

## 5.2 Vřetena obráběcích strojů

dukci třecích sil a tím i tepla. Pokud má ložisko odnímatelný vnější kroužek, drží kuličky pohromadě při demontáži. Klec není za běžných podmínek zatížena (vyjma odstředivých sil). Je vedena na jednom z kroužků pro velké rychlosti nebo na valivých elementech pro nižší rychlosti. Klece mají různá provedení (kapsové, dvoudílná nýtovaná, femolová pryskyřice apod.) a konkrétní provedení je dáno doporučením výrobce u daného typu ložiska.

uspořádání ložisek	Faktor $f_1$ předepnutí ložisek	L	M	H
větší vzdálenost ložisek				
	0,85	0,75	0,5	
	0,8	0,7	0,5	
	0,75	0,65	0,45	
pevné ložisko				
	0,75	0,6	0,35	
	0,65	0,5	0,3	
	0,65	0,5	0,3	
	0,72	0,57	0,37	

uspořádání ložisek	dosažitelné otáčky
	1,0 · n*
	0,70 · n*
	0,85 · n*
	0,75 · n*
	0,65 · n*

Obr. 5.50. Redukce otáček v ložiskových sadách [INA FAG]

### Krok 5: Mazání vřetenových ložisek

Hlavním důvodem mazání vřetenových ložisek je redukce tření na minimum, což vede ke snížení opotřebení kovového styku valivých elementů s vnitřním a vnějším ložiskovým kroužkem. Neméně důležité je zmínit, že dochází k prodloužení životnosti ložiska a omezení jeho případné poruchy. Mnohdy mazivo obzvláště při vysokých otáčkách odvádí generované teplo. Metoda mazání uložení vřeten (obr. 5.51) obráběcích strojů závisí na konkrétních provozních podmínkách a požadavcích. Pokud požadujeme velkou přesnost chodu vřetena, je nutné redukovat teplo. Generované teplo je závislé na typu ložiska, otáčkách a zatížení.

Pasivní třecí momenty, které se mění v teplo, ovlivňuje zvolený způsob mazání a konstrukce ložiska. Celkový pasivní třecí moment je dán:

Způsob uspořádání (sada)	Tuhost	
	axiální	radiální
	$k_A$	$k_R$
	$1,64 \cdot k_A$	$1,36 \cdot k_R$
	$2 \cdot k_A$	$2 \cdot k_R$

Pozn.: Axiální síla působí v ose, radiální síla působí na střed sady.

Tab. 5.11. Axiální a radiální tuhost sad

(5.41)

$$M = M_0 + M_1 \text{ [N.mm]}$$

kde

$M_0$  – třecí moment závislý na konstrukci ložiska

$M_1$  – třecí moment závislý na zatížení (reakci)

Třecí moment daný konstrukcí ložiska a způsobem mazání je dán [INA FAG]:

(5.42)

$$M_0 = f_0 \cdot 10^{-7} \cdot (v \cdot n)^{2,3} \cdot d_s^3 \text{ [N.mm]}$$

kde

$f_0$  – koeficient daný konstrukcí ložiska  $f_0$  (0,7 až 12)

$v$  – provozní viskozita oleje nebo tuku  $[\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}]$

$n$  – otáčky ložiska  $[\text{min}^{-1}]$

$d_s$  – střední průměr ložiska [mm]

Třecí moment, který generuje zatížení ložisek (reakce v uložení), je dán [INA FAG]:

(5.43)

