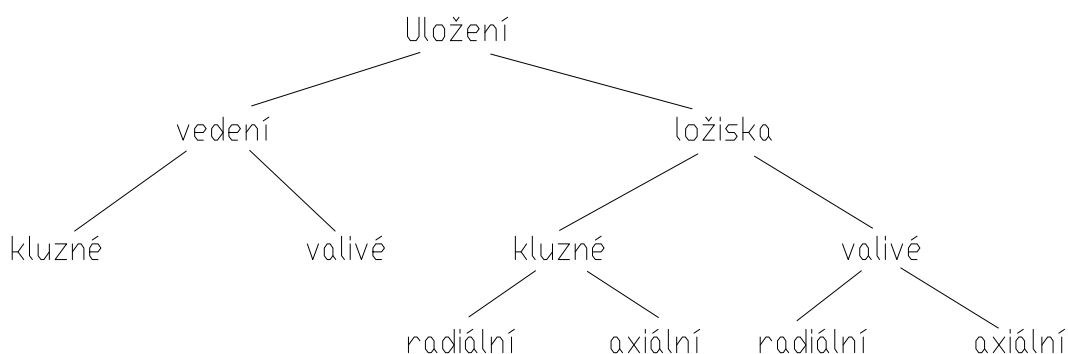


Název a adresa školy:	Střední škola průmyslová a umělecká, Opava, příspěvková organizace, Praskova 399/8, Opava, 746 01
Název operačního programu:	OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost, oblast podpory 1.5
Registrační číslo projektu:	CZ.1.07/1.5.00/34.0129
Název projektu	SŠPU Opava – učebna IT
Typ šablony 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>16</b>
Označení vzdělávacího materiálu: (pro záznam v třídní knize)	VY_32_INOVACE_C-07-16
Název vzdělávacího materiálu:	<b>Vedení a valivá ložiska</b>
Zhotoveno ve školním roce:	2011/2012
Jméno zhotovitele:	Ing. Hynek Palát

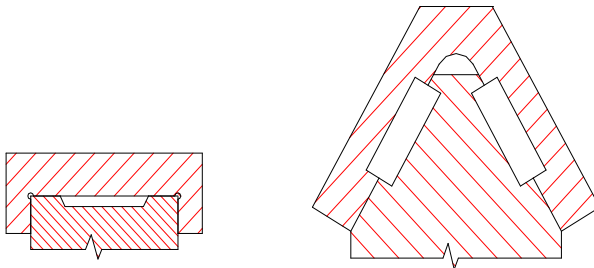
## Uložení

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.

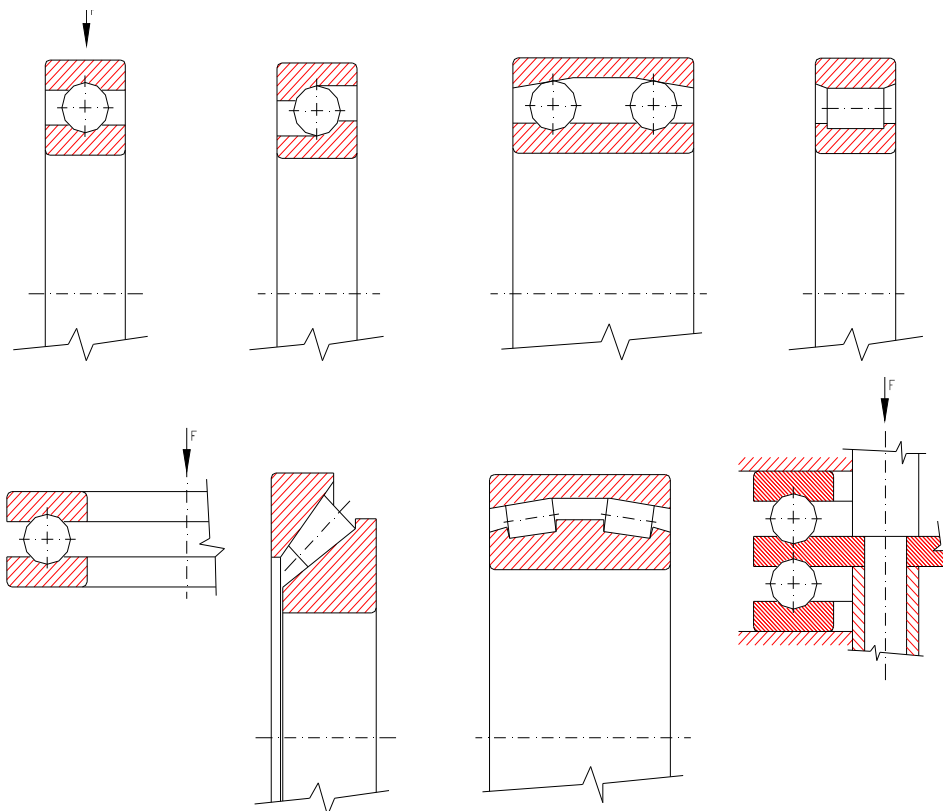
Valivá ložiska mají tyto výhody:

- 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.

