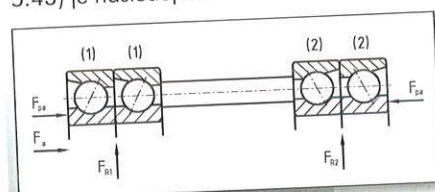


5.2 Vřetena obráběcích strojů

fikací základní hodinové trvanlivosti v závislosti na mazání a provozních podmínkách. Podrobnosti lze nalézt v jejich speciálních publikacích.

U vřetenových ložisek je statické zatížení kontrolováno málo, jde totiž o zatížení bez rotace nebo s velmi malou rotací.

Příklad výpočtu hodinové trvanlivosti dle uspořádání ložisek a silového zatížení (obr. 5.43) je následující:



Obr. 5.43. Silové poměry v ložiskách s kosoúhlým stykem

Předepínací síla F_{pa} je dána typem ložiska a lze ji zjistit z podkladů výrobce.

Celkové axiální předpětí F_{pc} každého ložiska s vlivem radiální síly je [RHP]: (5.33)

$$F_{pc1} = \frac{F_{R1} \cdot 1,2 \cdot \tan \alpha}{2} + \frac{F_{pa}}{4} \quad [N]$$

kde α – úhel styku ložiska nebo (5.34)

$$F_{pc2} = \frac{F_{R2} \cdot 1,2 \cdot \tan \alpha}{2} + \frac{F_{pa}}{4} \quad [N]$$

Použijeme tu, která bude větší, a ta se označí F_{pc} . Pokud bude

$$F_{pc1} (F_{pc2}) \leq \frac{F_{pa}}{2} \quad [N]$$

pak použijeme $\frac{F_{pa}}{2}$

Celkové axiální zatížení od vnější síly F_A je: (5.35)

$$F_{C11} = \frac{1}{3} F_A + F_{pc} \quad [N]$$

$$F_{C12} = F_{pc} - \frac{1}{6} F_A \quad [N]$$

Celkové radiální zatížení každého ložiska od reakcí F_R : (5.36)

$$F_{RC1} = \frac{F_{R1}}{2} \quad F_{RC2} = \frac{F_{R2}}{2} \quad [N]$$

Ekvivalentní dynamické zatížení každého ložiska: (5.37)

$$P_1 = X \cdot F_{RC1} + Y \cdot F_{C11} \quad [N]$$

$$P_2 = X \cdot F_{RC2} + Y \cdot F_{C12} \quad [N]$$

Hodinová trvanlivost každého ložiska je: (5.38)

$$L_{h101} = \frac{16667}{n_m} \left[\frac{C}{P_1} \right]^3 \quad [\text{hod}]$$

$$L_{h102} = \frac{16667}{n_m} \left[\frac{C}{P_2} \right]^3 \quad [\text{hod}]$$

pro celé uložení pak (5.39)

$$L_{h10} = \frac{1}{\left(\frac{2}{L_{h101}^{1,11}} + \frac{2}{L_{h102}^{1,11}} \right)^{0,9}}$$

ABMA Tolerance class	ISO Tolerance class	SKF Standard
ABEC 9	2	PA9A
ABEC 7	4	P4
ABEC 5	5	P5

Tab. 5.8. Porovnání standardů přesnosti [SKF]

Krok 3: Třída přesnosti ložiska

Přesnost chodu vřetena je závislá na přesnosti chodu ložiska a přesnosti přináležejících částí. Pokud budeme vybírat toleranční třídu ložiska, je rozhodujícím faktorem v mnoha případech maximální radiální házení vnitřního kroužku. Obr. 5.44 porovnává relativní hodnoty pro různé typy tolerančních tříd vřetenových ložisek.