$$M_1 = \mu_1 \cdot f_1 \cdot F \cdot \frac{d_s}{2} \text{ [N.mm]}$$

kde

$\mu_1$  – třecí koeficient

$f_1$  – koeficient závislý na zatížení

$F$  – výsledné zatížení (reakce) v ložisku

$$F = \sqrt{F_r^2 + F_a^2} \text{ [N]}$$

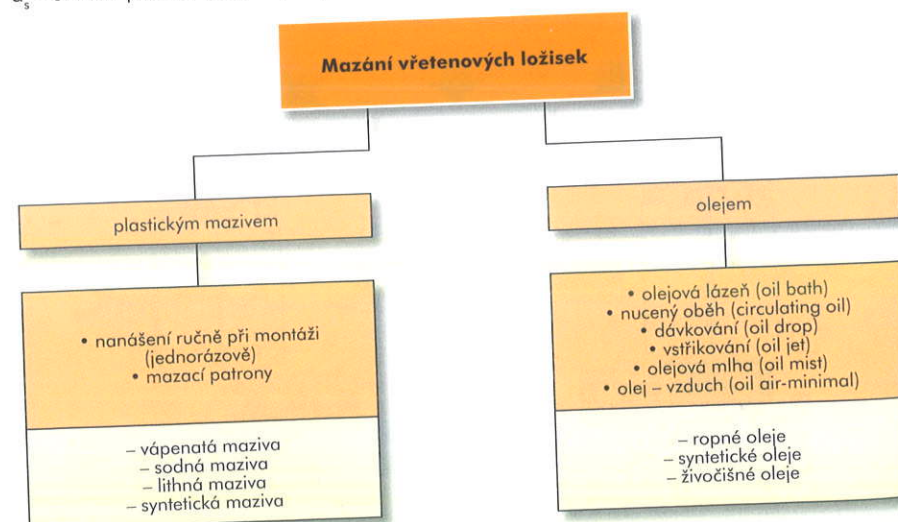
$F_r$  – radiální zatížení

$F_a$  – axiální zatížení

$d_s$  – střední průměr ložiska

Součinitele  $\mu_1$  a  $f_1$  prezentuje tab. 5.12. Koeficienty pro ostatní typy ložisek lze nalézt v [6].

Třecí moment  $M$  se přemění v teplo, které vypočítáme [6]:



Obr. 5.51. Způsoby mazání vřetenových ložisek

**Společnost COROLL je zárukou špičkové kvality, spolehlivosti dodávek, kvalitní technické podpory, profesionality**

## Ložiska

Úplný sortiment valivých ložisek

Rozsáhlé skladové zásoby ložisek v ČR

- Vřetenová ložiska
- Ložiska na podporu kuličkových šroubů
- Jehlová ložiska
- Speciální ložiska

## Kuličkové šrouby

NSK – největší světový výrobce kuličkových šroubů

Špičkové parametry, dokonalá spolehlivost

- Přesné broušené kuličkové šrouby
- Přesné válcované kuličkové šrouby
- Standardní válcované kuličkové šrouby

## Lineární vedení

Skladové zásoby v ČR – úpravy dle přání zákazníků

- Válečková lineární vedení
- Kuličková lineární vedení
- Ekonomická válcovaná lineární vedení

## Nářadí-Indukční ohřívací přístroje

Široký sortiment indukčních ohřívacích přístrojů a dalšího nářadí pro montáž a demontáž ložisek.

Coroll

Coroll s.r.o.

Hostovského 525, 549 31 Hronov

Tel.-Fax 491 483 805

E-mail: coroll@coroll.cz

NSK



IKO



## 5.2 Vřetena obráběcích strojů

(5.44)

$$Q_R = 1047 \cdot 10^{-4} \cdot M \cdot n \quad [W]$$

kde

M – celkový třecí moment [N.mm]

n – otáčky vřetena [min<sup>-1</sup>]

Toto generované teplo je zčásti odvedeno přes okolní konstrukci:

(5.45)

$$Q_u = k \cdot S \cdot (t_L - t_a) \quad [W]$$

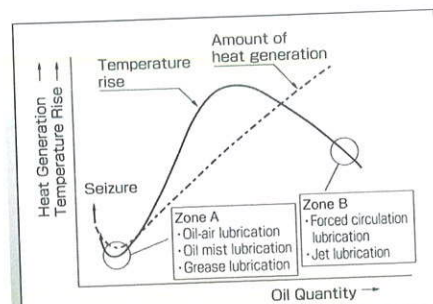
kde

k – tepelná vodivost [W.cm<sup>-2</sup>.K<sup>-1</sup>]S – přestupná plocha [cm<sup>2</sup>]t<sub>L</sub> – teplota ložiska [K]t<sub>a</sub> – ambientní teplota [K]

Tloušťka mazivového filmu závisí na otáčkách, provozní teplotě a viskozitě maziva. Dále musíme kromě tloušťky maziva hodnotit trvanlivost. Při mazání vřetenových ložisek může vzniknout:

- mezní mazání – malá tloušťka maziva k oddělení stykových ploch;
- hydrodynamické mazání – oddělení pohybujících se povrchů mazivovým filmem;
- elastohydrodynamické mazání – existuje při hydrodynamickém i částečně hydrodynamickém mazání u zatíženého tělesa (pružná deformace).

