

NSK Obchodní zastoupení – Evropa, Střední východ a Afrika

**Polsko a střední
a východní Evropa**

NSK Polska Sp. z o.o.
Warsaw Branch
Ul. Migdałowa 4/73
02-796 Warszawa
Tel. +48 22 645 15 25
Fax +48 22 645 15 29
info-pl@nsk.com

Francie a Benelux

NSK France S.A.S.
Quartier de l'Europe
2, rue Georges Guynemer
78283 Guyancourt Cedex
Tel. +33 (0) 1 30573939
Fax +33 (0) 1 30570001
info-fr@nsk.com

Itálie

NSK Italia S.p.A.
Via Garibaldi, 215
20024 Garbagnate
Milanese (MI)
Tel. +39 02 995 191
Fax +39 02 990 25 778
info-it@nsk.com

Jižní Afrika

NSK South Africa (Pty) Ltd.
25 Galaxy Avenue
Linbro Business Park
Sandton 2146
Tel. +27 (011) 458 3600
Fax +27 (011) 458 3608
nsk-sa@nsk.com

**Německo, Rakousko,
Švýcarsko, Skandinávie**

NSK Deutschland GmbH
Harkortstraße 15
40880 Ratingen
Tel. +49 (0) 2102 4810
Fax +49 (0) 2102 4812290
info-de@nsk.com

Rusko

NSK Polska Sp. z o.o.
Russian Branch
Office 1 703, Bldg 29,
18th Line of Vasilevskiy Ostrov,
Saint-Petersburg, 199178
Tel. +7 812 3325071
Fax +7 812 3325072
info-ru@nsk.com

Španělsko

NSK Spain, S.A.
C/ Tarragona, 161 Cuerdo Bajo
2^a Planta, 08014 Barcelona
Tel. +34 93 2892763
Fax +34 93 4335776
info-es@nsk.com

Střední východ

NSK Bearings Gulf Trading Co.
JAFZA View 19, Floor 24 Office 2/3
Jebel Ali Downtown,
PO Box 262163
Dubai, UAE
Tel. +971 (0) 4 804 8205
Fax +971 (0) 4 884 7227
info-me@nsk.com

Turecko

NSK Rulmanları Orta Doğu Tic. Ltd. Şti
19 Mayıs Mah. Atatürk Cad.
Ulya Engin İş Merkezi No: 68/3 Kat. 6
P.K.: 34736 - Kozyatağı - İstanbul
Tel. +90 216 4777111
Fax +90 216 4777174
turkey@nsk.com

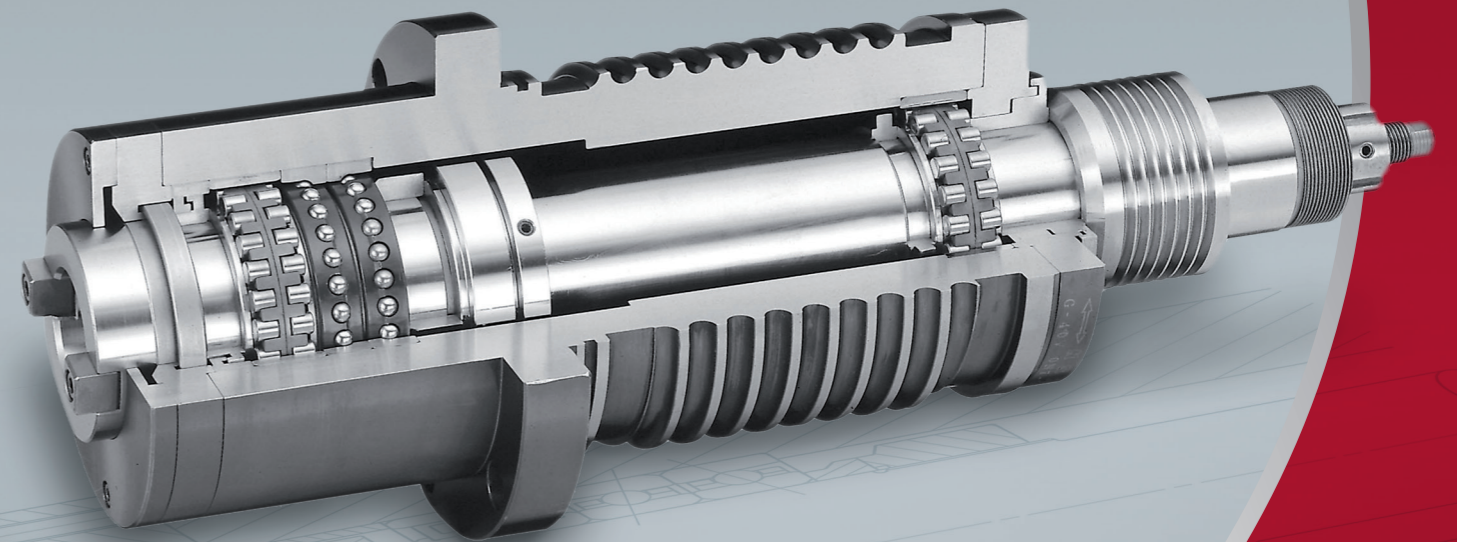
Velká Británie

NSK UK Ltd.
Northern Road, Newark
Nottinghamshire NG24 2JF
Tel. +44 (0) 1636 605123
Fax +44 (0) 1636 643276
info-uk@nsk.com

Navštivte také naše stránky: www.nskeurope.com

Globální stránky: www.nsk.com

VŘETENOVÁ LOŽISKA
OBRÁBĚCÍCH STROJŮ
+ PŘÍRUČKA PRO VÝBĚR A MONTÁŽ



Obsah

Úvod	4	Modernizace	
Výběr ložisek		Přehled	54
Přesná ložiska NSK – přehled typů	6	Řada ROBUST	56
Přehled	9	› Kuličková ložiska s kosoúhlým stykem	56
Identifikační značky	12	› Válečková ložiska	57
Stykový úhel	14	Materiál ložiska	58
Univerzální sady	16	Těsněná ložiska	59
Třídy přesnosti	17	Těsněná TAC	61
Předpětí – ložiska s kosoúhlým stykem	18	Hybridní ložiska	63
Předpětí – válečková ložiska	22	Klece TYN	64
Párování ložisek	24	Konverze TAC	65
		Klece TB	66
Před montáží		Doplňující informace	
Mytí a příprava ložisek	26	Převodník	68
Mazání	28	Poruchy ložisek a jejich odstranění	70
Množství maziva	29	Příčiny potíží	75
Kontrola součástí	30	Tabulky předpětí	78
		› Standardní ložiska	78
Montáž		› Řada ROBUST	82
Montáž ložisek na hřídel	32	Tabulka pro výběr ložisek podle odchylek rozměrů	84
Utahovací moment pojistné matice / kontrola házení	34	Užitečné tipy	87
Montáž válečkových ložisek s kuželovou dírou	38	Rejstřík	88
› Pomocí výpočtu	38		
› Pomocí měření	42		
Typická uspořádání vřeten	44		
Přehled uspořádání vřeten	45		
› Vřetena pro vysoká zatížení	46		
› Vřetena pro střední a vysoké otáčky	47		
Po montáži			
Kontrola předpětí	48		
Souosost a vyvážení	50		
Záběh	51		
Příčiny potíží	52		
› Vysoká teplota	52		
› Hlučnost	53		

Společnost NSK je jedním z předních světových výrobců valivých ložisek, lineární techniky a komponent pro automobilový průmysl. Lze ji nalézt téměř na všech kontinentech v podobě výrobních závodů, obchodních zastoupení a technologických center. Díky tomu poskytujeme našim zákazníkům po celém světě kvalitní produkty a služby na lokální úrovni.



Společnost NSK

Společnost NSK zahájila svou činnost jako první japonský výrobce valivých ložisek již v roce 1916. Od té doby trvale rozšiřujeme a zkvalitňujeme nejen spektrum našich výrobků, ale i rozsah služeb pro jednotlivá průmyslová odvětví. V tomto duchu vyvíjíme technologie v oblastech valivých ložisek, lineární techniky, součástí pro automobilový průmysl i pro mechatronické systémy. Naše technologická centra a výrobní závody v Evropě, Severní a Jižní Americe a v Asii tvoří celosvětovou technologickou síť.

V centru našeho zájmu není jen vývoj nových technických prvků, ale i trvalá optimalizace jejich kvality na všech stupních výroby.

Naše výzkumné činnosti jsou orientovány, mimo jiné, na konstrukci výrobků, simulační aplikace s využitím rozmanitých analytických systémů a vývoj různých typů ocelí a maziv pro valivá ložiska.

Partnerství založené na důvěře a důvěra založená na kvalitě

Komplexní řízení kvality ve společnosti NSK: synergie která vzniká při spolupráci jednotlivých technologických center společnosti NSK.

Je to jen jeden z příkladů toho, jakým způsobem zajišťujeme trvale vysokou kvalitu.

Společnost NSK je jedním z hlavních průmyslových hráčů s dlouhou tradicí v patentovaných řešeních strojních součástí. Ve výzkumných střediscích po celém světě se soustředíme na vývoj nových technologií, ale i na trvalé zlepšování kvality

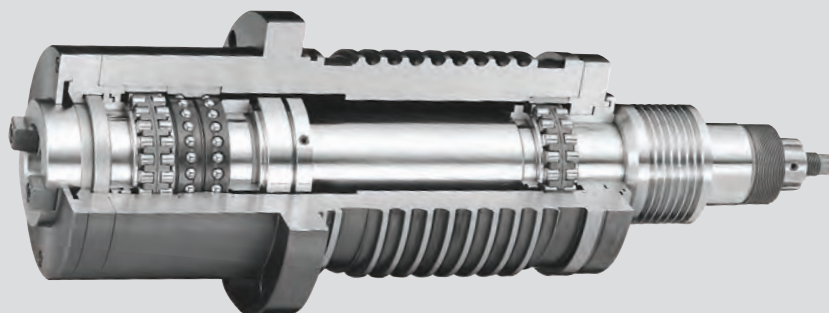
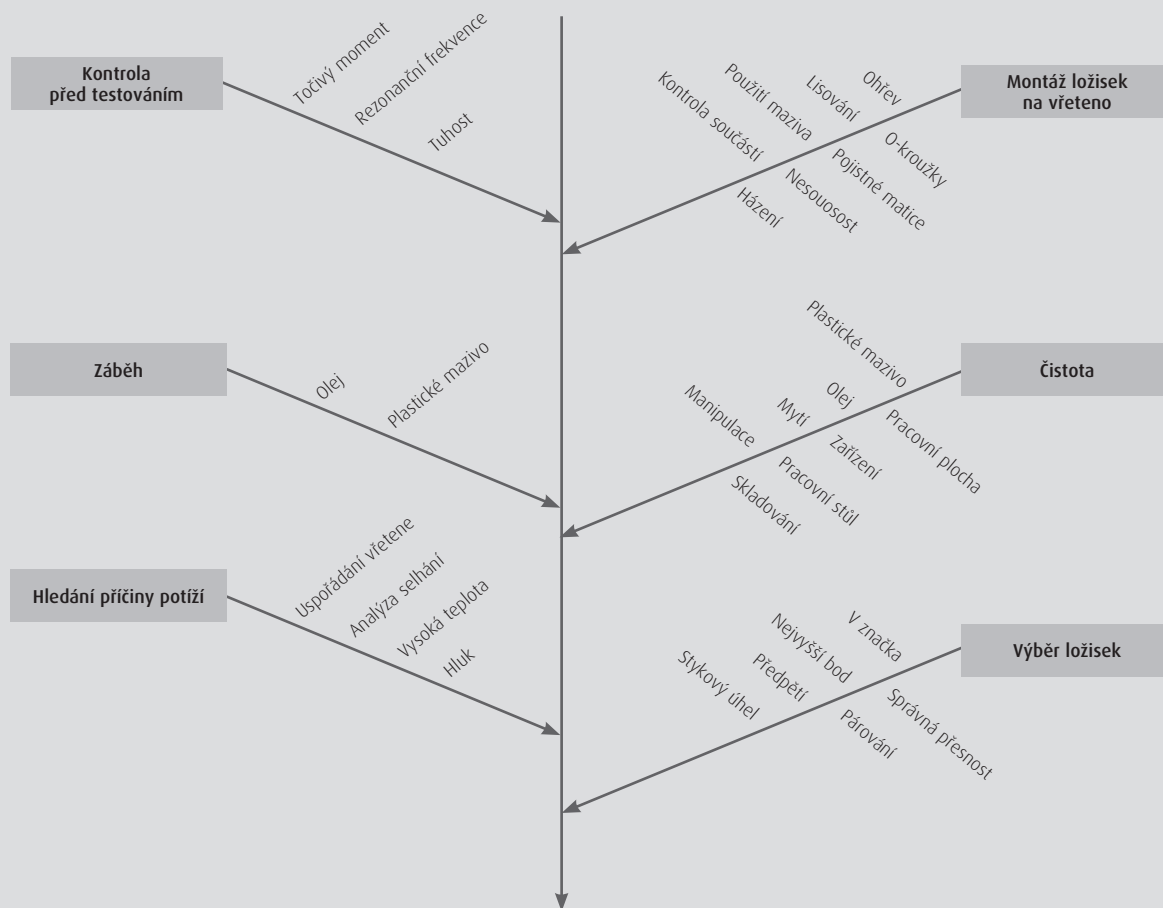
na komplexním základě tribologie, materiálových technologií, analýz a mechatroniky.

Další informace o společnosti NSK na webové stránce www.nskeurope.com nebo volejte +420 724 796 102



Úvod

Pro dosažení správné funkčnosti vřetene je třeba věnovat pozornost celé řadě detailů, viz. níže:



Přesná ložiska pro obráběcí stroje jsou velmi přesně konstruované součásti a jako takové jsou velmi důležité pro výkon obráběcího stroje. Způsob manipulace a montáže do vřetene obráběcího stroje neurčuje pouze to, zda stroj pracuje přesně, ale může také ovlivnit životnost ložiska ve vřetenu.

Tato příručka je určena jako ucelený průvodce pro každého, kdo montuje ložiska do obráběcího stroje, bez ohledu na to, zda se jedná o plánovanou údržbu nebo opravu poruchy. Příručka následuje logický postup od výběru správných typů ložisek až po důležitost čistoty před sestavením vřetene. Podrobná část týkající se montážních postupů obsahuje mnoho fotografií a nákresů. Zahrnuty jsou také kontroly před testováním, záběh a hledání příčin potíží.

Další část, nazvaná Modernizace, vysvětluje, jak zlepšit výkonnost, ale především spolehlivost vřetene. Téměř ve všech případech to může být jednoduše provedeno výměnou ložiska a není nutná žádná změna konstrukce vřetene.

Některé části obsahují užitečný tip, jako je ten, který je uveden níže. Tyto tipy jsou založeny na dlouholetých zkušenostech a mohou být užitečné zejména pro začátečníky v oblasti oprav vřeten a dobrou připomínkou pro zkušené inženýry.

Výběr ložisek

Přesná ložiska NSK – přehled typů

NSK dodává několik typů přesných ložisek. Mezi ně patří řada vysoce výkonných ložisek ROBUST, speciální řady ložisek pro konkrétní aplikace a také řada standardních ložisek.



Standardní řady

NSKHPS přesná kuličková ložiska s kosouhlým stykem

Základní vysoce přesná ložiska vyrobená tak, aby vyhovovala normám ISO.

- › 70xx, 72xx, 79xx
- › Stykové úhly: 15° (C), 25° (A5), 30° (A)
- › Konstrukce klece: textitové (TR) nebo polyamidové (TYN) klece, v závislosti na požadavcích aplikace
- › Materiál kuliček: ocel, keramika (SN24)



Speciální řady

Těsněná kuličková ložiska s kosouhlým stykem

Předmazaná a těsněná ložiska. Vhodná zejména pro opravy a údržbu vřeten obráběcích strojů.

- › Standardní řady vysoce přesných kuličkových ložisek s kosouhlým stykem
- › Vysokootáčková kuličková ložiska s kosouhlým stykem řady ROBUST
- › Průměr díry: $\varnothing 30$ –100 mm v řadách ISO 10 a 19 (70xx a 79xx)



Standardní řady
a řady s vysokou tuhostí

Dvouřadá válečková ložiska

Navržena tak, aby poskytovala vysokou tuhost při vysokých otáčkách, např. u vřeten soustruhů.

- › Materiál klece: mosaz (MB), PPS (TB)
- › Standardní specifikace E44: Mazací otvory a drážka ve vnějším kroužku



Speciální řady

Přesná jenořadá kuličková ložiska

Vhodná pro vysokootáčkové a vysoce přesné motory.

- › Materiál klece: polyamidová klec vedená kuličkami (T1X, TYA), textitová klec vedená na vnitřním kroužku (T), výběr závisí na aplikaci
- › Vhodná pro tichý provoz s minimem vibrací



Řada BSR

Přesná kuličková ložiska s kosouhlým stykem

Vysoce výkonná ložiska vyvinutá speciálně pro vysokootáčkové aplikace s předpětím pružinou.

- › Průměr díry: $\varnothing 6-25$ mm, stykový úhel: 15°
- › Materiál kuliček: ocel (typ S), keramika (typ H a X)
- › Nerozebíratelný typ
- › Univerzální kombinace (DU a SU)



Řada ROBUST: BAR a BTR

Vysokootáčková axiální kuličková ložiska s kosouhlým stykem

Vysoce tuhá axiální ložiska pro vřetena soustruhů.

- › Stykové úhly: 30° (BAR), 40° (BTR)
- › Materiál kuliček: ocel (typ S), keramika (typ H)



Řada ROBUST: BNR a BER

Vysokootáčková kuličková ložiska s kosouhlým stykem

Vysoce výkonná ložiska vyvinutá pro vysokorychlostní provoz s nízkým nárůstem teploty. Vhodné pro aplikace s velmi vysokou přesností obrábění a s velmi vysokou rychlostí.

- › Stykové úhly: 18° (BNR), 25° (BER)
- › Materiál kuliček: ocel (typ S), keramika (typ H a X)
- › Konstrukce klece: textitová (T), polyamidová (TYN), v závislosti na požadavcích aplikace
- › Řada ROBUST může být použita pro velmi rychlé aplikace s více než 3 miliony $d_{m,n}$.



Řada ROBUST: N10

Vysokootáčková jednořadá válečková ložiska

Vysoce výkonná válečková ložiska určená pro aplikace s velmi vysokou rychlostí, jako jsou vřetena obráběcích center.

- › Materiál klece: mosaz (MR)⁽¹⁾, PEEK (TP)
- › Materiál válečků: ocel, SHX ocel, keramika
- › Řada ROBUST RXH může být použita při rychlostech do 3 milionů $d_{m,n}$.

⁽¹⁾ MR klec se používá ve standardní řadě

Výběr ložisek

Přesná ložiska NSK – přehled typů



Řada ROBUSTSHOT

Přesná kuličková ložiska s kosouhlým stykem - řada ROBUSTSHOT

Přímé mazání olej – vzduch pro dosažení nejvyšších otáček.

- › Přímé mazání olej – vzduch přes průchozí otvor ve vnějším kroužku
- › Stykové úhly: 18° (BNR), 25° (BER)
- › Mazací drážka s O-kroužky ve vnějším kroužku
- › Hybridní ložiska – ocelové kroužky, keramické kuličky



Speciální řady pro obráběcí stroje

NSKHPS axiální kuličková ložiska s kosouhlým stykem pro podporu kuličkových šroubů

Vysoce tuhá axiální ložiska navržena speciálně pro podporu kuličkových šroubů v obráběcích strojích.

- › Stykový úhel: 60°
- › Mohou být univerzálně použita pro různé požadované specifikace tuhosti
- › K dispozici je provedení otevřeného ložiska s náplní plastického maziva
- › K dispozici je provedení s kontaktním těsněním a voděodolným mazivem



Speciální řady pro vstříkovací lisý

Axiální kuličková ložiska s kosouhlým stykem pro podporu kuličkových šroubů s vysokým zatížením

Řada ložisek pro podporu kuličkových šroubů s vysokým zatížením poskytuje pětinašobek životnosti ve srovnání s běžnými ložisky pro podporu kuličkových šroubů, která se používají pro aplikace v obráběcích strojích. To také umožňuje konstrukci s menším počtem řad ložisek.

- › Jednodušší manipulace a montáž než u kuželkových ložisek nebo axiálních soudečkových ložisek díky nerozebíratelnému provedení
- › Optimální konstrukce kuličkového ložiska poskytuje nízký valivý odpor
- › Mohou být univerzálně použita pro různé požadované specifikace tuhosti



Řady BSN a BSF

NSKHPS BSBD ložiska pro podporu kuličkových šroubů

Dvouřadá konfigurace ložisek umožňuje podporovat velké axiální síly v obou směrech.

- › Řady BSN bez přírubby, řady BSF s přírubou
- › K dispozici jsou také párované typy
- › Kontaktní břitové těsnění – poskytuje dobré těsnící vlastnosti při vysokých otáčkách

Výběr ložisek

Přehled

Kuličková ložiska s kosouhlým stykem

Standardní provedení, řady 72, 70, 79

70 16 A5 TR V1V DU L P3

Řada ložisek

Kód díry ložiska

Stykový úhel

A = 30°
A5 = 25°
C = 15°

Materiál

Bez označení: Ložisková ocel (SUJ2)
SN24: Keramické kuličky

Klec

TR: Textitová klec
TYN: Polyamidová klec

Těsnění

Bez označení: Otevřený typ
V1V: Bezkontaktní pryžové těsnění

Párování

SU: Jednotlivé univerzální
DU: Univerzální pár
DB, DF, DT: Dvojice
DBD, DFD, DTD, DUD: Trojice
DBB, DFF, DBT, DFT, DTT, QU: Čtveřice

Předpětí

L: Lehké
M: Střední
H: Těžké
Gxx: Předpětí v Kgf (G5 = 5 Kgf)
CPxx: Střední předpětí v mikronech (CP10 = 10µm)
CAxx: Střední axiální vůle v mikronech (CA15 = 15µm)

Třída přesnosti

P4: Třída ISO 4 (ABEC7)
P3: Rozměry – třída ISO 4
Přesnost chodu – třída ISO 2
P2: Třída ISO 2 (ABEC9)

Řada ROBUST, vysokootáčkový typ

80 BER 10 S T V1V SU EL P3

Jmenovitý průměr díry

Stykový úhel (typ ložiska)

BNR: 18°
BER: 25°
BSR: 15°

Rozměrová řada

10: Stejný průměr díry, vnější průměr a šířka jako řada 70
19: Stejný průměr díry, vnější průměr a šířka jako řada 79

Materiál

S: Ocelové kuličky
H: Keramické kuličky
X: SHX ocel kroužky, keramické kuličky

Klec

T: Textitová klec
TYN: Polyamidová klec
T42: PEEK klec

Těsnění

Bez označení: Otevřený typ
V1V: Bezkontaktní pryžové těsnění

Párování

SU: Jednotlivé univerzální
DU: Univerzální pár
DB, DF, DT: Dvojice
DBD, DFD, DTD, DUD: Trojice
DBB, DFF, DBT, DFT, DTT, QU: Čtveřice

Předpětí

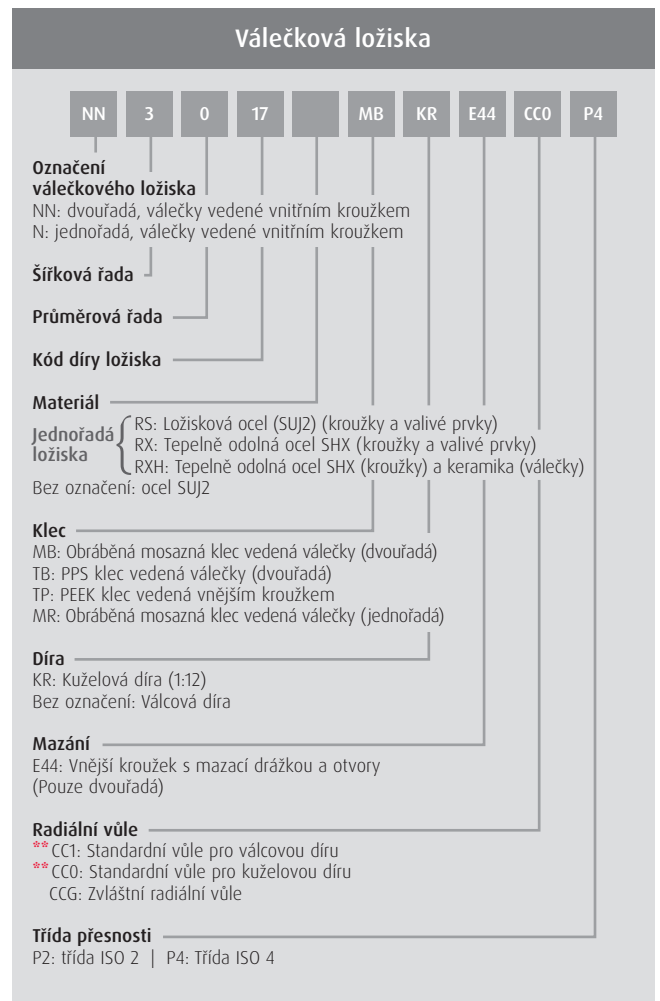
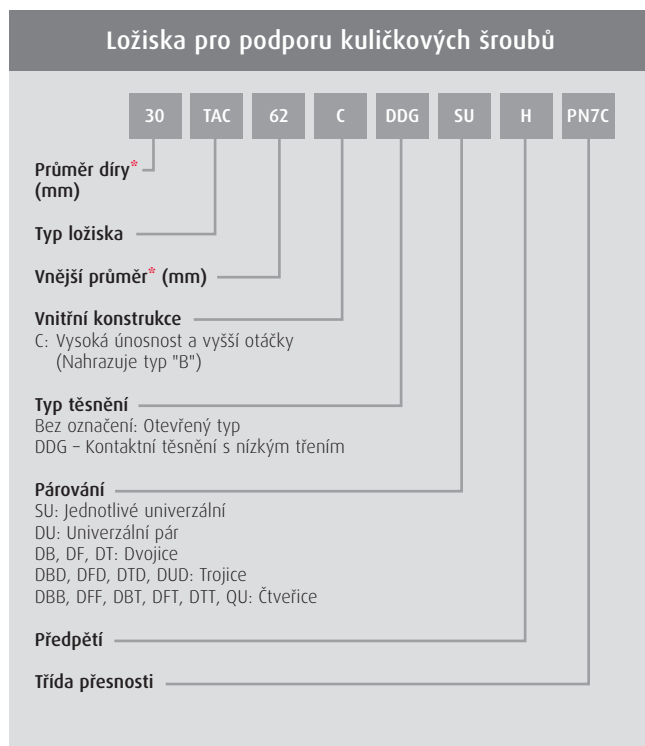
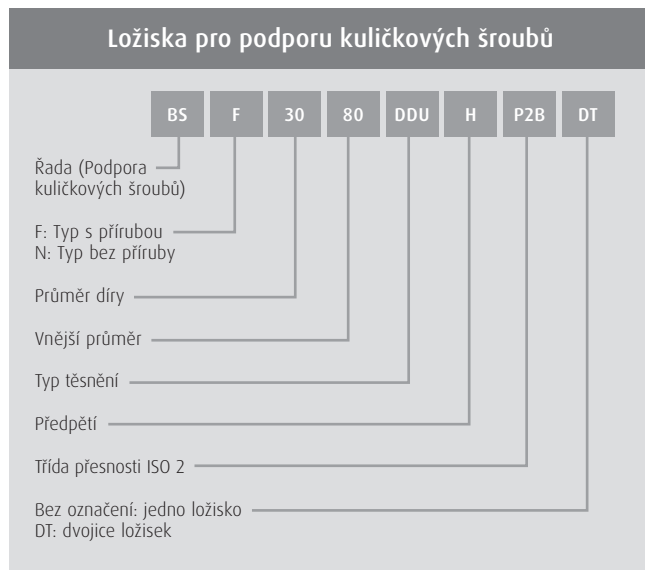
EL: Extra lehké
L: Lehké
Gxx: Předpětí v Kgf (G5 = 5 Kgf)
CPxx: Střední předpětí v mikronech (CP10 = 10µm)
CAxx: Střední axiální vůle v mikronech (CA15 = 15µm)

Třída přesnosti

P4: Třída ISO 4 (ABEC7)
P3: Rozměry – třída ISO 4 Přesnost chodu – třída ISO 2
P2: Třída ISO 2 (ABEC9)

Výběr ložisek

Přehled



* U ložisek palcové řady se vynechává zlomková část velikosti.

** **Vůle CC0 (doporučená vůle NSK):** Rozsah vůle CC0 je menší než CC1. Tento rozsah se překrývá s horními hodnotami CC9 a spodními hodnotami CC1. Vzhledem k tomu, že rozsah této vůle je pro zákazníky nejvhodnější, je to preferovaná vůle nabízená pro přesná dvouřadá válečková ložiska s kuželovou dírou.
Vůle CC1: Odpovídající rozsah vůle větší než CC0. Přestože není standardem, je tato vůle běžně používána.

Řada ROBUSTSHOT

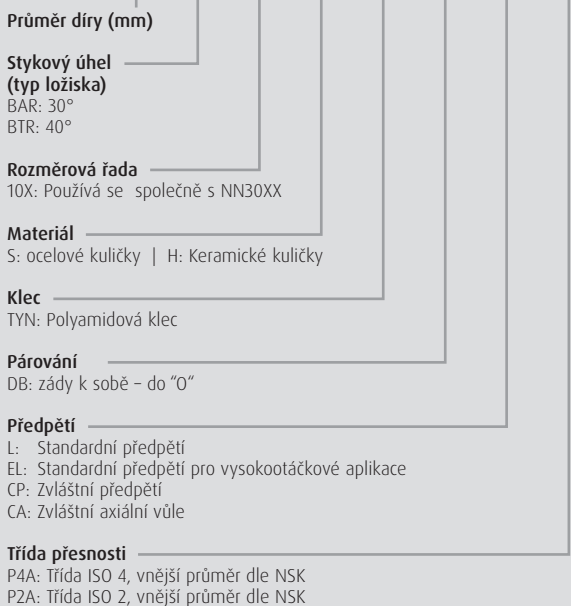
80 BNR 10 H T E34D DB EL + P3 Y3

Příklad:

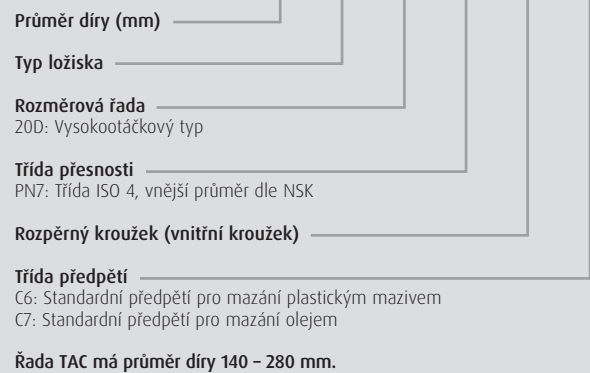


Axiální kuličková ložiska s kosouhlým stykem

100 BAR 10 S TYN DB L P4A



100 TAC 20D PN7 +L C6



Výběr ložisek

Identifikační značky

Na přesných ložiscích NSK jsou standardně vyznačeny základní informace o ložiscích potřebné pro určení typu ložiska a jeho montáž.

Na každé krabici, která obsahuje přesná ložiska NSK, je vyznačen kód data výroby, výrobní číslo ložiska a odchylka průměru díry, vnějšího průměru a šířky od jmenovité hodnoty. Tyto informace jsou také vyznačeny na každém ložisku, takže jsou dostupné kdykoliv.

Výrobní číslo ložiska

Každé přesné ložisko NSK má unikátní výrobní číslo, které umožňuje úplnou zpětnou vysledovatelnost ložiska. Všechny údaje o konečné kontrole jsou uloženy v rámci záznamů NSK spojených s tímto výrobním číslem.

Rozměrové odchylky

Každé přesné ložisko je 100% zkontrolováno a rozměrové odchylky jsou uvedeny na krabici i na ložisku.

Na vnějším kroužku je vyznačena odchylka vnějšího průměru a odchylka šířky ložiska od jmenovitého rozměru.

Na vnitřním kroužku je vyznačena odchylka průměru díry od jmenovitého rozměru.

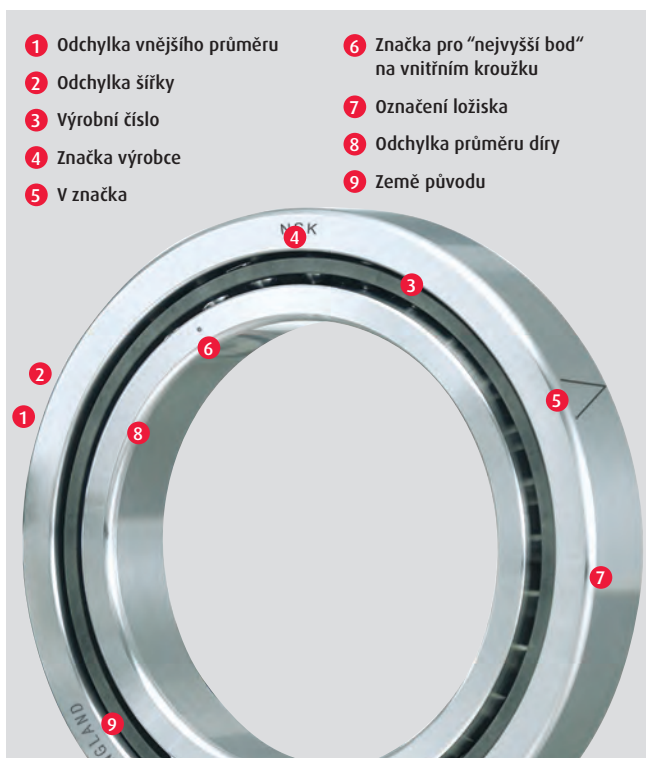
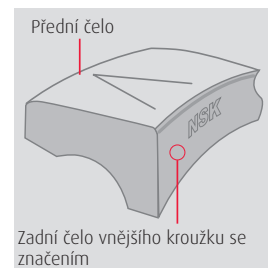
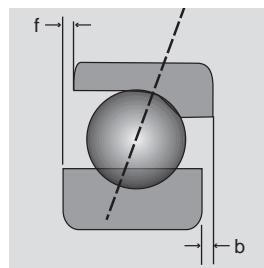
Tyto informace jsou také umístěny na štítku na krabici. Příklad štítku je na straně 13. V tomto případě je vnitřní průměr kroužku 25 mm -1 mikron, tj. přesný průměr díry je 24,999 mm. *

Vnější kroužek je 47 -3 mikrony, tj. přesný vnější průměr je 46,997 mm. *. Šířka ložiska je 12 mm - 57 mikronů, tj. přesná šířka je 11,943 mm. *

* Jmenovité rozměry ložisek jsou uvedeny v katalogu

f a b

"f" je rozměr odsazení předního čela vnějšího kroužku vůči zadnímu čelu vnitřního kroužku a "b" je rozměr odsazení předního čela vnitřního kroužku vůči zadnímu čelu vnějšího kroužku. Hodnota "f" a "b" je uváděna v mikronech (zaokrouhlená na nejbližší mikron) a je vyznačena na štítku krabičky.

