkové ložisko;
- jednořadé radiální kuličkové ložisko s kosoúhlým stykem;
- dvouřadé radiální naklápěcí kuličkové ložisko;
- jednořadé radiální válečkové ložisko.

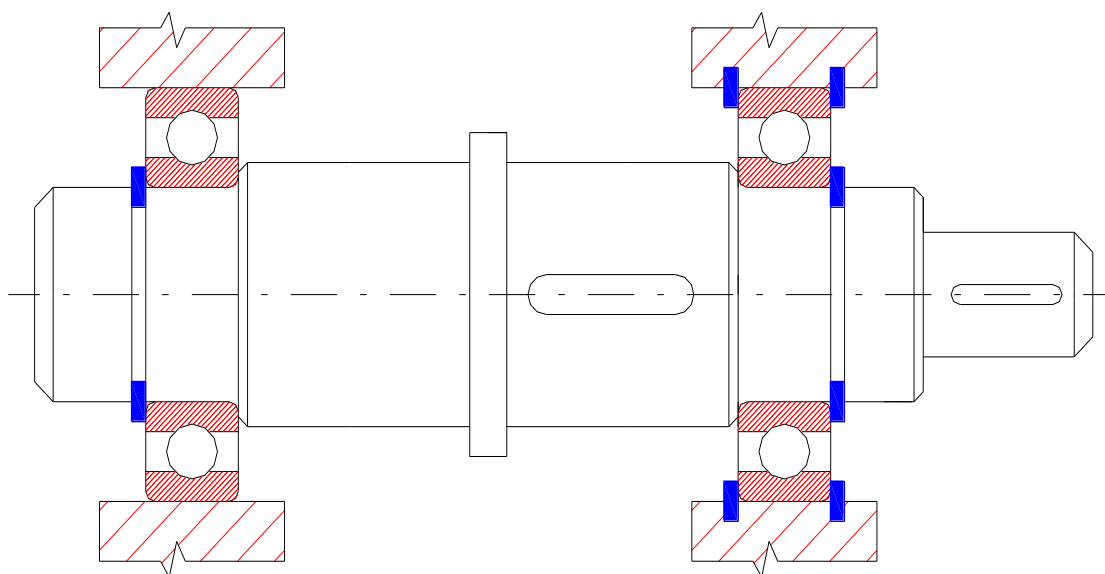
Ve spodní řadě zleva pak je:

- jednořadé axiální kuličkové ložisko;
- radiální kuželíkové ložisko;
- dvouřadé soudečkové ložisko;
- obousměrné axiální kuličkové ložisko.

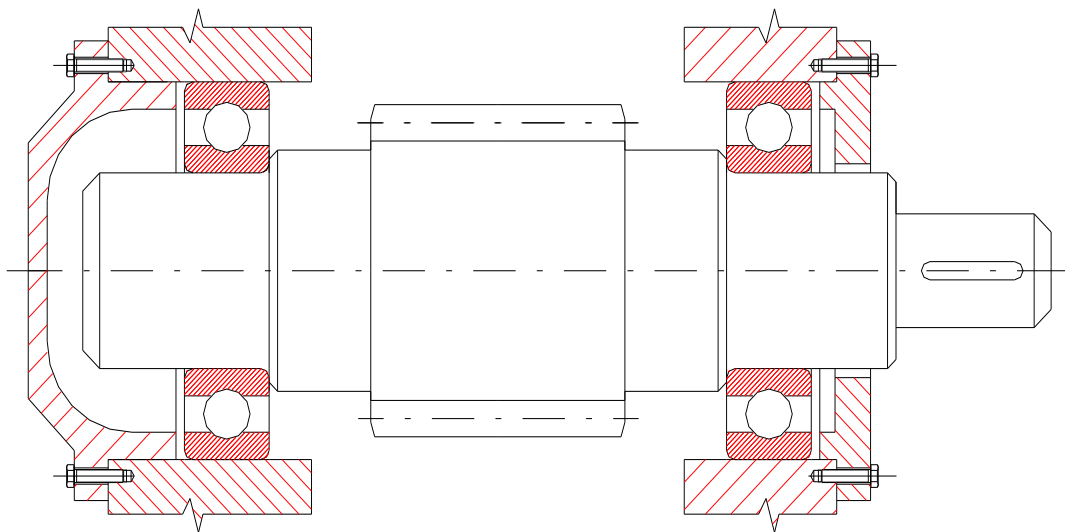
Způsoby uložení hřídelů ve valivých ložiscích:

Hřídele ukládáme tak, aby bylo zabráněno jejich axiálnímu posuvu, ale přitom bylo umožněno jejich roztažení vlivem provozního zahřátí. Také musíme počítat s výrobními nepřesnostmi. Pro konstruktéra to znamená, že některé hrany ložisek musí ponechat nezajištěné a volně posuvné. Jako možné způsoby si uvedme tyto:

- Uložení s jedním pevně uloženým (pravým) a jedním volně uloženým (levým) ložiskem. Volné ložisko má možnost určitého stranového posunutí.



- Uložení takzvaně „přes kuličku“ je náročné na přesnost výroby. Vnější kroužky ložisek zde mají k dispozici určitou malou boční vůli, která ložiskům dává možnost určitého stranového posunutí.