Mazání tukem je nejpoužívanější. Tuk se skládá z 90 % z minerálního nebo ropného oleje a 10 % zahušťovadla. Jako zahušťovadlo je užito vápenaté, sodné nebo lithné mýdlo. Jednotlivé typy ložisek potřebují různé množství maziva. Výrobci udávají potřebnou gramáž ve svých katalozích. Trvanlivost tuku závisí na jeho množství, druhu, typu ložiska, otáčkách, teplotě a namontovaném stavu.



Obr. 5.52. Vztah mezi množstvím oleje a teplem [NSK]

Typ ložiska	$\mu_1$	$f_1$
kosoúhlé $\alpha = 15^\circ$	$0,002 \cdot \left(\frac{F}{C_o}\right)^{1/2}$	pro $\frac{F_a}{F_r} \leq \frac{0,5}{Y}$ $f_1 = 1$ pro $\frac{F_a}{F_r} > \frac{0,5}{Y}$ je $f_1 = (3Y - 1) \cdot \frac{F_a}{F} + \frac{0,5}{Y} - 0,5$
kosoúhlé $\alpha = 25^\circ$	$0,002 \cdot \left(\frac{F}{C_o}\right)^{1/2}$	pro $\frac{F_a}{F_r} \leq \frac{0,5}{Y}$ $f_1 = 1$ pro $\frac{F_a}{F_r} > \frac{0,5}{Y}$ je $f_1 = 1,5 \cdot \frac{F_a}{F} + 0,25$
obousměrné vřetenové axiální	$0,0015 \cdot \left(\frac{F}{C_o}\right)^{1/3}$	$f_1 = 1$
válečkové s válcovou dírou	0,0005	$f_1 = 1$
válečkové s kuželovou dírou	0,001	pro $\frac{F_a}{F_r} \leq \frac{0,5}{Y}$ $f_1 = 1$ pro $\frac{F_a}{F_r} > \frac{0,5}{Y}$ je $f_1 = 2 \cdot Y \cdot \frac{F_a}{F}$

Pozn.: Y – axiální zatěžovací faktor, C<sub>o</sub> – statická únosnost ložiska

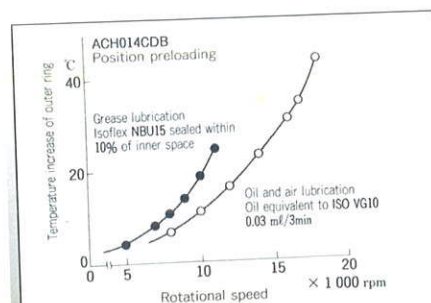
Tab. 5.12. Koeficienty pro určení třecího momentu [6]

Ložiska je nutné po namazání zabíhat a po určité době domazávat. Interval domazávání udává výrobce. Při záběhu jde o tu skutečnost, že se tuk dobře roznese po celém ložisku, a tím dojde k vyrovnání teplot. Vyrovnáním teplot je zabráněno poklesu předpětí.

Mazání olejem užíváme tam, kde provozní otáčky vyžadují i odvod generovaného tepla z uložení. Pro mazání přesných vřetenových ložisek je třeba malého množství oleje. Rozeznáváme následující způsoby mazání olejem:

- olejovou mlhou (oil mist lubrication);
- pomocí trysky (oil jet lubrication);
- olej – vzduch (oil air lubrication).