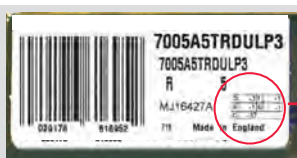
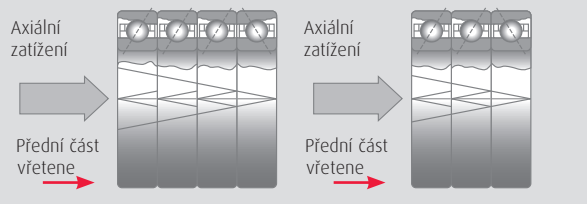
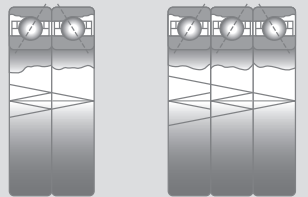


V značka - jednotlivá ložiska

Na vnějším povrchu vnějšího kroužku je vždy umístěna jedna V značka. Umístění této značky slouží ke dvěma účelům:

1. V značka určuje "nejvyšší bod" na vnějším kroužku, tj. polohu bodu maximálního házení vnějšího kroužku.
2. Bod V označuje přední čelo vnějšího kroužku ložiska. To je obzvláště užitečné při použití těsněných ložisek, jelikož se na obou stranách ložisek často používá těsnění o stejném rozměru, což ztěžuje rozlišení předního a zadního čela ložiska.

Příklady párovaných sad a jejich V značky:



D: -3	= Vnější průměr
d: -1	= Průměr díry
C: -57	= Šířka ložiska
f: -1	= Odsazení předního čela
b: -1	= Odsazení zadního čela

V značka – párované sady

Pokud jsou ložiska vyrobená a dodávána v párovaných sadách, je V značka vždy označena na celé sadě i samostatně pro každé ložisko. Ložiska používaná v sadách by neměla být vyjmuta z posloupnosti sady.

Směr celkového V také udává směr axiálního zatížení. To je zejména důležité, pokud je uspořádání ložisek nesymetrické, jak je znázorněno výše.

Značka pro “nejvyšší bod” vnitřního kroužku

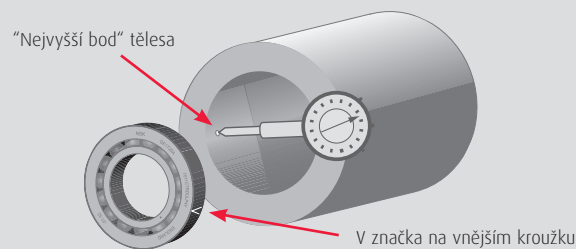
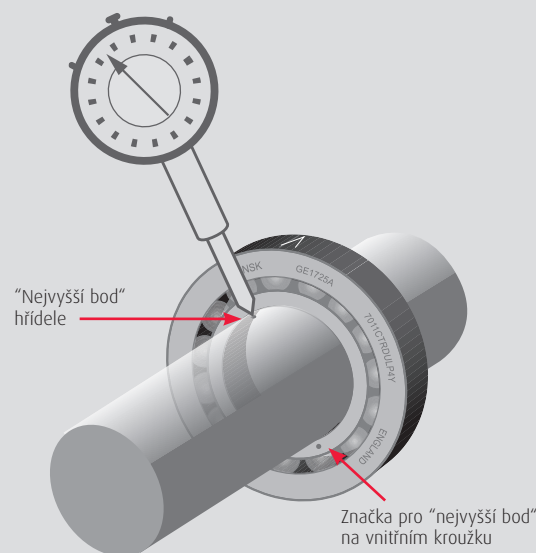
Značka "0" na čelní straně vnitřního kroužku označuje polohu “nejvyššího bodu”, tj. polohu bodu maximálního házení kroužku. (Viz 6 na straně 12).

Jak používat značku pro “nejvyšší bod”

Optimální přesnost chodu je dosažena, pokud je ložisko namontováno tak, aby “nejvyšší bod” kroužku byl přímo proti (180°) “nejvyššímu bodu” tělesa a hřídele.

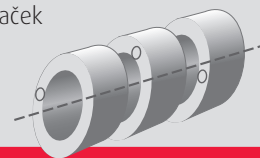
Při montáži ložiska na hřídel nejprve najdete “nejvyšší bod” pomocí vhodného číselníkového úchylkoměru a namontujte ložisko tak, aby značka "0" byla o 180° proti tomuto bodu. Při montáži ložiska do tělesa namontujte ložisko tak, aby V značka byla o 180° proti. Pokud je házení hřídele naměřeno okolo 2 μm, správné umístění vnitřního kroužku, jak je znázorněno nahoře, může pomoci snížit házení přibližně na nulu. Házení hřídele je mnohem důležitější než házení tělesa, které také může být obtížněji přesně změřitelné.

Použití značek pro “nejvyšší bod”



1. Užitečný tip

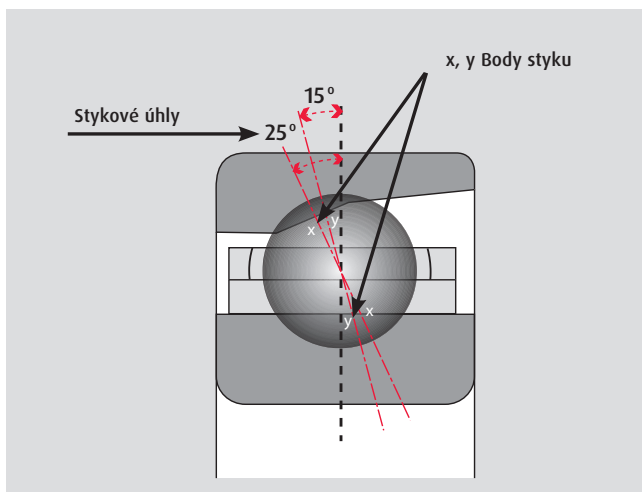
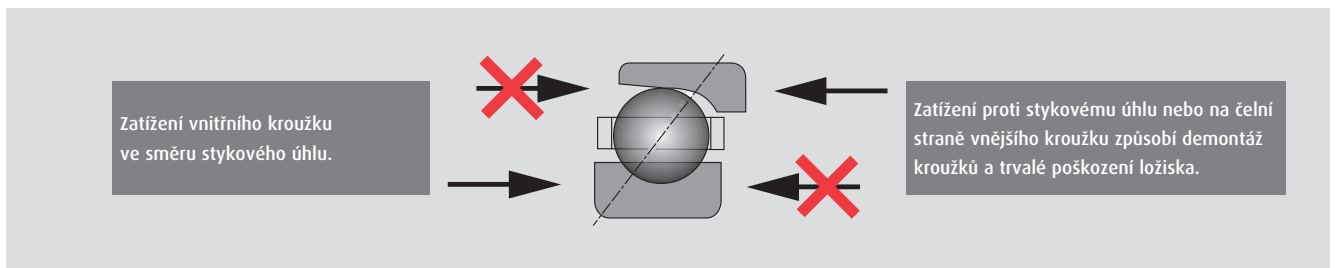
Není-li možné měřit házení hřídele a tělesa, doporučujeme montovat ložiska tak, aby značky pro “nejvyšší bod” na vnitřních kroužcích **nebyly v přímce**. Pokud by totiž náhodně došlo k zarovnání značek na “nejvyšší bod” hřídele, výrazně by se tím zvýšilo celkové házení.



Výběr ložisek

Stykový úhel

Základním parametrem ložisek s kosoúhlým stykem je jejich stykový úhel. Tento typ ložisek může být axiálně zatížen pouze v jednom směru, pokud nejsou ložiska použita v sadách (viz univerzální sady).



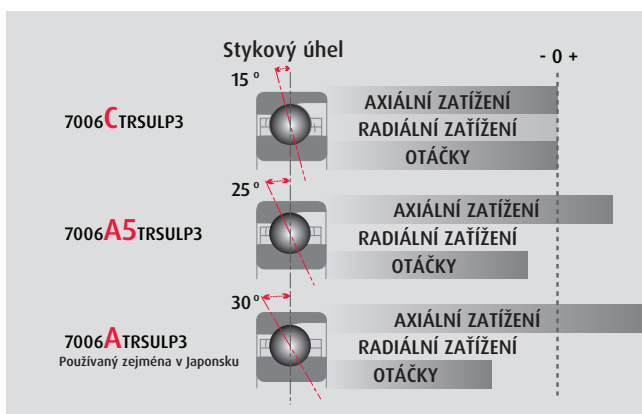
Běžně používané stykové úhly:

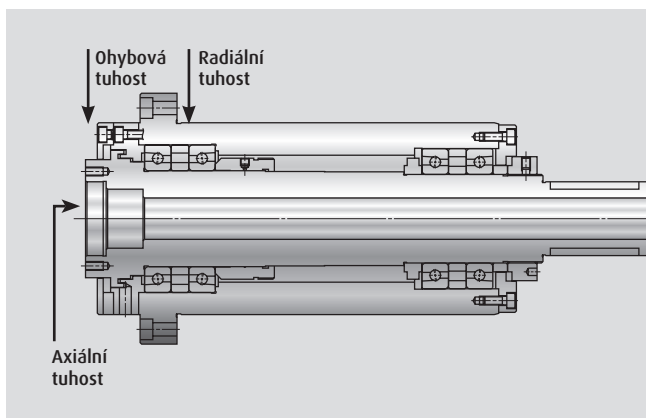
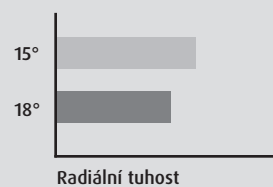
Standardní řada přesných ložisek	15°
	25°
Řada ROBUST	18°
	25°
Axiální přesná ložiska	30°
	40°
Ložiska pro podporu kuličkových šroubů	60°

Se zvětšujícím se stykovým úhlem se zvyšuje únosnost v axiálním směru, ale snižují se otáčky a životnost. Ložiska s kosoúhlým stykem s malými stykovými úhly jsou vhodnější pro vysokorychlostní aplikace a radiální zatížení.

Vliv stykového úhlu

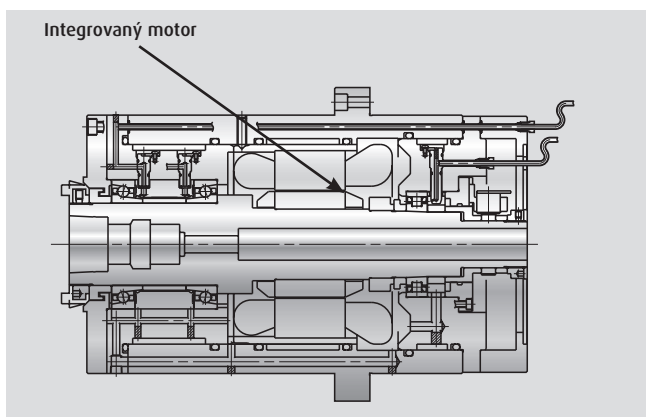
Pro vysokootáčkovou řadu ROBUST byl zvolen jako nejnižší standardní stykový úhel 18°. Bylo prokázáno, že tento úhel je u vysokých otáček vhodnější z hlediska ohybové tuhosti ve srovnání s úhlem 15°. Stykový úhel 18° poskytuje vyšší axiální tuhost než úhel 15°, ale nižší radiální tuhost. Nicméně, jak je patrné z vřetenového diagramu uvedeného níže, důležitější je tuhost v ohybu.





U vysokootáčkových aplikací, kde jsou použita vřetena s integrovaným motorem (elektro vřetena), může být výkon vnitřního tepla mnohem vyšší než u vřeten poháněných řemenem. Nadměrný výkon tepla může způsobit snížení vnitřní vůle ložiska a poruchu ložiska.

U těchto aplikací je vhodnější zvolit stykový úhel 25°, protože má ve srovnání se stykovým úhlem 18° vyšší radiální vnitřní vůle a lépe tak snáší snížení vnitřní vůle v důsledku ohřátí.



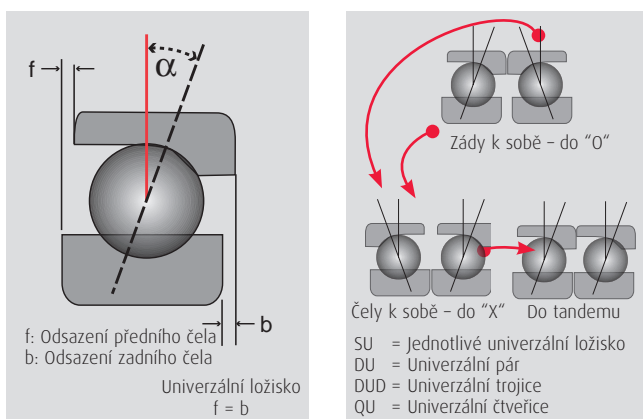
Příklady stykových úhlů – vysokootáčkové a axiální řady

- 25BGR10STDUEL P2 = 15° ROBUST vysokootáčkové aplikace pro broušení
- 30BNR10STDBEL P = 18° ROBUST vysokootáčkové
- 30BER10STDBEL P3 = 25° ROBUST vysokootáčkové
- 30BAR10STYNDBEL P3 = 30° ROBUST axiální
- 30BTR10STYNDBEL P3 = 40° ROBUST axiální
- 30TAC62BDFC9PN7A = 60° Ložiska pro podporu kuličkových šroubů

Výběr ložisek

Univerzální sady

Termín univerzální znamená, že ložiska mohou být použita v libovolném uspořádání, tedy do tandemu, zády k sobě – do "O" nebo čely k sobě – do "X".

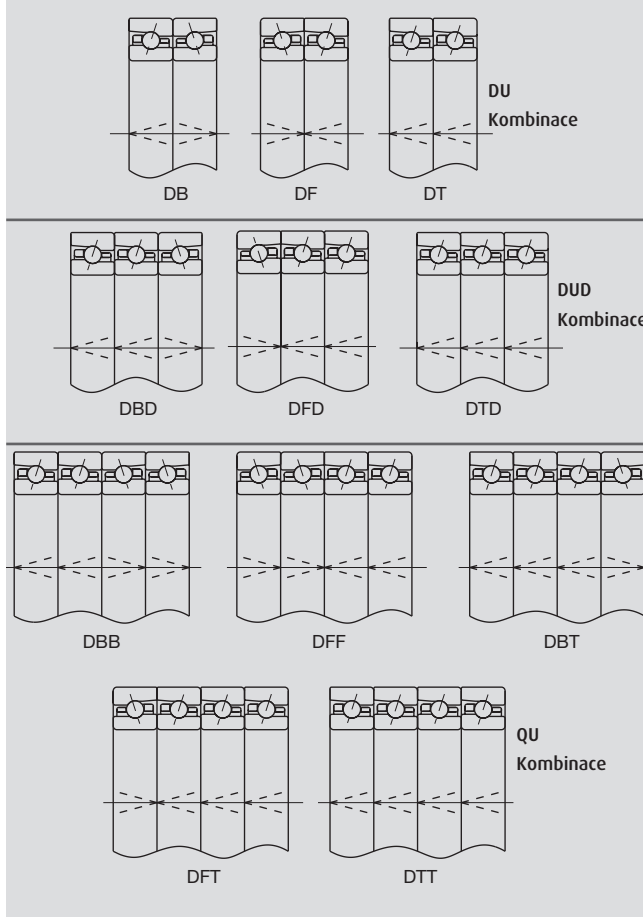


Předpětí ložiska po montáži je dosaženo díky odsazení zadního čela vnitřního kroužku a předního čela vnějšího kroužku, přičemž obě odsazení mají přesně stejný rozměr, takže univerzální ložisko může být použito v jakékoliv kombinaci.

Zády k sobě (DB) – do "O"

Většina aplikací u obráběcích strojů používá tento typ uspořádání. Předpětí se vytváří pomocí "mezery" ($2 \times b$) předních čel vnitřních kroužků, které jsou na hřídeli stlačeny k sobě pomocí pojistné matice. Tento typ uspořádání je obzvláště vhodný tam, kde se používají momentová zatížení, ale přesnost tělesa musí být vysoká, aby nedocházelo k nesouosostem.

Další kombinace univerzálních ložisek jsou uvedeny níže

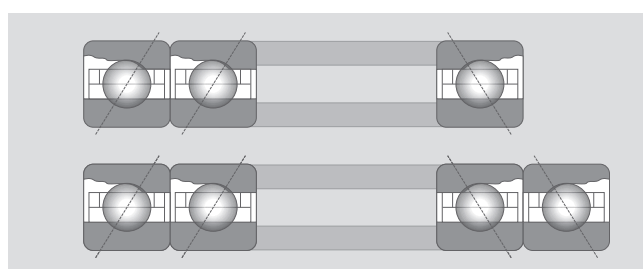


Čely k sobě (DF) – do "X"

Toto uspořádání se často používá pro aplikace ložisek pro podporu kuličkových šroubů. Předpětí je vytvářeno "mezerou" ($2 \times f$) předních čel vnějších kroužků, které jsou společně stlačeny koncovým víkem v tělese. Tento typ uspořádání je vhodný zejména pokud nelze zajistit souosost mezi tělesy. To může být případ ložisek pro podporu kuličkových šroubů, protože kuličkové šrouby mohou být často dlouhé 1 až 5 metrů.

Do tandemu (DT)

Toto uspořádání musí být použito s jiným ložiskem, nebo sadou ložisek v opačném směru, aby se dosáhlo předpětí (viz obrázek). Ložiska se používají v těchto uspořádáních, pokud je zapotřebí vyšší tuhost v důsledku vyšších axiálních zatížení vřetene.



Výběr ložisek

Třídy přesnosti

Ložiska jsou vyráběna v různých třídách přesnosti. Čím nižší je P číslo, tím menší je tolerance a větší přesnost chodu.

NSK	P5	P4	P3*	P2
Britský normalizační institut (BS 292)	EP5	EP7	-	EP9
Americká asociace výrobců ložisek (AFBMA, standard 20)	ABEC5	ABEC7	-	ABEC9
ISO (ISO 492)	Třída 5	Třída 4	-	Třída 2
DIN (Norma Deutsche Industrie)	P5	P4	-	P2

* Přesnost chodu P2, Rozměrová přesnost P4

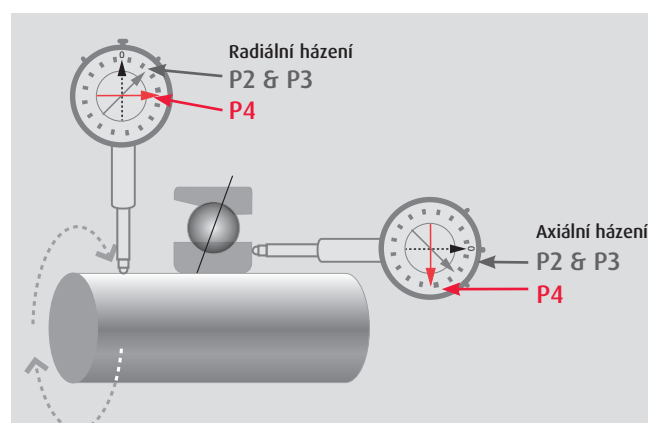
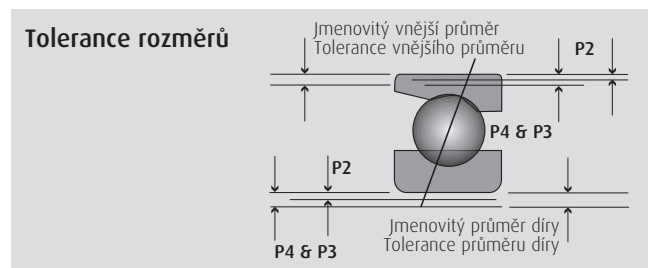
Tabulka ukazuje porovnání různých standardů přesnosti. NSK používá standard DIN, kde P2 má nejvyšší přesnost. NSK používá přesnost P3 (stejnou přesnost vnějších rozměrů jako P4, ale vyšší přesnost vnitřních rozměrů ložiska, stejně jako P2).

Tolerance vnitřních rozměrů – radiální a axiální házení (přesnost chodu)

Tolerance P2 a P3 je nejvyšší přesnost vnitřních rozměrů a geometrie ložiska, tedy nejlepší hodnoty radiálního a axiálního házení.

Odstupňování po mikronech

Všechna ložiska NSK mají odstupňování po mikronech pro průměr díry, vnější průměr a šířku. To znamená, že lze nalézt přesné rozměry každého ložiska. Sady ložisek jsou vybírány tak, že jednotlivá ložiska mají tolerance v jedné třetině celkové tolerance dané normou pro danou třídu přesnosti. To umožňuje optimální rozdělení zatížení na jednotlivá ložiska po montáži. Vnější rozměrové tolerance P2 jsou přibližně polovina hodnoty tolerancí P4, a proto jsou někdy používány pro náhodné párování. Ložiska s přesností P2 jsou však vždy dražší než ložiska s přesností P4.



Příklad:

Ložisko na obrázku (7008CTYNSULP4) má jmenovité rozměry z katalogu:

Vnější průměr = 68 mm
 Odchylka vnějšího průměru = -4 μm
 Přesný vnější průměr = 67,996 mm

Průměr díry = 40 mm
 Odchylka průměru díry = -4 μm
 Přesný průměr díry = 39,996

Šířka = 15mm
 Odchylka šířky = -100 μm
 Přesná šířka = 14,900 mm



Tolerance pro ložisko 7014 (μm)			
	P4	P3	P2
Průměr díry	0 až -7	0 až -7	0 až -4
Vnější průměr	0 až -8	0 až -8	0 až -5
Šířka	0 až -150	0 až -150	0 až -150
Radiální házení	0 až 4	0 až 2,5	0 až 2,5
Axiální házení	0 až 5	0 až 2,5	0 až 2,5

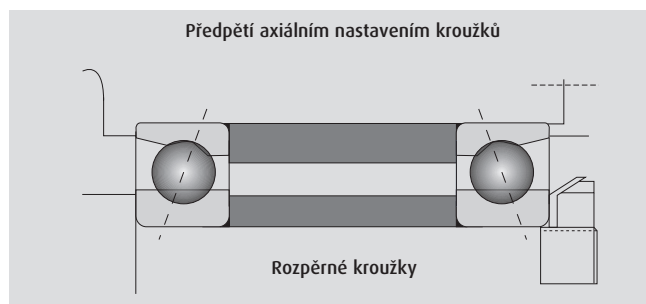
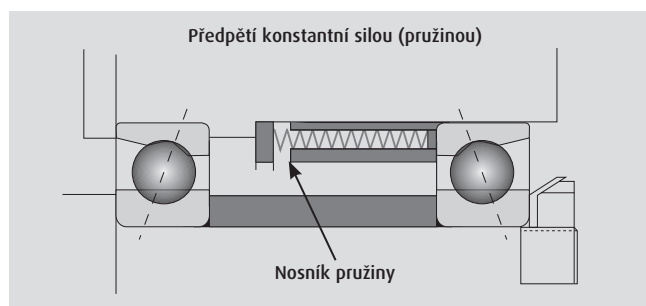
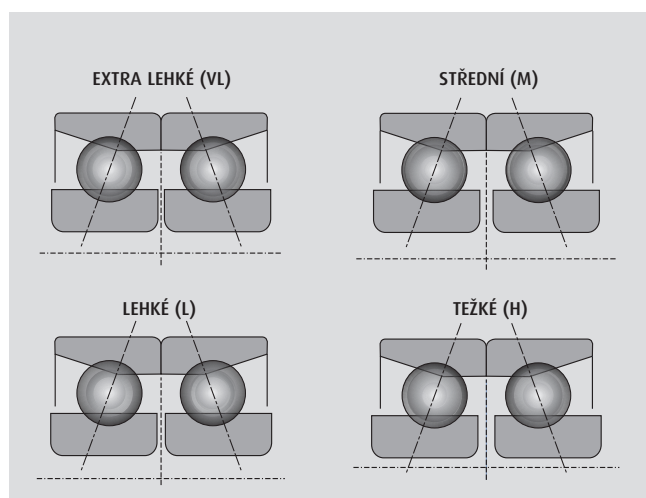
2. Užitečný tip

Použití tříd přesnosti P3 je vždy levnější než P2. Díky odstupňování rozměrových odchylek po mikronech je možno vybrat ložiska pro párování do sad. Přesnost vnitřních rozměrů P3 je stejná jako P2.

Výběr ložisek

Předpětí – ložiska s kosoúhlým stykem

Předpětí mezi ložisky s kosoúhlým stykem je dosaženo upnutím páru, nebo více ložisek dohromady.



NSK má 4 standardní stupně předpětí, jak je znázorněno na levé straně. To umožňuje velkou flexibilitu při konstrukci stroje, ale také při náhradě ložisek jiných značek ložisky NSK.

Všechna přesná ložiska s kosoúhlým stykem by měla pracovat s předpětím, a to z následujících důvodů:

- › Eliminace radiální a axiální vůle
- › Zvýšená tuhost
- › Zmenšení házení, zvýšení přesnosti
- › Pomáhá předcházet prokluzu kuliček při vysokých otáčkách

Existují dva druhy metod předpětí:

1) Předpětí konstantní silou (pružinou)

Tento typ předpětí se používá především u vřeten určených pro broušení nebo obrábění při velmi vysokých rychlostech. Otáčky uvedené v katalogu jsou všechny pro tento typ předpětí. Předpětí je dosaženo použitím sady vinutých, nebo diskových pružin. Jak je vidět na obrázku, i když se relativní poloha ložisek během provozu mění, zůstává velikost předpětí relativně konstantní.

2) Předpětí axiálním nastavením kroužků

Jedná se o nejběžnější způsob předpětí. Ložiska mohou být montována s rozpěrnými kroužky, nebo bez nich. Hlavní výhodou tohoto typu předpětí je, že tuhost je mnohem vyšší. Mezní otáčky uvedené v katalogu však musí být upraveny podle velikosti předpětí a počtu ložisek v sadě.

Tyto informace jsou uvedeny v katalogu NSK SUPER PRECISION BEARINGS a jsou také v tabulce níže.

Tabulka korekčního součinitele otáček

NSK má tyto standardní stupně předpětí:

- EL = Extra lehké – nejvyšší otáčky, méně tuhosti
- L = Lehké – mírně vyšší tuhost
- M = Střední – nižší otáčky, dobrá tuhost
- H = Těžké – nejvyšší tuhost, nejnižší otáčky

	Uspořádání		EL	L	M	H
DB			0,85	0,80	0,65	0,55
DBB			0,80	0,75	0,60	0,45
DBD			0,75	0,70	0,55	0,40

Speciální předpětí a axiální vůle

Gxx je speciální předpětí (xx je předpětí v kgf)

CPxx je speciální předpětí (xx je střední předpětí v μm)

CAXx je speciální vůle (xx je střední axiální vůle v μm)

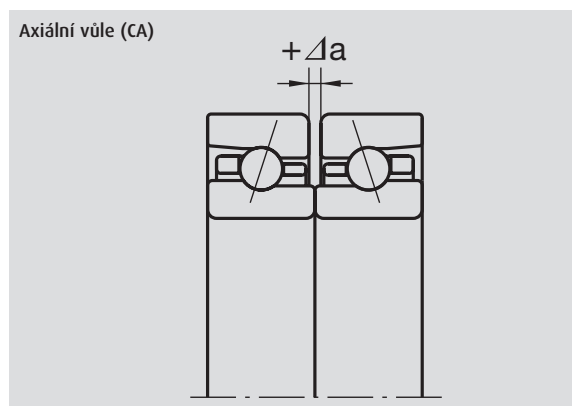
Speciální předpětí je k dispozici na vyžádání. V některých případech je označováno jako Gxx, kde xx je velikost předpětí, tj. G5 = 5 kgf. Toto označení se používá hlavně pro některá speciální ložiska pro podporu kuličkových šroubů.

Druhý způsob označení speciálního předpětí uvádí střední hodnotu axiální mezery mezi kroužky u dvojice ložisek, tj. CP10 = 10 μm .

Axiální vůle

Axiální vůle znamená, že u ložiska není počáteční předpětí. Toto uspořádání se často používá u aplikací, kde jsou vysoké otáčky a uložení vnitřního kroužku ložiska na hřídeli je mnohem těsnější než obvyklé. To zabraňuje ztrátě přesahu mezi vnitřním kroužkem a hřídelí v důsledku odstředivého rozpínání vnitřního kroužku.

Pokud je ložisko montováno s větším přesahem, radiální roztažení ložiska po montáži způsobuje zvýšení předpětí na normální úroveň. Pokud jsou v aplikaci použita ložiska se speciální axiální vůlí, nesmí být nahrazena standardními ložisky s předpětím typu E, EL, M, nebo H bez případného snížení pracovních otáček. Mohlo by dojít k předčasnému zadření.

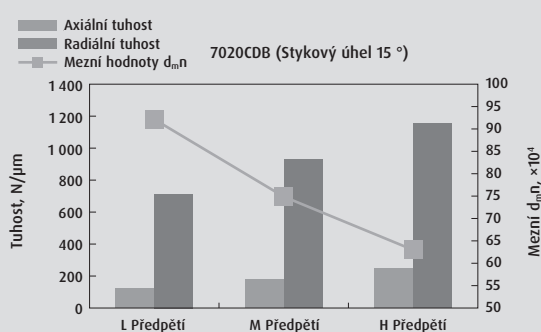


Vliv předpětí na výkon ložiska

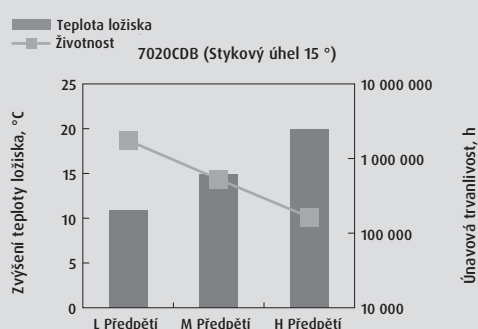
Množství předpětí ovlivňuje výkon ložisek s kosouhlým stykem. Níže uvedené grafy znázorňují vliv na tuhost, teplotu, životnost a otáčky ($d_{m,n}^*$) pro pár ložisek 7020 se stykovým úhlem 15°.

Grafy ukazují, že s nárůstem předpětí se zvyšuje jak axiální, tak i radiální tuhost, otáčky se snižují a zvyšuje se teplota. Aby byla zachována vysoká tuhost, je nutné snížit otáčky. Podobně k dosažení vysokých otáček je nutné obětovat tuhost. Provoz při vyšších než mezních otáčkách s vysokým předpětím může vést k tepelné nestabilitě a předčasnému zadření ložiska.

Vliv předpětí na tuhost a otáčky



Vliv předpětí na teplotu a životnost



Výběr ložisek

Předpětí - ložiska s kosoúhlým stykem

Kombinace ložisek

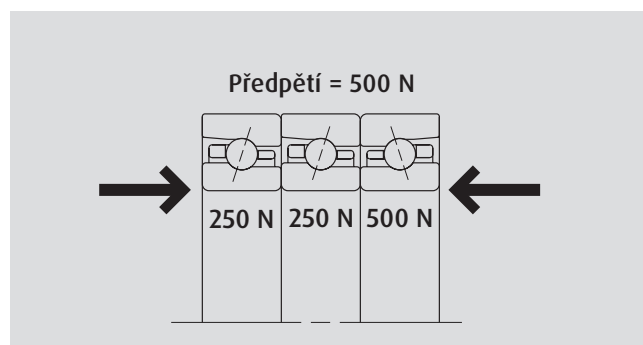
Ložiska s kosoúhlým stykem se obvykle používají v sadách. Obvykle jako dvojice, trojice nebo čtveřice ložisek, a to pro zvýšení zatížení a tuhosti. Když se počet řad zvýší, tuhost a zatížitelnost se zvětší, ale mezní otáčky se sníží.

V závislosti na uspořádání lze sadu ložisek zatěžovat buď z jednoho, nebo z obou směrů.

Uspořádání DT může být zatíženo pouze v jednom směru, ale vzhledem k tomu, že jsou dvě ložiska se stykovým úhlem ve stejném směru, má dvojnásobnou axiální tuhost než jednořadé ložisko. Sada čtyř ložisek, uspořádaných symetricky, může nést zatížení v obou směrech a má dvojnásobnou axiální tuhost v obou směrech.

* $d_{m,n}$ = střední průměr ložiska (mm) × otáčky v ot. /min

střední průměr = $\frac{D+d}{2}$ kde D = vnější průměr a d = průměr díry



Jak je vidět na obrázku, u trojice ložisek není předpětí rozloženo rovnoměrně na jednotlivá ložiska. Jedno ložisko má dvojnásobné předpětí a bude pracovat při mírně vyšší teplotě.

V tabulce korekčních součinitelů otáček (strana 18)

je vidět, že mezní otáčky trojice ložisek jsou nižší než u čtveřice. Zatížení lze aplikovat z obou směrů, ale větší zatížení z levé strany.

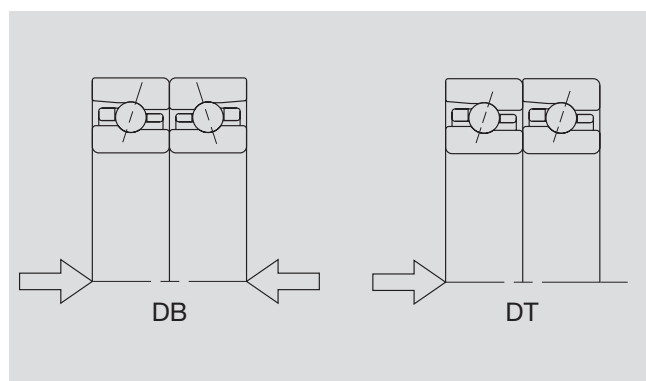
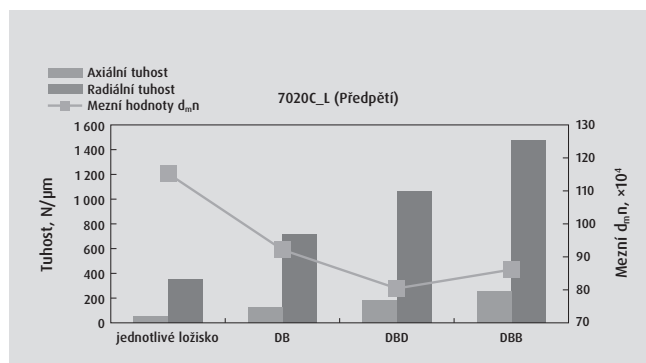
Únosnost a tuhost kombinace ložisek

Únosnosti jednotlivých ložisek jsou uvedeny v katalogu NSK SUPER PRECISION BEARINGS.

Níže uvedená tabulka zobrazuje součinitele dynamické (C_r), i statické (C_{or}) únosnosti pro kombinace ložisek.

Dvojice		Trojice		Čtveřice	
C_r	C_{or}	C_r	C_{or}	C_r	C_{or}
1,62	2	2,15	3	2,64	4

Katalog NSK SUPER PRECISION BEARINGS také uvádí předpětí a axiální tuhost pro dvojice všech typů ložisek s kosoúhlým stykem. Tyto informace jsou užitečné při testování nově sestaveného vřetene. Radiální tuhost lze jednoduše vypočítat pomocí součinitelů uvedených v tabulce níže. Například pro lehké předpětí a stykový úhel 15°, bude radiální tuhost rovna 6 x axiální tuhost uvedená v katalogu.



Výpočet radiální tuhosti

Chcete-li zjistit předpětí a axiální tuhost pro trojici a čtveřici ložisek (DBD a DBB), násobte hodnoty uvedené v katalogu součiniteli v tabulce vpravo.