Výpočet valivých ložisek:

Abychom správně určili druh a velikost valivého ložiska, musíme znát nebo zvolit jeho zatížení, počet otáček, požadovanou životnost a způsob mazání. Výpočet ložisek je pak zcela specifický. Zjišťujeme totiž u nich tzv. statickou a dynamickou únosnost.

Pro výpočty potřebujeme tyto veličiny:

F_r – radiální síla působící na ložisko.

F_a – axiální síla působící na ložisko.

n – otáčky ložiska.

- Výpočet statické únosnosti valivých ložisek slouží ke zjištění, jakou radiální nebo axiální zátěž ložisko unese bez ohledu na to, zdali se točí či nikoliv. Počítáme přitom *ekvivalentní statické zatížení* F_o , tj. takové radiální či axiální zatížení, které na ložisku vyvolá stejnou deformaci jako jeho skutečné provozní zatížení. Počítá se ze vzorce:

$$F_o = X_o \cdot F_r + Y_o \cdot F_a$$

Součinitele statického zatížení X_o (radiálního) a Y_o (axiálního) jsou udávány výrobcem a nalezneme je např. ve strojnických tabulkách.

Statická bezpečnost ložiska je pak dána vzorcem:

$$k_o = \frac{C_o}{F_o}$$

kde C_o je základní statická únosnost udaná výrobcem. Je to maximální dovolené zatížení ložiska a najdeme ji ve strojnických tabulkách.

Výpočet statické únosnosti musíme provádět vždy, a to bez ohledu na provozní otáčky. Provádí se dokonce i v případě, kdy se ložisko netočí vůbec nebo naopak když je trvale v pohybu.

- **Výpočet dynamické únosnosti** valivých ložisek slouží ke zjištění doby jejich životnosti. Hodnota se udává v milionech otáček nebo v hodinách provozu. Podobně jako v případě statické únosnosti zde počítáme *ekvivalentní dynamické zatížení* F , tj. takové radiální či axiální zatížení, které má stejný vliv na životnost daného ložiska jako jeho skutečné provozní zatížení.

Ve vzorci pro toto zatížení se opět setkáváme s několika součiniteli, které vyhledáváme v ČSN nebo ve strojnických tabulkách. Pros jejich správné zde musíme provést několik přípravných výpočtů:

Nejprve je potřeba zjistit poměr mezi axiální zátěží ložiska F_a a jeho statickou únosností C_o .

$$\frac{F_a}{C_o}$$

Poté ve strojnických tabulkách (v tabulce hodnot X a Y – asi str. 502) vyhledáme řádek, ve kterém je uvedena nejbližší hodnota tohoto poměru. Na tomtéž řádku zcela vpravo odečteme hodnotu součinitele e . Tento součinitel hodnotí vliv axiální síly na dané ložisko. Následně vypočteme vzájemný poměr obou zatěžujících sil:

$$\frac{F_a}{F_r}$$

Vypočtenou hodnotu porovnáme s koeficientem e . Pokud je $\frac{F_a}{F_r} \leq e$, je vliv axiální síly zanedbatelný a obvykle dosazujeme $X = 1$ a $Y = 0$.

Pokud vyjde $\frac{F_a}{F_r} > e$, je vliv axiální síly na ložisko nezanedbatelný a hodnoty X a Y musíme dohledat v již zmíněné tabulce.

Ekvivalentní dynamické zatížení se pak počítá se ze vzorce:

$$F = X \cdot F_r + Y \cdot F_a$$

Součinitele dynamického zatížení X (radiálního) a Y (axiálního) jsou udávány výrobcem a jejich dohledání je popsáno výše.

Poté je potřeba vypočítat základní trvanlivost L , která je většinou udávána v miliónech otáček. Je to taková doba trvanlivosti ložisek daného typu, kterou vydrží 90% těchto ložisek.

U kuličkových ložisek ji počítáme ze vzorce:

$$L = \left(\frac{C}{F}\right)^3$$

U válečkových, soudečkových, kuželíkových a jehlových ložisek pak platí mírně pozměněný vzorec:

$$L = \left(\frac{C}{F}\right)^{3,33}$$

kde C je základní dynamická únosnost udaná výrobcem. Je to zatížení ložiska udané výrobcem, při kterém 90% zkoušených ložisek dosáhne požadované životnosti 1 000 000 otáček. Najdeme ji ve strojnických tabulkách.

Pokud potřebujeme znát životnost ložisek v provozních hodinách L_h , použijeme následující přepočet s použitím otáček za minutu – n :

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot n} \cdot \left(\frac{C}{F}\right)^3$$

To platí pro kuličková ložiska. Pro ostatní druhy je pak varianta:

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot n} \cdot \left(\frac{C}{F}\right)^{3,33}$$

Jde opět o životnost v hodinách, kterou vydrží 90% ložisek daného typu. Aby se ložisko dalo použít, musí být tato hodnota vyšší než požadovaná životnost.

Výrobce navíc udává maximální otáčky $n_{\max}$, kterými je možné ložisko provozovat. To je nutné dodržet.

Opakovací otázky a úkoly

- Nakresli alespoň pět základních druhů valivých ložisek.
- Nakresli dva základní způsoby uložení hřídelů ve valivých ložiscích.
- Charakterizuj, proč u valivých ložisek provádíme statický i dynamický výpočet.
- Zapiš postup statického výpočtu valivého ložiska včetně určení potřebných koeficientů.
- Zapiš postup dynamického výpočtu valivého ložiska včetně určení vlivu axiální síly.

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.