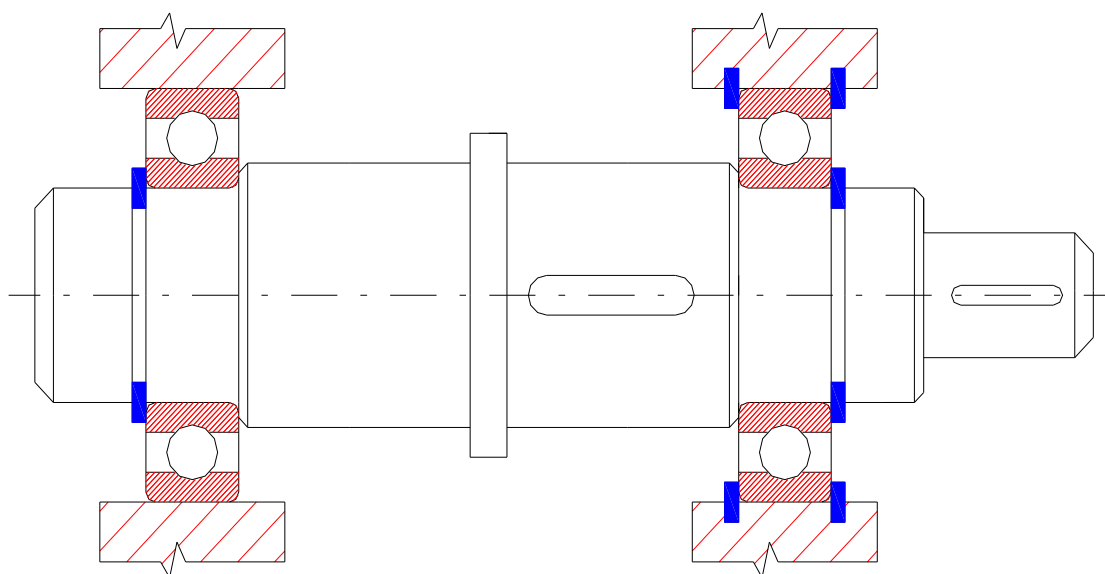
Ve spodní řadě zleva pak je:

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

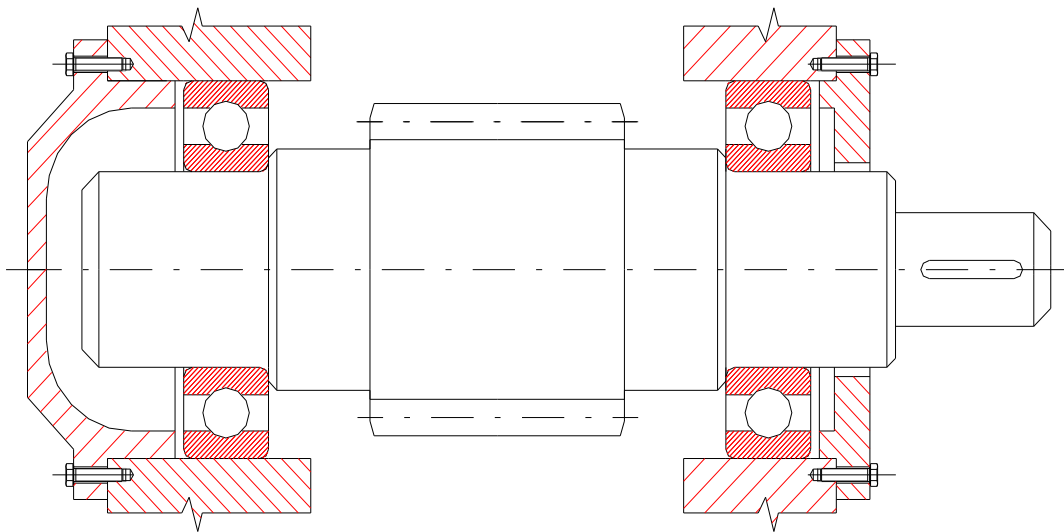
## Způsoby uložení hřídelů ve valivých ložiscích:

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:

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

Součinitele dynamického zatížení  $X$  (radiálního) a  $Y$  (axiálního) jsou udávány výrobcem a jejich dohledání je popsáno výše. Rotační součinitel  $V$  je rovněž dán výrobcem a má ve většině případů

hodnotu 1. Pouze pro bodové zatížení vnitřního kroužku u ložisek kuličkových jednořadých, válečkových, soudečkových a kuželíkových má hodnotu 1,2.

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.



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

## 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.