Výpočet tuhosti a předpětí pro kombinace ložisek

Pro výpočet tuhosti nebo předpětí u kombinace ložisek vynásobte hodnotu tuhosti součinitelem v tabulce vpravo. Například pro výpočet radiální tuhosti pro trojici ložisek, je-li axiální tuhost jednotlivého ložiska $200 \text{ N}/\mu\text{m}$ (hodnota z katalogu), bude pro stykový úhel 15° a lehké předpětí radiální tuhost rovna $200 \times 6 \times 1,54 = 1848 \text{ N} / \mu\text{m}$.

	EL	L	M	H
15°	6,5	6,0	5,0	4,5
18°	4,5			
25°	2,0			
30°	1,4			
40°	0,7			

	DBD	DBB
Součinitel předpětí	1,36	2
Axiální tuhost	1,48	2
Radiální tuhost	1,54	2

3. Užitečný tip

V nouzové situaci, pokud není k dispozici ložisko s požadovaným předpětím a jsou použity rozpěrné kroužky, je možno použít ložiska s jiným předpětím a upravit rozměr rozpěrných kroužků. V katalogu NSK SUPER PRECISION BEARINGS je uvedena axiální vůle dvojice ložisek s kosohýlným stykem pro různá předpětí.

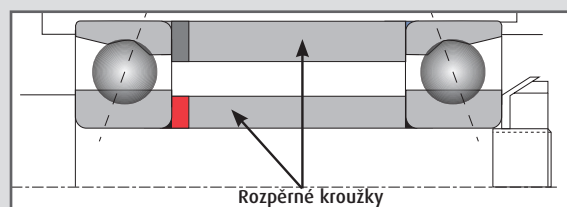
Příklad:

Předpětí a tuhost													
Předpětí a tuhost (DB a DF uspořádání)													
Přesná kulíčková ložiska s kosohýlným stykem (Standardní řada)													
Řada 79, úhel C													
Jmenovitý stykový úhel 15° Ocelové a keramické kuličky *													
Kód díry	Jmenovitý průměr díry (mm)	Předpětí (N)	EL	Axiální tuhost (N/μm)	Předpětí (N)	L	Axiální tuhost (N/μm)	Předpětí (N)	M	Axiální tuhost (N/μm)	Předpětí (N)	H	Axiální tuhost (N/μm)
00	10	2	(5)	10	15	(2)	14	25	19	(-1)	59	(-5)	27
01	12	2,6	(4)	12	15	(2)	16	39	(-3)	24	78	(-8)	34
02	15	12	(3)	14	25	(0)	20	49	(-4)	26	100	(-11)	38
03	17	12	(3)	15	25	(0)	20	59	(-5)	30	120	(-12)	43
04	20	19	(1)	19	39	(-3)	26	78	(-9)	35	150	(-15)	48
05	25	19	(1)	21	39	(-3)	28	100	(-10)	41	200	(-20)	63
06	30	24	(0)	25	49	(-3)	33	100	(-9)	45	200	(-20)	65
07	35	34	(2)	29	69	(-2)	39	100	(-9)	50	200	(-20)	78
08	40	39	(1)	32	78	(-3)	42	200	(-12)	63	390	(-22)	88
09	45	50	(0)	37	100	(-5)	50	200	(-12)	66	390	(-23)	94
10	50	50	(0)	39	100	(-4)	51	250	(-14)	78	490	(-24)	111
11	55	60	(-1)	45	120	(-6)	58	290	(-15)	90	590	(-26)	127
12	60	60	(-1)	46	120	(-5)	60	290	(-14)	93	590	(-25)	128
13	65	75	(-2)	53	150	(-7)	71	340	(-16)	104	690	(-27)	146

Hodnoty v () ukazují měřenou axiální vůli

Požadovaný typ je 7906CTRDUMP4, dostupné je pouze ložisko 7906CTRDUMP4. V tomto případě může být rozpěrný kroužek zbrúšen tak, aby výsledné předpětí ložiska bylo H, tedy těžké, přestože je požito ložisko s M, tedy se středním předpětím. Z výše uvedené tabulky je pro 30 mm průměr díry axiální vůle pro těžké předpětí $16 \mu\text{m}$ a axiální vůle pro střední předpětí $9 \mu\text{m}$. Pro změnu předpětí ze středního na těžké je nutné změnit délku rozpěrného kroužku o rozdíl, tj. $16 \mu\text{m} - 9 \mu\text{m} = 7 \mu\text{m}$. V tomto případě, protože zvyšujeme předpětí, musíme zmenšit vnitřní rozpěrný kroužek o $7 \mu\text{m}$ a vnější rozpěrný kroužek nechat nedotčený.

Tyto informace lze nalézt v katalogu NSK SUPER PRECISION BEARINGS.



Pravidlo:

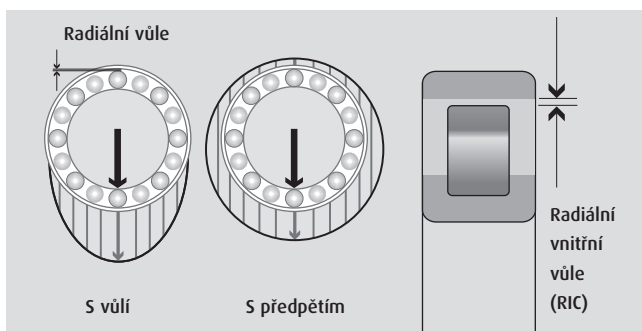
- Chcete-li zvýšit předpětí: zmenšíte vnitřní rozpěrný kroužek
- Chcete-li snížit předpětí: zmenšíte vnější rozpěrný kroužek

Upozornění: toto řešení by mělo být použito pouze ve výjimečných situacích a změna by měla být zaznamenána do dokumentace včetně, aby v případě výměny ložiska a rozpěrných kroužků nedošlo k použití ložisek s nesprávným předpětím.

Výběr ložisek

Předpětí – válečková ložiska

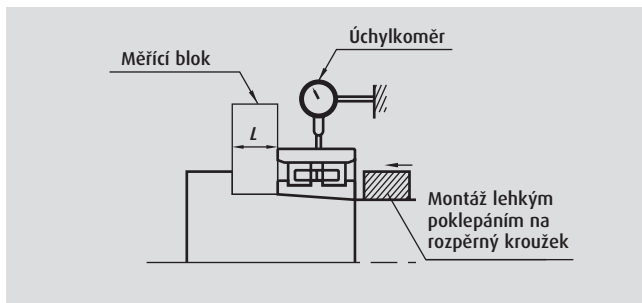
Aby vřetena obráběcích strojů měla vysokou přesnost a tuhost, musí použitá válečková ložiska pracovat s lehkou radiální vůlí, nebo předpětím.



Přesná válečková ložiska jsou dodávána se standardními hodnotami radiální vnitřní vůle:

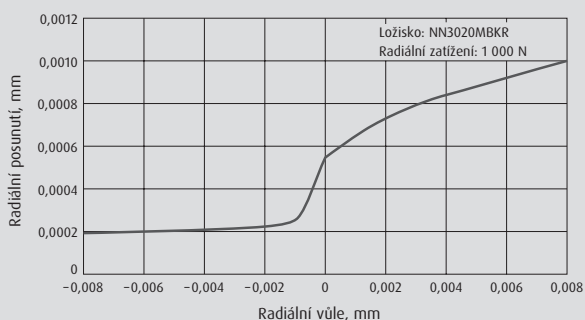
CC1 pro válcové díry, **CC0** pro kuželové díry

CC9 je snížená vůle pro kuželové díry při použití s lehkým přesahem v uložení (nestandardní). Ložiska s vůlí CC9 by neměla být používána ve vysokých otáčkách, protože pak přesah nemusí být dostatečný.

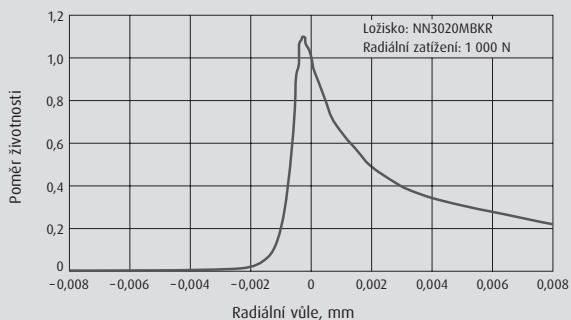


Vůli / předpětí ložiska s kuželovou dírou je možno snadno nastavit větším či menším nasunutím na kužel 1:12. Pomocí úchylkoměru lze přímo měřit pouze radiální vůli. Pokud má být použito radiální předpětí, je třeba buď použít speciální měřicí přípravek NSK, nebo použít výpočtovou metodu popsanou v části Montáž.

Tuhost ložiska



Poměr životnosti



Důvody pro použití předpětí

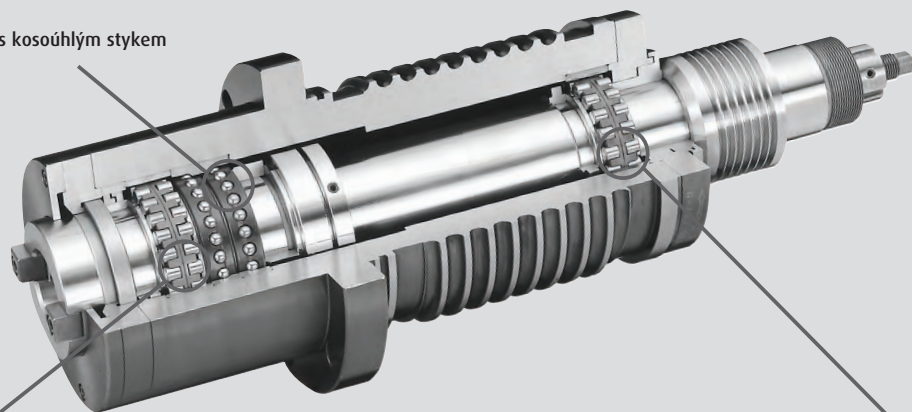
Pokud je válečkové ložisko provozováno s vůlí, radiální zatížení nese pouze malá část válečků. Počet zatížených válečků se zvyšuje snížením vůle. Při použití předpětí je patrné, že všechny válečky jsou zatížené, což zvyšuje životnost a také radiální tuhost ložiska.

Velikost předpětí

Zkoušky ukázaly, že optimální velikost předpětí je mezi 0 až -3 μm u předního válečkového ložiska a malá vůle (2 až 5 μm) u zadního válečkového ložiska vřetene. Níže uvedený graf ukazuje tuhost ložisek pro vůli (pravá strana) a předpětí (levá strana).

Vztah mezi životností a vůlí / předpětím je uveden níže. Hodnoty se budou lišit u různých velikostí ložisek, ale vztah je vždy stejný.

Axiální ložisko s kosoúhlým stykem



Přední strana vřetene: Dvouřadé válečkové ložisko, obvykle s předpětím

Zadní strana vřetene: dvouřadé válečkové ložisko, obvykle s lehkou vůlí

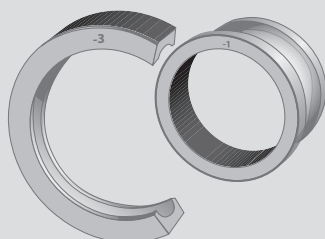
Výběr ložisek

Párování ložisek

Tabulka párování ložisek

(Pokud jsou ložiska dodávána v sadách)

DU	
DUD	
QU	



Ložiska v sadě jsou ve výrobním závodě vybrána tak, aby maximální rozdíl v toleranci průměru díry a vnějšího průměru, byl v rámci jedné třetiny celkové tolerance odpovídající normě pro danou třídu přesnosti. Tím je zajištěno, že jakmile jsou ložiska namontována na hřídeli a v tělese, uložení všech ložisek jsou poměrně podobná a zatížení je rovnoměrně rozloženo na jednotlivá ložiska.

Všechna ložiska NSK jsou 100% kontrolována a odchylka průměru díry a vnějšího průměru v mikronech je vyznačena jak na ložisku, tak na krabičce. Tento údaj o skutečných odchylkách rozměrů je velmi důležitý pro konstrukci vřetene a úpravu rozměrů hřídele a tělesa.

Pro opravy vřeten jsou tyto informace také velmi důležité, protože umožňují větší flexibilitu při objednávání ložisek a různé kombinace uspořádání pro různé konstrukce vřetene.

Bore & OD matching chart



72**	P2
Permissible difference of OD in a matched set (µm)	P2
	P3
	P4
Permissible difference of bore in a matched set (µm)	P2
	P3
	P4

Universal bearing matching

Super Precision ball bearings are made in accordance with the International Standards Organisation's dimension plans. All bearings in a set must be within permissible bore & OD deviation from nominal dimensions. This improves load sharing when bearings are mounted closely.

73**	P2
Permissible difference of OD in a matched set (µm)	P2
	P3
	P4
Permissible difference of bore in a matched set (µm)	P2
	P3
	P4

The size difference of the OD and bore of sets of bearings is generally less than 1/3 of the size deviation. This chart can be used to identify the permissible difference between OD's and bores in a set of bearings for precision grades for P2, P3 and P4.

NSK poskytuje praktickou pomůcku (Bore & OD matching chart), která umožňuje snadný výběr ložisek do vhodných sad. Nejprve vyberte řadu, tj. 73xx, 72xx, 70xx nebo 79xx a potom třídu přesnosti P2, P3 nebo P4. Nastavte příslušný kód díry ložiska a odečtěte přípustnou velikost odchylek průměru vnitřního kroužku a zároveň přípustnou odchylku průměru vnějšího kroužku pro každé ložisko v sadě.

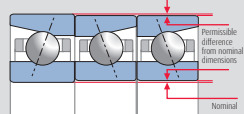
NSK Super Precision Ball Bearings



79**	P2
Permissible difference of OD in a matched set (µm)	P2
	P3
	P4
Permissible difference of bore in a matched set (µm)	P2
	P3
	P4

The bearings are graded with the deviation in microns from the nominal size.

70**	P2
Permissible difference of OD in a matched set (µm)	P2
	P3
	P4
Permissible difference of bore in a matched set (µm)	P2
	P3
	P4

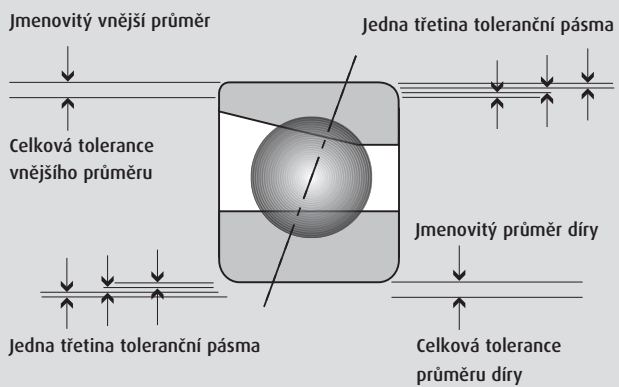


Příklady vlevo ukazují, že pro velké ložisko lze použít větší odchylky mezi ložisky v sadě. Obecně většina ložisek může být párována s odchylkami do 2 mikronů, aby bylo dosaženo optimálního rozdělení zatížení.

Některá uspořádání sad ložisek



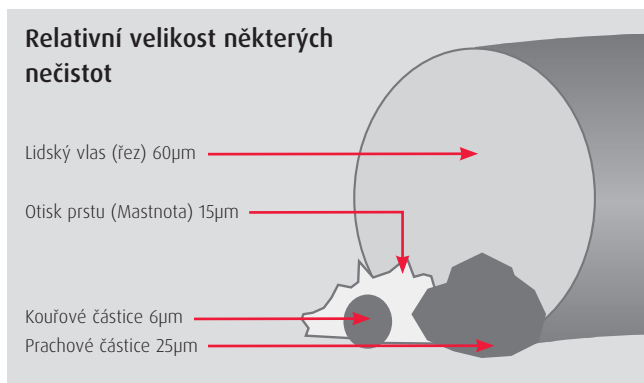
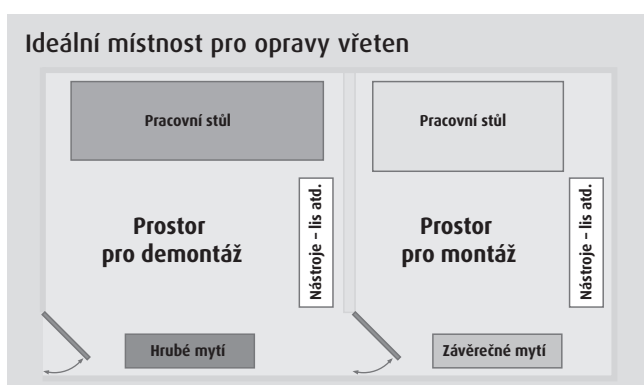
Je zřejmé, že možných kombinací ložisek v sadách je tolik, že skladovat každou kombinaci pro různá uspořádání vřeten by bylo velmi nákladné. Při použití odstupňování po mikronech stačí pouze uskladnit vhodný počet SU ložisek nebo DU párů a z nich je vždy možno vybrat požadovanou sadu ložisek. Odchylky díry a většího průměru musí být vždy menší, než jedna třetina celkové tolerance ložisek odpovídající normě pro danou třídu přesnosti.



Před montáží

Mytí a příprava ložisek

Aby bylo dosaženo optimálního výkonu vřetenových ložisek, je nutné zajistit, aby prostředí, ve kterém jsou namontována, bylo co nejčistší.



Ideálně by měla být demontáž a montáž vřetene oddělena, aby nedocházelo ke znečištění prostoru pro montáž. Je jasné, že v praxi to není vždy možné, proto níže je seznam některých jednoduchých, podstatných a zásadních vylepšení. V závislosti na aktuální situaci lze vybrat vhodné oblasti zlepšení:

1 – Jednoduchá

- › Samostatné mycí nádrže, Samostatná pracovní lavice

2 – Podstatná

- › Oddělené nástroje

3 – Zásadní

- › Oddělená místnost (personál s omezeným přístupem)

Mycí roztoky ložisek by měly být jemně filtrovány nejméně na 5 µm a veškeré přivodní proudy vzduchu by měly být filtrovány vhodnými odvlhčovači, aby se zabránilo kontaminaci vodou. Během montáže ložisek by měly být nástroje vždy čisté a bez otřepů, které by mohly způsobit poškození ložisek.

Nečistoty

Přesná ložiska jsou vyrobena za velmi přísných postupů s rozměrovou a geometrickou přesností měřenou v mikronech a submikronech. Je důležité chránit ložiska před nečistotami, tvrdými nebo měkkými, které by se během montáže mohly dostat do ložiska.

Obrázek na levé straně ukazuje relativní velikost různých nečistot, které by mohly způsobit problémy při vniknutí do ložiska. Kovové úlomky jsou obvykle mnohem větší než zde ukázané příklady. Dalším užitečným způsobem, jak zabránit kontaminaci při montáži, je použití těsněných ložisek. Více informací o tomto sortimentu naleznete na straně 11.

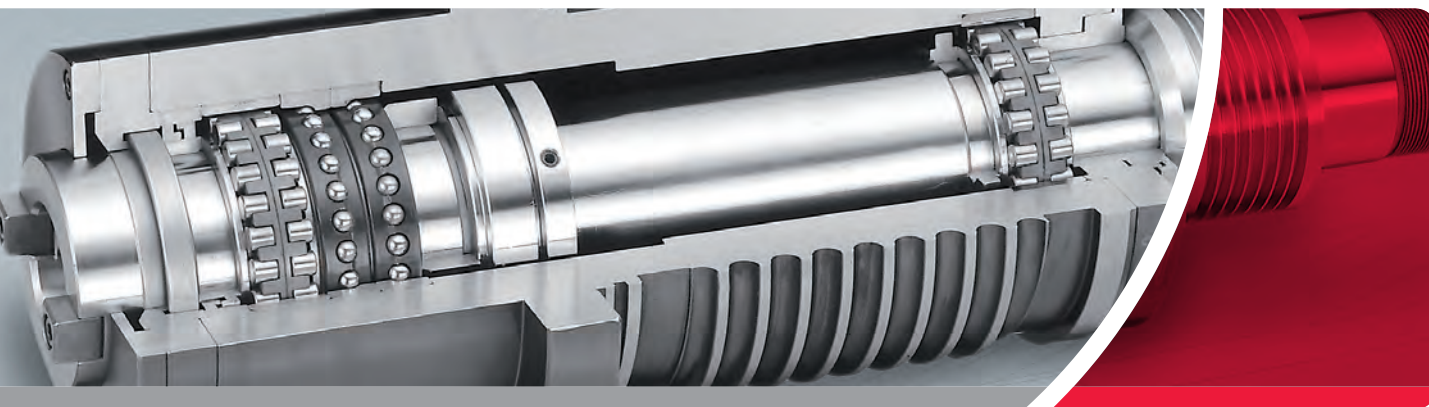
Manipulace s ložisky

Při manipulaci se vyvarujte silným otřesům.

Rázové zatížení může poškrábat nebo poškodit ložisko, což může mít za následek selhání. Příliš silný náraz může způsobit otisk kuliček, zlomení nebo praskliny.

Antikoroziní ochrana

Manipulace s ložisky holými rukama může poškodit ložiskové plochy kvůli kyselé vlhkosti nebo jiným nečistotám na ruce. Při manipulaci s ložisky je nejlepší používat ochranné rukavice.



Balení ložisek

Ložiska NSK dodávaná dle nových globálních specifikací balení není třeba před montáží ložiska vymývat. **(A)**

Balení má následující parametry:

- › Konzervační olej s nízkou viskozitou, který je chemicky kompatibilní s běžnými plastickými mazivy pro obráběcí stroje
- › VPI (inhibitor par), který je vložen v samostatném sáčku v krabici ložiska. Poskytuje extra ochranu proti korozi
- › Ložisko je vakuově balené v polyethylenovém obalu pro větší ochranu před vnějším prostředím

Stejná metoda balení se používá i u všech ložisek naplněných plastickým mazivem a u všech těsněných ložisek. Proto není třeba ložiska před montáží vymývat.

Vymývání ložisek

Za určitých okolností je nutné před montáží ložiska vymýt, a to v těchto případech:

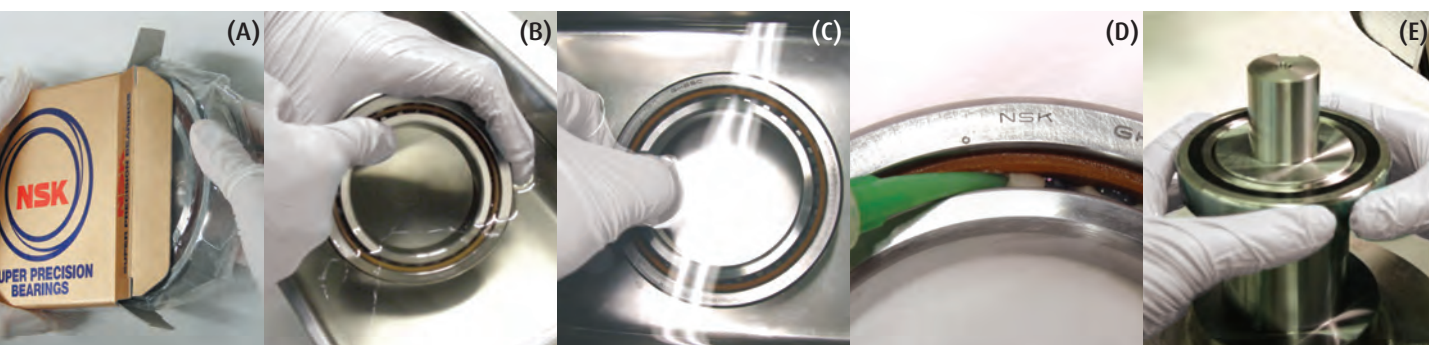
- › Balení neodpovídá výše popsané specifikaci
- › Vyžadují se extrémně vysoké rychlosti, například při použití některých ložisek řady ROBUST
- › Válečková ložiska – ta zejména potřebují vymýt, aby se odstranil olejový film před měřením a nastavením správné radiální vnitřní vůle při montáži

Způsob vymývání

1. K vymývání ložisek použijte petrolej nebo lehký olej.
2. Pro první mytí a závěrečný oplach použijte samostatné nádrže. Každá nádrž by měla být vybavena drátěným sítím, aby se zabránilo přímému kontaktu ložiska s jakýmkoliv nečistotami, které se mohly usadit na dně.
3. V první čistící nádrži **(B)** se vyvarujte otáčení ložisek. Po vyčištění vnějších povrchů měkkým kartáčem přemístěte ložiska do konečné čistící nádrže.
4. V konečné čistící nádrži **(C)** velmi lehce otáčejte ložisko rukou. Ujistěte se, že čistící kapalina v koncové čistící nádrži zůstává čistá.
5. Po čištění odstraňte přebytečnou čistící kapalinu z ložiska. Před nanesením maziva nebo oleje pomocí suchého hadříku nechte ložisko úplně vyschnout.

Ložiska, která používají běžná plastická maziva, musí být před vystavením vnějším vlivům naplněna plastickým mazivem, jinak by kovové povrchy v této fázi zůstaly bez ochrany proti korozi. **(D)**

Ložiska mazaná olejem je třeba montovat tak, aby během montáže nedošlo k otáčení ložiska. Před montáží doporučujeme lehce pokrýt vnitřní a vnější povrch filmem čistého lehkého oleje, který usnadňuje montáž. **(E)**



Poznámka: Po umytí a čištění ložisek se před namazáním vyvarujte otáčení, mohlo by dojít k poškození valivých prvků a oběžných drah. Další informace naleznete na straně 28.

Před montáží

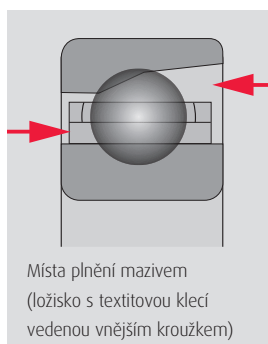
Mazání

Správný postup mazání je velmi důležitý pro funkčnost a životnost ložiska.

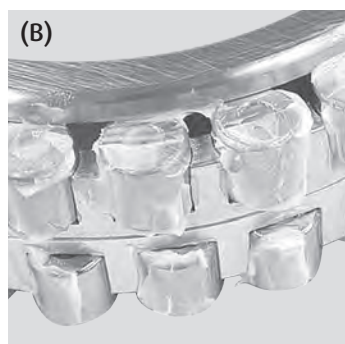
Je třeba věnovat zvýšenou pozornost tomu, aby při mazání ložiska nedošlo k jeho znečištění.

Pokyny pro správné mazání ložisek jsou následující:

- › Dbejte na to, aby byla víčka plechovek maziva vždy po použití vyměněna
- › Uchovávejte nádoby/tuby s mazivy v čistém samostatném skladu za stálé teploty
- › Značte nádoby/tuby daty, nikdy nepoužívejte mazivo starší tří let
- › Pro dávkování maziva používejte čisté špachtle, v ideálním případě používejte plastové stříkačky



Místa plnění mazivem
(ložisko s textitovou klecí
vedenou vnějším kroužkem)



Množství a umístění maziva v ložisku

Ideální množství maziva pro vřetenová ložiska je 15% volného prostoru ložiska u ložisek s kosouhlým stykem a 10% volného prostoru ložiska u válečkových ložisek. Přesná množství v kubických centimetrech pro kompletní sortiment ložisek NSK najdete v tabulce na straně 29.

U ložisek s kosouhlým stykem s klecí typu TYN s vedením kuličkami: mazivo rovnoměrně naneste mezi kuličky z obou stran ložiska.

U ložisek s textitovou klecí vedenou vnějším kroužkem naneste polovinu určeného množství maziva mezi oběžnou dráhu vnitřního kroužku a klec na zadní straně ložiska a zbývající polovinou mezi klec a oběžnou dráhu vnějšího kroužku na čelní straně ložiska. Ručně otočte ložisko, abyste rovnoměrně rozložili mazivo na povrchu oběžných drah, kuliček a klece. **(A)**

Pro válečková ložiska:

1. Naneste asi 80% množství maziva kolem valivých ploch válečků, přičemž dbejte na to, aby na vnitřním průměru klece nebylo příliš maziva. (Při spuštění může způsobit zvýšení teploty.)
2. Uhladte tenký povlak maziva na válečcích včetně jejich bočních ploch, stykových bodů klece a válečků a podél čelních okrajů všech okének klece.
3. Použijte zbývající 20% maziva k nanesení tenkého filmu na povrch oběžné dráhy vnějšího kroužku. **(B)**

4. Užitečný tip

Použijte injekční stříkačku, abyste správné množství maziva aplikovali na správném místě.



Doporučené množství maziva pro vřetenová ložiska

Správné mazání je velmi důležité pro funkčnost a životnost ložiska. Vždy je třeba dbát na to, aby nedošlo ke kontaminaci ložiska nečistotami.

Jednotka: cm³/ložisko

Kód díry	Průměr díry (mm)	Kuličková ložiska s kosoúhlým stykem: 15% vnitřního volného prostoru				Ložiska pro podporu kuličkových šroubů 50%	Válečková ložiska: 10% vnitřního volného prostoru			
		BNR19, BGR19 BER19, 79XX (cm ³)	BGR10 70XX (cm ³)	BGR02 72XX (cm ³)	BNR10, BAR10 BER10, BTR10 (cm ³)	TAC (cm ³)	NN49 (cm ³)	NN39 (cm ³)	NN30 (cm ³)	N10 (cm ³)
5	5	-	-	0,03	-	-	-	-	-	-
6	6	-	0,04	0,07	-	-	-	-	-	-
7	7	-	0,07	-	-	-	-	-	-	-
8	8	-	0,12	0,10	-	-	-	-	-	-
00	10	0,06	0,13	0,16	-	-	-	-	-	-
01	12	0,06	0,14	0,23	-	-	-	-	-	-
02	15	0,11	0,18	0,29	-	2,20	-	-	-	-
03	17	0,13	0,24	0,41	-	2,20	-	-	-	-
04	20	0,23	0,44	0,68	-	2,20	-	-	-	-
05	25	0,27	0,52	0,85	-	3,00	-	-	0,4	-
06	30	0,31	0,69	1,20	0,58	3,20	-	-	0,6	0,4
07	35	0,48	0,98	1,70	0,78	3,80	-	-	0,8	0,6
08	40	0,75	1,20	2,10	0,92	3,90/8,80*	-	-	1,0	0,7
09	45	0,83	1,50	2,60	1,20	4,20/9,70**	-	-	1,3	1,0
10	50	0,91	1,60	3,00	1,20	10,20	-	-	1,4	1,1
11	55	1,10	2,40	3,90	1,70	10,20/12,00***	-	-	2,0	1,5
12	60	1,20	2,60	4,80	1,80	12,00	-	-	2,1	1,6
13	65	1,30	2,60	5,70	1,90	-	-	-	2,2	1,6
14	70	2,10	3,60	6,50	2,80	-	-	-	3,2	2,4
15	75	2,30	3,60	7,00	2,90	-	-	-	3,5	2,5
16	80	2,40	5,10	8,70	3,80	-	-	-	4,7	3,5
17	85	3,50	5,30	11,00	4,00	-	-	-	4,9	3,7
18	90	3,60	6,60	13,00	5,50	-	-	-	6,5	4,5
19	95	3,60	6,80	16,00	5,70	-	-	-	6,6	4,7
20	100	4,90	7,20	19,00	6,10	-	5,4	4,5	6,8	4,9
21	105	5,10	9,00	23,00	7,60	-	5,6	4,6	9,3	5,9
22	110	5,20	12,00	27,00	9,10	-	5,7	4,8	11,0	7,5
24	120	7,90	12,00	31,00	9,80	-	8,4	6,5	12,5	8,1
26	130	9,00	18,00	34,00	15,00	-	11,0	8,5	18,0	12,4
28	140	9,90	20,00	42,00	17,00	-	12,0	9,3	20,0	12,9
30	150	14,00	25,00	53,00	22,00	-	24,0	14,0	23,0	-
32	160	16,00	34,00	-	26,00	-	20,0	15,0	29,0	-
34	170	14,00	42,00	-	33,00	-	21,0	15,0	38,0	-
36	180	22,00	51,00	-	46,00	-	28,0	23,0	51,0	-
38	190	27,00	47,00	-	50,00	-	30,0	24,0	54,0	-
40	200	39,00	76,00	-	61,00	-	44,0	35,0	69,0	-
44	220	42,00	-	-	-	-	-	37,0	-	-
48	240	41,00	-	-	-	-	-	40,0	-	-
52	260	77,00	-	-	-	-	-	70,0	-	-
56	280	80,00	-	-	-	-	-	75,0	-	-

Poznámka: u nově sestaveného vřetena vždy nejprve proveďte záběh, teprve poté je možný provoz při plné rychlosti, viz strana 28. Množství maziva u "xxTAC20(29)X(D)" by mělo být stejné jako u dvouřadých válečkových ložisek, která jsou použita s tímto ložiskem

* 40TAC72 a 40TAC90
** 45TAC75 a 45TAC100
*** 55TAC100 a 55TAC120

Před montáží

Kontroly součástí

Některá vřetena jsou poměrně komplikovaná a jejich sestavení může trvat poměrně dlouho. V takových případech je zvláště důležité kontrolovat všechny součásti během procesu montáže, což může eliminovat zbytečné problémy na konci procesu při uvedení stroje do provozu.

Dodržujte prosím následující pokyny:

- › Hřídele a tělesa zkontrolujte, zda nemají otřepy či jiné vady povrchového zpracování.
- › Zkontrolujte rozměry vnějšího průměru hřídele a průměru díry uložení, aby byl dodržen požadovaný přesah nebo vůle uložení ložisek (doporučená uložení pro hřídele a tělesa jsou uvedena v katalogu). Obecně se na hřídel použije uložení s přesahem za předpokladu, že vnitřní kroužek rotuje a uložení v tělese je volné
- › Dbejte na to, abyste rozměry součástí měřili v různých polohách, kvůli kontrole kuželovitosti a házení (obrázek A znázorňuje typická měření hřídele a obrázek B typické měření tělesa)
- › Při provádění jakýchkoli měření vždy zajistěte, aby součásti byly tepelně stabilní

Kontroly házení

Vždy zkontrolujte radiální a axiální házení, aby ložiska mohla být namontována s nejvyšší možnou přesností.

V ideálním případě by měla být hřídel měřena při upnutí mezi přesnými středky. Pokud to není možné, umístěte hřídel na rovnou desku, jak je znázorněno na obrázku C.

Typické cílové hodnoty budou záviset na aplikaci, ale obecně by měly být 3 až 5 mikronů.

Měření házení tělesa je poněkud obtížnější, a přestože není tak důležité jako házení hřídele, může být podstatné pro bezchybnou montáž. Obrázek D zobrazuje typický způsob měření házení tělesa a víka vřetene.

Typické cílové hodnoty budou záviset na aplikaci, ale obecně by měly být 3 až 5 mikronů.

Rozpěrné kroužky

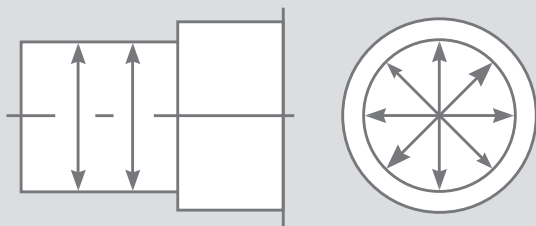
Rozpěrné kroužky vnitřního a vnějšího kroužku vřetenových ložisek by měly mít stejnou délku. (Jakýkoliv rozdíl ovlivní předpětí).