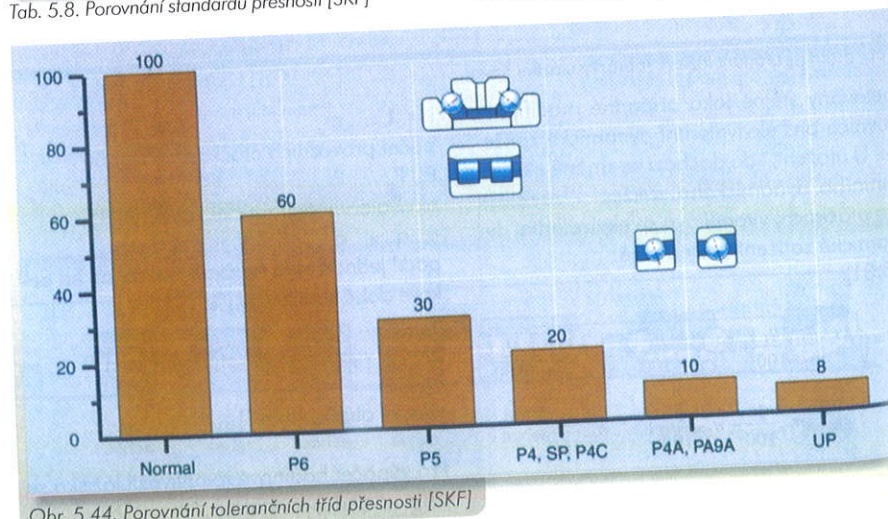
Porovnání rozdílných standardů a tolerancí pro vysokopřesnostní ložiska ukazuje tab. 5.8 a 5.9.

Přesností přináležejících částí rozumíme geometrické úchytky tvaru a polohy, které je možné připustit při výrobě pro vřeteno a skříň (tubus). Taktéž je předepsána příslušná drsnost povrchu (obr. 5.45).

Čím více budou nedodrženy předepsané úchytky, zejména obvodového a čelního házení čel dosedacích ploch osazení, tím více dojde ke snížení životnosti uložení.

SKF Tolerance Class	Boundary dimensions ISO, ABMA	Running accuracy ISO, ABMA
SP	ISO 5, ABEC 5	ISO 4, ABEC 7
UP	ISO 4, ABEC 7	ISO 2, ABEC 9
P4A	ISO 4, ABEC 7	ISO 2, ABEC 9 ¹⁾
P4C	ISO 4, ABEC 7	ISO 4, ABEC 7
PA9A	ISO 2, ABEC 9	ISO 2, ABEC 9

Tab. 5.9. Přesnosti pro vysokopřesnostní ložiska [SKF]



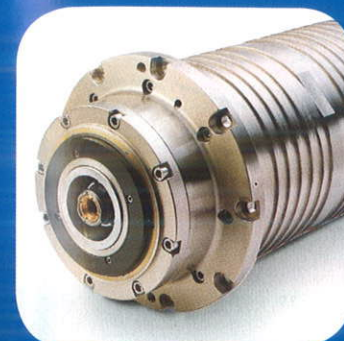
Obr. 5.44. Porovnání tolerančních tříd přesnosti [SKF]