Při mazání olejovou mlhou je tato dopravná na pomoc stlačeného vzduchu k ložisku, většinou pomocí mazacích tubiček. Pokud užijeme mazání pomocí trysky, přivádíme určité množství oleje tryskou k ložisku. V případě mazání olej – vzduch je velmi malé množství oleje pomocí dopravního média (vzduchu) přivedeno k ložisku. Přehled všech metod udává tab. 5.13. Během zabíhání dochá-



Obr. 5.53. Teplotní srovnání olejového a tukového mazání [Koyo]

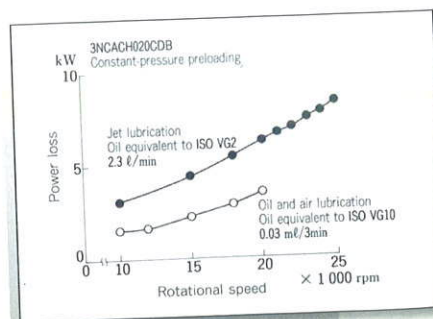
zí ke zvětšení teplot v ložiskách. Vztah mezi množstvím oleje a generováním tepla (včetně zvýšení teploty) ukazuje obr. 5.52, porovnání tukového a olejového mazání a jeho vlivu na teplotu vnějšího kroužku pak obr. 5.53, velikost ztrátového výkonu při různých způsobech mazání obr. 5.54 a konstrukční provedení přírodních trysek pro jeden ze tří způsobů mazání olejem ukazuje obr. 5.55.

### Krok 6: Montáž a demontáž

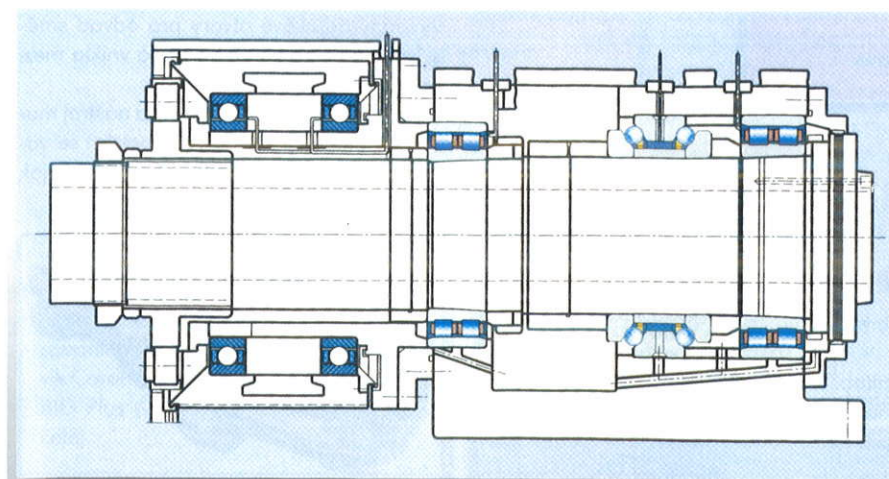
Způsob montáže (a následně demontáže) výrazným způsobem ovlivňuje životnost uložení vřetena a jeho přesnost. Montáž má následující kroky (demontáž opačné):

- očištění ložisek a souvisejících částí;
- proměření všech částí (vřetena a skříně);
- montáž dle typu ložiska;
- ověření postupu.

Konkrétní postup montáže je závislý na typu ložiska, které jsme použili při konstrukci a na jeho uložení. Přehled metod udává obr. 5.56.



Obr. 5.54. Ztrátový výkon v závislosti na druhu mazání [Koyo]



Obr. 5.55. Přívod oleje k ložiskům [SKF]

Metoda mazání	Vyobrazení	Výhoda	Nevýhoda
tukem	–	– nízká cena – univerzální použití	– menší otáčky – neodvádí teplo – tuk je trvanlivější než olej
olejovou mlhou (oil-mist lubrication)		– žádné zhoršení trvanlivosti maziva – do prostoru ložisek se nedostane voda (olejová mlha ji vytlačí)	– znečištění okolí – množství oleje závisí na teplotě a viskozitě
olej – tryska (oil jet lubrication)		– stabilní teplota ložiska – do prostoru ložisek se nedostane voda	– vysoký třecí moment – vyšší cena – prosak oleje při vertikální aplikaci
olej – vzduch (oil air lubrication)		– je environmentální – do prostoru ložisek se nedostane voda – žádné zhoršení trvanlivosti maziva – stabilní teplota ložiska – nízká generace tepla z přebytku maziva	– vysoká cena – obtížné určení množství oleje

Tab. 5.13. Porovnání metod mazání vřetenových ložisek [schémata mazání Koyo]