V ideálním případě by měly být obrobeny společně na správnou šířku. Chyby rovnoběžnosti by neměly překročit 3 mikrony. (Vyšší hodnoty mohou způsobit nepřesnost a zvýšenou hlučnost ložisek).

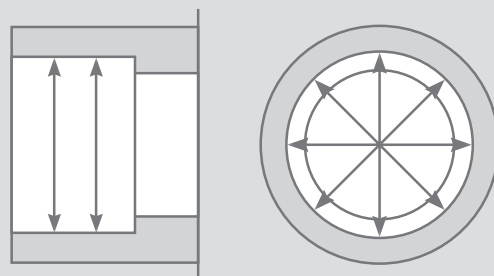
5. Užitečný tip

Je dobré, aby všechny měřené součásti byly v montážní místnosti celých 24 hodin před vlastním měřením. To umožní tepelné vyrovnání všech součástí na teplotu místnosti a nástrojů.

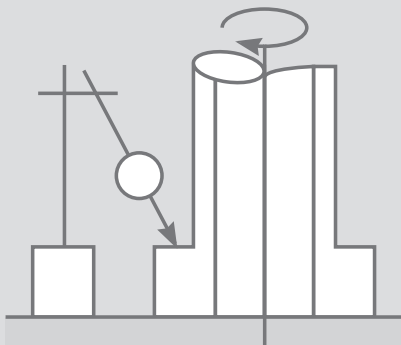
Obrázek A: Měření hřídele



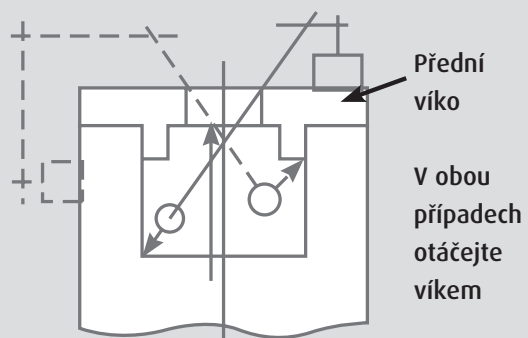
Obrázek B: Měření tělesa



Obrázek C: Házení osazení hřídele



Obr. D: Házení tělesa a víka vřetene



Montáž

Montáž ložisek na hřídel

Existují dva hlavní způsoby montáže ložisek na hřídel a to buď zastudena nebo zatepla.

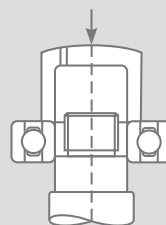
Montáž zastudena

Montáž zastudena se používá pro menší ložiska, typicky s průměrem díry menším než 30 mm. Je dobré lehce naolejovat kontaktní plochy součástí, aby se snížila síla potřebná pro montáž. Při montáži vnitřního kroužku je třeba dbát na to, aby síla lisu působila na vnitřní kroužek. Ve znázorněném schématu je v narážecím přípravku vidět otvor umožňující únik vzduchu.

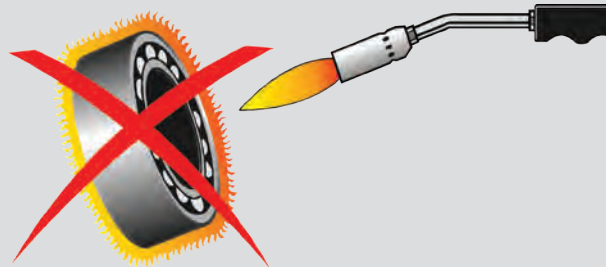
Válečková ložiska

Pokud je ložisko rozebíratelné, lze vnitřní a vnější kroužky namontovat na hřídel a do tělesa samostatně. Při sestavení je třeba dbát na to, aby byla zajištěna souosost kroužků, aby se zabránilo poškrábání kontaktních ploch.

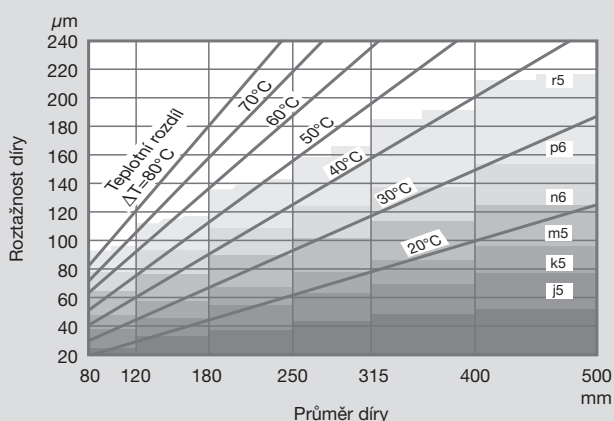
Montáž zastudena



Špatná metoda



Graf roztažnosti

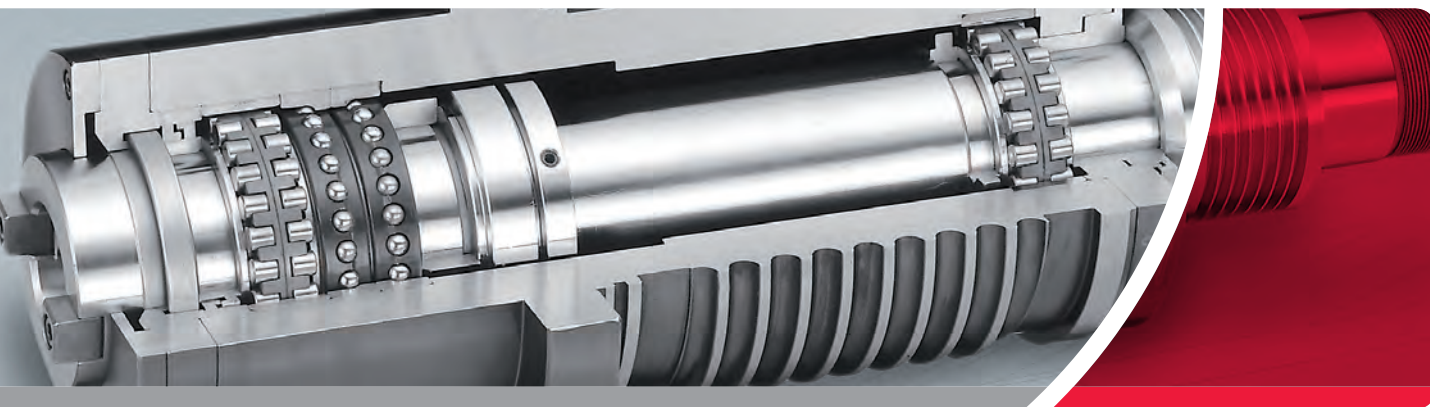


6. Užitečný tip

Horkovzdušná pistole může být velmi užitečná pro nasměrování tepla pouze na vnitřní kroužek (zejména u velkých ložisek).

Tato metoda může být také použita k ohřevu tělesa před vložením sestavy hřídele a ložisek.

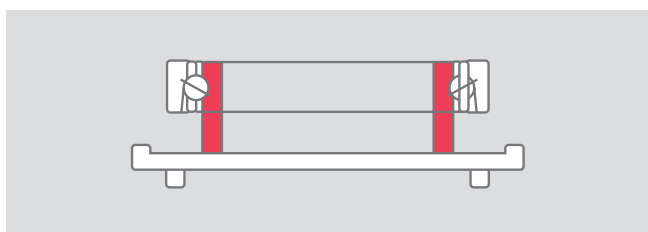




Montáž zatepla

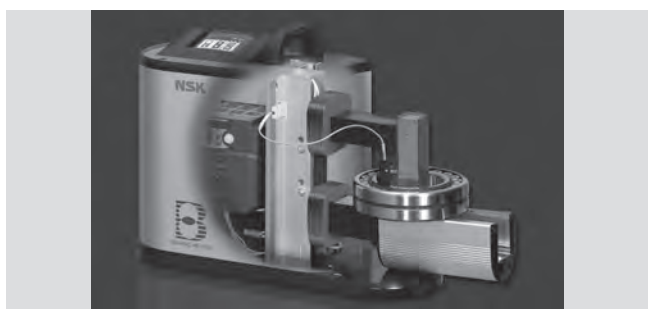
Používá se pro montáž větších ložisek. Při zahřívání vnitřního kroužku dojde ke zvětšení průměru díry a díky tomu je montáž na hřídel snadná. Je třeba dbát na to, aby nedošlo k přehřátí ložiska, v ideálním případě je třeba rozšiřovat pouze vnitřní kroužek.

Na ložisko by mělo působit maximálně 120 °C. Při průměru díry 80 mm dosáhneme zahřátím vnitřního kroužku o 40 °C nad teplotu vnějšího kroužku jeho rozšíření o 40 μm. (viz graf roztažnosti).



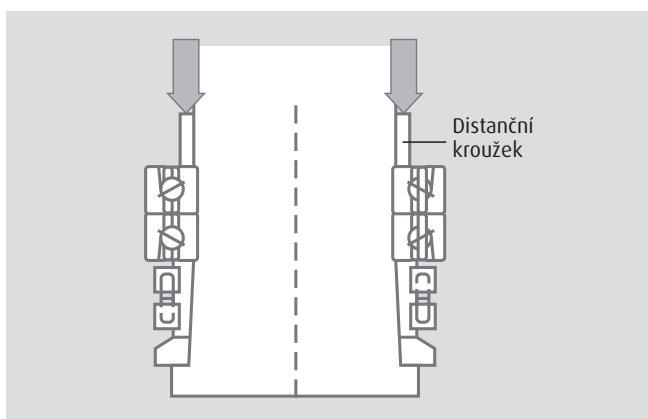
Ohřev na plotýnce

Při ohřevu ložiska na plotýnce se doporučuje použít ocelový kroužek mezi plotýnkou a vnitřním kroužkem ložiska, aby bylo teplo vedeno k vnitřnímu kroužku a předešlo se ohřevu kuliček, klece, vnějšího kroužku a maziva.



Indukční ohřev

Použití indukčního ohříváče je velmi vhodný způsob ohřevu vnitřního kroužku. Teplotu kroužku je u této metody možno přesně měřit a zabránit tak přehřátí ložiska.



Proces

Ložisko ohřejte na požadovanou teplotu plus 20 ° až 30 °C (rezerva pro ztrátu teploty mezi vyjmutím z ohříváče a nasazením na hřídel). Po namontování na hřídel je třeba ložisko zatížit v axiálním směru až do té doby, než dostatečně vychladne.

Vzhledem k tomu, že se ložisko během chladnutí bude smršťovat v axiálním i radiálním směru, nemusí bez dodatečného tlaku správně sedět. Než začnete montovat další ložisko, nechte ochladit na pokojovou teplotu + 5 °C.

Montáž

Utahovací moment pojistné matice / kontrola házení

Utahovací moment pojistné matice

Je důležité, aby pojistná matice byla dotažena správným utahovacím momentem tak, aby došlo ke stažení kroužků ložisek k sobě a tím k vytvoření požadovaného předpětí. Tím se také předejde možnosti uvolnění matice během provozu. Důležité je také nepoužívat nadměrnou sílu, protože by mohlo dojít k deformaci kroužků a tím i oběžných drah ložisek a ke ztrátě přesnosti a možnému poruše. Pokud jsou mezi ložisky distanční kroužky, nadměrná axiální síla by mohla deformovat vnitřní distanční kroužek, což by zvýšilo předpětí.

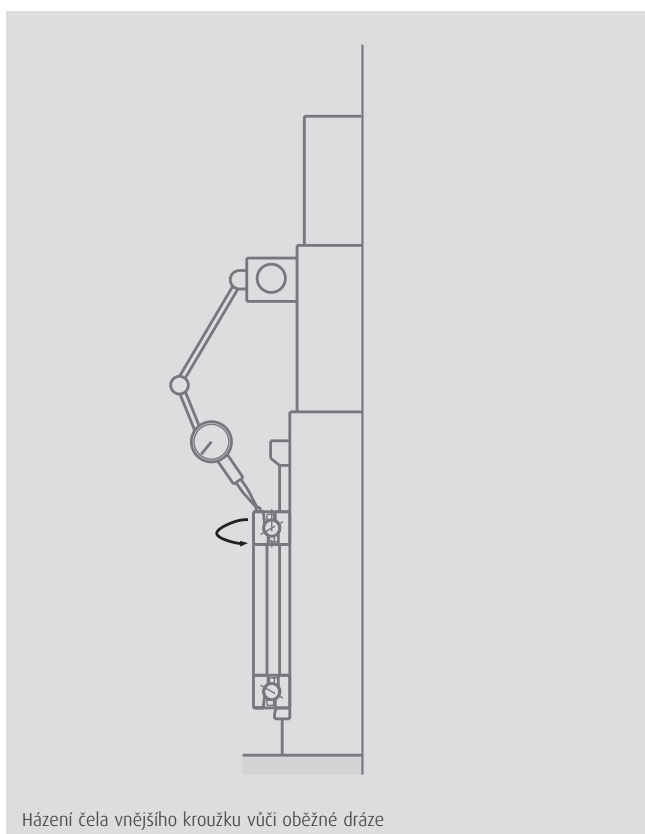
Kontrola vřetene

Je vždy dobré kontrolovat vřeteno v každé fázi procesu montáže. Po namontování předních ložisek a dotažení pojistné matice zkontrolujte radiální házení vřetene podle obrázku.

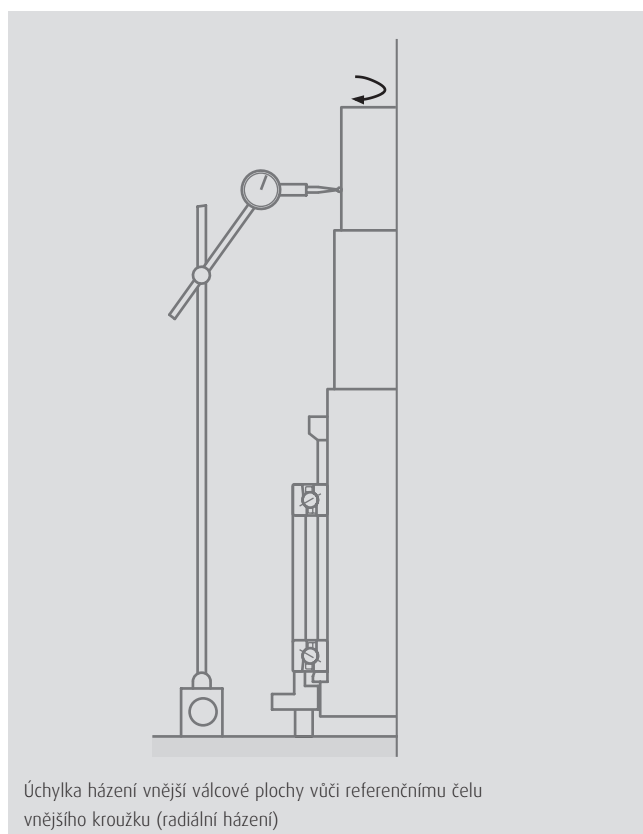
Jako cílová hodnota házení se doporučuje méně než 2 μm , avšak pokud jsou pracovní otáčky nízké, jsou přijatelné hodnoty až do 5 μm . Jemné poklepání na čelo vnějšího kroužku může pomoci upravit házení.

Použitím koncového víka a ocelového kroužku pro podepření vřetene na čele vnějšího kroužku lze vřeteno otáčet a na hřídeli měřit házení. Hodnoty by měly být méně než 5 μm .

Nepřesnosti pojistné matice mohou způsobit, že hřídel a ložisko se při utažení ohnou. Užitečný tip na straně 35 zobrazuje jednu z metod pro snížení tohoto efektu.



Házení čela vnějšího kroužku vůči oběžné dráze

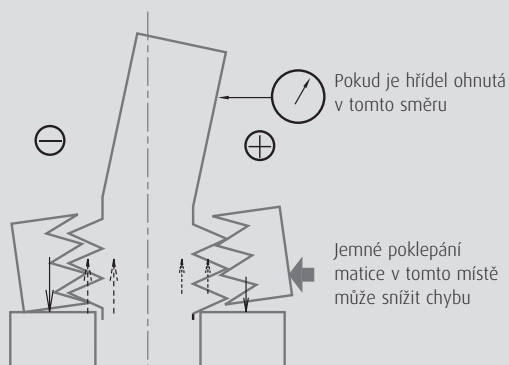


Úchylka házení vnější válcové plochy vůči referenčnímu čelu vnějšího kroužku (radiální házení)

Níže uvedená tabulka zobrazuje jak axiální sílu (má význam při použití hydraulické pojistné matice), tak také doporučený utahovací moment u standardních pojistných matic.

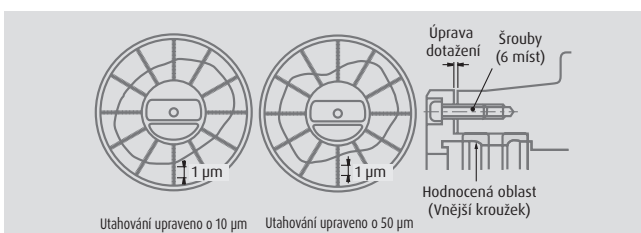
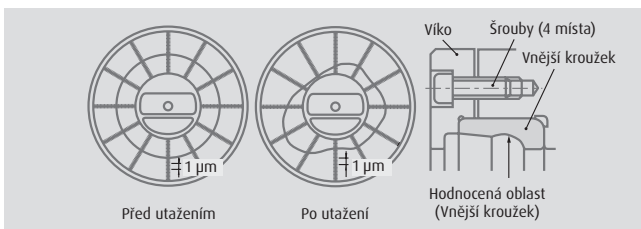
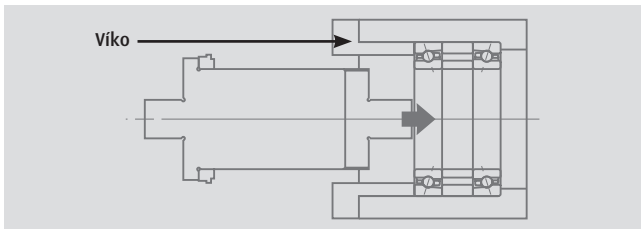
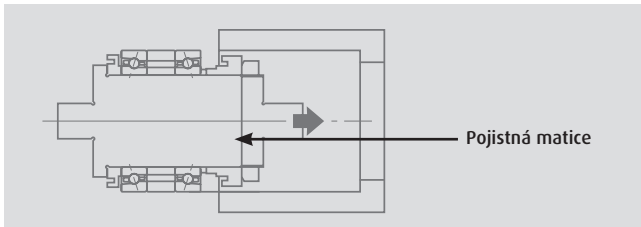
Jmenovitý průměr díry ložiska (mm)	Utahovací síla pojistné matice (N)	Utahovací moment pojistné matice (N-m)
20		17
25	4 900	21
30		25
35		57
40	9 800	64
45		72
50		80
55		132
60		142
65	14 700	153
70		166
75		176
80		251
85		267
90		281
95		296
100	19 600	311
105		327
110		343
120		371
130		403
140		649
150		695
160		745
170	29 400	796
180		841
190		886
200		932
220		-
240		-
260	39 200	-
280		-
300		-

7. Užitečný tip



Montáž

Utahovací moment pojistné matice / kontrola házení



Montáž do tělesa

Při montáži ložisek do tělesa je třeba opatrnosti. Obvykle se používá volné uložení, ale pokud není zaručena souosost, mohlo by dojít k poškození nebo demontáži ložiska. Ohřívání tělesa pomocí teplovzdušné pistole (viz Užitečné tipy) pomáhá zvýšit vůli a vyhnout se tomuto problému.

Uspořádání zády k sobě – do “O”

1. Namontujte ložisko.
2. Utáhněte pojistnou matici.
3. Sestavu vložte do tělesa (viz obrázky vlevo).

Uspořádání čely k sobě – do “X”

1. Nalisujte ložiska do tělesa.
2. Dotáhněte víko, čímž dosáhnete předpětí ložisek.
3. Vložte hřídel do vnitřního kroužku a utáhněte pojistnou matici.

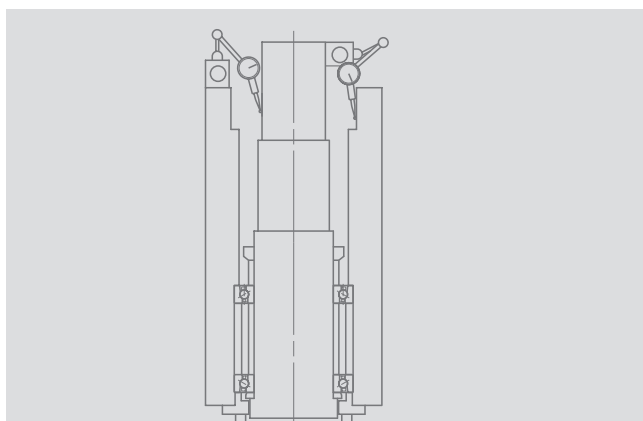
Dotazení víka

Pokud není víko vřetene správně dotaženo, může dojít k deformaci ložiskových kroužků.

Příklad znázorněný vlevo ukazuje vliv nerovnoměrného dotažení víka; v tomto případě jsou použity pouze čtyři šrouby a nejsou rovnoměrně utaheny.

To může způsobit deformaci oběžné dráhy, která může vést k vibracím, ztrátě přesnosti a předčasnému selhání ložiska. V ideálním případě by po sestavení vřetene měla být změřena mezera pomocí hloubkového mikrometru, což umožňuje nastavit správné dotažení víka.

V příkladu na levé straně bylo šest upevňovacích šroubů rovnoměrně utaheno. Na druhém grafu byla mezera příliš velká a to může také způsobit deformaci oběžné dráhy.



Soustřednost tělesa

Soustřednost tělesa zadních ložisek vřetene lze měřit podle obrázku vlevo. Tato hodnota by měla být menší než 10 μm , ideálně 5 μm .

Konečná kontrola házení by měla být prováděna na plně smontovaném vřetenu radiálně a axiálně vpředu a radiálně vzadu. Cílové hodnoty házení by neměly být větší než 5 μm .

Pro vysokorychlostní vřetena se typicky doporučuje hodnota 1 až 2 μm .

Tabulka ukazuje správnou velikost mezery mezi víkem a tělesem aby bylo dosaženo správného dotažení víka.

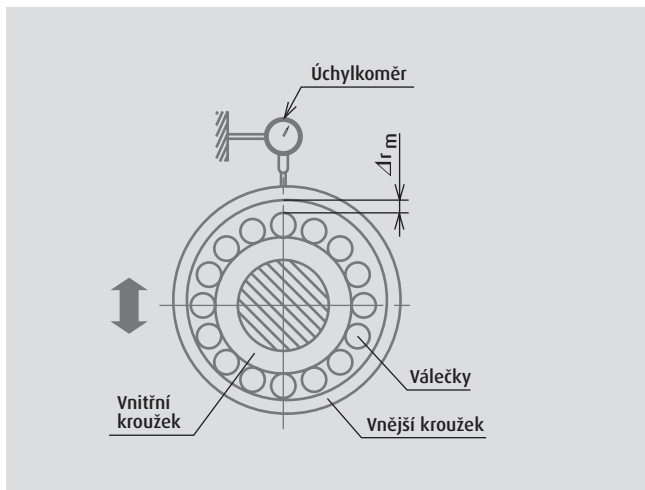
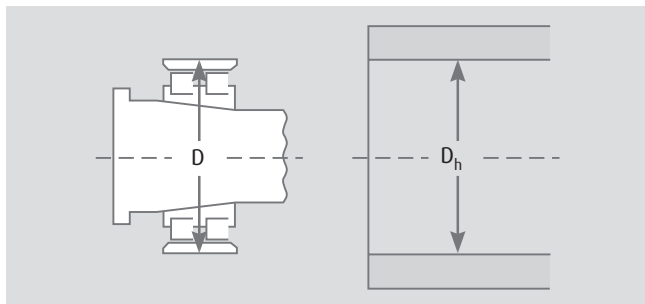
Jmenovitý průměr díry ložiska (mm)	Vúle mezi víkem a tělesem (mm)	Jmenovitý průměr díry ložiska (mm)	Vúle mezi víkem a tělesem (mm)
20		140	0.03 až 0.05
25		150	
30		160	
35		170	
40		180	
45		190	
50		200	
55		220	
60		240	
65		0.01	
70	až	280	
75	0.03	300	
80		-	
85		-	
90		-	
95		-	
100		-	
105		-	
110		-	
120		-	
130		-	

8. Užitečný tip

Při montáži válečkových ložisek je do tělesa nejprve nalisován vnější kroužek. Před vsunutím sestavy vřetene s vnitřním kroužkem a válečky lehce namažte oběžnou dráhu vnějšího kroužku plastickým mazivem nebo olejem. Při vkládání sestavou lehce otáčejte, to minimalizuje možnost poškození vnější oběžné dráhy a válečků.

Montáž

Montáž válečkových ložisek s kuželovou dírou Pomocí výpočtu



Jak je uvedeno na straně 22, vůle válečkového ložiska po montáži je pro funkci vřetene velmi důležitá. Při použití ložisek s kuželovou dírou se doporučuje nastavit malé předpětí na přední straně vřetene a malou vůli na zadní části vřetene. Tento postup lze snadno provést pomocí speciálních GN měřidel (viz následující část).

V tomto případě je ovšem potřeba pro každou velikost ložiska jiné měřidlo, což není vždy praktické a hlavně ekonomické. Tato část vysvětluje, jak nastavit požadované předpětí nebo vůli bez použití speciálního měřidla.

Krok 1

Určete velikost smrštění průměru oběžné dráhy vnějšího kroužku po montáži do tělesa.

Δr_e (smrštění) může být vypočítáno nebo změřeno.

Výpočet

$$\Delta r_e = (D_h - D) \times h$$

(Pokud $\Delta r_e \geq 0$, $\Delta r_e = 0$)

D_h: Průměr díry tělesa

D: Vnější průměr vnějšího kroužku

h: Redukční součinitel

(řada NN30xx, N10: 0,62)

(řada NN39xx, NN49: 0,70)

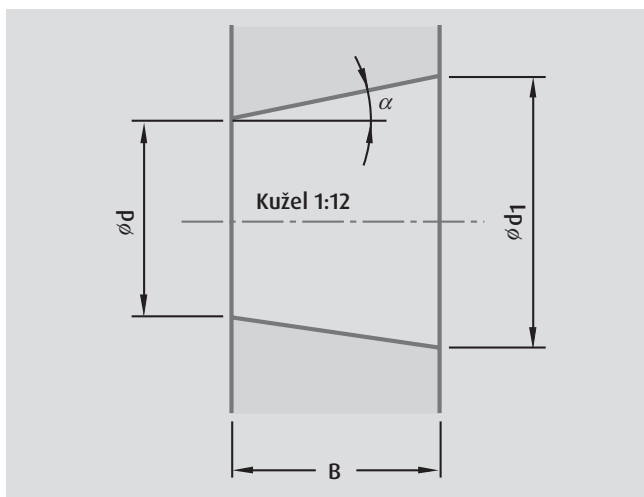
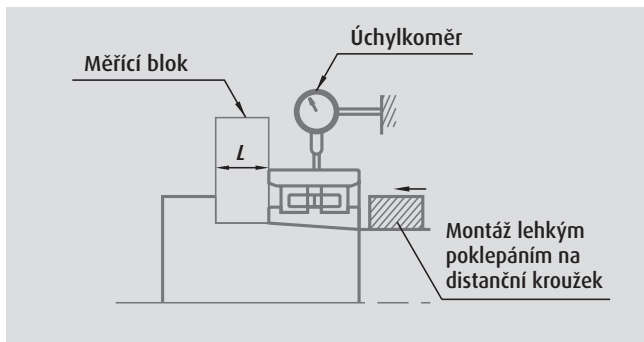
Měření

Ujistěte se, že vnější kroužek a těleso mají stejnou stabilní teplotu. Nejprve změřte na čtyřech různých místech vnitřní průměr vnějšího kroužku před vložením do tělesa.

Vložte vnější kroužek do tělesa a opakujte měření. Velikost smrštění (pokud existuje) vypočítejte z průměrů naměřených hodnot a hodnotu zaznamenejte.

Krok 2

Určete počáteční radiální vůli Δr_m .



Odstraňte olej na kuželovém povrchu hřídele a vnitřního kroužku. Namontujte sestavu vnitřního kroužku s válečky a nasuňte vnější kroužek na válečky. Na vnější průměr vnějšího kroužku (* 1) přiložte úchylkoměr.

Krok 3

Lehce utáhněte pojistnou matici; to posune ložisko po kuželu 1:12 a rozšíří vnitřní kroužek, čímž dojde ke snížení radiální vnitřní vůle ložiska. Změřte radiální vůli pohybem vnějšího kroužku dolů a nahoru.

Pokračujte v utahování pojistné matice (tj. nasunutí ložiska na kužel), dokud nebude měřená radiální vůle přibližně 0,005mm (* 2).

Poznámky:

(*1) Pokud měření trvá příliš dlouho, teplota vnějšího kroužku se může zvýšit na tělesnou teplotu, což vede k chybnému měření. Vždy se doporučuje používat rukavice, sníží se tak přenos tepla.

(*2) Pokud je radiální vůle příliš velká, vnější kroužek by se mohl při ručním stlačení deformovat na elipsu.

To by vedlo k chybnému měření.

Proto je přijatelná vůle okolo 0,005mm

(0,005mm je cílová hodnota, ale 0,001mm až 0,002mm je také přijatelná hodnota).

Krok 4

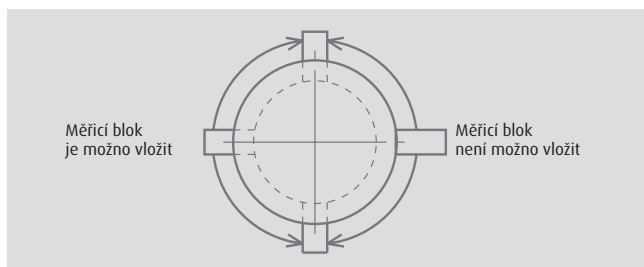
Pokud je hodnota Δr_m nastavena na přibližně 0,005 mm, zaznamenejte tuto hodnotu a změřte vzdálenost od osazení hřídele k čelní straně vnitřního kroužku (vzdálenost L) pomocí párových měrek (měřicího bloku).

Při použití párových měrek je třeba opatrnosti, jelikož vnitřní kroužek může být nakloněn působením měřky.

Zaznamenejte průměrnou vzdálenost ze dvou až tří měření (* 3).

Montáž

Montáž válečkových ložisek s kuželovou dírou Pomocí výpočtu



Poměr dutosti hřídele a součinitel

Poměr duté hřídele k_0	Součinitel K
45-55%	14
55-65%	15
65-75%	16

Krok 5

Vypočítejte požadovanou délku L_a pro výrobu distančního kroužku pro požadovanou vůli nebo předpětí podle následujícího vzorce:

$$L_a = L - (K (\Delta r_m - \Delta r + \Delta r_e))$$

L_a : Finální rozměry distančního kroužku pro nastavení radiální vůle po montáži

L: Šířka měřicího bloku
(naměřený výsledek z kroku 4)

Δr_m : Pohyb vnějšího kroužku v radiálním směru
(naměřený výsledek z kroku 3)

Δr : Cílová radiální vůle nebo předpětí po montáži

Δr_e : Smrštění vnějšího průměru oběžné dráhy po montáži do tělesa

K: Součinitel (konstanta, která závisí na smrštění dutého hřídele s 1/12 kuželovou dírou) - (pro plnou hřídel K = 12)

K_0 : Poměr dutosti hřídele = $A/B \times 100$
A: Průměr díry hřídele B: Vnější průměr hřídele

Příklad výpočtu

$$\begin{aligned}L &= 20,55 \\ &\text{(vzdálenost mezi vnitřním kroužkem a osazením)} \\ \Delta r_m &= 0,007 \text{ (měřená radiální vůle (zdvih))} \\ \Delta r &= -0,002 \text{ (požadovaná radiální vůle), tj. předpětí} \\ \Delta r_e &= 0,004 \text{ (snížení radiální vůle po montáži do tělesa)} \\ K &= 15 \text{ (Poměr dutosti hřídele je 60\%)}\end{aligned}$$

$$L_a = 20,55 - (15 \times (0,007 - (-0,002) - 0,004))$$

(Dávejte pozor na znaménka - (-) = +)

$$L_a = 20,475 \text{ mm}$$

Pokud byla použita pevná hřídel, hodnota K je 12
tj. kužel 1:12

V tomto případě L_a (šířka rozpěrného kroužku) = 20,490 mm

Poznámky:

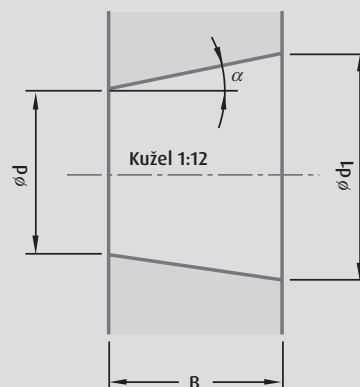
- (*3) Pro měření rozměru L se použije hodnota získaná při zasunutí měřicího bloku na levé straně obrázku u kroku 5. Na pravé straně je vidět, že měřicí blok nemůže být zasunut (To je způsobeno nakloněním čelní plochy vnitřního kroužku vůči osazení hřídele).

9. Užitečný tip

Vzorec může být zjednodušen použitím součinitele pevného hřídele 12 pro všechny duté hřídele. To bude mít za následek mírně nižší předpětí, ale snížení je snadno zapamatovatelné z poměru kuželu 1:12, tj. při každém posunu na kuželu o 12 μm se vnitřní vůle zmenší o 1 μm .

V tomto případě použijte stejné hodnoty jako výše, ale s $K = 12$, $L_a = 20,49$ mm. Rozdíl v radiálním pohybu je pouze $(20,49 - 20,475) / 12 = 1,2$ μm .

Ve výsledku tedy předpětí bude o 0,8 μm nižší než cílové předpětí 2 μm (lehce nižší předpětí než cílové, je pro vřeteno bezpečnější než předpětí vyšší).

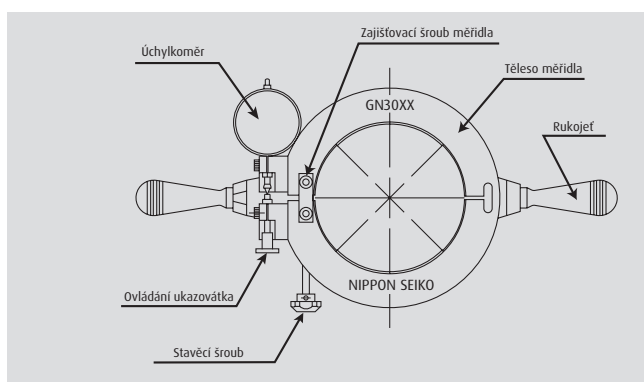


Montáž

Montáž válečkových ložisek s kuželovou dírou Pomocí měření

Montáž válečkových ložisek pomocí měření

Jak je uvedeno na straně 22, vůle válečkového ložiska po montáži je pro funkci vřetene velmi důležitá. Při použití ložisek s kuželovou dírou se doporučuje nastavit malé předpětí na přední straně vřetene a malou vůli na zadní části vřetene. Tento postup lze snadno provést pomocí speciálních GN měřidel. GN měřidlo je měřicí přípravek určený pro přesnou montáž válečkového ložiska s kuželovou dírou na hřídel vřetene. Po montáži se GN měřidlo používá pro kontrolu radiální vnitřní vůle ložiska. Použití GN měřidla je výhodné zejména pokud má být válečkové ložisko použito s předpětím.