Přesná ložiska



Lineární vedení a pohybové šrouby



Vřetena

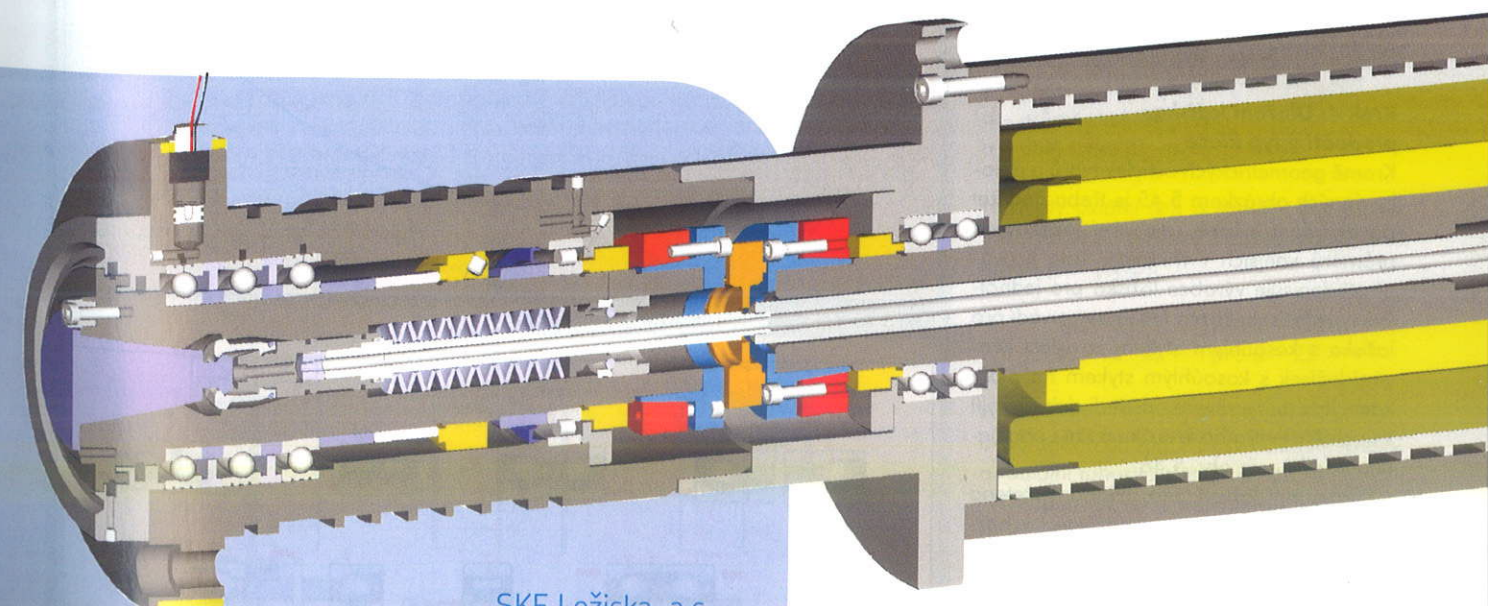


Mazací systémy



Servis vřeten všech typů a značek

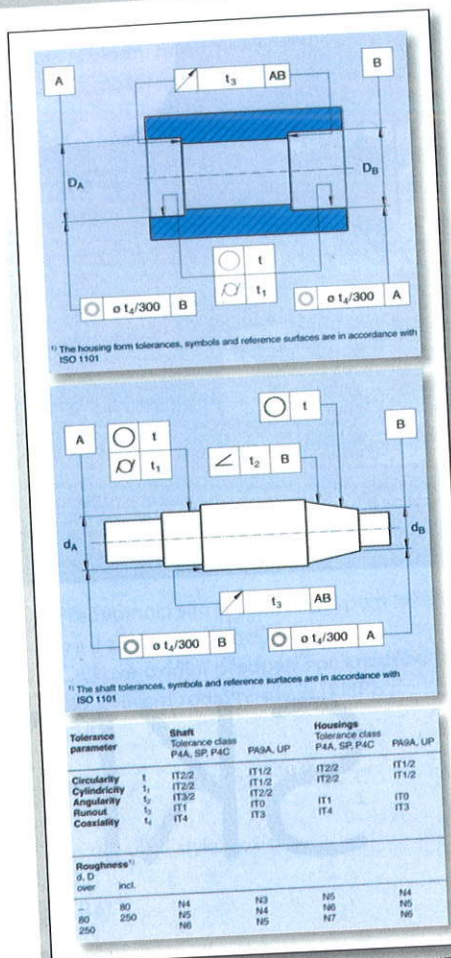
Obrábíme s SKF



SKF Ložiska, a.s.
U Měšťanského pivovaru 7
170 04 Praha 7
Tel.: 234 642 111
Fax: 234 642 415
E-mail: loziska@skf.com
www.skf.cz