Postup

Krok 1

Vložte vnější kroužek do tělesa. (Obvykle zhruba 2µm vůle až 2µm přesahu.)

Krok 2

Pomocí dutinoměru změřte průměr díry vnějšího kroužku na přibližně čtyřech různých místech. Vypočítejte průměr měření a nastavte měřidlo na nulu. **(A)**
(Ujistěte se, že všechny součásti, tedy vnější kroužek v tělese, vnitřní kroužek a hřídel, mají stejnou teplotu než měřidlo nastavíte na nulu.)

Krok 3

Nastavte vnitřní průměr GN měřidla. Cílem je nastavit průměr díry GN měřidla tak, aby byl stejný jako průměr díry vnějšího kroužku v tělese. **(B)**
Nejprve povolte zajišťovací šroub GN měřidla. Pomocí dutinoměru nastaveného na nulu nastavte vnitřní průměr GN měřidla a dotáhněte zajišťovací šroub měřidla (viz obrázek vlevo). (GN měřidlo používejte ve svislé poloze, abyste předešli nepřesnostem díky jeho vlastní hmotnosti.)

Krok 4

Je třeba použít korekční součinitel měřidla. Pomocí ovládacího prvku ukazovátka na GN měřidle nastavte hlavní ukazatel na červenou čáru na skle měřidla. Ujistěte se, že se krátká ručička nachází kolem polohy 2 na sekundárním číselníku. **(C)**
(Korekce měřidla koriguje pružnou deformaci válečků v důsledku tlaku při měření. Množství korekce pro každé měřidlo je určeno z výroby.)

Krok 5

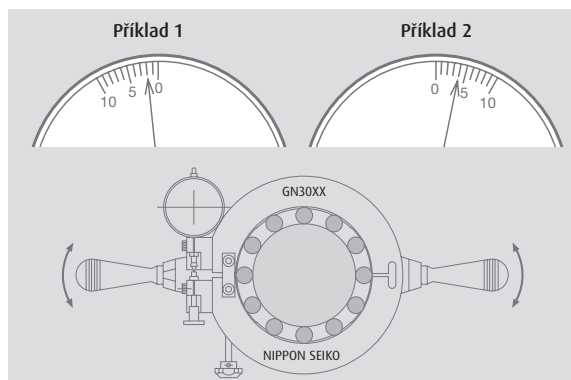
Namontujte vyčištěný vnitřní kroužek (dosud nenamazaný) na hřídel a lehce utáhněte pojistnou matici hřídele.

Krok 6

Rozevřete GN měřidlo stavěcím šroubem přibližně o 0,2 až 0,3 mm. Nasuňte měřidlo na vnitřní kroužek s válečky a uvolněte stavěcí šroub, abyste umožnili GN měřidlu pružně sevřít válečky. **(D)**

Krok 7

Pootáčejte GN měřidlem lehce okolo osy hřídele, jak ukazuje obrázek, aby se indikátor mohl stabilizovat. Utahtujte pojistnou matici, dokud měřidlo neukazuje nulu.



Naměřené hodnoty

Pokud ručička úchylkoměru ukazuje hodnotu vpravo od nuly, znamená to, že v ložisku je vůle, pokud hodnotu vlevo od nuly, je v ložisku předpětí. Skutečná hodnota vůle nebo předpětí je rovna polovině naměřené hodnoty.

Příklad 1: Naměřená hodnota je 2 vlevo od nuly, což znamená -1 μm vůle, tedy 1 μm předpětí.

Příklad 2: Naměřená hodnota je 4, což znamená 2 μm vůle.

10. Užitečný tip

V případě, kdy je společně s válečkovým ložiskem použito axiální ložisko, je lepší vyrobit montážní rozpěrný kroužek se stejnou šířkou jako je šířka axiálních ložisek a ten použít pro měření a nastavení vůle válečkového ložiska. To zabrání poškození při vícenásobné montáži a demontáži axiálních ložisek na vřeteno.

Krok 8

Rozevřete GN měřidlo stavěcím šroubem a opatrně sestavu vnitřního kroužku s válečky vysuňte, vyhněte se jakémukoli nárazu válečků na měřidlo.

Krok 9

Změřte mezeru mezi čelní plochou vnitřního kroužku ložiska a osazením hřídele. Měřte pomocí spárových měrek (měřicího bloku) ve více polohách (ideálně 4) a zaznamenejte průměrnou hodnotu. Finální rozpěrný kroužek by měl být vyroben s touto délkou.

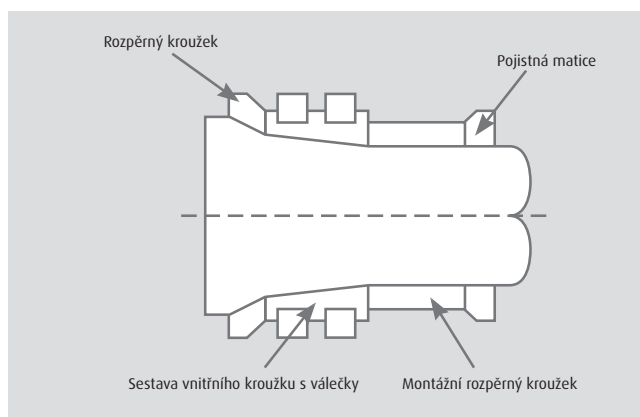


Krok 10

Demontujte pojistnou matici a ložisko z hřídele. Nasadte upravený rozpěrný kroužek a znovu sestavte ložisko a pojistnou matici.

Krok 11

Znovu zkontrolujte hodnotu vůle/předpětí umístěním rozšířeného měřidla přes válečky a nastavte šroub, aby se měřidlo mohlo dotknout válečků. Pomocí postupu v kroku 7 znovu zkontrolujte, zda byly dosaženy cílové hodnoty vůle / předpětí.



Montáž

Typická uspořádání vřeten

Typické středněotáčkové vřeteno

Typ vřetene:

Typ 1

Typické aplikace:

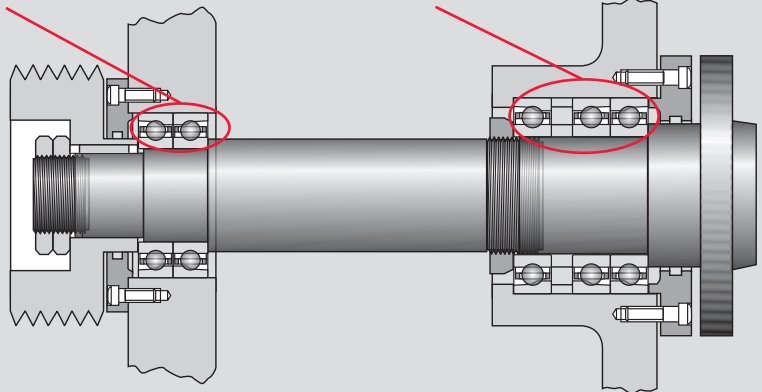
Obráběcí stroje a obráběcí centra

Volná strana

- › Předpětí axiálním nastavením kroužků
- › Vnější kroužky jsou v tělese uloženy volně

Pevná strana

- › Předpětí axiálním nastavením kroužků
- › Vnější kroužky jsou v tělese axiálně pevné



Typické vřeteno pracovní hlavy

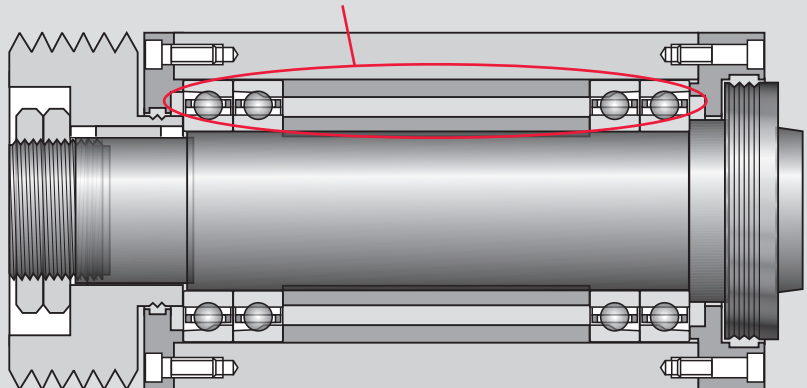
Typ vřetene:

Typ 2

Typické aplikace:

Obráběcí stroje a obráběcí centra

Poznámka: Všechna ložiska jsou předepjata společně, tj. jako jedna sada. Oba rozpěrné kroužky musí mít stejnou délku



Typické vysokootáčkové vřeteno

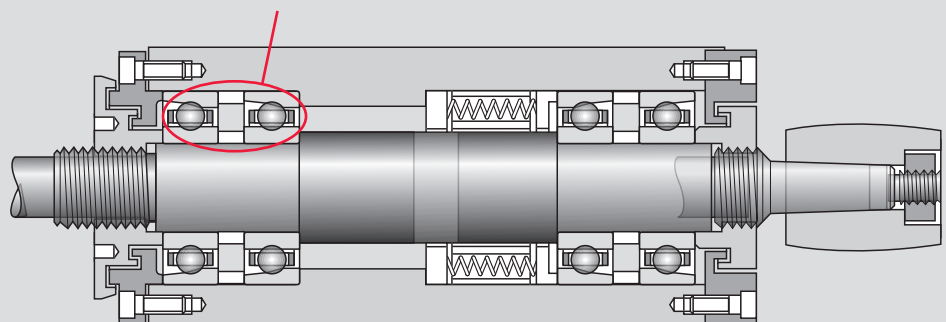
Typ vřetene:

Typ 3

Typické aplikace:

Vysokorychlostní brousící vřeteno

Poznámka: Ložiska na předním konci jsou v tělese axiálně pevná, předpětí je nastaveno pružinami na zadním ložisku

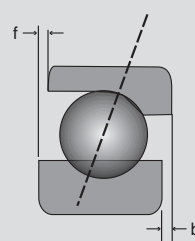


Montáž

Přehled uspořádání vřeten

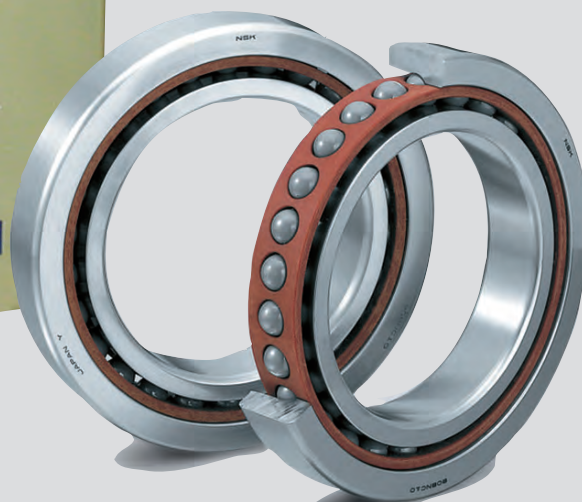
Uložení ložiska na hřídeli a v tělese

- › Na štítku krabičky s přesnými ložisky NSK jsou uvedeny odchylky od jmenovitého průměru díry ložiska a vnějšího průměru na jeden mikron.
- › Změřte vnější průměr hřídele a vnitřní průměr tělesa v místech uložení.
- › Vypočítejte uložení pro hřídel a těleso a porovnejte se specifikací výrobce vřetene nebo s doporučením NSK.
- › Nadměrný přesah uložení na hřídeli, nebo nedostatečná vůle v tělese, může vést k nadměrnému předpětí ložiska a zadření.
- › Nedostatečná vůle v tělese na zadní straně vřetene může zabránit axiálnímu pohybu ložisek v tělese. Ta je nutná pro kompenzaci prodloužení/smrštění hřídele.



D	-3	f	-1
d	-1	b	-1
C	-57		

D = Vnější průměr
d = Průměr díry
C = Šířka



Montáž

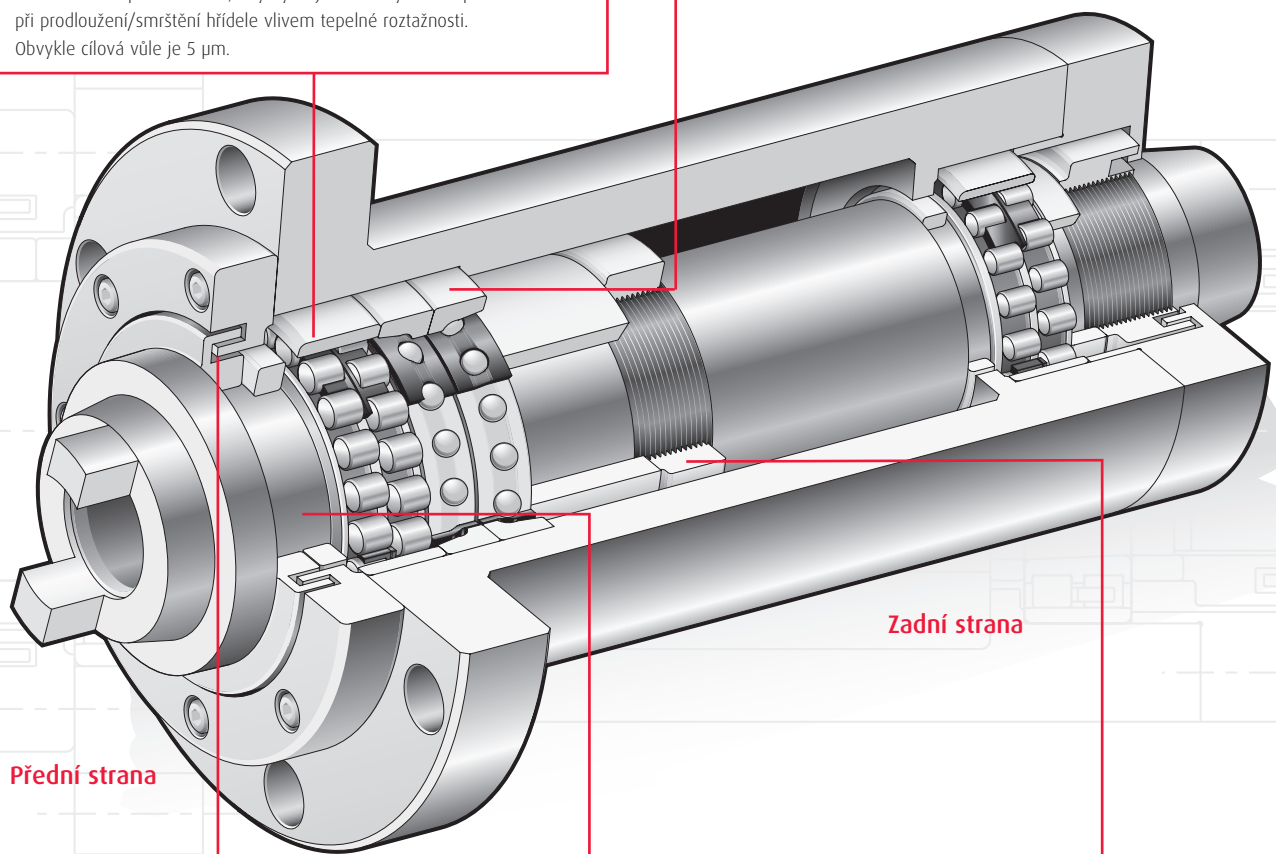
Vřetena pro vysoká zatížení

Válečková ložiska (přední a zadní strana)

- › Dvouřadá válečková ložiska (NN3XXX) s kuželovou dírou umožňují přesné nastavení vnitřní vůle (mezi válečky a vnitřním průměrem vnějšího kroužku).
- › Zkontrolujte, zda se kuželovitost díry ložiska a hřídele shodují.
- › Radiální vůle závisí na výrobci vřetene, konstrukci vřetene, otáčkách, provozní teplotě atd. (Viz specifikace výrobce vřetene nebo doporučení NSK). Obvyklé cílové předpětí je 2µm.
- › Cílové uložení pro vnější kroužek do tělesa je vůle 2µm až přesah 2µm.
- › Přední strana: Nadměrné předpětí (záporná radiální vůle) může mít za následek vysoký nárůst teploty za provozu ložiska a jeho zadření.
- › Zadní strana: Toto ložisko je obvykle namontováno s větší radiální vůlí než ložisko na přední straně, aby byl zajištěn volný axiální posun ložiska při prodloužení/smrštění hřídele vlivem tepelné roztažnosti. Obvykle cílová vůle je 5 µm.

Axiální kuličková ložiska s kosouhlým stykem

- › Axiální ložiska s kosouhlým stykem mohou být typu BAR (30 °) nebo BTR (40 °).
- › Tato ložiska jsou navržena tak, aby nesla pouze axiální zatížení díky speciální toleranci vnějšího průměru.
- › Ložiska s kosouhlým stykem s normální tolerancí vnějšího průměru mohou selhat.
- › Dvouřadá válečková ložiska nese radiální zatížení.



Přední strana

Zadní strana

Labyrintové těsnění na přední straně

- › Většina konstrukcí vřetene by měla obsahovat labyrintové těsnění, které minimalizuje kontaminaci nečistotami.
- › Labyrintové konstrukce, které používají tlakový vzduch, by měly používat čistý, suchý vzduch.
- › Proud chladicí kapaliny by nikdy neměl směřovat na čelo vřetena.

Rozpěrný kroužek

- › Tento kroužek je mezi osazením hřídele a čelem vnitřního kroužku dvouřadého válečkového ložiska (NN3xxx).
- › Šířka kroužku určuje polohu ložiska na kuželu hřídele a tím i radiální vnitřní vůli válečkového ložiska po montáži.
- › Obrobte kroužek na šířku požadovanou pro nastavení radiální vnitřní vůle a konečnou montáž ložiska NN3xxx.

Pojistná matice

- › Dostatečně utáhněte pojistnou matici, aby nedošlo k uvolnění ložisek.
- › Pokud se ložiska uvolní, sada může ztratit předpětí a tuhost, vřeteno nemusí řádně fungovat nebo může být hlučné.
- › Zkontrolujte sousost ložisek a hřídele po dotažení pojistné matice.

Montáž

Středně až vysokootáčkové vřeteno

Vnější kryt

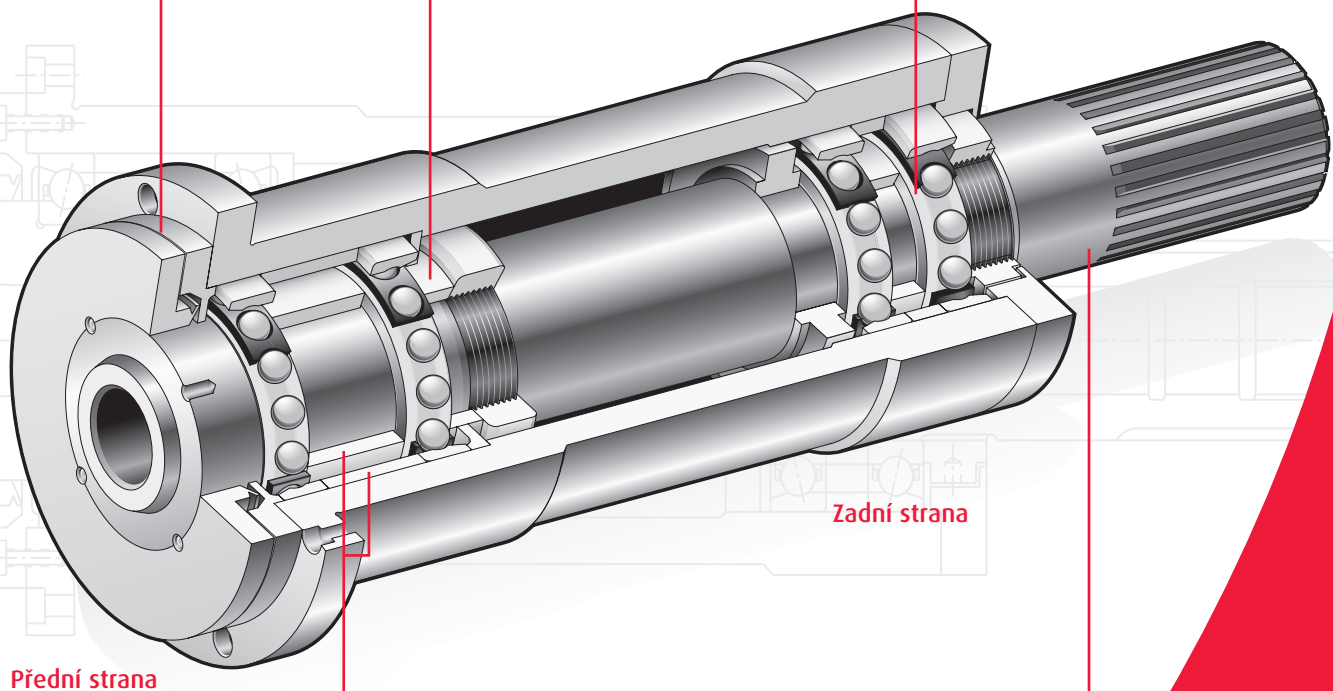
- › Většina konstrukcí vřetene obsahuje vnější kryt, který zároveň po dotažení lehce stlačuje vnější kroužek ložiska.
- › Doporučeně axiální stlačení: 10-30µm.
- › Povrch krytu který stlačuje ložisko by měl být rovný a rovnoběžný s osazením krytu, které se dotýká tělesa. Tím se zajistí rovnoměrný upínací tlak na vnější kroužek ložiska.
- › Nadměrný anebo nerovnoměrný upínací tlak může způsobit hlučnost ložiska nebo ztrátu předpětí.

Rozpěrný kroužek pojistné matice

- › Rozpěrný kroužek mezi vnitřním kroužkem ložiska a pojistnou maticí (u většiny typů vřeten).
- › Kroužek zajišťuje rovnoměrné upnutí vnitřního kroužku ložiska.
- › Stykové plochy by měly být rovné a rovnoběžné.

Kuličkové ložisko s kosoúhlým stykem na zadní straně

- › Ložiska na zadní straně a hřídele se musí v tělese axiálně volně pohybovat, aby bylo umožněno prodloužení/smrštění hřídele vlivem tepelné roztažnosti. Proto musí být zadní ložiska v tělese uložena volně.
- › Vypočtete volné uložení změřením průměru díry tělesa a odečtením skutečného vnějšího průměru ložisek ze štitku krabíčky.
- › Porovnejte vypočtené uložení se specifikací výrobce vřetene nebo doporučením NSK.
- › Ložiska zadní strany vřetene mají obvykle lehké nebo nižší předpětí.
- › Vysokorychlostní vřetena mohou používat namísto kuličkových ložisek s kosoúhlým stykem jednořadé válečkové ložisko s axiálně pevným vnějším kroužkem, axiální pohyb je umožněn axiálním posunem vnějšího kroužku vůči válečkům.



Rozpěrné kroužky

- › Rozpěrné kroužky mezi ložisky zvyšují tuhost v ohybu na přední straně vřetene.
- › Rozpěrné kroužky mohou snížit provozní teplotu ložisek díky jejich oddělení, to závisí na konstrukci vřetene a provozních podmínkách.
- › Je-li to nutné, může být předpětí ložiska sníženo nebo zvýšeno úpravou šířky rozpěrných kroužků.
- › Snížení předpětí umožní vyšší pracovní otáčky vřetene nebo nižší provozní teplotu ložiska, zejména u ložisek mazaných plastickým mazivem.
- › Zvýšení předpětí může být použito pro zvýšení tuhosti vřetene.

Házení a sousost hřídele

- › Po finální montáži zkontrolujte radiální házení hřídele v tomto místě vůči přední straně vřetene.
- › Zkontrolujte sousost vřetene s pohonem.
- › Vyhněte se nadměrnému napnutí poháněcích řemenů vřetene.

Po montáži

Kontrola předpětí

Kontrola předpětí

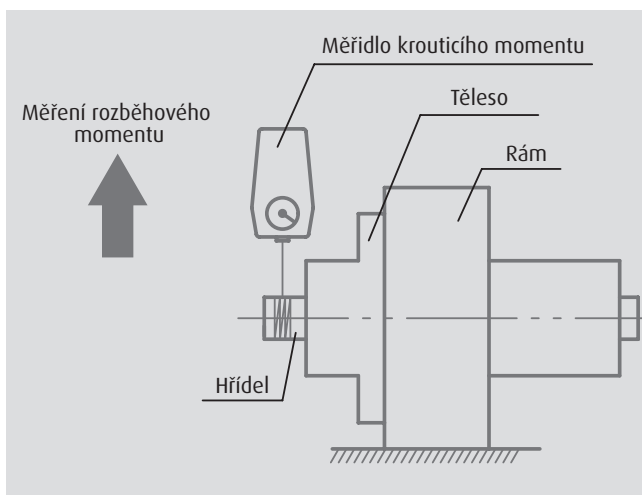
Konečné předpětí po montáži je důležité. Faktory, jako jsou např. uložení, stlačení rozpěrných kroužků, dotahovací moment pojistné matice a správné usazení, mohou ovlivnit předpětí. Pokud je konečné předpětí větší, než je požadováno, zvýší se tuhost, což je pozitivní, ale zvýší se také teplota, což by za určitých podmínek mohlo způsobit zadření. Je-li předpětí příliš nízké, teplota sice bude nižší, ale vřetenou nemusí mít potřebnou tuhost.

Metody kontroly předpětí

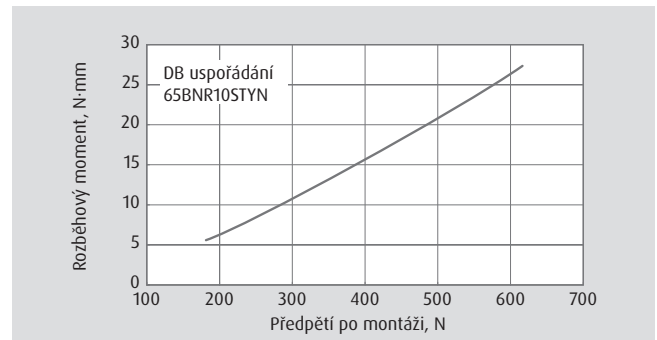
Existují tři metody pro kontrolu předpětí v namontovaných ložiscích s kosouhlým stykem v závislosti na požadovaném množství předpětí a požadované přesnosti.

1. Měření rozběhového momentu

V tomto případě se měří rozběhový moment vřetene pomocí vyvažovací pružiny nebo zařízení na měření rozběhového momentu, jak je znázorněno níže:



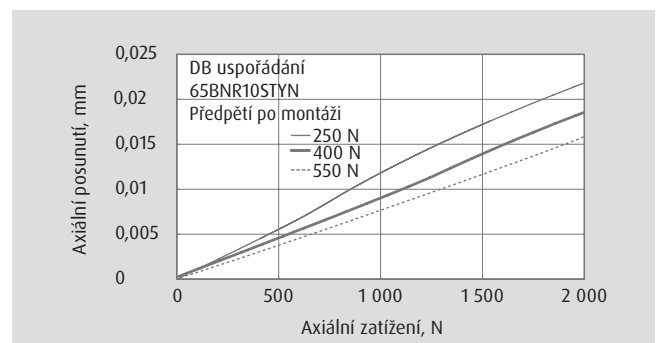
U této metody může dojít k ovlivnění výsledku měření díky olejovému filmu mezi kuličkami a oběžnými drahami ložisek, který může způsobit tzv. stick – slip efekt. Naměřené hodnoty rozběhového momentu jsou pak vyšší než skutečné hodnoty. Předpětí se získává ze vztahu mezi měřeným rozběhovým momentem a předpětím. V následujícím grafu je uveden příklad:



Tato metoda je nejvhodnější pro aplikace s vysokým předpětím. Většina vysokorychlostních vřeten obráběcích strojů používá nižší předpětí a v tomto případě může být chyba velká.

2. Měření axiálního posunutí

V tomto případě se měří axiální posunutí hřídele pokud na něj působí dané axiální zatížení, jak je znázorněno níže. Předpětí se získává ze vztahu mezi axiálním posunutím a předpětím, viz graf níže:



Tato metoda je vhodnější pro aplikace s nižším předpětím. Je-li předpětí vysoké, může být nutné použít speciální hydraulické zařízení, které vytvoří dostatečně velké axiální zatížení.

Například pokud je axiální tuhost 200N/μm, bude třeba axiální zatížení 2000 N, aby velikost posunutí byla 10μm. Je-li zatížení příliš vysoké, může dojít k elastické deformaci jak uvnitř ložisek, tak v souvisejících částech stroje; což může způsobit to, že naměřené předpětí bude nižší než skutečná hodnota.



3. Měření vlastní frekvence

Jedná se zdaleka o nejpřesnější a opakovatelnou metodu, ale výsledky mohou být ovlivněny konstrukcí vřetene a pro měření vlastní frekvence je zapotřebí poměrně složité zařízení.

Lehkým poklepáním kladivem na hřídel vřetene v axiálním směru dojde k vibraci hřídele. Rezonanční frekvence hřídele se měří pomocí akcelerometru připojeného k vibračnímu analyzátoru.

(Viz diagram vpravo).

Skutečné předpětí po montáži se získává ze vztahu rezonanční frekvence (F_z) k pružné axiální tuhosti sestavy hřídele (K_a) a vztahu mezi tuhostí a předpětím.

Vzorec pro vlastní frekvenci

V některých případech může být použito zvláštní kladivo obsahující snímač nárazu, což umožňuje měřit rázovou sílu. V této situaci lze předpětí vypočítat přímo ze vzorce bez potřeby grafů.

F_z se odečte z vibračního analyzátoru, M je hmotnost hřídelové sestavy a K_a = síla / posunutí (posunutí měřené akcelerometrem v μm).

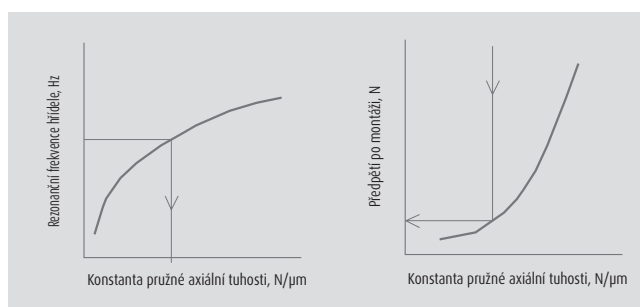
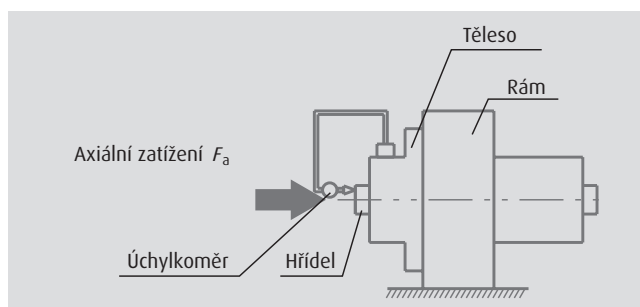
Shrnutí metod

Měření rezonanční frekvence není vhodné pro vřetena s ložisky která se montují s vůlí, jako jsou N nebo NN válečková ložiska.

Axiální tuhost

Axiální tuhost může být kontrolována porovnáním získaných hodnot axiálního posunutí, tj. pokud je posunutí o 10 μm výsledkem axiálního zatížení 1000 N, axiální tuhost je $1000/10 = 100 \text{ N}/\mu\text{m}$.

Hodnoty axiální tuhosti pro dvojice ložisek jsou uvedeny v katalogu NSK, tyto hodnoty jsou před montáží a jsou pouze vodičkem; hodnoty po montáži budou vyšší díky uložení, upínacím silám apod. Vliv uložení a upínacích sil na tuhost může NSK na požádání vypočítat.



$$F_z = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K_a}{m}} \times 1\,000$$

- K_a : Konstanta pružné axiální tuhosti ložiska (N/ μm)
- F_z : Rezonanční frekvence (Hz)
- m : Hmotnost hřídelové sestavy (kg)

	Výhoda	Nevýhoda
Měření rozběhového momentu	Používá se pro těžká předpětí. Pokud je rozběhový moment vysoký, chyba měření je malá.	Není vhodné pro lehká předpětí. Pokud je rozběhový moment malý, odchylka měření je velká.
Měření axiálního posunutí	Používá se pro lehká předpětí.	Není vhodné pro těžká předpětí. Zařízení pro axiální zatížení je příliš velké. Výsledek měření je ovlivněn deformací jiných součástí než jsou ložiska.
Měření vlastní frekvence	Přesnost měření je vysoká. Dobrá opakovatelnost.	Výsledek měření je ovlivněn způsobem upevnění vřetene.

Po montáži

Souosost a vyvážení

Vyvážení

Jakákoli nevyváženost rotujících součástí způsobuje opakované namáhání nebo nadměrné vibrace způsobené odstředivou silou. To platí zejména pro vřetena která pracují při vysokých otáčkách, tj. nad 1 milion $d_m n$.

$d_m n$ je součinitel otáček používaný výrobcí ložisek a je to střední průměr ložiska v mm vynásobený rychlostí otáčení v ot./min a je obvykle vyjádřen v milionech. Například ložisko 7014 má střední průměr 90 mm a pokud by pracovalo při 12000 ot./min, součinitel, $d_m n$ by by $90 \times 12000 = 1,08 M d_m n$ a ložisko by bylo klasifikováno jako vysokootáčkové, s potřebou vyvážení.

Jednotky nevyváženosti jsou buď vyjádřeny v g-mm (grammilimetrech), nebo v jednotkové soustavě ISO nebo ANSI pomocí G, což je rychlost vibrací vyjádřená v mm/sec (milimetry za sekundu).

Např. G1.0 odpovídá volnému vibračnímu otáčení 1,0 mm/s a je typické pro brusky s vysokou přesností.

G stupně

0,4 gyroskopy, velmi přesné brusky.

1,0 vysokootáčkové brusky, tryskové motory, malé vysokootáčkové motory.

2,5 střední až velké elektromotory, pohony obráběcích strojů.

6,3 obráběcí stroje, válce a válečky pro tiskové stroje.

Stupně pokračují až do výše 4000.

Souosost

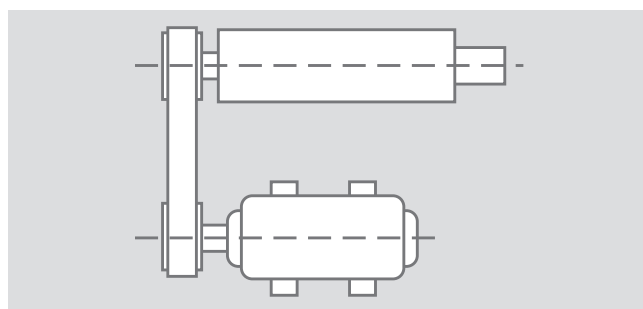
Existují dva základní typy nesouososti: úhlová a posunutím.

Ve skutečnosti má většina aplikací kombinaci obou.

Pokud nejsou nesouososti minimalizovány, výsledné momentové zatížení ložiska může způsobit předčasné selhání.

Řemenové pohony

Sestavy vřetene s klínovými řemeny by měly mít nesouosost mezi středem hřídele vřetene a středem hřídele motoru menší než 0,1 mm.

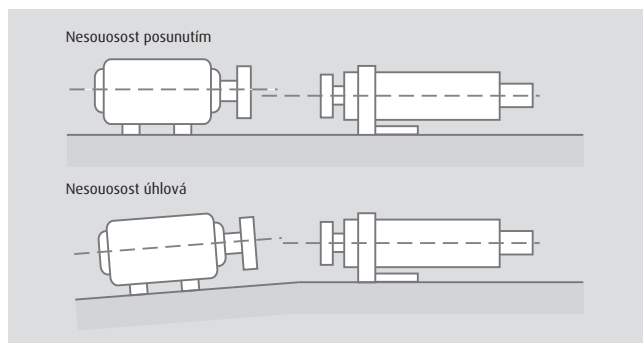


Spojky

Při použití přímého pohonu vřetene a spojky je třeba opatrnosti.

Pro vysokootáčkové pohony budou zapotřebí speciální spojky. Spojky by měly mít nesouosost mezi středem hřídele vřetena a středem hřídele motoru maximálně 0,01 mm.

Při použití přímé spojky pohonu může docházet ke kombinaci nesouososti úhlové a posunutím:



Nesouosé hřídele mohou způsobit:

- › Vibrace vřetena
- › Zvýšené zatížení ložisek
- › Poškození ložisek
- › Sníženou přesnost obrábění
- › Zvýšení spotřeby energie
- › Předčasné selhání ložisek

Po montáži

Záběh

Záběh

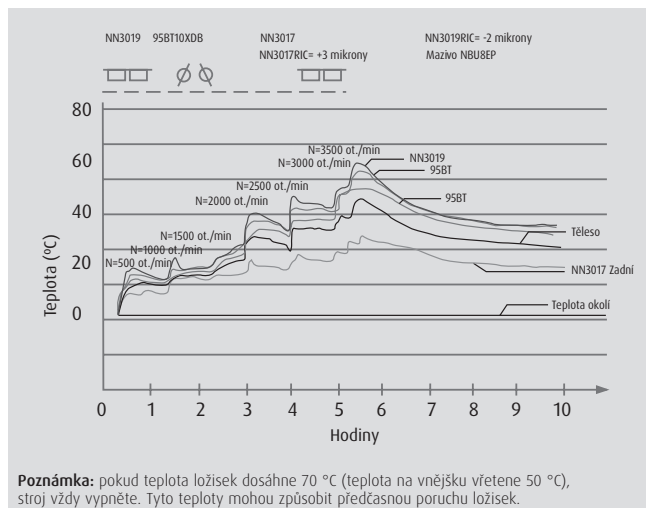
Správný záběh je velmi důležitý pro životnost ložisek. Tento závěrečný proces montáže vám pomůže zjistit, zda jsou s vřetenem nějaké problémy. Během záběhu dochází k odvádění přebytečného maziva mimo dráhy valivých prvků. Nesprávný záběh způsobí nadměrné zvýšení teploty a může v konečném důsledku způsobit selhání ložisek v důsledku poškození maziva. Existují dva způsoby záběhu: nepřetržitý a přerušovaný záběh.

Postup při nepřetržitém záběhu

Nepřetržitý záběh je založen na postupném zvyšování provozních otáček. Přestože je tento postup poněkud časově náročný, pomáhá odhalit potenciální problémy spojené s hlavní hřídelí, čímž se zabrání poškození ložisek.

Postup (Tento proces může trvat až 18 hodin)

1. Začněte s poměrně nízkými provozními otáčkami.
2. Měřte zvýšení teploty.
3. Vyčkejte až se teplota stabilizuje.
4. Pokračujte v postupném zvyšování provozních otáček, dokud nedosáhnete maximálních provozních otáček.

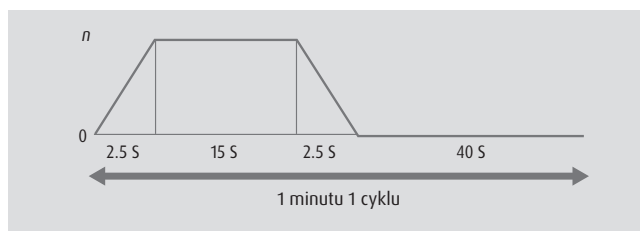


Postup při přerušovaném záběhu

Přerušovaný záběh je vhodný tehdy, pokud máte nedostatek času. Při tomto způsobu záběhu se postupuje tak, že k zastavení provozu a stabilizaci teploty dojde před rychlým nárůstem teploty (který je způsoben náhlým pohybem maziva přes dráhu kuliček během provozu).

Postup

1. Nejprve určete maximální provozní otáčky a rozdělte je na osm až deset stupňů a určete maximální cílové otáčky pro každý stupeň.
2. Každá etapa je rozdělena do 10 cyklů, které mají délku přibližně jedné minuty.
3. Během každého cyklu prudce zvýšte otáčky vřetena na cílové otáčky pro aktuální stupeň a pak zpomalte zpátky na nulu a nechte odpočinout po dobu 40 sekund.
4. Opakujte tento cyklus asi 10krát.
5. Pokračujte v přechodu na další stupně podle výše uvedených postupů, dokud nedosáhnete cílových otáček. Jsou-li maximální otáčky 8000 min⁻¹, první cíl může být 1000 min⁻¹, opakujte desetkrát a pak postupte na 2000 min⁻¹ a tak dále, až do 8000 min⁻¹.



11. Užitečný tip

Nejprve nechte vřeteno běžet při nízkých otáčkách (např. 5% maximálních otáček) asi 15 minut, aby se mazivo v ložisku vyrovnalo a aby se ověřilo, že nedojde k mechanickým problémům nebo uvolnění matic.

Po dokončení procedury záběhu nechte vřeteno běžet po dobu přibližně 1 hodiny při maximálních provozních otáčkách.

Po montáži

Příčiny potíží – vysoká teplota

Příčina vysoké teploty

Po dokončení montáže byste měli provést zkušební test, abyste zjistili, zda jsou ložiska správně namontována.

Nejlepší je sledovat teplotu přímo pomocí teplotního čidla na vnějším kroužku ložiska. Pokud to není možné, pak teplota měřená na vnější straně vřetene poskytne obecnou informaci.

Teplota ložiska by měla postupně stoupat jednu až dvě hodiny na stabilní úroveň, v závislosti na velikosti zařízení a spotřebě energie po spuštění. Pokud ložisko vykazuje potíže nebo pokud se vyskytne nějaký problém s montáží, teplota ložiska se může skokově zvýšit a dosáhnout abnormálně vysokých hodnot.

Příčin vysoké teploty může být celá řada, od nadměrného množství maziva až po nedostatek maziva.

V případě nedostatku maziva dojde obvykle ke zvýšení teploty až po nějaké době, zatímco v případě příliš velkého množství maziva dojde obvykle ke zvýšení teploty velmi rychle.

Další příčinou vysoké teploty může být nedostatečná vůle ložiska, nesprávná montáž nebo nadměrné tření těsnění.

V případě vysokootáčkových aplikací může vést k abnormálně vysokým a nestabilním teplotám špatná volba typu ložiska, maziva nebo způsobu mazání.

Níže je tabulka znázorňující příčiny vysoké teploty, vibrací, úniku maziva a opatření k odstranění těchto příčin.

	Příčina	Opatření
Abnormální nárůst teploty	Nadměrné množství maziva	Snižte množství maziva nebo zvolte tužší mazivo.
	Nedostatečné množství nebo nevhodné mazivo	Doplňte mazivo nebo vyberte lepší.
	Abnormální zatížení	Zlepšete uložení, vnitřní vůli, předpětí nebo umístění osazení tělesa.
	Nesprávná montáž	Použijte přesněji obrobené součásti, zajistěte souosost hřídele a tělesa, upravte přesnost montáže nebo způsob montáže.
	Prokluz v uložení, nadměrné tření těsnění	Opravte těsnění, vyměňte ložisko, změňte uložení nebo způsob montáže.
Vibrace (radiální házení hřídele)	Otisk kuliček na oběžných drahách (brinelling)	Vyměňte ložisko a vždy dodržujte pokyny pro správnou manipulaci s ložisky a jejich montáž.
	Odlupování oběžných drah	Vyměňte ložisko.
	Nesprávná montáž	Opravte kolmost osazení tělesa nebo boku distančního kroužku vůči hřídeli.
	Vnik cizích částic	Vyměňte nebo vyčistěte ložisko, vylepšete těsnění.
Únik nebo změna barvy maziva	Příliš mnoho maziva. Vnik cizích částic	Zmenšete množství maziva, vyberte tužší mazivo. Vyměňte ložisko, nebo mazivo. Vyčistěte těleso a přilehlé části.

Po montáži

Příčiny potíží – hlučnost

Hlučnost

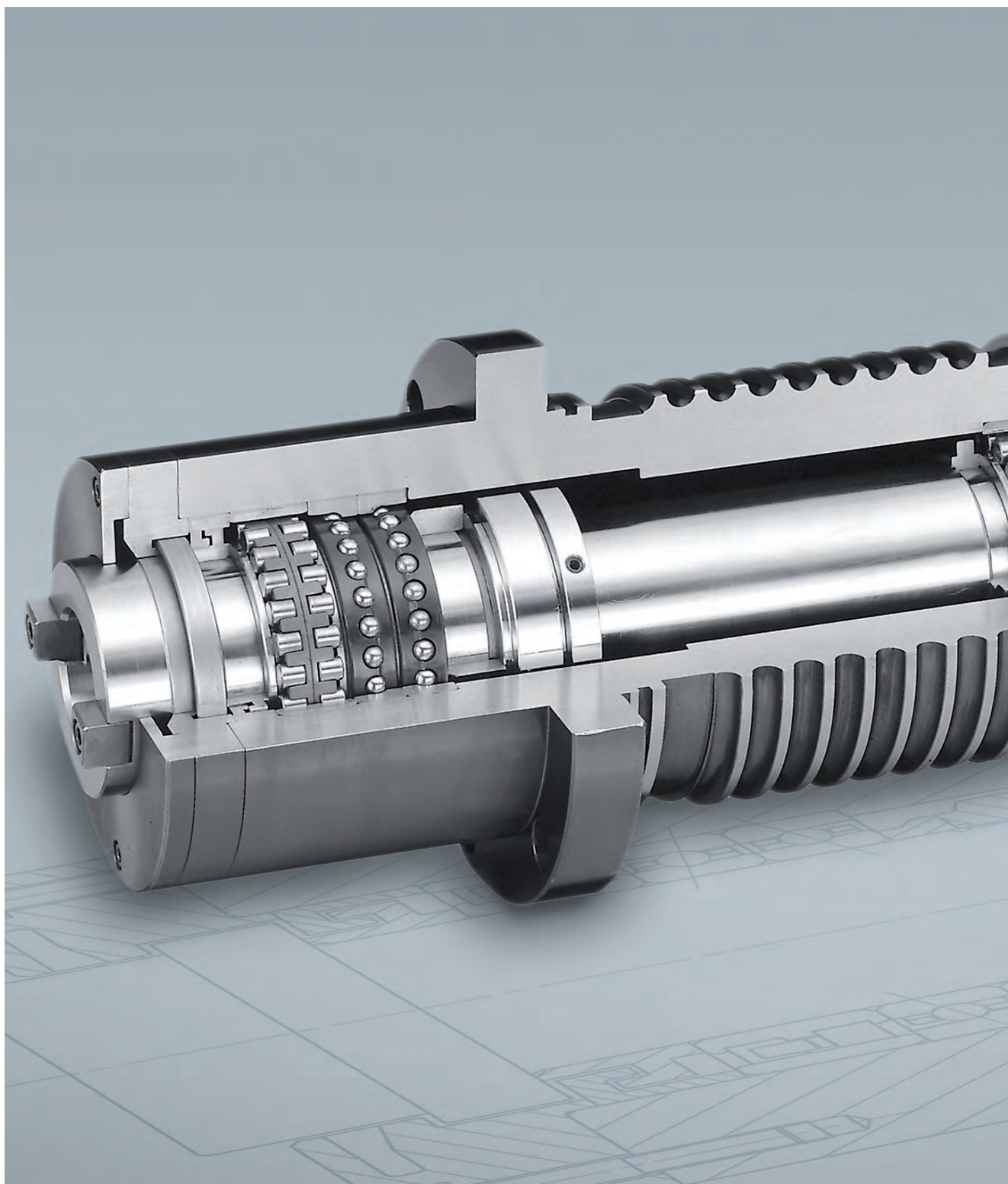
Hlučnost ložisek je možno kontrolovat pomocí akustických nebo jiných přístrojů. Abnormální podmínky jsou indikovány hlasitým kovovým zvukem nebo jinými nepravidelnými zvuky.

Možné příčiny hlučnosti jsou: nesprávné mazání, špatná sousost hřídele a tělesa nebo vnik cizích částic do ložiska. Níže je uveden přehled možných příčin a opatření k odstranění těchto příčin:

Projevy		Možná příčina	Opatření
Hlučnost	Hlasitý kovový zvuk ¹	Abnormální zatížení	Zlepšete uložení, vnitřní vůli, umístění osazení tělesa atd.
		Nesprávná montáž	Použijte přesněji obrobené součásti, zajistěte sousost hřídele a tělesa, upravte přesnost montáže.
		Nedostatečné množství nebo nevhodné mazivo	Doplňte mazivo nebo vyberte jiné.
		Kontakt rotujících částí	Upravte labyrintové těsnění, atd.
	Hlasitý pravidelný zvuk	Poškození povrchu vzniklé vnikem abraziva, korozí, vadami nebo škrábanci na oběžných drahách	Vyměňte nebo vyčistěte ložisko, vylepšete těsnění a použijte čisté mazivo.
		Otisk kuliček na oběžných drahách (brinelling)	Vyměňte ložisko a vždy dodržujte pokyny pro správnou manipulaci s ložisky a jejich montáž.
		Odlupování oběžných drah	Vyměňte ložisko.
	Nepravidelný zvuk	Nadměrná vůle	Upravte uložení, vůli a předpětí.
		Vnik cizích částic	Vyměňte nebo vyčistěte ložisko, vylepšete těsnění a použijte čisté mazivo.
Vady nebo odlupování na kuličkách		Vyměňte ložisko.	
Abnormální nárůst teploty	Nadměrné množství maziva	Snižte množství maziva nebo zvolte tužší mazivo.	
	Nedostatečné nebo nevhodné mazivo	Doplňte mazivo nebo vyberte lepší.	
	Abnormální zatížení	Zlepšete uložení, vnitřní vůli, předpětí nebo umístění osazení tělesa.	
	Nesprávná montáž	Použijte přesněji obrobené součásti, zajistěte sousost hřídele a tělesa, upravte přesnost montáže.	
	Prokluz v uložení, nadměrné tření těsnění	Opravte těsnění, vyměňte ložisko, změňte uložení nebo způsob montáže.	
Vibrace (radiální házení hřídele)	Otisk kuliček na oběžných drahách (brinelling)	Vyměňte ložisko a vždy dodržujte pokyny pro správnou manipulaci s ložisky a jejich montáž.	
	Odlupování	Vyměňte ložisko.	
	Nesprávná montáž	Opravte kolmost osazení tělesa nebo boku distančního kroužku vůči hřídeli.	
	Vnik cizích částic	Vyměňte nebo vyčistěte ložisko, vylepšete těsnění.	
Únik nebo změna barvy maziva	Příliš mnoho maziva. Vnik cizích částic	Zmenšete množství maziva, vyberte tužší mazivo. Vyměňte ložisko, nebo mazivo. Vyčistěte těleso a přílehlé části. Vyčistěte těleso a přílehlé části.	

Poznámka ¹⁾ Zejména v zimních měsících, kdy jsou teploty nízké se může u kuličkových ložisek mazaných plastickým mazivem a válečkových ložisek objevit hlasitý kvičivý zvuk. Obecně platí, že i při výskytu tohoto zvuku, pokud se teplota ložisek nezvýší, zůstává únavová životnost nebo životnost maziva neměnná. Takové ložisko může být i nadále používáno. Pokud máte obavy týkající se výskytu podobného zvuku, kontaktujte NSK.

Modernizace
Přehled



Následující část ukazuje, jak lze zvýšit výkon vřetene změnou z konvenčního designu na speciální produkt navržený přímo pro konkrétní aplikaci. Tato část také ukazuje, jakého vylepšení je možno dosáhnout použitím takových výrobků, jako jsou těsněná ložiska namísto otevřených ložisek.

Přehled produktů:

› Řada ROBUST

Řada ROBUST má nízký vývin tepla a vysoké pracovní otáčky. K dispozici jsou ložiska s kosoúhlým stykem a válečková ložiska.

› Vylepšený materiál

Ocelové, keramické a speciální materiály jako ocel SHX nebo EP. Použití těchto speciálních materiálů přináší delší životnost v náročných podmínkách.

› Těsněná ložiska

Při použití tohoto typu ložisek je minimalizována možnost kontaminace nečistotami při montáži a během provozu, což vede k delší životnosti maziva. K dispozici jsou těsněná ložiska s kosoúhlým stykem a ložiska pro podporu kuličkových šroubů.

› Hybridní ložiska

Ložiska s keramickými kuličkami mají nízký vývin tepla a vyšší pracovní otáčky, vyšší přesnost, nižší opotřebení, vyšší tuhost a delší životnost.

› TYN klece

Polyamidové klece jsou vlastně vhodné při použití plastického maziva a v ložiscích s kosoúhlým stykem.

› TB klece

TB klece se používají ve válečkových ložiscích, umožňují vyšší pracovní otáčky.

› Konverze TAC

Konverze z 60° obousměrných axiálních ložisek na řady BTR a BAR 40° a 30°, které se snadněji montují, mažou a umožňují vyšší pracovní otáčky.

Modernizace Řada ROBUST

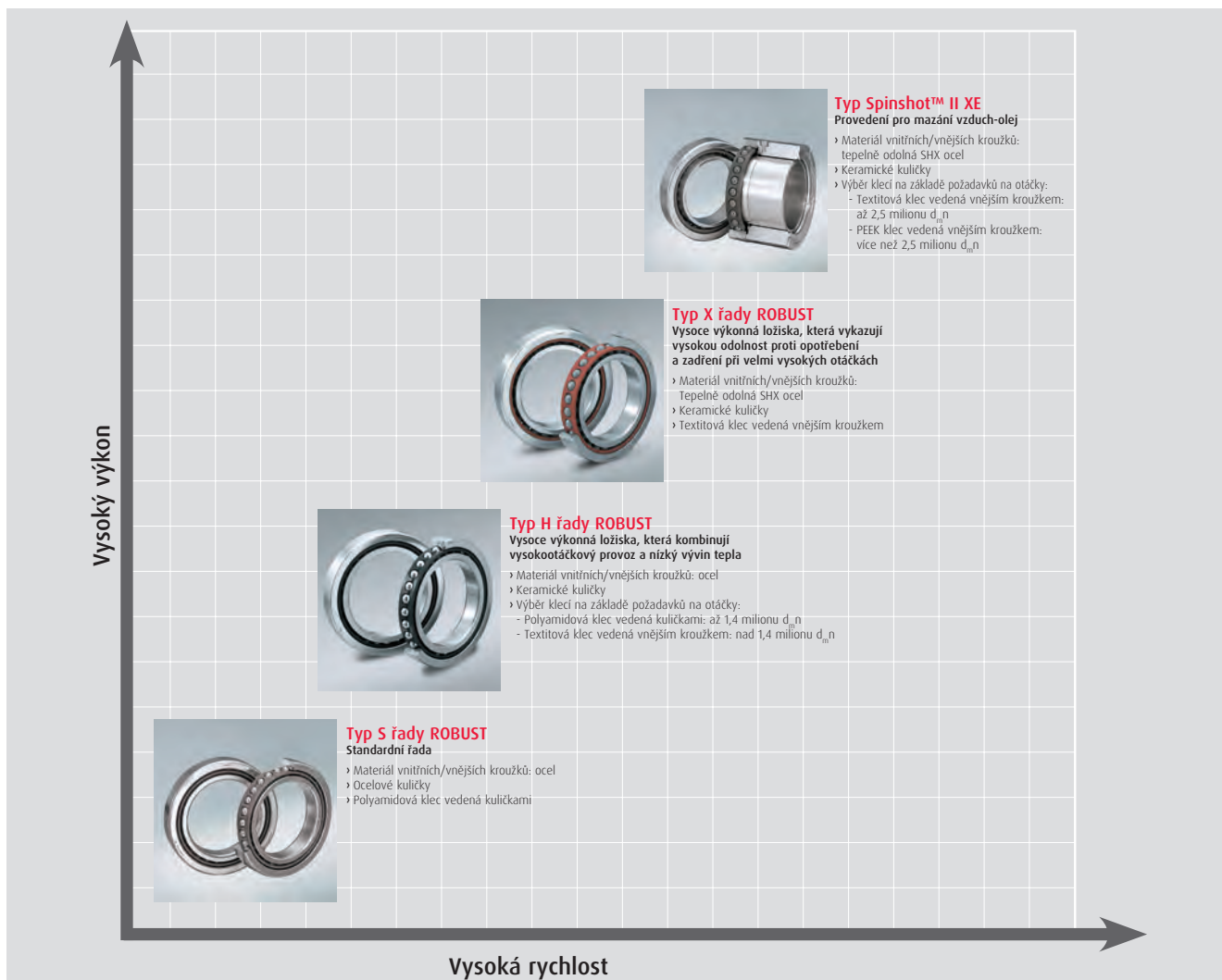
Řada ložisek ROBUST má nízký výkon tepla a vysoké pracovní otáčky.
Při stejných vnějších rozměrech umožňuje dosáhnout vyššího výkonu.

Výhody:

- › Nízký výkon tepla
- › Vysoká odolnost proti zadření
- › Lepší teplotní stabilita
- › Stabilní ve vysokootáčkovém provozu

Příklady označení:

Typ S	Ocelové kroužky a kuličky	70BNR10S TSULP3
Typ H	Ocelové kroužky a keramické kuličky	70BNR10H TSULP3
Typ X	Kroužky SHX ocel a keramické kuličky	70BNR10X TSULP3
Typ XE	Speciální konstrukce, materiály jako výše	70BNR10X ETSULP3



Modernizace

Řada ROBUST – Válečková ložiska

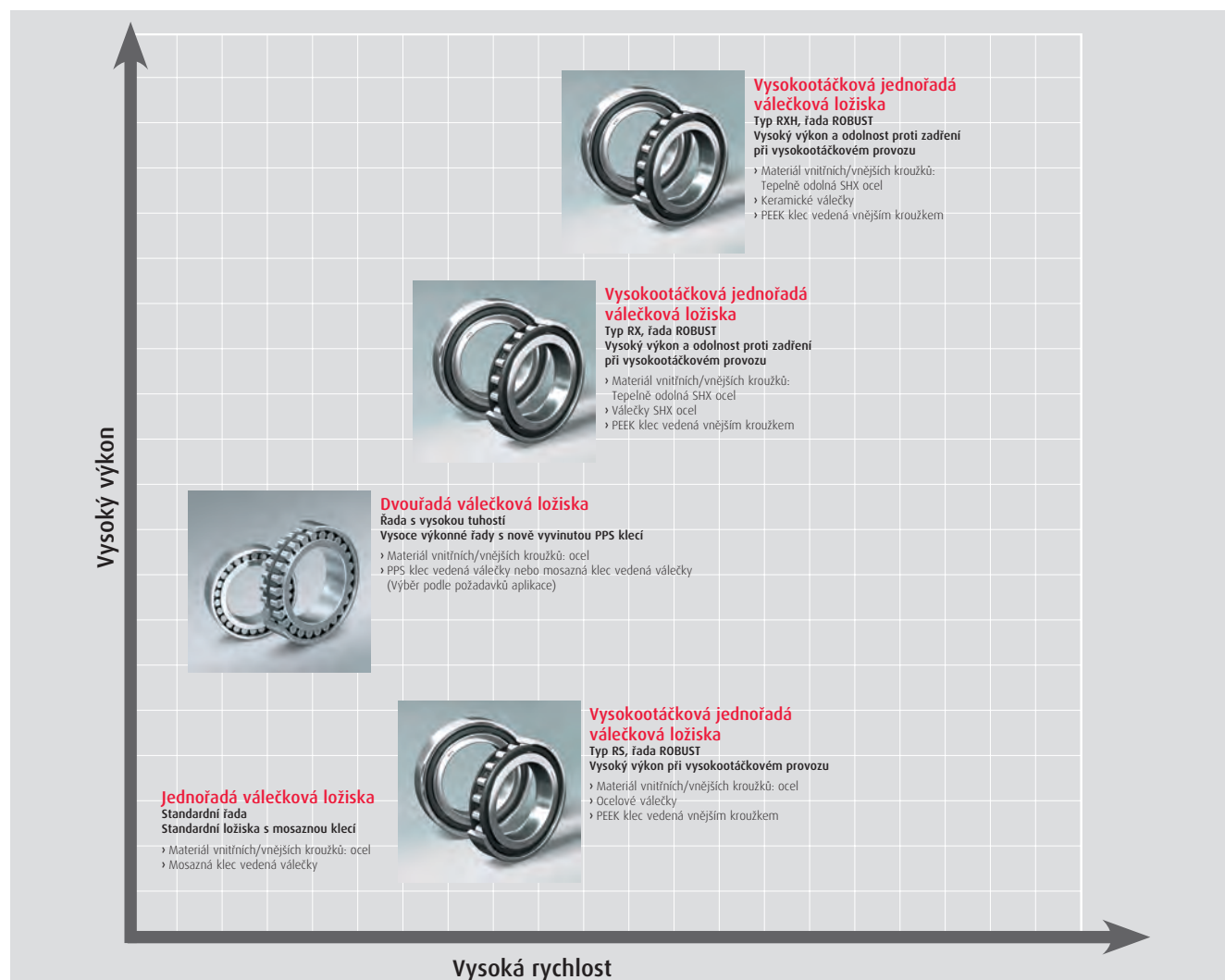
Kompletní řada válečkových ložisek NSK je navržena tak, aby dosahovala vysokých otáček v kombinaci s vysokou tuhostí. Vrcholem je řada ROBUST.

Výhody:

- › Nízký výkon tepla
- › Vysoká odolnost proti zadření
- › Stabilní ve vysokootáčkovém provozu

Příklady označení:

Jednořadé	- Standardní řada	N1014BMR1KRCCOP4
Jednořadé	- Řada ROBUST, typ RS	N1014RSTPKRCCOP4
Dvouřadé	- Řada s vysokou tuhostí	NN3014TBKRE44CCOP4
Jednořadé	- Řada ROBUST, typ RX	N1014RXTPKRCCOP4
Jednořadé	- Řada ROBUST, typ RXH	N1014RXHTPKRCCOP4



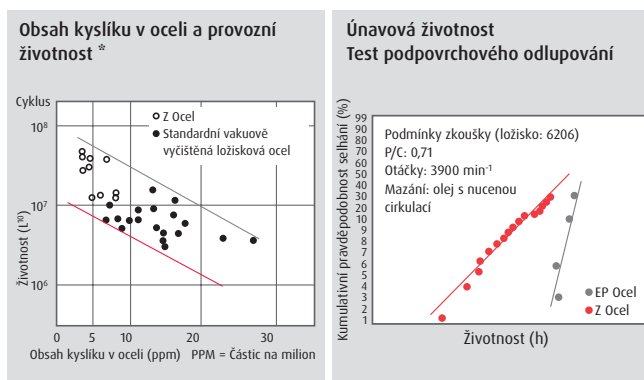
Modernizace Materiál ložiska

Výběr ze tří typů oceli umožňuje volbu optimální životnosti a vysokého výkonu přesných ložisek NSK.

Z ocel

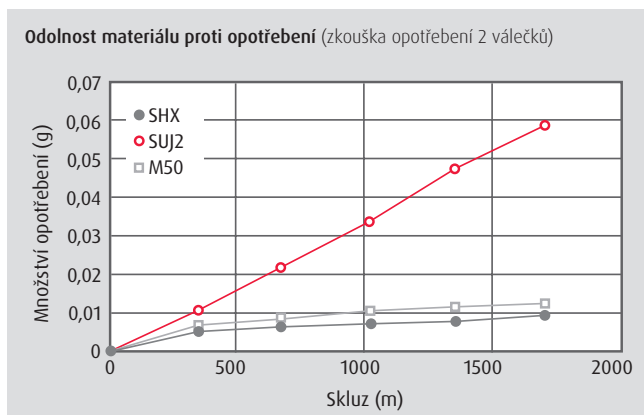
V současné době standardně používaná ocel pro přesná ložiska.

Tato ocel je vylepšená konvenční uhlíkově chromová ložisková ocel, tj. vakuově vyčištěná ocel (SAE52100, SUJ2). Vyrábí se pomocí snížení množství nekovových částic, oxidů a dalších složek, jako jsou Ti (Titan) a S (Síra). Zkoušky prokázaly, že použití tohoto materiálu výrazně prodlužuje únavovou životnost ložisek.



Z ocel prodlouží únavovou životnost 1,8krát oproti standardní vakuově vyčištěné oceli.

Při výpočtu únavové životnosti přesných ložisek NSK použitých v obráběcích strojích, kde je prostředí poměrně čisté a ložiska nejsou příliš zatížena, může být únavová životnost Z oceli přibližně 14krát vyšší.



EP ocel (extrémně čistá)

Počet a velikost částic v oceli ovlivňuje únavovou životnost materiálu, zejména při vysokém zatížení.

Nový výrobní proces vyvinutý společností NSK umožnil vývoj této EP (extrémně čisté) oceli pro použití v aplikacích s vysokým zatížením.

Ve srovnání se Z ocelí je vidět, že únavová životnost EP oceli je podstatně vyšší. Graf také ukazuje, že křivka výsledků únavových testů pro EP ocel je téměř svislá, což ukazuje na vysokou spolehlivost. Všechna ložiska pro podporu kuličkových šroubů (TAC) jsou vyrobena z EP oceli.

Testy EP oceli prokázaly trojnásobné zvýšení únavové životnosti oproti standardní vakuově vyčištěné oceli.

SHX ocel

Jedná se o speciální materiál navržený firmou NSK pro aplikace s vysokými otáčkami. SHX ocel je odolná proti vysokým teplotám a opotřebení. Vynikajících vlastností materiálu je dosaženo pomocí speciální technologie tepelného zpracování NSK.

Při velmi vysokých otáčkách je velmi důležitá odolnost materiálu proti opotřebení, zvláště u válečkových ložisek, kde může v důsledku opotřebení a vysoké teploty dojít k zadření.

Materiál SHX vykazuje odolnost vůči opotřebení a tepelnou odolnost podobnou nebo lepší než ocel M50 (letecká ocel použitá na hlavních hřídelích pro provozní teploty do 300 °C). Materiál SHX se používá pro část řady ROBUST pro kuličková ložiska s kosoúhlým stykem i pro válečková ložiska.

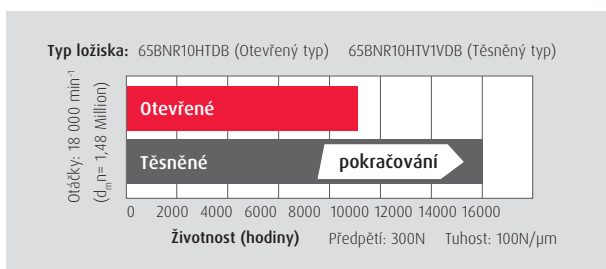
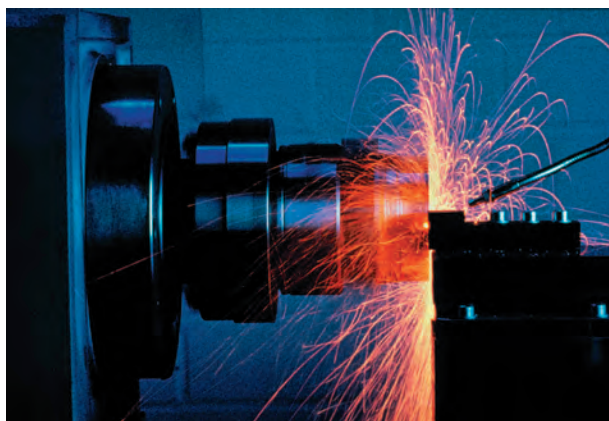
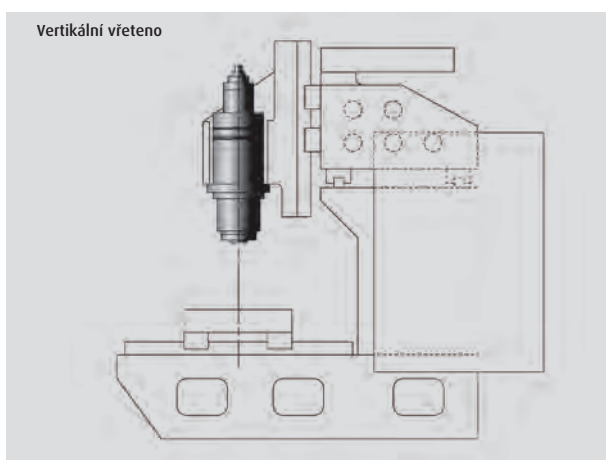
Použití SHX oceli u válečkových ložisek umožňuje rychlosti téměř stejné jako u válečkových ložisek s keramickými valivými elementy, ovšem při výrazně nižší ceně.

Tato možnost je k dispozici pouze od společnosti NSK.

Díky SHX oceli dochází k nárůstu únavové životnosti čtyřnásobně oproti standardní vakuově vyčištěné oceli, a to při otáčkách o 20% vyšších.

Modernizace Těsněná ložiska

Modernizace použitím těsněných ložisek je jednoduchou cestou ke zvýšení životnosti a výkonu vřetenových ložisek. Těsněná ložiska s kosoúhlým stykem mají stejné vnější rozměry jako otevřená ložiska, takže výměna je snadná.



Výhody těsněných ložisek

1. Úspora času koncovým uživatelům – ložiska jsou z výroby naplněna plastickým mazivem

Těsněná ložiska NSK jsou dodávána s náplní kvalitního plastického maziva. To šetří čas uživatele tím, že se eliminuje proces mazání. Ložisko je za velmi čistých podmínek naplněno optimálním množstvím vhodného plastického maziva již ve výrobě.

2. Snížené prostoje – nedochází ke kontaminaci nečistotami při nesprávném zacházení s ložiskem

U těsněných ložisek nedochází ke kontaminaci nečistotami při manipulaci a montáži. Mazivo v otevřených ložiscích může být kontaminováno prachem a kovovými částicemi. Kontaminace ložiska nečistotami způsobuje opotřebení a předčasné selhání.

3. Vyšší výkon vřetene – nedochází k pohybu maziva ve vertikálních vřetenech

U vertikálních vřeten může u otevřených ložisek dojít k pohybu maziva z nejvyššího ložiska do dráhy spodního ložiska. Těsněná ložiska tomu zabraňují, a protože těsnění jsou bezkontaktní, mezní rychlosti jsou stejné jako u otevřených ložisek.

4. Vyšší přesnost díky snížené kontaminaci – nedochází k vniknutí cizích částí do ložiska při provozu

Těsnění ložiska zabrání kontaminaci ložiska cizími částmi během provozu. Tím se zabrání vzniku hluku a vibrací v ložisku. Vibrace mohou způsobit ztrátu přesnosti obrábění.