5.2 Vřetena obráběcích strojů



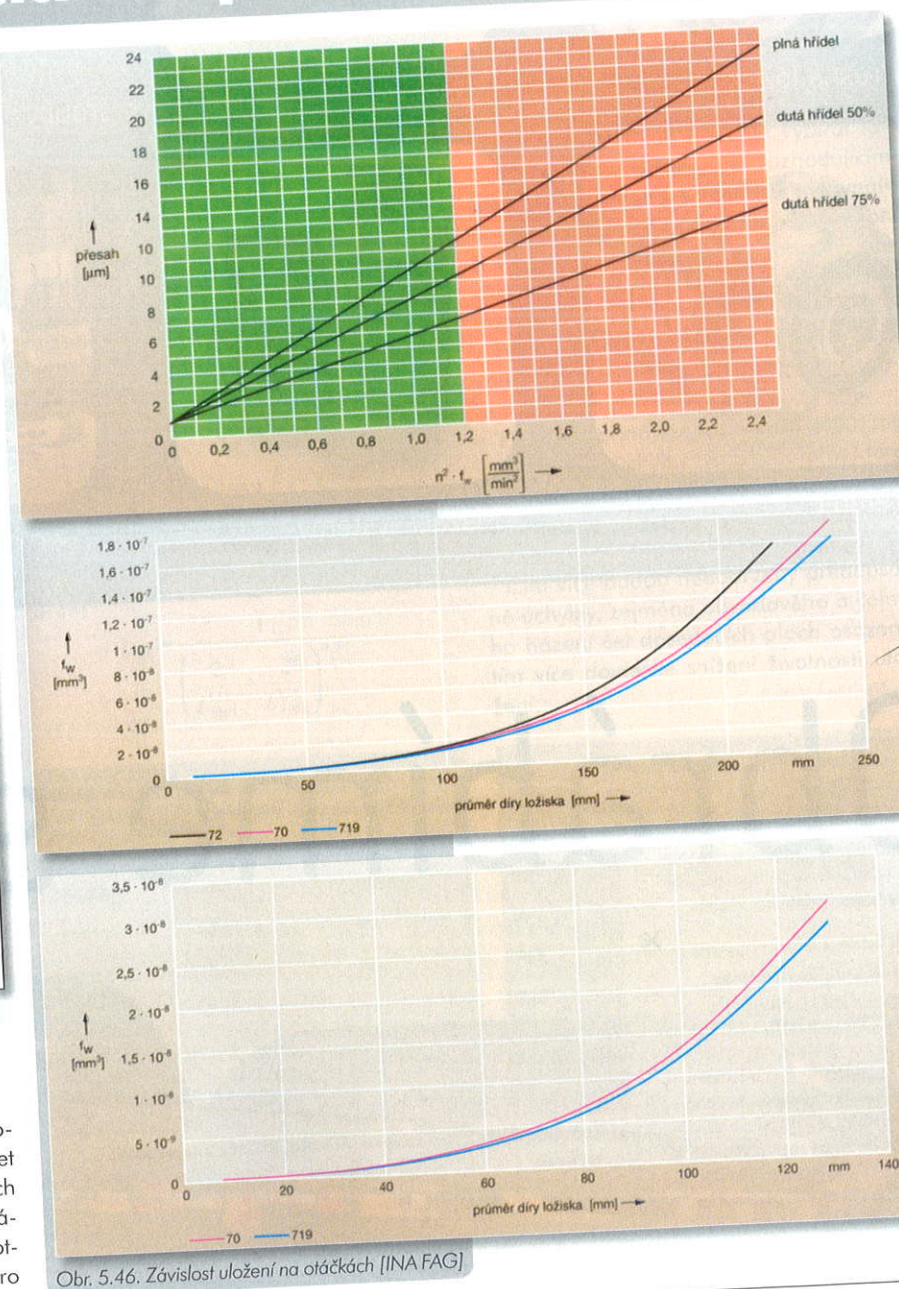
Obr. 5.45. Předepsání úchytky tvaru a polohy [SKF]