5. Delší životnost maziva – těsnění zabraňuje úniku maziva a snižuje jeho stárnutí

Těsněné ložisko nejen zabraňuje předčasným poruchám způsobeným kontaminací, ale také prodlužuje životnost maziva tím, že zabraňuje ztrátám maziva během provozu. Výsledkem je přinejmenším 50% zvýšení životnosti.

Modernizace Těsněná ložiska

Standardní řada

Příklad označení 7010CTRV1VSULP3 **MTSX**

Vysokootáčková řada ROBUST

Příklad označení: 60BNR10XTV1VSUEL3 **MTSX**



Systém značení

Těsněná ložiska jsou k dispozici ve dvou řadách: standardní řada a vysokootáčková řada ROBUST pro průměr díry 30 až 100 mm.

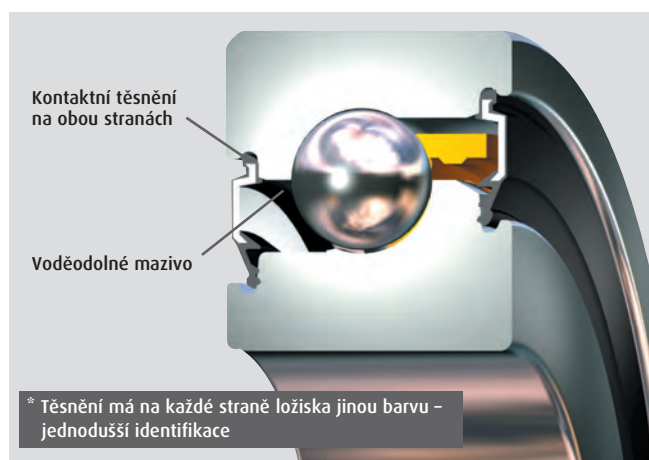
"V1V" značí těsněné ložisko.

Výhody

- › **Mazivo v optimálním množství a poloze**
Úspora času pro koncového uživatele
- › **Čistá manipulace**
Eliminuje prostoje
- › **V aplikaci není žádný pohyb maziva**
Vyšší výkon
- › **Snížené vnější znečištění**
Vyšší přesnost
- › **Delší životnost maziva**
1,5 násobek životnosti otevřeného ložiska

Modernizace Těsněná TAC

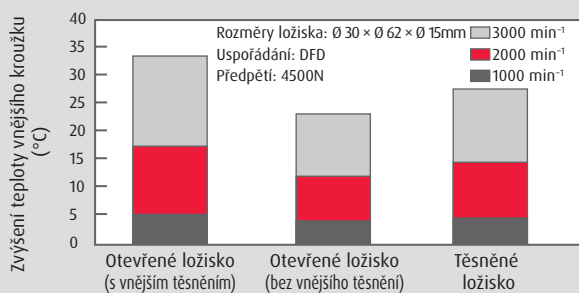
Těsněná ložiska pro podporu kuličkových šroubů jsou nyní k dispozici s těsněním pro větší spolehlivost v prašném prostředí a prostředí znečištěném vodou a olejem.



Těsnění jsou kontaktní, což znamená, že těsnicí vlastnosti jsou vynikající. Každé těsnění má jinou barvu, což pomáhá uživateli identifikovat přední a zadní stranu ložiska. Na povrchu vnějšího kroužku je vyznačena V značka (špička V ukazuje přední stranu ložiska). Mazivo používané pro tato ložiska je speciální voděodolný typ WPH; to poskytuje další bariéru proti kontaminaci vodou.

I když jsou těsnění kontaktní, mají nízké tření a tím i nízký výkon tepla.

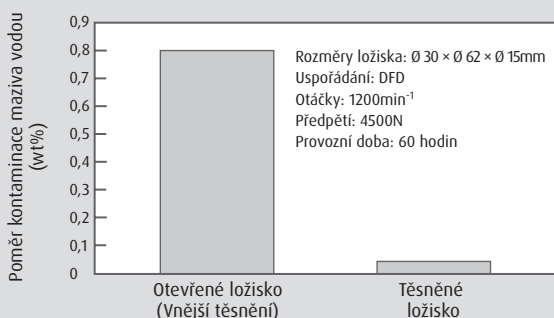
Zvýšení teploty



Graf vlevo ukazuje výhody nové konstrukce.

Obvykle by bylo zapotřebí určitého typu vnějšího těsnění pro ochranu ve vlhkých podmínkách; lze vidět, že nová těsněná ložiska pracují při nižší teplotě, než je tomu u stejného ložiska otevřeného typu s použitím externího těsnícího zařízení.

Kontaminace maziva

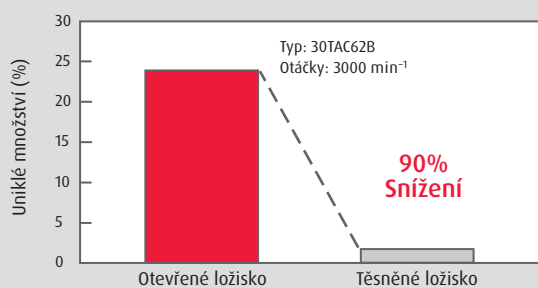


Graf vlevo ukazuje účinnost těsnění s nízkým třením proti pronikání vody.

Těsnění také zabraňuje vnikání prachu a jiné kontaminace do ložiska během montáže a zabraňuje ztrátě maziva z ložisek, a to zejména ve vertikálních aplikacích kuličkových šroubů. Snížení úniku maziva výrazně zvyšuje životnost ložiska.

Modernizace Těsněná TAC

Únik maziva



Tento nový produkt je standardně dodáván jako jednotlivé univerzální ložisko (SU) a je dostupný v rozměrech (průměr díry ložiska) 15 až 45 mm.

Příklad značení:

30TAC62BDDGSUC10PN7B (DDG = označení těsnění)



Výhody

- › Dlouhá životnost
- › Snížený únik maziva
- › Nízký vývin tepla ve srovnání s použitím vnějšího těsnění
- › Zabraňuje vnikání vody a prachu
- › Snazší manipulace

Modernizace Hybridní ložiska

Mnohé opravy strojů modernizují na hybridní (ložiska s ocelovými kroužky s keramickými kuličkami z nitridu křemíku), aby se zvýšila spolehlivost, a to zejména v situacích, kdy se záruky rozšiřují z 1 na 2 a někdy i na 3 roky.



Vlastnosti hybridních ložisek – nižší hmotnost

Vzhledem k tomu, že měrná hmotnost keramického materiálu (nitridu křemíku) je přibližně 40% měrné hmotnosti oceli, mohou hybridní ložiska běžet až o 25% rychleji než standardní typy běžných ocelových ložisek. To také znamená, že výkon tepla je nižší.

Hladší povrch

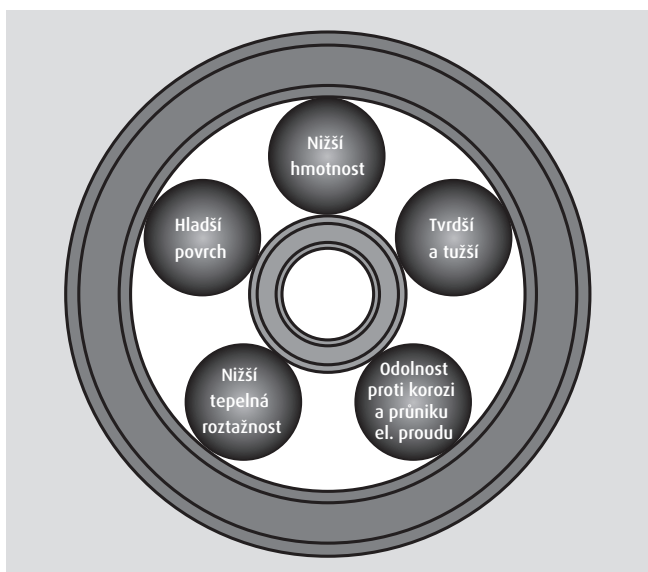
Povrch keramické kuličky je mnohem hladší než ocelové, což zlepšuje přesnost rotace a přesnost obrábění.

Tvrďší a tužší

Keramická kulička je mnohem tvrdší, než běžná ocelová (HV 1700 @ <800 °C ve srovnání s HV 700 @ 20 °C). To znamená, že u keramické kuličky je méně pravděpodobné, že bude poškozena malým množstvím tvrdých cizích částic. Vyšší tuhost znamená, že hybridní ložisko bude při vysokém zatížení méně deformováno v porovnání s ocelovou kuličkou.

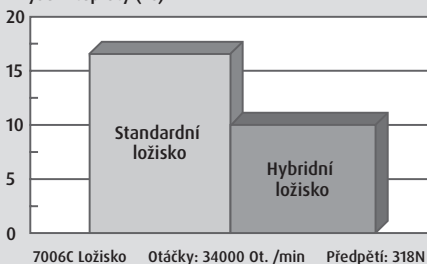
Odolnost proti korozi a průniku elektrického proudu

Tato ložiska mohou být provozována v náročnějších podmínkách. Odolnost proti průniku elektrického proudu zabraňuje poškození povrchu kuličky v důsledku elektrického výboje, ke kterému může dojít u vřeten s integrovaným motorem.



Plastické mazivo

Zvýšení teploty (°C)



Ložisko: 7006C
Otáčky: 34000 min⁻¹
(1,455Md_mn)
Předpětí:
318N – Konstantní silou (pružinou)

Systém značení:

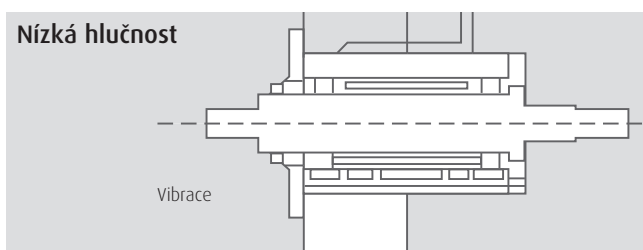
7014(SN24)RSULP3 (Standardní řada)

70BNR10(H)SULP3 (Řada ROBUST)

Výhody

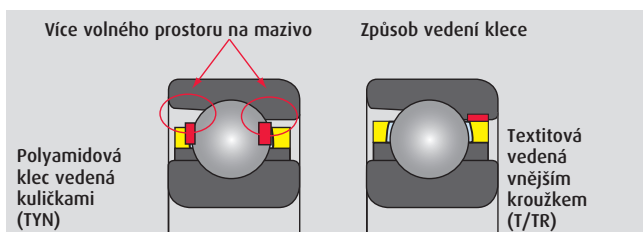
- › Vyšší otáčky
- › Nižší výkon tepla
- › Vyšší spolehlivost
- › Delší životnost
- › Vyšší přesnost

Modernizace TYN klece



Klec	Plastické mazivo		Teplota		
			Pokojeová (20 °C)	0 °C	-10 °C
TYN	Multemp	PS2	A	A	A
	Isoflex	NBU15	A	A	A
	Isoflex	NBU8EP	A	A	A
Textitová	Multemp	PS2	B		C
	Isoflex	NBU15	B		C
	Isoflex	NBU8EP	C		

A: žádná hlučnost klece, B: častý výskyt hlučnosti klece, C: hlučný chod klece.
TYN klec běží tišeji ve srovnání s textitovou klecí



Typ klece	Pevnost v ohybu MPa	Pevnost v tahu MPa
T/TR	150	90
TYN	237	172

Pevnost měřená na zkušebním kusu, ne na celé kleci

Většina ložisek s kosouhlým stykem používá textitové klece, které jsou vhodné pro širokou škálu podmínek, zejména pro vysokorychlostní použití, protože jsou vedené vnějším kroužkem. Existují však výhody použití klecí TYN v určitých aplikacích, zejména při mazání plastickým mazivem. TYN je polyamidový materiál a klec je navržena tak, aby byla vedena kuličkami.

Snížená hlučnost klece

V určitých aplikacích může u ložisek mazaných plastickým mazivem dojít k výskytu hlučnosti klece. To je způsobeno třením mezi povrchem kuličky a vodící plochou klece; tento jev se vyskytuje zejména v chladných podmínkách. Konstrukce klece TYN to eliminuje díky použití materiálu s velmi nízkým třením a dobrou absorpcí vibrační a také díky vhodnějšímu tvaru klece.

Výsledky testů ukazují srovnání textitové a polyamidové klece:

Dlouhá životnost maziva – kratší doba záběhu

Životnost maziva je vyšší díky většímu vnitřnímu prostoru pro mazivo, a také proto, že mazivo může rychleji opustit rotující částí. Potřebná doba pro záběh je kratší.

TYN klec:

Více prostoru pro plastické mazivo, méně maziva se vytlačí z ložiska, a proto se prodlouží životnost. Kratší doba záběhu ve srovnání s textitovou klecí a stabilnější teplotní charakteristiky.

Vyšší pevnost

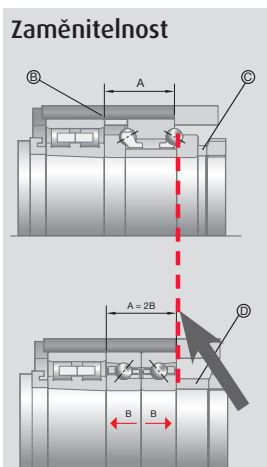
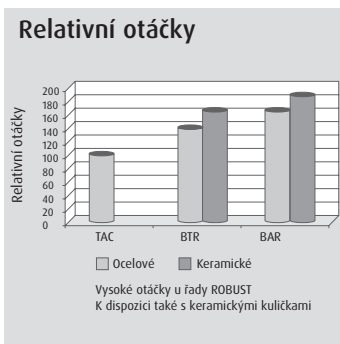
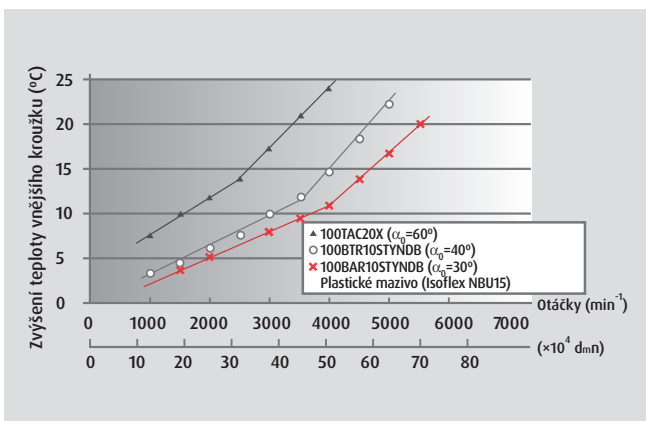
Materiál TYN má jak vyšší pevnost v ohybu, tak i pevnost v tahu. TYN klece mohou být použity až do rychlosti $1,4M_d_m$. (Střední průměr ložiska v mm x rychlost v min^{-1} .) Toto pokrývá většinu aplikací mazaných plastickým mazivem. Pro rychlosti $1,4M_d_m$ by měla být vybrána textitová klec.

Příklady značení:

7014CTYNDULP3 (Standardní řada)

70BNR10TYNDULP3 (Řada ROBUST)

Modernizace Konverze TAC



Výhody

- › Méně součástí – eliminuje vnější rozpěrný kroužek B
- › Jednoduchá montáž díky jednořadé konstrukci ložiska
- › Snadná modernizace ze staré na novou konstrukci – je třeba vyměnit pouze vnitřní distanční kroužek
- › (C až D), průměr díry a vnější průměr ložiska jsou stejné jako u staré konstrukce

Střední a velké soustruhy obecně vyžadují velmi dobrou radiální a axiální tuhost. Z tohoto důvodu se standardně používá kombinace válečkových ložisek a axiálních ložisek na přední straně včetně pro dosažení vysoké radiální a axiální tuhosti.

U starého typu konstrukce bylo axiální ložisko dvouřadé, obousměrné, se 60 ° stykovým úhlem, řada TAC.

Tento typ se stále používá pro průměr díry 140 mm a vyšší. U vřeten soustruhů s nižším průměrem jsou nyní požadavky na vyšší rychlost a/nebo nižší výkon tepla. Z tohoto důvodu byl vyvinut nový typ axiálního ložiska.

Nová řada ROBUST axiálních ložisek BAR a BTR

Tento nový sortiment má stejnou velikost a počet kuliček jako řada TAC, ale má novou vnitřní geometrii a menší stykový úhel (30 ° nebo 40 °). To přináší nízký výkon tepla, dobrou axiální tuhost a umožňuje vyšší otáčky.

Vyšší otáčky

Axiální ložiska nové konstrukce mohou pracovat při vyšších otáčkách, přičemž typ BAR (30 °) je nejrychlejší, dále BTR (40 °), který má vyšší tuhost než BAR, ale stále má vyšší mezní otáčky než původní TAC (60 °). Nová axiální ložiska lze dodat i v hybridním provedení (keramické kuličky), které umožňují ještě vyšší otáčky a tuhost.

Zaměnitelnost

Šířka páru nových axiálních ložisek je speciální, aby umožnila snadnou výměnu za starý typ ložiska TAC. Tolerance vnějšího průměru je stejná jako u ložisek TAC a umožňuje axiálně volné uložení v tělese, což zajišťuje radiální zatížení pouze sousedního válečkového ložiska.

Příklad značení:

Původní typ 60 °: **100TAC20DPN7+LC6**

Nový typ 30 °: **100BAR10STYNDBLP4A** (S = ocel, H = hybrid)

Nový typ 40 °: **100BTR10STYNDBLP4A** (S = ocel, H = hybrid)

Nízký výkon tepla

- › Řada ROBUST umožňuje vysokootáčkový provoz a má nízký výkon tepla.
- › Dlouhá životnost maziva díky použití TYN klece.
- › Vyšší přesnost obrábění

Modernizace TB klece

NSK vyvinulo velmi zajímavý nový materiál klecí pro použití ve válečkových ložiscích. Tento nový materiál je technický polymer nazvaný "PPS", jedná se o polyfenylensulfid a je označován jako TB.

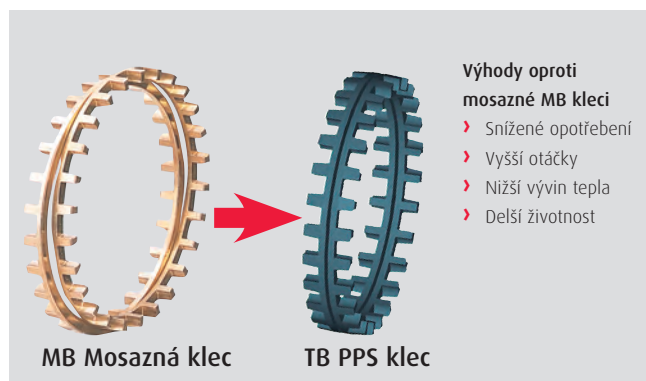


Delší životnost

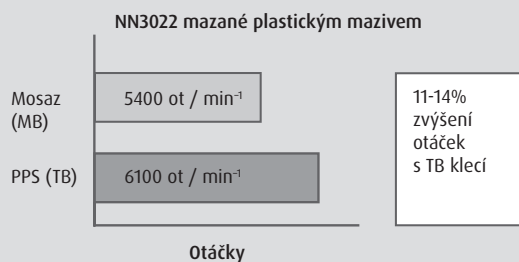
Testy ukázaly, že klec TB může být provozována za vyšších předpětí a blíže k hraničnímu mazání ve srovnání s mosaznou klecí. Při zkouškách odolnosti v těžkých podmínkách dochází k opotřebení u ložisek s mosaznou klecí po 200 hodinách oproti 300 hodinám u materiálu PPS klece TB.

Příklad značení:

NN3022**TB**KRE44CCOP4



Otáčky



Odolnost proti opotřebení

Změna barvy maziva, způsobená opotřebením mosazné klece

MB klec před testováním



MB klec po testování



Snížené opotřebení při použití klece TB

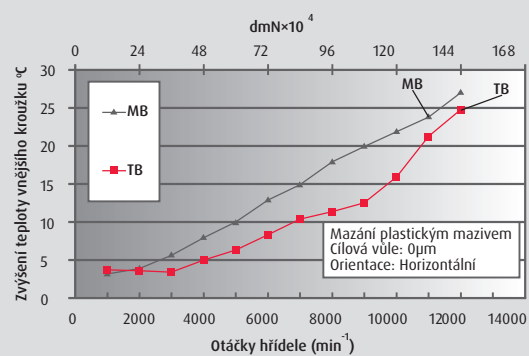
TB klec před testováním



TB klec po testování



Nižší vývin tepla



Typ a rozměr

Typ ložiska	Označení klece	Specifikace	Dostupný rozměr
NN	MB	Mosazná obráběná klec vedená válečky	NN3920 to NN3956 NN3920 to NN3956 NN4920 to NN4940
	TB	PPS klec vedená válečky	NN3006 to NN3024

Doplňující informace

Převodník

Převodník pro přesná ložiska s kosoúhlým stykem

(Symboly v závorce uvádějí označení těsnění, pokud jsou k dispozici; Položky červené barvy jsou identifikátory určitých parametrů dodavatele)

Příklad stykového úhlu 25 stupňů

Standardní řada	Řada ISO	NSK	SKF	SNFA	Fafnir	FAG
	19	79xxA5(V1V)	719xxACD	SEBxxxxx3	3xx93xxWI	B719xxE.(2RSD)
	10	70xxA5(V1V)	70xxACD	SEBxxxxx3	3xx91xxWI	B70xxE.(2RSD)
	02	72xxA5	72xxACD	E2xxxxx3	3xx21xxWI	B72xxE.(2RSD)
	19	79xxA5SN24(V1V)	719xxACD/HC	SEBxx/NSxxx3	3xxC93xxWI	HCB719xxE.(2RSD)
	10	70xxA5SN24(V1V)	70xxACD/HC	EXxx/NSxxx3	3xxC91xxWI	HCB70xxE.(2RSD)

Vysokootáčková řada	Řada ISO	NSK	SKF	SNFA	Fafnir	FAG
	19	xxBER19 (V1V)S	719xxACE	VEBxxxxx3	3xx93HX(VV)	HS(S)719xxE
	10	xxBER10 (V1V)S	70xxACE	VEXxx(/S)xxx3	3xx91HX(VV)	HS(S)70xxE
	19	xxBER19 (V1V)H	719xxACE/HC	VEBxx(/NS)xxx3	3xxC93HX(VV)	HC(S)719xxE
	10	xxBER10 (V1V)H	70xxACE/HC	VEXxx(/S)/NSxxx3	3xxC91HX(VV)	HC(S)70xxE
	19	xxBER19 (V1V)X	-	VEBxxXNxxx3	-	XC(S)719xxE
	10	xxBER10 (V1V)X	-	VEXxx(/S)/XNxxx3	-	XC(S)70xxE

○ Ocelové kuličky ● Keramické kuličky [○] Ocelové kuličky těsněné [●] Keramické kuličky těsněné Speciální materiál kroužků/keramické kuličky (těsněné)

Převodník pro ložiska pro podporu kuličkových šroubů

Řada	NSK	INA	SKF	TIMKEN
Bez příruby, samostatné ložisko	BSNxxxxDDUHP2B	ZLKNxxxx-(2Z/2RS)	BEAM0xxxx-(2RZ/2RS)	MMN5xxBSxxPP DM
S přírubou, samostatné ložisko	BSFxxxxDDUHP2B	ZLKFxxxx-(2Z/2RS)	BEAS0xxxx-(2RZ/2RS)	MMF5xxBSxxPP DM
Bez příruby, pár	BSNxxxxDDUHP2BDT	ZLKNxxxx-(2Z/2RS)-2AP	-	MMN5xxBSxxPP QM
S přírubou, pár	BSFxxxxDDUHP2BDT	ZLKFxxxx-(2Z/2RS)-2AP	-	MMF5xxBSxxPP QM

Převodník pro přesná axiální ložiska

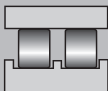
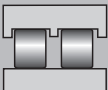

Přesná axiální ložiska Stykový úhel	NSK	SKF	SNFA	Fafnir	FAG
30 stupňů	xxBAR	BTMxx A/DB	-	-	-
40 stupňů	xxBTR	BTMxx B/DB	-	-	-
60 stupňů	xxTAC	2344xx	-	-	2344xx

Převodník pro přesná ložiska pro podporu kuličkových šroubů




Řada	NSK	SKF	SNFA	Fafnir	FAG
Metrická, neodpovídá ISO	30TAC62B	BSD3062C	BS3062	MM30BS62	BSB030062
Metrická, odpovídá ISO	BSB2030	BSA206C	BS230	-	760230
Palcová	BSB093	BDAB634201C	-	MM9308WI2H	-



Převodník pro přesná válečková ložiska

Standardní řada	NSK	SKF	FAG
	NN39xx(KR)	-	-
	NN30xx(KR)	NN30xx(K)	NN30xx(K)
	NN49xx(KR)	-	-
	NNU49xx(KR)	NNU49xx(K)	NNU49xx(K)
	N10xx(KR)	N10xx(K)	N10xx(K)

Vysokootáčková řada

Vysokootáčková řada (*)	NSK	SKF	FAG
 <p>Ocelové válečky a kroužky</p>	NN10xxRS(KR)	-	-
 <p>Keramické válečky a kroužky ze speciální oceli</p>	N10xxRXH(KR)	N10xxHCS(K)(*)	HCN10xx(K)
 <p>Válečky a kroužky ze speciální oceli</p>	N10xxRX(KR)		

(*) Pouze běžné ocelové kroužky

Tento převodník by měl být používán pouze jako vodítko, označení výrobců se mohou změnit bez předchozího upozornění.

Doplňující informace

Poruchy ložisek a jejich odstranění

V další části jsou popsány nejběžnější formy selhání ložiska v obráběcích strojích, možné příčiny poruch a jejich odstranění. Tato část obsahuje diagnostickou tabulku, která konečnému uživateli pomůže rychle se zaměřit na nejdůležitější příčiny selhání.

Kontrola demontovaných ložisek často odhaluje, že nejčastější příčinou selhání ložiska je kontaminace pevnými částicemi nebo kapalinami. To často způsobuje hluk a vibrace a příčiny lze zjistit pomocí metod popsaných na konci této části.

Údržba, kontrola a náprava nesrovnalostí

Pro zachování původních parametrů ložiska tak dlouho, jak je to možné, by měla být pravidelně prováděna řádná údržba a kontrola. Při použití správných postupů je možné vyhnout se mnoha problémům s ložisky, zlepšit spolehlivost, produktivitu a snížit provozní náklady zařízení, která obsahují ložiska. Doporučuje se, aby se pravidelná údržba prováděla podle předem daného postupu. Pravidelná údržba zahrnuje kontrolu provozních podmínek, doplnění nebo výměnu maziva a pravidelnou periodickou inspekci.

Parametry, které by měly být pravidelně kontrolovány během provozu zahrnují hluk ložisek, vibrace, teplotu a mazání.

Pokud je během provozu zjištěna nesrovnalost, měla by být určena příčina a měly by být provedeny náležité nápravné kroky podle diagnostické tabulky.

V případě potřeby je třeba ložisko demontovat a podrobně prověřit.

Poruchy ložisek a jejich odstranění

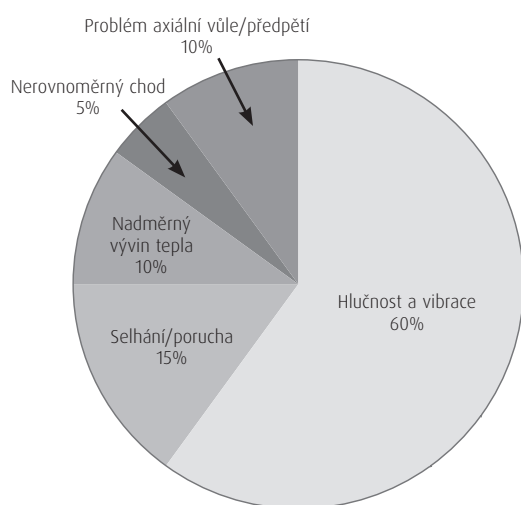
Obecně platí, že pokud se valivá ložiska používají správně, dosáhnou předpokládané únavové životnosti.

Často však selhávají předčasně kvůli chybám, kterým lze předejít. Na rozdíl od únavové životnosti je tato předčasná porucha způsobena nesprávnou montáží, manipulací nebo mazáním, vnikem cizích částic nebo abnormálním vytvářením tepla. Například příčinou poškrábání přírub může být použití nesprávného maziva, chybného způsobu mazání, vnik cizích částic, chyba při montáži ložisek, ohyb hřídele nebo jakákoliv jejich kombinace. Proto je obtížné určit skutečnou příčinu některých předčasných selhání.

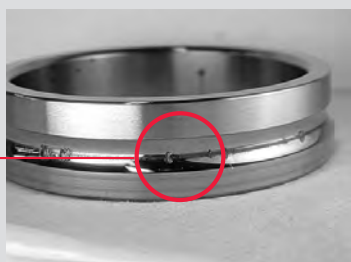
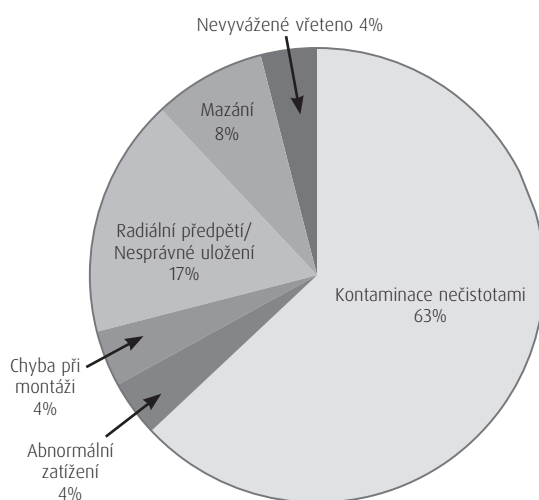
Pokud jsou známy všechny podmínky v době selhání a před poruchou, včetně aplikace, provozních podmínek a prostředí, pak je možno pomocí analýzy projevů selhání určit pravděpodobné příčiny poruchy. Odstraněním těchto příčin může být pravděpodobnost podobných budoucích selhání výrazně snížena. Nejčastější typy selhání ložiska spolu s jejich příčinami a nápravnými opatřeními jsou uvedeny v tabulce.

Problémy hlášené koncovými uživateli mohou být rozděleny do následujících kategorií:

Problém ložiska



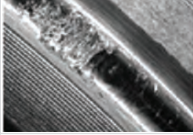









Příčiny problému ložiska


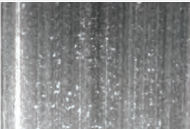





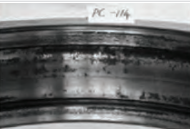


Doplňující informace

Poruchy ložisek a jejich odstranění

Příčiny a odstranění poruch ložisek

Druh poruchy	Projev poruchy	Fotografie	Pravděpodobné příčiny	Opatření
Odlupování	Odlupování jedné strany oběžné dráhy radiálního ložiska.		Abnormální axiální zatížení (porucha axiálně volného ložiska).	Při montáži vnějšího kroužku axiálně volných ložisek by mělo být použito volné uložení, které umožní axiální prodloužení hřídele.
	Odlupování mimo radiální osu oběžných drah u radiálních kuličkových ložisek. Odlupování v blízkosti okraje oběžné dráhy a valivých ploch u válečkových ložisek.		Nesprávná montáž, průhyb hřídele, nesouosost, nesprávné tolerance hřídele a tělesa.	Montáž a ustavení provádějte pečlivě, vyberte ložiska s velkou vůlí a opravte osazení hřídele a tělesa.
	Odlupování oběžné dráhy se stejným rozstupem jako mají valivá tělesa.		Velké rázové zatížení při montáži, koroze při delší odstávce z provozu, nesprávná montáž válečkových ložisek.	Dodržujte pokyny pro správnou montáž, použijte ochranu proti korozi pokud je provoz stroje přerušen po dlouhou dobu.
	Předčasné odlupování oběžné dráhy a valivých těles.		Nedostatečná vůle, nadměrné zatížení, nevhodné mazivo, koroze, atd.	Zvolte odpovídající uložení, vůli ložiska a mazivo.
	Předčasné odlupování párových ložisek.		Nadměrné předpětí.	Nastavte správné předpětí.
Škrábance	Škrábance nebo otěry mezi oběžnou dráhou a valivými plochami.		Nedostatečné počáteční mazání, příliš tuhé mazivo a vysoká akcelerace při rozjezdu.	Použijte mazivo s vyšší viskozitou a vyhněte se rychlé akceleraci.
	Škrábance nebo otěry mezi čelní plochou válečků a vodicími přírubami.		Nedostatečné mazání, nesprávná montáž a velká axiální zatížení.	Zvolte správné mazivo a upravte montáž.
Trhliny	Trhliny ve vnějším nebo vnitřním kroužku.		Nadměrné rázové zatížení, příliš velký přesah uložení, špatná válcovitost povrchu, nesprávná kuželovitost hřídele, velký poloměr zaoblení, vznik trhlin nadměrným tepelným zatížením a následkem odlupování.	Proveďte podmínky zatížení, upravte uložení ložiska. Poloměr zaoblení musí být menší, než sražení hran ložiska.
	Trhliny ve valivém tělese nebo rozlomená příruba.		Následek odlupování, ráz působící na přírubu ložiska při montáži nebo manipulaci.	Dodržujte pravidla pro správnou manipulaci a montáž.
	Rozlomená klec.		Abnormální zatížení klece v důsledku nesprávné montáže. Nesprávné mazání.	Vyhnete se montážní chybě a zvolte správný způsob mazání a odpovídající mazivo.

Druh poruchy	Projev poruchy	Fotografie	Pravděpodobné příčiny	Opatření
Vrpy	Vrpy na oběžné dráze ve stejném vzoru jako valivá tělesa (brinelling).		Rázové zatížení během montáže nebo nadměrná zátěž, pokud se ložisko netočí.	Dodržujte pravidla pro správnou manipulaci.
	Vrpy na oběžné dráze a valivých tělesech.		Vnik cizích, například kovových částic.	Vyčistěte těleso, zkontrolujte stav těsnění a použijte čisté mazivo.
Abnormální opotřebení	Falešný brinelling (jev podobný brinellingu)		Vibrace ložiska bez rotace vznikající při přepravě, nebo kývavý pohyb o malé amplitudě.	Zajistěte hřídel a těleso, použijte olej pro vytvoření ochranné vrstvy a snižte vibrace použitím předpětí.
	Otěr a opotřebení povrchu uložení. Vytváří červenohnědé zbarvení na plochách uložení.		Mírný otěr povrchu uložení.	Zvyšte přesah a aplikujte olej.
	Opotřebení oběžné dráhy, valivých těles, příruby a klece.		Vnik nečistot, nesprávné mazání a koroze.	Upravte těsnění, vyčistěte těleso a použijte čisté mazivo.
	Prokluz, škrábance na povrchu uložení.		Nedostatečný přesah.	Upravte uložení.
Zadíření	Zabarvení a tavení oběžné dráhy, valivých těles a přírub.		Nedostatečná vůle, nesprávné mazání nebo nesprávná montáž.	Zkontrolujte vnitřní vůli a uložení, dodejte dostatečné množství správného maziva a upravte způsob montáže a rozměry souvisejících dílů.
Koroze a rez	Rez a koroze styčných ploch nebo vnitřku ložisek.		Kondenzace vody ze vzduchu nebo otěr. Vnik korozivní látky.	Dodržujte správný postup pro skladování, vyhněte se vysokým teplotám a vysoké vlhkosti vzduchu. Pokud je provoz zastaven po dlouhou dobu, je nutné ošetření a ochrana před korozi.