Krok 4: Uložení ložiska, předpětí a typ klece

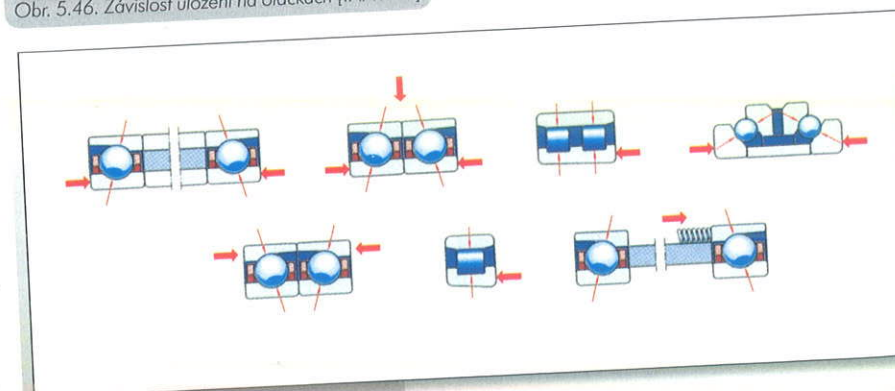
Kromě geometrických úchytek tvaru a polohy daných obrázkem 5.45 je třeba dodržet při ukládání ložisek i lícování ložiskových průměrů vnějších i vnitřních. Toto lícování předepisuje výrobce ložiska pro jednotlivé typy ložisek. Firma FAG navíc uvádí pro ložiska s kosoúhlým stykem závislost lícování ložisek s kosoúhlým stykem na otáčkách, kdy může vlivem odstředivých sil dojít k uvolnění vnitřního kroužku a tím i porušení předpětí – viz obr. 5.46.

Předepnutí ložisek pro ukládání vřetena umožňuje využít výhody spočívající v bezvibrovém uložení, zvýšení pracovní přesnosti a zvýšení tuhosti. Předepnutí je užíváno také v aplikacích, kde není zatížení při vysokých otáčkách. Základní způsoby předepnutí prezentuje obr. 5.47.

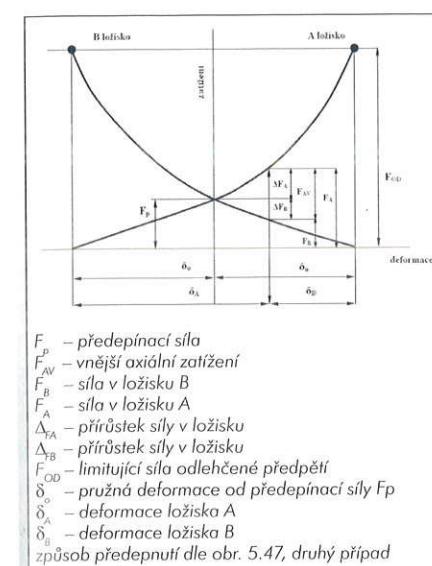
Jakým způsobem se projevuje působení vnějšího axiálního zatížení F_{AV} ve dvojici



Obr. 5.46. Závislost uložení na otáčkách [INA FAG]



Obr. 5.47. Způsoby předepnutí ložisek [SKF]



Obr. 5.48. Působení vnější síly ve dvojici předepnutých axiálních ložisek

předepnutých ložisek s kosoúhlým stykem, ukazuje obr. 5.48.

Dvojice ložisek s kosoúhlým stykem je předepnutá předepnutím silou F_p , čemuž odpovídá pružná deformace δ_p . Při působení vnější axiální síly F_{AV} se bude ložisko A zatěžovat více a ložisko B odlehčovat.

Způsob uspořádání (sada)	Odlehčovací síla	
	F_{OD}	F'_{OD}
	$F_{OD} = 2,83 \cdot F_p$	$F'_{OD} = 2,83 \cdot F_p$
	$F_{OD} = 4,16 \cdot F_p$	$F'_{OD} = 2,08 \cdot F_p$
	$F_{OD} = 2,83 \cdot F_p$	$F'_{OD} = 2,83 \cdot F_p$
	$F_{OD} = 5,4 \cdot F_p$	$F'_{OD} = 1,8 \cdot F_p$

Pozn.: Ložiska mají stejné úhly styku.

Tab. 5.10. Dovolené axiální zatížení ložisek

Základní uspořádání ložisek s kosoúhlým stykem může být do „O“, do „X“ či do tandemu „T“. Výrobce dodává buď sady pro konkrétní uspořádání nebo univerzálně párovatelná ložiska – obr. 5.49.