Doplňující informace

Poruchy ložisek a jejich odstranění

Název poškození	Místo (projev)	Typické příčiny											Poznámky		
		Manipulace		Okolí ložiska			Mazání		Zatížení			Otáčky		Výběr ložisek	
		Skládání, doprava	Montáž	Hřídel, těleso	Těsnění, voda, nečistoty	Teplota	Mazivo	Způsob mazání	Nadměrné zatížení	Momentové zatížení	Příliš malé zatížení	Vysoká rychlost, vysoká akcelerace			Oscilace, vibrace
01. Odlupování	Oběžná dráha, valivá plocha		●	●	●		●	●	●	●				●	
02. Loupání	Oběžná dráha, styková plocha				●		●	●				●	●		
	Vnější povrchy ložisek			●	●		●	●							* kontaktní valivé části
03. Škrábance	Čelní plocha válečku, příruba		●	●	●		●	●	●	●		●			
	Vodící plocha klece, plocha okénka		●		●		●	●							
04. Otěry	Oběžná dráha, valivá plocha				●		●	●			●	●			
05. Rozlomení	Příruba oběžné dráhy, válečky	●	●	●					●	●					
06. Trhliny	Kroužky, valivé prvky		●	●		●			●	●					
	Povrch příruby, čelní plocha válečku, vodící plocha klece (trhliny způsobené tepelným zatížením)			●				●	●	●					
07. Poškození klece	Deformace, rozlomení		●	●					●	●					
	Opatření		●		●		●	●	●	●		●			
08. Vrypy	Oběžná dráha, valivá plocha (mnoho malých vrypů)				●			●							
	Oběžná dráha (vrypy na rozteči valivých prvků)	●	●						●				●		
09. Jamky	Oběžná dráha, valivá plocha				●		●	●							
10. Opatření	Oběžná dráha, valivá plocha, povrch příruby, čelní plocha válečku		●		●		●	●							
11. Otěr	Oběžná dráha, valivá plocha	●	●	●			●	●	●			●	●		
	Vnější plocha a povrch díry, boční plocha ložiska (Kontakt s tělesem a hřídelí)		●	●					●						
12. Falešný brinelling	Oběžná dráha, valivá plocha	●					●	●					●		
13. Prokluz	Oběžná dráha, valivá plocha		●	●		●	●	●	●			●			* Volné uložení
14. Zadržování	Povrch uložení		●	●	●		●	●	●	●		●		●	
15. Elektrická koroze	Oběžná dráha, valivá plocha		●	●											* Elektrický proud prochází valivým prvkem
16. Rez a koroze	Oběžná dráha, valivý prvek, klec	●	●		●	●	●	●							
17. Montážní vady	Oběžná dráha, valivá plocha		●	●											
18. Změna barvy	Oběžná dráha, valivá plocha, klec					●	●	●							

Poznámka: Tato tabulka nepokrývá všechna poškození. Uvádí pouze ty nejčastěji se vyskytující poruchy, příčiny a umístění.

Doplňující informace

Příčiny potíží

Hluk a vibrace – Klasifikace zvuků a vibrací

Hluk a vibrace doprovázejí otáčení valivých ložisek. Tón a amplituda hluku a vibrací se liší v závislosti na typu ložiska, podmínkách montáže, provozních podmínkách atd. Hluk a vibrace valivého ložiska lze rozdělit do následujících čtyř hlavních kategorií uvedených v tabulce na straně 76 a každá kategorie může být dále rozdělena do několika podkategorií, jak je popsáno v tabulce na následující straně. Hranice mezi skupinami však nejsou jasně dané. I když jsou některé typy hluku nebo vibrací ložiskům vlastní, jejich intenzita může souviset s výrobním procesem. Některé typy hluku nebo vibrací, i když vzniknou v důsledku výroby, nelze vyloučit ani za normálních podmínek.

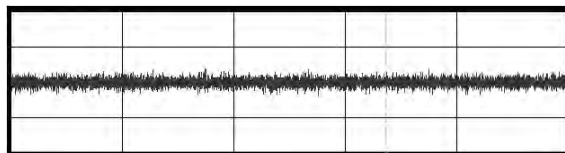
Nahráváním hluku a vibrací rotačního stroje a jejich analýzou je možné odvodit jejich příčinu. Jak je patrné z níže uvedených diagramů, ložisko, které je mechanicky v pořádku vykazuje stabilní průběh hluku a vibrací. Oproti tomu například ložisko se škrábanci na oběžných drahách vykazuje zvukový průběh s výkyvy s velkou amplitudou, které se opakují v pravidelných intervalech.

Společnost NSK dodává přístroj NB-4, určený pro vibrační analýzu ložisek, který umožňuje diagnostikovat nesrovnalosti v rotujícím zařízení. Příčiny nesrovnalostí lze odvodit pomocí přístroje NB-4 a záznamového zařízení, jako je osobní počítač.

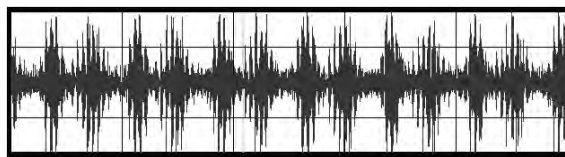
Přístroj NB-4, zařízení pro měření vibrací a jejich analýzu



Zvukový průběh normálního ložiska



Zvukový průběh ložiska se škrábanci



Doplňující informace

Příčiny potíží

Klasifikace hluku a vibrací ve valivém ložisku

	Hluk	Vibrace	Projev	
Strukturální	Hluk chodu	Volné vibrace kroužku oběžné dráhy	Trvalý hluk, základní nevyhnutelný hluk, který generují všechna ložiska	
	Cvakání	Volné vibrace kroužku oběžné dráhy, volné vibrace klece	Pravidelný hluk v určitém intervalu, velká ložiska a vodorovná hřídel, radiální zatížení a nízké otáčky	
	Kvičivý zvuk	Volné vibrace kroužku oběžné dráhy	Přerušované nebo trvalé, převážně velká válečková ložiska, radiální zatížení, mazání plastickým mazivem, při určité rychlosti	
	Hluk klece	“CK” hluk	Volná vibrace klece	Pravidelný hluk v určitém intervalu, generují ho všechny typy ložisek
		“CG” hluk	Vibrace klece	Přerušované nebo trvalé, mazání určitými druhy plastického maziva
		Klepání	Volná vibrace klece	Určitý interval, ale spíše nepravidelný při radiálním zatížení a během rozběhu
-	Vibrace chodu valivých prvků	Kontinuální, všechny typy ložisek při radiálním zatížení		
Výroba	Hluk vzniklý nerovností povrchu	Vibrace způsobená zvlněným povrchem	Vnitřní kroužek	Trvalý hluk
			Vnější kroužek	Trvalý hluk
			Valivý prvek	Trvalý u válečků, občasný u kuliček
Manipulace	Hluk poškozeného ložiska	Vibrace v důsledku poškození	Vnitřní kroužek	Pravidelný hluk v určitém intervalu
			Vnější kroužek	
			Valivý prvek	
	Hluk v důsledku kontaminace nečistotami	Vibrace v důsledku kontaminace		Nepravidelný
Ostatní	Hluk těsnění	Volná vibrace těsnění	Kontaktní těsnění	
	Hluk maziva	-	Nepravidelný	
	-	Házení	f_t	Trvalý
			f_c	Trvalý
$f_t - 2f_c$			Trvalý	

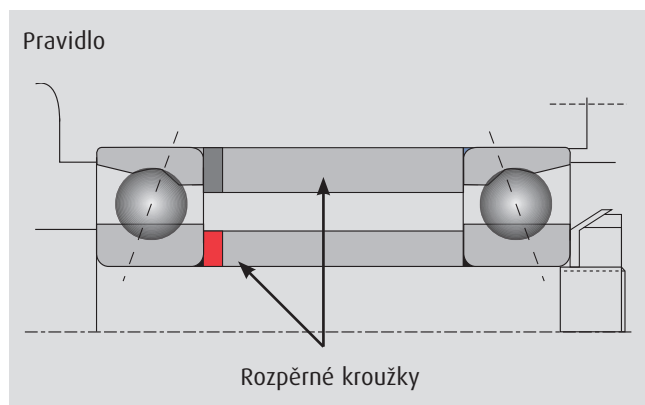
- n: Kladné celé číslo (1, 2, 3...)
 Z: Počet valivých prvků
 f_{RIN} : Vlastní frekvence kroužku v režimu radiálního namáhání, Hz
 f_{MI} : Vlastní frekvence v režimu úhlové vibrace, Hz
 f_i : Frekvence otáčení vnitřního kroužku, Hz

Generovaná frekvence (frekvenční analýza)			Zdroj	Opatření
FFT původní vlny		FFT obálky (základní číslo)		
Radiální (úhlový) směr	Axiální směr			
f_{RIN}, f_{MI}	f_{AIN}, f_{AM}	-	Selektivní rezonance nerovnosti povrchu (valivý odpor)	Zlepšení tuhosti okolo ložisek, vhodná radiální vůle, mazivo s vyšší viskozitou, použití kvalitních ložisek
f_{RIN}, f_{MI}	f_{AIN}, f_{AM}	$2f_c$	Kolize valivých prvků s vnitřním kroužkem nebo klecí	Zmenšení radiální vůle, aplikace předpětí, mazivo s vysokou viskozitou
$(\approx f_1 2N, f_1 3N)$	-	-	Samovolně vyvolaná vibrace způsobená kluzným třením na valivém povrchu	Zmenšení radiální vůle, aplikace předpětí, výměna maziva, změna typu ložiska
Vlastní frekvence klece		f_c	Kolize klece s valivými prvky nebo kroužky	Aplikace předpětí, mazivo s vyšší viskozitou, správná montáž
Vlastní frekvence klece		-	Samovolně vyvolaná vibrace způsobená třením na vodící ploše klece	Volba jiného druhu maziva, použití ložiska s jiným typem klece
Vlastní frekvence klece		$2f_c$	Kolize klece a valivého prvku způsobená odporem maziva	Zmenšení radiální vůle, aplikace předpětí, použití maziva s nízkou viskozitou
$2f_c$	-	-	Posun vnitřního kroužku v důsledku průchodu valivého prvku	Snížení radiální vůle, aplikace předpětí
$nZf_i \pm f_i$ (nZ ± 1 špičky)	nZf_i (nZ špičky)	-	Nerovnosti oběžné dráhy vnitřního kroužku, nerovnosti na povrchu hřídele	Použití kvalitních ložisek, lepší opracování hřídele
nZf_c (nZ ± 1 špičky)	nZf_c (nZ špičky)	-	Nerovnosti oběžné dráhy vnějšího kroužku, nerovnosti na povrchu díry tělesa	Použití kvalitních ložisek, lepší opracování díry tělesa
$2nf_b \pm fc$ (2n špičky)	$2nf_b$ (2n špičky)	-	Nerovnosti valivého prvku	Použití kvalitních ložisek
f_{RIN}, f_{MI}	f_{AIN}, f_{AM}	Zf_i	Vrpy, nerovnosti, rez, odlupování na oběžné dráze vnitřního kroužku	Výměna a pečlivé zacházení s ložiskem
		Zf_c	Vrpy, nerovnosti, rez, odlupování na valivých prvcích	Výměna a pečlivé zacházení s ložiskem
		Zf_b	Vrpy, promáčkliny, rzi, odlupování na valivých prvcích	Výměna a pečlivé zacházení s ložiskem
f_{RIN}, f_{MI}	f_{AIN}, f_{AM}	Nepravidelná	Vnik nečistot a cizích částic	Čistota, lepší těsnění
Vlastní frekvence těsnění		(f_t)	Samovolně vyvolaná vibrace v důsledku tření v oblasti styku s těsněním	Změna těsnění, změna maziva
-	-	Nepravidelná	Mazivo nebo bubliny maziva rozdrčené mezi valivými prvky a drahami	Změna maziva
f_t	-	-	Nepravidelný průřez vnitřního kroužku	Použití kvalitních ložisek
f_c	-	-	Různý průměr kuliček v ložisku, různý průměr valivých prvků	Použití kvalitních ložisek
$f_t - 2f_c$	-	-	Nelineární vibrace vlivem odchylek průměru kuliček	Použití kvalitních ložisek

f_c : Frekvence oběžného otáčení valivých prvků, Hz
 f_{AIN} : Vlastní frekvence kroužku v režimu radiálního namáhání, Hz
 f_{AM} : Vlastní frekvence v režimu úhlové vibrace, Hz
 f_i : $f_i = f_t - f_c$ Hz
 f_b : Frekvence otáčení valivého prvku okolo jeho středu, Hz

Doplňující informace

Tabulky předpětí – Standardní ložiska



Zvýšení předpětí: zmenšení rozpěrného kroužku vnitřního kroužku
Snížení předpětí: zmenšení rozpěrného kroužku vnějšího kroužku

Konverzní tabulky předpětí

V případě nouze je možné měnit předpětí sady ložisek, pokud je mezi ložisky rozpěrný kroužek.

Tabulky na stranách 79 – 83 ukazují potřebnou změnu šířky rozpěrného kroužku pro změnu předpětí na jiné.

Pokud je například třeba změnit předpětí ložiska 7914 se stykovým úhlem 15° z extra lehkého (EL) na lehké (L), musí být šířka rozpěrného kroužku mezi vnitřními kroužky snížena o 6 μm . Pro změnu středního předpětí (M) na těžké (H) je třeba snížit šířku rozpěrného kroužku mezi vnitřními kroužky o 13 μm . Pro změnu z lehkého předpětí (L) na těžké (H), je třeba sečíst uvedené hodnoty, tedy 12 a 13 μm a celkové potřebné snížení šířky rozpěrného kroužku mezi vnitřními kroužky je 25 μm .

Pokud je třeba snížit předpětí, použijte stejné hodnoty z níže uvedené tabulky, ale snižte šířku rozpěrného kroužku mezi vnějšími kroužky.

Standardní řada

Řada 79

Označení ložiska	Stykový úhel 15 ° Předpětí			Stykový úhel 25 ° Předpětí		
	Extra lehké na lehké μm	Lehké na střední μm	Střední na těžké μm	Extra lehké na lehké μm	Lehké na střední μm	Střední na těžké μm
7900	3	3	5	1	4	3
7901	2	5	5	2	2	4
7902	3	4	7	2	3	5
7903	3	5	7	2	3	4
7904	4	5	7	3	3	6
7905	3	7	8	2	4	5
7906	3	6	7	2	3	5
7907	4	7	9	3	5	7
7908	4	9	10	2	6	7
7909	5	7	9	3	6	7
7910	4	10	10	3	6	8
7911	5	9	11	3	6	7
7912	4	9	11	3	5	8
7913	5	9	11	3	6	7
7914	6	12	13	4	7	10
7915	6	11	14	4	8	9
7916	5	12	13	4	7	10
7917	7	12	16	4	8	12
7918	6	14	16	4	8	11
7919	6	15	16	5	9	11
7920	8	14	19	5	9	12
7921	8	14	18	5	10	13
7922	8	14	18	5	10	13
7924	9	18	21	6	11	15
7926	10	18	23	7	11	16
7928	9	18	23	6	13	16
7930	11	20	25	7	14	19
7932	11	20	25	7	15	18
7934	11	20	25	7	14	19
7936	13	23	30	9	16	22
7938	13	24	30	9	16	22
7940	15	27	34	10	19	25

Doplňující informace

Konverzní tabulky předpětí ložisek – Standardní kosoúhlý styk

Standardní řada

Řada 70

Označení ložiska	Stykový úhel 15 ° Předpětí			Stykový úhel 25 ° Předpětí			Stykový úhel 30 ° Předpětí		
	Extra lehké na lehké µm	Lehké na střední µm	Střední na těžké µm	Extra lehké na lehké µm	Lehké na střední µm	Střední na těžké µm	Extra lehké na lehké µm	Lehké na střední µm	Střední na těžké µm
7000	3	5	7	3	3	5	5	5	5
7001	3	6	8	3	4	6	5	5	5
7002	4	6	9	2	5	5	5	5	5
7003	3	6	9	2	5	6	5	5	5
7004	4	8	10	3	6	7	5	5	5
7005	4	9	10	3	4	7	5	5	5
7006	4	10	11	3	6	8	5	5	5
7007	6	9	12	4	7	9	5	5	5
7008	5	11	13	4	6	9	5	5	5
7009	5	11	14	4	7	9	5	5	10
7010	6	12	14	4	7	10	5	5	10
7011	7	13	16	5	9	11	5	10	5
7012	7	15	16	5	8	11	5	10	5
7013	7	11	15	4	9	11	5	10	5
7014	7	16	18	5	9	13	5	11	9
7015	7	17	18	5	10	13	5	10	10
7016	8	17	21	5	12	14	10	10	10
7017	8	18	20	5	11	14	10	10	10
7018	10	19	23	6	12	16	10	15	10
7019	10	17	22	6	12	17	10	15	10
7020	9	19	23	6	13	16	10	15	10
7021	10	21	25	7	13	18	10	15	10
7022	12	24	29	8	15	20	15	15	15
7024	12	24	29	8	15	21	15	15	15
7026	13	25	31	8	16	22	15	20	15
7028	13	23	30	9	17	21	15	20	15
7030	14	25	32	9	17	24	15	22	23
7032	15	28	33	10	18	25	15	20	22
7034	17	31	38	11	22	28	20	17	23
7036	18	32	40	12	22	30	24	16	24
7038	19	34	43	12	24	32	25	18	26
7040	20	36	45	13	25	34	30	30	35

Standardní řada

Řada 72

Označení ložiska	Stykový úhel 15 ° Předpětí			Stykový úhel 25 ° Předpětí			Stykový úhel 30 ° Předpětí		
	Extra lehké na lehké µm	Lehké na střední µm	Střední na těžké µm	Extra lehké na lehké µm	Lehké na střední µm	Střední na těžké µm	Extra lehké na lehké µm	Lehké na střední µm	Střední na těžké µm
7200	4	7	10	3	5	6	5	5	-
7201	4	9	10	2	6	7	5	5	5
7202	4	8	10	3	7	8	5	5	5
7203	4	12	12	3	7	7	10	5	5
7204	5	13	13	3	8	10	10	5	5
7205	5	11	11	3	7	10	10	5	5
7206	7	12	15	4	8	10	10	5	5
7207	7	15	18	4	10	12	10	5	10
7208	8	16	18	5	11	13	10	5	11
7209	9	14	19	5	12	15	10	10	10
7210	8	16	19	5	12	14	10	10	10
7211	9	21	22	6	13	16	10	16	9
7212	11	20	25	7	14	18	10	15	10
7213	11	21	26	6	15	18	10	15	10
7214	11	23	26	7	15	19	15	15	10
7215	11	21	26	7	15	19	15	15	10
7216	12	23	29	8	16	21	15	15	10
7217	13	26	32	9	16	22	16	19	15
7218	14	28	33	9	18	25	20	20	10
7219	15	30	36	10	19	26	15	20	15
7220	16	32	39	11	20	28	15	25	15
7221	17	35	41	12	21	29	20	20	20
7222	19	35	43	13	22	31	20	25	20
7224	19	35	43	13	24	33	20	30	15
7226	19	34	43	13	24	31	25	30	15
7228	21	37	49	14	26	35	31	29	15
7230	23	41	53	15	28	40	30	31	15

Doplňující informace

Tabulky předpětí – Řada ROBUST

Řada Robust

BNR19S		BER19S			BNR19H,X,XE			BER19H,X,XE	
Průměr díry	Stykový úhel 18 ° Předpětí		Stykový úhel 25 ° Předpětí		Průměr díry	Stykový úhel 18 ° Předpětí		Stykový úhel 25 ° Předpětí	
	Extra lehké na lehké µm	Lehké na střední µm	Extra lehké na lehké µm	Lehké na střední µm		Extra lehké na lehké µm	Lehké na střední µm	Extra lehké až lehké µm	Lehké na střední µm
25	8	8	8	6	25	8	7	8	6
30	8	7	8	6	30	8	7	8	6
35	8	9	8	7	35	8	8	8	7
40	8	8	8	7	40	8	9	8	7
45	8	8	8	7	45	8	8	8	7
50	8	8	8	7	50	8	8	8	7
55	8	8	8	7	55	8	7	8	7
60	8	8	8	7	60	8	8	8	6
65	8	8	8	7	65	8	8	8	6
70	8	8	8	7	70	8	8	8	7
75	8	11	8	7	75	8	11	8	7
80	8	11	8	7	80	8	11	8	7
85	8	16	8	11	85	8	16	8	11
90	8	13	8	9	90	8	13	8	9
95	8	14	8	9	95	8	14	8	9
100	10	16	10	10	100	10	16	10	10
105	10	16	10	10	105	10	16	10	10
110	12	14	10	10	110	12	14	10	10
120	12	21	12	14	120	12	21	12	14
130	20	15	16	11	130	20	15	16	11
140	20	16	16	11	140	20	16	16	11
150	20	18	17	13	150	20	18	17	13

Řada Robust

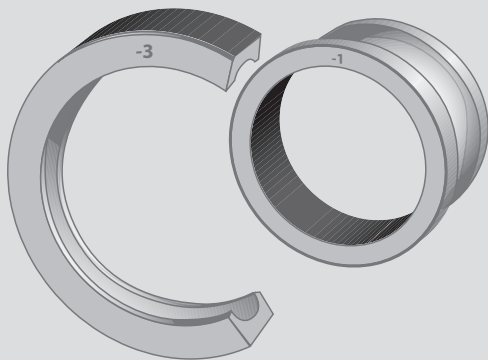
Průměr díry	BNR10S		BNR10S	
	Stykový úhel 18 ° Předpětí		Stykový úhel 25 ° Předpětí	
	Extra lehké na lehké µm	Lehké na střední µm	Extra lehké na lehké µm	Lehké na střední µm
30	5	8	8	7
35	5	7	8	7
40	5	6	8	7
45	5	6	8	7
50	5	7	8	7
55	5	8	10	8
60	5	10	10	8
65	5	10	10	8
70	10	10	10	8
75	10	10	12	9
80	10	9	12	10
85	10	9	12	10
90	10	14	12	10
95	10	14	12	10
100	10	14	12	10
105	12	15	15	11
110	15	14	15	11
120	15	14	15	11
130	20	16	16	11
140	15	15	13	10
150	18	17	15	13
150	20	18	17	13

Průměr díry	BNR10H,X,XE		BER10H,X,XE	
	Stykový úhel 18 ° Předpětí		Stykový úhel 25 ° Předpětí	
	Extra lehké na lehké µm	Lehké na střední µm	Extra lehké na lehké µm	Lehké na střední µm
30	5	6	8	7
35	5	7	8	7
40	5	6	8	7
45	5	6	8	6
50	5	7	8	6
55	5	8	10	8
60	5	10	10	8
65	5	10	10	7
70	10	10	10	7
75	10	10	12	9
80	10	9	12	9
85	10	9	12	9
90	10	14	12	9
95	10	14	12	9
100	10	14	12	9
105	12	16	15	11
110	15	14	15	11
120	15	14	15	11
130	20	16	16	11
140	15	15	13	10
150	18	17	15	13
150	20	18	17	13

Doplňující informace

Tabulka pro výběr ložisek podle odchylek rozměrů

Odchyly velikosti kroužku jsou zobrazeny jak na ložiskových kroužcích, tak na štítku krabičky.



Odchylna
vnějšího
průměru
Odchylna
průměru díry

Při výběru jednotlivých univerzálních ložisek SU nebo výběru ložisek ze sad pro vytvoření nového nebo jiného uspořádání, je třeba dodržet to, aby odchylky průměru díry a odchylky vnějšího průměru byly v určité hodnotě. Pokud nemáte k dispozici posuvnou tabulku pro výběr ložisek podle odchylek rozměrů NSK, je pro výběr maximálního rozdílu mezi odchylkami v sadě ložisek možno použít níže uvedené tabulky.

V závislosti na rozměru ložiska a třídě přesnosti jsou maximální hodnoty pro optimální rozložení zatížení sady ložisek uvedeny jak pro průměr díry, tak samostatně pro vnější průměr ložiska.

Odchyly průměru díry ložisek, které mají být použity v sadě, jsou zvoleny nezávisle na odchylkách vnějších průměrů kroužků.

Bore & OD matching chart

NSK

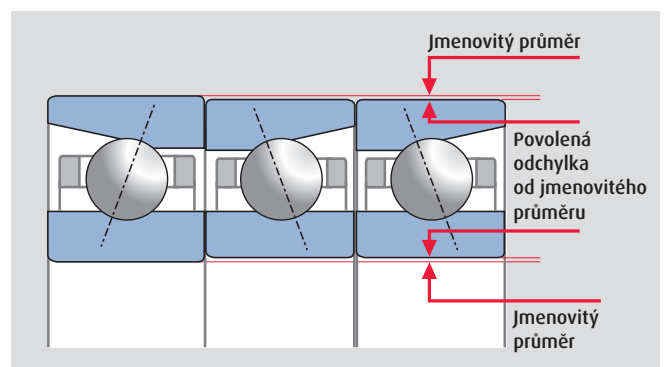
72 ⁰⁰	P2
Permissible difference of OD in a matched set (µm)	P3
	P4
Permissible difference of bore in a matched set (µm)	P2
	P3
	P4

Universal bearing matching

Super Precision ball bearings are made in accordance with the International Standards Organisation's dimension plans. All bearings in a set must be within permissible bore & OD deviation from nominal dimensions. This improves load sharing when bearings are mounted closely.

The size difference of the OD and bore of sets of bearings is generally less than 1/3 of the size deviation. This chart can be used to identify the permissible difference between OD's and bores in a set of bearings for precision grades for P2, P3 and P4.

73 ⁰⁰	P2
Permissible difference of OD in a matched set (µm)	P3
	P4
Permissible difference of bore in a matched set (µm)	P2
	P3
	P4

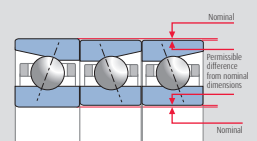


NSK Super Precision Ball Bearings

NSK

79 ⁰⁰	P2
Permissible difference of OD in a matched set (µm)	P3
	P4
Permissible difference of bore in a matched set (µm)	P2
	P3
	P4

The bearings are graded with the deviation in microns from the nominal size.



70 ⁰⁰	P2
Permissible difference of OD in a matched set (µm)	P3
	P4
Permissible difference of bore in a matched set (µm)	P2
	P3
	P4

- › Požádejte NSK nebo vašeho distributora o posuvnou tabulku pro výběr ložisek podle odchylek rozměrů, která umožní rychlé a přesné párování všech přesných ložisek s kosohýlným stykem NSK.

Tabulka pro výběr ložisek podle odchylek rozměrů

	P2		P3/P4	
	Vnější průměr	Průměr díry	Vnější průměr	Průměr díry
7900	2	1	2	2
7901	2	1	2	2
7902	2	1	2	2
7903	2	1	2	2
7904	2	1	2	2
7905	2	1	2	2
7906	2	1	2	2
7907	2	1	2	2
7908	2	1	2	2
7909	2	1	2	2
7910	2	1	2	2
7911	2	2	2	2
7912	2	2	2	2
7913	2	2	2	2
7914	2	2	2	2
7915	2	2	2	2
7916	2	2	2	2
7917	2	2	2	2
7918	2	2	3	2
7919	2	2	3	2
7920	2	2	3	2
7921	2	2	3	2
7922	2	2	3	2
7924	2	2	3	2
7926	2	2	3	3
7928	2	2	3	3
7930	2	2	3	3
7932	2	2	3	3
7934	2	2	3	3
7936	2	2	3	3
7938	4	2	7	4
7940	4	2	7	4
7942	4	2	7	4
7944	4	2	7	4
7948	5	2	8	4
7952	-	-	8	7
7956	-	-	8	7

	P2		P3/P4	
	Vnější průměr	Průměr díry	Vnější průměr	Průměr díry
7000	2	1	2	2
7001	2	1	2	2
7002	2	1	2	2
7003	2	1	2	2
7004	2	1	2	2
7005	2	1	2	2
7006	2	1	2	2
7007	2	1	2	2
7008	2	1	2	2
7009	2	1	2	2
7010	2	1	2	2
7011	2	2	2	2
7012	2	2	2	2
7013	2	2	2	2
7014	2	2	2	2
7015	2	2	2	2
7016	2	2	3	2
7017	2	2	3	2
7018	2	2	3	2
7019	2	2	3	2
7020	2	2	3	2
7021	2	2	3	2
7022	2	2	3	2
7024	2	2	3	2
7026	2	2	3	3
7028	2	2	3	3
7030	2	2	3	3
7032	2	2	3	3
7034	4	2	7	3
7036	4	2	7	3
7038	4	2	7	4
7040	4	2	7	4

Doplňující informace

Tabulka pro výběr ložisek podle odchylek rozměrů

Tabulka pro výběr ložisek podle odchylek rozměrů

	P2		P3/P4	
	Vnější průměr	Průměr díry	Vnější průměr	Průměr díry
7200	2	1	2	2
7201	2	1	2	2
7202	2	1	2	2
7203	2	1	2	2
7204	2	1	2	2
7205	2	1	2	2
7206	2	1	2	2
7207	2	1	2	2
7208	2	1	2	2
7209	2	1	2	2
7210	2	1	2	2
7211	2	2	2	2
7212	2	2	2	2
7213	2	2	2	2
7214	2	2	3	2
7215	2	2	3	2
7216	2	2	3	2
7217	2	2	3	2
7218	2	2	3	2
7219	2	2	3	2
7220	2	2	3	2
7221	2	2	3	2
7222	2	2	3	2
7224	2	2	3	2
7226	2	2	3	3
7228	2	2	3	3
7230	4	2	7	3

	P2		P3/P4	
	Vnější průměr	Průměr díry	Vnější průměr	Průměr díry
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
7303	2	1	2	2
7304	2	1	2	2
7305	2	1	2	2
7306	2	1	2	2
7307	2	1	2	2
7308	2	1	2	2
7309	2	1	2	2
7310	2	1	2	2
7311	2	2	2	2
7312	2	2	3	2
7313	2	2	3	2
7314	2	2	3	2
7315	2	2	3	2
7316	2	2	3	2
7317	2	2	3	2
7318	2	2	3	2
7319	2	2	3	2
7320	2	2	3	2

Užitečné tipy

Seznam tipů v této publikaci

Číslo	Popis tipu	Sekce	Číslo stránky
1	Nastavení značky pro "nejvyšší bod"	Výběr ložisek	13
2	Přesnost P3 je nákladově efektivnější	Výběr ložisek	17
3	Změna předpětí v sadě ložisek s rozpěrnými kroužky	Výběr ložisek	21
4	Použití injekční stříkačky pro naplnění ložiska plastickým mazivem	Před montáží	28
5	Měření součástí - pokojová teplota	Před montáží	30
6	Použití horkovzdušné pistole pro ohřev tělesa	Montáž	32
7	Dotažení pojistné matice	Montáž	35
8	Montáž válečkového ložiska do tělesa	Montáž	37
9	Zjednodušení výpočtu předpětí válečkového ložiska	Montáž	41
10	Montážní rozpěrný kroužek namísto axiálního ložiska	Montáž	43
11	Záběh	Po montáži	51

Rejstřík

A			
Axiální ložiska		65	
Axiální ložiska s kosouhlým stykem		11	
Axiální tuhost	14, 20,	49	
Axiální vůle		19, 24	
Axiální vůle (CA)		19	
B			
Balení		27	
C			
Čárový kód na krabičce		24	
Čistota		27	
D			
d a D na ložisku a krabičce		13	
d_m/n součinitel		19	
Dotahovací moment pojistné matice		34	
Dynamická únosnost (C_r)		20	
E			
EP Ocel		58	
F			
f a b na krabičce		13	
H			
Házení		17	
Hluk, příčina		53	
Hybridní ložiska		63	
I			
Identifikační značky		13	
Indukční ohříváč		33	
K			
Keramické kuličky		63	
Kombinace ložisek		20	
Kontaminace nečistotami		26	
Kontrola před spuštěním		52	
Kontrola předpětí	48-49		
Kontrola součástí		30	
Kontrola vřetene		34	
Konverze TAC		65	
Kužel (válečková ložiska)		35	
L			
Ložiska pro podporu kuličkových šroubů		10	
M			
Manipulace s ložisky		26	
Materiál klece		64	
Mazání plastickým mazivem		27	
Metoda měřením pro montáž válečkových ložisek		42-43	
Mezera/vůle koncového víka		36-37	
Měření hřídele		30	
Měření tělesa		30	
Množství plastického maziva		28-29	
Modernizace		54-55	
Montáž		34	
Montáž ložisek		32-33	
N			
Nastavení předpětí - ložiska s kosouhlým stykem		20	
Nastavení předpětí - válečková ložiska		22	
O			
Odstupňování po mikronech		17	
Označení C na ložisku a krabičce		13	
P			
Posuvná tabulka pro výběr ložisek podle odchylek rozměrů		24	
Prostor pro demontáž		26	
Prostor pro montáž		26	
Předpětí		18-23	
Předpětí axiálním nastavením kroužků		18	
Předpětí konstantní silou		18	
Předpětí pružinou		18	
Přehled ložisek		9	
Převodník		68	
Příčiny potíží		75-77	
Příklady uspořádání vřeten		44-47	
Přirozená frekvence		49	
R			
Řada ROBUST		9, 56-57	
Radiální tuhost		14, 20	
Řemenové pohony		50	
Radiální vnitřní vůle (RIC)		22	
Rozpěrné kroužky		30	

S					
Selhání ložisek, příčiny poruch a jejich odstranění	70-74				
SHX ocel	58				
Sortiment výrobků	6-8				
Souosost	50				
Součinitel otáček	18				
Spojky	50				
Standardní ložiska	9				
Statická únosnost (C_{or})	20				
Stykový úhel	14				
T					
Tabulka párování ložisek	24, 85-86				
TB klec	66				
Teplota, příčina	52				
Těsněná ložiska	59-60				
Tolerance	17, 24				
Tolerance ložisek	24				
Třídy přesnosti	17				
Tuhost ložiska	20-21				
Tuhost v ohybu	14				
TYN klec	64				
Typ X	56				
U					
Uložení s přesahem	33				
Univerzální sady ložisek	16				
Uspořádání čely k sobě – do "X"	16				
Uspořádání do tandemu	16				
Uspořádání DU	24				
Uspořádání DUD	24				
Uspořádání vřeten	16				
Uspořádání QU	24				
Uspořádání zády k sobě – do "O"	16				
Utažení víka	36				
Užitečné tipy	87				
Únosnost ložiska	20				
Úvod	4-5				
V					
V značka – jednotlivá ložiska	13				
V značka – párované sady	13				
Válečková ložiska	10				
Vřetena s integrovaným motorem	15				
Vylepšení materiálů	58				
Výpočtová metoda pro montáž válečkových ložisek	35-41				
Výrobní číslo	13				
Vysokootáčková ložiska	9				
Vyvažování	50				
Z					
Z ocel	58				
Záběh	51				
Změna předpětí	78-83				
Značka pro "nejvyšší bod"	13				
Životnost – válečková ložiska	23				

Poznámky





A series of 20 horizontal lines for writing, spaced evenly down the page.