Rozdělení vnější síly odpovídají deformace δ_A a δ_B . Stav, kdy dojde k odlehčení předepnuté dvojice od vnější axiální síly, je

označován jako bod odlehnutí a síla je limitující síla F_{OD} , která je různá dle způsobu uspořádání (tab. 5.10).

Pružnou deformaci ložisek s kosoúhlým stykem od axiálního zatížení lze určit dle vztahu [SNFA]:

$$\delta_A = 2 \cdot 10^{-3} \cdot F_p^{2/3} \cdot Z^{-2/3} \cdot d^{-1/3} \cdot \sin \alpha^{-5/3}$$

kde

 F_p – předepnutí síla [daN] Z – počet kuliček d – průměr kuličky [mm] α – úhel styku [°]

Hodnoty axiální (k_A) a radiální (k_R) tuhosti lze získat od výrobců ložisek. Pro radiální tuhost platí [FAG]:

$$k_R = 6 \cdot k_A \quad \text{pro } \alpha = 15^\circ$$

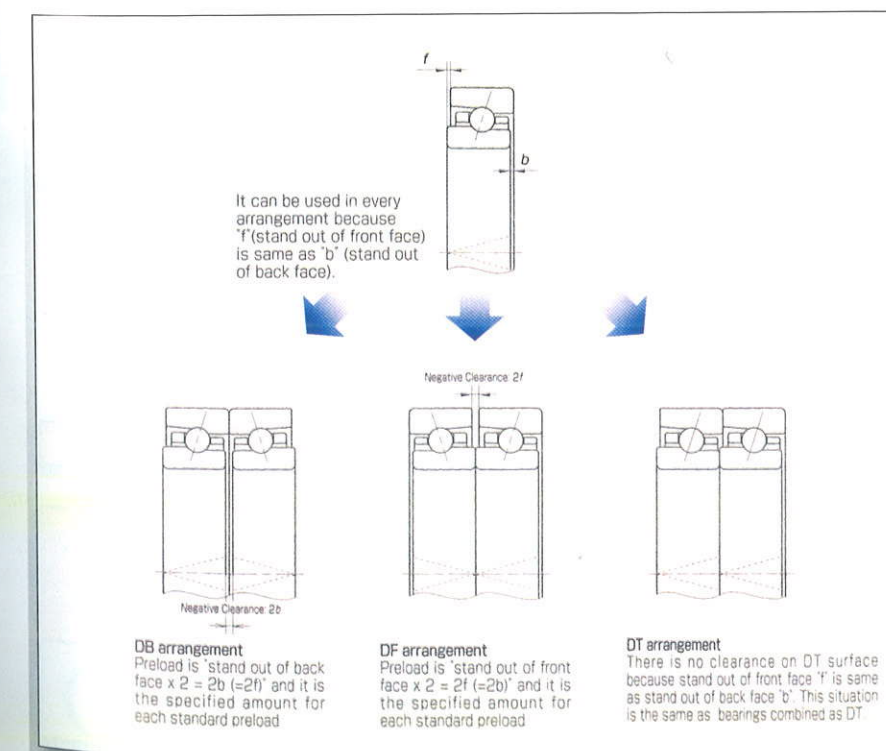
$$k_R = 2 \cdot k_A \quad \text{pro } \alpha = 25^\circ$$

Pokud budou ložiska s kosoúhlým stykem uspořádána do sad, pak se hodnoty axiální a radiální tuhosti zvětšují dle tab. 5.11.

Předpětí ložisek s kosoúhlým stykem výrobci udávají většinou ve třech stupních: L – lehké, M – střední a H – těžké. Druh předpětí a uspořádání ložisek omezují dosažitelné otáčky (obr. 5.50).

Z katalogu výrobce je nutné zjistit redukci otáček i pro vřetena válečková ložiska.

Klec slouží v ložisku k zajištění rovnoměrného rozdělení valivých těles a tím i k re-



Obr. 5.49. Univerzálně párovatelná ložiska [NSK]